

# ПОНЯТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**В.С. Выхованец**

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

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: [valery@vykhovanets.ru](mailto: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 обозреваемой 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.

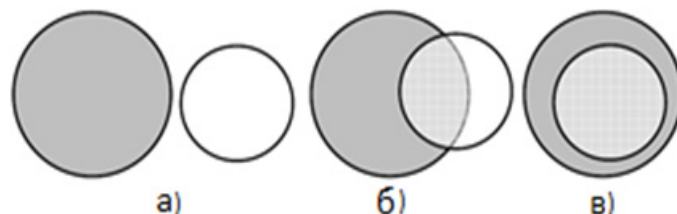
Простые понятия образуются путем объединения сущностей, подобных в некотором смысле. Простым понятиям присваивается уникальное имя, мыслимое как единичное понятие, и задается область допустимых проявлений (значений, принадлежащих сущностям), мыслимая как множество единичных понятий.

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

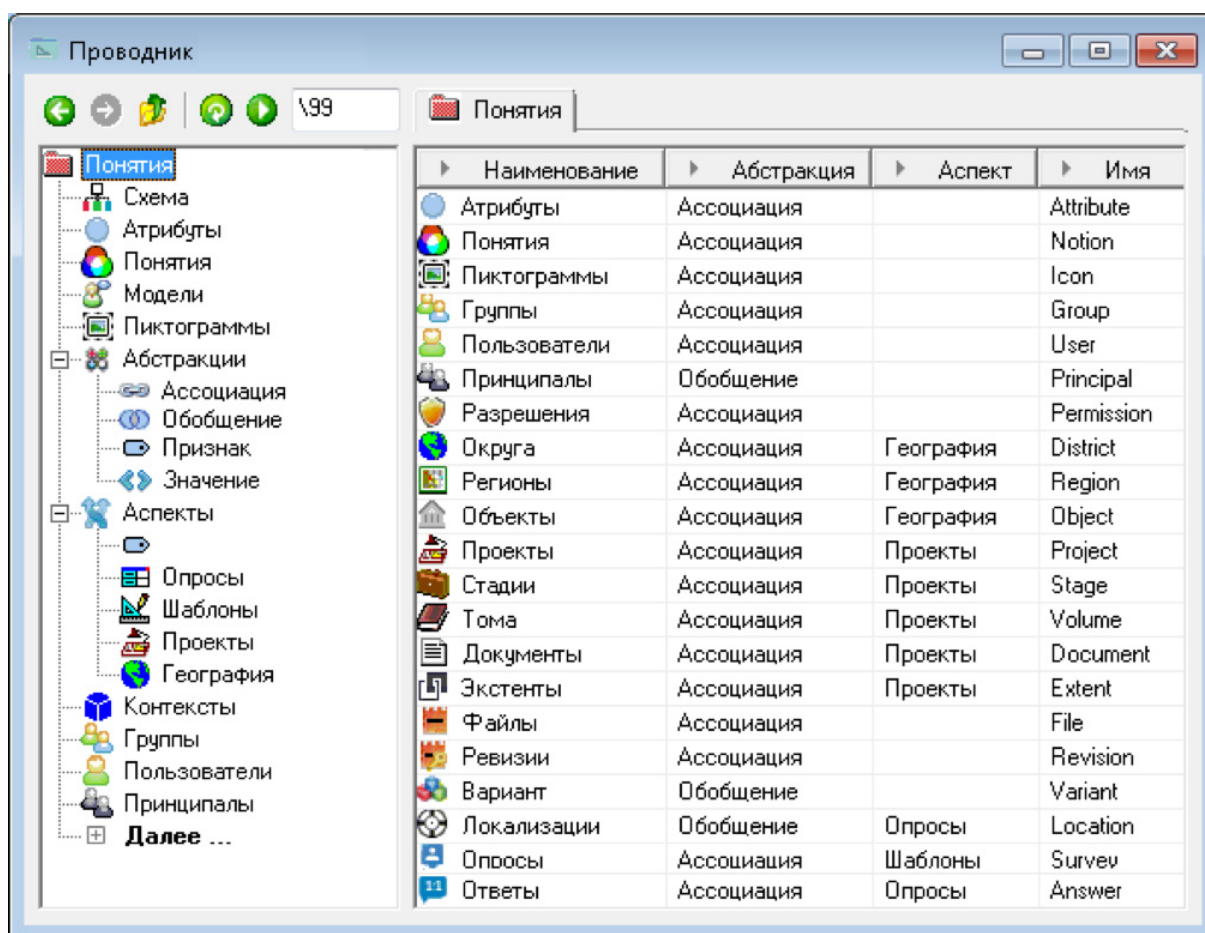
В отличие от известных формализмов, используемых для описания взаимосвязи понятий (концептуальные схемы, концептуальные графы, онтологии, дискрипционная логика, семантические сети, диаграммы классов и т.п.), где на понятиях задается множество отношений различной природы и смысла, в информационной системе 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.