

УДК 004.9

МЕТОДИКА ПОНЯТИЙНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Валерий Святославович Выхованец

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия

valery@vykhovanets.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу сложных предметных областей для создания понятийных моделей.

Постановка проблемы. Основная проблема заключается в том, что понятие является не просто статической репрезентацией реальности, а сложно устроенным когнитивным феноменом, изменяющимся в зависимости от познавательных целей субъекта и от знаний о предметной области.

Цель. Разработка и исследование методики понятийного анализа, основанного на использовании не концептов, как это делается в других методиках, а понятий. Понятие отличается от концепта. Концепт – это абстрактное объективное понятие, а понятие – конкретный субъективный концепт. По этой причине существует множество понятий, имеющих одно и то же имя, но разную структуру и содержание в различных проблемных областях (аспектах). Концепт определен как объединение одноименных понятий во всех имеющихся аспектах.

Результаты. Понятийный анализ основан на предельно общих операциях над понятиями: идентификации, обобщения и ассоциации, и обратным им: интерпретации, специализации и индивидуализации соответственно. В процессе понятийного анализа строится понятийная модель предметной области, состоящая из понятийной структуры и описания содержания входящих в нее понятий. Понятийная структура определяет каждое понятие как результат обобщения или ассоциации других понятий. Содержание понятий задается перечислимыми или разрешимыми множествами сущностей в формализме одноместного исчисления предикатов.

Практическая значимость. Основным отличием понятийного анализа от других методик анализа предметных областей является отказ от описания ассоциации понятий в виде именованной взаимосвязи. В понятийной модели ассоциации являются такими же понятиями, как и обобщения, что позволяет образовывать из ассоциаций новые понятия. Еще одним отличием понятийного анализа является многоаспектное выражение понятий. Использование методики понятийного анализа позволяет улучшить выразительность и наглядность понятийных моделей, повысить эффективность представления и обработки знаний.

Ключевые слова: понятие, концепт, понятийный анализ, предметная область, проблемная область, операции над понятиями, понятийная структура, понятийная модель.

1. Введение

Главной содержательной особенностью словесно-логической традиции в описании понятий является его понимание как некоторого мысленного слепка множества сущностей, обобщенно репрезентирующим его в сознании человека в виде определенно организованной совокупности существенных признаков [1, с. 90].

Последнее приводит к тому, что в рамках этой традиции сложную организацию предметного содержания понятия тщетно пытаются описать уже довольно давно. Причины неудач кроются в том, что понятие является не просто статической репрезентацией реальности, а сложно устроенным когнитивным феноменом, позволяющим изменять (перестраивать) свои собственные выражения в зависимости от познавательных целей субъекта [2].

Однако внешняя репрезентация понятия в словесно-логической форме видится единственной и принципиально необходимой формой представления и обработки знаний. По этой причине описываемый далее понятийный анализ, основанный на проблемном подходе и пополняемом множестве форм многоаспектного выражения понятий является некоторым неизбежным компромиссом между понятием как когнитивным феноменом и понятием как сложно

организованной совокупностью существенных признаков, используемой для внешней репрезентации знаний в словесно-логической форме.

2. Образование понятий

В логике понятие определяется как мысль, отражающая в обобщенной форме предметы и явления действительности, а также существенные связи между ними посредством фиксации общих и специфических признаков [3, с. 99].

Такие понятия называются первичными, соотносятся с чувственно воспринимаемыми предметами и имеют наглядно-образный характер. С умножением потребностей человека и усложнением видов его деятельности появились более отвлеченные понятия, непосредственно не связанные с чувственным отражением, но, вместе с тем, являющиеся более близкими к реальности в смысле отражения ее сущности. В итоге считается, что понятия образуются не только через сравнение наглядных образов, но и путем применения логических приемов [4, с. 33]: анализа, синтеза, сравнения, абстрагирования, обобщения и т.п.

Таким образом понятия формируются (определяются) путем выполнения некоторых умственных операций над сущностями. В отличие от других известных подходов к образованию понятий предлагается отношения, которые имеют место между образованными понятиями, использовать как операции их образования.

Для порождения понятий применим три операции: операцию идентификации (отождествления) – для порождения понятий-знаков, операцию обобщения – для порождения понятий-обобщений и операцию ассоциации – для порождения понятия-ассоциаций. Покажем, что этих трех операций достаточно для образования произвольных понятий.

2.1. Идентификация

В качестве одного из основных допущений будем использовать предположение о том, что мир состоит из относительно устойчивых взаимосвязанных сущностей, которые могут быть выделены и представлены (объективированы) в виде отдельных знаков (символов).

Понятия-знаки – это результат мысленного отбора уникальных представлений предметной области и присвоения им имен. Понятия-знаки формируются для фиксации элементарных представлений. При формировании понятия-знака сущность мысленно заменяется знаком (именем), в результате чего между сущностями и знаками устанавливается взаимно однозначное соответствие. Противоположной абстракцией для идентификации является абстракция интерпретации, при которой понятие-знак сопоставляется с некоторой уникальной сущностью из предметной области.

Примерами понятий-знаков могут служить понятия, обозначенные такими знаками (словами) как Первый, Второй, Третий и Четвертый, что интерпретируется в предметной области Факультет как курсы при подготовке по программам бакалавриата. Конечно, курсы факультета по своей сути более многогранны, однако в некотором узком аспекте и для некоторого класса решаемых задач их представление в виде указанных выше простых сущностей является достаточным.

2.2. Обобщение

Понятие-обобщение образуется при объединении сущностей обобщаемых понятий (объединение множеств сущностей). Операция обобщения используется также для образования частного вида понятия-обобщения – понятия-типа, представляющего собой обобщение (типизацию) понятий-знаков. Обобщение (типизация) имеет обратную операцию, называемую специализацией (конкретизацией).

Примером понятия-обобщения является понятие Участник, которое объединяет участников учебного процесса: понятия Преподаватель и Студент. В свою очередь Студент и Преподаватель являются специализацией понятия-обобщения Участник.

Понятия-обобщения объединяют понятия, схожие в каком-либо смысле, а то время как понятия-типы используются для объединения однородных сущностей.

Например, понятие-тип Курс может быть образовано путем типизации таких понятий-знаков как Первый, Второй, Третий и Четвертый, а понятия-знаки Первый, Второй, Третий и Четвертый являются конкретизацией понятия-типа Курс.

Аналогично в предметной области Факультет могут быть образованы такие понятия-типы как Должность, Кафедра, и т.п., являющиеся типизацией понятий-знаков, обозначающих соответственно должности и кафедры на факультете.

2.3. Ассоциация

Понятие-ассоциация образуется при соединении сущностей ассоциируемых понятий, когда каждая сущность понятия-ассоциации включает в себя по одной сущности ассоциируемых понятий (подмножество декартова произведения множеств сущностей). Не все комбинации сущностей ассоциированных понятий могут быть сущностями понятия-ассоциации.

Частным случаем операции ассоциации является операция агрегации, при которой образовываемому понятию-агрегату принадлежат все комбинации сущностей агрегируемых понятий (полное декартово произведение множеств сущностей). Ассоциация (агрегация) имеет обратную операцию, называемую индивидуализацией (декомпозицией).

Примером понятия-ассоциации является понятие Преподаватель, которое соединяет такие понятия как Должность, ФИО, Кафедра и т.п. Сущностью понятия Преподаватель может быть «Профессор, Иванов Иван Иванович, Информационные системы и телекоммуникации, ...».

2.4. Примеры образования понятий

В математике понятия определяются через отношение равенства. Отношение равенства, заданное на некотором исходном множестве элементов, разбивает это множество на попарно непересекающиеся подмножества равных (в данном отношении) элементов. Указанные подмножества называются классами, а множество этих классов – фактор-множеством исходного множества по заданному отношению равенства. С другой стороны, попарно непересекающиеся классы

рассматриваются как результат разбиения исходного множества на подмножества и, тем самым, выявляется структура исходного множества, которая порождается заданным отношением равенства. Именно так в математике формируются понятия. Отсюда следует, что основными видами понятийных операций в математике являются идентификация, необходимая для выделения в предметной области множеств и их элементов, а также типизация и агрегация как тривиальные версии операций обобщения и ассоциации.

Существуют и другие фундаментальные отношения, на базе которых может быть построена математика. Это отношение принадлежности (теория множеств Цермело-Френкеля), отношение между функцией, ее аргументом и результатом (теория множеств фон-Неймана и λ -исчисление Черча), отношение именованности (онтология Лесневского-Хвистека), отношение «часть-целое» (мереология), и др.

Математический подход, при котором минимизируется число исходных отношений, на которых строится формализм, выглядит достаточно неестественным. Поэтому в информатике строятся множества прикладных понятий, организованные в различные тезаурусы, генеалогии и онтологии. Считается, что понятийными операциями являются обобщение и агрегация, для которых найден соответствующий теоретико-множественный формализм [5].

В свою очередь в психологии к фундаментальным операциям относят обобщение и ассоциацию. Так в [6] ассоциация определена как возникающая в опыте индивида закономерная связь между двумя содержаниями сознания (ощущениями, представлениями, мыслями, чувствами и т. п.), которая выражается в том, что появление в сознании одного из содержаний влечет за собой и появление другого. Ассоциации различают по типу своего образования, а именно: образованные по сходству, по контрасту, по смежности в пространстве или во времени, причинно-следственные и др. В свою очередь, обобщение определено как одна из основных характеристик познавательного процесса, состоящая в выделении и

фиксации в сознании относительно устойчивых, инвариантных свойств предметов и их отношений.

В философии также различают два способа образования понятий: генерализирующее и индивидуализирующее [7, ст. Образование понятий]. Генерализирующее образование понятий (операция обобщения), свойственное естествознанию, возникает из интереса фиксировать повторяющиеся явления и процессы. В данном случае сущности предметной области превращаются в экземпляры соответствующего понятия, причем в такие, которые взаимозаменяемы без ущерба в отношении содержания этого понятия несмотря на то, что различные сущности сами по себе никогда не могут быть равными. Индивидуализирующее образование понятий (операция индивидуализации, обратная операции ассоциации), свойственное историческому познанию, возникает, когда интерес к окружающему миру проявляет себя при ином понимании действительности. В этом случае в любой сущности выделяется нечто особенное, ее отличительный признак. Именно поэтому, укрупняя единичные понятия, например события, мы получаем все те же единичные понятия различного уровня укрупнения. Если в генерализируемых понятиях объем и содержание обратно пропорциональны друг другу, то в индивидуализируемых понятиях они являются прямо пропорциональными. Последнее обусловлено тем, исторический подход дает не просто изображения индивидуального содержания своих сущностей, а конструирует систему скоординированных понятий с индивидуальным содержанием, где на любом уровне укрупнения будет иметь место все та же единичность, но уже с большим единством. В сравнении с содержанием своих частей понятие целого оказывается богаче содержанием.

В логике понятия образуются путем определения и выполнения операций над понятиями, к числу которых относится обобщение и ограничение (специализация), а также деление [8, с. 45]. Обобщение рассматривается как логическая операция перехода от видового понятия к родовому, а ограничение – как логическая

операция перехода от родового к видовому. Деление понятий – это операция разбиения родового понятия на видовые понятия, аналогичная созданию факторных множеств в математике. Операция деления используется для построения различных классификаций. В этом случае выполняется деление некоторого исходного родового понятия, а затем полученных видовых понятий, и т. д.

Таким образом, материал, данный в представлениях, преобразовывается в понятия в рассмотренных областях знания посредством двух способов его логико-теоретической переработки – операций обобщения-специализации (в частности типизации-конкретизации) и ассоциации-индивидуализации (в частности агрегации-декомпозиции).

3. Понятийный анализ

Понятийный анализ состоит в выявлении понятий и их способов образования. В отличие от таких теорий и формализмов как семантическая сеть (Коллинз и Квилян, 1969; Цейтин, 1985), исчисление предикатов (Кольмероз, 1975), теория концептуальной зависимости (Шенк и Ригер, 1974), формальный анализ понятий (Вилли и Гантер, 1999), концептуальные графы (Сова, 1984), EER-модель (Чен, 1976; Броди и Мулополос, 1984), и т.п., где понятия-ассоциации выражаются именованными связями между понятиями-обобщениями, в предлагаемой методике понятийного анализа понятия-ассоциации представляются отдельными понятиями, которые можно использовать для образования других понятий, в том числе путем их обобщения.

Операции идентификации, ассоциации и обобщения, используемые при понятийном анализе, рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для выделения и превращения в понятия имеющихся представлений из описываемой предметной области.

Основная цель понятийного анализа – многоаспектная структуризация предметной области в виде ее понятийной структуры.

3.1. Проблемные области

Следует различать понятия и концепты. Понятие (англ. *notion*) – это вид

мысли, простая идея, мнение, представление или понимание чего-либо; понятийный (англ. notional) – это гипотетический, воображаемый [9, с. 607]. Понятие соотносится с определенным набором уникальных представлений (сущностей, англ. entities) внутреннего или внешнего мира человека (предметной области, англ. subject domain).

В свою очередь концепт (англ. concept) – это общее понятие, абстрактная идея [9, с. 171]. Концепт состоит из экземпляров (англ. instances), каждый экземпляр характеризуется совокупностью свойств (англ. properties), свойства могут быть определенными (англ. defining) и неопределенными (англ. nondefining). В отличие от концепта, который объективен, понятие не объективно, а субъективно по определению.

Проблемы однозначного и непротиворечивого описания концептов, связанных с изменчивостью набора свойств у экземпляров, привели к появлению альтернативных теорий концептуального анализа [10, с. 39]. Часть таких теорий базируется на вероятностном подходе, при котором набор свойств расширяется и их появление у экземпляров концепта имеет вероятностную природу. Другие теории разделяют свойства экземпляров концепта на типичные, присущие всем экземплярам концепта, и атипичные, которые могут появляться лишь у некоторых экземпляров.

При понятийном анализе проблемы, возникшие при описании концептов, решаются на основе выделения в предметной области проблемных областей. Поскольку понятие предполагает субъективное отражение предметной области, то необходимо предусмотреть возможность нескольких альтернативных описаний одного и того же понятия, в каждой проблемной области по-своему. Это позволит в последующем объективировать понятие в его коллективной (концептуальной) форме.

Проблемная область – это предметная область, рассматриваемая в некотором узком контексте (аспекте), с точки зрения некоторой активной проблемы, всякий раз по иному структурирующей анализируемую предметную область. Одно и то

же понятие в разных аспектах (в разных проблемных областях) может иметь разные определения и описания, а обобщение одноименных понятий из различных проблемных областей может рассматриваться как концепт предметной области.

Например, концепт Проект является обобщением понятий Проект в аспектах Объект, План, Программа, Деятельность, Документ и т.д. Сущностями понятия Проект в аспекте Объект являются результаты целенаправленной практической деятельности, в аспекте План – разработанные планы (схемы) сооружений, механизмов, устройств, зданий и т.п., в аспекте Программа – последовательность взаимосвязанных работ (задач) для достижения некоторой цели за некоторое время, в аспекте Деятельность – временное предприятие, направленное на создание уникального продукта, услуги или результата, в аспекте Документ – предварительный текст какого-либо документа, резолюции, и т.д.

3.2. Понятийная структура

Результатом понятийного анализа является понятийная структура предметной области. В понятийной структуре перечисляются понятия и их аспекты, а также способы их образования. Понятия, использованные для образования другого понятия, называются атрибутами этого понятия. Атрибуты понятия делятся на два подмножества: общие и частные.

К общим атрибутам понятий относятся понятия-типы Имя (имя понятия), Аспект (имя проблемной области) и Абстракция (способ образования понятия). Понятие-тип Абстракция задает операцию образования понятия и состоит из следующих понятий-знаков: Знак, Тип, Обобщение и Ассоциация. Частные атрибуты понятия или просто атрибуты – это понятия, необходимые для его образования.

Понятийная структура состоит из схем понятий. Схема понятия – это упорядоченный набор атрибутов, первые три элемента которого – общие атрибуты (Имя, Аспект, Абстракция), остальные – частные атрибуты понятия.

На рис. 1 показан фрагмент понятийной диаграммы предметной области Факультет в некотором аспекте. Общие понятия-атрибуты Имя и Аспект выража-

ются надписями внутри фигур – узлов ориентированного графа, а понятие-атрибут Абстракция – формой этих фигуры. Дуги соединяют образующие понятия с их частными понятиями-атрибутами.

Из диаграммы могут быть получены схемы понятий, входящие в ее понятийную структуру:

- Курс: Типизация, 1, 2, 3;
- Студент: Ассоциация, ФИО, Курс;
- Преподаватель: Ассоциация, Должность, ФИО;
- Заведующий: Ассоциация, Преподаватель, Кафедра;
- Участник: Обобщение, Преподаватель, Студент;
- Направление: Ассоциация, Кафедра, Участник,

где имя понятия отделено от других атрибутов двоеточием. Понятия-типы Должность, ФИО, Кафедра на диаграмме не определены, как и не указаны аспекты понятий.

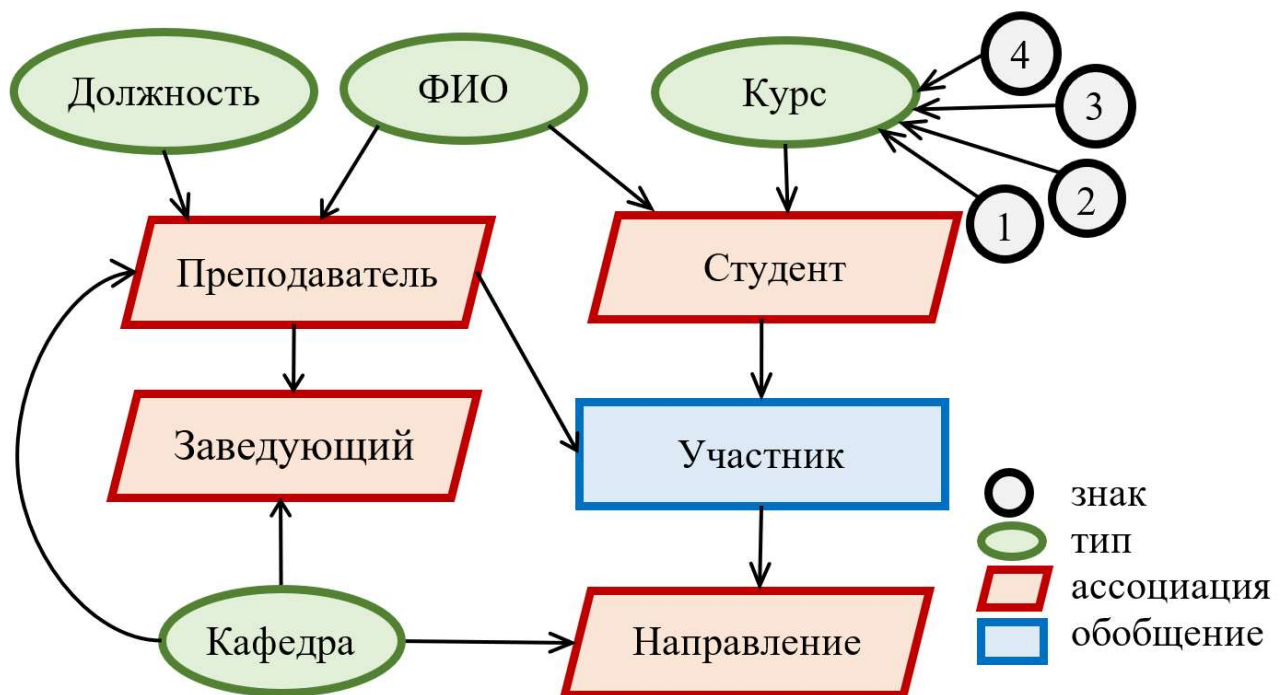


Рис. 1 – Фрагмент понятийной структуры

Fig. 1. A fragment of the notional structure

Понятийный анализ оказался близким технологии концептуализации предметных областей [11, с. 47], где основными шагами концептуального проектирования являются:

- 1) выделение базисных концептов X (идентификация);
- 2) построение булеана $B(X)$ (синтез обобщений);
- 3) построение декартиана $B(X \times B(X))$ (синтез ассоциаций), где \times – операция декартова произведения множеств;
- 4) выделение из булеана и декартиана нового множества концептов X , имеющих интерпретацию в предметной области;
- 5) если концептов X недостаточно, то переход на шаг 2.

В отличие от концептуализации предметных областей при понятийном анализе прикладные понятия не ищутся во множествах синтезированных абстрактных концептов большой мощности, а выявляются и описываются в процессе анализа целенаправленно исходя из необходимости адекватного описания проблемных областей и решаемых в них задач.

3.3. Понятийная модель

Для завершения описания предметной области понятийную структуру следует дополнить определением сущностей понятий – описанием содержания понятий. После такого дополнения предметная область не только структурируется в различных аспектах, но и наполняется предметным содержанием, позволяющим отвечать на вопросы о принадлежности той или иной сущности тому или иному понятию.

Для описания содержания понятий используются высказывания с одноместными предикатами принадлежности сущности E понятию N вида $N(E)$, а также с отношениями \bullet между сущностями вида $X[N] \bullet E$, где $X[N]$ – функтор, возвращающий сущность понятия-атрибута N сущности X .

Например, для рассмотренной выше проблемной области справедливы следующие высказывания, выводимые из ее понятийной структуры:

$$\text{Должность}(E) \leftrightarrow E = \text{‘Ассистент’} \vee E = \text{‘Преподаватель’} \vee \dots;$$

$\text{ФИО}(E) \leftrightarrow E = \text{‘Иванов Иван Иванович’} \vee \dots;$

$\text{Кафедра}(E) \leftrightarrow E = \text{‘Информационные системы и телекоммуникации’} \vee \dots;$

$\text{Курс}(E) \leftrightarrow E \geq 1 \wedge E \leq 4;$

$\text{Студент}(E) \rightarrow \text{ФИО}\{E\} \wedge \text{Курс}\{E\};$

$\text{Преподаватель}(E) \rightarrow \text{ФИО}\{E\} \wedge \text{Должность}\{E\};$

$\text{Заведующий}(E) \rightarrow \text{Кафедра}\{E\} \wedge \text{Преподаватель}\{E\};$

$\text{Участник}(E) \leftrightarrow \text{Преподаватель}(E) \vee \text{Студент}(E);$

$\text{Направление}(E) \rightarrow \text{Кафедра}\{E\} \wedge \text{Участник}\{E\},$

где \leftrightarrow (\rightarrow) – двухстороннее (одностороннее) логическое следование; $=$ (\geq , \leq) – отношения равно (больше или равно, меньше или равно), \neg (\wedge , \vee) – логическая связка НЕ (И, ИЛИ), $N\{E\}$ – предикат наличия у сущности E атрибута N , $N\{E\} \leftrightarrow \neg (E[N] = \varepsilon)$, ε – пустое понятие, которое возвращает функтор $E[N]$, если сущность E не имеет атрибута N .

Следует обратить внимание на то, что содержание понятий Должность, ФИО, и Кафедра задано перечислимыми множествами сущностей, а содержание понятий Студент, Преподаватель, Заведующий, Участник и Направление – разрешимыми множествами, у которых принадлежность сущности понятию задается логическими высказываниями с одноместными функторами и предикатами.

Такие высказывания являются формулами одноместного исчисления предикатов [12]. Известно, что одноместное исчисление предикатов ограничивает выразительность логического языка, что делает исчисление похожим на исчисление высказываний, т.е. полным, непротиворечивым и разрешимым в отличие от исчисления предикатов, которое неразрешимо [13, с. 174].

Для концептуальных моделей также были предприняты попытки повысить эффективность модели путем ограничения выразительности логического языка, для чего были использованы дескрипционные логики. Дескрипционные логики строятся на одноместных предикатах принадлежности экземпляра концепту и двуместных предикатах ролей вида $\forall R.C$ и $\exists R.C$, которые сводят применение

двуместных предикатов к конечному числу одноместных, связывая вторую переменную роли R экземплярами концепта C [14, с. 50, с. 150]. Это позволило добиться разрешимости формул и относительно невысокой вычислительной сложности решения основных задач представления и обработки знаний в дескрипционных логиках.

Однако в понятийных моделях удалось еще более понизить выразительность логического языка. Отсутствие в языке двуместных предметных предикатов (ролей) позволяет получить большую эффективность обработки знаний в формализме понятийных моделей по сравнению с моделями в дескрипционных логиках.

4. Заключение

Рассмотренный в настоящей статье анализ предметной области назван понятийными, чтобы отличать его от концептуального анализа. Понятие отличается от концепта. Концепт объективен, а понятие субъективно. Существует множество понятий, имеющих одно и то же имя, но разные структуру и содержание в различных аспектах (проблемных областях). Концепт может быть определен как обобщение одноименных понятий в различных аспектах.

Принципиальным отличием рассмотренного подхода к анализу и формализации предметных областей является использование помимо исчисления высказываний еще одного семантического инварианта по отношению к предметным областям – исчисления понятий. Исчисление высказываний основано на трех логических операциях (НЕ, ИЛИ, И), которые используются для построения формальных высказываний, а исчисление понятий – на трех умственных операциях (идентификация, обобщение, ассоциация), которые используются для построения формальных понятий.

Необходимость и достаточность трех умственных операций для анализа и формализации произвольных предметных областей следует из гомоморфизма исчисления понятий современной теории множеств, которая признана базовой теорией для всех известных формальных теорий [15].

В частности, существование пустого понятия соответствует аксиоме существования пустого множества, операция идентификации – аксиоме существования бесконечного множества и аксиоме равенства множеств, операция обобщения – аксиоме существования множества из двух элементов и аксиоме существования объединения множеств, а операция ассоциация – аксиоме о существовании множества подмножеств.

В свою очередь создание понятийной модели путем описания перечислимых и разрешимых множеств понятий базируется на аксиоме существования подмножества, элементы которого удовлетворяют заданному свойству, а также аксиоме о существовании образа функции. И, наконец, запрет определять понятия через самих себя соответствует аксиоме регулярности множеств.

Таким образом, с помощью операций идентификации, ассоциации и обобщения могут быть конструктивно построены все мыслимые понятия, а также заданы условия принадлежности построенным понятиям произвольных множеств сущностей. Аналогичным свойством обладает и исчисление высказываний, для которого доказана его полнота через функциональную полноту логических операций [13, с. 31], т.е. путем доказательства возможности выразить любое сложное высказывание из простых с помощью логических операций.

Следует заметить, что иных более общих выразительных средств для формализации предметной области, кроме как ее описания в виде понятийной структуры, не существует. Это объясняется тем, что понятийное мышление является предельно общим и единственным механизмом рационального познания, а понятийный анализ – субъективной и, в конечном счете, объективной формой фиксации результатов понятийного мышления.

Выделение в качестве самостоятельной методики понятийного анализа позволяет упростить анализ сложных предметных областей, сузить набор приемов и инструментов анализа до минимально необходимого, приблизить процесс анализа к особенностям рационального осмысления окружающего нас мира.

Литература

1. *Войшвилло Е. К.* Понятие как форма мышления: логико-гносеологический анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 239 с.
2. *Выхованец В. С.* О существенной неполноте формального метода // International Interdisciplinary Conference «Philosophy, Mathematics, Linguistics: Aspects of Interaction». – СПб.: Международный математический институт им. Л. Эйлера, 2009. – С. 79-87.
3. *Горский Д. П.* Вопросы абстракции и образования понятий. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 353 с.
4. *Гетманова А. Д.* Учебник логики. Со сборником задач. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.
5. *Гаскаров Д. В.* Интеллектуальные информационные системы. М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
6. Большой психологический словарь / Сост. Б. Г. Мещеряков, В. М. Зинченко. – М.: Олма-пресс. 2004. – 632 с.
7. Новейший философский словарь: 3-е изд., исправл. / Сост. и гл. н. ред. А. А. Грицанов. – Мн.: Книжный Дом. 2003. – 1280 с.
8. *Кириллов В. И., Старченко А. А.* Логика: учебник для юридических вузов. – М.: Изд-во Проспект, 2008. – 240 с.
9. The Oxford Dictionary of Current English / Ed. D. Thompson. – New York, NY: Oxford University Press, 1993. – 1091 p.
10. *Olive A.* Conceptual Modeling of Information Systems. – New York, NY: Springer, 2007. – 471 p.
11. *Никаноров С. П.* Концептуализация предметных областей. – М.: Концепт, 2009. – 268 с.
12. *Выхованец В. С.* Понятийный анализ и понятийное моделирование // Управление большими системами. – 2021, вып. 92. – С. 64-109.
13. *Мендельсон Э.* Введение в математическую логику. – М.: Наука, 1976. – 320 с.

14. The description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications / Eds. F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, et al. – New York: Cambridge University Press, 2003. – 573 p.
15. Френкель А. А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств. – М.: Мир, 1968. – 557 с.

THE METHODOLOGY OF NOTIONAL ANALYSIS OF COMPLEX SUBJECT DOMAINS

Valeriy Sviatoslavovich Vykhovanets

Bauman Moscow State Technical University, Russia

valery@vykhovanets.ru

Abstract: The article is devoted to the analysis of complex subject domains for the creation of notional models. The main problem is that the notion is not just a static representation of reality, but a complex cognitive phenomenon that varies depending on the cognitive goals of the subject and on the available knowledge about the subject domain. The objective of the work is to develop and study the methodology of notional analysis based on the use of notions, not concepts, as is done in other methodologies. Notions differ from concepts. A concept is an abstract objective notion, and a notion is a concrete subjective concept. For this reason, there are many formal notions that have the same name, but different structure and content in different problem areas (aspects). The concept is defined as the union of notions with the same name in all aspects. The notional analysis is based on three conceptual operations on concepts, on the operations of identification, generalization and association. These operations are considered as mental operations necessary and sufficient to isolate and transform into concepts the existing representations from the described subject domain. During the identification operation, the entity of the subject domain is mentally replaced by a notion-sign, as a result of which a one-to-one correspondence is established between entities and notion-signs. The notion-generalization is formed when combining entities of generalized notions (union sets of entities). The notion-association is formed when connecting entities of associated notions, when each entity of the notion-association includes one entity of associated notions (a subset of Cartesian production of sets of entities). The notional operations have the opposite operations of them, namely: interpretation, specialization and individualization, respectively. The notional analysis consists in identifying notions and their ways of formation. The main objective of the notional analysis is the multidimensional structuring of the subject domain in the form of its notional structure.

The notional structure defines each notion as the result of generalization or association of other notions. To complete the description of the subject domain, a conceptual model is built. A notional model consists of a notional structure and a description of the entities of all notions belonging to it (a description of the content of notions). As in descriptive logics, the content of notions is given by enumerable or solvable sets of entities in the pure monadic predicate calculus. The pure monadic predicate calculus is complete, consistent and solvable, which makes it possible to build effective notional models of the subject domain. The main difference between notional and conceptual analysis is the refusal to describe the association of notions in the form of a relationship of notions. In the notional model, associations are the same notions as generalizations, which makes it possible to form new notions from associations. Another difference of the notional analysis is the multidimensional expression of notions. The use of the methodology of the notional analysis makes it possible to improve the expressiveness and visibility of notional models to increase the efficiency of the presentation and processing of knowledge.

Keywords: notion, concept, notional analysis, subject domain, problem area, operations on notions, notional structure, notional model.