

УДК: 681.3.06

В. А. ЛОВИЦКИЙ, канд. техн. наук, *Ю. В. ПОНОМАРЕВ*

**СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ
В ОДНОМ ИЗ КЛАССОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ.
СООБЩЕНИЕ 2**

Сообщение является продолжением работы [1]. Предложенная методика по синтезу модели предметной области (МПО) для интеллектуальной автоматизированной системы управления технологическими процессами (ИАСУТП) опирается на технику представления МПО в форме базы знаний (БЗ) в сочетании с базой данных (БД). Механизм представления данных в виде БД опирается на традиционные методы построения информационной базы ИАСУТП в форме иерархической структуры и в этой работе не рассматривается.

Обосновываются и формулируются признаки, по которым выбирается язык представления знаний (ЯПЗ). Управление в ИАСУТП основывается на использовании полной МПО, в которую кроме традиционных аналитических моделей входит ло-

гико-лингвистическая модель [2], описывающая процесс функционирования технологического объекта управления (ТОУ). Иллюстрируется работа процедуры синтеза структуры БЗ на конкретном фрагменте предметной области. Представлен результат работы этой процедуры в виде конкретной структуры БЗ, которая синтезирована на основе совокупности предложений ЯПЗ, описывающей выбранный фрагмент ТОУ.

В качестве предметной области рассматривается сложная газотранспортная система (ГТС) и технологический процесс транспортировки природного газа в этой системе. МПО представляется следующим выражением:

$$M = \langle O, P, G, S, U \rangle, \quad (1)$$

где O — множество технологических объектов, составляющих ГТС; P — множество измеряемых параметров на технологических объектах; G — множество значений параметров из P ; S — множество различных состояний технологических объектов из O ; $U = \{u_{lm}\}$ — множество действий, которые переводят технологический объект, принадлежащий O , из состояния S_i в S_m .

Множества P и G составляют содержание структуры БД ИАСУТП. Элементы множеств O , S , U и их отношения между собой лежат в основе структуры БЗ ИАСУТП. Из этого следует, что для данного класса интеллектуальных программных систем в памяти ЭВМ необходимо хранить следующие виды знаний: знания о топологической структуре ГТС и ее информационной модели; знания о возможных состояниях объектов ГТС в процессе ее функционирования; знания об управляющих воздействиях по выводу объектов ГТС из аварийного и предаварийного состояний в нормальный (целевой) режим функционирования.

Успешное представление знаний в памяти ЭВМ предполагает правильный выбор модели представления знаний (МПЗ) и языка, позволяющего эффективно ее интерпретировать, т. е. языка представления знаний. Проблемы выбора МПЗ и ЯПЗ сложны тем, что в настоящее время не существует установившегося представления о том, какой язык следует считать ЯПЗ и каким требованиям он должен удовлетворять. Субъективным по сути является и выбор МПЗ.

Предлагается в качестве МПЗ использовать иерархическую семантическую сеть (ИСС), которая описывает структуру связей основных понятий МПО. Каждая вершина ИСС имеет структуру фрейма или сети фреймов в зависимости от сложности и детализации представления понятия.

Основной признаков выбора ЯПЗ служат следующие положения: ЯПЗ должен быть прост и естественен при описании МПО; ЯПЗ должен обладать средствами представления как декларативных, так и процедурных знаний (правила productions, алгоритмы на языках программирования, программные модули и т. п.); ЯПЗ не должен заранее иметь зафиксированный набор базовых понятий, они определяются при описании конкретных задач, решаемых си-

стемой; ЯПЗ должен позволять устанавливать ассоциативные связи на различных уровнях знаний как на отдельных предложениях ЯПЗ, так и на структурах, соответствующих целым ситуациям; ЯПЗ должен создаваться в неразрывной связи с внешним языком описания для обеспечения простоты преобразования знаний с внешнего языка описаний во внутренний язык представления; ЯПЗ должен располагать средствами представления нечетких знаний.

Этим требованиям, с нашей точки зрения, удовлетворяет ЯПЗ, имеющий название МОДАЛ (Многоцелевой Операторно-Декларативный язык описания Алгоритмов). Язык МОДАЛ основывается на следующих гипотезах: любое естественно-языковое предложение преобразуется в совокупность ядерных предложений; любое ядерное предложение представляет собой A -оператор (оператор действия) или R -оператор (оператор отношения) языка МОДАЛ; любой R -оператор специфицирует или систему, представленную субъектом действия, или параметр, представленный субъектом действий, объектом, A -оператором; совокупность A - и R -операторов, эквивалентных исходному естественно-языковому предложению, образует концепт этого предложения.

Применение языка МОДАЛ в качестве ЯПЗ предполагает использование профессионального естественного языка, как внешнего языка описания знаний о предметной области.

Структурно система знаний о предметной области состоит из «врожденных» знаний системы; знаний, полученных в результате обучения системы; знаний, полученных системой в режиме самообучения.

«Врожденными» знаниями системы являются знания, априорно сформированные разработчиками системы. Эти знания используются системой для получения новых знаний посредством обучения.

Функционирование любой программной системы сводится к решению совокупности соответствующих задач. Следуя работам [3—5], определим задачу в виде четверки:

$$T = \langle X, Q, F, Y \rangle, \quad (2)$$

где T — имя задачи; X — входные данные и их спецификация; Q — описание того, что необходимо найти в задаче (описание цели); F — конечная последовательность правил, которая преобразует X в Y в соответствии с Q ; Y — выходные данные.

Уточняя компоненты выражения (2), можно прийти к понятию «решенная задача», которое вводится следующим кортежем:

$$T = \langle Dt(X), Sp(X), Nm(F), AS(F), Sp(F), Cnd(F); \quad (3)$$

$$Pr(F) \oplus (Dc(F) \& Pr(F)), Dt(Y), Sp(Y) \rangle.$$

Здесь $Dt(X)$ — входные данные; $Sp(X)$ — спецификация входных данных; $Nm(F)$ — имя алгоритма решения задачи T ; $As(F)$ — функциональное назначение F ; $Sp(F)$ — спецификация алгорит-

$Ma F$; $Cnd(F)$ — условия выполнения F ; $Pr(F)$ — программно представление конечной последовательности правил F ; $Dc(F)$ — декларативное описание конечной последовательности правил F ; $Dt(Y)$ — выходные данные; $Sp(Y)$ — спецификация выходных данных. Символ $+$ — логическая операция «разделительное ИЛИ»; $\&$ — конъюнкция.

Выражение (3) позволяет сформулировать, какие знания надлежит иметь в памяти ЭВМ, которые мы относим к «врожденным» знаниям.

Система знаний о задачах, решаемых в предметной области состоит из трех типов: система «ЗНАЕТ ЧТО» ($Dt(X)$, $Dt(Y)$, $Sp(X)$, $Sp(Y)$, $Nm(F)$, $As(F)$, $Sp(F)$, $Cnd(F)$), т. е. $Dc(S)$; система «ЗНАЕТ КАК» ($Dc(F)$); система «УМЕЕТ» ($Pr(E)$).

Известно, что исходя из данной классификации знаний о предметной области, выделяются семь классов всевозможных сочетаний из этих типов знаний. Но практический интерес для полноценного функционирования ИАСУТП представляют знания, имеющие в системе все три типа, которые называются полными декларативно-процедурными знаниями (ПДПЗ). Этот класс знаний формируется системой, имеющей знания «ЗНАЕТ ЧТО» и «ЗНАЕТ КАК» и комплекс $Pr(F)$ в качестве «врожденных» знаний. Системы, использующие ПДПЗ, способны расширять свои функциональные возможности путем синтеза соответствующих $Dc(F)$ по декларативному описанию функционального назначения процедурных знаний $Pr(F)$.

Система способна синтезировать $Dc(F)$ только тогда, когда существует взаимоднозначное соответствие между знанием «ЗНАЕТ ЧТО» $Dc(S)$ и знанием «ЗНАЕТ КАК» $Dc(F)$. Процесс синтеза состоит из двух этапов: в начале синтезируются алгоритмы $Dc(F)$, затем эти алгоритмы преобразовываются в соответствующие $Pr(F)$, имеющие вид программы на некотором языке программирования.

Изложенные требования к представлению МПО в ИАСУТП позволяют сделать вывод о необходимости иметь в системе знания, включающие в себя все три составляющие $Dc(S)$, $Dc(F)$ и $Pr(F)$. Для описания знаний $Dc(S)$ и $Dc(F)$ используется язык МОДАЛ. Описание $Pr(F)$ осуществляется на некотором языке программирования (Паскаль, Си и т. п.).

Рассмотрим представление $Dc(S)$ применительно к описанию газотранспортной системы. Для иллюстрации способа описания МПО используем фрагмент ГТС [1], представленный на рис. 1.

Каждый объект ГТС описывается тройкой следующего вида: $m_i = \langle x_i, n_i, y_i \rangle$, где m_i — модель i -го объекта ГТС; x_i — узел-вход, принадлежащий i -му объекту; n_i — имя i -го объекта; y_i — узел-выход, принадлежащий i -му объекту.

Модель топологии ГТС в этом случае имеет вид $M = \langle X, N, Y \rangle$, где N — множество имен всех объектов ГТС; X и Y — множество всех узлов-входов и узлов-выходов соответственно.

Линейный участок ЛУ состоит из следующих объектов: кран (КР), трубопровод-нитка (ТН), трубопровод-отвод (ТО), газораспределительная станция (Г). Кроме того, в модель ЛУ в качестве объектов входят узел-вход (УВХ) и узел-выход (УВЫХ).

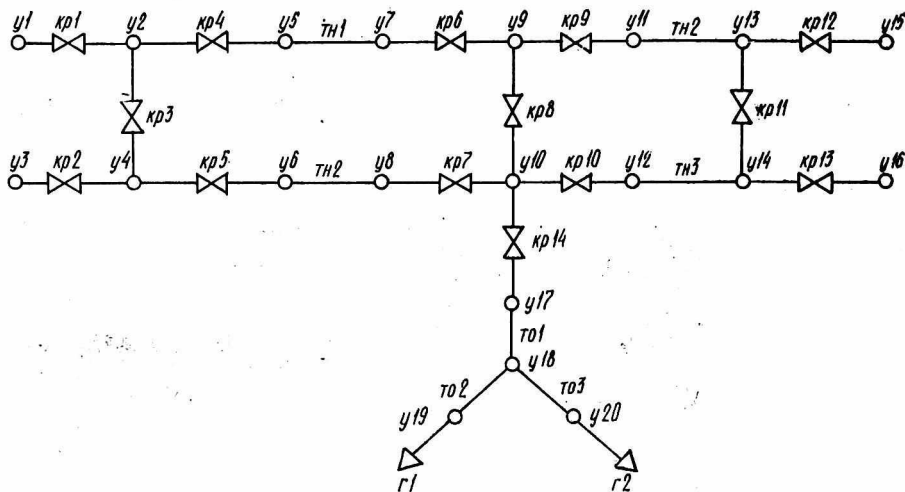


Рис. 1. Фрагмент линейного участка ГТС: y_i — узлы сети; $КР_i$ — краны; $ТН_i$ — трубопровод-нитка; $ТО_i$ — трубопровод-отвод; $Г_i$ — газораспределительная станция

Для всех типов объектов формируются концепты, связи между которыми описываются отношениями «ИМЕТЬ» и «СОЕДИНЯТЬ».

Ниже приводятся описания концептов на языке МОДАЛ.

КРАН:

ИМЕТЬ (ЧТО(КР), ЧТО(ИМЯ), КАКОЕ (?));
 ИМЕТЬ (ЧТО(КР), ЧТО(УВХ), ЧТО(УВЫХ));
 ИМЕТЬ (ЧТО(КР), ЧТО(СТ), КАКОЕ (?)).

УЗЕЛ-ВХОД:

ИМЕТЬ (ЧТО(УВХ), ЧТО(ИМЯ), КАКОЕ (?)).

УЗЕЛ-ВЫХОД:

ИМЕТЬ (ЧТО(УВЫХ), ЧТО(ИМЯ), КАКОЕ (?)).

ТРУБОПРОВОД-НИТКА или ТРУБОПРОВОД-ОТВОД:

ИМЕТЬ (ЧТО(ТН/ТО), ЧТО(ИМЯ), КАКОЕ (?));
 ИМЕТЬ (ЧТО(ТН/ТО), ЧТО(УВХ), ЧТО(УВЫХ));
 ИМЕТЬ (ЧТО(ТН/ТО), ЧТО(D), ЧТО(L), ЧТО(Q)).

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ: (УВХ);

ИМЕТЬ (ЧТО(Г), ЧТО(ИМЯ), КАКОЕ (?));
 ИМЕТЬ (ЧТО(Г), ЧТО(УВХ));
 ИМЕТЬ (ЧТО(Г), ЧТО(СТ), ЧТО(Q)).

ЛИНЕЙНЫЙ УЧАСТОК:

ИМЕТЬ (ЧТО (ЛУ), ЧТО (ИМЯ), КАКОЕ (?));
 ИМЕТЬ (ЧТО (ЛУ), ЧТО (КР));
 ИМЕТЬ (ЧТО (ЛУ), ЧТО (ТН/ТО));
 ИМЕТЬ (ЧТО (ЛУ), ЧТО (Г));
 СОЕДИНЯТЬ (ЧТО (КР), С ЧЕМ (ТН/ТО));
 СОЕДИНЯТЬ (ЧТО (Г), С ЧЕМ (ТО));
 СОЕДИНЯТЬ (ЧТО (ТН), С ЧЕМ (ТН));
 СОЕДИНЯТЬ (ЧТО (ТН/ТО), С ЧЕМ (КР));
 СОЕДИНЯТЬ (ЧТО (КР), С ЧЕМ (Г)).

Знания о структуре фрагмента линейного участка ГТС (рис. 1) представляются в виде семантической сети (рис. 2), при построении которой использовались приведенные выше предложения

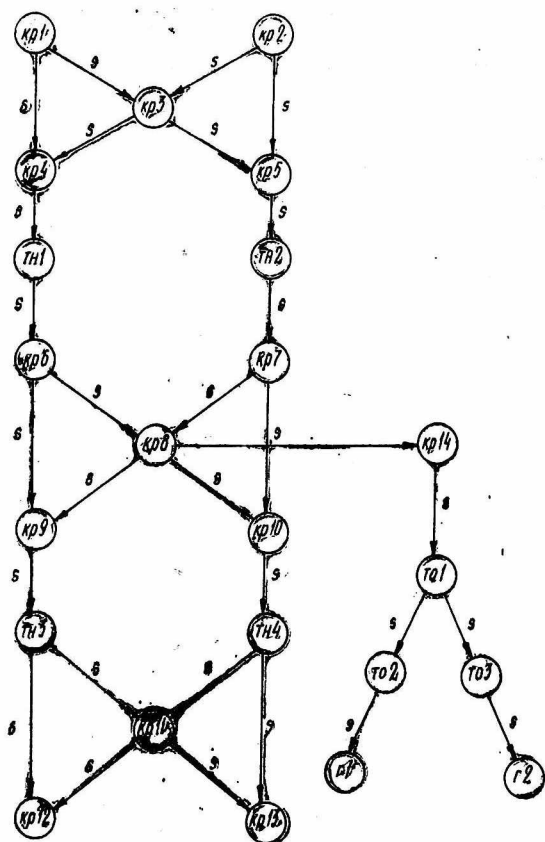


Рис. 2. Семантическая сеть фрагмента линейного участка ГТС;
 S — «СОЕДИНЯТЬ» (R — оператор); КР_i, ТН_i, ТО_i, Г_i — объекты ГТС

ЯПЗ МОДАЛ. Каждый объект линейного участка моделируется обобщенной структурой — фреймом-концептом. Сеть фреймов-концептов в БЗ для рассмотренного примера изображена на рис. 3.

Таким образом, можно представить знания о топологии ГТС и о технологическом состоянии ее объектов в БЗ ИАСУТП транспорта газа. Структура БЗ ориентирована на представление процесса функционирования ГТС в памяти ЭВМ логико-лингвистической моделью, использование которой предполагается совместно с аналитическими моделями движения газа по трубопроводу. Такой подход позволяет сочетать в рамках одной системы силу формальных и эвристических моделей объекта управления. Каждому классу технологических ситуаций, выявленных с использованием оперативной информации и аналитической модели распознавания состояний объекта управления, сопоставляется совокупность операций-действий, сформулированных экспертом. Такая совокупность представляется в БЗ

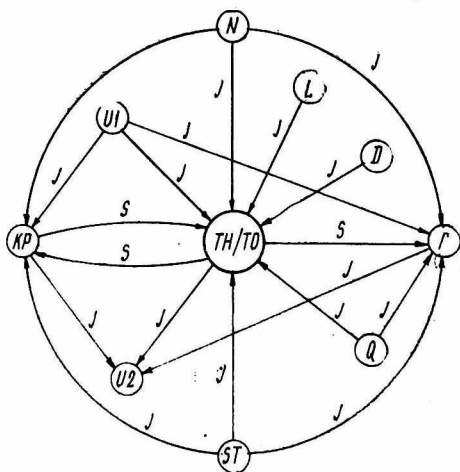


Рис. 3. Схема взаимосвязи фреймов-концептов в БЗ: *KP* — кран; *ST* — состояние объекта; *U₁* — узел-вход; *U₂* — узел-выход; *N* — имя объекта; *TH/TO* — трубопровод-нитка/трубопровод-отвод; *D* — диаметр трубы; *L* — длина трубы; *Q* — расход газа; *G* — газораспределительная станция;

I — «ИМЕТЬ»; *S* — «СОЕДИНЯТЬ»
(*R* — операторы)

деревом решений и описывается в рамках предложенного подхода, соответствующим набором А-операторов языка МОДАЛ.

Список литературы: 1. Пономарев Ю. В. Способ представления знаний о предметной области в одном из классов интеллектуальных систем. *Сообщение 1*// Пробл. бионики. 1989. Вып. 43. С. 140—146. 2. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М., 1981. 231 с. 3. Ловицкий В. А. Принципы построения и использования систем формирования понятий в системах искусственного интеллекта. Х., 1980. 103 с. 4. Варсак М. И., Ловицкий В. А. Вопросы анализа и синтеза задачно-решающей системы оперативного управления основным производством//АСУ и приборы автоматик. Х., 1975. С. 114—121. 5. Бондарев В. М., Ловицкий В. А. Классификация интеллектуальных задач//Пробл. бионики. 1977. Вып. 19. С. 11—12.

Поступила в редколлегию 14.03.89