

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
(ИСПР) В УСЛОВИЯХ СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫХ ПРОЦЕССОВ

Т. Анализ и разработка концепции создания
инструментальной ИСПР.

В своем развитии ЭС прошел определенные этапы эволюции. Так, со времени их возникновения в середине 60-х до середины 70-х годов они, как правило, делались на заказ для определенной узкой предметной области и стоили очень дорого. Однако, в последние годы это положение жореным образом изменилось в связи с развитием инструментальных средств, в том числе так называемых "пустых" ЭС или оболочек (*shell*) и более общих инструментальных ЭС.

"Пустые" ЭС были получены путем отделения программ рассуждений (называемых машиной вывода) от знаний, специфичных для предметной области ЭС. Для "пустой" ЭС характерным является незаполненность ее базы знаний. Именно "оболочкой", базирующейся на успешном выполнении заказных систем, породили развивающуюся в настоящее время индустрию ИИ.

Известно, что одной из первых "пустых" ЭС является система *EMUSCI*. По существу, это известная медицинская ЭС *MUSCI*, но без медицинских знаний. С помощью *EMUSCI* были созданы ЭС для предметных областей, существенно отличающихся от *MUSCI*, в т.ч. *PUPP* для диагностики логочных заболеваний и *SACOTIN* для структурного анализа программ ЭВМ.

Серьезным ограничением для применения "пустых" ЭС оказалось обнаруженная у них тенденция сохранять существенные особенности обусловленные целями из первоначального применения. Поэтому значительное развитие получили более общие инструментальные средства — инструментальные ЭС.

Одной из первых таких систем явилась инструментальная ЭС *TEIPESIAS*, представляющая собой часть системы *MUSCI* и предназначенная для интерактивной передачи знаний от человека-эксперта и система в процессе диалога высокого уровня на ограничен-

ном подмножестве естественного языка. При этом система усваивала новые правила вывода. В связи с созданием системы TEIRESTAS возникла концепция знаний метауровня, т.е. знаний о знаниях.

В Ин ЭС K300 объединены самые лучшие черты ЕМУСТТ и ТЕП2ЕСТА Система K300 позволяет строить системы с архитектурой, основанной на правилах "рассуждений назад" и монотонной единой линией рассуждений. Она дает возможность экспертам выражать и модифицировать правила справедливые в предметной области, при этом обеспечивается автоматическая проверка того, что новые или модифицированные правила надлежащим образом обрабатывают тестовые случаи.

С помощью K300 построен ряд ЭС, имеющих коммерческое значение, в т.ч. *Drilling Adviser*, предназначенная для оценки ситуаций при застревании нефтяного бура и выработки соответствующих рекомендаций, а также *Weves*, которая оценивает проблему анализа данных для геофизика и предписывает самый лучший процесс обработки данных с использованием модулей из множества пакетов анализа на фортране. Дальнейшим развитием K300 является коммерческая Ин ЭС Т.

Из последних разработок следует отметить инструментальные ЭС АРТ и EX-TRANS. Система АРТ выбрана космическим центром в Чьюсто-не (США) в качестве основного инструментального средства построения ЭС для обеспечения космических полетов. В нее вводятся знания трех видов декларативная информация (как в реляционной базе данных), образцы и действия в системе продукции.

В состав системы АРТ входят следующие подсистемы: машина вывода, база знаний, редактор с визуальным контролем, позволяющий пользователю строить базу знаний монитора, а также следить за шагами рассуждений.

Важная особенность Ин ЭС EX-TRANS состоит в том, что правила в проектируемую систему могут не только вводиться непосредственно, но и индуктивно выводиться на основании поставленных пользователем решений. Этим свойством обладают также ряд других современных инструментальных ЭС, в том числе *rule - Master*, *ADVICE*, *Expert - Easy*, *KES* и др.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследования и эксперименты в области ИИ породили самостоятельную подобласть, которую можно отнести к обеспечивающей.

Усилия здесь направлены на создание специализированных технических и программных средств, ориентированных на разработку и эксплуатацию систем ИИ. Создание системы ИИ - сложная и трудоемкая процедура, и объем затрачиваемых усилий существенно зависит от уме-

ния разработчиков ориентироваться в арсенале инструментальных средств и умело использовать их.

2. Принципы построения ИСПР.

В этих условиях актуальна и правомерна постановка задачи разработки методологии создания инструментальных интеллектуальных систем на базе существующих проблемных ЭС (ЛЭС) с использованием составных элементов последних. Концепция построения Ин ЭС исходит из того факта, что в настоящее время функционирует достаточно большое количество ПЭС. Множество составных элементов, входящих в ПЭС, может быть представлено в виде библиотеки ресурсов. В качестве последних выступают структуры БД и БЗ, интерфейсы модели знаний и принятия решений, а также оболочки в целом. Кроме того, в библиотеку ресурсов могут быть включены внешние элементы — программно реализованные математические методы, ориентированные на выработку решений в условиях неопределенности и нехватки информации для слабоформализуемых объектов и процессов. Особенно важным представляется включение в библиотеку ресурсов подмножества моделей — аналитических, имитационных и комбинированных. Обязательным условием включения является программная реализация моделей в виде законченных модулей с развитым интерфейсом.

И, наконец, в состав библиотеки ресурсов включается суб-библиотека ситуационных программ. Здесь под ситуациями понимаем логически завершенные фрагменты проблемных процессов, которые могут быть использованы при построении целого класса проблемных ЭС.

Таким образом, концепция предлагает в качестве одного исходного множества библиотеку ресурсов, т.е. программно-реализованные элементы существующих ПЭС различных классов.

С другой стороны, вторым исходным множеством выступают запросы проблемного объекта (ПО). Под термином "запросы" будем понимать набор элементов проблемной ЭС для конкретного объекта при решении экспертной системой определенной задачи. Множество запросов, очевидно, формируется в зависимости и под воздействием кортежа характеристик проблемного объекта. Элементами кортежа являются:

- параметры (детерминированные, вероятностные, случайные);
- лингвистические параметры;
- показатели, рассчитываемые на базе аналитических и имитационных моделей;
- ограничения (линейные и нелинейные);

- внешние возмущения;
- алгоритмы функционирования.

В общем случае элемент кортежа является вектором.

Условно можем расширить второе множество, включив экспертов-специалистов по проблемному объекту и базы знаний, созданные с их помощью.

Таким образом, определив и кратко проанализировав наборы исходных данных, концептуально сформулируем задачу разработки инструментальной ИСПР, с помощью которой (или на базе которой) разработчик проблемной ЭС создавал бы необходимый продукт. Очевидно, что инструментальная ИСПР является программным продуктом и процесс разработки его должен отражать современные тенденции в программировании, базироваться на новейших технологиях и строиться в соответствии с последними методологиями создания интеллектуального программного продукта.

Поэтому концепцию разработки инструментальной ИСПР можно сформулировать в виде следующих положений:

- 1) ИСПР относится к группе CASE-инструментов (инструментальные средства четвертого поколения);
- 2) система позволяет создавать сложные программные комплексы в интерактивном режиме без написания листинга;
- 3) конечным пользователем программного продукта может быть специалист невысокой квалификации;
- 4) возможность доработки программного интерфейса конечного продукта самим пользователем на современных алгоритмических языках;
- 5) интеллектуальная и экономическая независимость пользователя от разработчика проблемной ЭС.

Выбор Case-технологии для разработки позволяет очертить свойства и характеристики программного продукта. Основное - это то, что он будет разрабатываться в режиме диалога, с усложнением и наращиванием структуры и основных параметров без традиционного написания программ в виде листингов на алгоритмических языках.

Предполагается поручение программного продукта в виде набора исходных элементов из библиотеки ресурсов, строящихся в логической взаимосвязи. Данная взаимосвязь должна быть установлена с помощью системы внутренних программных интерфейсов, которые, таким образом, выступают здесь как инструмент для расширения,

наращивания системы, способствуя ее открытости.

Базовые прототипы ЭС, получаемые с помощью инструментальной ИСПР, могут быть по желанию пользователя модифицированы с применением традиционных (классических) программных средств — библиотек модулей, процедур, функций, собственных разработок на каком-либо алгоритмическом языке.

3. Принципы функционирования инструментальной ИСПР

Инструментальная программная система, предназначенная для создания экспертных систем в отдельных проблемных областях, относится к классу интеллектуальных систем, однако это не означает, что данная система является экспертной в соответствии с принятой терминологией. Скорее она может быть отнесена к симбиозу интеллектуальных и классических программных систем.

При построении подобной системы за основу могут быть взяты положения объектно-ориентированной методологии (ООМ), составными компонентами которой являются / /;

- объектно-ориентированный анализ (ООА);
- объектно-ориентированное проектирование (ООВ);
- объектно-ориентированное программирование (ООР).

Разработчик оперирует такими понятиями как объекты, которые на первых двух этапах представлены в виде подсистем для анализа. На третьем этапе объекты представлены в виде типов данных и средств их обработки, свойства которых могут наследоваться.

Объекты в ООП характеризуются такими чертами как наследование, инкапсуляция, полиморфизм / /. Именно эти свойства объектов, заданные в ООП, позволяют использовать их как базовые при разработке сложных программных систем, к которым относится и инструментальная ИСПР.

Таким образом, элементы структур проблемных ЭС должны быть представлены как объекты, свойства которых будут наследоваться при построении ЭС, т.е. они будут выступать в качестве объектов-предков.

Используя в качестве исходных библиотеку ресурсов и множество запросов, необходимо определить перечень подсистем (комплексов) и функции, выполняемые этими подсистемами таким образом, чтобы результатом взаимодействия явилось создание структуры проблемной ЭС;

Таким образом, метод создания инструментальной системы принятия решений можно сформулировать в виде следующих пунктов:

1) АНАЛИЗАТОР – подсистема интеллектуального анализа исходных множеств – библиотеки ресурсов и запросов. Множества представлены в виде баз данных – фреймов, где в качестве слотов выступают элементы множеств со своими характеристиками. Данная подсистема осуществляет задачи пересечения элементов двух множеств с целью поиска идентичных. Результатом работы является множество идентичных пар элементов, которое может быть в следующих состояниях:

а) – ПУСТО;

В библиотеке ресурсов полностью отсутствуют элементы, идентичные запросам. Осуществляется переход на подсистему "Генератор ресурсов".

б) – частично покрывает каталог запросов.

в) – полностью покрывает каталог запросов

Очевидно, что состояния пересечения а) и б) являются наиболее напряженными для "Генератора ресурсов".

2) Определитель требуемых ресурсов – подсистема, вырабатывающая список ресурсов, отсутствующих в Библиотеке, но присутствующих в Каталоге запросов. Требуемые ресурсы описываются как множества параметров и являются входным потоком для следующей подсистемы;

3) Генератор ресурсов – подсистема, на вход которой поступают параметры требуемых ресурсов, а выходом являются структуры ресурсов. Структура самого Генератора строится по принципу нейронных сетей, когда в циклическом интерактивном режиме с учетом и нейтрализацией ошибок вырабатывается приемлемое решение.

4) конструктор общей структуры проблемной ИСПР – подсистема, используя результаты работы предыдущих подсистем, строит скелетную схему (общую структуру) проблемной экспертной системы;

5) Построитель задач – интерпретатор алгоритмов функционирования проблемного объекта и преобразование их в базы данных;

6) Синтезатор – подсистема, создающая прототип проблемной

ЭС при соединении скелетной структуры конструктора и задач Построителя;

7) Монитор задач проблемного процесса – подсистема, определяющая дисциплину обслуживания задач объекта;

8) Эксплуатационный вариант ЭС – интеграция разработанных подсистем с Классическими Программными средствами (9).

9) Тестирование полученного варианта ЭС и получение результата, удовлетворяющего пользователя (итеративный процесс).

4. Пример инструментального средства принятия решений в условиях неопределенности

При разработке интеллектуальных систем принятия решений в условиях неопределенности большое значение приобретает разработка методов, которые главным образом используют достаточно формализованные процедуры из теории применения решений с непосредственным участием эвристики лица, принимающего решение (ЛПР). С этой целью применительно к сложным системам (СС) предлагается использовать многоцелевые методы оценки качества объектов с привлечением эвристических рассуждений, которые заполняют пробелы при наличии различного рода неопределенностей. К последним можно отнести:

- формальное представление одной или нескольких целевых функций и их аналитического вида;
- назначение приоритета для отдельных параметров СС или локальных целевых функций;
- назначение вида нормировки параметров или локальных целевых функций.

Указанные выше обстоятельства были приняты как ограничения для методов принятия решений с учетом оценок влияния параметров на локальные и глобальные целевые функции.

Разработанная укрупненная схема анализа оценок влияния, оптимизации и принятия решений выглядят следующим образом:

1) задание аналитических зависимостей $y_z = f_z(x_1, \dots, x_n)$, также плановых и фактических значений показателей X_i^0, X_i^1 ;

2) определение отклонений:
 $\Delta X_i = X_i^1 - X_i^0$, $\Delta y_z = y_z^1 - y_z^0$

3) определение и выбор вида свертки F

Определение отклонения $\Delta F = F^1 - F^0$. Предварительный анализ результатов;

- 4) определение оценок влияния $A_{X_i}^{I_2}$, $A_{I_2}^F$, $A_{X_i}^F$
- 5) определение оптимальных значений X^* , исходя из условия заданного решающего правила;
- 6) определение оценок влияния факторов X_i^* и частных показателей Y_2^* на показатели Y_2, F .
- 7) выбор вида нормализации с учетом заданной практической ситуации. Определение нового вида свертки с учетом приоритета;
- 8) определение оценок влияния $A_{X_i}^{F_2}$, $A_{Y_2}^{F_2}$, $A_{X_i}^{Y_2}$
- 9) выводы опроверженном анализе и рекомендации по совершенствованию системы.

На основе указанной схемы были разработаны подробные алгоритмы анализа оценок влияния оптимизации и принятия решений, на основе которых предложена укрупненная блок-схема программного обеспечения системы принятия решений.

В качестве опробации предложенной методики по разработанным алгоритмам выполнен числовой пример факторного анализа эффективности тракта передачи данных по коэффициенту использования полосы частот непрерывного канала связи в виде свертки частных показателей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова Т.А., Червинская Н.Р. Извлечение и структурирование значений для экспертных систем. М. Радио и связь, 1992. - 199 с.
2. Построение экспертных систем /Под ред. Ф.Хейеса-Рота, Д.Уотермана, Д.Лената. Пер. с англ. М. Мир, 1987 г. - 441 с.
3. Винстонт П. Искусственный интеллект. М., Мир., 1980. - 458 с.
4. Трухаев Р.И. Инфлюентный анализ и принятие решений, М., Наука, 1984 г. - 237 с.
5. Хоменко В.В. Элементы теории многоцелевой оптимизации, М. - Наука, 1983. - 127 с.