

Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, Р. И. Низамутдинова

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ДЕЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Данная статья рассматривает применение систем поддержки принятия решений в оперативном управлении предприятием. Здесь представлен подход к организации интеллектуальной поддержки принятия решений на основе формализации опыта управляющих производственными процессами с применением онтологической базы знаний. *Поддержка принятия решений; онтология; деловой процесс; проблемная ситуация; оперативное управление*

### ВВЕДЕНИЕ

Процесс принятия решений в оперативном управлении предприятием является достаточно сложным и неоднозначным. Сложность выбора решения и прогнозирования его последствий усугубляется тем, что этот процесс практически всегда осуществляется в условиях действия факторов неопределенности и риска, характерных для рыночной экономики. Основной задачей управления предприятием является обеспечение ритмичности выпуска качественной продукции, решение которой в условиях неопределенности изменений рынка сырья и сбыта, неопределенности поведения поставщиков и подрядчиков, изменения стоимости ресурсов весьма затруднено [1].

Развитие современных информационных технологий предоставляет возможность автоматизации процедур, характерных для процесса принятия решения. Применение систем поддержки принятия решений увеличивает скорость формирования решений, повышает их качество за счет математического обоснования выбора альтернатив и использования формализованных экспертных знаний, а также позволяет значительно снизить риск принятия ошибочных решений вследствие снижения влияния человеческого фактора на результат. В данной статье представляется подход к организации интеллектуальной поддержки принятия решений на основе формализации опыта управляющих производственными процессами с применением онтологической базы знаний [2].

### 1. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИИ ЗАДАЧ, МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ

В процессе проектирования системы поддержки принятия решений была разработана онтология задач, моделей и методов, позволяющая осуществлять поиск информации, формирование критериев оценки решений, рекомендаций по выбору математической модели для оптимизации решений и рекомендаций по выбору альтернатив решений [3].

Онтология – это структурная спецификация некоторой предметной области, ее формализованное представление, которое включает словарь указателей на термины предметной области и логические выражения, которые описывают, как они соотносятся друг с другом [4]. Таким образом, онтологии обеспечивают словарь для представления и обмена знаниями о некоторой предметной области и множество связей, установленных между терминами в этом словаре. Для описания онтологий существуют различные языки и системы, однако наиболее перспективным представляется визуальный подход, позволяющий специалистам непосредственно «рисовать» онтологии, что помогает наглядно сформулировать и объяснить природу и структуру явлений.

Общие онтологии используются для представления понятий, общих для большого числа областей. Такие онтологии содержат базовый набор терминов, глоссарий или тезаурус, используемый для описания терминов предметных областей. Онтология задач, моделей и методов включает множество понятий из области оперативного управления деловым процессом на предприятии, а также множество понятий из области управления знаниями и оптимизации принятия решений [3]. Таким образом, перед разработчиком ставится серьезная задача установления отображения между классами понятий

Контактная информация: +79174092556

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-08-00743-а «Управление процессами функционирования сложных динамических, территориально распределенных систем на основе алгоритмов обработки знаний в условиях неопределенности и риска возникновения критических ситуаций»

из различных областей знаний. На начальном этапе разработки онтологии были разработаны иерархии понятий (тезаурус), выявлены основные понятия из перечисленных проблемных областей, необходимых для поддержки принятия решений, связанные отношениями обобщения. На следующем этапе онтологического анализа установленные отображения между классами понятий, относящихся к представлению знаний об управлении деловым процессом и включающие отношения ассоциации и парадигматические каузальные отношения и отношения сходства, фиксируются в форме аксиом в онтологии задач, моделей и методов принятия решений.

Онтология задает единое информационное пространство, в котором интегрируются различные модели представления знаний в области оперативного управления предприятием, представленные в форме правил управления в проблемных ситуациях (ПС) и прецедентов принятия решений в конкретных проблемных ситуациях.

Для интеллектуальной поддержки принятия решений на основе прецедентов проблемных ситуаций используются три типа правил: правила распознавания класса прецедентов  $R^{Rec}$ , к которому следует отнести текущую проблемную ситуацию; правила пополнения запроса  $R^C$ , которые выводят дополнительные признаки из известных признаков, содержащихся в запросе пользователя, в соответствии с распознанным классом проблемной ситуации; правила адаптации  $R^A$ , которые описывают, как решение, извлеченное из найденного ближайшего прецедента, может быть адаптировано к новому запросу.

Онтологический подход к организации интеллектуальной поддержки принятия решений повышает полноту и актуальность формализованных знаний экспертов. Эти преимущества достигаются за счет структуризации знаний, их категоризации и классификации. Онтологическая модель представления знаний позволяет интегрировать абстрактные знания в рассматриваемой предметной области, выраженные в математической форме, и эмпирические знания экспертов, сформулированные с использованием объектных моделей прецедентов принятия решений.

## 2. ЦИКЛ CBR С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИИ

В современных исследованиях в области искусственного интеллекта значительное место занимает вывод, основанный на прецедентах (Case Based Reasoning, CBR). CBR – это техно-

логия для решения проблем, основанная на опыте. Вывод, основанный на прецедентах, составляет альтернативу экспертным системам, основанным на правилах. Вместо логического контроля событий или объектов для оценки текущей ситуации используется информация о том, как в подобных случаях поступали раньше, т. е. производится анализ прецедентов. Прецедент – это описание проблемы или ситуации в совокупности с подробным указанием действий, предпринимаемых в данной ситуации для решения данной проблемы [5].

Для поддержки принятия решений в проблемных ситуациях разработана схема цикла вывода решений в проблемных ситуациях на основе прецедентов, показанная на рисунке. Вывод, основанный на прецедентах, особенно эффективен, когда основным источником знаний о задаче является опыт, а не теория, решения не уникальны для конкретной ситуации и могут быть использованы в других случаях, целью является не гарантированное верное решение, а лучшее из возможных.

Управление предприятием можно рассматривать как совокупность нескольких совместно выполняемых деловых процессов. В данной работе в качестве основного процесса рассматривается процесс реализации жилья и два вспомогательных, весьма значимых для функционирования производства процесса, а именно процесс проведения подрядных работ и процесс материально-технического обеспечения. При составлении онтологии для этих процессов нужно учитывать, что каждому из них присуща неточность представления знаний персонала на естественном языке, неоднозначность и неопределенность терминов, неточность оценок исходной информации, ошибки персонала, обусловленные недостаточной опытностью, неуверенностью в своих действиях, невнимательностью или иными психофизиологическими факторами, а также неопределенность, неточность и противоречия, содержащиеся в документах, регламентирующих деловые процессы. Разработка онтологии позволяет в значительной степени уменьшить неопределенность, так как способствует однозначному и точному пониманию терминологии всеми участниками процесса.

Модуль базы знаний, содержащий прецеденты (Case), разработан по результатам кластерного анализа прецедентов в соответствии с множеством кластеров, соответствующих применению типовых математических схем к решению задач управления в проблемной ситуации.

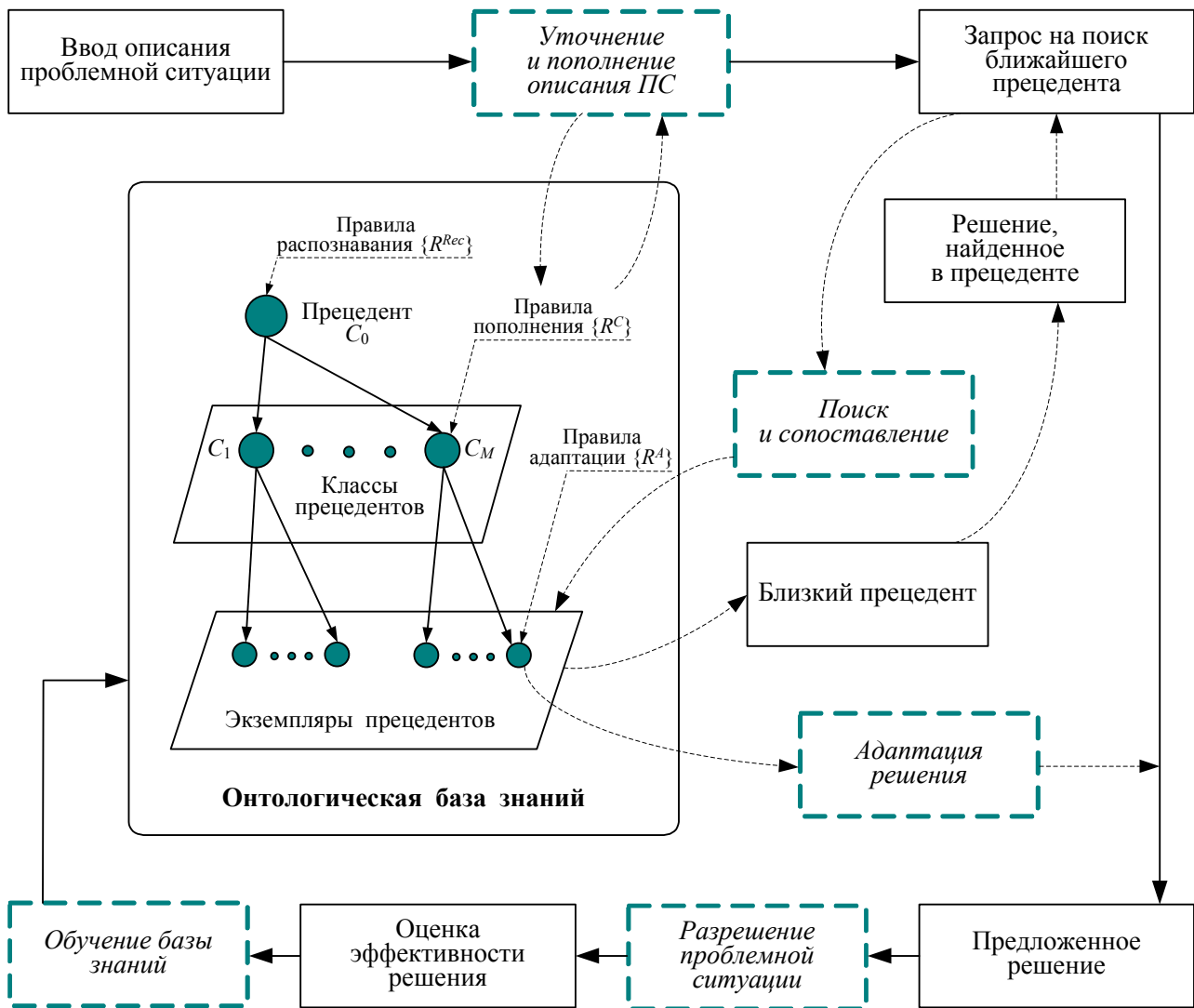


Рис. Схема цикла вывода решений, основанных на прецедентах

Кластерный анализ прецедентов необходим для организации эффективного поиска в базе знаний. С каждым кластером ассоциированы информационные структуры, описывающие знание о конкретной подобласти – правила распознавания ПС и прецеденты, наследующие свойства своего класса.

Множество прецедентов классифицировано в соответствии с результатами интеллектуального анализа данных на категории экземпляров классов (примеров классов) проблемных ситуаций. Категории определяются таким образом, чтобы каждой из них соответствовал определенный пример решений в классе «Решение».

Процесс поиска ближайшего прецедента позволяет выполнять стандартные процедуры поиска прецедентов как экземпляров классов критических ситуаций в онтологии, так и поиск

ближайших прецедентов принятия решений по аналогии, что дает возможность сопоставить текущую ПС с прецедентами в базе знаний и выбрать наиболее подходящий из них.

Далее решение из ближайшего прецедента адаптируется по специальным правилам к реальной проблемной ситуации. В случае если ближайший прецедент не найден, описание проблемной ситуации запоминается как нераспознанный прецедент, лицо, принимающее решение (ЛПР), находит решение самостоятельно или с помощью экспертов, и интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИСППР) предлагает сохранить описание задачи принятия решений как новый прецедент.

Задача принятия решений  $d^{PS}$  на основе множества решений, содержащихся в найден-

ных  $k$  ближайших прецедентах, представима короткем следующего вида:

$$d^{PS} = \langle D^{\text{Case}}, F, \text{Sim}^X, M, R^A \rangle, \quad (1)$$

с учетом  $\xi = \{\xi_1, \dots, \xi_S\}$ , где  $D^{\text{Case}}$  – множество альтернатив решений, содержащихся в найденных  $k$  ближайших прецедентах;

$F$  – множество критериев оценки альтернатив решений;

$\text{Sim}^X$  – множество значений сходства между признаками проблемной ситуации и соответствующими признаками прецедентов;

$M$  – множество методов, позволяющих получить отображение множества альтернатив в множество векторных оценок эффективности решений в соответствии с множеством критериев  $F$ ;

$R^A$  – множество решающих правил адаптации, устанавливающих отношения между значениями сходства, полученными в результате сопоставления признаков проблемной ситуации и признаков прецедентов и действиями, корректирующими атрибуты классов решений;

$\xi$  – множество  $S$  типов вариантов среды решения задачи (детерминированная, вероятностная, нечеткая и др.).

Полный алгоритм действий для получения рекомендаций в ИСППР включает три этапа: преобразование онтологической базы знаний в отдельные базы правил и прецедентов, загрузка баз правил и прецедентов в соответствующие модули ИСППР и получение рекомендаций на основе заданных исходных данных.

Первый этап предполагает получение на основе онтологической базы знаний в формате  $N3$  базы правил (формат Prolog) и базы прецедентов (формат XML). Подобное разделение онтологической базы знаний на базы правил и прецедентов позволяет ускорить поиск прецедентов и дает возможность осуществлять вывод на правилах на основе механизма вывода Prolog. Для проведения данного преобразования в ИСППР существует специальный модуль конвертирования и подготовки информации к поиску решений. На данном этапе от пользователя требуется только произвести выбор необходимого файла  $N3$ , сама операция преобразования проходит автоматически.

Второй этап – индексирование баз правил и прецедентов с целью повышения скорости обработки запроса и их размещение в оперативном запоминающем устройстве. Данная операция выполняется автоматически соответствующими модулями ИСППР (модулем поиска решений на правилах и модулем поиска решений на прецедентах).

Третий этап заключается в предоставлении пользователем исходной информации для поиска решения, дополнительной информации в процессе поиска и оценка результатов поиска.

Перед началом поиска и в процессе поиска ИСППР запрашивает у пользователя необходимые параметры, включенные в условную часть правил и описания прецедентов, и требуемые (текущие) значения этих параметров. Сначала производится поиск решений на основе правил принятия решений в проблемных ситуациях. На основе предоставленной информации ИСППР производит поиск правил, в которые входят либо все переменные с определенными пользователем значениями, либо их часть. Если ИСППР находит несколько правил, удовлетворяющих условию, то пользователю предоставляется возможность ввести дополнительные параметры поиска. По завершении операции поиска пользователю будет предоставлена рекомендация по разрешению проблемной ситуации и возможность сообщить об ошибочном, на его взгляд, результате вывода, в случае несоответствия. Если ИСППР не находит решения в базе правил или пользователь посчитает рекомендацию ИСППР, предоставленную на основе правил, ошибочной, то автоматически запускается модуль поиска решений на прецедентах. На основе первоначально введенных пользователем значений параметров в запросе, ИСППР производит поиск ближайших прецедентов, аналогичных данной ситуации, и извлекает содержащееся в прецеденте решение. В случае необходимости ИСППР применяет правила пополнения запроса. Для адаптации решения к текущей ситуации используются правила адаптации. По завершении операции поиска ближайшего прецедента пользователю будет предоставлена рекомендация по разрешению проблемной ситуации и возможность дать оценку соответствия рекомендации решению ЛПР.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая методология построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений позволяет с различных точек зрения описать рассматриваемую сложную систему, включающую модель представления знаний в форме семантической сети с большим количеством объектов и отношений между ними, сокращая при этом время, требуемое на ее разработку, повышая качество формализации предметной области и точность предоставляемых решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы стратегического управления, модели и методы их решения / Е. Б. Старцева [и др.] // Компьютерные науки и информационные технологии (CSIT'2007): Сб. тр. 9-й междунар. конф. 2007. Т. 2. С. 101–105.

2. **Вагин В. Н., Поспелов Д. А.** Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 712 с.

3. **Черняховская Л. Р., Федорова Н. И.** Поддержка принятия решений при оперативном управлении сложными динамическими системами на основе онтологии задач, моделей и методов // Компьютерные науки и информационные технологии» (CSIT'2008): Сб. тр. 10-й междунар. конф. 2008. Т. 2. Анталия, Турция. С. 82–86.

4. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учеб. пособие / Б. В. Добров [и др.]. М.: Интернет-университет инф. техн.; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 173 с.

5. **Джексон П.** Введение в экспертные системы: Учеб. пособие. М.: Вильямс, 2001. 624 с.

### ОБ АВТОРАХ

**Черняховская Лилия Рашитовна**, проф. каф. техн. кибернетики. Дипл. инж. электр. техники (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по сист. анализу, упр-ю и обр. информ. (УГАТУ, 2004). Иссл. в обл. сист. анализа, интеллект. инф. систем, систем искусств. интеллекта.

**Федорова Наталья Ивановна**, доц. каф. автоматизации проектирования инф. систем. Дипл. инж.-системотехн. по автоматизир. системам упр-я (УГАТУ, 1996). Канд. техн. наук по сист. анализу, упр-ю и обр. информ. (УГАТУ, 2004). Иссл. в обл. сист. анализа, интеллект. инф. систем, систем поддержки принятия решений.

**Низамутдинова Роксана Ильдаровна**, асп. каф. техн. кибернетики Дипл. инж. по прикл. информатике в экономике (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. сист. анализа, интеллект. инф. систем.