

Данные параметры могут варьироваться в зависимости от длины обрабатываемого сигнала, частоты дискретизации сигнала, программной среды, в которой обрабатывается сигнал, способа реализации алгоритма, быстродействия ЭВМ и т. д. Поэтому приведенные результаты имеют относительный характер.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор метода обработки сигнала не может ограничиваться лишь значением параметра скорости обработки. Он должен вытекать из контекста поставленных задач и целей. Примером может быть необходимость наблюдения сигнала во времени. В таком случае применение преобразования Фурье будет нецелесообразным, поскольку результаты будут усреднены по всей длительности сигнала, в то время как вейвлет-преобразование успешно справится с такой задачей. Немаловажно учитывать требования к предъявляемой точности обработки сигнала. Обычно достижение высокой точности сопровождается увеличением длительности обработки сигнала и наоборот. Следовательно, главной задачей является подбор рационального способа обработки сигнала, чтобы с приемлемой скоростью и в достаточной мере описать необходимые характеристики акустического сигнала.

### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Гольденберг А. М., Матюшкин Б. Д., Поляк М. Н. Цифровая обработка сигналов: Учеб. пособие для вузов. –

2-изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.

2. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./ Под ред. С. Я. Шаца. – М.: Связь, 1979. – 416 с.
3. Поликар Р. Введение в вейвлет-преобразование. – СПб.: АВТЭКС, 2001. – 59 с.
4. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, № 1. – С. 1145–1170.
5. Новиков Л. В. Основы вейвлет-анализа сигналов. Учебное пособие. – СПб., МОДУС+, 1999. – 152 с.
6. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 171, № 5. – С. 465–501.
7. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 400 с.
8. Чуи К. Введение в вейвлеты. М.: Мир, 2001. – 412 с.
9. Jaideva C. Goswami, Andrew K. Chan. Fundamentals of wavelets. Theory, algorithms and applications. – Wiley Interscience, 1999. – 324 p.

Надійшла 11.09.07

*Представлені методи вейвлет-перетворення (швидке та пакетне) та перетворення Фур'є для обробки віброакустичного сигналу в контексті їх використання в задачах діагностики об'єктів. Для кожного методу виявлені характеристики (результати обробки віброакустичного сигналу), пов'язані зі станом об'єкта, що досліджується. Виконано порівняння методів за часом обробки сигналів.*

*The methods of wavelet analysis (fast and packet wavelet transform) and Fourier-transform for vibroacoustic signal processing in the context of their application for the task of object diagnostics are presented. The characteristics (results of vibroacoustic signals processing), related to the object state under consideration are revealed for each method. The methods comparison by signal processing time is performed.*

УДК 658.5.011.56:681.3

В. И. Дубровин, Л. Ю. Дейнега

## ПОДСИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

---

*В статье представлена автоматизированная подсистема визуализации базы знаний, применение которой упрощает работу пользователя с экспертной системой. Приведена структура представления знаний, функциональные возможности подсистемы и пример ее использования.*

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений систем поддержки принятия решений являются экспертные системы (ЭС). ЭС – особые компьютерные программы, мо-

делирующие действия эксперта-человека при решении задач в какой-либо предметной области на основе накопленных знаний, составляющих базу знаний (БЗ) [1].

Основной особенностью ЭС является ориентация на решение практических задач в неформализованных предметных областях. При этом результаты работы ЭС сравнимы с результатами, получаемыми человеком-экспертом. Накопленные знания определенным образом представлены в памяти ЭВМ в виде БЗ и, в отличие от знаний человека-эксперта, достаточно мобильны [2].

© Дубровин В. И., Дейнега Л. Ю., 2007

Классическая ЭС состоит из механизма логического вывода, БЗ и интерфейса пользователя. При работе с такой системой часто может возникнуть необходимость прибегнуть к помощи разработчика. В данной работе представлена автоматизированная подсистема визуализации знаний, которая устраняет этот недостаток. Эта подсистема может быть как частью ЭС, так и системы, основанной на формализованных знаниях.

**ПОДСИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
В СТРУКТУРЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Структура экспертной системы представлена на рис. 1. Пользователь посылает запрос экспертной системе. Механизм логического вывода, используя знания, накопленные в БЗ, выдает рекомендации системы. Для удобства работы эксперта при пополнении БЗ процесс работы со знаниями должен абстрагироваться от модели их представления. Эти возможности предоставляет подсистема визуализации БЗ [3] (см. рис. 2).

При работе с ЭС такой структуры пользователю предоставляется инструментарий работы с БЗ без участия разработчика, а сам процесс работы со знаниями абстрагируется от модели их представления. Пользователь (или эксперт), работая с графическими объектами и их связями, может также визуально отслеживать процесс принятия решения, проверять все дерево решения [4].

ЭС в современном понимании – прецедентные ЭС. Такие системы в корне отличаются от своих предше-

ственниц тем, что их базы знаний образуют не только логические правила, но и базу прецедентов (БП). Прецедент – это описание проблемы или ситуации в совокупности с подробным указанием действий, предпринимаемых в данной ситуации для решения данной проблемы [5].

В прецедентных экспертных системах чаще всего используется продукционная модель, т. е. модель, основанная на правилах в виде предложения типа «если (условие), то (действие)». Под «условием» (антецедентом) понимают некоторое предложение-образец, за которым осуществляется поиск в базе знаний, а под «действием» (консеквентом) – действия, которые будут выполнены при благоприятном исходе поиска.

**СТРУКТУРА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**

Продукционная модель отличается высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений, простотой механизма логического вывода. Но представление БЗ в виде предложений-продукций не является достаточно наглядным, что не позволяет изучить представленную предметную область в общесистемном подходе. Вдобавок, пополнение БЗ нуждается в определенных сведениях относительно формата записи правил-продукций. Поэтому стоит вопрос построения легкого в использовании визуального интерфейса для создания и управления БЗ ЭС.

Интуитивно понятной пользователю и возможной к применению в ЭС любого типа является древовидная структура представления знаний. Любой технологический объект можно представить в виде дерева, корнем которого является сам технологический объект, узлы дерева следующего уровня иерархии – некоторые функциональные блоки, на которые можно разбить объект, и так далее. Листы такого дерева представляют собой конечные элементы объекта, которые могут описываться некоторым состоянием из возможного набора.

Возможные результаты работы ЭС также можно представить в виде отдельного дерева. Например, для задачи диагностики можно группировать меры, выполнение которых рекомендуется для устранения неисправности. В простейших случаях дерево результата может вырождаться до одного узла с набором вариантов. В общем случае БЗ представляет собой множество входных параметров и множество результатов, каждое из которых представляется в виде семейства деревьев.

Пример такого представления БЗ приведен на рис. 3. На нем узел c0 может представлять собой устройство, которое подлежит диагностике; узлы c1, c2 – его отдельные блоки; c3, c4, c5 – элементы блока c1, при этом элемент c3 может иметь одно из состояний {o1, o2, o3}, c4 – одно из состояний {o4, o5}, c5 – одно из состояний {o6, o7, o8, o9}; аналогично – узлы c6 и c7.

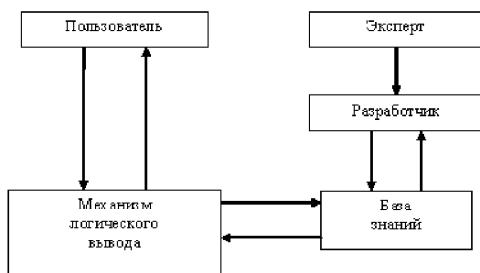


Рисунок 1 – Структура ЭС

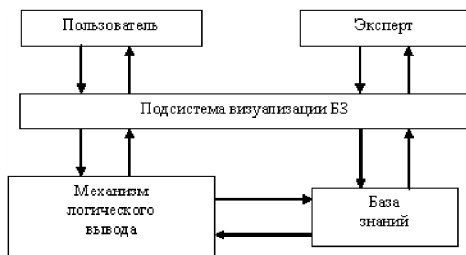


Рисунок 2 – Структура расширенной ЭС

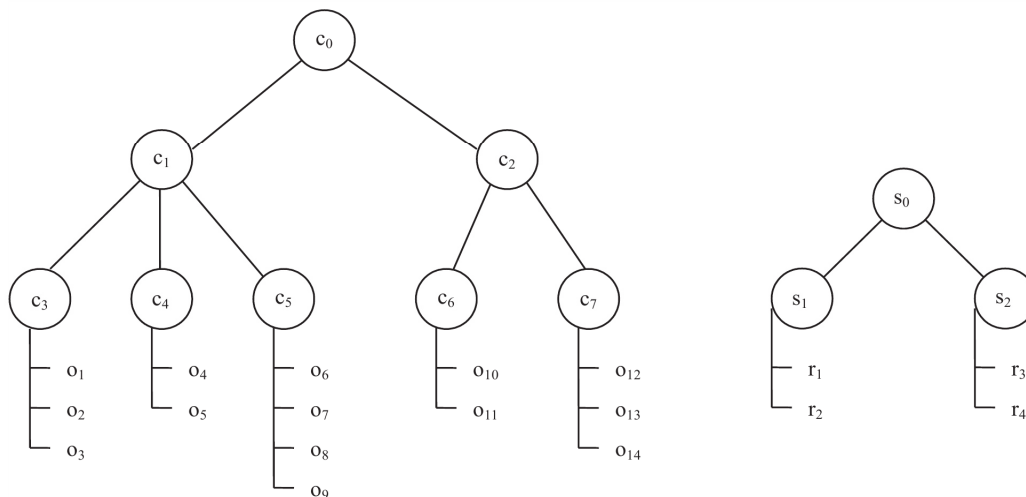


Рисунок 3 – Пример древовидного представления БЗ ЭС

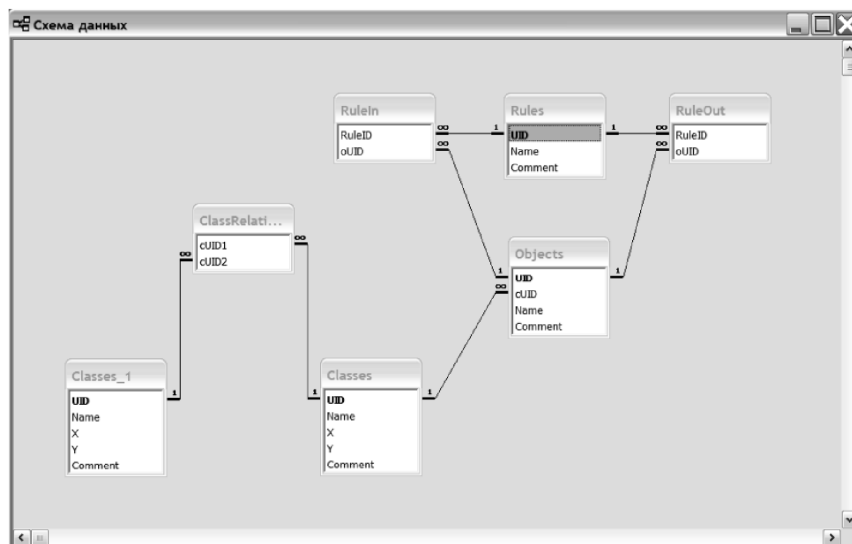


Рисунок 4 – Схема представления данных

Узел s0 является корнем другого дерева и может соответствовать понятию «неисправность»; s1 и s2 – две группы неисправностей с возможными значениями соответственно {r1, r2} и {r3, r4}.

Такое представление является лишь структурным. Семантическая нагрузка в виде правил-продукций, которые задают отношения между листовыми узлами дерева, должны задаваться дополнительно. Типичное правило-продукция, которое соответствует схеме на рис. 3, может иметь вид:

если c3 = o1 и c4 = o5 и c7 = o13, то s2 = r3.

Как видно из этого примера, нелистовые узлы деревьев не используются в правилах, т. к. несут в себе

лишь структурную составляющую. Если предоставить возможность этим узлам также иметь свои множества состояний, это придаст системе большей гибкости.

Схема представления данных подсистемы приведена на рис. 4.

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БЗ

Разработанная подсистема визуализации предоставляет такие возможности:

- создание новой базы знаний;
- загрузка существующей базы знаний;
- сохранение измененной базы знаний;

– добавление, редактирование, удаление понятия базы знаний;

– добавление, редактирование и удаление вариантов состояний понятий;

– добавление и удаление взаимосвязи между понятиями;

– добавление, редактирование и удаление правила базы знаний.

Рабочее окно подсистемы содержит следующие элементы:

– главное меню, с помощью которого можно выполнить действия, которые предлагает программа;

– панель инструментов, которая дублирует пункты раздела «редактор» главного меню;

– рабочее пространство, которое позволяет работать с текущей базой знаний;

– список правил и два списка, которые хранят антецедент и консеквент текущего правила;

– поле для ввода комментария и панель статуса.

### ПРИМЕР РАБОТЫ ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БЗ

Работа подсистемы была успешно протестирована для визуализации БЗ, содержащей сведения о мобильных телефонах, поступающих в сервисный центр. БЗ содержит понятия «Производитель», «Модель», «Номер», «Неисправность», «Причина», «Материалы» и «Описание работ», а также около 26000 правил, которые устанавливают связь между значениями этих понятий, причем понятие «Неисправность» используется в качестве выхода и входа правил (неисправность заявленная и неисправность фактическая).

Пример рабочего окна представлен на рис. 5 (окно разбито на две части для полного просмотра). Левая его часть содержит понятия БЗ (понятие «Номер», подразумевающее серийный номер телефона, обозначено как «IMEI») и их значения. Правая часть – список правил БЗ (их номера, имена и комментарии к ним) и входные-выходные значения понятий для выделенного правила. В данном примере выделено правило № 24 с именем Rule20.

Рисунок 5.1 – Пример рабочего окна программы

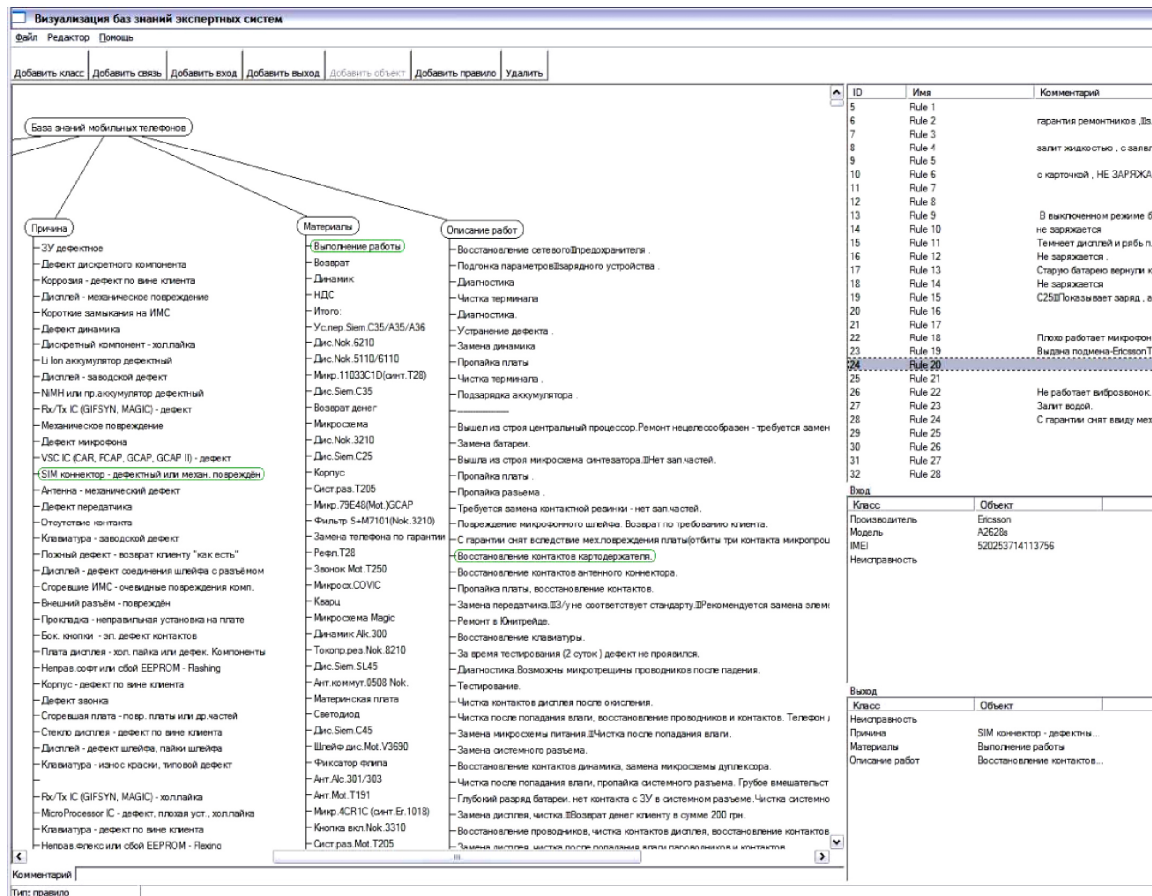


Рисунок 5.2 – Пример рабочего окна программы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная подсистема визуализации является полноценной частью ЭС, а при необходимости может быть расширена с помощью следующих действий:

- добавлением новых библиотек для работы с разными форматами баз знаний;
- добавлением библиотеки для поиска необходимых правил в БЗ большого объема;
- добавлением возможности экспорта данных для языков логического программирования;
- использованием технологий лингвистического обеспечения;
- разработкой альтернативных режимов визуализации;
- переориентацией на использование подсистемы в сети Интернет.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Сойер Б., Фостер Д. Программирование экспертных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 254 с.

2. Дубровин В. И., Дейнега Р. В., Дейнега Л. Ю. Основные подходы к проектированию систем поддержки принятия решений // Проектирование и технология электронных средств, 2003. – № 2. – С. 6–10.

3. Дубровин В. И., Дейнега Л. Ю. Визуализации знаний в системах диагностики авиационных двигателей // Вестник двигателестроения, 2006. – № 1. – С. 88–90.

4. Дубровин В. И., Дейнега Л. Ю., Дейнега Р. В. Подсистема визуализации для работы с базой знаний // Академический вестник, 2004. – № 13. – С. 57–61.

5. Черняховская Л. Р., Никулина Н. О., Халиков Т. А., Федорова Н. И., Водопьянов Р. В. Разработка динамической модели процесса управления в проблемных ситуациях на основе базы знаний прецедентов // Управление в сложных системах, 1999. – № 2. – С. 207–212.

Надійшла 15.10.07

*В статті представлена автоматизована підсистема візуалізації бази знань, застосування якої спрощує роботу користувача з експертною системою. Наведена структура представлення знань, функціональні можливості підсистеми і приклад її використання.*

*The automated subsystem of visualization of knowledges base, application of which simplifies work of user with a expert system, is presented in the article. The structure of knowledges representation, functional possibilities of subsystem and example of its use, is resulted.*