

ПОНЯТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В.С. Выхованец

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: valery@vykhovanets.ru

Ключевые слова: предметная область, информационная система, понятийная модель, понятийная структура, абстракции понятий.

Аннотация: Описывается информационная система, основанная на понятийном моделировании предметной области. Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания содержания понятий. Понятийная структура определена как множество понятий, на которых заданы два отображения абстрагирования: обобщение и ассоциация. Описание содержания понятий осуществляется с помощью таблиц базы данных. Существенным отличием используемой понятийной модели от других является описание ассоциации как обычного понятия.

1. Введение

Крупные компании внедряют современные информационные системы, рассчитывая на ускорение принятия решений, адекватное реагирование на события, выработку и использование типовых рекомендаций и решений, анализ накопленного опыта, обнаружение скрытых резервов и возможностей, прогнозирование будущего на основе выявления закономерностей. Однако опыт внедрения современных информационных систем показывает, что реальная отдача от них оказывается значительно ниже, а сроки внедрения и связанные с ним затраты – существенно выше ожидаемых.

Причина, как правило, в несовершенстве системы управления предприятием, неподходящей или отсталой инфраструктуре, недостаточной квалификации персонала, размытой ответственности, дублировании функций, слабом планировании и контроле, низкой корпоративной культуре. Однако и современные информационные системы обладают рядом существенных недостатков, затрудняющих их эффективное использование по назначению.

Информационные системы строятся, как правило, по трехслойной архитектуре, которая включает в себя слой клиента, слой логики и слой базы данных. Основной особенностью таких систем является физическое разделение программ, отвечающих за хранение данных (слой базы данных), от программ, обрабатывающих данные (слой логики) и отображающих данные (слой клиента).

В информационной системе с понятийной моделью имеется четыре слоя: слой клиента, слой представления, слой логики и слой базы данных, где новый слой – слой представления – реализует понятийную модель предметной области. Понятийная модель служит для высокоуровневого описания предметной области, близкого пониманию пользователей и разработчиков информационных систем.

В отличие от других известных подходов к информационному моделированию ассоциация рассматривается как обычное понятие, а не как именованный вид связи, задающим в модели некоторую роль или отношение. Последнее позволяет повысить уровень абстракции модели и разработать информационную систему, для функционирова-

ния которой требуется небольшое число общих алгоритмов с небольшой вычислительной сложностью. Причем сами алгоритмы не зависят от предметной области, так как формулируются в предельно общих операциях над понятиями.

2. О понятии понятия

Обычно понятие определяется как форма (вид) мысли, которая является результатом объединения сущностей объективной или субъективной реальности по определенной совокупности общих и, в совокупности, отличительных для них признаков.

Полагается, что понятия образуются (определяются) при абстрагировании. Абстрактное мышление – один из основных процессов умственной деятельности человека, когда мы под воздействием некоторой проблематики мысленно вычленим и рассматриваем уже как самостоятельные объекты отдельные свойства, стороны или состояния сущностей обзораемой предметной области. При этом формируются четыре вида понятий: единичные, простые, конкретные и абстрактные.

2.1. Единичные понятия

При образовании единичных понятий абстракция проявляется в способности мысленного выделения в предметной области уникальных сущностей и присвоения им имен. Иными словами, образование единичного понятия – это замена сущности знаком, тождественным сущности в некотором смысле. Тут вспоминаем известный всем треугольник Фреге, который в графическом виде показывает связь знака, значения (сущности) и смысла.

Примерами единичных понятий могут служить такие понятия как «Зеленый», «Кислый», «Громкий», «Твердый», «Яркий», «Тяжелый», «Длинный», «Один», «Много» и т.п.

Как правило, единичные понятия формируются для фиксации того или иного состояния органов чувств или элементарных абстрактных представлений.

Единичные понятия также называются понятиями-значениям, призванными обозначить некоторую элементарную сущность. В информационных системах единичные понятия кодируются в виде единичных значений простых типов данных. Например, «-1», «3,5», «Ц», «16:31», «2018-04-10», «АБВ».

2.2. Простые понятия

При образовании простых понятий абстракция проявляется как некоторое сознательное неведение, позволяющее сосредоточиться на одном общем признаке множества сущностей и игнорировать другие их стороны.

Простые понятия образуются путем объединения сущностей, подобных в некотором смысле. Простым понятиям присваивается уникальное имя, мыслимое как единичное понятие, и задается область допустимых проявлений (значений, принадлежащих сущностям), мыслимая как множество единичных понятий.

Примером простого понятия может служить такое понятие как «Цвет», которое объединяет сущности единичных понятий «Красный», «Зеленый» и т.д. Или «Целое число», состоящее из представимых целых чисел.

В информационных системах простые понятия соответствуют простым типам данных или типам данных, производным от них путем ограничения множества значений. Например, «Целое со знаком», «Символ», «Число с плавающей запятой», «Время», «Дата», «Строка», и т.п.

2.3. Абстрактные понятия

При образовании абстрактных понятий используются более сложные формы абстрагирования, основанные на установлении между понятиями отношений независимости, дифференциации и интеграции признаков, где в качестве признаков уже могут выступать любые понятия, в том числе и абстрактные (рис. 1).

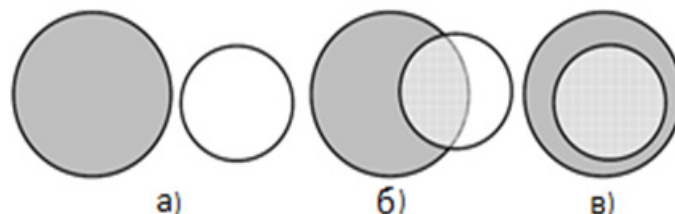


Рис. 1. Отношения признаков понятий: а) независимость; б) дифференциация; в) интеграция.

Для образования абстрактных понятий применяются две абстракции: обобщение и ассоциация [1]. Обобщение выражает схожесть понятий, проявляющуюся при дифференциации признаков, а ассоциация раскрывает состав понятия, проявляющийся при интеграции признаков.

2.4. Ассоциация

При ассоциации порождение нового понятия происходит путем объединения признаков ассоциируемых понятий. Иными словами, понятие-ассоциация включает в себя несколько других понятий в качестве своих составных частей.

Например, понятие «Заявка» может состоять из таких понятий как «Пользователь» (автор заявки), «Дата» (дата создания заявки), «Предмет» (описание сути заявки) и т.п.

Но не все комбинации сущностей ассоциированных понятий могут составлять реальную сущность понятия-ассоциации. По этой причине ассоциация задается в табличном виде, где столбцы соответствуют ассоциированным понятиям, а каждая строка является описанием одной сущности понятия-ассоциации.

Например, могут отсутствовать заявки, поданные конкретным пользователем в конкретный день. По этой причине, как и для конкретных понятий, ассоциация задается в табличном виде, где столбцы – ассоциированные понятия, а каждая строка – соответствующие сущности ассоциированных понятий, составляющие каждую сущность понятия-ассоциации.

Частным случаем ассоциация является известная абстракция агрегации. При агрегации предполагается, что понятия-признаки агрегированного понятия могут принимать любые допустимые значения. В этом случае для задания агрегата не требуется формировать таблицу со списком сущностей и их признаками, так как любая комбинация понятий-признаков является допустимым агрегатом. Примером понятия-агрегата может служить понятие «Комплексное число», которое является агрегацией двух понятий «Действительное число». На практике абстрактные понятия-агрегаты встречаются очень редко.

Видно, что ассоциация является абстракцией, лежащей в основе образования конкретных понятий путем ассоциации понятий-признаков.

2.5. Обобщение

При обобщении происходит порождение нового понятия путем объединения сущностей нескольких подобных понятий, когда новое понятие сохраняет все или часть общих признаков исходных понятий и игнорирует другие их признаки.

Примером понятия-обобщения может служить понятие «Фрукты», которое является результатом объединения сущностей таких понятий как «Яблоко», «Груша», «Персик», «Абрикос» и т.п. При этом фиксируются те признаки, которые являются общими для всех обобщаемых понятий, например, «Съедобность», «Наличие семян», а также другие признаки (возможно не все), выделенные у фруктов в соответствии с постановкой решаемой задачи.

Частным случаем обобщения является абстракция типизации. При типизации предполагается, что все типизируемые понятия имеют одинаковые признаки. Примерами понятий-типов являются все простые типы данных в языках программирования. Поэтому они и называются типами.

Следует заметить, что обобщение является абстракцией, лежащей в основе образования простых понятий путем типизации понятий-значений.

2.6. Понятие «Понятие»

Следует заметить, что любое понятие само является понятием с набором признаков, общих для всех понятий.

В информационной системе с понятийной моделью любое понятие в том числе и понятие «Понятие» содержит следующие признаки (рис. 2).

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	_Entity	bigint	<input type="checkbox"/>
	_Icon	bigint	<input type="checkbox"/>
	_Title	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
	_Model	nvarchar(128)	<input type="checkbox"/>
	_Flags	bigint	<input type="checkbox"/>
	Abstract	bigint	<input type="checkbox"/>
	Aspect	bigint	<input type="checkbox"/>

Рис. 2. Признаки понятия «Понятие», где «_Entity» – уникальный числовой идентификатор сущности, «_Title» – имя сущности, «_Icon» – пиктограмма сущности, «_Model» – дополнительные признаки сущности для слоя представления, «_Flags» – дополнительные признаки сущности для слоя логики и данных.

Для каждой сущности «Понятие» помимо общих задаются специфические признаки: «Abstract» (абстракция понятия-сущности, одно из следующих значений: понятие-значение, понятие-признак, понятие-ассоциация, понятие-обобщение) и «Aspect» (аспект понятия-сущности, будет рассмотрен далее).

3. Понятийное моделирование

В отличие от известных формализмов, используемых для описания взаимосвязи понятий (концептуальные схемы, концептуальные графы, онтологии, дискрипционная логика, семантические сети, диаграммы классов и т.п.), где на понятиях задается множество отношений различной природы и смысла, в информационной системе с понятийной моделью использован другой формализм – понятийная структура, которая определена как множество понятий с двумя видами отображений, единственное назначение которых – показать способы образования понятий, способы их абстрагирования.

3.1. Понятийная структура

Понятийная структура призвана отразить результаты понятийного анализа предметной области и выражает отображения одних понятий в другие. Используемые при этом абстракции рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для мысленного выделения и превращения в отдельные понятия тех представлений, которые накоплены относительно описываемой предметной области. Пример отображения понятийной структуры показан на рис. 4.

Например, понятие «Принципал» является обобщением понятий «Пользователь» и «Группа», а понятие «Пользователь» – ассоциацией понятий «Пароль», «Имя», «Отчество», «Фамилия», «Телефон» и т.д. В свою очередь такие понятия, как «Имя», «Отчество», «Фамилия», «Телефон», «Почта», определены как строковые понятия-значения соответствующей длины с ограничением области значений в виде регулярных выражений.

Так как признаками абстрактных понятий могут быть в том числе и другие абстрактные понятия, то для таких понятий вместо слова «признак» используется слово «атрибут».

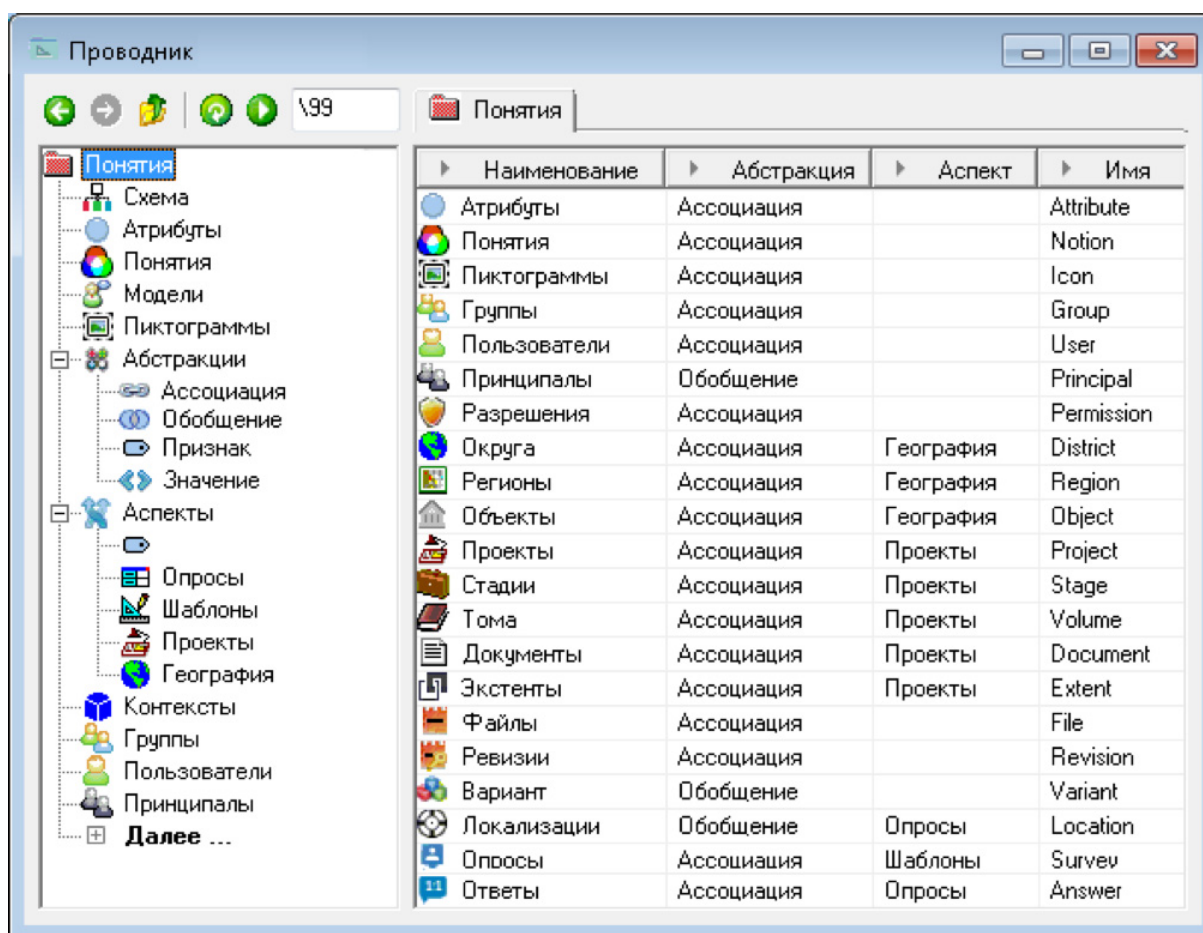


Рис. 4. Понятийная структура (список понятий и их сущности показаны на левой панели формы в виде дерева, а имена понятий, способ абстрагирования и аспекты показаны слева в виде списка).

3.2. Понятийная модель

Очевидно, для полного описания предметной области необходимо расширить понятийную структуру описанием сущностей, принадлежащих каждому понятию. В ре-

зультате такого расширения получим понятийную модель предметной области, на которой будем решать стоящие прикладные задачи.

В слое базы данных единичные понятия (понятия-значения) представим встроенными типами данных: числа, строки, двоичные данные и т.д. Простые понятия (понятия-признаки) реализуются в виде таблиц, содержащих перечисление сущностей-значений, принадлежащих таким понятиям. Пример представления понятия-признака «Аспект» приведен ранее на рис. 3. Конкретные понятия представимы таблицами, столбцы которых соответствуют понятиям-значениям.

Понятие-ассоциация представляется в виде таблицы, связывающей сущности ассоциируемых понятий в сущность понятия-ассоциации, где в отличие от конкретных понятий столбцы могут соответствовать абстрактным понятиям и содержать уникальные идентификаторы их сущностей (например, значения из поля «_Entity» таблицы пиктограмм, помещенное в поле «_Icon» на рис. 3).

Представление абстрактного понятия-обобщения осуществляется с помощью запроса к базе данных, собирающего записи из таблиц обобщаемых понятий с заданным списком общих полей.

Таким образом, в слое базы данных понятийная модель предметной области представляется перечислением сущностей понятий в физических и виртуальных таблицах. Физическая таблица непосредственно хранится в памяти, а виртуальная таблица формируется динамически в результате выполнения некоторого запроса к базе данных.

3.3. Информационная система

Следует обратить внимание на то, что сама информационная система тоже имеет некоторую понятийную модель. В эту модель могут входить такие понятия как:

- модуль, подключаемый в процессе работы клиентского приложения и служащий для реализации специфической функции отображения понятийной модели или решения специфической задачи предметной области;
- событие, регистрируемое в информационной системе и позволяющее задать обработчик для операций создания, удаления или изменения понятий;
- форма, создаваемая для реализации различных специфических сценариев ввода данных пользователем;
- другие понятия, необходимые для реализации требований к модели конкретной предметной области.

4. Заключение

В настоящей статье описано построение информационной системы с понятийной моделью предметной области. Модели предметной области названы понятийными, чтобы отличать их от известных концептуальных моделей [2-3]. В концептуальных моделях задаются понятия (концепты) и разного рода связи (отношения) между ними, несущие часть семантической нагрузки модели. Другая часть семантики концептуальной модели содержится в дополнительных данных, доопределяющих связи между понятиями в виде логических выражений, формул, функций и т.п.

В понятийных моделях связи между понятиями сами являются понятиями, а модель строится на основе выявления и описания абстракций, послуживших образованию (определению) понятий. Отказ от описания ассоциаций в виде связей с различной семантической разметкой делает понятийную структуру предметной области представимой в виде дерева и более наглядной.

Предметная семантика полностью задается понятийной структурой, а атрибуты понятий определяют не более чем структурированность описаний понятий в слое базы данных. 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 структуре предметной области и таблицах понятий.

Таким образом, коренное отличие рассмотренного подхода заключается в использовании помимо логики, еще одного семантического инварианта – правил образования и выражения понятий. Это потребовало определения ассоциаций (связей) между понятиями в виде самостоятельных понятий.

В итоге, информационная система с понятийным моделированием предметной области является представителем нового поколения информационных систем в методологическом, технологическом и эксплуатационном плане. Использование понятийной модели создает предпосылки для улучшения прозрачности бизнес-процессов предприятия, способствует оптимизации затрат и повышению инвестиционной привлекательности, уменьшает риски владения информационной системой.

Основные трудности, которые имеют место при использовании информационных систем с понятийными моделями – это необходимость освоения новой методологии и технологии моделирования предметной области и репрезентации накопленных знаний, а также отказ от устоявшихся узкоспециализированных форм пользовательского интерфейса [4].

Список литературы

1. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. М.: Высшая школа, 2003. 431 с.
2. Borgida A.T., Chaudhri V.K., Giorgini P., et al. Conceptual Modeling: Foundations and Applications. Springer, 2009. 527 p.
3. Когаловский М.З., Калиниченко Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. 2009. Т. 35, № 5. С. 3-25.
4. Выхованец В.С. Информационная система с понятийной моделью предметной области // Управление большими системами. 2017. Вып. 66. С. 25-67.