

УДК 004.358

А.В. ПРОХОРОВ, К.В. ГОЛОВАНЬ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

В данной работе описывается оболочка системы поддержки принятия решений, использующая в качестве модели представления знаний многозначное исчисление присутствия и реализующая алгоритм логического вывода. Предлагаемая система поддержки принятия решений является адаптивной к изменению ситуации или к переходу на другую предметную область, открытой и легко модифицируемой. Она может применяться для управления многоуровневыми распределенными технологическими комплексами на всех уровнях иерархии, и может использоваться в информационных управляющих системах различного назначения и уровня.

система поддержки принятия решений, многозначная логика присутствия, алгоритм логического вывода, формализованная аксиоматическая теория, модели представления знаний

Введение

Существующие в данное время экспертные системы жестко закреплены за конкретной средой исследования, для которой и были разработаны и не являются адаптивными к изменению внешней и внутренней среды, а также при переходе на другую предметную область. В связи с этим целью работы является создание адаптивной, открытой и легко модифицируемой системы поддержки принятия решений (СППР) для управления многоуровневыми распределенными технологическими комплексами (РТК) на всех уровнях иерархии, предназначенной для решения задач управления производством и диагностики для проектировщиков, менеджеров и исследователей в области производства.

При формировании модели анализа процессов функционирования и управления РТК возникает неопределенность в описании отдельных его элементов, которая проявляется в следующем:

- неполнота и неточность информации о состоянии объектов системы и внешней среды;
- наличие случайных или зависящих от поведения других объектов (систем) факторов;
- динамика изменения внешней и внутренней среды, которая делает невозможным точное прогно-

зирование изменения ситуаций, состояний объектов, а, следовательно, результатов принимаемых решений;

- сложность и многоплановость процессов и условий функционирования объектов РТК.

Частично неопределенность описания объектов системы можно уменьшить путем введения ряда ограничений и допущений, то есть снижения степени формализации реальных процессов, но и как результат, степени их адекватности физической реальности [1, 2].

С учетом этих особенностей, проанализировав достоинства и недостатки существующих методов и моделей представления знаний, в качестве универсального метода формализации для элементов, являющихся компонентами модели, была использована декларативная форма представления знаний в виде формализованных аксиоматических теорий (ФАТ) основанная на многозначной логике присутствия (МЛП) и теории категорий [3, 4]. Использование МЛП позволяет эффективно выражать и описывать неопределенности и противоречия, возникающие при планировании и управлении РТК.

Логические модели представления знаний, основанные на МЛП, обладают рядом достоинств основными из которых являются следующие:

1. Все истины в логическом исчислении присутствия рассматриваются как относительные, а не абсолютные, как в классической логике предикатов. Это связано с тем, что в физической реальности истины зависят от положения объектов в пространстве-времени, сложившихся условий и др. [2].

2. Истины в логике присутствия рассматриваются в динамике их формирования и развития, в то время как в классической логике предикатов они являются статическими, неизблемыми [2].

3. Истины, касающиеся текущего состояния реальности, имеют однозначную прагматическую интерпретацию, т.е. можно указать, какие действия необходимо предпринять в той или иной ситуации.

Результатом работы является оболочка СППР позволяющая:

- 1) производить настройку на конкретную предметную область;
- 2) представлять знания о предметной области на основе МЛП;
- 3) автоматически формировать формализованные аксиоматические теории объектов предметной области на основании их визуального описания;
- 4) на основании алгоритма логического вывода (АЛВ) получать информацию о текущем состоянии объектов РТК и принимать управленческие решения.

1 Логическая модель представления знаний, основанная на МЛП

Объект в МЛП представляется через его свойства:

$$x \equiv \bigcup_{i=1}^N \left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij} \right) \bigcap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir} \right) \quad (1)$$

В соответствии с теорией топологий из всего множества свойств, характеризующих объект, можно выделить свойства относящиеся к замыканию Cx (все свойства и признаки) и внутренности Ix (свойства и признаки доступные в настоящий момент):

$$Ix = \begin{cases} \bigcup_{i \in L} \left(\bigcap_{j=0}^{m_i} \pi_{ij} \right), & \text{если } L = \{i \mid m_i = 0\} \neq \emptyset, \\ N(w, AT_i), & \text{если } L = \emptyset \end{cases} \quad (2)$$

$$Cx = \begin{cases} \bigcup_{i=1}^n \left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij} \right), & \text{если } n = \{i \mid k_i = 0\} = \emptyset, \\ S(w, AT_i), & \text{если } n \neq \emptyset \end{cases} \quad (3)$$

На основании этого формируется топологическая алгебра присутствия. Особенностью МЛП является то, что операции объединения и соединения рассматриваются по присутствию. Оценка присутствия объекта сводится к нахождению значения модуса присутствия, что описывается соответствующим вектором [3]:

$$\vec{x} = \langle Ix, C - x, Cx, I - x \rangle \quad (4)$$

В МЛП выделяется четыре оценки присутствия: присутствие, отсутствие, неопределенность, противоречие:

$$\begin{aligned} Val \vec{x} = \langle S, N, S, N \rangle &= Pr - \text{присутствие;} \\ Val \vec{x} = \langle N, S, N, S \rangle &= Ab - \text{отсутствие} \\ Val \vec{x} = \langle N, S, S, N \rangle &= Un - \text{неопределенность} \\ Val \vec{x} = \langle S, N, N, S \rangle = \langle S, S, S, S \rangle &= \text{противоречие} \\ &= \langle N, N, N, N \rangle = Cn \end{aligned}$$

Эта логика позволяет описывать теории простых объектов. Для описания сложных и динамических объектов используются основные понятия теории категорий: множество объектов и множество морфизмов:

1. Класс $Ob(K)$ – множество объектов категории;
2. Набор множеств $Hom(x,y)$ т.е. морфизмов $\mu: x_i \rightarrow y$.

Т.о. формируется алгебра присутствия, куда дополнительно вводятся операции композиции морфизмов \circ и дифференциала присутствия $\Delta_{\alpha\beta}$.

Формулы формализованной аксиоматической теории имеют вид:

$$\Delta_{\alpha_1\beta_1} \mu_1 \cap \Delta_{\alpha_2\beta_2} \mu_2 \cap \dots \cap \Delta_{\alpha_n\beta_n} \mu_n \Rightarrow \Delta_{\alpha\beta} \mu \quad (5)$$

2 Структуризация базы знаний и состав моделей знаний

Для того чтобы обеспечить СППР возможностью гибкой настройки на ту или иную предметную область, необходимо разработать классификатор основных типов объектов. Их описание экспертом в виде свойств, состояний, взаимосвязей позволяет использовать их при построении реальных моделей знаний конкретных задач. Поскольку создание моделей знаний для сложных систем является трудоемкой задачей, то предполагается предельная структуризация знаний в базе знаний (БЗ).

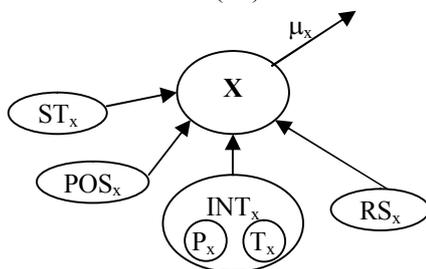


Рис.1. Структуризация БЗ

Объект характеризуется набором признаков (свойств), что составляет интенционал объекта:

$$INT_x : \bigcap_{i=1}^N (\mu_i : \pi_i \rightarrow x) \quad (6)$$

Значения свойств изменяются со временем, так как система является динамической. У объекта имеется набор состояний и переходов между этими состояниями:

$$ST_x : \bigcup_{i=1}^M (((\Delta_{PP} \mu_{1i} : S_{1i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{AP} \mu_{2i} : u_i \rightarrow S_{1i})) \circ ((\Delta_{PA} \mu_{1i} : S_{1i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{AP} \mu_{3i} : S_{2i} \rightarrow x) \cap (\Delta_{PA} \mu_{2i} : u_i \rightarrow S_{1i}))) \quad (7)$$

Набор возможностей (действия, которые может выполнять данный объект):

$$POS_x : \bigcup_{i=1}^D ((\mu_{1i} : b_i \rightarrow d_i) \cap \mu_{2i} : x \rightarrow d_i) \quad (8)$$

и ресурсы.

Были выделены следующие классы объектов:

- объекты-понятия;
- объекты процессы и действия;

- объекты цели и задачи.

На этапе адаптации системы к рассматриваемой предметной области вводится дерево целей и задач (объекты-цели и задачи). Это дерево представляет собой «И-ИЛИ» дерево. То есть, для достижения определенной цели необходимо достичь всех подцелей, находящихся в группе «по И» и хотя бы одну подцель из группы «по ИЛИ». Каждая из подцелей нижнего уровня раскрывается в набор задач, которые также определены в одну из групп «по И» или «по ИЛИ». Каждая задача может быть декомпозирована. Задачи самого нижнего уровня распадаются на элементарные действия, которые необходимо совершить для ее решения. Эти действия будут выполняться при помощи объектов понятий. Для того, чтобы указать какой из объектов может выполнить данное действие у объектов-понятий имеется рубрика «возможности». Дерево объектов-понятий может содержать отношения типа «класс – подкласс» и «часть – целое». Т.о. производится группировка объектов-понятий в дереве. Каждый класс может распадаться на ряд подклассов, а каждый подкласс содержит в себе набор объектов, объединенных в данный подкласс по каким-либо общим признакам.

3 Разработка АЛВ для исчисления присутствия

Рассмотрим АЛВ для исчисления присутствия, представленный на рис 2.

При выборе задачи для решения из списка предлагаемых задач выделяется тот набор вопросов, на которые необходимо получить ответы для решения данной задачи. Для ответа на каждый вопрос необходимо рассмотреть некоторый набор аксиом ФАТ (выбор модели знаний, ФАТ). Каждая очередная аксиома ФАТ содержит ряд первичных либо вторичных морфизмов (начало цикла по морфизмам). При выборе очередного морфизма модус присутствия принимает значение «не известно», а признак

рассмотрения морфизма принимает значение «не рассмотрен». Далее проводится проверка на то, является ли морфизм первичным или вторичным (определяемым через другие морфизмы).

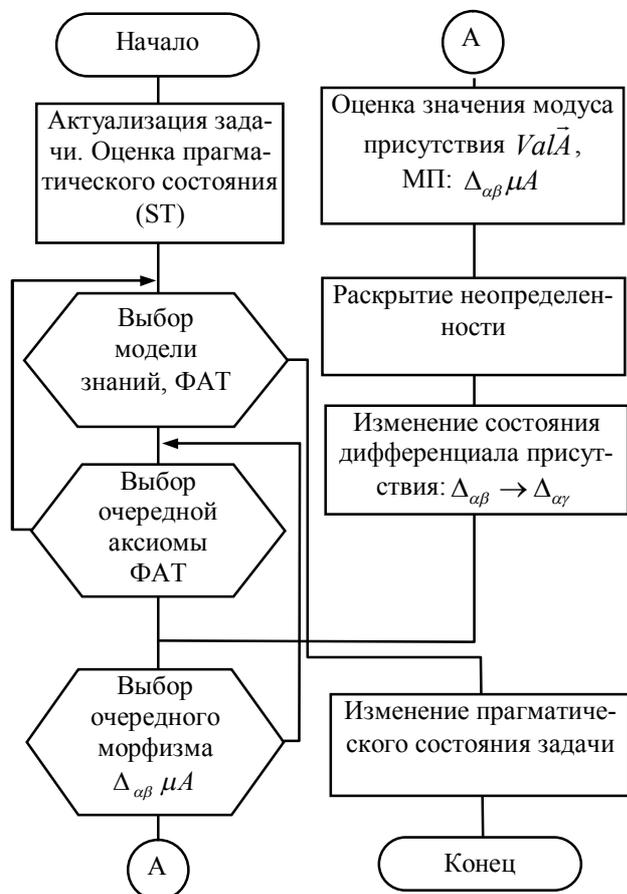


Рис.2. АЛВ для исчисления присутствия

Если морфизм является первичным, то можно приступить к определению его модуля присутствия (*МП*), который может принимать значения присутствия (*Pr*), отсутствия (*Ab*), неопределенности (*Un*) или противоречия (*Cn*). В случае, если $МП=Un$ идет раскрытие неопределенности. В случае, если $МП=Cn$ идет попытка устранения противоречия.

Если морфизм не является первичным, то из БЗ осуществляется выборка аксиомы, в которой данный морфизм присутствует в следствии. Далее осуществляется рассматривание морфизмов данного правила. Эта процедура продолжается до тех пор, пока в процессе рассмотрения мы не достигнем первичных признаков. Дальнейшие действия в алгоритме произ-

водятся в обратном порядке, т.е. осуществляется проверка истинности аксиом с учетом заданных значений дифференциалов присутствия и логических связей правила. Особенностью алгоритма является обязательное изменение значений дифференциалов присутствия и их сохранение на всех шагах логического вывода.

4 Механизм заполнения базы исходных данных

Рассмотрим механизм заполнения базы исходных данных, представленный на рис. 3.

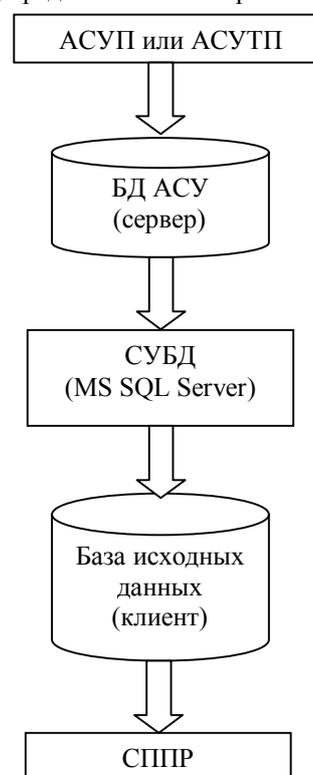


Рис.3. Механизм заполнения базы исходных данных

При помощи средств АСУП или АСУТП информация о значениях свойств (первичных морфизмах) объектов-понятий и их состояний попадают в БД АСУ, расположенную на сервере. Эти данные автоматически изменяются при изменении значений свойств объектов.

В качестве СУБД предлагается использовать Microsoft SQL Server, т.к. эта СУБД обладает рядом возможностей для СППР, при этом предполагается

наличие необходимых драйверов для подключения к серверу. По каналам связи данные при помощи SQL-запросов попадают в базу исходных данных, где содержатся значения свойств (первичные морфизмы объекта).

Таким образом, обеспечивается динамика работы системы, т.к. значения свойств постоянно изменяются в процессе работы системы и в момент выполнения логического вывода с сервера в базу исходных данных, расположенную на стороне клиента записывается информация о текущих значениях параметров объектов (свойствах).

Заключение

В данной работе были выделены основные недостатки существующих интеллектуальных систем: жесткое закрепление за конкретной средой исследования, для которой они были разработаны и невозможность адаптации к изменениям параметров среды исследования или переходе на другую предметную область.

В связи с этим была предложена разработка адаптивной, открытой и легко модифицируемой СППР для управления многоуровневыми РТК на всех уровнях иерархии, реализующей алгоритм логического вывода в исчислении присутствия.

В работе приводятся основные достоинства, которыми обладают логические модели представления знаний, основанные на МЛП; описываются основные понятия и формулы используемой теории.

Проведена структуризация БЗ с выделением основных классов объектов:

- объектов-понятий;
- объектов процессов и действий;

- объектов целей и задач.

Были выделены рубрики для объектов каждого класса. В статье представлен укрупненный АЛВ в исчислении присутствия и приводится описание его работы.

Для заполнения базы исходных данных в статье предлагается использовать схему с использованием СУБД Microsoft SQL Sever и приводится описание работы данной схемы.

Литература

1. Ярушек В.Е., Прохоров В.П. Применение логики присутствия в ИИУС/Мат. 2 Всес. конф. "Искусственный интеллект -90". Минск: 1990. – С. 22-25.
2. Прохоров В.П., Твердохлеб А.Н., Володин М.И. Использование логического подхода для принятия решений в условиях неопределенности // Системы обработки информации: Сборник научных трудов. –Х.: НАНУ, ХВУ, 1998. –160 с.
3. Ярушек В.Е. Метод представления знаний в системах искусственного интеллекта // Искусственный интеллект в системах управления: Научно-методические материалы. Ч.1. - Харьков: ВИРТА ПВО. 1988.-С.5-32.
4. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е.Ярушек, В.П.Прохоров. Б.Н.Судаков, А.В.Мишин. - Харьков: ХВУ, 1993. - 446 с.

Поступила в редакцию 26.09.03

Рецензент: канд.техн. наук, Береза Александр Станиславович, «Харьковский Дом науки и техники», г. Харьков