

В. С. ВЫХОВАНЕЦ
(Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, Москва)

ПОНЯТИЙНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

Определяются понятийные модели для представления и обработки знаний. Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания содержания входящих в нее понятий. Понятийная структура определена как множество понятий, на которых заданы отображения обобщения и ассоциации. Содержание понятий описывается с помощью различного рода перечисляющих и разрешающих процедур. Показано, что благодаря семантической инвариантности используемого формализма улучшаются характеристики систем управления с понятийными моделями предметной области.

Введение. Методы представления и обработки знаний приобретают все больший вес в современной теории управления. Последнее связано с усложнением процессов управления, для адекватного описания которых уже не хватает выразительности классическим математическим теориям и технологическим возможностям известных интеллектуальных систем.

С обработкой знаний связывают ожидания в описании сложных предметных областей, обеспечения многократного использования формализованных знаний, повышения надежности и качества систем управления социального и экологического уровней.

Однако в области инженерии знаний накопилось множество нерешенных проблем, затрудняющих внедрение автоматизированных технологий обработки знаний в практику. В частности, далека от решения задача извлечения знаний, модели и формы представления знаний плохо согласуются с ментальными и психическими особенностями человека, а обработка знаний длительна по времени и подвержена возникновению скрытых противоречий.

Некоторые из имеющихся проблем удалось избежать при использовании понятийных моделей. Модели названы понятийными для отличия их от концептуальных. В концептуальных моделях задаются понятия (концепты) и разного рода связи (отношения) между ними. В понятийных моделях связи между понятиями сами являются понятиями, а модель строится на основе задания абстракций, послуживших образованию понятий [1, 2].

Понятие понятия. Понятие – вид мысли, которая соотносится с некоторой совокупностью уникальных представлений (сущностей) внутреннего или внешнего мира человека (предметной области).

Образование понятий. Понятия образуются (определяются) при абстрагировании путем выполнения умственных операций над сущностями. Выделяются три вида понятий и порождающих их абстракций: понятия-знаки (абстракция отождествления), понятия-обобщения (абстракция обобщения) и понятия-ассоциации (абстракция ассоциации).

Абстракция отождествления. При образовании понятия-знака происходит мысленная замена сущности знаком – другим уникальным представлением, другой сущностью, например, именем. Отсюда следует, что любая сущность является понятием. Верно и обратное.

Абстракция обобщения. При образовании понятия-обобщения происходит объединение понятий, когда сущностями понятия-обобщения являются все сущности обобщаемых понятий (объединение сущностей). Абстракция обобщения используется также для образования понятий-признаков, являющихся объединением понятий-знаков.

Абстракция ассоциации. При образовании понятия-ассоциации происходит соединение понятий, при котором каждая сущность понятия-ассоциации включает в себя по одной из сущностей ассоциируемых понятий (подмножество декартова произведения сущностей).

Понятийный анализ. Понятийный анализ заключается в выявлении понятий в предметной области и способов их абстрагирования. Используемые при этом абстракции отождествления, ассоциации и обобщения рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для мысленного выделения и превращения в понятия тех представлений, которые накоплены относительно описываемой предметной области.

Проблемные области. В процессе понятийного анализа выделяется одна или несколько проблемных областей. Проблемная область – это предметная область, рассматриваемая в неко-

тором узком аспекте, под углом зрения некоторой активной проблематики. Одно и то же понятие в разных аспектах (в различных проблемных областях) может образовываться по-разному.

Понятийная структура. Основной целью понятийного анализа является получение понятийной структуры предметной области. В понятийной структуре задаются имена и аспекты понятий, способы их абстрагирования, а также множества понятий, через которые понятия определяются. Имя понятия без указания аспекта задает собирательное понятие (понятие-обобщение), объединяющее все конкретизации этого понятия в предметной области.

Атрибуты понятия. Любое понятие имеет «Имя» – идентификатор понятия (понятие-знак), «Аспект» – идентификатор проблемной области (понятие-знак), который совместно с «Именем» образует уникальный идентификатор понятия, а также способ образования понятия – понятие-знак, принадлежащий понятию-признаку «Абстракция»: «Значение», «Признак», «Ассоциация», «Обобщение». Другие атрибуты – понятия, из которых образовано понятие, определяются по результатам анализа предметной области.

Понятийная модель. Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания сущностей понятий с помощью различных перечисляющих и разрешающих процедур.

Схема понятия. Понятийная структура предметной области состоит из схем понятий. Схема понятия – упорядоченное множество атрибутов. Первые три элемента этого множества – общие для всех понятий атрибуты «Имя», «Аспект» и «Абстракция». Далее перечисляются частные атрибуты понятия.

Сущности понятия. В информационных системах для задания понятий-знаков используются значения простых типов данных: числа, символы, строки, и т.д., а сами простые типы данных рассматриваются как понятия-признаки.

Понятия-ассоциации задаются как структуры, агрегирующие классы, ассоциативные связи, таблицы баз данных, а понятия-обобщения – как объединения, обобщающие классы, запросы объединения данных из нескольких таблиц баз данных.

Операции над понятиями. Семантически инвариантной (не зависящей от предметной области) формой описания решений прикладных задач над понятийными моделями являются процедуры (алгоритмы), состоящие из трех элементарных операций: создания, изменения и удаления понятий.

Операция создания понятия возникает при усложнении понятийной модели и состоит в задании имени и аспекта нового понятия, способа его абстрагирования и списка понятий-атрибутов.

Операция изменения понятия используется при необходимости наполнить понятие конкретным предметным содержанием. В этом случае возможны три действия: редактирование сущности, удаление сущности и добавление сущности.

Операция удаления понятия возникает в случае реинжиниринга понятийной модели и состоит в изменении описания всех понятий, в определении которых входит удаляемое понятие.

Обработка знаний. Обработка знаний подразумевает наличие форм представления знаний и методов манипулирования ими с целью имитации рассуждений человека. Для представления знаний используются факты (суждения), а для рассуждений – правила вывода, позволяющие на основе имеющихся фактов (посылок) выполнять умозаключения и получать новые утверждения (факты) об имеющихся или вновь вводимых фактах.

Факты. Факты – это истинные высказывания с логическими связками «И», «ИЛИ», «НЕ», скобками и двумя видами элементарных высказываний: одноместными предикатами принадлежности сущности E понятию N вида $N(E)$, а также отношениями вида $N[E] \bullet V$, где $N[E]$ – одноместный функтор, возвращающий значение (сущность) атрибута N сущности E , \bullet – знак отношения, допустимого между сущностями $N[E]$ и V («равно», «больше», «меньше», и т.п.).

Отношения. Универсальным является отношение равенства сущностей, которое определяется рекурсивно: две сущности равны, если и только если наборы значений частных атрибутов этих сущностей поэлементно равны. Другие отношения могут наследоваться от стандартных понятий-признаков, используемых в интеллектуальной.

Правила вывода. В понятийной модели правила вывода задаются схемами понятий, а понятийная структура является формальной теорией, сохраняющей истинность всех выводимых в ней следствий.

Из схемы понятия-обобщения следует правило вывода, согласно которому сущность E принадлежит понятию-обобщению N тогда и только тогда, когда эта сущность принадлежит хотя бы одному обобщаемому понятию.

Из схемы понятия-ассоциации следует правило вывода, согласно которому сущность E принадлежит понятию-ассоциации N тогда и только тогда, когда существует сущность понятия N , имеющая такие же значения частных атрибутов, что и сущность E .

База знаний. База знаний – это база данных, содержащая понятийную модель, а также механизм вывода, позволяющий выполнять запросы к базе знаний и получать новые знания. База знаний реализует модель открытого мира, так как в процессе ее функционирования нарушается монотонность вывода.

База данных. Любая сущность понятийной модели является записью в таблице базы данных с уникальным глобальным идентификатором. Понятия-ассоциации реализуются в виде таблиц со столбцами, соответствующими ассоциируемым понятиям, а понятия-обобщения – в виде представлений, выбирающих сущности из таблиц (представлений) обобщаемых понятий. Понятия-признаки реализуются как встроенные типы данных используемой системы управления базы данных.

Любое понятие само является понятием и для его описания используется те же средства, что и для прикладных понятий. По этой причине правила вывода являются записями в таблице базы данных и указывают на атрибуты понятий, которые сами являются понятиями.

Запросы. Запрос к базе знаний – это поиск сущностей понятия, удовлетворяющих заданным условиям на значения атрибутов. Запросы представляются на языке запросов к базе данных. Время выполнения запроса имеет полиномиальную оценку.

Заключение. Коренное отличие рассмотренного подхода для представления и обработки знаний заключается в использовании помимо формальной логики, еще одного семантического инварианта – формальной теории понятий. Отказ от описания ассоциаций в виде связей с различной семантической нагрузкой делает формальную теорию понятий семантически инвариантной (не зависящей от предметных областей). Основная трудность использования понятийных моделей – это необходимость освоения новой методологии анализа предметной области и специфической технологии представления и обработки знаний. Однако высокая эффективность, выразительность и надежность реализованных моделей представления и обработки знаний позволяет надеяться на их широкое внедрение на практике создания и использования современных систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Выхованец В.С.** Информационная система с понятийной моделью предметной области. *Управление большими системами*. 2017. Вып. 66. С. 25-67.
2. **Vykhovanets V.S.** Large-Scale Information Systems based on Conceptual Models. *Proceedings of 2019 Twelfth International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD)*. Russia, Moscow, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, October 1 – 3, 2019.

V.S. Vykhovanets (Institute of Control Sciences RAS, Moscow) **Conceptual models of knowledge representation and processing**

Abstract. Conceptual models of knowledge representation and processing are defined. A conceptual model consists of the conceptual structure and description of the content of the concepts included in it. The conceptual structure is defined as a set of concepts on which generalization and association map are given. The content of concepts is described using various enumerating and resolving procedures. It is shown that due to the semantic invariance of the formalism used, the characteristics of control systems are improved.