

Программные средства и технология автоматизированного построения интегрированных экспертных систем

авторы: Рыбина Г.В., Пышагин С.В., Смирнов В.В., Чабает А.В.

В работе описаны общие принципы автоматизированного построения интегрированных экспертных систем в статических проблемных областях на основе инструментального комплекса АТ-Технология (версия MS-Windows), разработанного в лаборатории системы искусственного интеллекта кафедры кибернетики Московского государственного инженерно-физического института (технического университета).

Инструментальный комплекс АТ-Технология предназначен для компьютерного построения прикладных интегрированных экспертных систем (ИЭС) в статических проблемных областях. Комплекс реализует задачно-ориентированную методологию построения ИЭС, детально описанную в [1, 2], и представляет собой взаимосвязанную совокупность средств автоматизации проектирования ИЭС на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) с единым управлением проектом по созданию ИЭС в соответствии с поставленными задачами, набором имеющихся программных средств (ПС), конкретной моделью ЖЦ создания программного обеспечения ИЭС.

Существует несколько версий комплекса АТ-Технология (для MS-DOS и MS-Windows в инструментальной среде разработки Borland Delphi 1.0) [3], обеспечивающих реализацию следующих функциональных возможностей по построению ИЭС:

- идентификация решаемой проблемы (анализ системных требований (АСТ) пользователя на разработку ИЭС) и построение модели архитектуры ИЭС;
- извлечение знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов, структурирование полученных знаний и формирование базы знаний (БЗ) о проблемной области (ПО) (то есть автоматизированное построение БЗ);
- реализация функций традиционных экспертных систем (ЭС), реализация гипертекстовой модели общения, обучающих функций, а также функций, обеспечивающих интеграцию средств представления и обработки знаний в традиционных ЭС с СУБД и пакетами прикладных программ (ППП) расчетного и графического характера;
- проектирование (общее и детальное) элементов (блоков) прикладной ИЭС (диалоговых форм (ДФ), спецификаций процессов, обработчиков событий и т.п.) на основе модели архитектуры и моделей типовых процессов создания ИЭС;
- программирование, конфигурирование и тестирование прототипа ИЭС.

Методология и технология автоматизированного построения интегрированных экспертных систем на основе комплекса АТ-Технология

Особенности процесса проектирования ИЭС

Опыт создания ПС как в традиционном программировании, так и в области разработки ЭС показывает ограниченность не только каскадных моделей ЖЦ разработки, но и спиральных моделей типа модели Боэма, поэтому в рамках задачно-ориентированной методологии построения ИЭС был реализован один из вариантов спиральной модели ЖЦ разработки ИЭС, предусматривающий возврат к любому ранее пройденному этапу ЖЦ. В настоящее время средствами комплекса АТ-Технология (версия MS-Windows) поддерживаются все этапы ЖЦ, характерные как для разработки традиционных ПС, так и для разработки ЭС, которые могут значительно перекрываться или отсутствовать вовсе. Выделим основные особенности реализации этапов ЖЦ.

АНАЛИЗ СИСТЕМНЫХ ТРЕБОВАНИЙ. Методология системного анализа ПО на этом этапе ЖЦ базируется на сращивании концепций структурного анализа систем (модифицированная методология Гейна-Сарсона), объектно-ориентированного проектирования (ООП), повторно используемых компонентов (ПИК) и задачно-ориентированной методологии приобретения знаний в ИЭС [1, 2, 4, 5]. Такой подход обеспечивает следующие преимущества:

- возможность построения расширенной диаграммы потоков данных (ДПД), включающей специальный элемент для описания ЭС;
- интерпретацию полученной диаграммы (коррекция планов разработки, анализ введенных текстовых описаний и т.п.);
- возможность доопределения текущей задачи за счет дополнительного извлечения знаний о ПО, так как в процессе настройки на тип решаемой задачи на основе введенного краткого описания задачи и части ДПД производится поиск среди зарегистрированных ПИК, содержащих решения аналогичных задач.

Следует отметить, что в общем случае ПИК – это некоторое интерпретируемое описание, хранящее информацию о решаемой задаче, о способах разработки программной реализации для данной задачи (знания о процессе проектирования) и о способах решения этой задачи (знания о процессе выполнения). В комплексе АТ-Технология понятие ПИК конкретизируется специальным образом: исходная задача описывается в виде расширенной ДПД, знания о процессе проектирования – в виде иерархии задач в плане разработки, а знанием о процессе выполнения служит собственно решение задачи, представленное в виде части БД проекта.

Исходя из этого ПИК можно представлять в виде экземпляров специального класса, который имеет следующую структуру:

ПИК= \langle З, Fa, П, Fп, Fв \rangle ,

где З – описание задачи, решаемой данным ПИК, в виде расширенной ДПД; Fa – множество функций, предназначенных для оценки актуальности и принятия решения о применимости ПИК; П – множество задач, включаемых в общий план разработки при активизации ПИК; Fп – множество функций, используемых на этапе общего и детального проектирования ИЭС; Fв – множество функций, используемых на этапе тестирования прототипа ИЭС.

Реализация всех упомянутых выше функций ПИК-объектов описывается на графическом языке мини-спецификаций процессов, а значит, используется доступ как к внутренним объектам системы, так и к внешним модулям комплекса АТ-Технология.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПОСТРОЕНИЕ БЗ. Процесс автоматизированного построения БЗ о ПО включает следующие этапы:

- итеративное извлечение знаний из экспертов и проблемно-ориентированных текстов на основе комбинированного метода приобретения знаний [4] в соответствии с построенной моделью архитектуры ИЭС;
- структурирование полученной от эксперта информации по каждой задаче (подзадаче) в виде поля знаний;
- верификация и валидация поля знаний (на основе специализированного средства для работы с результатами, полученными в процессе интервьюирования экспертов);
- формирование фрагментов БЗ в терминах конкретного языка представления знаний (ЯПЗ);
- проверка созданных фрагментов БЗ на полноту и непротиворечивость (в том числе на основе средств системы ИЛИС [7]).

ПОСТРОЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫВОДА В ИЭС. Следует отметить, что в отличие от методов построения традиционных ЭС, когда каждый раз полностью разрабатываются все компоненты ЭС (включая средства интерфейса, приобретения и управления), здесь используется концепция распределенного проектирования отдельных компонентов и подсистем ИЭС в соответствии с моделью архитектуры ИЭС на различных этапах ЖЦ. Поэтому создание средств вывода в проектируемой ИЭС осуществляется на отдельном этапе ЖЦ и заключается в выполнении следующих процедур:

- выбор конкретной стратегии вывода (прямой, обратной, смешанной), применяемой универсальным решателем комплекса АТ-Тех-нология, корректировка значений коэффициентов определенности для работы с недоопределенными знаниями;
- формирование средств вывода на основе решателя системы GURU или оболочки ЭКО в случае необходимости использования данных инструментальных средств (ИС) для разработки ядра продукционной ИЭС;

ОБЩЕЕ И ДЕТАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. В этап проектирования архитектуры, состава и структуры компонентов прикладной ИЭС входит два основных подэтапа:

- проектирование архитектуры ИЭС, включающее детализацию иерархии ДПД, построенной на этапе АСТ, до уровня мини-спецификаций процессов, а также разработку структуры и интерфейсов компонентов;
- детальное проектирование, включающее разработку спецификации каждого компонента, интерфейсов между компонентами, создание ДФ и описание обработчиков событий, определение используемых ИС в виде внутренних объектов комплекса.

Отметим, что решение вопросов, связанных с интеграцией компонентов проектируемой ИЭС по управлению, данным и представлению, обеспечивается за счет следующих программных решений:

- процедурного языка комплекса АТ-Технология, обеспечивающего доступ не только к любому объекту БД проекта, но и к системному ядру комплекса и ядру операционной системы;
- поддержки интерфейсных протоколов межпрограммного взаимодействия, встроенных в операционную систему Windows;
- единого иерархического представления всех процедурных знаний: не входящих в состав комплекса от элементарных кирпичиков – процедур, реализующих базовые функции комплекса, до сложных связанных спецификаций процессов, описанных на графическом языке, что позволяет реализовать различные способы интеграции с внешними прикладными программами.

КОНФИГУРИРОВАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ИЭС. На данном этапе проводится полная сборка, верификация проекта и собственно тестирование прототипа.

Автоматизированное формирование базы знаний

Как было отмечено выше, процесс автоматизированного построения БЗ средствами комплекса АТ-Технология осуществляется в несколько этапов, самым важным из которых является процесс извлечения знаний на базе разработанных в рамках задачно-ориентированной методологии специализированных методик компьютерного извлечения знаний из экспертов на основе моделей и методов решений типовых задач [1,2,4,5].

Процессы интервьюирования экспертов осуществляются на основе использования библиотеки сценариев диалога, отражающих тематическую структуру решаемых задач. Интервьюирование проводится, как правило, в несколько сеансов, причем каждый сеанс может быть прерван на любом шаге сценария диалога и продолжен с того места, где он был прерван. Сценарии диалога включают как использование открытых вопросов, называющих тему или предмет и оставляющих эксперту полную свободу по выбору формы и содержания ответа, так и безличных вопросов, направленных на выявление распространенных и общепринятых закономерностей ПО. Следует отметить, что для

обработки текста, вводимого от эксперта, при идентификации решаемой задачи предусмотрено формирование словаря базовой терминологии на основе выявленной лексики системного аналитика (инженера по знаниям), получаемой на этапе АСТ и текста, вводимого экспертом и содержащего описание решаемой задачи.

В процессе диалога информация, получаемая от эксперта, преобразуется в некоторое внутреннее представление (поле знаний), основными базовыми элементами которого являются объекты и правила. Вновь введенные термины заносятся в словарь, который закрепляется за конкретным сеансом интервьюирования эксперта.

На следующем этапе результаты сеанса подвергаются анализу и структурированию. Для этого формируется протокол интервьюирования эксперта (ПИЭ). ПИЭ содержит список вопросов, которые эксперт задал себе сам, направляемый сценарием диалога, и список соответствующих ответов эксперта самому себе. При этом ответы на различные вопросы связаны друг с другом в последовательности, отражающей решение конкретной задачи, что обеспечивается гипертекстовой формой представления ПИЭ. Для удобства визуализации ПИЭ используется его графическая интерпретация, что обеспечивает большую наглядность и быстрый доступ к вопросам и ответам эксперта. Инженер по знаниям совместно с экспертом просматривает ПИЭ и корректирует отдельные фрагменты с целью устранения ошибок и достижения максимальной полноты и непротиворечивости формируемого фрагмента поля знаний. Все изменения, вносимые в ПИЭ, автоматически учитываются во внутреннем представлении информации о сеансе.

Фрагменты поля знаний, полученные в результате нескольких сеансов интервьюирования, могут быть объединены и совместно подвергнуты верификации, используя требуемую комбинацию следующих способов тестирования: поиск конфликтных правил, поиск избыточности в правилах, поиск пересекающихся правил, поиск пропущенных правил, поиск атрибутов без ссылок.

Инженер по знаниям может устранить выявленную неполноту и противоречивость следующими способами:

- выполнением повторного интервьюирования эксперта;
- корректировкой ПИЭ;
- автоматизированной коррекцией информации о сеансах интервьюирования, а именно: удалением повторно описанных типов атрибутов, удалением повторения правил, удалением атрибутов без ссылок.

После устранения ошибок, неполноты и противоречий сформированный фрагмент поля знаний может быть представлен на ЯПЗ конкретного ИС с помощью специализированного конвертера, текущая версия которого ориентирована на ЯПЗ GURU, ЭКО, а также собственный универсальный ЯПЗ комплекса АТ-Технология [1-3].

В случае, если фрагмент БЗ представлен на ЯПЗ комплекса АТ-Технология, то для его модификации может быть применен специальный редактор правил. Данный редактор совмещен с редактором форм комплекса АТ-Технология, который позволяет создать удобный пользовательский интерфейс для создаваемого прототипа ИЭС. Редактируемый фрагмент БЗ может быть проверен на полноту и непротиворечивость путем применения способов, аналогичных применяемым, для тестирования фрагментов поля знаний. При необходимости созданный фрагмент БЗ может быть введен в базу опыта комплекса программ ИЛИС и проверен на полноту и непротиворечивость с помощью этого комплекса.

Особенности программной реализации комплекса АТ-Технология

Для рассмотрения выделим следующие группы вопросов:

- разработка библиотеки компонентов (а ими могут быть любые части приложения) и их последующее повторное использование в зависимости от требований к текущей задаче;

- тесная интеграция компонентов комплекса, связанных с представлением и обработкой данных, реализующих гипертекстовую модель общения, обучающие функции, с OLE-серверами данных, внутренним ядром Windows;
- автоматизированное построение БЗ и использование универсального решателя комплекса АТ-Технология для обеспечения полного доступа ко всем внутренним объектам БД проекта в процессе вывода;
- поддержка репозитория (БД проекта) с возможностью распределенного хранения, обработки и экспорта-импорта частей БД проекта;
- поддержка динамического составления иерархии планов, при этом структура и состав плановых задач могут быть изменены на любом этапе разработки проекта любым объектом системы;
- визуальное представление всех объектов БД проекта и связей между ними, широкое использование пиктограмм, оперативных подсказок и т.п.

Средства планирования разработки ИЭС

Одним из основных элементов ядра комплекса АТ-Технология является планировщик, планирующий этапы разработки как на основе общего плана разработки и знаний системы о решаемой задаче, так и на основе ранее накопленного опыта в виде ПИК. Глобальный план разработки представляет собой дерево, в узлах которого находятся описания задач. Процессы модификации плана (изменение параметров плановой задачи, удаление задачи в плане, добавление новой плановой задачи) можно описать и на процедурном языке, и на языке описания спецификаций процессов, что позволяет использовать их в обработчиках событий, в процедурах-демонах в описаниях атрибутов БЗ, создавая мощные и одновременно очень гибкие возможности планирования.

Средства поддержки работы с БД проекта

Структурно все объекты БД проекта можно разделить на следующие группы (классы): рабочая область, форма-контейнер, визуальный элемент.

Визуальные элементы отвечают за отображение объектов системы (элементов диаграмм, ДФ, спецификаций процессов и т.п.) и связей между ними.

Форма-Контейнер является обычным окном Windows, имеющим дополнительные свойства и методы. Основное их предназначение – хранение неограниченного числа проектируемых визуальных элементов, отображающихся на форме в процессе редактирования.

Рабочая область – совокупность контейнеров определенных типов. Всего в системе используется несколько типов рабочих областей, разделенных по их отношениям к стадиям ЖЦ разработки и возможному составу форм-контейнеров: ДПД, спецификации процессов, объекты, описывающие взаимодействие с внешними ППП, ДФ, описания атрибутов и правил БЗ.

В текущей версии комплекса предусмотрены: возможность модификации структуры (иерархии объектов) БД проекта, обмен любыми объектами БД проекта между проектами, модификация свойств объектов. Кроме непосредственной модификации БД проекта, возможна модификация описаний рабочих областей, где происходит добавление и удаление форм-контейнеров, создание дочерних диаграмм, описание объектов и связей между ними с использованием специальных графических языков, заметно упрощающих взаимодействие с системой и получение общего представления о структуре решаемой задачи. В рассматриваемой версии комплекса реализованы следующие языки.

1. Язык описания расширенных ДПД [3]. Основные элементы языка: процесс, который может быть описан на нижнем уровне в виде мини-спецификации процессов или в виде дочерней ДПД, неформализованная операция, описывающая решение неформализованной задачи, внешняя сущность, накопители данных, потоки данных и управления.

2. Язык описания мини-спецификаций процессов, объединяющий в себе преимущества естественно-языкового описания алгоритмов, блок-схемного описания и структурных описаний. Основные элементы языка: условный блок, процедурный блок, описатель источника данных (ссылки), блок присваивания, описатель параметров, локальных переменных и связи по данным и управлению. Значительно расширяют мощность языка механизмы косвенных ссылок и означивания по связям.
3. Язык описания внутренних объектов, инкапсулирующих описание используемого инструментария (в комплексе таким образом описаны гипертекст, мультимедийные средства, MS-PowerPoint).
4. Язык описания ДФ, на котором описываются состав и наполнение ДФ.

Средства приобретения знаний

Процесс приобретения знаний в комплексе АТ-Технология поддерживается:

- специализированным лингвистическим процессором: выполняющим семантико-синтаксический анализ отдельных предложений, с помощью которых эксперт в начале сеанса формулирует решаемую проблему, что позволяет активизировать необходимый сценарий диалога;
- ПС, поддерживающим сбор лексики системного аналитика на этапе АСТ, а также полученной в результате обработки ПИЭ;
- ПС интервьюирования экспертов в соответствии с активизированным сценарием диалога, при этом информация, полученная от экспертов, преобразуется в специальное внутреннее представление (поле знаний);
- специализированным конвертером, который позволяет сформировать ПИЭ для конкретного сеанса, преобразовать фрагменты поля знаний на ЯПЗ конкретного ИС;
- ПС просмотра и редактирования ПИЭ с текстовым и графическим доступом к информации, которое позволяет вносить изменения в соответствующий фрагмент поля знаний синхронно с процессом редактирования ПИЭ;
- ПС объединения информации нескольких сеансов интервьюирования с проверкой результатов объединения на полноту и непротиворечивость и с возможностью автоматизированного устранения некоторых видов неполноты и противоречий;
- редактором правил, позволяющим вносить изменения во фрагмент БЗ, представленный на ЯПЗ комплекса АТ-Технология.

Средства поддержки гипертекста

Средства поддержки предназначены для выполнения процедур:

- проверки ПИЭ на наличие ошибок, неполноты и противоречий;
- редактирования ПИЭ в случае обнаружения ошибок, неполноты и противоречий и синхронного внесения изменений ПИЭ в соответствующий фрагмент поля знаний;
- создания гипертекстового электронного учебника в процессе построения обучающей версии ИЭС;
- создания гипертекстовой помощи для различных подсистем ИЭС.

Для повышения эффективности работы с гипертекстом предусмотрена графическая интерпретация его узлов и их связей, что позволяет осуществить быстрый доступ к любому узлу гипертекста.

Средства поддержки разработки обучающих систем

Как было показано в [3,6], процесс формирования модели обучаемого в комплексе АТ-Технология осуществляется в режиме диалога с обучаемым. Для этого используется специальное ПС со

структурой диалога в виде графа, узлы которого содержат вопросы и варианты ответов, а дуги отражают порядок следования вопросов в зависимости от ответов обучаемого. При этом каждому узлу ставится в соответствие некоторая ДФ из рабочей области, содержащей представление данного вопроса и вариантов ответов, а каждой дуге – весовой коэффициент ответа на вопрос. Имеется возможность редактировать экранную форму, на которую ссылается узел, после двойного нажатия мыши на нем.

Возможно также разделение преподавателем-методистом всей ПО на непересекающиеся подобласти (ПОБ). Такого рода разделение позволяет более адекватно сформировать модель обучаемого, основываясь на результатах тестирования. Пользователю предоставляется средство указания ПОБ, к которой относится конкретный вопрос. Оценка уровня знаний в этом случае формируется после окончания тестирования путем суммирования весовых коэффициентов, которым снабжается каждая дуга для каждой подобласти. Суммирование производится только по дугам, переход по которым осуществлялся во время сеанса тестирования.

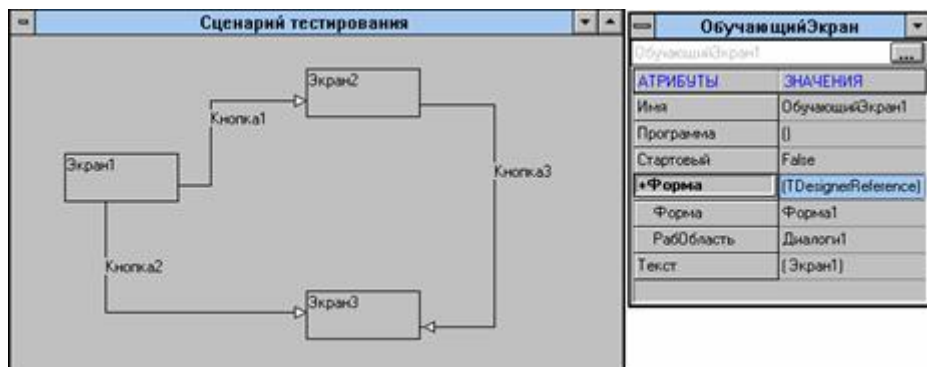


Рис. 1. Пример сценария диалога для формирования модели обучаемого

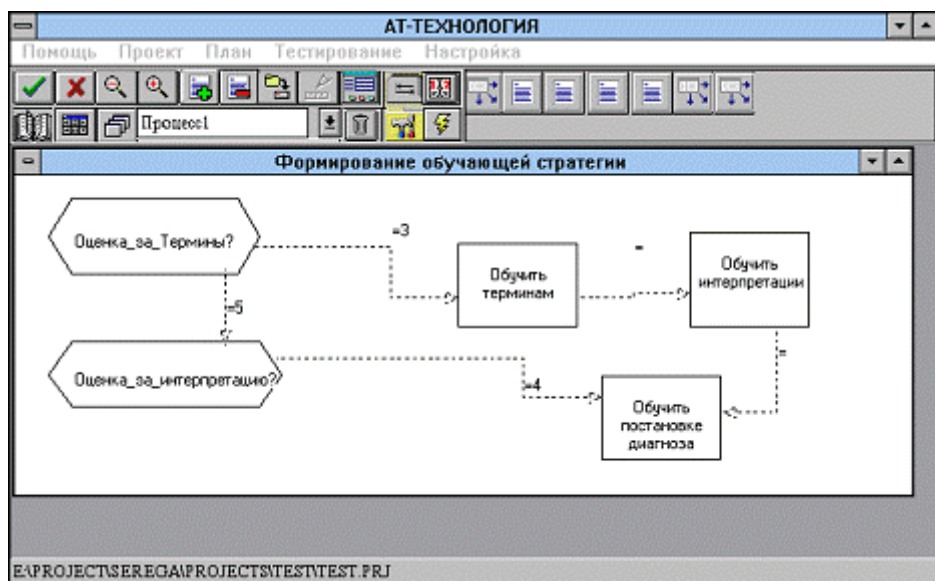


Рис. 2. Пример описания функции формирования обучающей стратегии на языке спецификации процессов

ПС для создания сценариев обучения позволяет использовать в качестве обучающих воздействий ДФ, ППП графического и расчетного характера, главы гипертекстового учебника и консультацию с ЭС. Стратегия обучения формируется из множества созданных преподавателем сценариев, содержащих обучающие воздействия, непосредственно во время сеансов обучения. Процесс формирования описывается на языке мини-спецификаций процессов с использованием оценок уровня знаний для подобластей.

Формирование сценариев обучения производится аналогично формированию сценария тестирования. В частности, обучающие воздействия представлены в виде узлов графа, а дуги

отражают последовательность их следования. Если в качестве обучающего воздействия используется ДФ, то при редактировании сценария имеется возможность ее редактирования.

Рассмотрим пример построения обучающей ИЭС "Экспресс-диагностика крови" на основе средств комплекса АТ-Технология.

Построение ИЭС начинается с создания нового файла проекта. После создания проекта пользователю (системному аналитику, инженеру по знаниям) предлагается первоначальный план разработки, содержащий в себе следующие подзадачи:

Анализ системных требований

Настройка на тип решаемой задачи

Создание ДПД

В рамках этапа АСТ происходит настройка на тип решаемой задачи и активизация соответствующего ПИК. Пользователю предлагается коротко описать ту задачу, которую должна решать проектируемая ИЭС. Например, в процессе настройки был введен следующий текст: "Задача обучения методам экспресс-диагностики крови".

Производится анализ текста и выявляется, что тип решаемой задачи – обучение. После идентификации типа задачи в плане добавляются следующие подзадачи:

Анализ системных требований

ДПД редактировать

Мини-спецификации редактировать

Проектирование

Создать сценарии диалога для формирования моделей обучаемого и обучения

Диалоговые формы редактировать

При этом пользователю предлагается первоначальный вариант ДПД, созданный разработчиками комплекса на основе опыта проектирования подобных ИЭС, и предоставляется возможность его редактирования. Далее в случае принятия ДПД выбирается задача "Создать сценарии диалога для формирования моделей обучаемого и обучения", вариант которой представлен на рисунке 1.

Аналогичным образом определяются модели обучения. Для формирования стратегии обучения используется спецификация процессов. На приведенной на рисунке 2 диаграмме, иллюстрирующей пример реализации рассуждений преподавателя при формировании обучающей стратегии, выделены следующие ПОБ: "Термины", "Интерпретация входных данных", "Постановка диагноза".

Интерпретация происходит следующим образом. Если оценка за ПОБ "Термины" = 3, то необходимо обучать по темам: "Термины", "Интерпретация входных данных", "Постановка диагноза". Если оценка за ПОБ "Термины" = 5 и оценка за ПОБ "Интерпретация входных данных" = 4, то следует обучать по теме "Постановка диагноза".

Таким образом, достигается гибкость процесса обучения, что в свою очередь влечет за собой большее доверие обучаемого к системе.

ДФ формируется преподавателем на этапе общего и детального проектирования с помощью встроенного редактора форм или экспортируется из DELPHI. В редакторе имеется возможность использовать в качестве элементов ДФ все основные визуальные компоненты DELPHI.



Рис. 3. Пример дерева диалога с экспертом

Гипертекстовый учебник создается с помощью специализированного ПС. В качестве ППП могут использоваться как программы расчетного характера типа калькулятора, рабочих листов MS EXCEL и тому подобного, так и графического характера типа MS-PowerPoint. Так как в качестве обучающего воздействия используется ЭС, то необходимо выполнение этапа приобретения знаний.

На начальном этапе процесса приобретения знаний для идентификации решаемой задачи используется словарь базовой терминологии, формируемый на основе выявленной лексики системного аналитика на этапе АСТ и текста, вводимого экспертом и содержащего описание решаемой задачи. Например, в процессе приобретения знаний для экспресс-диагностики крови был введен следующий текст.

"Задача экспресс-диагностики крови связана с процессом выявления отклонений от нормы состояния крови на основе анализа осмотического давления крови, коллоидно-осмотического давления крови, содержания натрия, гематокрита, мочевины и глюкозы в крови, с учетом пола и возраста пациента и ставит целью выдачу рекомендаций в случае обнаружения тех или иных отклонений".

После анализа текста с помощью специализированного лингвистического процессора были выявлены такие предикаты, как "диагностировать" и "выявлять", а также их аргументы, выраженные понятиями: "кровь", "осмотическое давление", "коллоидно-осмотическое давление" и др. В этом случае текст оценивается как описывающий задачу "диагностика", что позволяет активизировать на следующем шаге сценарий диалога с экспертом, отражающий тематическую структуру диалога для модели решения типовой задачи диагностики. На основе этого сценария осуществляется процесс интервьюирования эксперта.

Общая структура текущего сеанса интервьюирования отображается на экране в графической форме. Ниже представлен фрагмент сеанса интервьюирования эксперта по задаче экспресс-диагностики крови.

Шаг 1.

Система. Выберите тип диагностируемого объекта: (Живой, Неживой)

Эксперт. Живой

Шаг 2.

Система. Сформулируйте вопрос по поводу состояния пациента

Эксперт. Какой объем жидкости в сосудистом секторе?

Далее диалог строится таким образом, чтобы получить все возможные варианты ответов на каждый встречающийся вопрос, а цепочку ответов завершает заключение эксперта по конкретной ситуации, встречающейся в его практике. При этом на экране отображается дерево диалога, пример которого представлен на рисунке 3.

После окончания сеанса формируется ПИЭ, в котором ответы на различные вопросы связаны друг с другом в последовательности, отражающей решение данной задачи, что обеспечивается гипертекстовой формой представления ПИЭ. Для наглядности и быстрого доступа к вопросам и ответам эксперта предусмотрена графическая интерпретация гипертекста. Ниже представлена гипертекстовая форма фрагмента ПИЭ по экспресс-диагностике крови.

.topic obj1

Какой объем жидкости в сосудистом секторе?

{сосудистый сектор – меньше нормы: obj9}

{сосудистый сектор – больше нормы: obj2}

.topic obj9

Какой объем жидкости во внесосудистом секторе?

{внесосудистый сектор – в норме: obj10}

Далее инженер по знаниям совместно с экспертом просматривает ПИЭ и корректирует отдельные фрагменты с целью устранения ошибок и достижения максимальной полноты и непротиворечивости формируемого фрагмента поля знаний. Все изменения, вносимые в ПИЭ, автоматически учитываются во внутреннем представлении информации о сеансе. Результаты одного сеанса могут быть объединены с результатами других сеансов и совместно подвергнуты верификации.

Для верификации поля знаний применяются специальные ПС, которые после объединения результатов нескольких сеансов интервьюирования экспертов позволяют выполнить следующие виды тестирования: поиск конфликтных правил, поиск избыточности в правилах, поиск пересекающихся правил, поиск пропущенных правил, поиск атрибутов без ссылок, выявление неполноты и противоречий с помощью комплекса программ ИЛИС.

Например, могут быть обнаружены такие правила:

Правило 10.

Если Атр1="общая вода в организме – в норме" И

Атр2="сосудистый сектор – больше нормы" И

Атр3="внесосудистый сектор – в норме" И

Атр4="клеточное пространство – в норме"

То Атр5="диагноз – умеренная гипергидратация"

Правило 20.

Если Атр2="сосудистый сектор – больше нормы" И

Атр3="внесосудистый сектор – в норме" И

Атр4="клеточное пространство – в норме"

То Атр5="диагноз – умеренная гипергидратация"

Правило 30.

Если Атр2="сосудистый сектор – больше нормы" И

Атр3="внесосудистый сектор – в норме" И

Атр4=" клеточное пространство – в норме"

То Атр5="диагноз – выраженная гипергидратация"

Правило 10 рассматривается как избыточное по отношению к правилу 20, а правило 30 конфликтует с правилом 20. Инженер по знаниям может устранить выявленную неполноту и противоречивость следующими способами: выполнением повторного интервьюирования эксперта; корректировкой ПИЭ; автоматизированной коррекцией внутреннего представления информации о сеансах интервьюирования.

После устранения ошибок, неполноты и противоречий сформированный фрагмент поля знаний может быть представлен на ЯПЗ ИС. В случае формирования фрагмента БЗ на ЯПЗ комплекса АТ-Технология для его модификации может быть применен специальный редактор правил, совмещенный с редактором форм комплекса АТ-Технология. В частности, создаются формы для представления пользователю результатов подсистемы объяснения.

Тестирование прототипа обучающей ИЭС для ПО “Экспресс-диагностика крови” проходит следующим образом. После запуска проекта на выполнение пользователю предлагается зарегистрироваться. После ввода регистрационного имени осуществляется поиск в БД и в случае успешного поиска происходит считывание результатов предыдущих сеансов, а затем сразу осуществляется передача этих результатов функции формирования стратегии обучения. В противном случае пользователю необходимо пройти тестирование для формирования модели обучаемого. Тестирование проходит по созданному преподавателем сценарию диалога.

Так, например, в созданном прототипе тестирование начинается с вопроса:

“Осмотическое давление характеризует:

1. Общую воду организма
2. Сосудистый сектор
3. Внеклеточное пространство”

Если обучаемый выбрал 1-й вариант ответа, то он получает 5 баллов, и ему предлагается следующий вопрос. В противном случае оценка за данный вопрос ему не проставляется. Тестирование происходит до тех пор, пока не будет достигнута одна из терминальных вершин в структуре диалога. Предположим, что обучаемый получил следующие оценки за ПОБ: “Термины”– 5, “Интерпретация входных данных”– 4, “Постановка диагноза”– 2. На основании текущей модели обучаемого формируется стратегия обучения, которая реализуется на следующем шаге. Так, в созданном примере на основании сформированной модели обучаемого, описанной выше, делается заключение о том, что обучение будет проводиться только по теме “Постановка диагноза”. Как уже отмечалось выше, в качестве обучающего воздействия возможна консультация с ЭС, вызов ППП и гипертекстового электронного учебника. В данном случае при обучении по ПОБ “Постановка диагноза” происходит только консультация с ЭС.

Обращение за консультацией к ЭС приводит к активизации универсального решателя комплекса АТ-Технология и специально разработанных форм, связанных с БЗ по экспресс-диагностике крови. В начале консультации осуществляется ввод данных по анализам крови конкретного пациента из внешних файлов. При необходимости данные могут быть откорректированы. Затем на основе введенных данных решатель, применяя прямую и обратную стратегии вывода, пытается сделать заключение о наличии отклонений от нормы в крови пациента. В том случае, если отклонения имеют место, даются рекомендации по лечению данного пациента. При желании обучаемый может обратиться за объяснениями. В этом случае активизируется блок объяснений, который показывает список и содержание правил, с помощью которых были получены решения. Например, получены следующие данные о крови пациента Иванова.