

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Выхованец В.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

valery@vykhovanets.ru

Аннотация: Рассматриваются информационные системы с понятийными моделями предметной области. 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. Показано, что благодаря семантической инвариантности используемого формализма улучшаются характеристики информационных систем, в частности, их масштабируемость.

Ключевые слова: информационная система, понятийная модель, понятийная структура, абстракции понятий, представление знаний, вывод на знаниях.

Введение

Все большую роль начинает приобретать концептуальное моделирование как направление в информационной технологии, с помощью которого строятся и встраиваются в информационные системы концептуальные модели предметных областей [1]. Основная цель концептуального моделирования – формализация накопленных знаний о некоторой предметной области в форме, наиболее близкой пониманию пользователей и разработчиков информационной системы. С концептуальным подходом связывают ожидания эффективного описания сложных предметных областей, повышения надежности и качества информационных систем, ускорения актуализации данных вслед за изменением в предметной области, обеспечения многократного использования моделей различных областей знания и т.п. [2].

Настоящая работа посвящена описанию одного из видов концептуальных моделей – понятийных моделей. Понятийные модели предметной области определяются на основе понятийной структуры, которая определена как множество понятий, на которых заданы способы их образования в виде

отображений обобщения и ассоциации одних понятий в другие [3]. Это позволяет повысить уровень абстракции модели и улучшить характеристики информационных систем с понятийными моделями.

1 Понятие

Полагается, что понятия образуются (определяются) при абстрагировании. При этом формируются четыре вида понятий: элементарные, простые, конкретные и абстрактные.

При образовании элементарных понятий (понятий-значений, понятий-знаков) абстрагирование проявляется в способности мысленного выделения в предметной области уникальных представлений и присвоения им имен (замена представления знаком, отождествление).

При образовании простых понятий (понятий-признаков) абстрагирование проявляется как некоторое сознательное неведение, позволяющее сосредоточиться на одной стороне множества элементарных понятий и игнорировать другие их стороны. Простым понятиям присваивается уникальное имя, мыслимое как элементарное понятие, и задается область допустимых проявлений (значений), мыслимая как множество элементарных понятий, схожих в некотором смысле.

Конкретные понятия (единичные понятия, понятия-сущности) образуются путем выделения у элементарных понятий не одного, нескольких признаков, позволяющими отличать это понятие от других таких понятий. Выделяемые при этом признаки мыслятся как простые понятия, из которых состоит конкретно понятие.

При образовании абстрактных понятий используются формы абстрагирования, основанные на установлении между понятиями отношений дифференциации (абстракция обобщения) и интеграции (абстракция ассоциации).

При ассоциации порождение нового понятия происходит путем соединения ассоциируемых понятий (понятий-атрибутов). Так образуются конкретные понятия путем соединения понятий-признаков.

При обобщении происходит порождение нового понятия путем объединения обобщаемых понятий, когда новое понятие соединяет все или часть общих атрибутов исходных понятий. Так образуются простые понятия путем объединения элементарных понятий.

2 Понятийная структура

Понятийная структура создается в процессе понятийного анализа предметной области. Используемые при этом абстракции отождествления, ассоциации и обобщения рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для мысленного выделения и превращения в отдельные понятия тех представлений, которые накоплены относительно описываемой предметной области.

В понятийной структуре задаются имена понятий, способы их абстрагирования и множества атрибутов, на которых понятия определены.

Любое понятие само является понятием с минимальным набором следующих атрибутов: «Имя» – идентификатор понятия (знак), «Аспект» – идентификатор области интерпретации, контекст (тоже знак, который совместно с признаком «Имя» образует уникальный идентификатор), «Абстракция» – способ образования понятия, где понятие «Абстракция» – единственное предопределенное понятие-признак, состоящее из таких элементарных понятий как «Значение», «Признак», «Ассоциация», «Обобщение». Другие атрибуты понятий определяются по результатам анализа предметной области, который осуществляется в одном или нескольких аспектах.

В итоге, понятийная структура – это множество упорядоченных множеств имен понятий (схем понятий), каждое из которых задает перечисление атрибутов, на которых понятия определены. Первые три элемента этого перечисления – общие для все понятий атрибуты «Имя», «Аспект» и «Абстракция».

3 Понятийная модель

Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания интенционалов понятий с помощью разного перечисляющих или разрешающих процедур, где интенционал понятия – это множество принадлежащих ему понятий-сущностей.

Сущности элементарных понятий представляются знаками из некоторого их набора, а сущности простых понятия описываются как перечислимые или разрешимые множества элементарных понятий.

В информационных системах элементарные понятия кодируются значениями простых типов данных, а сами простые типы данных являются встроенными простыми понятиями.

Сущности абстрактных понятий представляются в виде упорядоченных множеств понятий-атрибутов, последовательность перечисления которых задана последовательностью понятий-атрибутов в схеме понятия.

В информационных системах разрешающие процедуры используются, как правило, для описания простых понятий. Сущности абстрактных понятий обычно перечисляются в таблицах, столбцы которых соответствуют атрибутам, строки – сущностям определяемых понятий, а поля строк – сущностям понятий-атрибутов. Для представления понятия-обобщения может использоваться виртуальная таблица, формируемая с помощью запроса, собирающего строки из таблиц обобщаемых понятий с заданным списком общих атрибутов.

Следует обратить внимание на то, что понятийная модель состоит только из понятий: понятий-значений, понятий-признаков, понятий-сущностей, понятий-обобщений и понятий-ассоциаций. Причем для уникальной идентификации любого понятия достаточно его имени и, возможно, аспекта. Имя понятия без указания аспекта определяет понятие-обобщение (собирательное понятие), объединяющее все конкретизации этого понятия в предметной области.

4 Операции над понятиями

Семантически инвариантной (не зависящей от предметной области) формой описания решений прикладных задач над понятийными моделями являются процедуры (алгоритмы), состоящие трех элементарных операций: создание, изменение и удаление 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 существующей сущности, удаление существующей сущности и добавление новой сущности в интенционал понятия.

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

5 Представление и обработка знаний

Любая обработка знаний подразумевает наличие форм представления знаний и методов манипулирования ими с целью имитации рассуждений человека. Обычно для представления знаний используются факты (суждения) о некоторой предметной области, а для обработки знаний – правила вывода, позволяющие на основе имеющихся фактов выполнять умозаключения и получать новые утверждения (факты) об имеющихся или вновь вводимых фактах.

Факты (суждения) и утверждения являются истинными высказываниями с логическими связками «И», «ИЛИ», «НЕ», в которых используются два типа предикатов: одноместные предикаты принадлежности сущности E понятию N вида $N(E)$, а также отношения вида $P[E] \cdot V$, где $P[E]$ – функтор, возвращающий сущность понятия-атрибута P у сущности E , \cdot – знак отношения, допустимого между сущностями $P[E]$ и V («равно», «больше», «меньше», и т.п.).

Универсальным является отношение равенства сущностей, которое определяется рекурсивно: две сущности равны, если и только если наборы значений атрибутов этих сущностей поэлементно равны. В свою очередь сущность принадлежит понятию, если и только если набор значений атрибутов этой сущности принадлежит интенционалу понятия (встречается в виде строки в таблице соответствующего понятия).

Любое умозаключение может быть определено как переход от одного или нескольких суждений, составляющих посылку умозаключения, к новому суждению (утверждению) – следствию умозаключения. Правила построения умозаключений задаются правилами вывода, принимаемыми в предметной области в качестве общезначимых, т.е. порождающих истинные утверждения при всех возможных посылках.

В понятийной модели правила построения умозаключений задаются правилами вывода, формализованными в понятийной структуре, а сама понятийная структура рассматривается как формальная теория, которая сохраняет истинность всех выводимых в ней следствий. В этом случае

$$C_j^G(C) \leftrightarrow \bigvee_{\forall C_i \in C_j^G} C_i(C), \quad C_k^A(C) \rightarrow \bigwedge_{\forall C_i \in C_k^A} C_i(C_i[C]),$$

где C – некоторое понятие предметной области, C_j^G (C_k^A) – понятия-обобщения (понятия-ассоциации), $j, k = 1, 2, \dots$, C_i – атрибут понятия, $C_i(C)$ – предикат принадлежности понятия C понятию C_i , $C_i[C]$ – функтор извлечения атрибута C_i у понятия C , \leftrightarrow (\rightarrow) – логическая связка двухстороннего (одностороннего) следования, \vee (\wedge) – логическая связка «ИЛИ» («И»), \forall – квантор всеобщности, \in – знак принадлежности атрибута понятия схеме понятия.

Следует заметить, что информационная система с понятийной моделью реализует модель открытого мира, так как в процессе ее функционирования нарушается монотонность вывода.

6 Заключение

Модели предметной области названы понятийными, чтобы отличать их от концептуальных моделей. В концептуальных моделях задаются понятия (концепты) и разного рода связи (отношения) между ними, являющиеся первичными семантическими единицами модели.

В понятийных моделях связи между понятиями сами являются понятиями, а модель строится на основе выявления и описания абстракций, послуживших образованию понятий. Отказ от описания ассоциаций в виде связей с различной семантической нагрузкой делает понятийную структуру семантически инвариантной (не зависящей по форме от предметных областей). Таким образом, коренное отличие рассмотренного подхода заключается в использовании помимо логики, еще одного семантического инварианта – правил образования и выражения понятий.

Предметная семантика полностью задается понятийной моделью, а понятийная структура определяют структурированность описаний интенционалов понятий. В этом случае не требуется задавать логические высказывания (формулы, функции), характеризующие понятия и являющиеся правилами вывода. Все, что необходимо для вывода на знаниях, содержится в понятийной модели.

Достоинствами информационных систем с понятийным моделированием предметной области являются их семантическая инвариантность, которая позволяет масштабировать информационную систему на различные предметные области, создавая при этом крупномасштабные информационные системы. Основная трудность использования понятийных моделей – это необходимость освоения новой методологии и технологии представления и манипулирования знаниями.

Литература

1. Козаловский М.З., Калиниченко Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. Т. 35, № 5. 2009. С. 3–25.
2. Conceptual Modeling: Foundations and Applications / Borgida A.T., Chaudhri V.K., Giorgini P., et al. Springer-Verlag, 2009. 527 p.
3. Выхованец В.С. Информационная система с понятийной моделью предметной области // Управление большими системами. Вып. 66. 2017. С. 25-67.