1562689

На правах рукописи

ПУГАЧЕВ ЕВГЕНИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

05.13.06 - Автоматизированные системы управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук



МОСКВА 1999

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Соломатин Николай Михайлович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Четвериков В.Н.

кандидат технических Кучеров В.Б.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1562689
Пугачев Е.К. Научно-практ

Ведущая организация - НИИ «Аргон»

Защита состоится " 1 " июля 1999 года в заседании диссертационного совета Д 053.15.03 "Вычислительная и " Московского государственного технического умана по адресу: 107005, Москва, 2-я

знакомиться в библиотеке МГТУ имени

" 98 " мая 1999 г.

1562689

Иванов С.Р.

Заказ Объем 1 п.л.

107005, Москва, 2-я Бауманская,5.

ДОМ
НЕ ВЫНАЕТСЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Существует класс задач, решение которых невозможно традиционными формальными методами. Этот класс задач определен как интеллектуальные задачи. К ним относятся задачи интерпретации, диагностики, контроля, прогнозирования, планирования, проектирования и т.д.

Выдвинутая концепция методов и средств искусственного интеллекта (ИИ) - есть парадигма решения такого ряда задач. При этом экспертные системы (ЭС) представляются как теория и практика одного из направлений исследований ИИ. Можно выделить следующие основные черты систем ИИ: возможность осуществлять семантический диалог с человеком; накапливать и получать новые знания; способность осуществлять рассуждения, получать объяснения по ним и др.

Одной из актуальных научно-практических задач ИИ является разработка научных положений проектирования ЭС. В настоящее время не существует окончательного решения данной задачи. Трудность заключается в том, что представление знаний не имеет теоретической базы, носит в основном эмпирический характер и трудно поддаются формализации.

Не решен вопрос о том, какова должна быть рациональная модель представления знаний в интеллектуальной системе. Созданные "пустые" экспертные системы, в которых изначально были заложены известные способы (фреймы, продукции или семантические сети) представления знаний и механизм рассуждения оказались мало эффективными.

Опыт практического применения моделей и методов представления знаний показал, что ни одна из форм представления знаний в "чистом виде" не обладает достаточной выразительной мощностью для описания задач, выходящих за рамки демонстрационного прототипа. Наиболее успешные разработки в инженерии знаний чаще всего строятся на базе объединения нескольких из указанных парадигм.

Эффективность ЭС обусловлена в первую очередь полнотой и непротиворечивостью знаний в базе знаний (БЗ), возможностью ее актуализации и модификации. Опыт показал, что важнее иметь разнообразные специальные знания, а не общие процедуры вывода.

Пользователь должен иметь возможность взаимодействовать с ЭС. При этом предъявляются требования: общение на языке близком к пользователю; линия рассуждения должна быть понятна пользователю; способность ЭС объяснять свои выводы.

Цель диссертационной работы - разработка научных положений проектирования диагностической экспертной системы. Предметной областью является специализированная ЭВМ (СЭВМ).

МГТУ
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Методы исследований. Результаты диссертационной работы получены на основе использования научных положений теории информационных семантических систем, теории систем искусственного интеллекта, теории формальных логик, когнитивистики, принятия решений, исследования операций, программирования, формализации и др.

Научная новизна. В диссертационной работе получены новые научные результаты:

1. Сформулированы научные положения проектирования диагностической ЭС.

2. Формализован процесс семантического информирования в структуре "пользователь - ЭС". Сформулированы и формализованы условия семантического интерфейса. Разработан алгоритм синтеза модели семантического интерфейса.

3. Дан анализ основных моделей представления знаний. Предложена новая модель в форме семантического объекта. Предложен интегральный метод представления знаний.

4. Формализован механизм логического вывода в продукционных системах.

5. Обоснована целесообразность разработки сервисных модулей ЭС.

6. Разработана методика проектирования ЭС.

Достоверность научных положений диссертации подтверждены практической реализацией и опытной эксплуатацией прототипа диагностической ЭС.

Практическая ценность. Разработанные методы, алгоритмы, модели, методики и программные средства использовались при создании систем обработки знаний, в том числе:

- "Экспертная система контроля и наладки БЦВМ" (НИИ "Аргон", г. Москва);

- "Гибридная экспертная система «РЕГИСТРАТУРА-ВОПРОСНИК»" (ГНИЦПМ, г. Москва);

- "Система контроля знаний" (МГАП, г. Москва);

- "Кабинет гастроскопии" (ГНИЦПМ, г. Москва) и др.

Полученные теоретические и практические результаты рекомендуются к внедрению в организациях, занимающихся АСУ и обработкой знаний.

Апробация работы. Содержание отдельных разделов и диссертации в целом было доложено:

- на заседаниях аттестационной комиссии при ежегодной аттестации аспирантов кафедры "Компьютерные системы и сети" МГТУ имени Н.Э. Баумана;

- на семинарах и заседаниях кафедры "Компьютерные системы и сети" МГТУ имени Н.Э. Баумана;

- на комиссиях по приемке этапов работ в НИИ "Аргон";

- на международном форуме информатизации МФИ - 92;

- на заседаниях кафедры "Прикладная математика и вычислительная техника" МГАП и др.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 печатных работах и 1 отчете по НИР.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 153 страницах, содержит список литературы из 54 наименований и 10 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируется цель и задачи научных исследований. Приводится краткое содержание по главам.

В первой главе ("Исследование процесса семантического информирования") сформулированы основные научные положения информационных семантических систем (*ISS*), как теоретической базы проектирования ЭС. В качестве базового сформулировано следующее определение *ISS*: "Информационными семантическими называются системы, функционирование которых направлено на достижение цели. Специфической особенностью их функционирования является смысловая переработка семантической информации и самообучение . Последнее предполагает использование информации, поступающей по каналам обратной связи для корректирования процесса функционирования системы с точки зрения достижения цели".

Формальное описание *ISS* представляется записью вида

$$ISS = <a, st, met, re, SemSI, co, \Delta t_i> \qquad (1)$$

где a - цель; st - структура; met - методы достижения цели; re - средства; $SemSI$ - знак семантической переработки семантической информации; co - условия; Δt_i - интервал времени. Указанные элементы кортежа (1) являются атрибутами *ISS*.

Введено понятие семантического объекта (*SO*) и семантической информации (*SI*). Показано, что структура "пользователь - ЭС" относится к классу *ISS*.

Рассмотрены и классифицированы функции семантических объектов в *ISS*: источник, приемник, посредник. Исследованы процедуры семантических операций в процессе функционирования *ISS* , к ним относятся: генерирование, передача, прием, хранение,

восприятие, понимание, принятие решения над *SI*.

Проведен анализ и классификация форм семантической информации в *ISS*. Однородные формы семантической информации представлены записью вида

$$N_1 = \{t, S, g, C, b\} \quad (2)$$

где t, S, g, C, b - текстовая, аудиальная, визуальная (жесты, пластика), изобразительная (графическая), генетическая форма семантической информации соответственно.

В общем случае множество комплексных форм *SI* определяется выражением

$$N_2 = N_1 \times N_1 = \{(t,t),(t,S),(t,g),\ldots,(C,C),\ldots(b,b)\} \quad (3)$$

Дан анализ методов сжатия семантической информации. Рассмотрены адаптивный и фиксированный методы сжатия.

Сформулированы и формализованы условия семантического интерфейса в структуре "пользователь- ЭС". Показано, что информирование между семантическими объектами возможно, если выполняются определенные условия:

$$\forall SO_{s,d}(SO_{s,d} \in ISS)\,[T_s \bigcap T_d \neq \varnothing] \rightarrow wInf \quad (4)$$

где T_s, T_d-тезаурусы источника и приемника семантических объектов, *wInf*- знак возможности информирования.

$$\forall\ SO_{s,d}\ (\ SO_{s,d} \in ISS)\Big[SinSI_s \bigcap\ SinSI_d \neq \varnothing,$$

$$SemSI_s \bigcap SemSI_d \neq \varnothing, \Pr gSI_s \bigcap \Pr gSI_d \neq \varnothing\Big] \rightarrow NInf \quad (5)$$

где $SinSI$, $Sem\,SI$, $\Pr gSI$ - синтаксис, семантика, прагматика семантической информации источника (s) и приемника (d) соответственно; $NInf$ - знак необходимости информирования.

$$\forall SO_{s,d}(SO_{s,d} \in ISS)\Big[P_1 \&_{\rightarrow} P_2 \&_{\rightarrow} P_3 \&_{\rightarrow} P_4 \&_{\rightarrow} P_5 \&_{\rightarrow} P_6 \&_{\rightarrow} P_7 = 1\ \Big] \rightarrow DInf \quad (6)$$

где $DInf$ - знак обязательности информирования.

Синтезирована модель семантического интерфейса, в основе которого находится эвристический алгоритм вида

$$SemInf \ \ is \begin{cases} TRUE, \ если \ U_1 \& U_2 \& U_3 = 1 \\ FALSE, если \ \exists U_i = 0 \end{cases} \quad (7)$$

где U_i - формальные условия информирования; $i = \overline{1,3}$; $SemInf$ - знак семантического интерфейса.

С учетом выполненных исследований главы 1 истинность семантического интерфейса представляется записью вида

$$WInf \& NInf \& DInf \leftrightarrow SemInf \quad (8)$$

Во второй главе ("Исследование моделей представления знаний") дан анализ основных моделей представления знаний в виде продукций, фреймов, семантических сетей. Показаны их достоинства и недостатки.

Предложена новая модель - "модель семантический объектов". Рассмотрено множество свойств объекта, которое представляется в виде

$$Y = \{N_1, N_2, N_3, N_4, F, D\} \quad (9)$$

где N_1 - функциональное назначение; N_2 - область применения; N_3 - отличительный признак; N_4 - принцип действия (взаимодействие элементов, обеспечивающих выполнение заданной функции); F - параметры объекта; D - дополнительные сведения.

Дано описание категории "отношение", которое характеризует взаимозависимость элементов определенной системы. Оно имеет объективный и универсальный характер.

Отношения объектов многообразны: пространственные; временные; причинно-следственные; части и целого; формы и содержания; внешнего и внутреннего и др. Для формального описания отношений используются предикаты.

Специфические понятия модели семантических объектов, такие как полнота, точность и глубина в математической интерпретации представляют собой кортежи соответствующих знаков. В конкретном рассмотрении полнота модели включает перечень указанных категорий вида

$$A = < Q, N_1, N_2, N_3, N_4, F_1, F_2, D > \quad (10)$$

Для формального описания модели семантической информации объектов предложено выражение вида

$$A=<a_1,a_2,\dots,a_n> \quad где \ \ a_1 \ ad \ Q; a_2 \ ad \ N_1 \ \ и \ т.д. \qquad (11)$$

Поскольку основой модели является объективная взаимосвязь базовых категорий, развернутых в аспекты, то правомерно установление прямых и обратных соответствий между ними.

Выполнены исследования основных моделей знаний.

Формализована продукционная модель, в которой под правилом в общем виде понимается выражение вида

$$R \ \ is \ \ <i,Q,P,A \rightarrow B,N> \qquad (12)$$

где R - знак правила; i - имя или номер правила в базе знаний; Q - характеризует сферу применения правила; $A \rightarrow B$ - ядро правила, где $\rightarrow$ - знак секвенции; P - условие применимости ядра; N - обеспечивает постусловия продукции.

Проведена классификация ядер продукции. Выделено два типа ядер: детерминированные и недетерминированные.

Рассмотрены особенности фреймовой модели представления знаний.

В общем виде формально фреймом называют структуру представления знаний следующего вида

$$F \ is \left\{ \begin{array}{l} N(u_1,q_1,p_1) \\ \quad (u_2,q_2,p_2) \\ \quad \dots\dots \\ \quad (u_k,q_k,p_k) \end{array} \right\} \qquad (13)$$

где F - знак фрейма; is - предикат «быть», «являться»; N - имя фрейма; u_k - имя слота; q_k - значение слота; p_k - имя процедуры.

В общем случае модель представления знаний в интерпретации фреймов строится в виде сети фреймов, т.е. системы определенным образом взаимосвязанных фреймов. Тип связи имеет характер «нелинейности» переходов. Иначе говоря подобен «гипертексту».

Подчеркивается, что значениями слотов могут быть имена систем, в памяти которых хранится разнородная семантическая информация. Иначе говоря, семантическая информация всех форм представления, характерная для

естественного языка. В таком случае характеристикой сети фреймов является «мультимедиа» фреймы.

Таким образом, в моделях представления знаний на основе фреймов выделяют две части: набор фреймов, образующих библиотеку внутреннего представления знаний и механизм их преобразования, иначе связывания между собой. Важной особенностью фреймов является наличие незаполненных слотов. Слоты могут заполняться в процессе активизации фрейма в соответствии с определенными условиями. Это придает свойство адаптивности модели представления знаний как на модульном уровне, так и на уровне всей сети фреймов.

Исследован метод семантических сетей. Рассмотрены простые и иерархические сети. Определены недостатки семантической сети.

С помощью иерархических сетей можно представить любые сущности и отношения без какого-либо ограничения на их количество.

В формализованном виде иерархическую семантическую сеть можно представить следующим образом

$$Net\ is\ \Pi \tag{14}$$

где $\Pi = \{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_i, \ldots, \Pi_j, \ldots, \Pi_m\}$ - множество пространств сети; $\Pi_i = \{T_i, O_i\}$ - i-е пространство множества Π, где $T_i = \{T_1, T_2, \ldots, T_k, \ldots, T_n\}$ - множество сущностей пространства Π_i; $O_i = \{O_1, O_2, \ldots, O_l, \ldots, O_v\}$ - множество отношений пространства Π_i.

Необходимым условием является

$$\Pi_i \cap \Pi_j \neq \varnothing \quad \text{т.е.} \quad \forall(\Pi_i \in \Pi)\, \exists(T_k = \Pi_i \cap \Pi_j) \tag{15}$$

На основе проведенного анализа сделан вывод, что представление знаний с помощью сети фреймов есть частный случай реализации иерархической семантической сети.

Разработан обобщенный алгоритм синтеза моделей знаний.

В третьей главе ("Исследование механизма логического вывода") предложен комбинированный способ представления знаний для диагностических экспертных систем рассматриваемой предметной области. Основу данного способа составляет метод семантических объектов. Исследования показали, что комбинированным способом с помощью фреймов целесообразнее представлять материальные объекты предметной области, а с помощью правил идеальные объекты, свойства и отношения.

Формальная запись фрейма применительно к конструктивной части объекта диагностирования рассматриваемой предметной области представлена следующей записью

$$F = <c, S_1, S_2, \ldots, S_m, S_g, n> \quad (16)$$

где, дополнительный слот S_g содержит сжатую информацию о гипотезах неисправностей объектов, которые не были описаны в отдельных фреймах.

Вся конструктивная часть объекта диагностирования представлена в виде системы фреймов

$$M_F = \{F_1, F_2, \ldots, F_L\} \quad (17)$$

Рассмотрены и формализованы аспекты метода продукций комбинированного способа применительно к функциональной части объекта диагностирования и механизму логического вывода. Дан анализ частных случаев правил (18) - (22), приводящих к невозможности или неверному функционированию механизма логического вывода.

$$R_{U_i} = R_{Z_i} \quad (18)$$

где R_{U_i} - условная часть i-го правила; R_{Z_i} - заключающая часть i-го правила.

$$\begin{aligned} &R_{U_i} \rightarrow R_{Z_i} \\ &R_{U\varphi} \rightarrow R_{Z_\varphi} \quad при\ R_{Z_i} = R_{Z_\varphi}\ и\ F_{U_i} \cap F_{U\varphi} = \varnothing \end{aligned} \quad (19)$$

где R_{U_i}, R_{U_φ} - условные части i-го и j-го правил соответственно; R_{Z_i}, R_{Z_φ} - заключающие части i-го и j-го правил соответственно; F_{U_i}, F_{U_φ} - множества фактов условных частей правил R_i и R_φ соответственно.

$$\begin{aligned} &R_{U_i} \rightarrow R_{Z_i} \\ &R_{U\varphi} \rightarrow R_{Z_\varphi} \quad при\ R_{U_i} = R_{U_\varphi}\ и\ F_{Z_i} \cap F_{Z_\varphi} = \varnothing \end{aligned} \quad (20)$$

где F_{Z_i}, F_{Z_φ} - множества фактов заключающих частей правил R_i и R_φ соответственно.

$$\begin{aligned} &R_{U_i} \rightarrow R_{Z_i} \\ &R_{U\varphi} \rightarrow R_{Z_\varphi} \quad при\ F_{Z_i} \subset F_{Z_\varphi}\ или\ F_{Z_\varphi} \subset F_{Z_i} \\ &\qquad\qquad и\ F_{Z_i} \cap F_{Z_\varphi} \neq \varnothing,\ F_{U_i} \cap F_{U_\varphi} = \varnothing \end{aligned} \quad (21)$$

$$R_{U_i} \rightarrow R_{Z_i}$$
$$R_{U\varphi} \rightarrow R_{Z_\varphi} \quad при\ F_{U_i} \bigcap F_{U_\varphi} \neq \varnothing,\ F_{Z_i} \bigcap F_{Z_\varphi} \neq \varnothing, \quad F_{U_i} \bigcap F_{Z_i} = \varnothing,\ F_{U_\varphi} \bigcap F_{Z_\varphi} = \varnothing \qquad (22)$$

Сформулировано необходимое условие непротиворечивости правила вида

$$R_i\ is <i, Q, p, R_{U_i} \rightarrow R_{Z_i}, N> \qquad (23)$$

при $R_{U_i} \supset F_{U_i}\ и\ F_{U_i} \in F;\ R_{Z_i} \supset F_{Z_i}\ и\ F_{Z_i} \in F$

Необходимым условием является выражение

$$F_{U_i} \bigcap F_{Z_i} = \varnothing \qquad (24)$$

Сформулировано необходимое условие для организации механизма логического вывода в правилах, описывающих объекты сложной структуры (25).

$$F_{U_i} \bigcap F_{Z_\varphi} \neq \varnothing \qquad (25)$$

На основании проведенных исследований разработана таблица предпочтительности выбора способа представления знаний для исследуемой предметной области (таблица 1).

Формализован механизм логического вывода в продукционных системах. Согласно теории информационных семантических систем механизм логического вывода представляется выражением

$$I=((((((V \& t_V) \&_{\rightarrow} M) \&_{\rightarrow} t_M) \&_{\rightarrow} C) \&_{\rightarrow} t_C) \&_{\rightarrow} W) \&_{\rightarrow} t_W \qquad (26)$$

где V, M, C, W - процессы выбора активных фактов (правил), сопоставления, разрешения конфликтов и выполнения правила; t_V, t_M, t_C, t_W - запросные времена процессов. Механизм логического вывода представляется как последовательность вышеуказанных процедур.

Рассмотрены структуры порождения новых фактов, формализованы способы для явного и неявного извлечения фактов из базы знаний.

Дано определение конфликтной ситуации, исследованы частные случаи конфликтных ситуаций и способы их разрешения.

Таблица 1.

Метод семантических объектов	Исследуемый объект			
	Идеальные объекты сложной структуры		Материальные объекты сложной и простой структуры	Идеальные объекты простой структуры
	Количество отношений >2	Количество отношений <2		
Метод продукций	+	+	–	+
Метод семантических сетей	+	–	–	–
Метод фреймов	–	+	+	–

Исследован механизм логического вывода применительно к фреймам и семантическим сетям.

Для означивания фрейма определено и формализовано четыре концепции: по конъюнкции слотов (27); по конъюнкции группы слотов (28); по достаточному признаку (29); по порогу (30).

$$F \text{ is } F^*, \text{ если } \forall S_i (S_i \in M_{SF}) \exists S_i^* \qquad (27)$$

где $i = \overline{1,m}$, m - количество слотов фрейма F; F is F^* - читается так: "фрейм является означенным"; S_i - $i-$й слот фрейма F; M_{SF} - множество слотов фрейма F; S_i^* - $i-$й конкретизированный слот фрейма F.

$$F \text{ is } F^*, \text{ если } \forall S_i [S_i \in M_{Sj} (M_{Sj} \in M_{SF})] \exists S_i^* \qquad (28)$$

где $M_{SF} = \{M_{S1}, M_{S2}, \ldots, M_{Sj}, \ldots, M_{Sn}\}$ - множество слотов фрейма F; M_{Sj} - j-я группа слотов, конкретизация которой приводит к означиванию фрейма F; $j = \overline{1,n}$, n - количество групп

фрейма F; S_i - $i-й$ слот множества M_{sj}; $i=\overline{1,m}$, m - количество слотов множества M_{sj}; S_i^* - $i-й$ конкретизированный слот множества M_{sj}.

$$F\ is\ F^*,\ если\ \exists S_i[(S_i \in M_{SF}) \wedge (S_i\ is\ S_i^*)],\ при\ SI_{S_i}\ is\ SI_D \tag{29}$$

где SI_{S_i} - семантическая информация слота S_i; SI_D - семантическая информация, которая является достаточной для означивания фрейма.

$$F\ is\ F^*,\ если\ \exists M_{sj}\ (M_{sj} \in M_{SF}),\ при\ \sum_{1}^{m} V_{Si} \geq V_P \tag{30}$$

где V_{Si} вес $i-го$ слота; m - количество конкретизированных слотов; V_P - пороговое значение, необходимое для означивания фрейма.

Для организации механизма логического вывода применительно к фреймовой модели предложено два способа: с помощью демонов; с помощью управляющих процедур.

Интерпретация семантических сетей осуществляется с помощью использующих ее процедур. Выделено два способа организации процедур: способ сопоставления частей сетевой структуры; способ перекрестного поиска.

В четвертой главе ("Экспериментальные исследования и практические реализации") дано обоснование разработанного алгоритма функционирования ядра прототипа диагностической экспертной системы. Разработана структура логических условий прикладной единицы базы знаний (рис.1) и структура прикладной единицы для фреймового представления (рис.2).

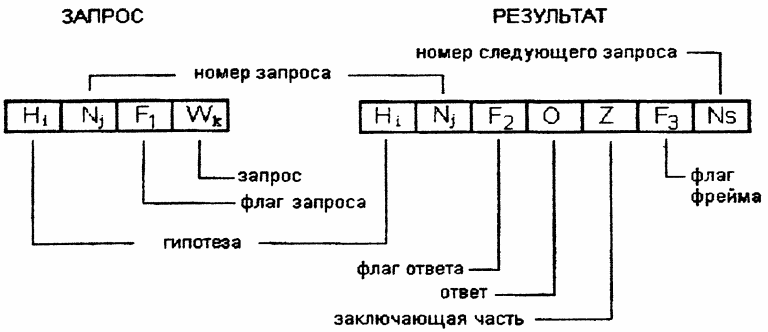


Рис.1. Структура прикладной единицы базы знаний.

ИМЯ ФРЕЙМА	
СЛОТ	ЗНАЧЕНИЕ
Имя 1-го уровня	
Имя 2-го уровня	
Имя 3-го уровня	
Имя 4-го уровня	
ГИПОТЕЗА	

Рис.2.Структура прикладной единицы знаний для фреймового представления.

Проведен анализ процесса диалога. Дано обоснование целесообразности разработки модулей объяснения и накопления знаний. Проведен анализ процессов взаимодействия ядра экспертной системы и сервисных модулей. Определены основные функции сервисных модулей.

Для определения функций модуля объяснений (МО) все возможные вопросы, возникающие у пользователя в процессе его работы с ЭС, классифицированы на два вида: вопросы о действиях ЭС и вопросы, касающиеся базы знаний.

Наибольший интерес вызывает первый вид вопросов, так как он связан непосредственно с объяснением работы ЭС. Поэтому от того, как построено объяснение для этого вида вопросов во многом зависит степень доверия к выводам, сделанным ЭС. Для этого МО имеют средства, позволяющие отслеживать и запоминать все действия ЭС.

Второй вид вопросов касается знаний, которые имеет в своем распоряжении ЭС, в том числе знаний о самой ЭС.

Сложность задачи в данном случае заключается в том, что действия связанные с изменением БЗ должен выполнять программист, знающий структуру ЭС. Носителем же знаний является эксперт-человек, который, как правило, не знает структуры ЭС и языка программирования.

Обоснована необходимость создания модуля накопления (МН), основной задачей которого является обеспечение возможности изменения БЗ пользователем не программистом, а в некоторых случаях пользователем не являющимся экспертом.

С другой стороны, МН позволит сократить время переноса знаний от эксперта в БЗ.

Процесс переноса знаний очень сложный, он включает в себя последовательное выполнение многих функций.

Определены требования к инструментальному средству, которые предъявляет механизм логического вывода в продукционных системах.

Основными требованиями являются:

1. Возможность манипулирования как элементами условной части правила, так и элементами заключающей части правила.

2. Возможность генерирования различных наборов фактов (правил).

3. Возможность описания и использования метаправил, т.е. правил в условной части которых содержится условие, касающееся содержания другого правила.

4. Возможность быстрого поиска и сопоставления фактов и правил.

5. Возможность определения любого объекта , который находится в данном отношении с другим объектом (свойство обратимости).

6. В случае использования обратного вывода, для эффективности функционирования системы необходимо, чтобы очередность проверки условий условной части правила определяла процесс вывода.

Исследованы возможности языка логического типа. Описаны преимущества прикладной единицы базы знаний.

Дано обоснование выбора инструментального средства. В качестве базового средства был выбран язык искусственного интеллекта Турбо-Пролог 2.0. Данный язык удовлетворяет предъявляемым требованиям.

В заключении сформулированы основные теоретические, методические и практические результаты диссертации.

В приложении приведены: структура прототипа разработанной диагностической ЭС; алгоритм работы модуля накоплений знаний; фрагмент базы фактов ЭС на языке Турбо-Пролог 2.0; фрагмент ядра программной оболочки прототипа диагностической экспертной системы; фрагмент программы модуля объяснений; спецификация на прототип диагностической ЭС; методика проектирования ЭС; методика

диагностирования специализированной ЭВМ; назначение демонстрационного прототипа; результаты сравнительного анализа использования искусственного (ЭС) и естественного интеллекта применительно к решению задачи диагностирования; акты о внедрении.

Основные результаты.

Цель, сформулированная в диссертационной работе по разработке научно-практических положений проектирования диагностической экспертной системы, достигнута.

Теоретическая часть.

1. Разработан и формализован процесс семантического информирования в структуре "пользователь - ЭС". Основу указанной формализации составляют три условия: пересечение тезаурусов, единство знаков, истинность последовательностной конъюнкции процедур.

2. Исследованы основные модели представления знаний (продукции, фреймы, семантические сети). Показаны их достоинства и недостатки. Разработана новая модель - "модель семантических объектов". Предложен комбинированный способ представления знаний для решения задачи диагностирования в рассматриваемой предметной области.

3. Формализован процесс интерпретации знаний и механизм логического вывода.

4. Разработана методика проектирования основных модулей диагностической экспертной системы (ядра и сервисных модулей).

Методическая часть.

Разработана методика проектирования диагностической экспертной системы, включающая в себя следующие основные этапы:

1. Выбор предметной области; формулировка цели; определение задачи; разработка алгоритма функционирования экспертной системы.

2. Извлечение знаний из различных источников и их структуризация.

3. Выбор инструментальных средств проектирования.

4. Формализация знаний в виде машинных процедур; построение базы знаний (программа на языке программирования).

5.Разработка семантического интерфейса "ЭС - пользователь" (программа).

6. Разработка механизма логического вывода (программа).

7. Разработка модуля объяснений (программа).

8. Разработка модуля накопления знаний и манипулирования со знаниями (комплекс программ).

Практическая часть.

1. Разработаны основные теоретические положения проектирования диагностической ЭС.

2. Предложена методика проектирования диагностической ЭС.

3. Разработаны алгоритмы функционирования ядра и сервисных модулей (модули объяснения и накопления знаний) диагностической экспертной системы, включающего: механизм логического вывода, базу знаний, интерфейс с пользователем.

4. Создан комплекс специальных инструментальных средств диагностирования процессора СЭВМ. Последний включает: процедуры тестирования; семантический диалог "пользователь - ЭС"; процедуры диагностики и принятия решений.

5. Разработан комплекс программ обработки информации баз данных и знаний в процессе диагностирования системы. Реализация выполнена на языке искусственного интеллекта Турбо-Пролог 2.0.

Достоверность научных положений диссертации подтверждена выполненными экспериментальными исследованиями, практической реализацией разработанного прототипа ЭС, опытной эксплуатацией ЭС и результатами внедрений.

Основное содержание диссертации отражено в следующих печатных работах :

1. Пугачев Е.К. К вопросу об интеграции экспертной и гипертекстовой систем //Пользовательский интерфейс. -1993. -№3. -С.57-62.

2. Соломатин Н.М., Пугачев Е.К., Степанов А.И. Блок объяснений экспертной диагностической системы // Вестник МГТУ. Приборостроение.-1992.-№3.-С.12-17.

3. Семантические аспекты организации экспертных систем / Н.М.Соломатин, К.С.Хомяков, Е.К.Пугачев и др. //Вестник МГТУ.Приборостроение.-1994.-№1.-С.15-21.

4. Куда идут экспертные системы? /Н.М.Соломатин, С.А.Мартынчик, Е.К.Пугачев и др. //Вестник МГТУ. Приборостроение. 1995.-№2.-С.10-16.

5. Соломатин Н.М., Соколов Н.К., Пугачев Е.К. Семантический интерфейс между пользователем и медицинской диагностической экспертной системой // Конверсия.-1997.-№10.-С.57-59.