

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

**«ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ»**

Часть 1. Проектирование экспертных систем

для студентов специальности «Искусственный интеллект»

Данные методические указания содержат общие сведения по лекционному курсу и лабораторному практикуму по дисциплине «Технология и инструментальные средства проектирования интеллектуальных систем» по тематике «Проектирование экспертных систем». В основной части методических указаний представлены материалы по структуре и методике создания экспертных систем, рассмотрены вопросы постановки задачи на создание экспертной системы, процедуры извлечения, структурирования и формализации знаний. В приложениях методических указаний приведены постановки задач на лабораторные работы по указанной тематике, приведены примеры.

Данные методические указания ориентированы на применение студентами специальности «Искусственный интеллект» в учебном процессе в рамках дисциплины «Технология и инструментальные средства проектирования интеллектуальных систем».

Издаётся в 2-х частях. Часть 1.

Табл.6., рис.22, список лит. 8 назв.

Составители: В.И. Хвещук, доцент, к.т.н.

Л.Г.Муравьев, доцент, к.т.н.

Рецензент: А.А.Козинский, доцент, к.п.н.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭС.....	4
1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
1.2. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЭС.....	6
1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭС.....	8
2. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭС.....	11
2.1. СТАДИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭС.....	11
2.2. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОТОТИПА ЭС.....	13
2.3. ОЦЕНКА ПРЕДПОСЫЛОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА ЭС.....	14
2.4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НА СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ЭС.....	16
3. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ.....	19
3.1. ПАССИВНЫЕ МЕТОДЫ.....	20
3.2. АКТИВНЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ.....	21
3.3. АКТИВНЫЕ ГРУППОВЫЕ МЕТОДЫ.....	22
3.4. ТЕКСТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.....	24
3.5. РАЗРАБОТКА ПЛАНА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	24
4. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ.....	24
4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	24
4.2. СТРУКТУРА ПРОЦЕССА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ.....	25
4.3. ДИАГРАММЫ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРЕМЕННЫХ.....	27
5. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ.....	29
5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ.....	29
5.2. ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	30
5.3. МЕТОДЫ И СТРАТЕГИИ ПОИСКА РЕШЕНИЙ (ВЫВОДА ЗНАНИЙ).....	33
5.4. МЕТОДИКА ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЭО «GURU».....	34
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	34
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭС.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ.....	48

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭС

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящее время одной из ведущих информационных технологий является технология интеллектуальных систем, к числу которых относятся экспертные системы (ЭС).

Экспертная система - это система, которая моделирует рассуждения человека-эксперта в процессе решения задач из некоторой предметной области (ПрО) и использует для этого базу знаний (БЗ), содержащую факты и правила из этой области, и некоторую процедуру логического вывода знаний. ЭС манипулирует знаниями из БЗ в целях получения удовлетворительного и эффективного решения в узкой ПрО. Как и человек, эти системы используют символическую логику и эмпирические правила для решения конкретных задач. ЭС включают знания специалистов в конкретной ПрО и в пределах этой области способны принимать экспертные решения. ЭС аккумулируют опыт квалифицированных специалистов с целью его тиражирования для консультации менее квалифицированных пользователей. Огромный интерес к ЭС вызван следующими причинами:

1. ЭС обеспечивают решение широкого круга задач в неформализованных ПрО. Эти задачи считались малодоступными для использования средств вычислительной техники (СВТ) для их решения;
2. С помощью ЭС специалисты, не знающие программирования, могут самостоятельно разрабатывать интересующие их приложения (решать задачи), что позволяет резко расширить сферу использования СВТ;
3. При решении практических задач ЭС достигают результатов, не уступающих, а иногда и превосходящих возможности специалистов-экспертов.

Главные качества, отличающие ЭС от других программ искусственного интеллекта, - это практическое использование (полезность), производительность и прозрачность. ЭС обязаны жизни именно своей полезностью, поскольку, являясь хорошими помощниками в решении конкретных задач, они способствуют высокой производительности в исследовании проблем. Прозрачность ЭС позволяет пользователю заглядывать "внутрь" процесса принятия решений ЭС и контролировать его.

Знания. Под знаниями в общем смысле понимают информацию, потенциально необходимую обществу или индивидууму. В частности, это может быть информация о некоторой ПрО, ситуации, проблеме, правилах ее решения, а также о конкретных условиях, определяющих выбор этих правил. В контексте баз знаний это понятие следует рассматривать как совокупность машинных сведений о некоторой ПрО, включающей не только фактические данные об объектах, их свойствах и отношениях, но и более сложные обобщающие концептуальные понятия и зависимости, что позволяет осуществлять относительно более гибкую и глубокую переработку этих данных в процессе решения поставленной проблемы [6].

Знания отличаются от данных большой сложностью, абстрактностью, полнотой и многосторонностью описания некоторой области действительности. В понятие знаний включаются правила манипулирования данными, а также метазнаниями, т.е. информация о структуре знаний и о том, как их применять. Эти отличия баз знаний от баз данных приближают первые к человеческому представлению, восприятию и обращению с информацией, т.е. отображают процесс интеллектуализации автоматизированной обработки данных.

Можно выделить следующие характерные черты знаний как форму представления информации [2]: внутренняя интерпретируемость; структурированность; связность; семантическая метрика; активность.

Знания могут быть классифицированы по следующим категориям [2, 6]:

- **Поверхностные** – знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области. Например, «Если нажать кнопку звонка, раздастся звук. Если болит голова, то необходимо выпить аспирин»;
- **Глубинные** – абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов, протекающих в предметной области. Эти знания объясняют явления и могут использоваться для прогнозирования поведения объектов. Например, «Принципиальная электрическая схема звонка и проводки. Знания физиологов и врачей высокой квалификации о причинах, видах головных болей и методах их лечения».

Знания, которыми обладает эксперт в какой-либо области, можно разделить на:

- **Формализованные знания** (точные знания) – формулируются в книгах и руководствах в виде общих и строгих суждений (законов, формул, моделей, алгоритмов и т.п.), отражающих универсальные знания.
- **Неформализованные знания** (неточные знания) – не попадают в книги и руководства в связи с их конкретностью, субъективностью и приближенностью. Знания такого рода являются результатом многолетнего опыта работы и интуиции специалистов. Они обычно представляют собой многообразие эмпирических (эвристических) приемов и правил.

В зависимости от того, какие знания преобладают в той или иной области, ее относят к формализованным ПрО (если преобладают точные знания) или к неформализованным ПрО (если преобладают неточные знания).

Традиционное программирование в качестве основы для разработки программы использует алгоритм, т.е. формализованное знание. Поэтому, до недавнего времени считалось, что ЭВМ не приспособлена для решения неформализованных задач. Расширение сферы использования ЭВМ показало, что неформализованные задачи составляют очень важный класс задач, вероятно, значительно больший, чем класс формализованных задач.

Как правило, неформализованные задачи обладают неполнотой, неточностью, неоднозначностью и/или противоречивостью знаний (как данных, так и используемых правил преобразования). К неформализованным задачам можно отнести задачи, которые обладают одной или несколькими из следующих особенностей: алгоритмическое решение задачи неизвестно (хотя возможно и существует); задача не может быть определена в числовой форме (требуется символическое представление); цели, задачи не могут быть выражены в терминах точно определенной целевой функции.

Основные характеристики ЭС [6]. К основным характеристикам ЭС, которые отличают ее от других систем, в том числе программных, можно выделить следующие: компетентность, глубина знаний, самосознание и обеспечение символических рассуждений.

ЭС компетентная, если она:

- достигла экспертного уровня принятия решений;
- умелая, т.е. эффективно и быстро применяет знания для получения решений;
- имеет адекватную робастность - по-настоящему отражать поведение человека-эксперта в процессе решения задач. Этого можно достичь, используя общие знания и методы нахождения решений проблем, чтобы уметь рассуждать исходя из фундаментальных принципов в случае некорректных данных или неполных правил.

ЭС обеспечивает символические рассуждения, если она:

- представляет знания в символическом виде;
- может переформулировать символические знания.

Эксперты, решая какие-то задачи, обычно обходятся без решения сложных систем уравнений и громоздких математических вычислений. Вместо этого они с помощью символов представляют понятия ПрО и применяют различные стратегии и зарисовки в процессе манипулирования этими понятиями. В ЭС знания также представляются в символическом виде (например, зарплата, прибыль, цена и т.д.). Эти символы можно объединить, чтобы выразить отношения между ними. В ЭС они представляются в виде символических структур (например, полученная прибыль зависит от цены и т.д.). При решении задач ЭС вместо выполнения математических вычислений оперирует этими символами. Нельзя сказать, что ЭС вообще не выполняют математических вычислений.

В основном ЭС ориентированы на манипулирование символами. Кроме того, эксперты могут получить задачу, сформулированную неким произвольным образом, и преобразовать ее к такому виду, который в наибольшей степени соответствует быстрому получению решения или гарантируют его максимальную эффективность. Способность переформулирования задачи - это свойство, которое должно быть присуще ЭС.

ЭС должна содержать глубокие знания о ПрО. Это значит, что ЭС способна эффективно работать в узкой ПрО, содержащей трудные, нетривиальные задачи. Поэтому правила в ЭС должны быть сложными, либо в смысле сложности каждого правила, либо в смысле их обилия.

ЭС должна обладать самосознанием. ЭС должна содержать знания, позволяющие им рассуждать об их собственных действиях, и структуру, упрощающую такие рассуждения. Знания о том, как ЭС «рассуждает», называются метазнаниями, и они означают всего лишь знания о знаниях. Самосознание ЭС обычно представляется в виде «механизма объяснения процесса решения задачи» ЭС. Это необходимо по следующим причинам:

- пользователь больше доверяет результатам и испытывает большую уверенность в ЭС;
- ускоряется процесс развития системы, так как ее легче отлаживать;
- предложения, положенные в основу системы, становятся явными, а не подразумеваемыми.

1.2. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЭС

ЭС объединяет возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что может предложить разумный ответ или осуществить разумное решение поставленной задачи. Обобщенная структура продукционной ЭС изображена на рис.1.1. В состав ЭС входят следующие основные компоненты:

- база знаний (БЗ);
- механизм или машина вывода (МВ);
- пользовательский интерфейс (ПИ).

Ядро ЭС составляют БЗ и ПИ, с которыми связаны понятия представления знаний и процесса получения нового знания посредством правдоподобных рассуждений. Именно выбор метода представления знаний и вывода знаний определяют архитектуру ЭС, организацию БЗ и схему управления механизма вывода.

База знаний предназначена для хранения знаний о ПрО и представляет собой ядро ЭС. БЗ с помощью тех или иных моделей отражает знания эксперта о ПрО, способы анализа поступающих фактов и методы вывода, т.е. порождения новых знаний на основании имеющихся и вновь поступивших. Факты и правила существуют в различных видах знаний человека-эксперта.



Рис.1.1. Структурная схема экспертной системы

Для примера, продукционная база знаний состоит из фактов и правил.

Факты - это конкретные утверждения, представляющие собой краткосрочную информацию о ПрО в том отношении, что они могут изменяться.

Правила представляют собой более долговременную информацию о том, как порождать новые факты или гипотезы из того, что известно.

В современных ЭС используются следующие виды знаний:

- **Глубинные и поверхностные;**
- **Качественные и количественные;**
- **Приближенные (неопределенные) и точные (определенные);**
- **Конкретные и общие;**
- **Описательные и предписывающие.**

Эти виды знаний, в зависимости от специфики ПрО и квалификации инженера по знаниям, с той или иной степенью адекватности могут быть представлены с помощью одной или нескольких моделей. К наиболее распространенным моделям представления знаний относятся: логические, продукционные, фреймовые и семантические сети.

Механизм вывода знаний ЭС (машина вывода, дедуктивная машина) моделирует ход рассуждений эксперта в процессе решения задач на основании знаний, имеющихся в БЗ. Этот механизм должен быть приспособлен к работе с ненадежными данными, что приближает ЭС к реальной действительности. Для этого разработаны нечеткая логика, коэффициенты уверенности, байесовская логика, меры доверия и т.д. Логические выводы могут базироваться на прямом или на обратном рассуждениях. Прямая цепочка связана с рассуждениями, ведущимися от данных к цели рассуждения, а обратная - от цели к данным, используемым для доказательства рассуждения. Обратный вывод базируется на графе ИИЛИ, связывающим в единое целое факты и заключения. Оценка этого графа и есть логический вывод. При этом оцениваются лишь те части графа, которые имеют отношение к заключению. Прямое рассуждение характеризуется простотой выбора правил, однако оно часто ведет к неуправляемому режиму задания вопросов в диалоге и, как правило, к падению быстродействия системы.

Пользовательский интерфейс ЭС обеспечивает дружественный интерфейс между пользователями и ЭС. Он состоит из двух блоков:

- **Приобретения знаний** - это процесс взаимодействия эксперта с ЭС, который обеспечивает ввод данных и знаний, устранение ошибочных данных и знаний, расширение знаний системы для достижения желаемого уровня работы системы. При этом взаимодействие эксперта с ЭС может быть как с помощью инженера по знаниям, так и без его участия.
- **Объяснения (вопросы, ответы)** - обеспечивает взаимодействие конечного пользователя с ЭС как в процессе ввода информации (вопросов), так и в процессе получения результатов решения задач (ответы, объяснения). Система должна

уметь объяснять, как она пришла к тому или иному выводу. В продукционных ЭС, основанных на правилах, объяснения получают обычно путем прослеживания тех шагов рассуждения, которые привели к данному выводу.

Пользователями ЭС являются:

- **Эксперты** - это высококвалифицированные специалисты в конкретной ПрО, согласившиеся поделиться своим опытом и способные ясно выражать свои мысли. Они обеспечивают полноту и правильность (достоверность) знаний в ЭС;
- **Инженеры по знаниям** - это специалисты в области искусственного интеллекта (ИИ), выступающие в роли посредника между экспертом и БЗ ЭС. Они проектируют и создают ЭС. Помогают эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для функционирования ЭС;
- **Конечные пользователи** - это специалисты, для которых предназначена ЭС. Обычно квалификация этих пользователей недостаточно высока, и поэтому они нуждаются в помощи и поддержке своей деятельности со стороны ЭС.

Режимы работы ЭС. ЭС работают в двух основных режимах: приобретение знаний; решение задач (режим использования или консультации).

Приобретение знаний - это процесс пополнения новыми знаниями ЭС или модификация существующих знаний. Общение между экспертом и ЭС обычно осуществляется через посредничество инженера по знаниям и зависит от уровня автоматизации этого процесса. Эксперты описывают ПрО, т.е. определяют объекты ПрО, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Далее эксперт, используя блок приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения самостоятельно без эксперта решать задачи из данной ПрО. Важную роль в процессе приобретения знаний играет объяснительный блок ЭС. Он позволяет эксперту целенаправленно модифицировать старые знания или вводить новые в ЭС. При функционировании ЭС объяснительный блок может сообщать следующую информацию:

- как правила базы знаний используют информацию пользователя;
- почему использовались или не использовались факты и правила из БЗ;
- какие были сделаны выводы и т.д.

Режим консультаций (объяснений) - это режим функционирования ЭС, в котором в процессе общения пользователя с ЭС пользователя интересует результат или способ получения решения. В этом режиме данные пользователя обрабатывает компонента "пользовательский интерфейс", которая выполняет следующие действия:

- распределяет роли участников (пользователя и ЭС) и организует их взаимодействие в процессе совместного решения задач;
- преобразует данные пользователя о задаче во внутреннее представление системы;
- преобразует сообщения системы в вид, понятный для пользователя, и другие.

На основе этих данных и БЗ (правил и фактов) механизм вывода формирует решение задачи. В режиме решения задачи ЭС не только исполняет предписанную последовательность операций, но и предварительно формирует ее. Если ответ ЭС не понятен пользователю, то он может потребовать объяснения, как ответ получен ЭС.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭС

ЭС относятся к классу сложных систем, и для их описания и классификации можно использовать следующий набор характеристик [1,2,6]:

- назначение и перечень решаемых задач;
- предметная область и ее характеристики;
- тип используемых методов и знаний;
- класс системы и стадия ее существования;

- используемые инструментальные средства при ее создании;
- связь с реальным временем;
- степень интеграции с другими системами и другие.

Типы ПрО. Предметную область можно характеризовать описанием области в терминах пользователя, включающим наименование области, перечень объектов (сущностей), атрибутов и взаимоотношение подобластей, объектов, атрибутов и т.п., и решаемых задач из ПрО. Кроме того, ПрО можно характеризовать следующими аспектами:

- числом и сложностью сущностей;
- числом и сложностью атрибутов сущностей и их значений;
- связностью сущностей и их атрибутов;
- полнотой знаний;
- точностью знаний (знания точны или правдоподобны; правдоподобность знаний представляется некоторым числом или высказыванием).

Предметные области можно разделить на:

- **Статические ПрО**, если описывающие ее исходные данные не меняются за время решения задачи. Они стабильны. Статичность области означает неизменность описывающих ее исходных данных. При этом производные данные (выводимые из исходных) могут и появляться заново, и изменяться (не изменяя, однако, исходных данных).
- **Динамические ПрО**, если исходные данные, описывающие ПрО, изменяются во время решения задачи.

Типы ЭС. Решаемые задачи, с точки зрения разработчика ЭС, также можно разделить на динамические и статические. ЭС решает динамическую или статическую задачу, если процесс решения задачи изменяет или не изменяет исходные данные о текущем состоянии ПрО. В соответствии с этим ЭС можно разделить на:

- **Статические ЭС** - решают статические задачи для статических ПрО.
- **Динамические ЭС** - имеют дело с динамическими ПрО и решают статические или динамические задачи. Динамические ЭС работают с изменяющимися во времени решения задачи данными, часто в сопряжении с датчиками объектов, иногда в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступающих данных. Например, мониторинг в реанимационных палатах и другие.
- **Квазидинамические ЭС** - интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым фиксированным интервалом времени. Например, микробиологические ЭС, в которых снимаются лабораторные измерения с технологического процесса один раз в 4-5 часов и анализируется динамика полученных показателей по отношению к предыдущему измерению.

Следует отметить, что на традиционных (числовых) последовательных ЭВМ с помощью существующих методов инженерии знаний можно решать только статические задачи, а для решения динамических задач, составляющих большинство реальных приложений, необходимо использовать специализированные символьные ЭВМ.

Решаемые задачи [1]. Решаемые задачи можно характеризовать следующими аспектами:

- **Числом и сложностью правил, используемых в задаче.** По степени сложности выделяются простые и сложные правила. К сложным относятся правила, текст записи которых на естественном языке занимает $> 1/3$ страницы. Правила, текст которых занимает $\leq 1/3$ страницы, относятся к простым.
- **Связностью правил.** По степени связности правил задачи делят на связанные и малосвязные. К связным относятся задачи (подзадачи), которые не удается разбить на независимые задачи. Малосвязные задачи удается разбить на некоторое количество независимых подзадач. Степень сложности задачи можно определить не просто общим количеством правил данной задачи, а количеством правил в ее наиболее связанной независимой подзадаче.

- **Пространством поиска.** Оно может быть определено тремя подаспектами: размером, глубиной и шириной.
 - ✓ **Размер пространства поиска** дает обобщенную характеристику сложности задачи. Выделяют малые (до 10! состояний) и большие (свыше 10! состояний) пространства поиска.
 - ✓ **Глубина пространства поиска** характеризуется средним числом последовательно применяемых правил, преобразующих исходные данные в конечный результат.
 - ✓ **Ширина пространства поиска** - среднее число правил, пригодных к выполнению в текущем состоянии.
- **Количеством активных агентов, изменяющих ПрО.** Количество активных агентов существенно влияет на выбор метода решения. Выделяют следующие значения данных аспектов: ни одного агента, один агент, несколько агентов.
- **Классом решаемых задач.** Класс решаемых задач характеризует методы, используемые ЭС для решения задачи. Решаемые задачи можно разделить на:
 - ✓ **Задачи расширения** - это задачи, в процессе решения которых осуществляется только увеличение информации о ПрО, не приводящее ни к изменению ранее выведенных данных, ни к выбору другого состояния ПрО. Типичной задачей этого класса является задача классификации.
 - ✓ **Задачи доопределения** содержат неполную или неточную информацию о реальной ПрО, цель решения которых - выбор из множества альтернативных текущих состояний ПрО того, которое адекватно исходным данным. В случае неточных данных альтернативные текущие состояния возникают как результат ненадежности данных и правил, что приводит к многообразию различных доступных выводов из одних и тех же исходных данных. В случае неполных данных альтернативные состояния являются результатом доопределения ПрО.
 - ✓ **Задачи преобразования** осуществляют изменения исходной или выведенной ранее информации о ПрО, являющейся следствием изменений либо реального мира, либо его модели.

Категории ЭС[6]. Большинство существующих ЭС решают задачи расширения, в которых нет ни изменений ПрО, ни активных агентов, преобразующих ПрО. Кроме этого, решаемые задачи можно разделить на следующие категории: интерпретации данных; диагностики; мониторинга; проектирования; прогнозирования; планирования; обучения и другие.

В соответствии с этим ЭС можно разделить на следующие категории [3]:

ЭС интерпретации данных, определяющие смысл данных. Обычно предусматривается многовариантный анализ данных. Данные, на основе анализа которых этого типа позволяют делать заключения, часто неполные или неточные, поэтому, от специалиста требуется умение работать с неполной информацией, определять точные данные, несмотря на кажущиеся противоречия, определять неполную и неточную информацию, делать необходимые допущения и указывать случаи, когда полученная информация опровергает очевидные факты. К таким системам можно отнести: DENDRAL - идентификации химических структур на основе спектрального анализа; PROSPECTOR - обнаружения полезных ископаемых и другие.

ЭС диагностики, выполняющие процессы соотнесения объекта к некоторому классу и обнаружения неисправностей в некоторой системе. Такая трактовка позволяет с единых теоретических позиций рассматривать и неисправность оборудования в технических системах, и заболевания живых организмов, и т.д. Основой для анализа служат таблицы, с помощью которых устанавливается коррекция с эталонным поведением и в результате устанавливается диагноз. Трудности при работе с системами этого типа могут быть обусловлены случайным сходством разных по характеру симптомов, нерегулярностью их возникновения. К системам данного типа относятся: MYCIN - медицинская диагностика; MECHO, SACON - анализ ошибок в программном обеспечении.

ЭС мониторинга, ориентированные на непрерывную интерпретацию данных в реальном масштабе времени, а также сигнализацию о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. К таким системам относятся системы слежения за работой искусственного дыхания, реакторов, наблюдение за соблюдением графиков воздушного сообщения, финансовыми операциями и другие. Главная задача этих систем - выдача сигналов тревоги в тех случаях, когда необходимо вмешательство человека. Работа этих систем основана на двух альтернативных принципах отслеживания в запланированных операциях: либо нарушение некоторых условий препятствует выполнению плановых действий; либо плановые действия нарушают какие-то крайние условия.

ЭС проектирования готовят спецификации на создание "объектов" с заранее заданными свойствами. Под спецификацией понимается весь набор необходимых документов - чертеж, пояснительная записка и другие. К таким системам относятся: SACON - проектирование и конструирование несущих

конструкций; R1/XCON - расчета конструкций ЭВМ; ARE - автоматического программирования и другие. Необходимо иметь в виду, что все выдаваемые решения носят предварительный характер, поскольку последствия принимаемых проектных решений могут быть выявлены только на более поздних этапах.

ЭС прогнозирования ориентированы на логический вывод вероятных следствий из заданных ситуаций. В прогнозирующей системе обычно используется параметрическая динамическая модель, в которой значения параметров "подгоняются" под данную ситуацию.

ЭС планирования находят планы действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В этих ЭС используются модели поведения реальных объектов с тем, чтобы логически вывести последствия планируемой деятельности. Прогнозные системы должны предсказывать будущее, основываясь на событиях прошлого и настоящего, т.е. выводить вероятные следствия из заданных ситуаций. Для этой цели используются динамические параметрические модели. К системам данного типа можно отнести: PLANT - оценка урожая; TECH - анализ военных действий и прогнозирование их развития.

ЭС обучения диагностируют ошибки при изучении какой-либо дисциплины с помощью ЭВМ и подсказывают правильные решения. Они аккумулируют знания о гипотетическом "ученике" и его характерных ошибках, затем в работе они способны диагностировать слабости познания обучаемых и находить соответствующие средства для их ликвидации.

Все системы, основанные на знаниях, можно разделить на системы, решающие задачи анализа, и системы, решающие задачи синтеза. Основное отличие задач анализа от задач синтеза заключается в том, что если в задачах анализа множество решений может быть перечислено и включено в систему, то в задачах синтеза множество решений потенциально и строится из решений компонент и подпроблем. Задачами анализа являются: интерпретация данных; диагностика. Задачами синтеза являются: проектирование; планирование.

Комбинированные задачи: обучение; мониторинг; прогнозирование.

2. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭС

2.1. СТАДИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭС

ЭС как в общем случае является программной системой, и относится к классу автоматизированных систем (АС). Поэтому процесс их создания и использования необходимо рассматривать в рамках процесса создания АС, который определяется государственными стандартами (ГОСТ) для АС [8]. Однако следует отметить, что ЭС существенным образом отличаются от многих типов АС, и это во многом определяет их процесс создания и использования. Приведем основные понятия, необходимые для уточнения и определения процесса создания ЭС с учетом специфики их создания.

Стадии существования ЭС характеризуют степень проработанности и отлаженности ЭС. Обычно для ЭС выделяют следующие пять основных стадий существования ЭС [1,6]: демонстрационный прототип, исследовательский прототип, действующий прототип, промышленная ЭС, коммерческая ЭС. Зависимость между перечисленными выше стадиями существования ЭС изображена на рис.2.1. и представляет собой вложенный набор стадий ЭС, которые отличаются полнотой и степенью проработанности и отлаженности ЭС. Краткая характеристика перечисленных стадий существования ЭС следующая:

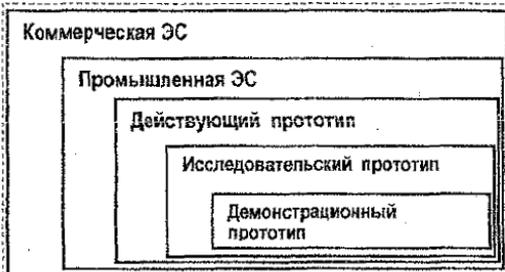


Рис.2.1. Схема связей между стадиями существования ЭС

Рис.2.1. Схема связей между стадиями существования ЭС. Зависимость между перечисленными выше стадиями существования ЭС изображена на рис.2.1. и представляет собой вложенный набор стадий ЭС, которые отличаются полнотой и степенью проработанности и отлаженности ЭС. Краткая характеристика перечисленных стадий существования ЭС следующая:

1. **Демонстрационный прототип** - это ЭС, которая решает часть требуемых задач, демонстрируя жизнеспособность метода представления знаний. При наличии развитых инструментальных средств для разработки демонстрационного прототипа ЭС требуется в среднем примерно 1-2 мес., а при отсутствии - 12-18 мес. Демонстрационный прототип работает, имея в базе знаний 50-100 правил. Развитие демонстрационного прототипа приводит к исследовательскому прототипу.
2. **Исследовательский прототип** - это система, которая решает все требуемые задачи, но неустойчива в работе и не полностью проверена. На доведение системы до стадии исследовательского прототипа уходит 3-6 мес. Исследовательский прототип имеет в базе знаний 200-500 правил, описывающих проблемную область.
3. **Действующий прототип** - это ЭС, которая надежно решает задачи, но для решения сложных задач может потребоваться чрезмерно много времени и/или памяти. Для доведения системы до стадии действующего прототипа требуется 6-12 мес., при этом количество правил в базе знаний увеличивается до 500-1000.
4. **Промышленная ЭС** - это ЭС, обеспечивающая высокое качество решений всех задач при минимуме времени и памяти. Обычно процесс преобразования действующего прототипа в промышленную систему состоит в расширении БЗ (до 1000-1500 правил) и переписывании программ с использованием более эффективных инструментальных средств, например в перепрограммировании на языках низкого уровня. Для доведения ЭС от начала разработки до стадии промышленной системы требуется 1-1,5 года.
5. **Коммерческая ЭС** - это ЭС, пригодная не только для собственного использования, но и для продажи различным пользователям. Для доведения системы до коммерческой стадии требуется 1.5-3 года и 0.3-5млн. долларов. При этом в БЗ систем находится 1500-3000 правил.

Методика создания и сопровождения ЭС. Процесс создания и сопровождения промышленной ЭС можно разделить на шесть этапов, которые представлены на рис.2.2. Совокупность этих этапов практически не зависит от предметной области, для которой создается ЭС. Первые три этапа представляют собственно сам процесс создания ЭС как программного изделия. Остальные этапы представляют собой оценку, стыковку и сопровождение ЭС. Приведенная последовательность этапов характеризуется итеративностью. В действительности, каждый последующий этап разработки может принести новые идеи, которые могут повлиять на предыдущие решения и даже привести к их переработке.

Оценка ЭС проводится с использованием следующих критериев:

- 1) **критерии пользователей** - понятность, прозрачность работы системы, удобство пользовательского интерфейса и др.;
- 2) **критерии приглашенных экспертов** - оценка решений, предлагаемых системой; сравнение полученных решений со своими собственными; оценка подсистемы объяснения и др.;
- 3) **критерии разработчиков** - эффективность реализации, время решения задач, широта охвата Про и др.

ЭТАП 1. Оценка предпосылок для создания ЭС
ЭТАП 2. Разработка прототипа ЭС
ЭТАП 3. Доработка ЭС до промышленной ЭС
ЭТАП 4. Оценка ЭС
ЭТАП 5. Стыковка ЭС с другими системами
ЭТАП 6. Сопровождение ЭС

Рис.2.2. Структура процесса создания ЭС

2.2. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОТОТИПА ЭС

Прототипная система является усеченной версией ЭС, демонстрирующей жизнеспособность выбранного подхода к представлению знаний из предметной области, а также предназначенной для проверки правильности кодирования фактов, связей и стратегий рассуждения эксперта [1]. Она дает возможность инженеру по знаниям привлечь эксперта к активному участию в процессе разработки ЭС. Структура процесса разработки прототипа ЭС представлена на рис. 2.3.



Участниками разработки ЭС являются: Э – эксперт, И – инженер по знаниям, П – программист, КП – конечный пользователь

Рис.2.3. Структура процесса разработки прототипа ЭС

Процесс создания прототипа ЭС включает следующие стадии:

- 1. Оценка предпосылок для создания ЭС.** Выбирается проблема для разработки ЭС. Правильный выбор проблемы представляет самую критическую часть разработки в целом. Если выбрать неподходящую проблему, то можно очень быстро увязнуть в «болоте» проектирования задач, которые никто не знает, как решать. Дело будет обстоять еще хуже, если разработать систему, которая работает, но неприемлема для пользователей. Для выбранной проблемы необходимо провести исследование и оценить уместность, оправданность и возможность разработки ЭС для решения поставленной проблемы.
- 2. Постановка задачи на создание ЭС (определение или идентификация проблемы).** Формулируется задача разработки ЭС. Уточняется назначение ЭС (цель создания, перечень решаемых задач, источники знаний и т.д.) и планируется ход разработки прототипа ЭС. Постановка задачи – это разработка технического задания на разработку ЭС. Средняя продолжительность 1...2 недели.
- 3. Извлечение (формирование, приобретение) знаний.** Происходит перенос компетентности экспертов на инженеров по знаниям с использованием различных методов: анализа текстов; диалогов; экспертных игр; лекции; дискуссии; интервью; наблюдений и др. Задача стадии извлечения – получение инженером по знаниям наиболее полного представления о ПрО и способах принятия решения в ней. Средняя продолжительность 1...3 месяца.
- 4. Структурирование или концептуализация знаний.** Выявляется структура полученных знаний о ПрО, т.е. определяются: список основных понятий и их атрибутов; отношения между понятиями; структура входной и выходной информации; стратегия принятия решений; ограничения стратегий и т.д. Задача стадии концептуализации – это разработка неформального описания знаний о ПрО в виде графа, таблицы, диаграммы или текста, которые отражают основные концепции и взаимосвязи между понятиями ПрО. Средняя продолжительность 2...4 недели.
- 5. Формализация знаний.** Строится формализованное представление концепций ПрО на основе выбранного языка представления знаний или специального формализма. Традиционно на этом этапе используются: логические методы; продукционные модели; семантические сети; фреймы; объектно-ориентированные языки и др. Задача стадии формализации – разработка фрагмента БЗ на языке представления знаний, который соответствует структуре поля знаний и позволяет реализовать прототип системы на следующей стадии. Средняя продолжительность 1...2 месяца.

6. **Реализация прототипа ЭС.** Создается прототип ЭС с помощью одного из следующих способов: программирование на традиционных языках типа Турбо-Паскаль, Си и др.; программирование на специализированных языках, применяемых в задачах искусственного интеллекта: Лисп, Пролог, FRL и др.; использование инструментальных средств разработки ЭС типа СПЭИС, ПИЭС; использование «пустых» ЭС или «оболочек» типа ЭКСПЕРТ, GURU и др.
7. **Тестирование прототипа ЭС.** Оценивается и проверяется работа программы-прототипа с целью приведения в соответствие с реальными запросами пользователей. Прототип проверяется: на удобство и адекватность ввода-вывода; эффективность стратегии управления; корректность БЗ. Задача тестирования – выявление ошибок в подходе к реализации прототипа и выработка рекомендаций по доводке системы до промышленного варианта. Средняя продолжительность 1...2 недели.

2.3. ОЦЕНКА ПРЕДПОСЫЛОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА ЭС

Данный этап «Оценка предпосылок для создания прототипа ЭС» предназначен для оценки применимости разработки ЭС для решения поставленной проблемы (задачи). Этот этап включает следующую последовательность действий:

- предварительное изучение проблемы (задач) для разработки ЭС – обследование проблемы;
- исследование и оценку возможности, оправданности и обоснованности разработки ЭС;
- принятия решения о применимости (создание или не создание) ЭС.

Предварительное изучение проблемы. По аналогии с разработкой автоматизированных систем (АС) процесс создания ЭС необходимо начинать с изучения возникшей проблемы (задач) и ее обследования.

Обследование - это изучение и диагностический анализ существующей проблемы. Материалы, полученные в результате обследования, должны быть использованы для оценки обоснованности, возможности и оправданности разработки ЭС.

Специалисты по искусственному интеллекту считают, что трудно описать в общем виде свойства, которые делают некую проблему подходящей для разработки соответствующей ЭС.

Исследование и оценка возможности, оправданности и обоснованности разработки ЭС [2]. Следует отметить, что использовать ЭС для решения возникших проблем следует тогда, когда разработка ЭС возможна, оправдана и обоснована. Это значит, что вначале необходимо провести исследование и оценку предпосылок (требований), которые делают разработку ЭС возможной, оправданной и обоснованной, а затем принять соответствующее решение (разрабатывать или не разрабатывать ЭС). Для этой цели все требования к ЭС, которые рекомендуется рассмотреть и оценить, можно разделить на три группы:

1. Требования для оценки возможности разработки ЭС;
2. Требования для оценки оправданности разработки ЭС;
3. Требования для оценки обоснованности разработки ЭС.

Каждая из перечисленных групп требований состоит из определенного набора требований. Каждое отдельное требование в каждой группе необходимо оценить (по шкале да - нет или по другой шкале). Затем для каждой группы рассчитывается общая групповая оценка (да-нет). Некоторые рекомендации по расчету групповых оценок приведены при рассмотрении групп требований. Далее на основе групповых оценок рассчитывается общая оценка, на основе которой принимается решение о применимости (не применимости) разработки ЭС для решения поставленных задач.

Результаты оценок представляются в виде таблицы (см. табл.2.1.).

Оценка возможности разработки ЭС. Для исследования возможности разработки ЭС необходимо оценить следующие требования (особенности выбранных для реализации задач и потенциальных экспертов):

1. Задача не имеет общедоступных знаний, «здорового смысла» (опыта в решении этих задач, который пока не удается выделить и формализовать).
2. Задача требует только интеллектуальных навыков (решение задачи требует только рассуждений, а не действий).
3. Задача не слишком трудна (эксперту не требуются недели или месяцы для ее решения).
4. Сама задача достаточно понятна (не требует разработки новых методов ее решения).
5. Существуют эксперты по решению задач данной проблемной области.
6. Эксперты единодушны в применяемых ими решениях задач (сходятся в оценке предлагаемого решения).
7. Эксперты могут описать (вербализировать) применяемые ими методы работы и объяснить их.

Для того, чтобы разработка ЭС была возможна, необходимо чтобы: одновременно выполнялись перечисленные выше условия (процедура 1, см. табл.2.1).

Оценка оправданности разработки ЭС. Для исследования оправданности разработки ЭС необходимо исследовать и оценить следующие требования (факторы):

1. Решение задачи обещает приносить большой доход (эффект).
2. Существует опасность постепенного утрачивания опыта решения задач для данной ПрО.
3. Экспертов в данной проблемной области недостаточно.
4. Сходные специалисты: нужны во многих физически удаленных местах.
5. Условия, в которых решается задача, опасны для человека (окружение враждебно для человека).

Применение ЭС может быть оправдано одним (или несколькими) из перечисленных выше требованиями (процедура 2, см.табл.2.1).

Оценка обоснованности (уместности) разработки ЭС. Для этого проводят исследование и оценку следующей совокупности требований:

1. Решение задачи опирается на использование операций с символами, а не числами (задача связана не с расчетами, а использует логические рассуждения, их анализ и перебор вариантов решений).
2. Решение задачи опирается на использование эвристики, задача не имеет четкого алгоритмического решения.
3. Задача не слишком проста (задача считается простой, если ее решение не требует привлечения ЭВМ).
4. Задача представляет большой интерес для практики.
5. Задача не является слишком крупной для решения с использованием ЭВМ.

Для обоснованности разработки необходимо выполнение хотя бы одного (или всех) из перечисленных выше требований (процедура 3, см.2.1).

Принятие решения о разработке ЭС. На основе проведенных исследований и оценок требований уместности, оправданности и возможности каждая группа разработчиков разрабатывает (уточняет) процедуры:

1. Расчета оценок по отдельной группе требований (процедура 1, 2, 3). Каждая из этих процедур определяет единственную оценку для группы (да или нет) на основе оценок отдельных требований;
2. Принятия общего решения (процедура 4) о применимости ЭС для решения поставленных задач на основе результатов, полученных в процедурах 1,2 и 3.

Таблица 2.1.

Результаты оценки предпосылок и принятия решения о применимости ЭС

№ п/п	Требования для оценки	Оценка отдельного требования	Описание процедур и результатов оценки	Описание процедуры принятия решения о применимости ЭС, итоговый результат оценки	
1. Возможность разработки ЭС					
1	Задачи не имеют общедоступных знаний	...	Процедура 1, Результат 1	Процедура 4, Результат 4	
...			
7	Сама задача достаточно понятна	...			
2. Оправданность разработки ЭС					
1	Решение задачи обещает приносить большой доход	...	Процедура 2, Результат 2		Процедура 4, Результат 4
...			
5	Условия, в которых решается задача, опасны для человека	...			
3. Обоснованность разработки ЭС					
1	Решение задачи опирается на использование операций с символами, а не с числами	...	Процедура 3, Результат 3	Процедура 4, Результат 4	
...			
5	Задача не является слишком крупной для решения с использованием ЭВМ	...			

Таким образом, в таблице 2.1. представлены результаты оценок: единичных требований, групповые результаты и итоговые результаты для принятия решения о применимости ЭС.

2.4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НА СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ЭС

Постановка задачи - это разработка технического задания (ТЗ) на создание ЭС.

Техническое задание - это документ, утвержденный в установленном порядке, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки ЭС, и содержащий предварительную оценку ее экономической эффективности.

В связи с тем, что ЭС относятся к классу автоматизированных систем, то целесообразно использовать существующие государственные стандарты как для стандартизации процесса разработки ЭС, так и для создания необходимой программной документации по использованию и сопровождению ЭС. Для разработки, оформления, согласования и утверждения документа ТЗ на разработку ЭС будем использовать ГОСТ 34.602 [8]. В соответствие с ГОСТ 34.602 задание на разработку ЭС должно включать следующие основные разделы:

1. Общие сведения.
2. Назначение и цели создания системы.
3. Характеристика ПрО (проблемы, задач).
4. Требования к системе и к видам обеспечения.
5. Состав и содержание работ по созданию систем.
6. Порядок контроля и приемки системы.
7. Требования к документированию.
8. Источники разработки.

ТЗ разрабатывается заказчиком при непосредственном участии разработчика. Утвержденное ТЗ является документом, которым разработчики должны руководствоваться на всех этапах создания ЭС. Изменения, вносимые в ТЗ, должны оформляться протоколом, являющимся частью технического задания. Протокол должен утверждаться заказчиком.

В рамках данной работы рассматриваются только те разделы (см. п.1), которые определены в постановке задачи для лабораторной работы.

Определение целей прототипа ЭС заключается в формулировании в явном виде целей создания прототипа ЭС. В качестве целей могут выступать:

- 1) улучшение качества решения задач;
- 2) тиражирование знаний;
- 3) автоматизация рутинных видов работы эксперта и др.

Определение назначения прототипа ЭС. Назначение ЭС в том, чтобы решать задачи из данной ПрО, а не в том, чтобы быть экспертом в этой области. Для обеспечения ясности формулировки задачи следует обратить внимание на точное описание входа и выхода и на наличие примеров решения рассматриваемых задач. Определение назначения ЭС включает определение перечня задач и составления для этого перечня задач неформального (вербального) описания. При описании отдельной задачи можно указывать:

- 1) общее описание задач;
- 2) подзадачи, выделяемые внутри задач;
- 3) ключевые понятия (объекты), характеристики и отношения для данной задачи;
- 4) входные и выходные данные;
- 5) примеры (тесты) решения задач;
- 6) предположительный вид решения задач (модели).

Определение источников знаний. Приводится перечень всех источников знаний, которые существуют по данной проблеме: эксперты, книги, инструкции, отчеты и другие источники, которые позволят инженерам по знаниям самостоятельно освоить необходимый объем знаний в выбранной ПрО для начала процесса извлечения знаний.

Определение требований к ЭС и к видам ее обеспечения. Они могут включать:

Общие требования к ЭС:

- требования к системе в целом;
- требования к структуре и функционированию системы;
- требования к численности и квалификации персонала ЭС и режиму его работы;
- требования к эксплуатации, техническому обслуживанию;
- требования к защите информации от несанкционированного доступа;
- требования по сохранности информации при авариях;
- требования по стандартизации и унификации.

Требования к задачам (задачам) ЭС включают:

- по каждой подсистеме перечень функций, задач или их комплексов, подлежащих автоматизации;
- временной регламент реализации каждой функции, задач (или комплекса задач);
- требования к качеству реализации каждой функции (задачи или комплекса задач) в форме представления выходной информации, характеристики необходимой точности и времени выполнения, требования одновременности выполнения группы функций, достоверности выдачи результатов;
- перечень и критерии отказов для каждой функции, по которой задаются требования по надежности.

Требования к видам обеспечения включают следующие:

для информационного обеспечения системы приводят требования:

- к составу, структуре и способам организации данных в системе;
- к информационному обмену между подсистемами ЭС;
- к информационной совместимости со смежными системами;
- по использованию общесоюзных и зарегистрированных республиканских, отраслевых классификаторов, унифицированных документов и классификаторов, действующих на данном предприятии;
- по применению систем управления базами данных;
- к структуре процесса сбора, обработки, передачи данных в системе и представлению данных;
- к контролю, хранению, обновлению и восстановлению данных;

для лингвистического обеспечения системы приводят требования к применению в системе языков программирования высокого уровня, языков взаимодействия пользователей и технических средств системы, к языкам ввода-вывода данных, языкам манипулирования данными, к способам организации диалога;

для программного обеспечения (ПО) системы приводят перечень покупного ПО, а также требования:

- к независимости ПО от используемых средств вычислительной техники (СВТ) и операционной среды;
- к качеству программных средств, а также к способам его обеспечения и контроля;

для технического обеспечения системы приводят требования:

- к средствам вычислительной техники;
- к средствам коммуникационной техники;
- к средствам оргтехники;

для организационного обеспечения приводят требования:

- к структуре и функциям подразделений, участвующих в функционировании ЭС или обеспечивающих эксплуатацию;
- к организации функционирования системы и порядку взаимодействия персонала АС и персонала объекта автоматизации;
- к защите от ошибочных действий персонала системы;
- к квалификации обслуживающего персонала ЭС.

Состав и содержание работ по созданию прототипа ЭС. При разработке данного раздела ТЗ в качестве основы для определения состава работ можно использовать определение структуры для процесса разработки прототипа ЭС, приведенной в п.2.1. Кроме этого необходимо оценить сроки их выполнения, перечень исполнителей работ. В данном разделе также приводят: перечень документов, предъявляемых по окончании соответствующих стадий и этапов работ; вид и порядок проведения экспертизы технической документации (стадия, этап, объем проверяемой документации, организация-эксперт); программу работ, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности разрабатываемой системы и другие.

Результаты определения процесса создания ЭС представляется в табличном виде. Следует отметить, что отдельные стадии и/или этапы состава работ могут быть детализированы или объединены.

Таблица 2.2.

Состав и создание работ по созданию ЭС

№ п/п	Стадия	Этап	Содержание работ	Список исполнителей	Сроки исполнения	Форма отчетности	Вид и порядок проверки
1	2	3	4	5	6	7	8

Форма отчетности по стадиям и этапам может включать следующие виды: документ или перечень документов; ЭС как готовое изделие или ее отдельные подсистемы или части; отдельные виды обеспечения АС или их части и т.д.

Вид и порядок проверки работ предполагает определение: участников проверки (представители заказчика, сторонние или совместные представители); вида проверки

(проверка содержания выполненных работ, документации по выполненным работам, использования ресурсов и т.д.); порядка проверки.

Для оценки сроков выполнения можно использовать экспертные данные.

Пример формулирования постановки задачи для разработки прототипа ЭС приведен в приложении 2.

3. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ

Можно выделить три стратегии проведения стадии получения знаний при разработке ЭС [1]:

- **приобретение знаний** - это получение знаний о ПрО с использованием ЭВМ при наличии подходящего программного инструментария;
- **формирование знаний** - это получение знаний о ПрО с использованием программ обучения при наличии достаточно представительной выборки примеров принятия решений в ПрО и соответствующих пакетов прикладных программ;
- **извлечение знаний** - это получение знаний о ПрО без использования ЭВМ путем непосредственного контакта инженера по знаниям и источника знаний (эксперты и т.д.).

Извлечение знаний - это процедура взаимодействия инженера по знаниям и источникам знаний, в результате которой становится явным процесс рассуждения специалистов при решении задач и структура их представления о ПрО. Процесс извлечения знаний остается узким местом при построении промышленных ЭС.

Процесс извлечения знаний - это сложная и трудоемкая процедура, в которой инженер по знаниям должен воссоздать модель ПрО, которой пользуются эксперты при решении задач. При этом необходимо учитывать, что эксперт с большим нежеланием извлекает свои знания и эта процедура для них также очень сложная. Во-первых, большая часть знаний экспертов - это результат многолетних наслоений, ступеней роста. Во-вторых, мышление диалогично. Поэтому диалог между инженером по знаниям и экспертом - наиболее естественная процедура раскручивания лабиринтов памяти эксперта, частично носящая невербальный характер (т.е. выражена не в форме слов). В-третьих, эксперту гораздо труднее создать модель ПрО вследствие той глубины и необозримости информации, которой он обладает.

На выбор метода извлечения знаний влияют три основных фактора: личностные особенности инженера по знаниям; личностные особенности эксперта; характеристика предметной области.

По психологическим характеристикам людей можно разделить на три группы:

- **мыслители** (познавательный тип) ориентированы на интеллектуальную работу, учебу, теоретические обобщения и обладают такими характеристиками когнитивного стиля, как полнезависимость (способность человека концентрировать внимание лишь на тех аспектах проблемы, которые необходимы для решения поставленной задачи) и рефлексивность (склонность к рассудительности);
- **собеседники** (эмоционально-коммуникативный тип) - это общительные, открытые люди, готовые к сотрудничеству;
- **практики** (практический тип) предпочитают действие разговорам, хорошо реализуют замыслы других, направлены на результативность работы.

Для характеристики ПрО можно использовать классификацию структурированности документов по следующим уровням: хорошо документированы; средне документированы; плохо документированы. Предметные области можно разделить по критерию структурированности знаний. Структурированность - это степень теоретического осмысления и выявления основных закономерностей и принципов, действующих в данной ПрО.

Основной принцип классификации методов извлечения знаний связан с источником знаний. Классификация методов извлечения знаний представлена на рис.3.1[2]. Коммуникативные методы охватывают все виды контактов с живым источником знаний - экспертом. Текстологические методы касаются извлечения знаний из документов (методик, пособий, руководства) и специальной литературы (статей, монографий, учебников). В свою очередь коммуникативные методы можно разделить на пассивные и активные. Пассивные подразумевают активную роль эксперта в процессе извлечения знаний. В активных методах, напротив, инициатива полностью в руках инженера по знаниям.

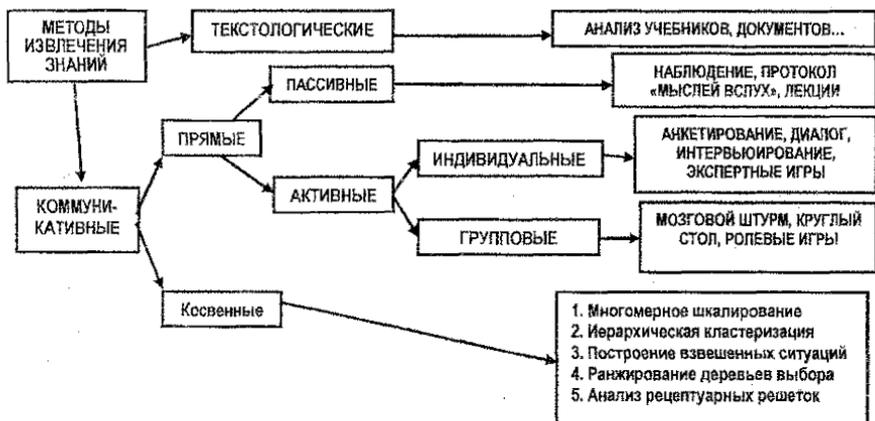


Рис.3.1. Классификация методов извлечения знаний

3.1. ПАССИВНЫЕ МЕТОДЫ

Эти методы предполагают, что ведущая роль в процедуре извлечения знаний передается эксперту, а инженер по знаниям только их протоколирует. Они требуют от инженера по знаниям не меньшей отдачи, чем активные методы. К пассивным методам относятся: наблюдения, анализ протоколов "мыслей вслух" и лекции. К достоинствам пассивных методов можно отнести: отсутствие влияния инженера по знаниям на эксперта; свобода самовыражения. Рассмотрим пассивные методы.

Наблюдение. В процессе наблюдения инженер по знаниям находится непосредственно с экспертом во время его профессиональной деятельности. При подготовке к сеансу эксперту необходимо объяснить цель наблюдений. Во время сеанса инженер по знаниям записывает все действия эксперта (видеозапись, стенография, магнитофонная запись). Непременное условие - невмешательство в работу эксперта. Существует две разновидности наблюдений: наблюдение за реальным процессом; наблюдение за имитацией реального процесса.

От инженера по знаниям требуются следующие навыки: овладеть техникой стенографии для фиксации действий в реальном масштабе времени; ознакомиться с методикой хронометрирования для четкого структурирования производственного процесса; развития навыков "чтения по глазам", т.е. наблюдательности к жестам, к мимике и другим невербальным компонентам общения; знакомство с ПрО, так как из-за отсутствия "обратной связи" иногда не все понятно в действиях эксперта.

Анализ протоколов «мыслей вслух». От метода наблюдений этот метод отличается тем, что эксперта просят не только прокомментировать свои действия и решения,

но и объяснить, как это решение было найдено, т.е. продемонстрировать всю цепочку своих рассуждений. Основная трудность данного метода - это принципиальная сложность для любого человека объяснить, как он думает. Люди не всегда в состоянии достоверно описать мыслительные процессы. Кроме того, часть знаний, хранящихся в невербальной форме, вообще слабо связана с их словесным описанием. Этот метод является одним из наиболее эффективных, поскольку в нем эксперт может проявить себя максимально ярко, он ничем не скован, никто ему не мешает, он как бы свободно парит в потоке собственных умозаключений и рассуждений. Он может здесь блеснуть эрудицией, продемонстрировать глубину своих познаний. Для большинства экспертов это самый приятный способ извлечения знаний.

Лекции. Это самый старый способ передачи знаний. Главное здесь - уметь слушать. Эксперту необходимо сформулировать тему и задачи лекции. Инженеру по знаниям необходимо лишь грамотно законспектировать лекцию и задать вопросы. Вопросы условно можно разделить на следующие группы: умные, углубляющие лекцию; глупые, не по существу; вопросы на засыпку или провокацию. Продолжительность лекции обычно 40-50 минут с 5-10 минутным перерывом. Курс от 2 до 5 лекций.

3.2. АКТИВНЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

К этим методам относятся: анкетирование, интервьюирование, диалог, экспертные игры. В каждом из них активную функцию выполняет инженер по знаниям. Он пишет сценарий и режиссирует сеансом извлечения знаний. Первые три метода очень схожи между собой и отличаются лишь степенью свободы, которую может позволить себе инженер по знаниям при проведении сеанса извлечения знаний. Эти методы можно назвать «вопросные методы поиска знаний».

Анкетирование. Это наиболее жесткий метод и наиболее стандартизованный. Процедура опроса по анкете проводится двумя способами: 1) инженер по знаниям вслух задает вопросы эксперту и сам заполняет анкету; 2) эксперт самостоятельно отвечает на вопросы анкеты.

При составлении анкет можно использовать следующие рекомендации: анкета не должна быть монотонной и однообразной; анкета должна быть приспособлена к языку эксперта; вопросы влияют друг на друга и поэтому должна быть хорошо продумана последовательность вопросов; необходимо использовать контрольные (проверочные) вопросы; язык должен быть ясным, понятным и вежливым.

Интервью. Основа интервью - это вопросы. Вопросы можно классифицировать следующим образом:

- По форме: закрытые – открытые; личные – безличные; прямые – косвенные; вербальные, с использованием наглядного материала;
- По функции: основные, зондирующие, контрольные;
- По воздействию: нейтральные, наводящие.

Открытый вопрос: обычно называет тему или предмет, оставляя полную свободу эксперту по форме и содержанию.

Закрытый вопрос: эксперту предлагается выбрать ответ из набора предложенных.

Личный вопрос - касается непосредственно личного опыта эксперта. Эти вопросы обычно активизируют мышление и играют на самолюбии эксперта.

Безличный вопрос - направлен на выявление наиболее распространенных и общепризнанных закономерностей предметной области.

Вербальные вопросы - это вопросы с использованием наглядного материала. Они разнообразят интервью и снижают утомляемость эксперта.

Основные вопросы направлены на выявление знаний.

Зондирующие вопросы направляют рассуждения эксперта в нужное направление. Контрольные вопросы применяются для проверки достоверности и объективности информации.

Полезно различать и такие вопросы:

- контактные - ломающие "лед" между экспертом и инженером по знаниям;
 - буферные - для разграничения тем интервью;
 - оживляющие память эксперта;
 - провоцирующие эксперта для получения спонтанных, неподготовленных ответов.
- Следует отметить, что на качество интервью влияют следующие характеристики вопросов:
- язык вопроса (понятность, лаконичность, терминология);
 - порядок вопросов (логическая последовательность и не монотонность);
 - уместность вопросов (этика, вежливость).

Свободный диалог. Это метод извлечения знаний в форме беседы, в которой нет жесткого плана и вопросника. Этот метод требует от инженера по знаниям следующих видов подготовки: общей (научная эрудиция, общая культура и т.д.); специальной (знания теории и практики интервьюирования); конкретной (знания ПрО, подготовка ситуации общения, знакомство с экспертом и тестированием); психологической.

Этот метод требует высочайшей профессиональной и психологической подготовки. Она во многом совпадает с журналистской подготовкой. Квалифицированная подготовка помогает инженеру стать истинным драматургом или сценаристом будущих сценариев извлечения знаний. Существуют следующие стадии беседы:

- 1) начало беседы (знакомство, объяснение целей и задач работы);
- 2) диалог по извлечению знаний;
- 3) заключительная стадия: благодарность; подведение итогов; договор о последующих встречах.

В начале беседы необходимо произвести приятное впечатление и профессиональный контакт через пробуждение интереса и завоевание доверия эксперта.

Для обеспечения желания эксперта продолжить беседу необходимо подбадривать эксперта и подтверждать всячески его уверенность в собственной компетенции. Чтобы разговорить эксперта, можно сначала рассказать о себе, о работе, т.е. поговорить самому. В свободном диалоге важно выбрать правильный ритм беседы. Не должно быть больших пауз. Нельзя вести быстро беседу, так как можно быстро утомиться и беседа будет очень напряжена. Кроме того, многие люди очень медленно думают.

3.3. АКТИВНЫЕ ГРУППОВЫЕ МЕТОДЫ

К этим методам относятся ролевые игры, дискуссии за круглым столом, метод мозгового штурма. Основное достоинство этих методов - возможность одновременного поглощения знаний от нескольких экспертов, взаимодействие которых вносит в процесс извлечения знаний элемент принципиальной новизны от наложения разных взглядов и позиций.

Круглый стол. Предусматривает обслуживание какой-либо проблемы, в которой принимают участие с равными правами несколько экспертов. Обычно вначале участники высказываются в определенном порядке, а затем переходят к свободной дискуссии. Число участников от 3 до 7. Существуют следующие особенности данного метода:

- От инженера по знаниям требуется специальная подготовка: организационная (место, время, обстановка, чай, кофе,...); психологическая (умение вставлять реплики, чувство юмора, память на имена и отчества, способность гасить конфликты).

- Большинство участников будет говорить под воздействием "фасада", совсем не то, что они бы сказали в другой обстановке, т.е. с желанием произвести впечатление на других экспертов.

- Ход беседы хорошо записать на магнитофоне или сделать видеозапись. Задача дискуссии - это коллективно, с различных точек зрения исследовать спорные гипотезы Про. Для остроты за круглый стол приглашаются представители разных научных направлений и разных поколений.

Для ведущего круглого стола рекомендуется использовать следующие советы: убедиться, что все правильно понимают задачу на дискуссию; установить регламент для дискуссии; четко сформулировать тему. По ходу дискуссии важно проследить, чтобы слишком эмоциональные и разговорчивые эксперты не подменили тему и чтобы критика позиций друг друга была обоснованна.

Мозговой штурм. Применяется для раскрепощения и активизации творческого мышления экспертов. Известно из психологии, что боязнь критики мешает творческому мышлению человека. Основная идея мозгового штурма - это отделение процедуры генерирования идей от процесса анализа и оценки высказанных идей. Продолжительность процедуры мозгового штурма - не более 40 минут, количество экспертов - до 10 человек. В процессе проведения мозгового штурма предлагается высказывать любые идеи на заданную тему. Регламент выступления - до 2-х минут на идею. Самое интересное, что наступает в определенный момент пик (ажитаж), когда идеи начинают «фонтировать». Обычно 10-15% от высказанных идей - это разумные идеи.

Ведущий мозгового штурма должен свободно владеть аудиторией, подобрать активную группу экспертов, не «зажимать» плохие идеи. Искусство ведущего - это задавать вопросы аудитории, подогреть генерацию. Основной девиз мозгового штурма: "Чем больше идей - тем лучше". Фиксация хода сеанса - видеозапись, магнитофонная запись или протоколирование.

Экспертные игры. Игрой называется такой вид человеческой деятельности, который отражает или воссоздает другие ее виды. При этом, для игры характерны одновременно условность и серьезность. Понятие экспертной игры или игры с экспертом в целях извлечения знаний восходит к трем источникам: деловые игры; диагностические игры; компьютерные игры.

Деловая игра - это эксперимент, в котором участникам предлагается производственная ситуация, а они на основе своего жизненного опыта, своих общих и специальных знаний и представлений принимают решение. Решения анализируются, и вскрываются закономерности мышления участников эксперимента. Деловые игры можно разделить на учебные, планово-производственные и исследовательские.

Диагностическая игра - это та же деловая игра, но применяемая конкретно для диагностики методов принятия решения в медицине. Эти игры возникли при исследовании способов передачи опыта от опытных врачей новичкам.

Плодотворность моделирования реальных ситуаций в играх подтверждается сегодня практически во всех областях науки и техники. Они развивают логическое мышление, умение быстро принимать решения, вызывают интерес у экспертов.

Экспертные игры можно разделить на группы: по числу участников (индивидуальные и групповые); по применению специального оборудования (игры с тренажерами и игры без реквизита); по использованию ЭВМ (компьютерные игры и ручные игры).

Компьютерные игры можно разделить на следующие: позиционные игры (шахматы, шашки и т.д.); динамические игры (связанные со скоростью реакции); зрелищные или диалоговые фильмы, где пользователь может влиять на сюжет; обучающие.

3.4. ТЕКСТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Эти методы извлечения знаний, основанные на изучении специальных текстов из учебников, монографий, статей и других носителей профессиональных знаний. Задача извлечения знаний из текстов заключается в понимании и выделении смысла текста. Методику анализа текста с целью извлечения и структурирования знаний можно представить в виде последовательности следующих действий:

- Составление базового списка литературы для ознакомления с ПрО и чтение по списку.
- Выбор текста для извлечения знаний.
- Беглое чтение, т.е. первичное знакомство с текстом для определения значения незнакомых слов - консультации со специалистами или привлечение справочной литературы.
- Формирование первой гипотезы о макроструктуре текста.
- Внимательное прочтение текста с выписыванием ключевых понятий и выражений, т.е. выделение смысловых вех.
- Определение связей между ключевыми словами, разработка макроструктуры текста в форме графа или сжатого текста (реферата).
- Формирование поля знаний на основании макроструктуры текста.

3.5. РАЗРАБОТКА ПЛАНА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ

Для разработки плана извлечения знаний с целью его использования в процессе построения ЭС необходимо выполнить следующие работы:

1. Уточнить перечень доступных источников знаний для выбранной ПрО;
2. Изучить методы и способы извлечения знаний [1,2,6];
3. Определить личностные характеристики разработчиков ЭС и экспертов;
4. Разработать план извлечения знаний с целью построения ЭС.

План должен быть представлен в виде таблицы: горизонтальные строки – разработчики, вертикальные колонки – источники знаний. На пересечении строк и колонок – метод извлечения и оценка срока извлечения знаний из данного источника.

Кроме плана извлечения знаний, каждая из групп разработчиков ЭС разрабатывает пример анкеты и интервью для извлечения знаний отдельного фрагмента знаний.

4. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Поле знаний - это первый шаг к формализации модели знаний о ПрО, как ее сумел выразить эксперт (аналитик) на некотором <своем> языке. Поле знаний (Pz) формируется на третьей стадии процесса разработки прототипа ЭС - стадии структурирования знаний. Структурирование знаний о ПрО является одной из наиболее сложных стадий в процессе построения ЭС. Одной из главных задач этого процесса является построение поля знаний для ПрО или построение модели решения задачи.

Поле знаний (ПЗ) - это условное описание основных взаимосвязей между понятиями ПрО, выявленных из системы знаний эксперта и других источников знаний. Оно представляется как результат процесса структурирования знаний. Построение ПЗ - это первый шаг к формализации знаний о ПрО и представление их в том виде, в котором их сумел выразить эксперт на некотором «своем» языке. Обобщенная структура поля знаний Pz может быть представлена следующим образом:

$$Pz = \langle X, M, Y \rangle, \quad (4.1)$$

где

- **X** - структура исходных данных, которая подлежит интерпретации и обработке средствами ЭС;
- **Y** - структура результата, который выдает система;
- **M** - операциональная модель ПРО, на основании которой система производит преобразование **X** в **Y**.

Включение компонентов **X** и **Y** в **Pz** необходимо, так как форма и состав **X** и **Y** существенно влияют на модель **M** и в неявном виде всегда присутствуют в модели представления ПРО в памяти эксперта.

Операциональная модель **M** (или модель мира) складывается из двух составляющих:

$$M = \langle Z, G \rangle, \quad (4.2)$$

где

- **G** – концептуальное описание реальной ПРО с ее объектами **A** и отношениями между ними **Ra**;
- **Z** - знания эксперта о методах принятия решения в данной ПРО, в которые входят некоторые понятия, обобщающие объекты отдельных классов по их специфическим признакам **B**, отношения между ними **Rb**, а так же стратегии манипулирования ими для нахождения решения **S**, которое моделирует схему рассуждения эксперта. **G** и часть **Z** (компоненты **B** и **Rb**) образуют фактическую составляющую поля знаний.

Таким образом,

$$G = \langle A, Ra \rangle, \quad (4.3)$$

$$Z = \langle B, Rb, S \rangle. \quad (4.4)$$

Подставив (4.3) и (4.4) в (4.2), получим следующую структуру операциональной модели:

$$M = \langle A, Ra, B, Rb, S \rangle, \quad (4.5)$$

в которой представляются реально существующий объективный мир предметной области **G** с его объектами **A** (люди, машины...) и отношениями **Ra** (начальник, подчиненный, часть, целое, причина - следствие, далеко - близко и т.д.)

и субъективный мир эксперта **Z** с его понятиями **B** (друг, враг, польза, вред, неисправность и т.д.) и отношениями **Rb** (косвенно - явно, способствует - не способствует, подходит - не подходит), на основании которых работают концепции принятия решений **S** (стратегическая составляющая поля знаний).

Z выступает как статическая, неизменная компонента поля знаний, и формирование ее основано на выявлении понятийной структуры ПРО.

G представляет динамическую или переменную составляющую поля знаний. Структура **G** включает понятия предметной области **A** и моделирует основные функциональные связи **Ra** или отношения между понятиями, образующими **G**. Эти связи отражают стратегию принятия решения в выбранной ПРО. Это стратегическая составляющая **M**.

4.2. СТРУКТУРА ПРОЦЕССА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Обзор методов и способов структурирования знаний приведен в [1]. В качестве простейшего прагматического подхода к формированию поля знаний начинающему инженеру по знаниям служит следующая последовательность действий по проведению концептуального анализа извлеченных знаний о ПРО:

1. **Определение входных (X) и выходных (Y) данных.** Этот шаг совершенно необходим, так как он определяет направление движения в поле знаний - от **X** к **Y**. Кроме того, структура входных и выходных данных существенно влияет на форму и содержание поля знаний. На этом шаге определение может быть достаточно размытым, в дальнейшем оно будет уточняться.

2. Составление словаря терминов и наборов ключевых слов (СТ). На этом шаге проводится текстуальный анализ всех протоколов сеансов извлечения знаний, и выписываются все значимые слова, обозначающие понятия, явления, процессы, предметы, действия, признаки и т.п. При этом следует попытаться разобраться в значении терминов и определить словарь.
3. Выявление объектов и понятий (А,В). Производится «просеивание» словаря СТ и выбор значимых для принятия решения понятий и их признаков. В идеале на этом шаге образуется полный систематический набор терминов для конкретной ПрО.
4. Выявление связей между понятиями. На этом этапе определяется, как направлены связи, что ближе, а что дальше и т.д. Таким образом, строится сеть ассоциаций, где связи только намечены, но пока не поименованы. Для каждой связи определяется назначение, направление и тип.
5. Выявление метапонятий и детализации понятий. Связи, полученные на предыдущем шаге, позволяют структурировать понятия, т.е. как выявлять понятия более высокого уровня обобщения (метапонятия), так и детализировать на более низком уровне. Процесс образования метапонятий, т.е. интерпретации групп понятий, полученных на предыдущей стадии, как и обратная процедура - детализация (разукрупнение) понятий, принципиально не поддающиеся формализации операции. Они требуют высокой квалификации экспертов, а также наличия способностей к «наклеиванию» лингвистических ярлыков. Если на рис. 4.1 показаны схемы обобщения и детализации на тривиальных примерах, то в реальных ПрО эта задача оказывается весьма трудоемкой. При этом независимо от того, формальными или неформальными методами были выявлены понятия или детали понятий, поименование или интерпретация их всегда неформальный процесс, в котором инженер по знаниям просит эксперта дать название некоторой группе понятий или отдельных признаков.

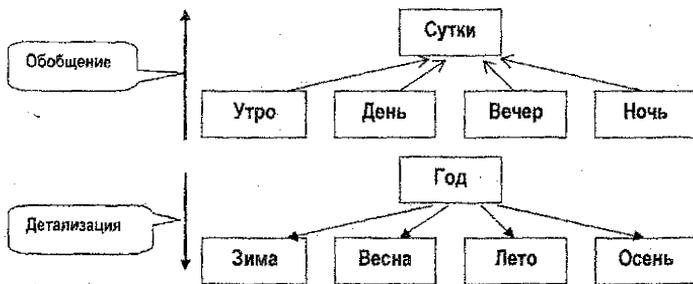


Рис. 4.1. Обобщение и детализация понятия

6. Построение пирамиды знаний. Под пирамидой знаний будем понимать иерархическую лестницу понятий, подъем по которому означает углубление понимания ПрО и повышение уровня абстракции (обобщенности) понятий. Количество уровней в пирамиде зависит от особенностей ПрО, профессионализма экспертов и инженеров по знаниям.
7. Пирамида знаний. Восходя по ступеням пирамиды, получаем систему понятий, что соответствует результатам, полученным в когнитивной психологии об уменьшении размерности семантического пространства памяти с увеличением опыта экспертов. Методы построения пирамиды знаний обязательно включают использование наглядного материала - рисунков, схем и т.д. Уровни пирамиды чаще возникают в сознании инженера по знаниям именно как некоторые образы. Построение пирамиды знаний может быть основано и на естественной иерархии ПрО.
8. Определение отношений (Ra,Ra). Отношения между понятиями выявляются как внутри каждого из уровней пирамиды, так и между уровнями. Фактически на этом шаге даются имена тем связям, которые обнаруживаются на шагах 4 и 5, а также обозначаются причинно-следственные, лингвистические, временные и другие виды отношений.
9. Определение стратегий принятия решений (S). Это выявление цепочек рассуждений, которые связывают все сформированные ранее понятия и отношения в динамическую систему поля знаний. Именно стратегии позволяют представить модель M в поиске пути от X к Y.

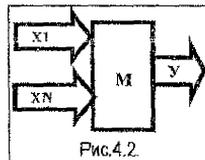
4.3. ДИАГРАММЫ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРЕМЕННЫХ

В качестве достаточно удобного способа для структурирования знаний и представления процесса решения задач экспертами будем использовать диаграммы зависимости целевой или результирующей переменной задачи от входных переменных, которая представляется в виде графа.

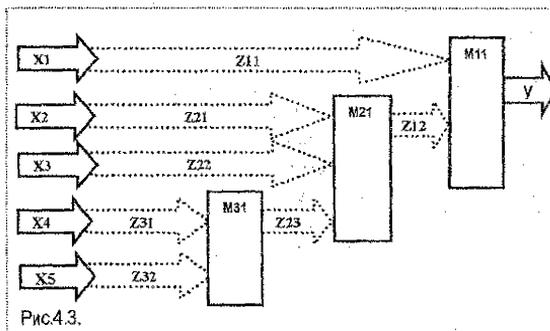
Диаграммы зависимости переменных представляют собой подход, позволяющий путем последовательных уточнений построить модель решения задачи (MPЗ). Эта диаграмма представляется в виде графа. Дугами этого графа являются переменные (входные или выходные) и изображаются стрелками, а вершины – функции представляют собой описание преобразования входных переменных в выходные (изображаются прямоугольниками).

Первоначальное представление MPЗ реализуется в виде единственной вершины - функции M (см.рис.4.2), которая представляет преобразование входных переменных X_1, \dots, X_n в результирующую переменную Y и имеет следующий вид:

$$Y = M(X_1, \dots, X_n).$$



В связи с тем, что определить первоначально функциональную зависимость M не представляется возможным (в виду ее сложности), поэтому применяется декомпозиция функции M на последовательность более мелких функций (M_{ij}), которые на определенной итерации можно определить. Каждая из них имеет свои входные и выходные параметры. В окончательном



виде MPЗ представляется в виде графа:

- вершины MPЗ – функции M_{ij} ;
- дуги MPЗ – входные (X_1, \dots, X_n), промежуточные (Z_{11}, \dots, Z_{kl}) и результирующий параметр Y , отображающие иерархические взаимосвязи между вершинами.

В качестве примера на рис.4.3. изображен граф MPЗ, который имеет три вершины M_{11} , M_{21} и M_{31} . Входными параметрами MPЗ являются $X_1 - X_5$, а результирующим – Y . В качестве промежуточных параметров использованы – $Z_{11}, Z_{12}, Z_{21}, Z_{22}, Z_{23}, Z_{31}, Z_{32}$.

Методику процесса построения MPЗ в виде диаграммы зависимостей переменных представим как двухэтапную процедуру:

ЭТАП 1. Построение структуры диаграммы зависимости выходной целевой переменной Y от входных переменных X_1, \dots, X_n . Процесс построения диаграммы можно выполнять следующими способами:

1. **Способ сверху-вниз** - за начало построения диаграммы выбирается целевая переменная Y задачи и с нее начинается поуровневое построение диаграммы зависимости переменных, которое в окончательном виде должно завершиться выходом на входные переменные X_1, \dots, X_n ;
2. **Способ снизу-вверх** - за начало построения диаграммы выбираются входные переменные X_1, \dots, X_n задачи и с них начинается построение диаграммы зависимости переменных путем движения к целевой переменной Y ;
3. **Комбинированный способ** предполагает как использование перечисленных выше способов, так и построение различных промежуточных диаграмм, которые затем встраиваются в общую диаграмму.

ЭТАП 2. Определение функциональных зависимостей, на которые декомпозировалась функция M в процессе построения диаграммы зависимости переменных.

Построение структуры диаграммы зависимости переменных. Диаграмма зависимости переменных предназначена для представления взаимосвязей между выходной целевой переменной Y и входными переменными X_1, \dots, X_n в рамках конкретной задачи из заданной ПрО. Диаграммы зависимости переменных позволяют представить МРЗ как граф, который создается одним из приведенных далее способов (сверху-вниз, снизу-вверх, комбинированным). В качестве примера рассмотрим первый способ построения диаграммы. На верхнем уровне иерархии представлена переменная Y , на промежуточных уровнях – вычисляемые переменные, а на нижнем уровне – входные (вводимые) переменные.

Процесс построения диаграммы – это процесс декомпозиции сложной функции M (которую первоначально «не представляется возможным» представить в «реализуемом виде») на совокупность (иерархию) более простых функций M_{ij} , которые можно определить и реализовать.

Основные положения этого подхода следующие. Все переменные делятся на входные (X), выходные (Y) и промежуточные (Z) и обозначаются на диаграмме в виде стрелок. Зависимость выходной переменной от входных переменных представляется как функциональная зависимость и изображается в виде прямоугольника, а ее содержание определяется на этапе определения функциональной зависимости (M_{ij}).

Процесс построения диаграммы зависимостей представим в виде итеративного процесса и применим первый способ построения диаграммы (сверху-вниз). Первоначальное описание МРЗ представлено на рис.4.4 и определяет зависимость выходной переменной Y от входных переменных X_1, X_2 и т.д. Зависимость M представляется в виде «черного ящика» и первоначальное изображение эквивалентно модели решения задачи в виде $Y = M(X_1, \dots, X_n)$. Предполагается, что существует последовательность промежуточных переменных, которые позволяют построить многоуровневую иерархическую зависимость переменной Y от входных переменных X_i в виде диаграммы зависимостей.

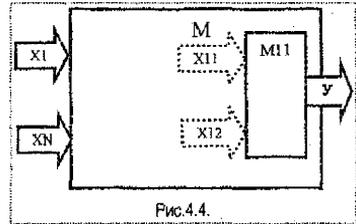


Рис.4.4.

Пусть переменная Y зависит напрямую или определяется промежуточными переменными первого уровня (X_{11} и X_{12}). Эту зависимость обозначим через M_{11} (см. рис.4.4), и она представляет взаимосвязь выходной переменной Y от промежуточных входных переменных X_{11} и X_{12} (пунктирные стрелками). Сплошными стрелками на рис.4.3 изображены входные переменные, которые должны быть известны до начала процесса решения задачи (введены), и выходная переменная.

Допустим, во-первых, что ранее определенная промежуточная переменная X_{11} является входной для рассматриваемой задачи, поэтому ее целесообразно обозначить как X_1 и для этой переменной цепочка построения диаграммы завершается.

Допустим, во-вторых, что переменная X_{12} зависит от трех переменных более низкого уровня иерархии (переменные второго уровня X_{21}, X_{22}, X_{23}). Промежуточная переменная X_{12} определя-

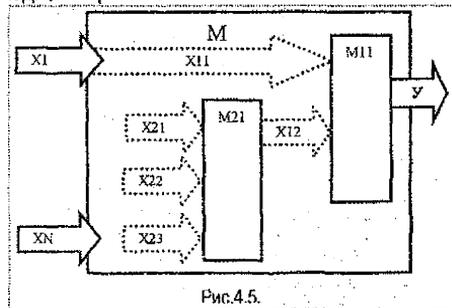
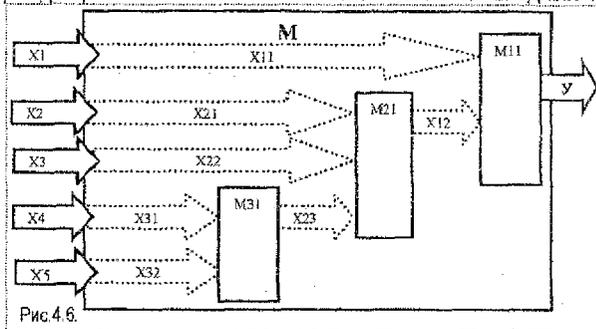


Рис.4.5.

ется зависимостью M_{21} от промежуточных переменных второго уровня X_{21} , X_{22} и X_{23} . Общая диаграмма зависимости цели от промежуточных переменных первого и второго уровней изображена на рис.4.5. Среди перечисленных промежуточных переменных X_{21} и X_{22} являются входными переменными рассматриваемой задачи (см. рис.4.6) и для этих переменных процесс построения диаграммы завершен.

Например, пусть переменная X_{23} второго уровня зависит от двух переменных X_{31} и X_{32} третьего уровня. Общая диаграмма зависимостей с использованием входных и

промежуточных переменных представлена на рис.4.6. Промежуточными переменными являются переменные X_{12} и X_{23} , а все остальные переменные являются входными переменными. Далее, необходимо определить сами функциональные зависимости, которые были получены в процессе построения диаграммы –



M_{11} , M_{21} и M_{31} . Следует отметить, что количество уровней на диаграмме зависимостей зависит от сложности решаемой задачи.

Определение функциональных зависимостей. На этом этапе описываются функциональных зависимостей, которые являются результатом декомпозиции функции M на совокупность M_{ij} . В данном случае это функции M_{11} , M_{21} и M_{31} . Способ описания функций определяется экспертом и существенной роли не играет. Это может быть текстовое описание, представление в виде таблиц или графиков и другие способы.

Пример применения диаграммы зависимости переменных приведен в приложении 3.

5. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ

Формализация знаний (формальное описание) – это процесс перевода знаний о модели решения задачи или поля знаний в формальное представление с использованием возможностей конкретной модели представления знаний.

На процесс формализации влияют следующие факторы:

- структура пространства поиска, характеризующего особенности решаемых задач;
- свойств данных, используемых при решении задач (характеристики данных).

При определении структуры и пространства поиска необходимо сформулировать концепции и определить, как они связываются между собой, образуя гипотезы. Концепции являются основополагающими при определении характера пространства гипотез. Для этого необходимо: формализовать понятия, их характеристики и значения; определить, как понятия связаны друг с другом при образовании гипотез, используемых для направления поиска.

Для формализации знаний весьма важно понимать природу данных Про и определять свойства данных, которые существенно влияют на решение исходной проблемы. Для выявления природы данных для них необходимо определять следующие свойства:

- данные объясняются или нет в терминах гипотез;
- тип отношений между данными;
- как взаимосвязаны данные, гипотезы и задачи;

- данные редки (обильны) или недостаточны (избыточны);
- данные распределены или нет, т.е. требуется ли использовать коэффициент определенности;
- интерпретация данных зависит или не зависит от порядка их появления во времени;
- стоимость и процедура приобретения данных;
- данные надежные/ненадежные, точные/неточные, согласованные/несогласованные, полные/неполные.

Структура процесса формализации представлена на рис.5.1



Рис.5.1. Структура процесса формализации знаний

Процесс формализации зависит от следующих компонентов, которые определяют ее содержание:

- **Модели решения задачи** (поле знаний), которая создана на этапе структурирования знаний и представлена в виде соответствующего описания, например, в виде диаграммы зависимости переменных;
- **Модели представления знаний (МПЗ)**, которые используются в качестве концептуального аппарата для реализации процесса формализации МРЗ. К ним относятся такие МПЗ, как продукционные, сетевые, фреймовые и другие. Инженер по знаниям определяет, подходят ли существующие МПЗ, инструментальные средства для реализации процесса формализации или для этой цели необходимы оригинальные разработки инструментальных средств.
- **Инструментальные средства**, которые обеспечивают на этапе реализации МПЗ на языке представления знаний (ЯПЗ).

Результатом этапа формализации является преобразование поля знаний в МРЗ, представленную на ЯПЗ с помощью возможностей выбранной или разработанной МПЗ.

5.2. ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Современные ЭС работают в основном с поверхностными знаниями. Это связано с тем, что на данный момент нет универсальных методик, позволяющих выявлять глубинные структуры знаний и работать с ними.

Одной из наиболее важных проблем при создании ЭС является проблема представления знаний. Это вызвано тем, что форма представления знаний оказывает существенное влияние на характеристики и свойства системы, на восприятие внешней информации, на диалог пользователя с системой.

МПЗ можно разделить на логические и эвристические [1]. В основе логических моделей лежит понятие формальной системы, примером которой может быть исчисление предикатов. Эти модели являются дедуктивными системами, так как в них используется модель вывода из заданных посылок с помощью фиксированной системы правил.

Эвристические модели имеют разнообразный набор средств как для адекватного описания ПрО, так и для вывода знаний. К эвристическим моделям можно отнести: сетевые, фреймовые и продукционные и другие.

Продукционная модель представления знаний - это модель, основанная на правилах (продукциях), позволяющая представить знания в виде предложений типа «ЕСЛИ (условие) ТО (действие)». Правило состоит из 2-х частей: условной и утвердительной.

"ЕСЛИ <условие> ТО <действие>".

Условная часть Утвердительная часть

Условие может быть истинным или ложным. Оно определяет образец, по которому осуществляется поиск фактов, входящих в условие. Условия в правилах могут быть различной сложности. Условия делятся на:

- 1) простые условия - состоят из одного факта;
- 2) сложные условия - включают несколько фактов, объединенных логическими операциями (И, ИЛИ, НЕ). Например:

ЕСЛИ <горит_зеленый_свет_на_светофоре> ; первый факт условия

И <по_дороге_едет_машина> ; второй факт условия

ТО <дорогу_лучше_не_переходить> ; действие

где **И** - это логическая операция;

Если условие истинное, то выполняются <действия>, иначе никаких действий по данному правилу не производится.

Действия правил делятся на два типа: детерминированные и недетерминированные. Выполнение действия представляет собой создание нового факта (временного) в БЗ.

Детерминированные действия всегда выполняются при условии, если выполняется левая часть правила: **ЕСЛИ а ТО в**. Например:

ЕСЛИ <прозвенел_звонок> ТО <конец_занятия>

В более сложных конструкциях правил допускается альтернативный выбор - **ЕСЛИ а ТО в ИНАЧЕ с**. Например:

ЕСЛИ <автомобиль_исправен>

ТО <ехать_на_автомобиле_на_дачу>

ИНАЧЕ <идти_пешком_на_дачу>

В правилах с недетерминированными действиями <действие> может выполняться - **ЕСЛИ а ТО возможно в**. Например:

ЕСЛИ <идет_дождь> ТО <необходимо_взять_зонтик>

Возможность выполнения действия может определяться некоторыми оценками реализации. Если задана вероятность выполнения действия, то правило можно представить следующим образом:

ЕСЛИ а ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ р РЕАЛИЗОВАТЬ в

Детерминированные действия правил могут быть однозначными и альтернативными. В случае альтернативных действий указываются альтернативные возможности выбора, которые оцениваются специальным весом выбора. В качестве таких весов можно использовать вероятностные, экспертные оценки и т.д.:

ЕСЛИ а ТО ЧАЩЕ в1 РЕЖЕ в2.

Графически отдельное правило можно представлять в виде ориентированных графов (см. рис.5.2). Предлагается следующий вариант графического изображения правила вида **"ЕСЛИ <условие> ТО <действие>"**:

Правило выполняется только при истинности <условия>. Любое правило состоит из двух типов вершин: одной вершины верхнего уровня, которая отображает <действие> правила; одной или нескольких вершин нижнего уровня, которые отображают факты, входящие в состав <условия> правила <действие>.

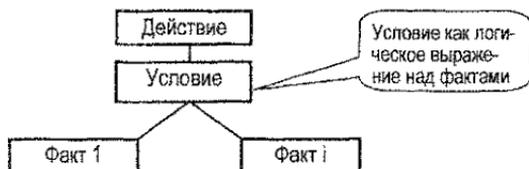


Рис.5.2. Графическое изображение правила

Используя графическое представление правил, совокупность правил, представляющих знания из ПрО, можно объединить в виде одного или нескольких отдельных графов. Количество таких результирующих графов зависит от связности знаний ПрО. Например, пусть имеется два правила следующего вида:

Правило 1: ЕСЛИ намерение отдых И дорога ухабистая ТО использовать джип.

Правило 2: ЕСЛИ место отдыха - горы ТО дорога ухабистая.

Представление этих правил в графическом виде изображено на рис.5.2. Результат объединения этих правил представлен на рис.5.3. Следует отметить, что для объединения правил в БЗ продукционной системы в единый граф используется свойство <действия> правила при истинности условия превращаться в факт, который можно применять для проверки <условия> для других правил БЗ. Следует отметить, что в результирующем графе вершина правила 2 Действие 2 будет связано с Факт 12 из правила 1.

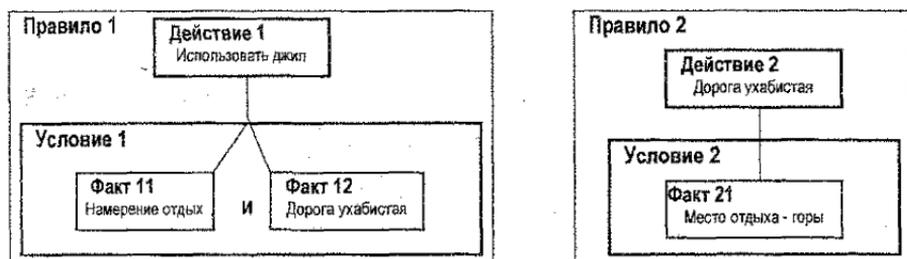


Рис.5.3. Графическое изображение правил 1 и 2.

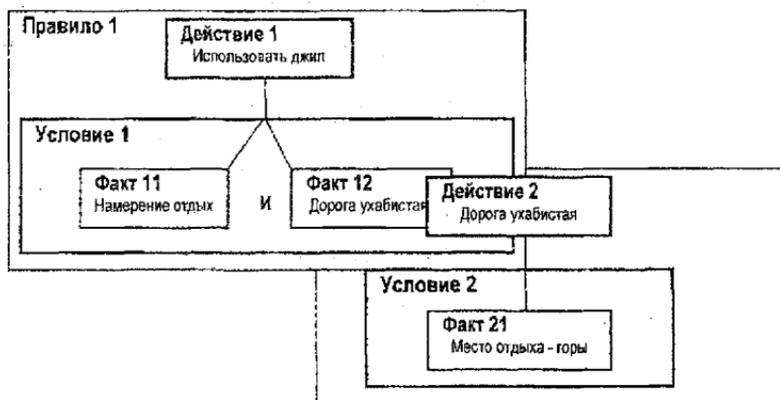


Рис.5.3. Результат объединения правил

5.3. МЕТОДЫ И СТРАТЕГИИ ПОИСКА РЕШЕНИЙ (ВЫВОДА ЗНАНИЙ)

Методы управления выводом знаний [1]. Программа, управляющая перебором правил, называется машиной (механизмом) вывода. В продукционной МПЗ база знаний ЭС состоит из набора правил и фактов.

Метод поиска или метод управления выводом знаний в продукционной БЗ определяет порядок применения и срабатывания правил. Основой этого метода является процедура выбора, которая сводится к определению направления поиска и способа его осуществления.

Методы вывода знаний в продукционных МПЗ делятся на следующие методы:

1. Прямой метод вывода знаний;
2. Обратный метод вывода знаний;
3. Циклический метод вывода знаний.

В большинстве систем процедуры, реализующие вывод знаний, обычно «защиты» в механизм вывода системы. К ним инженеры знаний не имеют доступа и, следовательно, не могут в них ничего изменять по своему желанию.

Метод вывода знаний обычно определяется направлением поиска (прямой, обратный или комбинированный), а стратегия вывода знаний (поиска решения) – стратегией перебора – в глубину, в ширину, по подзадачам и другие. Методы вывода знаний рассмотрим на следующих примерах.

Обратный метод вывода знаний. При обратном порядке вывода вначале выдвигается некоторая гипотеза (цель), а затем механизм вывода как бы возвращается назад, переходя к фактам, пытаясь найти те, которые подтверждают гипотезу. Если она оказалась правильной, то выбирается следующая гипотеза, детализирующая первую, являющаяся по отношению к ней подцелью. Далее отыскиваются факты, подтверждающие истинность подчиненной гипотезы. Вывод такого типа называется управляемым целями. Обратный поиск применяется в тех случаях, когда цели известны, и их сравнительно немного.

Прямой метод вывода знаний. В системах с прямым выводом по известным фактам отыскивается заключение, которое следует из этих фактов. Если такое заключение удастся найти, то оно заносится в рабочую память. Прямой вывод часто называют выводом, управляемым данными.

Комбинированный (циклический) метод вывода знаний. Существуют системы, в которых вывод основывается на сочетании упомянутых выше методов - обратного и ограниченного прямого.

Стратегии управления выводом знаний. В системах, БЗ которых насчитывает сотни правил, желательным является использование стратегии управления выводом, позволяющей минимизировать время поиска решения. Это повышает эффективность вывода. К числу таких стратегий относятся:

1. поиск в глубину,
2. поиск в ширину,
3. разбиение БЗ на подзадачи.
4. альфа-бета алгоритм.

При **поиске в глубину** в качестве очередной подцели выбирается та, которая соответствует следующему, более детальному уровню описания задачи. Например, диагностирующая ЭС, сделав на основе известных симптомов предположение о наличии определенного заболевания, будет продолжать запрашивать уточняющие признаки и симптомы этой болезни до тех пор, пока полностью не опровергнет выдвинутую гипотезу.

При **поиске в ширину**, напротив, система вначале проанализирует все симптомы, находящиеся на одном уровне пространства состояний, даже если они относятся к разным заболеваниям. Затем перейдет к симптомам следующего уровня детальности.

Разбиение на подзадачи подразумевает выделение подзадач, решение которых рассматривается как достижение промежуточных целей на пути к конечной цели. Примером, подтверждающим эффективность разбиения на подзадачи, является поиск неисправностей в компьютере. Сначала выявляется отказавшая подсистема (питание, память и т. д.), что значительно сужает пространство поиска.

Если удастся правильно понять сущность задачи и оптимально разбить ее на систему иерархически связанных целей-подцелей, то можно добиться того, что путь к ее решению в пространстве поиска будет минимален.

Альфа-бета алгоритм позволяет уменьшить пространство состояний путем удаления ветвей, неперспективных для успешного поиска. Поэтому просматриваются только те вершины, в которые можно попасть в результате следующего шага, после чего неперспективные направления исключаются. Альфа-бета алгоритм нашел широкое применение в основном в системах, ориентированных на различные игры, например в шахматных программах.

5.4. МЕТОДИКА ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЭО «GURU»

Методика формализации знаний с использованием возможностей продукционной МПЗ в рамках экспертной оболочки (ЭО) GURU представляется в виде последовательности действий, представленных на рис.5.4.

Предполагается, что результаты структурирования знаний представлены в виде диаграммы зависимости переменных. Если при построении иерархии правил не удастся описать какую-то из функциональных зависимостей из МПЗ с помощью продукционной МПЗ, то необходимо выполнить следующие действия:

1. Выполнить стадию структурирования знаний повторно для данной функциональной зависимости, а затем повторить формализацию знаний либо
2. Выполнить дополнительное извлечение знаний, а затем повторить действия, описанные в пункте 1.

При неудачном завершении перечисленных действий для отдельно функциональной зависимости их необходимо повторить для всей МПЗ. В некоторых случаях может потребоваться выполнить несколько итераций приведенных действий. Примеры применения данной методики представлены в приложении 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие экспертной системы.
2. Основные компоненты ЭС и их назначение.
3. Понятия «база знаний», «механизм вывода знаний», «пользовательский интерфейс».
4. Основные режимы функционирования ЭС и их краткая характеристика.
5. Методика разработки прототипа ЭС.
6. Краткая характеристика основных стадий создания прототипа ЭС.
7. Критерии оценки ЭС.
8. Назначение и задачи этапа оценки предпосылок для создания ЭС.
9. Назначение и задачи этапа определения проблемы для создания ЭС.
10. Исследование и оценка возможности разработки ЭС.
11. Исследование и оценка оправданности разработки ЭС.
12. Исследование и оценка обоснованности разработки ЭС.

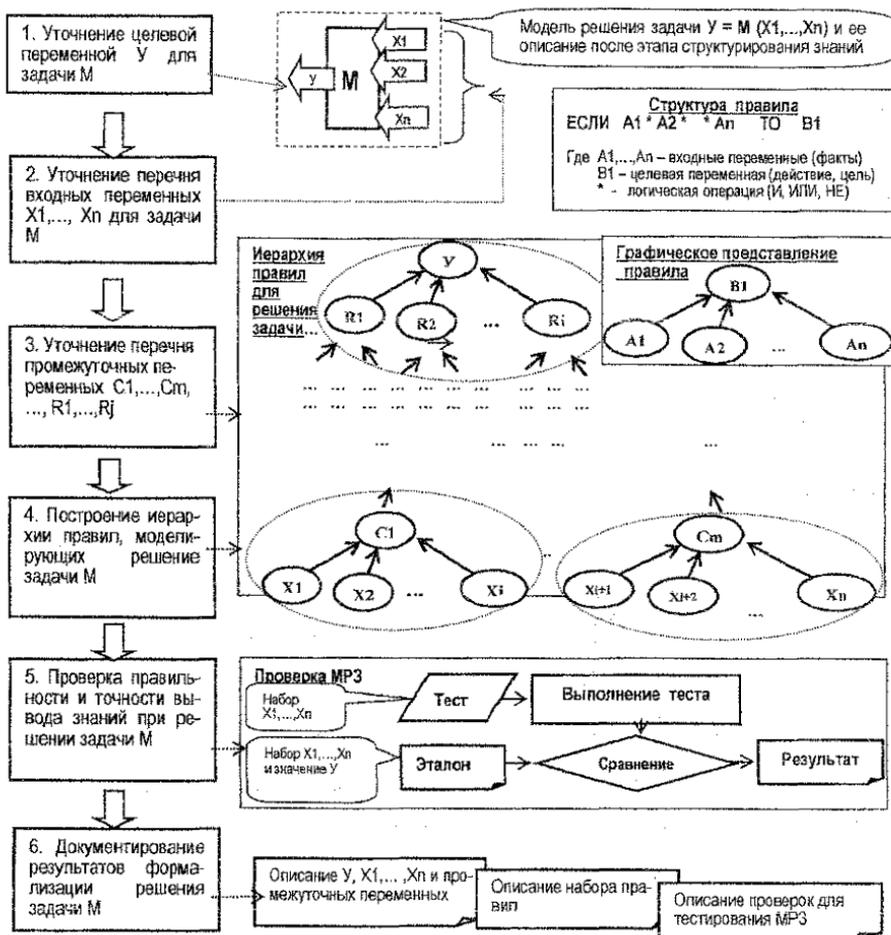


Рис.5.4. Структура методики формализации знаний

13. Определение структуры документа «Техническое задание на создание ЭС».
14. Приведение основных стратегии получения знаний.
15. Приведение классификации методов извлечения знаний.
16. Характеристика активных индивидуальных методы: извлечения знаний.
17. Определение понятия модель представления знаний, модель решения задачи.
18. Приведение классификации моделей представления знаний.
19. Методика формализации знаний, ее структура и основные действия.
20. Определение понятия – поле знаний.
21. Назначение и структура операциональной модели предметной области.
22. Структурирование знаний, ее назначение и методика построения поля знаний.
23. Диаграммы зависимостей, их назначение и методика построения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АС	- Автоматизированная система
БЗ	- База знаний
ГОСТ	- Государственный стандарт
МВ	- Механизм вывода (машина вывода)
МРЗ	- Модель решения задачи
МПЗ	- Модель представления знаний
ПЗ	- Поле знаний
ПИ	- Пользовательский интерфейс
ПрО	- Предметная область
СВТ	- Средства вычислительной техники
ТЗ	- Техническое задание
ЯПЗ	- Язык представления знаний
ЭО	- Экспертная оболочка
ЭС	- Экспертная система

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
2. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. Учебн. для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 431с.
3. Голенько В.В., Гулякина Н.А. Методические указания по курсу «Модели представления и переработки знаний». – Мн., 1998.
4. Экспертные системы для персональных компьютеров: методы, средства, реализации: Справочное пособие / В.С.Крисевич, Л.А.Кузьмич, А.М.Шиф и др. – Мн.: Высшэйшая школа, 1990. – 190 с.
5. Искусственный интеллект. /Под ред. Д.А.Поспелова. – В 3-х кн. – М.: Радио и связь, 1990.
6. Уотермен У. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989, – 388 с.
7. ГОСТ 34.602-90. ИТ. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
8. Лилаев В.В. Тестирование программ. – М., Сов.радио, 1990. – 303с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭС

В качестве задач для разработки прототипов ЭС могут быть выбраны задачи из следующих групп задач (см. п.1.3):

- Интерпретации данных;
- Диагностики;
- Мониторинга;
- Проектирования;
- Прогнозирования;
- Планирования;
- Обучения.

В качестве примера тем для выполнения лабораторных работ студентам предлагается следующий перечень тем:

1. Выбор конфигурации системы ...
2. Классификация ... по признакам ...
3. Диагностика неисправностей в ...
4. Диагностика заболеваний ...
5. Планирование выпуска продукции ...
6. Планирование размещения свободных денег ...
7. Оценка стоимости семейного отдыха ...
8. Оценка стоимости ...
9. Управление производством ...
10. Анализ деятельности ...

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ

2.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

ТЕМА: Разработка постановки задачи на создание прототипа ЭС и извлечение знаний из ПРО.

ЦЕЛЬ: Сформировать знания и практические умения, необходимые для:

1. Оценки предпосылок для разработки ЭС;
2. Разработки постановки задачи на создание ЭС.
3. Извлечения знаний из заданной предметной области для разработки ЭС.

ЗАДАЧИ:

1. Изучить постановки задач и исходные данные на лабораторную работу;
2. Выбрать и согласовать с преподавателем тему для разработки ЭС;
3. Провести оценку предпосылок для разработки ЭС;
 - исследовать и оценить обоснованность разработки ЭС;
 - исследовать и оценить возможность разработки ЭС;
 - исследовать и оценить оправданность разработки ЭС;
 - оценить применимость ЭС для решения поставленной проблемы.
4. Разработать постановку задачи для разработки ЭС:
 - определить цель и назначение прототипа ЭС;
 - краткое описание проблемы (задача);
 - определить состав источников знаний для извлечения знаний;
 - определить требования к системе и к видам обеспечения;
 - определить состав и содержание работ по созданию прототипа ЭС;
5. Разработать план извлечения знаний из источников знаний;
6. Разработать примеры интервью и анкеты для извлечения знаний;
7. Оформить и защитить работу у преподавателя.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Перечень тем для разработки экспертной системы (см. прил.1).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Выбрать и согласовать с преподавателем тему для разработки ЭС.
2. Распределить функциональные обязанности в группе разработчиков (выбрать руководителя разработки и т.д.).
3. Изучить теоретическую часть лабораторной работы, приведенную в п.2.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Решить задачи, перечисленные выше.
6. Оформить результаты выполнения лабораторной работы.
7. Защитить у преподавателя результаты выполнения лабораторной работы.

РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ: Отчет по лабораторной работе должен включать следующие разделы:

1. Результаты оценки предпосылок для разработки ЭС (в виде табл.2.1);
2. Постановка задачи на разработку прототипа ЭС:
 - ✓ Цель и назначение прототипа ЭС;
 - ✓ Источники знаний для разработки прототипа ЭС;
 - ✓ Требования к системе и к видам обеспечения;
 - ✓ Состав и содержание работ по созданию прототипа ЭС;
3. План извлечения знаний для разработки прототипа ЭС;
4. Пример анкеты и интервью.
5. Описание ПРО для разработки прототипа ЭС (результаты извлечения знаний).

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Лабораторная работа выполняется группами из 2-3 студентов.
2. Каждая группа выбирает руководителя, который управляет распределением и координацией работ по созданию прототипа ЭС.

2.2. ОЦЕНКА ПРЕДПОСЫЛОК СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА ЭС

Уточнение и формулирование проблемы для создания прототипа ЭС

В качестве заказчика для разработки ЭС выступил директор полиграфической фирмы «А», который на протяжении двух десятилетий руководит этой фирмой. Среди наиболее важных производственных проблем, которые беспокоят директора этой фирмы последние пять лет, являются допущенные сотрудниками фирмы просчеты (ошибки) в планировании объемов производства продукции (перепроизводство продукции), а также ошибки в определении квот на реализацию этой продукции (неудовлетворенный спрос). Как следствие, фирма несет достаточно существенные убытки. Таким образом, основная проблема, которую необходимо решить – это разработка средств или механизма, позволяющего увеличить точность планирования и реализации продукции фирмы. Поэтому предварительно можно определить, что основное назначение ЭС должно заключаться в разработке средств, которые помогут сотрудникам фирмы более точно планировать производство продукции и ее сбыт. Работа по руководству разработкой ЭС поручена сотруднику отдела информатизации Иванову И.И., который имеет опыт создания ЭС.

Определение цели создания прототипа ЭС

Одной из основных целей создания ЭС, по мнению директора, должно быть более точное решение задачи планирования объемов производства и реализации различных видов полиграфической продукции, и тем самым уменьшение убытков и увеличение прибыли фирмы. Многочисленные попытки сотрудников фирмы, занимающихся этими вопросами, и сотрудников отдела информатизации (которые привлекались к решению этой задачи путем использования стандартных методов планирования), решить задачу планирования объемов производства и реализации полиграфической продукции не дало положительных результатов. Поэтому делается попытка решить данную проблему путем создания и использования для этой цели ЭС.

Оценка экспертов для участия в разработке

Для того чтобы разработка ЭС была возможна, необходимо, чтобы существовали подлинные эксперты в рассмотренной выше ПрС. В качестве такого эксперта планируется использовать торгового представителя фирмы Петрова П.П., который более 15 лет планирует квоты на полиграфическую продукцию для района, в котором он является представителем фирмы и планирует квоты на продукцию для всех представителей фирмы в этом районе. Анализ результатов его работы позволяет сделать вывод, что он применяет достаточно точную модель планирования квот. Кроме этого, данный сотрудник дал согласие на свое участие в процессе создания ЭС в качестве эксперта. Предварительные переговоры и беседы с предполагаемым экспертом показали, что он является подлинным экспертом для решения данных задач, он может выразить и описать свой метод решения задач и т.д. Поэтому можно сделать вывод, что разработка ЭС возможна, так как есть подлинный эксперт, который согласен участвовать в разработке ЭС.

Оценка дохода от применения прототипа ЭС

Второй частью оценки предпосылок является оценка оправданности предполагаемой разработки прототипа ЭС. Перечень возможных подходов к проведению этой оценки приведен в п.3.1. Одним из наиболее существенных факторов для оценки оправданности разработки можно выбрать экономический фактор. Оценку этого фактора можно вести путем расчета планируемых затрат на создание и использование ЭС и выгод от применения созданной ЭС. Разница между размером выгод и затрат дает основания для экономического оправдания (или наоборот) предполагаемой разработки. Пример оценки экономического фактора следующий.

Планируемые экономические затраты

Предполагается привлечь к разработке ЭС двоих инженеров по знаниям ($2 \cdot 180\$ = 360\$$), одного программиста (140\$) и одного эксперта (130\$). Ориентировочная длительность разработки - 4 месяца ($630\$ \cdot 4 = 2520\$$). Предварительная оценка общих затрат на создание ЭС = заработная плата сотрудников (2520\$) + два компьютера (500\$) + стоимость программного обеспечения для создания ЭС (350\$) = 3270\$.

Планируемые экономические выгоды

По результатам статистической отчетности о результатах деятельности фирмы за предыдущий трехлетний период фирма понесла убытки, которые составляют не менее 8000\$ еже-

годно. Это убытки связаны с перепроизводством полиграфической продукции, которое является следствием неправильного планирования объемов выпуска полиграфической продукции. Предварительно предполагается, что применение ЭС позволит сократить ошибки в планировании объемов выпуска продукции и уменьшит их не менее чем на 60%. Тогда оценка убытков фирмы от перепроизводства полиграфической продукции будет составлять всего 3200\$. Это значит, что сокращение убытков в размере 4800\$ - результат применения ЭС. Предполагается, что затраты на разработку ЭС окупятся за первый год ее применения.

Сводные результаты с оценками приведены в табл.П.2.1. На основании полученных оценочных данных сделать вывод: применение ЭС как инструмента для решения поставленной проблемы возможно, оправдано и обосновано, поэтому принимается решение о разработке прототипа ЭС.

Таблица П.2.1.

Результаты оценки предпосылок и принятия решения о применимости ЭС

№ п/п	Требования для оценки	Оценка по отдельному требованию	Описание процедур оценки по отдельной группе требований, результат групповой оценки	Описание процедуры принятия решения о применимости ЭС, результат итоговой оценки	
1. Возможность разработки ЭС					
1	Задачи не имеют общедоступных знаний	Да	Процедура 1 – решение – да при одновременном выполнении всех требований из группы, в противном случае – нет, Результат 1 – да	Процедура 4 – решение да – когда все групповые оценки – да, в противном случае – нет, Результат 4 – да, ЭС можно применять для решения поставленной задачи, т.е. необходимо разработать прототип ЭС.	
7	Сама задача достаточно понятна	Да			
2. Обоснованность разработки ЭС					
1	Решение задачи обещает приносить большой доход	4800\$ в год	Процедура 2 – решение – да при хотя бы одном выполнении из требований группы, в противном случае – нет, Результат 2 – да, так как первое требование можно использовать как оправдание (доход 4800\$)		
5	Условия, в которых решается задача опасны для человека	Нет			
3. Обоснованность разработки ЭС					
1	Решение задачи описывается на использование операций с символами, а не с числами	Да	Процедура 3 – решение – да при одновременном выполнении всех требований, в противном случае – нет, Результат 3 – да.		
5	Задача не является слишком крупной для решения с использованием ЭВМ	Да			

2.3. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ

В данном разделе приведен фрагмент описания постановки задачи (разделов ТЗ) для прототипа «Назначение квот».

Цель создания прототипа ЭС.

ЭС должна автоматизировать расчет квот на продажу полиграфической продукции торговым представителям фирмы «А».

Краткое описание ПрО

Для примера описания ПрО приведем описание ПрО для прототипа ЭС «Назначение квот». **Назначение и структура фирмы «А».** Основная деятельность фирмы «А», которая разматривается в контексте создаваемой ЭС – это планирование производства и реализация различных видов полиграфической продукции. В состав полиграфической фирмы «А» входят

два структурных подразделения (остальные подразделения фирмы в данном примере не рассматриваются), а именно: производственный отдел и отдел сбыта.

Производственный отдел фирмы имеет 12 издательских линий, каждая из которых специализируется или ориентирована на выпуск одного из видов полиграфической продукции, например, общих справочников, романов, научной фантастики, книг по психологии, фотографии и т.д. Для каждой производственной линии на текущий год и на каждый его квартал определяется объем полиграфической продукции, который должна выпустить каждая производственная линия.

Отдел сбыта фирмы занимается реализацией (сбытом, распространением) полиграфической продукции, которая выпускается данной фирмой. Деятельность отдела охватывает 24 географических районов, которые входят в состав Брестской и Гродненской областей. В каждом из этих районов имеется руководитель от отдела сбыта фирмы, который отвечает за 7-12 торговых представителей в данном регионе. Каждый торговый представитель обслуживает назначенную ему территорию в пределах района. К выполняемым видам обслуживания относятся:

- реклама полиграфической продукции;
- представление новых произведений полиграфической продукции;
- прием заказов на полиграфическую продукцию;
- реализация полиграфической продукции фирмы.

Кроме базового дохода с продаж торговый представитель получает также комиссионные со всех книг, продаваемых со складов розничной торговли на данной территории.

Каждому торговому представителю назначается план (квота) продаж по каждой издательской линии на каждый квартал наступающего года. Следовательно, для каждого представителя фирмы необходимо установить 48 квот (12 линий на 4 квартала).

Описание назначения ЭС

Основная задача - разработка модели, позволяющей как можно точнее определять план объемов на производство полиграфической продукции фирмой. Общий объем производства полиграфической продукции определяется как сумма объемов на производство по каждому виду полиграфической продукции.

Задача определения плана производства продукции фирмы может быть сведена к решению задачи планирования объемов реализации полиграфической продукции представителями отдела сбыта фирмы. Поэтому общий объем производства продукции фирмы определяется как сумма объемов производства по отдельным видам продукции. А объем производства по каждому виду продукции могут быть определены как сумма квот на продажу этого вида продукции по всем торговым представителям фирмы. Т.е. фирма должна производить столько продукции, сколько ее торговые представители могут реализовать. В случае избыточного производства – это проблема перепроизводства, и, как следствие, эта лишняя продукция является убыточной. А при недостатке продукции у торговых представителей возникает проблема неудовлетворенного спроса, и эту нишу заполняют конкурирующие фирмы.

Таким образом, решение задачи по планированию объемов производства фирмой определяется точностью определения квот на продажу продукции для торговых представителей фирмы (48 квот для каждого из 7-12 представителей фирмы в каждом из 24 районов) и представляет собой очень трудоемкую и сложную работу.

Кроме этого, анализ результатов по планированию и реализации продукции фирмы за последние пять лет показал, что на объем реализации продукции влияет очень много различных факторов. К таким факторам можно отнести следующие факторы: характеристики линий, сезонные тренды, прошлые показатели конкретного торгового представителя, расходы на рекламу, экономические условия на данной территории и многие другие показатели. Для определения важности факторов необходимо провести дополнительное исследование и анализ.

Определение источников знаний

Эксперты. В качестве экспертов использовать:

- Петров П.П. – опыт работы в данной области более 35 лет.
- Степанов С.С. – опыт работы в данной области более 45 лет

Другие источники. При создании прототипа ЭС «Назначение квот», кроме знаний эксперта, будем дополнительно использовать следующие источники знаний:

- 1) годовые и квартальные отчеты торговых представителей фирмы о реализации полиграфической продукции;
- 2) годовые и квартальные отчеты производственных отделов фирмы;
- 3) отчеты отдела сбыта по расходам на рекламу полиграфической продукции;
- 4) отчеты органов государственной статистики Брестской и Гродненской областей по уровню экономического развития районов и по уровню безработицы в регионах.

Требования к ЭС и к видам обеспечения

Общесистемные требования:

ЭС должна быть реализована в виде автоматизированного рабочего места (АРМ), которое состоит из двух частей: подсистема «История продаж» и подсистема «Планировщик». Функциональное назначение подсистем следующее:

- Подсистема «История продаж» должна обеспечивать ведение и документирование информации о продажах продукции торговыми представителями по районам.
- Подсистема «Планировщик» должна обеспечивать планирование производства продукции фирмой по всем линиям поквартально.

ЭС должна обеспечивать работу подсистем в разных помещениях фирмы, расстояние между которыми в составляет более 200 метров. Для взаимодействия между подсистемами можно использовать телефонную связь.

Необходимо учесть возможности адаптации данной ЭС в состав АС «Управление фирмой», создание которой планируется через 1.5 года. Создаваемая АС будет функционировать на основе локальной вычислительной сети фирмы.

Требования к персоналу

Пользователями ЭС должны быть: руководители производственного отдела и отдела сбыта продукции. Сопровождение ЭС должны обеспечивать:

- Инженер - электроник – обслуживание технического обеспечения АРМ;
- администратор базы знаний АРМ – сопровождение программного и информационного обеспечения АРМ.

Требования к защите от несанкционированного доступа

Должен быть обеспечен санкционированный доступ пользователей к ресурсам ЭС.

По сохранности информации при авариях Должна быть разработана процедура резервирования содержимого БД ЭС и восстановления после сбоев оборудования и при авариях. Создание резервных копий БД производится в конце каждого рабочего дня. Время восстановления БД не должно превышать 8 часов.

Требования к функциям системы

ЭС должна обеспечивать автоматизацию решения следующих задач:

- разработку плана производства продукции фирмой для каждой линии поквартально;
- ведение, хранение и документирование информации о продажах продукции региональными представителями.

Время решения задачи ЭС не должно превышать 10 секунд по всем задачам.

Требования к видам обеспечения

Требования к программному обеспечению

Функционирование ЭС должно быть обеспечено в рамках операционной системы Windows 9X/NT. Для обеспечения работы с БД использовать систему управления базами данных (СУБД), которая обеспечивает автоматизацию ведения реплик и восстановление БД.

Требования к лингвистическому обеспечению:

Язык реализации ПО ЭС должен поддерживать язык оперирования данными SQL.

Требования к информационному обеспечению:

Внутримашинная информационная БД должна быть реализована в виде реляционной БД. Структура и содержание входных и выходных документов ЭС должны соответствовать действующим инструкциям и положениям по ведению документооборота в фирме «А».

Требования к техническому обеспечению:

В качестве СВТ для пользователей ЭС должны быть отдельные ПЭВМ, в качестве средств коммуникации - телефонную связь и средства Интернет.

2.4. ПРИМЕР ОПИСАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Результаты извлечения знаний могут представлять собой новые знания по отношению к знаниям, которыми обладают инженеры знаний до данного этапа, или это могут быть различного рода уточнения к уже существующим знаниям. Приведем фрагменты описаний результатов извлечения знаний о задаче назначения квот на виды продукции фирмы «А» для ее торговых представителей, которые являются уточнением к существующим знаниям. Извлечение проводили и документировали инженеры по знаниям. Структурная схема фирмы изображена на рис.2.1.

Уточнение описания задачи

Описание решаемой задачи руководством фирмы.

Фирма включает в свой состав производственный отдел и отдел сбыта, деятельность которого охватывает 24 географических района. В каждом из этих регионов имеется руководитель торгового отделения фирмы, который отвечает за 7-12 торговых представителей в данном регионе. Каждый торговый представитель обслуживает назначенную ему территорию в пределах региона. К выполняемым видам обслуживания относятся: реклама изданных книг; представление новых книг и прием заказов и другие. Кроме базового дохода с продаж, торговый представитель получает также комиссионные со всех книг, продаваемых со складов розничной торговли на данной территории.

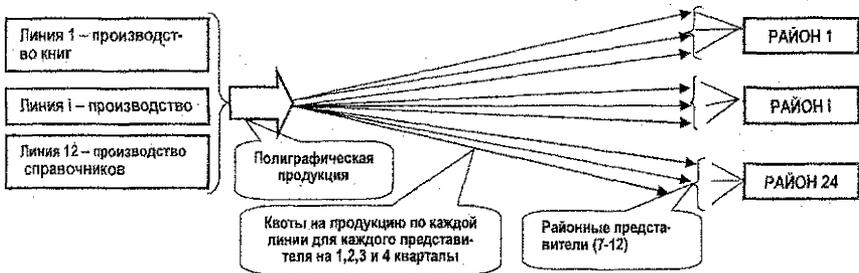


Рис.П.2.1. Структурная схема фирмы

Фирма имеет 12 издательских линий, включая выпуск общих справочников, романов, научной фантастики, книг по психологии, вычислительной технике и фотографий.

Каждому торговому представителю назначается квота продаж по каждой издательской линии на каждый квартал наступающего года. Следовательно, для каждого представителя необходимо установить 48 квот (12 линий на 4 квартала). Определение 10000 - 12000 квот (48 квот на 7-12 представителей в каждом из 24 районов) представляет собой огромную работу. Структурная схема процесса производства полиграфической продукции и выделения квот представителям фирмы по регионам имеет следующий вид.

Описание решаемой задачи экспертом.

Поскольку на каждую квоту влияет ряд факторов, включая характеристики линий, сезонные тренды, прошлые показатели конкретного торгового представителя, расходы на рекламу, экономические условия на данной территории и многие другие, то эксперт предложил свои стратегии принятия решений для некоторых ситуаций. Приведем некоторые из них:

1. Если превышение объема продаж товара над квотой более чем на 15%, то базовое значение новой квоты необходимо брать в размере, равном старой квоте, плюс превышение продаж более чем на 115%.

2. Если отношение объема продаж над квотой невелико (менее 15%), то в качестве новой квоты целесообразно взять старое значение.
3. Для определения зависимости экономической перспективы района и объемов ресурсов на рекламу изделий от значений показателей экономического роста и безработицы можно использовать определенные правила. Они отражают связь экономической перспективы региона, для которого осуществляется разработка новых квот продаж, с влиянием экономического фактора на возможности торговых представителей по реализации продукции:
 - Если местная экономическая перспектива района оценивается как «хорошая», то значению экономического фактора присваивается значение ожидаемого показателя экономического роста.
 - Если местная экономическая перспектива оценивается как «посредственная», то значению экономического фактора присваивается значение, равное 1/3 от значения показателя экономического роста.
 - Если местная экономическая перспектива оценивается как «плохая», то значение экономического фактора определяется путем вычитания из его значения 8,5% значения показателя безработицы.

Материалы, полученные из других источников. Отчеты органов статистики. Отчеты фирмы по планированию, производству и реализации продукции и другие материалы.

Уточнение цели разработки

Директор рассматриваемой фирмы предполагает, что ЭС, которой планируется оснастить всех руководителей торговых отделений фирмы, должна моделировать опыт назначения квот, которым обладает эксперт Петров П.П. Следовательно, назначение квот всем торговым представителям и оценка результатов их работы будут выполняться на общих, непротиворечивых принципах. Таким образом,

основная цель для разработки ЭС – это определение новой квоты для каждого торгового представителя по каждому виду издательской продукции на каждый квартал.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ

3.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

ТЕМА:

Структурирование извлеченных знаний для заданной предметной области

ЦЕЛЬ:

Сформировать знания и практические умения, необходимые для структурирования извлеченных знаний для заданной предметной области.

ЗАДАЧИ:

1. Изучить постановки задач и исходные данные на лабораторную работу;
2. Определить входные параметры и выходной параметр (цель) задачи;
3. Разработать словарь терминов, понятий и объектов для ПрО;
4. Разработать пирамиду знаний для ПрО;
5. Разработать структуру диаграммы зависимости переменных;
6. Определить функциональные зависимости для диаграммы;
7. Создать общую модель решения задачи и представить в графическом виде;
8. Оформить и защитить работу у преподавателя.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Результаты извлечения знаний из ПрО - лабораторная работа «Постановка задачи и извлечение знаний».

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы в п.3.2.
2. Ответить на контрольные вопросы;
3. Решить задачи, перечисленные выше;
4. Оформить результаты выполнения лабораторной работы;
5. Защитить у преподавателя результаты выполнения лабораторной работы.

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

Отчет по лабораторной работе должен включать следующие результаты:

1. Постановка задач на лабораторную работу;
2. Описание результатов структурирования знаний из ПрО в виде следующих разделов:
 - Описание входных параметров и цели задачи;
 - Описание словаря терминов, понятий и объектов;
 - Описание связей между понятиями;
 - Описание пирамиды знаний (графическое представление);
 - Описание структуры диаграммы зависимости между параметрами;
 - Описание функциональных зависимостей;
3. Графическое представление модели решения задачи.

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Данная лабораторная работа является продолжением работы «Постановка задачи и извлечение знаний» и выполняются группой студентов в том же составе.
2. Форма представления результатов определяется разработчиками ЭС

3.2. СТРУКТУРИРОВАНИЕ ИЗВЛЕЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

Процесс структурирования будем рассматривать в соответствии с методикой, предложенной в разделе 2.3. Ниже представлены результаты применения этой методики.

Определение входных и выходных параметров задачи

На основе изучения источников знаний и обсуждения поставленной задачи с экспертом был определен перечень наиболее существенных входных параметров задачи и выходной параметр со следующим описанием.

Выходной параметр – У – размер квоты на реализацию *i*-й продукции в *j*-м районе.

- Входные параметры - X1 – размер квоты на последний год (QUOTA);
- X2 – объем продаж за последний год (SALES);
- X3 – показатель экономического роста в районе (GROWTH);
- X4 – уровень безработицы в районе (UNEMPLOY);
- X5 – затраты на местную рекламу (LOCALADS);
- X6 – количество населения в районе;
- X7 – уровень образования в районе.

Составление словаря терминов, понятий и объектов

Предварительный перечень терминов для решения поставленной задачи следующий:

- квота на реализацию продукции;
- уровень экономического развития района;
- уровень безработицы в районе;
- уровень затрат на местную рекламу продукции;
- индивидуальные особенности представителей, влияющие на уровень реализации продукции;
- план производства изделий *j*-го типа и другие термины.

Далее на основе терминов определяют понятия и объекты ПрО. Для каждого из перечисленных категорий приводится его определение. Форма представления словаря терминов, понятий и объектов рекомендуется табличная.

Определение связей между понятиями

Для построения структуры отношений между понятиями, объектами (параметрами задачи) можно использовать диаграммы зависимостей, которые позволяют в графическом виде представить иерархию зависимостей выходной переменной *У* (целевой переменной задачи) от совокупности входных переменных X_1, \dots, X_N , отображая при этом и все промежуточные зависимости. Пример диаграммы зависимостей приведен в приложении 2.

Определение пирамиды знаний

Связи, полученные на предыдущем шаге, используются для структурирования понятий: как выявление понятий более высокого уровня обобщения (мета-понятия), так и детализация на более низком уровне. Пирамида знаний - это иерархическая лестница понятий, подъем по которой означает углубление понимания ПрО и повышение уровня обобщенности понятий. Коли-

чество уровней в пирамиде зависит от особенностей ПрО. Построение пирамиды знаний может быть основано на естественной иерархии ПрО.

Определение модели решения задачи

Построение модели решения задачи заключается в построении модели преобразования входных переменных в выходные на основе уточнения преобразований M из диаграммы зависимостей. Эти преобразования представляются в виде выявленных цепочек рассуждений и связывают все сформированные ранее понятия и отношения в динамическую систему поля знаний. Именно стратегии придают активности знаниям, именно они «перетряхивают» модель M в поиске пути от X к Y . Пример определения МРЗ приведен в приложении 2.

3.3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Построение структуры диаграмм зависимостей

Рассмотрим процесс построения диаграммы зависимостей целевой переменной от входных переменных для задачи планирования квот на продукцию на основе знаний, которые извлечены из различных источников для разработки ЭС «Назначение квот».

Шаг 1. Зададим целевую переменную для поставленной задачи, т.е. обозначим то, что нам необходимо определить в процессе решения задачи назначения квот на продукцию. Целью для данной задачи является «новая квота на продажу продукции» и присвоим этой переменной имя NEWQ.

Шаг 2. Составим перечень показателей (входных переменных), которые необходимо учитывать при определении модели решения задачи, которая определяет значение целевой переменной NEWQ. Эти показатели должны быть введены пользователем и использованы ЭС для решения поставленной задачи. Перечень этих показателей представлен в табл.П.3.1.:

Таблица П.3.1.

Перечень входных параметров задачи

№ п/п	Назначение входного параметра	Обозначение параметра на диаграмме
1	Размер квоты на последний год	QUOTA
2	Объем продаж за последний год	SALES
3	Показатель экономического роста	GROWTH
4	Уровень безработицы	UNEMPLOY
5	Затраты на рекламу	LOCALADS

Приведенный перечень входных переменных получен в процессе обсуждения и анализа участниками разработки ЭС. Из ранее определенного списка переменные X_6 и X_7 (см. табл. П.3.1) исключены, так как по мнению участников разработки они являются не существенными переменными.

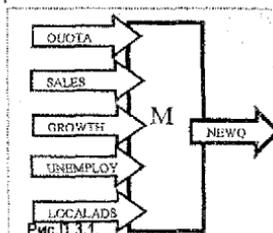
Шаг 3. Определим первоначальное описание решаемой задачи в виде схемы, которая изображена на рис.П.3.1. Она представляет собой общую постановку задачи «определение квот на продажу продукции». Эту схему можно представить в эквивалентной форме в виде следующего выражения:

$$NEWQ = M(QUOTA, SALES, GROWTH, UNEMPLOY, LOCALADS)$$

Это запись функции, в которой:

- NEWQ - результирующая целевая переменная;
- M - функция, определяющая в значение переменной NEWQ путем преобразование входных переменных, перечисленных в круглых скобках;
- QUOTA, SALES, GROWTH, UNEMPLOY, LOCALADS – список входных переменных, на основании которых определяется целевая переменная NEWQ.

Шаг 4. На данном и последующих шагах рассматривается процесс построения диаграммы зависимостей переменных в рамках поставленной задачи. В примере будем использовать



первый способ построения диаграммы - «сверху-вниз». Следует отметить, что результирующая диаграмма не зависит от способа ее построения.

Представим первый уровень промежуточных переменных, на основе которых определяется целевая переменная (см. рис.П.3.2). На этом рисунке этот уровень выделен жирными линиями. Выделение промежуточных переменных осуществляется на основе знаний эксперта. Приглашенный эксперт предполагает, что целевая переменная NEWQ зависит от трех промежуточных переменных BASE, EFACTOR и LAFACTOR. Это можно записать в виде выражения:

$$NEWQ = M11 (BASE, EFACTOR, LAFACTOR)$$

Данная запись устанавливает, что целевая переменная NEWQ определяется как функция M11 от переменных BASE, EFACTOR и LAFACTOR. Вид полученной функции M11 и других, которые будут определены на следующих уровнях, определяются после построения диаграммы зависимости (см. п.3.3).

Шаг 5. Определим промежуточные переменные первого уровня через переменные второго уровня. Предполагается, что промежуточная переменная BASE зависит от квот, выделенных в прошлом году торговым представителям фирмы от реальных объемов продаж, и ее можно определить в виде следующего выражения:

$$BASE = M21 (QUOTA, SALES)$$

Приведенные в выражении переменные являются входными, т.е. известными, поэтому для этой цепочки переменных построение диаграммы зависимости завершено. Графическое представление зависимости M21 приведено на рис.3.3.

Промежуточная переменная EFACTOR отражает влияние экономической ситуации в районе (ECONOMY) на назначение квот, и ее можно определить в виде следующего выражения:

$$EFACTOR = M22 (ECONOMY).$$

При определении переменной EFACTOR появилась новая промежуточная переменная ECONOMY, для которой процесс ее определения будет продолжен далее. Графическое представление зависимости M22 приведено на рис.3.3

Промежуточная переменная LAFACTOR зависит от экономического фактора (ECONOMY) и затрат на рекламу в каждом районе (LOCALADS). Эту переменную можно определить в виде следующего выражения:

$$LAFACTOR = M23 (ECONOMY, LOCALADS).$$

При определении переменной LAFACTOR появилась новая промежуточная переменная ECONOMY, для которой процесс ее определения рассмотрен далее. Переменная LOCALADS - входная переменная задачи. Графическое изображение зависимости M22 приведено на рис.П.3.3.

Таким образом, на диаграмме появилась новая неизвестная промежуточная переменная второго уровня ECONOMY, для которой необходимо продолжить построение диаграммы зависимости. Диаграмма зависимостей переменных первого и второго уровней изображена на рис.П.3.3.

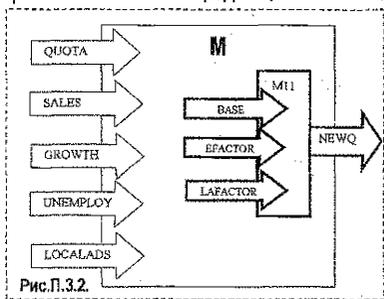


Рис.П.3.2.

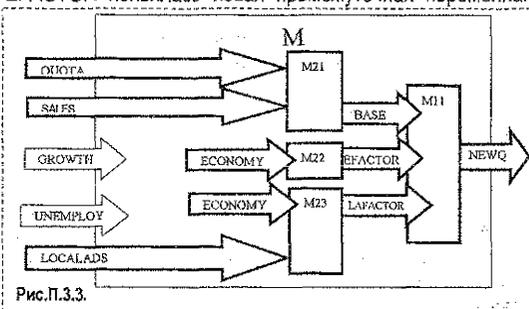
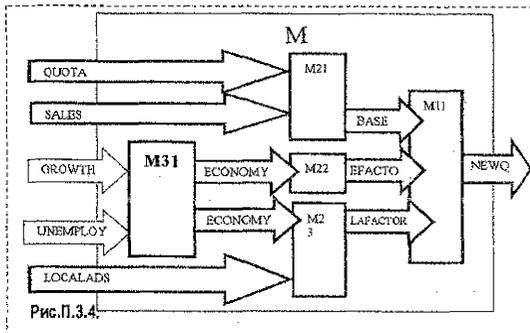


Рис.П.3.3.

Шаг 6. Определим переменную ECONOMY. Эта переменная должна, по мнению экспертов, зависеть от показателей экономического роста (GROWTH) и уровня безработицы (UNEMPLOY). Взаимосвязь между этими переменными определяется зависимостью M31:

$$\text{ECONOMY} = M31(\text{GROWTH}, \text{UNEMPLOY})$$

Приведенные в выражении переменные являются входными, т.е. известными, поэтому для этой цепочки переменных построение диаграммы зависимости также завершено. Графическое представление зависимости M31 приведено на рис.П.3.4. Таким образом, процесс построения диаграммы зависимости целевой переменной от входных переменных завершён (см. рис.П.3.4).



Определение функциональных зависимостей

При описании модели решения задачи, которая сформулирована экспертом, будем использовать запись отдельных функциональных зависимостей в текстовом виде.

Таким образом, функциональная зависимость M (стратегии принятия решений) в конечном варианте определяется через совокупность зависимостей M11, M21, M22, M23 и M31, в которые она преобразовалась. Результаты полученной декомпозиции представлены на диаграмме зависимостей, которая изображена на рис.П.3.4. Каждая из перечисленных зависимостей представляет собой часть общей зависимости M. В качестве примера рассмотрим описание нескольких функциональных зависимостей, которые определены выше.

Зависимость M21.

Первый вариант. Эта зависимость отражает зависимость промежуточной переменной BASE от переменных QUOTA и SALES. Она реализует знания эксперта о том, что при превышении объема продаж товара над квотой более чем на 15%, базовое значение новой квоты необходимо брать в размере, равном старой квоте, плюс превышение продаж более чем на 115%.

Второй вариант. Данная зависимость отражает мнение эксперта о том, что если отношение объема продаж над квотой невелико, то в качестве новой квоты целесообразно взять старое значение.

Зависимость M22.

Для определения зависимости переменных ECONOMY и EFACTOR от значений GROWTH и UNEMPLOY (показателей экономического роста и безработицы) рассмотрим три различных варианта связей, отражающие связь экономической перспективы региона (для которого осуществляется разработка новых квот продаж) с влиянием экономического фактора на возможности торговых представителей по реализации продукции.

Первый вариант. Если местная экономическая перспектива оценивается как хорошая, то экономический фактор принимается равным ожидаемому значению показателя экономического роста (переменная GROWTH).

Второй вариант. Если местная экономическая перспектива оценивается как посредственная, то экономический фактор принимается равным 1/3 от значения показателя экономического роста (переменная GROWTH).

Третий вариант. Если местная экономическая перспектива оценивается как плохая, то экономический фактор определяется путем вычитания из 8,5% значения показателя безработицы (UNEMPLOY).

Аналогичным образом определяются остальные функциональные зависимости для модели решения задачи, которую предписал эксперт.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ

4.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

ТЕМА: Формализация знаний

ЦЕЛЬ:

Формирование знаний и практических умений по формализации поля знаний с использованием возможностей продукционной модели представления знаний, реализованной в экспертной оболочке (ЭО) GURU.

ЗАДАЧИ:

1. Изучить постановки задач и исходные данные на лабораторную работу.
2. Преобразовать поле знаний о проблемной области в модель решения задачи с использованием продукционной модели представления знаний:
 - Уточнить входные, выходные и промежуточные параметры задачи.
 - Построить иерархию правил, моделирующих процесс решения задачи.
3. Разработать набор проверок для тестирования правильности решения задачи.
4. Оформить и защитить работу у преподавателя.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Результаты структурирования извлеченных знаний о ПрО.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы (п.2.).
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Решить задачи, перечисленные выше.
4. Оформить результаты выполнения лабораторной работы.
5. Защитить у преподавателя результаты выполнения лабораторной работы.

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

Отчет по данной лабораторной работе включает следующие результаты:

1. Описание параметров задачи: цели, выходных и промежуточных.
2. Текстовое описание правил.
3. Описание иерархии правил в виде графа правил.
4. Описание эталонов для организации тестирования правильности решения задачи.

4.2. ПРИМЕР ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ

Особенности применения приведенной методики формализации знаний рассмотрим на примере создания прототипа ЭС «Назначение квот».

Уточнение целевой переменной задачи

В качестве целевой переменной для ЭС будем использовать ранее определенную переменную NEWQ, которая определяет размер новой квоты на продукцию в планируемом периоде.

Уточнение входных переменных задачи

Первоначальный перечень и назначение входных переменных совпадает с результатами этапа структурирования знаний и представлен в табл.2.1.

Уточнение промежуточных переменных

В качестве списка промежуточных переменных применим тот перечень, который был первоначально определен и использован в рамках структурирования знаний (см.табл.П.4.1).

Таблица П.4.1.

Перечень входных параметров МРЗ

№ п/п	Назначение входного параметра	Обозначение параметра на диаграмме	Примечание
1	Размер квоты за последний год	QUOTA	
2	Объем продаж за последний год	SALES	
3	Показатель экономического роста	GROWTH	
4	Уровень безработицы	UNEMPLOY	
5	Затраты на рекламу	LOCALADS	

Построение иерархии производственных правил

В рамках данного действия реализуются функциональные зависимости M_{ij} (на которые была декомпозирована модель решения задачи $Y=M(X_1, \dots, X_n)$), в формализованные знания в виде совокупности правил вида:

ЕСЛИ $A_1 * A_2 ** \dots A_n$ ТО B_1 ,

где A_1, \dots, A_n – входные переменные (факты);

B_1 – целевая переменная (действие, цель);

* – логическая операция (И, ИЛИ, НЕ).

Таблица П.4.2.

Перечень промежуточных параметров МРЗ

№ п/п	Значение промежуточного параметра	Обозначение параметра на диаграмме	Примечание
1	Рассчитываемый базовый размер квот	BASE	
2	Рассчитываемый экономический фактор, влияющий на размер квот	EFACTOR	
3	Рассчитываемый фактор затрат на рекламу, влияющий на размер квот	LAFACTOR	
4	Экспертная оценка экономического состояния региона	ECONOMY	

Таким образом, формализация заключается в преобразовании описания функциональных зависимостей M_{ij} в правила приведенного выше вида.

Каждая функциональная зависимость M_{ij} определяется в виде одного или нескольких правил.

Построение правил рассмотрим для функциональных зависимостей M_{11} , M_{21} , M_{22} , M_{23} и M_{31} . Для упрощения процесса написания правил и их проверки можно использовать результирующую диаграмму зависимости переменных, представленную на рис.4.2.

Схема построения отдельного правила следующая:

- 1. Определение условия правила**, которое формулируется на основе описания функциональной зависимости M_{ij} . Условие представляется в виде логического выражения над входными параметрами A_1, \dots, A_n зависимости M_{ij} .
- 2. Определение действия правила B_1** . Это может быть вычисление выходного параметра данной функциональной зависимости или присвоения этому параметру конкретного значения.
- 3. Определение порядка выбора** правил при работе производственной системы (приоритет).
- 4. Написание текста правила** в соответствии с заданной структурой.

На рис.П.4.1. представлены как обозначения функциональных зависимостей задачи, так и входные и выходные параметры. Данный рисунок дает цельное представление о структуре задачи и о взаимосвязях между отдельными функциональными зависимостями. Например, функциональная зависимость M_{21} отражает зависимость промежуточной переменной **BASE** от переменных **QUOTA** и **SALES**. Она представляет знание эксперта о том, что при превышении объема продаж товара над квотой более чем на 15% базовое значение новой квоты необходимо брать в размере, равном старой квоте, плюс превышение продаж более чем на 115%. Описание данной функциональной зависимости можно представить в виде следующих правил:

Зависимость M_{21} .

Правило 1.

ЕСЛИ $SALES > 1.15 * QUOTA$ ТО $BASE = QUOTA + SALES - 1.15 * QUOTA$

Для той же зависимости запишем правило, отражающее мнение эксперта о том, что если отношение объема продаж над квотой невелико, то в качестве новой квоты целесообразно взять старое значение. Это можно выразить с помощью следующего правила:

Правило 2.

ЕСЛИ $SALES \leq 1.15 * QUOTA$ ТО $BASE = QUOTA$

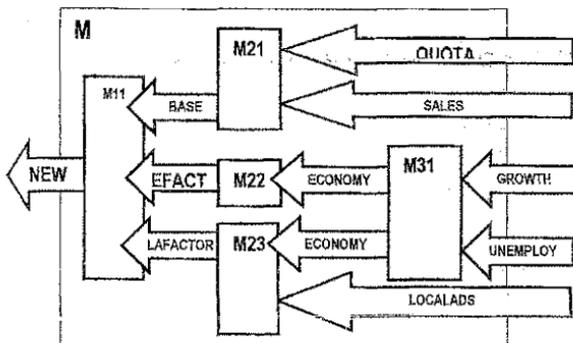


Рис.П.4.1. Пример модели решения задачи

Зависимость M22.

Для зависимости переменных **ECONOMY** и **EFACTOR** от значений **GROWTH** и **UNEMPLOY** (показателей экономического роста и безработицы) напишем три различных правила, отражающие связь экономической перспективы региона, для которого осуществляется разработка новых квот продаж, с влиянием экономического фактора на возможности торговых представителей по реализации продукции. Если местная экономическая перспектива оценивается как хорошая, то экономический фактор принимается равным ожидаемому показателю экономического роста (переменная **GROWTH**)

Правило 3.

ЕСЛИ ECONOMY = «хорошее» ТО EFACTOR = GROWTH

Если местная экономическая перспектива оценивается как посредственная, то экономический фактор берется равным 1/3 от показателя экономического роста (переменная **GROWTH**)

Правило 4.

ЕСЛИ ECONOMY = «посредственное» ТО EFACTOR = GROWTH/3

Если местная экономическая перспектива оценивается как плохая, то экономический фактор определяется путем вычитания из 8,5% значения показателя безработицы (**UNEMPLOY**)

Правило 5.

ЕСЛИ ECONOMY = «плохое» ТО EFACTOR = 0.085 - UNEMPLOY

Аналогичным образом формируются остальные правила для модели решения задачи.

В случае необходимости могут быть добавлены новые промежуточные параметры и соответственно уточнена таблица П.4.2 и разработаны новые правила.

Проверка правильности и точности вывода знаний

Данное действие предназначено для организации проверки правильности и точности решения задачи. Для этой цели можно использовать схему, представленную на рис.2.3.



Рис.П.4.2. Схема организации единичной проверки решения задачи.

Проверка правильности решения задачи

Данное действие соответствует процедуре тестирования программного обеспечения, а именно: тестированию отдельных модулей (тестирование структуры и функций), т.е. МРЗ можно представить как отдельный программный модуль. В рамках данной работы будем рассматривать тестирование только структуры МРЗ.

Тестирование структуры МРЗ. Для разработки процедуры проверки структуры МРЗ необходимо:

1. Представить структуру МРЗ в виде графа;
2. Определить критерий для проверки структуры (альфа1, 2, 3 или 4 из [8]). Например, выбран критерий альфа1. В соответствии с этим критерием необходимо выполнить проверку для каждой ветви графа хотя бы один раз;
3. Разработать маршруты проверок в соответствии с выбранным критерием. Каждый отдельный маршрут представляет собой отдельную проверку МРЗ;
4. Для каждого отдельного маршрута разрабатывается свой эталон. Под эталоном будем понимать фиксированный набор значений входных параметров (X_1, \dots, X_n) задачи, которые подбираются таким образом, чтобы решение задачи шло по заданному маршруту. А также вручную рассчитывается значение выходного параметра Y (результат решения задачи). Эталон используется для сравнения результатов решения задачи на ЭС с эталонным значением.

Каждая отдельная проверка МРЗ выполняется по схеме, изображенной на рис.П.4.3.

Данный набор эталонов используется для проверки правильности решения задач на этапе реализации ЭС.

Пример эталона.

Эталон №1. QUOTA = 0.75, SALES=45, GROWTH=0.8,
UNEMPLOY=0.1, LOCALADS=28, NEWQ= 1.15

Проверка точности решения задачи. Для проверки точности решения задачи необходимо результаты решения задачи экспертом сравнить с результатами, полученными при ручном расчете с использованием разработанной МРЗ.

Документирование результатов формализации знаний

Результаты формализации знаний представляются в виде совокупности следующих описаний:

1. Описание переменных (целевой, выходных и промежуточных) приведено в таблицах П.4.1 и П.4.2;
2. Описание правил (текстовое представление) МРЗ. Фрагмент описания правил:
П3: ЕСЛИ ECONOMY = «хорошее» ТО EFACTOR = GROWTH
П4: ЕСЛИ ECONOMY = «посредственное» ТО EFACTOR = GROWTH/3
3. Описание модели решения задачи в виде графа правил. Граф представляется в виде вершин – это обозначение правил (номера правил), а дуги – переменные (входные, промежуточные, целевая), которые определяют условия и действия правил.
4. Описание совокупности эталонов для организации тестирования модели решения задачи на ЭС. Например:

Эталон №1. QUOTA = 0.75, SALES=45, GROWTH=0.8,
UNEMPLOY=0.1, LOCALADS=28, NEWQ= 1.15

Эталон №2. QUOTA = 0.70, SALES=40, GROWTH=0.9,
UNEMPLOY=0.15, LOCALADS=20, NEWQ= 1.1

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Хвещук Владимир Иванович
Муравьев Геннадий Леонидович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине
**«ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ»**

Часть 1. Проектирование экспертных систем
для студентов специальности «Искусственный интеллект»

Ответственный за выпуск: **Хвещук В.И.**
Редактор: **Строкач Т.В.**
Компьютерная верстка: **Кармаш Е.Л.**
Корректор: **Никитчик Е.В.**

Подписано в печать 18.12.2008 г. Формат 60x84^{1/4}. Бумага «Снегурочка». Усл.п.л. 3,02.
Усл.изд.л. 3,25. Тираж 50 экз. Заказ № 1223. Отпечатано на ризографе УО «Брестский
государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267