

7. Емельянов В. В., Майорова В. И., Разумцова Ю. В. Принятие оптимальных решений в интеллектуальных имитационных системах. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 60 с.

*Игорь Николаевич ГЛУХИХ —
проректор по информационным технологиям,
доктор технических наук, профессор*

УДК 007:681.3.06

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ И ВЫВОД РЕШЕНИЙ В СИТУАЦИОННЫХ БАЗАХ ЗНАНИЙ

АННОТАЦИЯ. Даны определения основных понятий ситуационного подхода в применении к разработке корпоративных проблемно-ориентированных баз знаний. Рассмотрен способ формирования ситуационных баз знаний на основе знаний экспертов.

Definitions of the basic concepts of the situational approach in application to development of the corporate problem-focused knowledge bases are given. The way of formation of situational knowledge bases on the basis of knowledge of experts is considered.

Ситуационный подход к управлению сложными объектами сформировался в 70-80-х гг. XX в. в научных работах отечественных ученых, в частности, школы академика Д. А. Поспелова (см. например, [1-6]). В настоящее время в связи с актуальностью задач управления корпоративными знаниями ситуационные модели интеллектуальных систем приобрели практическую важность и для решения задач, связанных с разработкой проблемно-ориентированных корпоративных баз знаний (ПО КБЗ). При этом, если современные коммерческие системы управления знаниями по существу реализуют функцию накопления документов и документооборота, системы управления знаниями на основе ситуационных моделей могут аккумулировать в себе знания, предназначенные для решения конкретных практических проблем, преодоления сложных ситуаций, накопления и использования опыта решения производственных задач.

Такие корпоративные базы знаний, в которых знания представлены в привязке к некоторым ситуациям (имевшим место, предполагаемым или же гипотетическим), далее будем называть ситуационными базами знаний (СБЗ).

Автоматизированные советующие системы (системы поддержки принятия решений), построенные на основе ситуационной модели, анализируют сложившуюся на данный момент ситуацию в системе управления и путем сравнения ее с известными (типовыми) ситуациями выбирают ту из них, которая наиболее близка к текущей ситуации. Далее выдается рекомендация по аналогии: если в выбранной известной ситуации рационально применять такие-то действия, то их же можно рекомендовать и для наблюдаемой текущей ситуации. Эти действия в общем случае называются решениями для данных ситуаций.

Таким образом, СБЗ может быть представлена множеством пар < ситуация — Sit, решение — R>, где ситуации представляются в виде некоторых формализованных описаний, позволяющих их структурировать и сравнить между собой с помощью правил для оценки сходства. Процедурная составляющая СБЗ — алгоритм вывода — включает такие основные этапы:

— идентификация текущей ситуации с формированием формализованного описания ситуации $Sit_{тек}$;

- поиск в базе знаний ситуации Sit^* , наиболее сходной по некоторому критерию с текущей;
- выбор того решения R^* , которое стоит в паре с Sit^* ;
- выдача пользователю рекомендуемого решения R^* или некоторого подмножества выбранных решений.

Далее будем использовать следующие достаточно общие толкования. *Под ситуацией будем понимать некоторое характерное состояние системы и/или внешней по отношению к ней среды, которое может быть описано набором параметров — атрибутов ситуации и которое представляет интерес для достижения некоторых целей управления в этой системе.* В качестве решения R в общем случае могут выступать: экспертные рекомендации по действиям в данной ситуации; известные из практического опыта планы, действия, мероприятия и т. п., выполнявшиеся в описываемой ситуации; нормативно-техническая и другая документация, имеющая значение в данной ситуации; наборы данных в табличном, текстовом или графическом виде, которые могут представлять интерес для пользователя в данной ситуации; модели и алгоритмы вычислений, рекомендуемые для применения в данной ситуации и др.

Формально определим ситуацию Sit через задание упорядоченного множества ее атрибутов:

$$Sit = \{A_i \mid i \in M\}, \quad (1)$$

где A_i — i -й атрибут ситуации:

$$A_i = \langle ID_i, D_i \rangle,$$

ID — идентификатор (имя) атрибута;

$D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, \dots, d_{iq}, \dots\}$ — множество значений (подмножеств значений) атрибута;

M — множество индексов атрибутов, мощность множества соответствует числу атрибутов ситуации.

Понятие атрибута здесь является достаточно общим, но для задач вывода в ситуационной модели целесообразно использовать единообразное представление доменов значений разных атрибутов путем нумерации подмножеств d_{iq} [7]. Положим также, что, если любой из атрибутов A_i принимает два значения x, y , то можно сделать вывод по крайней мере о равенстве или неравенстве величин x, y :

$$\begin{aligned} x \in d_{iq}, y \in d_{iq} &\Rightarrow x = y, \\ x \in d_{iq}, y \in d_{iq} &\Rightarrow x \neq y. \end{aligned}$$

Более строгие условия вида «больше», «меньше» и т. п. в общем случае не вводятся.

В качестве пояснения понятия «атрибут ситуации» в [8] приведен примерный перечень атрибутов ситуаций, рассматриваемых при планировании и/или анализе геолого-технологических мероприятий в нефтяной компании. Так, для мероприятий, связанных с проведением гидроразрыва пласта (ГРП), к числу основных характеристик, в зависимости от которых будут выбираться различные параметры ГРП, относятся такие, как: интервал воздействия; пластовое давление; расстояние от водонасыщенных интервалов и др. Присутствие подобных параметров-атрибутов в описании ситуации, связанной с конкретным ГРП, позволяет определить, насколько приведенные в описании ситуации условия соответствуют тем условиям, которые интересуют пользователя КБЗ.

Среди формальных ситуаций можно выделить три основных типа: *обобщенная, конкретная и конкретизированная ситуации* [8].

Обобщенная ситуация в общем виде задается тем набором атрибутов (признаков ситуации), которые представляют интерес для идентификации множества конкретных ситуаций данного класса. Так, приведенный выше перечень атрибу-

тов для ситуации, связанной с ГРП, может служить примером атрибутов обобщенной ситуации.

Конкретная ситуация характеризует вполне определенные условия, сложившиеся в системе управления, т. е. в k -й конкретной ситуации Sit^k каждый атрибут представлен парой «идентификатор — значение атрибута»:

$$\begin{aligned} Sit^k &= \{A_i\}, \\ A_i &= \langle ID_i, d_{iq} \rangle, i \in I, \end{aligned} \quad (2)$$

где I — множество индексов атрибутов, значения которых однозначно определены.

Конкретизированная (уточненная) ситуация Sit^U представляет собой промежуточный вариант между конкретной и обобщенной:

$$\begin{aligned} Sit^U &= \{A_i, A_j | A_i \neq A_j\}, \\ A_i &= \langle ID_i, d_{iq} \rangle, i \in I \\ A_j &= \langle ID_p, D_p \rangle, p \in P \end{aligned} \quad (3)$$

где P — множество индексов атрибутов, значения которых не определены.

Здесь пока не говорится об обобщении этих определений на случай, когда значения атрибутов задаются, но при этом являются неточными, недостоверными, «размытыми». При этом естественным образом приходим к понятию нечеткой ситуации, которое можно определить так, чтобы оно включало в себя предыдущие типы ситуаций как частные случаи нечеткой ситуации (подобно тому, как обычное множество может рассматриваться как частный случай множества нечеткого).

Введение понятия уточненной ситуации имеет большое практическое значение. Дело в том, что на практике не всегда имеется возможность идентифицировать все атрибуты ситуации. Иногда в имеющихся данных нет подобной информации, иногда информация об этих атрибутах представляется для специалиста недостаточно важной. Важным является то, что даже при неизвестных значениях части атрибутов пользователь должен иметь возможность получить сведения в КБЗ. Именно для этого и вводится понятие конкретизированной ситуации.

Определим также понятие *пользовательской ситуации*, т.е. той ситуации (конкретной или конкретизированной), которая представляет интерес для пользователя. В [2] такая ситуация называется текущей. Здесь понятие «пользовательская ситуация» применяется, чтобы показать тот факт, что пользователя ПО КБЗ может интересовать не только текущая ситуация, сложившаяся в системе управления, но любая другая, возможно, абстрактная ситуация (например, при проведении анализа «что-если», обучении действиям в ситуациях, анализе встречавшихся ситуаций и т. п.).

При построении СБЗ можно выделить два основных подхода. При первом подходе, который условно назовем «экспертным», база знаний составляется из описаний типовых, наиболее значимых по мнению эксперта ситуаций и решений, связанных с ними. В данном подходе эксперт играет ключевую роль как источник знаний о ситуациях и решениях для этих ситуаций (такая функция отводится экспертам в инженерии знаний и практике построения экспертных систем). Сама база знаний может содержать как реальные ситуации, происходящие в системе, так и ситуации, которые в практике управления данной системой не появляются или появляются крайне редко.

При втором подходе, который можно назвать «прецедентным», в базе знаний фиксируются ситуации-примеры или, иначе говоря, прецеденты, и решения-примеры. И те, и другие являются, прежде всего, результатом практической деятельности в данной системе, результатом наблюдений или целенаправленного сбора сведений о том, какие решения (действия) были предприняты в системе при возникновении той или иной ситуации.

Далее в статье будет рассмотрен «экспертный» подход.

При построении СБЗ информационная модель предметной области строится на основе отношения $\rho =$ «супертип-подтип» на множестве ситуаций. В целях упорядочения работы эксперта, получения более строгой структуры базы знаний и, соответственно, возможностей алгоритмизации вывода в [9] сформулирован ряд правил — ограничений. В частности, полагается, что решение ситуации-супертипа справедливо для всех ситуаций, которые являются его подтипами. Это замечание является важным для организации такой базы знаний, которая бы содержала решения (хотя бы достаточно общие) для всех ситуаций данного класса.

Дерево ситуаций G_{Sit} (рис. 1) строится как граф отношения ρ на множестве возможных ситуаций:

$$G_{\text{Sit}} (\{S_{jk}\}, V), \quad (4)$$

где $\{S_{jk}\}$ — множество вершин, причем $S_{jk} \Leftrightarrow \text{Sit}_{jk}$;

$j = 1, 2, \dots, L$ — индекс уровня в иерархии ситуаций, L — число уровней;

$k = 1, 2, \dots, L_j$ — индекс номера ситуации на данном уровне, L_j — число ситуаций на j -м уровне.

V — множество дуг такое, что $v(S_{jk}, S_{j+1k}) \in V$, если выполняется отношение $\rho(\text{Sit}_{jk}, \text{Sit}_{j+1k})$; $v(S_{j+1k}, S_{jk}) \in V$; $v(S_{jk}, S_{js}) \in V$.

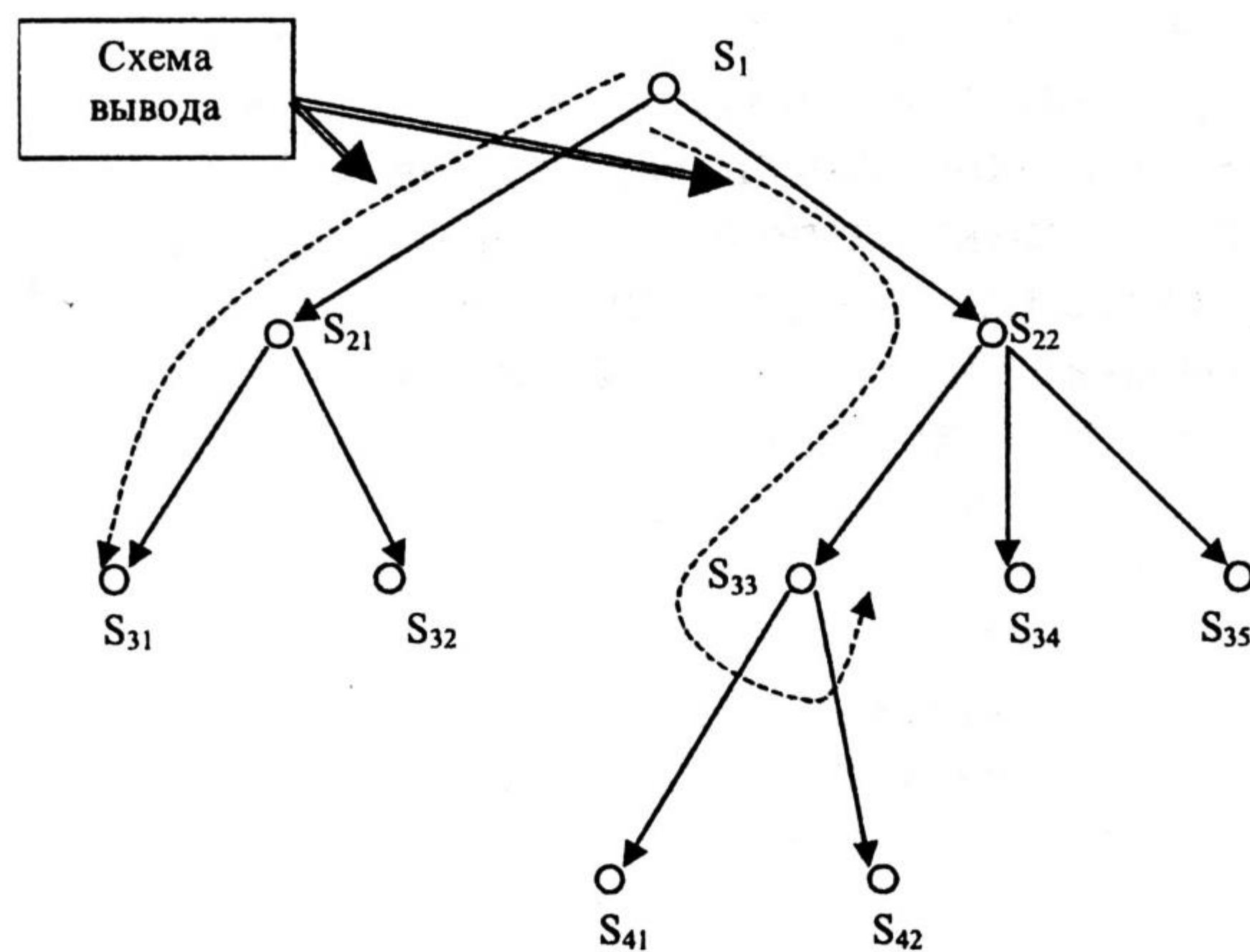


Рис. 1. Дерево ситуаций

В общем случае в дереве ситуаций могут быть представлены обобщенные, конкретизированные или конкретные ситуации того или иного типа. При этом на одном уровне могут существовать две или более ситуации, которые описываются одним набором атрибутов, т.е. эти две или более ситуаций будут фактически одной обобщенной ситуацией. Во избежание путаницы и для повышения практической значимости дерева ситуаций каждому из узла сопоставляются некоторые условия — ограничения на значения атрибутов, которым должны удовлетворять ситуации данного типа. Обобщенную или конкретизированную ситуацию, в условия задания которой кроме (1), (3) соответственно включены ограничения на значения неопределенных атрибутов, будем называть *типовой ситуацией* (типовой обобщенной или типовой конкретизированной).

Таким образом, дерево ситуаций является представлением множества типовых ситуаций, связанных отношением ρ . Учитывая это, при определении дерева ситуаций (4) можно переписать в виде:

$$G_{\text{Sit}} (\{S_{jk}\}, V, \{D_{jk}\}), \{S_{jk}\} \Leftrightarrow \{D_{jk}\}, \quad (5)$$

где $D_{jk} = \{D_{jki} \mid i = 1, \dots, M\}$ и D_{jki} — область значений i -го атрибута ситуации, допустимых для данного, (j, k) -го узла.

Каждая (j, k) -я типовая ситуация дерева (5) описывается набором атрибутов и условиями, ограничивающими области допустимых значений этих атрибутов в данному узле:

$$\text{Sit}_{jk} = \{A_{jki} \mid A_{jki} \in D_{jki}\},$$

причем полагаем, что существуют решающие правила, позволяющие в каждом узле дерева сделать вывод о том, условия-ограничения какого из узлов следующего уровня выполняются. Посредством выяснения этого (в результате диалога или автоматического опроса баз данных, измерителей, датчиков и т. п.) организуется последовательное движение от корневой вершины к вершине низшего уровня.

Общая схема вывода решения (рис. 1) на дереве ситуаций будет состоять в последовательном построении пути PL от $s_1 \in S_1$ к $s_L \in S_L$ при движении по дугам дерева (здесь S_1, S_L — подмножества вершин первого и самого нижнего уровня соответственно). В каждом узле, начиная с самого верхнего, должны быть заданы вопросы относительно значений атрибутов, которые добавляются в описание ситуаций на следующем уровне. Решающее правило для перехода от S_{jk} к S_{j+1k} можно записать следующим образом:

$$\text{если } \left(\bigvee_{i=1,2,\dots,M} A_{j+1ki} \in D_{j+1ki} \right), \text{ то } v(S_{jk}, S_{j+1k}) \in \text{PL}. \quad (6)$$

Результатом вывода будет та $s^* \in S_L$, которая одновременно принадлежит найденному пути PL. Если положить, что в базе знаний каждому узлу дерева сопоставлено свое ситуационное решение, то с нахождением s^* выполняется и вся задача поиска решения в пользовательской ситуации.

В общем случае PL может быть сложным, оканчивающимся более, чем одной вершиной из S_L . В этом случае возможно применение дополнительных правил работы с множеством решений, например, ранжирование решений по некоторым дополнительным критериям.

Интерес представляет случай, когда в процессе вывода на некотором уровне не срабатывает ни одно из решающих правил. Иначе говоря, для любой типовой ситуации следующего уровня не выполняется хотя бы одно из условий в (6). Практически это может означать появление в системе ситуации непредусмотренного типа или же отсутствие информации об атрибутах нижнего уровня. Если базу знаний строить так, что решения будут присутствовать только на нижнем уровне, т. е. $S_L \Leftrightarrow R$, то в рассматриваемом случае система не сможет дать никакого ответа пользователю по поводу действий в текущей ситуации. Чтобы этого не произошло, при экспертном подходе рекомендуется привязка некоторого решения к каждой ситуации, т. е. к каждому узлу дерева ситуаций, начиная с самого верхнего. Так, на рис. 1. пунктиром показана схема вывода S33, она соответствует тому случаю, когда пользовательская ситуация не относится ни к одному из типов S_{41} , S_{42} , и результатом вывода будет $s^* = S_{33}$.

Необходимым условием для реализации такой схемы, как это уже сказано выше, является справедливость решения верхнего уровня для всех ситуаций-подтипов на нижних уровнях.

В заключение отметим, что наличие дерева ситуаций, которое формируется экспертом при создании СБЗ, позволяет решить и задачу идентификации пользовательской (текущей) ситуации. Точнее, речь идет о том, что задача идентификации здесь теряет свое самостоятельное значение и по существу решается в процессе инициализации атрибутов ситуаций при нахождении PL. При этом обеспечивается снижение числа опрашиваемых параметров и упорядочивается диалог с пользователем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М: Энергоиздат, 1981.
2. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986.
3. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Новый виток развития //Известия РАН. Теория и системы управления, 1995. № 5. С. 152-159.
4. Мелихов А. Н., Бернштейн Л. С., Коровин С. Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990.
5. Клыков Ю. Н. Ситуационная модель управления большой системой //Изв. АН СССР, Тех. кибернетика, 1970. № 6. С. 17-25.
6. Поспелов Д. А. Принципы ситуационного управления//Изв. АН СССР, Тех. кибернетика, 1971. № 2. С. 10-17.
7. Глухих И. Н., Сазанов В. Е., Левушкин Д. В. Модели отбора ситуаций в базе примеров ситуационной системы поддержки принятия решений на основе анализа сходства строковых представлений //Научно-технический калейдоскоп. Сер. «Приборостроение, радиотехника и информационные технологии», 2001. № 2. С. 31-36.
8. Глухих И. Н., Пьянков В. Н., Заболотнов А. Р. Ситуационные модели в корпоративных базах знаний геолого-технологических мероприятий //Нефтяное хозяйство. 2002. № 6. С. 45-48.
9. Разработка теоретических основ и методов интеграции интеллектуальных систем обучения в автоматизированные комплексы управления организационно-техническими объектами /Рук. И. Н. Глухих //Закл. отчет по НИР, 2003г., М.: ВНИИЦ, ИК № 0220. 0 404427.