

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

к.т.н. Т.Н. Новожилова
(представил д.т.н., проф. Г.Г. Асеев)

В данной работе излагаются идеи разработки интегрированного логического вывода в среде приобретения знаний на основе оболочки ИНТЕР-ЭКСПЕРТ и пакета SPSS9.0. для анализа динамики финансово - экономического состояния предприятия в приростной форме. Среда ИНТЕР-ЭКСПЕРТ ориентирована на те области документоведения, где допускается наличие различных суждений и различных выводов.

Основной недостаток технологии экспертных систем (ЭС), как продолжение преимущества, - проблематичность формулировки правил и связанные с этим проблемы приобретения знаний.

По мнению Криса Нейлора, все критические замечания оппонентов технологии ЭС так или иначе сводятся к двум главным недостаткам, присущим этой технологии: во - первых, лично вы не понимаете, как они работают, а во - вторых, лично у вас их нет. В этом смысле предлагаемая автором среда приобретения знаний позволяет анализировать как свои, так и чужие экспертные знания и возможности как своего, так и чужого логического вывода на уровне структуры в собственной интеллектуальной базе данных. Чтобы упростить этот анализ, предлагается не проводить разделения информации на базу данных и базу знаний, как это принято в оболочке ИНТЕР - ЭКСПЕРТ.

За каждой схемой логического вывода тянется шлейф её неосуществимых возможностей. Система вывода оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ не дает ответа на вопрос, какой будет результирующая программа при увеличении множества примеров. В случае, когда заданы несколько примеров, естественно рассматривать выводы о структуре управления на основе анализа структурных связей между примерами (управление от данных). Поэтому дедуктивные схемы логического вывода оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ [1] в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ дополняются индуктивными схемами рассуждения и методом программируемых доказательств. Таким образом, для решения одного и того же класса задач интегрированный логический вывод интеллектуальной базы данных (ИБД) позволяет использовать несколько методов вывода одновременно.

Для логического исследования возможностей получения знаний от того или иного эксперта в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ предлагается строить модель эксперта. Но поскольку в идеале ИБД должна обладать полной совокупностью знаний, необходимо иметь хотя бы несколько моделей эксперта, демонстрирующих различные логики вывода решений.

Разрабатывая структуру ИБД, допускающую несколько схем логического вывода при решении одного и того же класса задач, полезно иметь хотя бы приблизительную “рабочую структуру” логики эксперта. Дальнейшие исследования внесут в нее поправки, а при необходимости будет изменена и сама система координат. Тем более, что современная психология в плане структуры личности дает нам слишком мало, а структуры, предложенные классиками психоанализа, ориентированы на чересчур простую “гидравлическую” модель (это устаревший, давно пройденный наукой уровень понимания биологической энергии).

Несмотря на большое различие точек зрения, все психологические теории сходятся в следующем: в психике отдельные ощущения, восприятия, образы, представления сами по себе уже сформированы как своеобразные структуры, потому - то они все чем - нибудь отличаются друг от друга. Из этого соображения возникла идея отразить особенности восприятия информации экспертом на размытых оппозиционных шкалах интеллектуальной базы данных и осуществлять регулирование модели эксперта за счет установления отношений между шкалами (включая добавление новых шкал) путём ввода метауровня системы управления ИБД (рис. 1).



Рис. 1. Классификация шкал интеллектуальной базы данных

Современные процессоры допускают эффективную параллельную обработку, а объём памяти не ограничивает наличие различных моделей эксперта. Таким образом, эксперту ИБД предоставляет возможность формирования своего видения предметной области, выделения в ней объектов и взаимосвязей, существенных с его точки зрения при логическом выводе решения. Когнитолог осуществляет подбор формальной логической модели эксперта, чтобы:

- интеллектуальный интерфейс среды приспособить к уровню эксперта, а не наоборот;
- анализировать структуру экспертного знания и возможность приведения её к нормальным формам;
- исследовать экспертное знание на полноту и непротиворечивость;
- выявлять причинно - следственные связи в экспертном знании;
- корректировать модель логического вывода эксперта.

Среда ИНТЕР - ЭКСПЕРТ как теория обработки интенциональных отношений задаётся следующими элементами:

$$RT_x = \left\langle \sum_x^b, \sum_x^p, \Delta_x, A_x^c, A_x^o, A_x^t, A_x^r \right\rangle,$$

где \sum_x^b - задаёт множество имён интенциональных отношений, служащих для данной модели обработки документов базовыми;

\sum_x^p - множество имён производных интенциональных отношений;

Δ_x - совокупность правил, по которым из базовых отношений образуются производные в виде выражений (в теории формальных систем им соответствуют синтаксические правила);

A_x^c - множество аксиом, отражающих свойства симметричности базовых отношений;

A_x^o - множество аксиом, отражающих свойства единичности базовых отношений;

A_x^t - множество аксиом для выражений, включенных в данную модель обработки информации, но в результате упрощения (путем алгебраических преобразований) не сводимых ни к базовым, ни к производным выражениям;

A_x^r - множество аксиом, отражающих свойства рефлексивности базовых отношений (поскольку у рефлексивности нет алгебраического способа выражения, то A_x^r задаётся путем перечисления имён отношений).

Пусть имеется открытое множество экспериментальных фактов (элементарных высказываний) и множество аксиом данной предметной

области. Первое множество условно называется базой данных с неполной информацией (экстенциональные отношения, БДНИ), а второе – базой знаний (интенциональные отношения).

Под БДНИ понимается база данных, где существуют высказывания, которым невозможно приписать логические значения "истина" или "ложь". Для таких высказываний вводятся истинные значения "эмпирическая противоречивость" и "неопределённость".

Предполагается, что в простых случаях неполноту экстенциональных отношений можно устранить с помощью высказываний, имеющихся в интенциональных отношениях. Однако в более общем случае необходимо расширение (пополнение) интенциональных отношений путём обработки имеющихся экспериментальных фактов, полученных в экспертных исследованиях. Данная задача решается с помощью специально разработанных правил правдоподобного вывода, которые формулируются так, что для каждого вывода решения одновременно строится не количественная оценка его качества – степень правдоподобия. В качестве модели экстенциональных отношений используется обобщённая реляционная модель (ЭБД), в которой отношения определены лишь частично.

Схему функционирования решателя можно представить следующим образом. Первоначально с помощью правил правдоподобного вывода достраиваются экстенциональные отношения. Далее построенная ЭБД корректируется путём проверки на непротиворечивость с заданными фрагментами ИБЗ₁. При этом предполагается, что в составе ИБЗ₁ содержатся как аксиомы, определяющие структуры данных (ИБЗ_{1с}), так и аксиомы, описывающие декларативные знания о данной предметной области (ИБЗ_{1д}). И наконец, путём дополнения индуктивными обобщениями об эмпирических зависимостях и закономерностях достраивается часть базы знаний – ИБЗ_{2д}. – построение модели эксперта.

Полученное на данном шаге расширение ЭБД, а также пополнение базы знаний используется на последующих шагах правдоподобного вывода наряду с первоначально заданными экспериментальными фактами и экспертными знаниями.

Пусть $\{S_i\}$ - множество базовых сортов и D_i – домен базового сорта $S_i \in \{S\}$. Элементы домена базового сорта, которые имеют простую внутреннюю структуру, не учитываемую когнитологом при интерпретации, назовем базовыми элементами. Уровень базовых элементов некоторого множества считается нулевым. Уровень сорта, домен которого состоит из базовых элементов, определяется первым. Базовый сорт первого уровня обозначается через S_i^1 , домен сорта - D_i^1 . Сорт n – го уровня определяется рекурсивно через сорт $(n-1)$ - го уровня. Пусть (a_1, a_2, \dots, a_n) - элементы домена D_i^{n-1} сорта $(n-1)$ - го уровня S_i^{n-1} и для

всякого j , b_j есть подмножество множества элементов домена D_i^{n-1} . Тогда множество b_1, \dots, b_m составляет домен D_i^n сорта n -го уровня S_i^n .

Таким образом, использование многоуровневой логики предполагает расширение множества базовых сортов $\{S\}$ до множества $\{S'\} = \{S\} \cup \{S'\}$, где $\{S'\}$ – множество сортов, домены которых содержат множества подмножества n -х уровней, выделенных из соответствующих базовых сортов по определенным признакам.

Многоуровневую логику можно рассматривать как расширение многосортной логики за счет введения метода структурирования типов экспертного знания (модели эксперта). Многоуровневые сорта переменных используются в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ для отражения структурных зависимостей между понятиями экспертного знания: часть-целое, элемент-множество, класс-подкласс.

Так, отношение элемент - множество между объектами A и B записывается как $(X/B^1)EQ(A, X)$; отношение класс - подкласс между понятиями B и C – $(X/B^2)EQ(C, X)$, где EQ – предикат равенства. Домены сортов переменных могут не фиксироваться когнитологом заранее, а выделяться в процессе логического вывода. В этом случае структурирование экспертного знания сокращает пространство поиска при выделении доменов n -го уровня.

Каждое выделенное подмножество рассматривается как элемент описания. В то же время подмножество n -го уровня описания может быть областью определения элементов $(n-1)$ -го уровня, то есть использование многоуровневых сортов позволяет оперировать такими единицами описания, как подмножество, список, структура.

Смешанная аргументация среды ИНТЕР - ЭКСПЕРТ допускает динамическое изменение направления процесса аргументации эксперта в интерактивных сценариях с обратной аргументацией. При этом возможна обработка правил с прямой аргументацией и спецификация автоматической прямой аргументации для любой из переменных в наборе анализируемых правил. Прямая аргументация возникает сразу же, как только значение переменной становится известным с достаточной точностью средствами обратной аргументации.

Обычно в совокупности с прямым (от посылок) или обратным (от цели) методом рассуждения в логическом программировании применяется резолюция. Основной недостаток прямого метода рассуждения состоит в его ненаправленности: повторное применение метода обычно приводит к резкому росту промежуточных заключений, не связанных с целевым заключением.

Обратный метод является направленным: из желаемого заключения B и тех же посылок он выводит новое подцелевое заключение A . Каж-

дый шаг вывода в этом случае всегда связан с первоначально поставленной целью. Для использования правила резолюции необходимо, чтобы доказательство того, что данная посылка A влечёт желаемое (целевое) заключение C , было переформулировано в утверждение, что A несовместимо с $\neg C$. Например, чтобы доказать утверждение P из посылок $Q, Q \rightarrow P$, обратное рассуждение с помощью правила резолюции выводит $\neg Q$ (из $\neg P$ и $Q \rightarrow P$), а затем выводит пустой дизъюнкт (опровержение) из $\neg Q$ и Q .

Существенный недостаток принципа резолюции заключается в формировании на каждом шаге вывода множества резольвент – новых дизъюнктов, большинство из которых оказываются лишними.

Индексный файл оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ дает возможность “выхватывать” записи из таблицы на основании индексного ключа. Индекс строится в форме $B+$ дерева и обеспечивает быстрый прямой доступ к любой индивидуальной записи. В таблице может быть много различных объединенных индексных файлов и индексных ключей.

Группировка и индексирование совместно используемых правил обеспечивает построение дерева знаний. Когнитолог выводит диаграмму зависимости для исходной версии указанного набора правил (графическое отображение зависимости, существующей среди переменных). Диаграмма облегчает разработку набора правил, показывая какие конкретно правила делают значение одной переменной зависимым от значений других переменных.

Построение дерева может начинаться с указанной переменной, что необязательно. В противном случае, диаграмма по умолчанию начинается с цели, указанной для этого набора правил. В случае отсутствия цели по умолчанию, диаграмма зависимости выводится для каждой потенциально неизвестной переменной, значение которой может быть изменено заключением правила, но не используется в посылке какого-либо правила.

Процесс анализа логического вывода когнитологом опишем следующим образом. Пусть правила вывода решения экспертом индуцируют бесконечное множество правил на деревьях $t_0(x) \Rightarrow t_1(x), \dots, t_n(x)$, полу-

чаемых при помощи древесных означиваний $X = \left\{ \bigcap_{i=1}^m X_i = S_i \right\}$, то есть

происходит так называемая унификация и правило приводится к некоторому частному виду $r_0 \Rightarrow r_1, \dots, r_n$, который может трактоваться как правило переписывания.

Утверждения являются деревьями, которые могут быть стерты за один или несколько шагов с помощью правил переписывания. Будем трактовать процесс нахождения ответа для системы логического вывода

как процесс поиска всех древесных означиваний некоторого термина на множестве утверждений в коммутативной продукционной системе.

Пусть $A = \{A_i\}_{i=1}$ множество атрибутов, включенных в базу данных;

$Z(B)$ - схема базы данных, то есть $Z(B) = \bigcup_{i=1}^N F_i$, где F_i - отношение базы

данных. Тогда:

$F_i :: \langle \text{имя отношения} \rangle \langle \text{список атрибутов} \rangle$;

$\langle \text{список атрибутов} \rangle :: \langle \text{атрибут} \rangle! \langle \text{атрибут} \rangle, \langle \text{список атрибутов} \rangle$.

Будем считать, что F_i - имя i -го отношения. Тогда:

схема отношения $F_i :: \langle \text{список атрибутов } F_i \rangle$.

В качестве языка запросов для базы данных возьмём реляционное исчисление на переменных кортежах, то есть запрос для базы данных записывается как правильно построенная формула в реляционном исчислении. Исходя из начальной цели: термина, выражающего некий предикат первого порядка и системы утверждений (хорновских дизъюнктов), входящих в базу данных, при поиске древесного решения, когнитолог получает некоторую подцель вида

$$\{t, S, P = \gamma(S), P = \psi(P), S, P \langle \text{векторы - константы} \rangle | \xi(t, S, P)\},$$

где среди несвязанных переменных будут находиться только переменные, обозначающие атрибуты базы данных. Тогда вышесказанное равносильно заданию запроса для реляционного исчисления с переменными кортежами с некоторым предикатом $((t, S, P)\Psi) | \xi$, то есть когнитолог может найти значения унифицированных переменных, используя СУБД, удовлетворяющие условиям связывания, и перевести результат в символичный вид. Таким образом, когнитолог получает решение только для означиваний, сводимых к схеме базы данных, но это не все возможные означивания, так как может существовать унификация базы данных.

Поиском решения в режиме жесткой индексации, как это принято в системе управления базой знаний, когнитолог может найти оставшиеся древесные решения. Основную роль в получении запроса для базы данных играет $Z(B)$ и схема F_i , то есть, предикат $\xi(t)$ содержит переменные вида $F.A$ где F - имя отношения, A - имя атрибута. Сопоставление должно происходить в СУБД путем задания атрибутов вместо переменных в и распознавании образа F_i в $Z(B)$. Поэтому для обеспечения когнитологу скорости поиска и его однозначности возникает задача представления базы данных, как минимум, в 3-й нормальной форме или в форме Бойса - Кодда.

Таким образом, любой механизм вывода можно свести к $B+$ дереву зависимости переменных, поддерживаемому оболочкой ИНТЕР - ЭКСПЕРТ.

Чтобы выводы в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ имели детерминистский характер, на данные наложены определённые ограничения. Эти ограничения приводят к тому, что основным при построении правдоподобного вывода является нахождение существенного в структуре объектов, то есть причин явлений, а не *частность* возникновения тех или иных свойств используемого явления. К этим ограничениям относятся следующие:

1) исходные данные должны обладать некоторой структурой;
 2) множество аксиом, характеризующих логику эксперта, должно быть неполно [2];

3) база фактов должна иметь скрытые экспериментальные зависимости, характеризующиеся так называемой квазисимметрией, как положительной, так и отрицательной. Это означает, что в массиве фактов существуют эмпирические корреляции событий, причём существуют как причины наличия корреляций (положительные причины), так и причины отсутствия корреляций (отрицательные причины), которые выявляются на этапе приобретения знаний [2].

Состав операций обобщенной реляционной модели данных расширен и модифицирован по сравнению с операциями реляционной алгебры. Модификация операций отражается в форме записи аргументов в виде логического выражения, что позволяет унифицированно задавать условия выполнения операций.

Состояние базы данных с неполной информацией задаётся матрицами $M_1^{(n)}$ и $M_2^{(n)}$ частично определённых отношений $\Rightarrow_1 *$ и $\Rightarrow_2 *$, которым соответствуют предикаты \Rightarrow_1 и \Rightarrow_2 , имеющие интерпретации "обладать множеством свойств" и "быть причиной наличия (отсутствия) множества свойств", соответственно. Тогда выражение $X^{(1)} \Rightarrow_1 Y^{(2)}$ читается как "объект $X^{(1)}$ обладает множеством свойств $Y^{(2)}$ ", а выражение $X^{(1)} \Rightarrow_2 Y^{(2)}$ - "объект $X^{(1)}$ есть причина наличия (отсутствия) множеств свойств $Y^{(2)}$ ".

Для матрицы $M_1^{(n)}$ общим членом является $\overline{v_{ij}} = \langle v_{ij}, n \rangle, v_{ij} \in \{1, 0, -1\}$ и $v_{ij} = (\tau, n)$. Для матрицы $M_2^{(n)}$ общим членом является $\overline{\mu_{ij}} = \langle \mu_{ij}, n \rangle, \mu_{ij} \in \{1, 0, -1\}$ и $\mu_{ij} = (\tau, n)$, где n - номер шага (число применённых правил правдоподобного вывода); $1, 0, -1, \tau$ - истинностные значения. Величины v_{ij} и μ_{ij} полагаются равными $1, 0, -1, \tau$ в соответствии с истинностью, ложностью, эмпирической противоречивостью высказываний $C_i \Rightarrow_h A_j, h=1, 2$, где C_i, A_j - имена некоторой строки и столбца матрицы соответственно.

Процесс пополнения ИБД является итеративным и осуществляется через заполнение матриц $M_i^{(n)}$, $i = 1, 2$. К начальной матрице $M_1^{(n)}$ применяется множество правил правдоподобного вывода первого рода, результатом чего является означивание атомарных высказываний $C_i^1 \Rightarrow_2 A_i^1$, для которых оценка $\overline{\mu_{ij}} = (\tau, 0)$, то есть для которых существует оценка "эмпирическая противоречивость". Тем самым получается состояние матрицы M_2^1 . Затем к матрице M_2^1 применяется множество правил правдоподобного вывода второго рода для доопределения значений $\overline{v_{ij}} = (\tau, n)$.

Таким образом, с помощью матрицы $M_1^{(n)}$ и правил правдоподобного вывода первого рода конструируется матрица $M_2^{(n+1)}$, а с помощью матрицы $M_2^{(n+1)}$ и правил правдоподобного вывода второго рода конструируется матрица $M_1^{(n+2)}$, то есть истинностные значения и порождаются процедурно с помощью специальных правил правдоподобного вывода первого и второго рода.

Одним из требований к данным является обязательность присутствия в данных в скрытой форме причин, как наличия экспериментальных зависимостей, так и их отсутствия. В соответствии с этим множество методов поиска экспериментальных зависимостей делится на два класса M^+ и M^- . Методы M^+ предназначены для поиска причин наличия свойств $Y^{(2)}$ у объектов и поиска объектов $X^{(1)}$, обладающих свойствами $Y^{(2)}$. Методы M^- предназначены для поиска причин отсутствия свойств $Y^{(2)}$ у объектов и поиска объектов $X^{(1)}$, не обладающих свойствами $Y^{(2)}$.

Правила правдоподобного вывода первого рода, доопределяющие отношение \Rightarrow_2 , предназначены для поиска и извлечения экспериментальных зависимостей, заложенных в ЭБД. Правила правдоподобного вывода второго рода, доопределяющие отношение \Rightarrow_1 , предназначены для переноса обнаруженных экспериментальных зависимостей на случаи недоопределённости и основаны на формализации некоторых форм аналогий.

Так как в рассматриваемом методе существует набор различных правил правдоподобного вывода, то конкретная процедура установления связи $X^{(1)} \Rightarrow_h Y^{(2)}$, $h = 1, 2$ или её опровержения зависят от последова-

тельности использования этих правил правдоподобного вывода. Каждая такая последовательность образует некоторую стратегию вывода.

Данный логический вывод апробируется на классах задач анализа финансовой деятельности предприятия. На основе оболочки ИНТЕР-ЭКСПЕРТ и средствами пакета Answer Tree 2.0. разработана схема интеллектуальной базы данных для анализа динамики финансово - экономического состояния предприятия в приростной форме. Образование 72 динамических ситуаций ИБД достигается путём сочетания 12 типов комбинаций ведущих показателей со свободно варьирующим приростом заёмного капитала. Несмотря на то, что в бухгалтерскую и статистическую отчётность уже внесены существенные изменения, в целом она не соответствует потребностям управления предприятия в рыночных условиях.

Информация, хранящаяся в ИБД, структурируется не за счет табличных форм бухгалтерской отчетности и документов, а посредством отношений между фактами экспертного знания. Когнитолог может идти в следующих направлениях:

- дальнейшая дифференциация позиций и увеличение числа возможных вариантов финансово-экономического состояния на определённую дату;
- создание методики анализа в приростной форме;
- сочетание статистического и динамического анализа;
- использования шкал ИБД для экспертных оценок финансово-экономического состояния предприятия.

Комбинацию в ИБД приростных значений индикатора устойчивости (ΔB) с приростными значениями показателей собственного капитала (ΔKS) и нефинансовых активов (ΔAN) можно свести в таблицу (табл.1).

Таблица 1

Сочетания показателей

№	ΔKS	ΔAN	ΔB
1	+	+	+
2	+	-	+
3	-	-	+
4	0	-	+
5	+	0	+
6	+	+	-
7	-	+	-
8	-	-	-
9	0	+	-
10	-	0	-
11	+	+	0
12	-	-	0

Таким образом, возникает три массива ситуаций: массив положительных ситуаций – 1-5 строки таблицы; массив негативных ситуаций – 6-10 строки; массив нейтральных ситуаций – 11-12 строки. В первом и втором массиве насчитывается по 31 различной приростной ситуации, а в третьем – 10. Каждое из 12 сочетаний показателей, приведённых в табл. 1, вместе с вариантами других показателей, образует блок ситуаций (рис. 2).

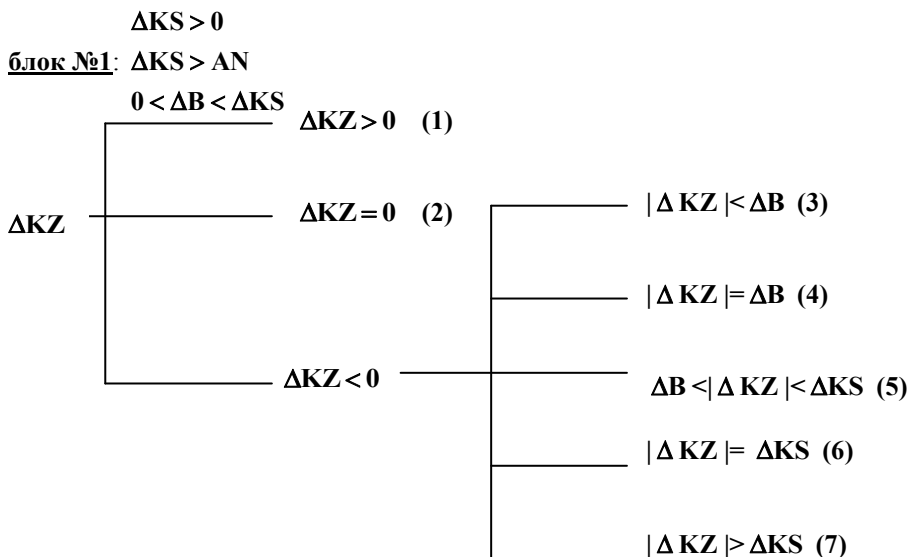


Рис. 2. Дерево решений для блока 1

Таким образом, из шести показателей, которые характеризуют каждую конкретную ситуацию в приростном анализе финансово - экономической устойчивости, три ведущих показателя - ΔKS , ΔAN , ΔB - заданы в той или иной комбинации изначально и связаны между собой формулой $\Delta B = \Delta KS - \Delta AN$. Остальные три показателя, характеризующие ситуации, могут варьироваться аналогично ведущим показателям (>0 , <0 , $=0$).

Если в качестве свободно варьирующего показателя выбрать прирост заёмного капитала (поскольку это самый подвижный элемент и его размеры логично задать следом за приростом собственного капитала, чтобы знать общий размер прироста имущества), то процедуру включения прироста заёмного капитала в систему показателей, можно проанализировать построением в ИБД дерева вариантов. Общий вид дерева схематически изображён на рис.2.

При одной и той же совокупности факторов, однозначно определяющей структуру финансовой деятельности предприятия, логика рассуждения разных экспертов может быть крайне не похожа, а, следовательно, и конечные решения различны. Следовательно, различны экспертные оценки текущего состояния и различны предлагаемые цели и способы перехода из одного состояния в другое.

Главным образом, на этих посылах и зародилась идея о возможности моделирования различных рассуждений в рамках одних и тех же задач. При этом варьируются как различные механизмы вывода, обусловленные психологическими различиями мышления, восприятия информации, так и возможности переформулирования задачи (изменение целей, уточнение информации, в том числе и запрос новой информации, в которой возникает потребность).

При помощи перечня стандартных ситуаций и экспертных знаний о возможных способах перехода из одной ситуации в другую ИБД может сделать основные выводы, построить и проверить возможные гипотезы, как улучшения, так и ухудшения финансово-экономического состояния предприятия. Анализ можно производить на уровне оперативного управления финансовой деятельностью предприятия, прогнозируя возможные последствия принятого решения, а также на уровне контроля финансовой деятельности предприятия за отчётный период.

Интерес к логическому выводу в бухгалтерской и статистической отчётности предприятий объясняется быстрым моральным старением программных изделий, документов, и как следствие, необходимостью постоянного развития баз данных. Сегодня налоговыми службами принимаются первые попытки автоматизировать бухгалтерскую и статистическую отчётность предприятий.

Таким образом, исследование возможностей получения из обычной документной системы эффективной системы знаний особенно актуально.

Любую модель представления знаний можно свести к форме суждений, а любой механизм вывода можно свести к прямой, обратной и смешанной аргументации (что и поддерживается логическим выводом оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ). Другое дело, на сколько эффективно обрабатываются те или иные суждения.

Продукционная оболочка ИНТЕР - ЭКСПЕРТ во многом выигрывает из-за простоты использования однородных способов представления баз знаний. Но по мере увеличения баз знаний, возрастает расплата эффективностью за использование декларативных и однородных способов представления.

На этапе прототипирования для представления знаний в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ используется процедурный язык представления знаний оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ, но при этом тип данных определяется как приращение алгебры с определёнными ограничениями.

В обобщенном отношении ИБД когнитологом выделяются две основные части: скалярная и векторная. *Скалярная* часть соответствует имени отношения в смысле реляционной модели данных, хотя ее содержание не исчерпывается этим. *Векторная* часть соответствует нормализованному отношению в смысле обобщенной реляционной модели данных (без имени).

Таким образом, описание объектов в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ сводится к определению экземпляров фреймов, прототипы которых задаются в виде некоторых структур данных, построенных на основе **встроенных типов данных**, где основными символьными структурами являются векторы атрибутов и объекты со связанными с ними парами атрибут-значение.

Правила правдоподобного вывода в левой части содержат совокупность условных элементов, а в правой – последовательность действий. При этом правила можно обрабатывать как векторы, так и элементы атрибут-значение. Условные элементы левой части являются образцами, отождествление которых осуществляется через поиск подходящих элементов в рабочей памяти.

Правая часть правил, задающая последовательность действий, каждое из которых является списком вида (имя – действия, аргумент,..., аргумент), реализуется при обращении к ЛИСП - функции, встроенной в интерпретатор оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ. В среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ *схема интерпретатора на этапе прототипирования не меняется.*

Для повышения эффективности работы системы управления (СУИБД), предлагается единая **методология интеграции** средств реорганизации ИБД имеющая свои прототипы в СУБД и СУБЗ.

При представлении знаний учитывалось, что оценка когнитологом знаний экспертов производится с разных уровней обобщения, поэтому были выделены несколько уровней метазнаний. Соответствующий инструментарий оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ и SPSS 9.0 предлагается расширить **средствами извлечения экспертного знания.**

Формализации качественных оценок в знаниях экспертов способствуют методы шкалирования ИБД. При этом система в виде ситуаций может сформировать множество ожиданий о характере информации, которая будет введена экспертом.

Ограничение ситуационного представления (отсутствие вычислительного аппарата) устраняется путем ввода метауровня, на котором дуги ситуационной модели экспертного знания могут быть переменными [3]. Управление процессами на метауровне дает возможность организации динамической оценки приобретаемых знаний, что обеспечивается интерактивными сценариями.

Интерактивный сценарий опроса эксперта рассматривается как опосредованная (производная) композиция, получаемая в логике синтеза, поддерживаемой в среде ИНТЕР - ЭКСПЕРТ.

Число продукций для поддержки собственно механизмов вывода ИБД относительно мало, однако именно эта часть правил и определяет действенность систем знаний, и именно эта часть правил не может быть эффективно описана языком представления знаний оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ. Поэтому в аппарат многоосновных алгебр оболочки ИНТЕР - ЭКСПЕРТ предлагается ввести понятие *приращение алгебры*, и тип данных определить как приращение алгебры.

Создаваемая среда ИНТЕР - ЭКСПЕРТ будет характеризоваться с позиций искусственного интеллекта как система резолюционного типа с процедурными присоединениями на уровне знаний, дополненная эвристической процедурной моделью на уровне метазнаний. Система управления метазнаниями является некоммутативной, разложимой системой продукций. Данный симбиоз позволяет представить немонотонность рассуждений и отношения псевдофизической логики при нечетком (правдоподобном) логическом выводе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспертные системы (ИНТЕР - ЭКСПЕРТ, версия 2). Руководство пользователя. Часть 3. – НПО “ЦЕНТРПРОГРАММСИСТЕМ”. – Калинин, 1992. – 156 с.

2. Campbell D.T., Stanley J. C. Experimental and Quasi - Experimental Designs for Research. – Chicago, Rand McNally, 12th ed., by the American Educational Research Association, 1976.

3. Новожилова Т.Н. Применение экспертных систем в оперативном управлении: Дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: ХГАЖТ, 1996. – 200 с.
