

# ПРЕДМЕТНАЯ ОНТОЛОГИЯ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ ТЕКСТОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

## THE DOMAIN ONTOLOGY UNDER GEOMETRICAL TEXT UNDERSTANDING

Хахалин Г.К. ([gkhakhalin@yandex.ru](mailto:gkhakhalin@yandex.ru))

Научно-Исследовательский Центр Электронной Вычислительной Техники, Москва

Дается описание предметной онтологии «Планиметрия». Определяются классы понятий, их структуры и свойства. Приводятся список используемых отношений, и дается характеристика процедур вывода. Для текстов геометрических задач приводятся онтологические описания ситуаций как результат преобразования и означивания структур понятий.

### **Введение**

Проблема построения онтологий возникла не на пустом месте. При создании интеллектуальных систем (и в частности, систем обработки текстов) всегда стояла задача разработки моделей проблемных сред: что, как и при использовании каких языков описаний представлять информацию о фрагментах окружающего мира. Нельзя сказать, что все сделанное в этом направлении «пошло прахом». Нароботан значительный багаж в части языков представления знаний, процедур вывода (манипулирования этими знаниями) и т.д.

Сегодня в теории принято классифицировать онтологии по степени зависимости от задач или прикладной области, по языку представления онтологических знаний и его выразительным возможностям и другим параметрам [1, 2]. Особое место занимают онтологии верхнего уровня (описывают наиболее общие концепты: пространство, время, материя, объект, событие, действие и т. д.) [3]. Существуют онтологии, ориентированные на предметную область (см. примеры в [4, 5]). Онтологии, ориентированные на задачу, отражают специфику приложения, выполняющего конкретную задачу. Прикладные онтологии описывают концепты, которые зависят как от онтологии задач, так и от онтологии предметной области.

Онтологический инжиниринг подразумевает [2]:

- определение классов понятий в онтологии;
- наведение таксономии на классы (подкласс – класс - надкласс);
- разработку структур понятий и ситуаций;
- определение свойств и значений этих свойств;
- процедуры вывода и преобразования ситуаций.

В данном докладе представляется работа с использованием онтологического инжиниринга по созданию прикладной онтологии «Планиметрия», предназначенной для понимания текстов геометрических задач.

### **1. Структура предметной онтологии «Планиметрия»**

На формальном уровне онтология — система, содержащая определенные *концепты* (понятия, классы), *свойства* концептов (атрибуты, роли), *отношения* между концептами (зависимости, функции) и дополнительные *ограничения*, которые определяются аксиомами. Концептом может быть описание задачи, функция, действие, стратегия и т. п.

#### **1.1. Определение классов понятий**

В онтологии «Планиметрия» рассматриваются следующие основные понятия *Треугольник*, *Параллелограмм*, *Трапеция*, *Овал*, *Плоская Кривая* и другие концепты, которые участвуют в структурных описаниях основных понятий.

В центре онтологии находятся классы. Класс *Плоская Фигура* представляет все объекты планиметрических фигур. Конкретные *Плоские Фигуры* – экземпляры этого класса. Конкретный треугольник – это экземпляр класса *Треугольник*. Класс может иметь подклассы, которые представляют более конкретные понятия, чем надкласс. Например, класс *Треугольник* можно разделить на подклассы *Прямоугольный*, *Равносторонний* и *Равнобедренный Треугольник*.

Важная часть любого представления знаний – это классификация по категориям или классам объектов.

### 1.2. Наведение таксономии

Отношения между классами и подклассами понятий организуются в виде **таксономии** или **таксономической иерархии**. Для представления таксономии используется отношение *является\_видом* (*A kind of*). Фрагмент таксономии для онтологии «Планиметрия» представлен на рис.1

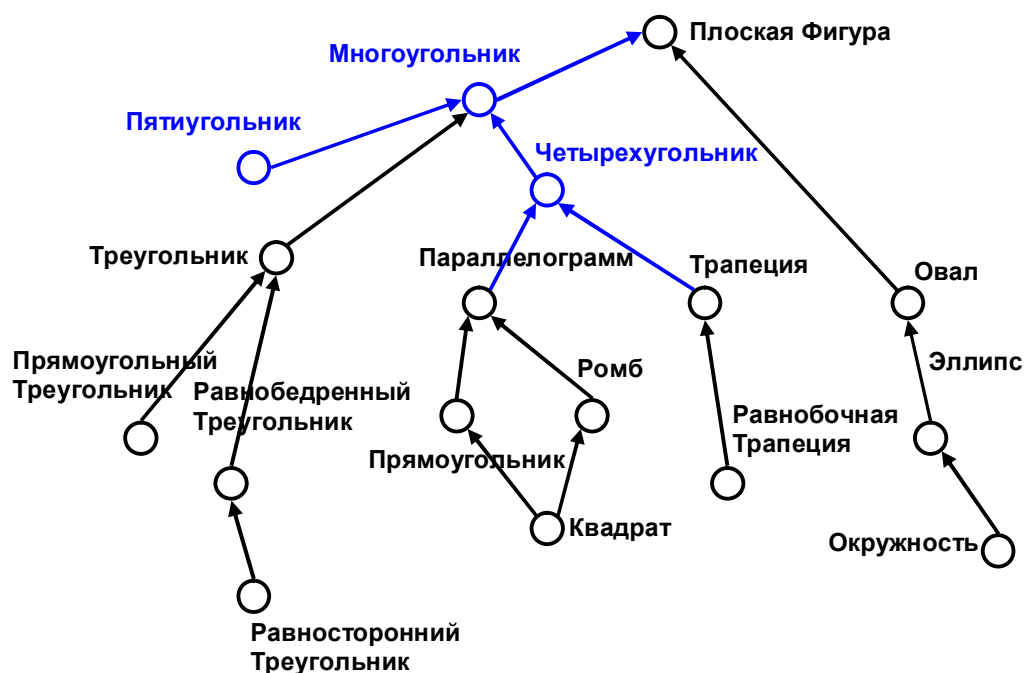


Рис. 1. Фрагмент таксономии в онтологии «Плоская геометрическая фигура»

### 1.3. Структуры понятий и ситуаций

Один объект может составлять часть другого объекта – это привычно для описания окружающего нас мира. Глаза – это часть лица, Крыло или Кабина – часть Самолета, а данная статья – часть трудов конференции Диалог. Для отображения таких видов взаимоотношений целого и частей служат три вида понятий. **Составные понятия**, в которых используется отношение *является\_частью* (*PartOf*). Для таких понятий бывает достаточным только перечисление частей, например, оглавление для трудов конференции. Там, где важны отношения между частями, служат **структурные понятия**. Для выделения структуры используется отношение *имеет\_структуру*. Пример фрагмента структуры понятия *Треугольник* в виде *n*-арной семантической сети (семантического

гиперграфа)<sup>1</sup> представлен на рис. 2. Встречаются такие составные объекты, которые имеют различные части, но не имеют конкретной структуры. Например, три изображенных на рисунке треугольника имеют площадь  $25 \text{ см}^2$ . Для таких объектов вводится понятие **совокупности** с отношением *группа\_из* (*BunchOf*). Например, если три треугольника обозначить как *Тре-к<sub>1</sub>*, *Тре-к<sub>2</sub>*, *Тре-к<sub>3</sub>*, то выражение *BunchOf* (*{Тре-к<sub>1</sub>, Тре-к<sub>2</sub>, Тре-к<sub>3</sub>}*) обозначает составной объект, частями (но не элементами) которого являются три треугольника. Этот объект может использоваться как обычный, хотя и не структурированный объект.

**Ситуация** – это такие описания, которые «компонуются» из некоторого множества взаимосвязанных определенным образом понятий. Они чаще всего не имеют статус понятия и носят временный характер. Такие описания возникают в процессе формирования результата на поступление входной информации. Иногда такого рода описания (скажем, в зависимости от частоты их появления) могут оформляться в онтологии в качестве некоторого сложного понятия. Например, вписанная в треугольник окружность есть ситуация, полученная из описания треугольника, в который добавили описание окружности с определенными ограничениями (окружность с такими параметрами, при которых она касается трех сторон треугольника). Такая ситуация в области планиметрии запомнена в качестве структурного понятия *Вписанная (в Треугольник) Окружность*.

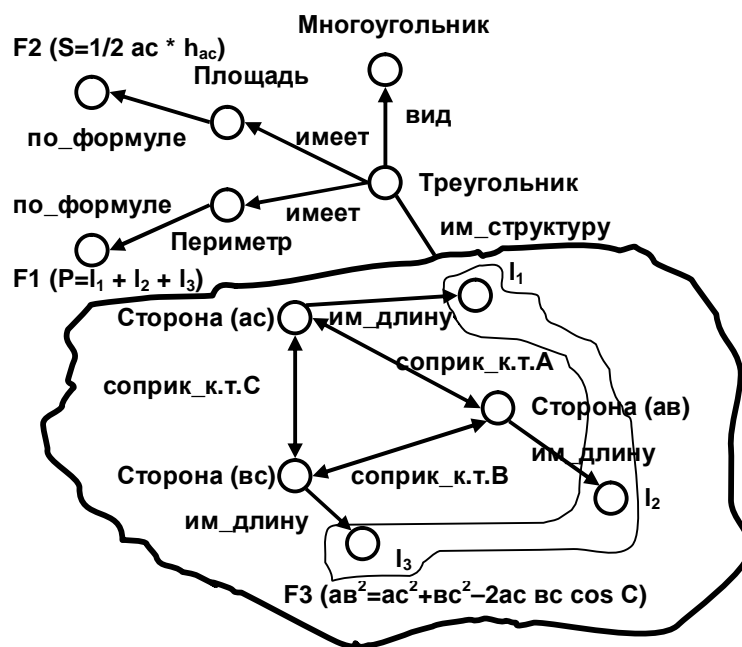


Рис. 2. Фрагмент структуры понятия Треугольник

При составлении структур используются в качестве составляющих понятия, не вошедшие в таксономию классов, но необходимые для полного описания понятия: *Точка*, *Отрезок Прямой*, *Сторона*, *Угол*, *Высота*, *Диагональ*, *Медиана*, *Биссектриса*, *Средняя Линия* и т.д.

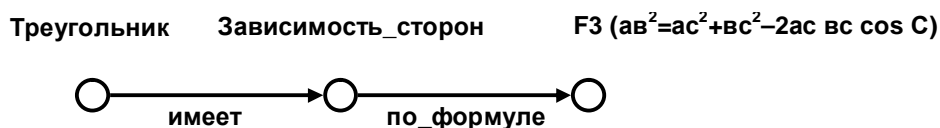
Полная структурная часть понятия может оказаться не столь наглядной, как хотелось бы. Для этого предусматривается возможность при разработке и отладке онтологии представлять эти структуры в виде нескольких *стратов* – структур, в которых

<sup>1</sup> К сожалению, используемые языки для разработки и уточнений онтологий (например, Schematic Language или Elaboration Language [2]) мало приспособлены для описания предлагаемых структур понятий «Планиметрия».

присутствуют базовые элементы, а в остальных частях определены разные компоненты. На рис.1 для наглядности понятие *Треугольник* определено в виде структуры трех отрезков прямых, соединенных концевыми точками. Хотя полная структура понятия *Треугольник* включает биссектрисы, медианы и высоты треугольника (см. рис. 3, где в структуре треугольника представлены понятия *Угол*, а на рис. 4 – понятие *Медиана*).

#### 1.4. Определение свойств и значений свойств

Каждое понятие онтологии имеет свойства: это может быть обозначение класса *Параллелограмм ABCD*, его *Площадь* или *Периметр*. Каждое свойство может быть задано конкретным значением или способом (формулой, реализуемой с помощью присоединенной процедуры) вычисления данного значения свойства. На рисунке интегральными свойствами понятия *Треугольник* являются *Площадь* и *Периметр*. Значения этих свойств для экземпляра понятия подсчитываются по формулам F1 и F2, которые реализуются процедурами при означенных (конкретных, числовых) значениях свойств внутренних понятий *Треугольника*: длин сторон или длины одной стороны и соответствующей высоты. В представлении на языке семантической сети эти свойства связываются с соответствующими понятиями отношениями: *имеет*, *имеет\_длину*, *имеет\_значение* и т.п. Отметим, что некоторые целостные свойства понятия могут быть представлены как внутри структуры этого понятия, так и в виде интегрального его свойства. В данном примере таким свойством является зависимость сторон треугольника, которая описывается формулой F3 (гиперграфовое представление позволяет выделять такие *n*-ки внутри структуры как подструктуры). Эта зависимость сторон может быть представлена свойством целостного понятия *Треугольник*, например, в виде:



Критерии предпочтения того или другого способа представления такого рода свойств автору неизвестны.

Для онтологии планиметрических фигур используются следующие свойства соответствующих понятий: координаты точки, длина, периметр, площадь, высота, угол, кривизна и др.

#### 1.5. Определение отношений

При разработке и при использовании любой онтологии необходимо определиться с перечнем применяемых отношений и их свойствами. Это следует делать исходя из оптимизации списка применяемых отношений и из последующей их кодификации. На сегодняшний день нет общепринятого полного перечня отношений. Поэтому приходится для каждой предметной области вводить свои отношения (хотя относительно некоторых отношений такая практика есть, например, *A kind of*, *PartOf*). Ниже в таблице приведены отношения, используемые в онтологии «Планиметрии». Для многих отношений в онтологии имеются имена обратных отношений, например, вид - род, имеет\_длину – является\_длиной и т.д.

Таблица 1. Отношения в предметной онтологии «Планиметрия»

вид ( <i>A kind of</i> )	разность
является_частью ( <i>PartOf</i> )	образует

элемент_класса ( <i>is a</i> )	имеет_значение
имеет_структуру	имеет_длину
равно	вычисляется_по_формуле
имеет	соприкасается_в_концевой_точке
принадлежит	совпадает
ограничивает	исходит_из
имеет_имя	делит_пополам
проходит_через	является_внутренней_точкой
произведение	параллельно
сумма	перпендикулярно
группа_из ( <i>BunchOf</i> )	параллельно

### 1.6. Процедуры вывода

Использование онтологии как модели предметной области определяется некоторым множеством процедур вывода, которые кратко рассмотрены ниже.

Категории или классы объектов необходимы для организации базы знаний с целью использования информации о **наследовании**. Если известно, что все экземпляры класса *Многоугольник* имеют площадь, и утверждается, что *Треугольник* является подклассом класса *Многоугольник*, а *Равнобедренный Треугольник* является подклассом класса *Треугольник*, то каждый равнобедренный треугольник имеет площадь. Если объект принадлежит к нескольким классам, то в этом случае мы имеем **множественное наследование**. Таким примером в данной онтологии служит *Квадрат*, который одновременно принадлежит и к понятию *Прямоугольник* и к понятию *Ромб*.

Важная особенность семантических сетей – способность представлять **заданные по умолчанию значения** для классов понятий. Это позволяет естественно вводить исключения. Заданные по умолчанию значения находятся с помощью процедуры наследования, поскольку эта процедура следует по связям, направленным вверх от самого объекта, и останавливается, как только находит искомое значение. Значение по умолчанию перекрывается более конкретным значением. Например, площадь любого треугольника подсчитывается по формуле  $1/2 \cdot a \cdot h_a$  (значение по умолчанию), а для прямоугольного треугольника площадь можно подсчитать по более простой формуле  $1/2 \cdot a \cdot b$  (более конкретное значение).

Еще одна общая форма вывода: использование **обратных связей**. Например, связь *имеет\_длину* является обратной по отношению к *является\_длиной*. Это означает, что имеет место высказывание:

$$\forall p, s \text{ имеет\_длину} (p, s) \Rightarrow \text{является\_длиной} (s, p).$$

Возможно, излишне хранить информацию и о прямой, и об обратной связи. Тем не менее, с точки зрения приобретения и использования знаний удобно иметь доступной эту информацию в явном виде. Система приобретения знаний может автоматически заполнить в описаниях и прямое и обратное отношение, обеспечивая полноту и согласованность базы знаний.

Выразительная мощность семантических сетей проявляется, если ввести **присоединенные процедуры** – метод, с помощью которого осуществляется вызов специальной процедуры, предназначенной для обработки определенных отношений. Примером такой процедуры является упоминаемая выше процедура вычисления по формуле.

При оперировании с конкретными экземплярами понятий реализуется процедура **означивания**. По входной информации некоторые переменные в описании структуры понятия принимают либо конкретные значения, либо значения, которые необходимо найти по условиям задачи. Например, если во входных данных относительно понятия *Равнобедренная Трапеция* указаны длина одного из оснований и боковой стороны, то

процедура означивания предполагает задание в обобщенной структуре этого понятия вместо переменных (длины основания и боковой стороны) их конкретные значения.

Фрагменты онтологии, включая структуры и свойства понятий, при решении конкретных задач становятся материалом для описания ситуации, которая определяется входными данными. В дополнение к этим фрагментам онтологии предполагается введение понятий и связей, определяемых входными условиями (текстом геометрической задачи). Это реализуется с помощью процедур **дополнения**. Рассмотрим некоторые из этих процедур на следующем примере. Пусть задан текст геометрической задачи:

*Площадь треугольника, один из углов которого равен разности двух других, равна площади квадрата, сторона которого совпадает с одной из сторон этого треугольника. Найдите углы данного треугольника.*

В описании понятия *Треугольник* никакой информации о «разности двух углов» и о «равенстве этой разности третьему углу» быть не может. А ситуация, описывающая данный текст должна ее включать. В этом случае подключаются процедуры дополнения, которые на основе присутствия знания в онтологии о понятии *Разность* ( $x, y$ ) и о связи *равно* модифицируют описание ситуации введением соответствующих узлов и дуг, как это представлено на рис. 3. Данный рисунок иллюстрирует процедуры дополнения для понятий *Треугольник* и *Квадрат* и процедуры частичного означивания. Выделенные узлы и жирные связи отображают те объекты, которые представлены в тексте задачи. Знак вопроса при значениях понятий *Угол* определяет то, что эти значения необходимо найти в процессе решения геометрической задачи.

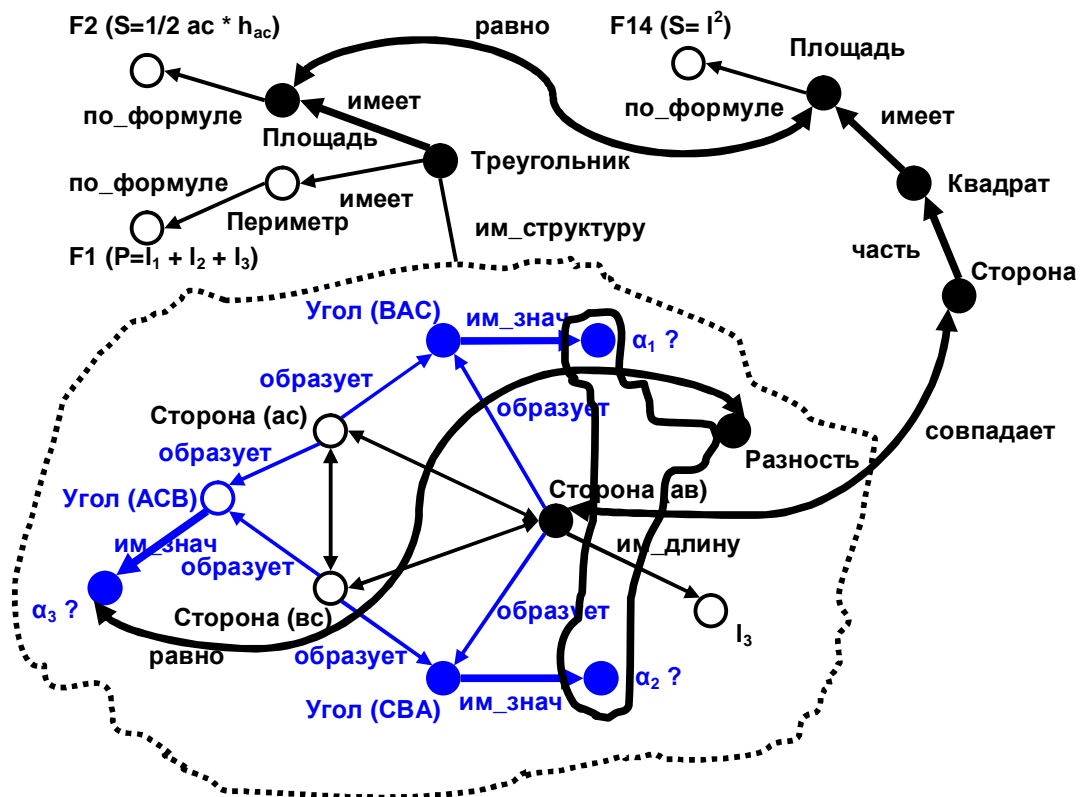


Рис. 3. Частично означенная структура ситуации Треугольник и Квадрат для геометрической задачи

При любом языке представления знаний необходимой процедурой является **сопоставление** описаний. Это либо сравнение по образцу (pattern matching), либо поиск изоморфизма графов. Последняя процедура, описанная в [6], предполагает сопоставление семантического представления текста геометрической задачи со структурными

фрагментами предметной онтологии. Результат такого сопоставления представлен на рис. 3., где понятия углов треугольника, их значений и одной из сторон этого треугольника (выделенные узлы) сопоставлены с фрагментами семантического описания текста задачи.

## 2. Понимание текстов геометрических задач

Тексты геометрических задач [7] представляют собой набор связанных предложений. Они включают простые и сложные предложения, неполные предложения (с анафорами и эллипсисами).

Под пониманием геометрических задач будем подразумевать такое их представление на языке предметной онтологии «Планиметрия», которое будет являться связным, означенным и дополненным описанием ситуации, представленной текстом. Рассмотреть весь процесс анализа текстов геометрических задач в рамках данной работы не представляется возможным. Поэтому проиллюстрируем для пары текстов геометрических задач те структуры ситуаций, которые должны быть получены в результате лингвистического анализа с использованием данной предметной онтологии.

Геометрическая задача:

*Найдите площадь треугольника, две стороны которого равны 6 и 8, а медиана, заключенная между ними, равна 5.*

На рис. 4. представлена означенная структура ситуации, соответствующая тексту задачи, где  $l_1 = 6$ ,  $l_2 = 8$ ,  $l_4 = 5$  являются означенными элементами. Полученное представление является связным (связность выделенных элементов определяется существующими связями в структуре понятия *Треугольник* и связью *им\_структуру*). Этот результат, конечно, содержит больше информации, чем представлено в тексте. Такая «избыточность», на наш взгляд, является существенным моментом процесса понимания текста при наличии предметной онтологии.

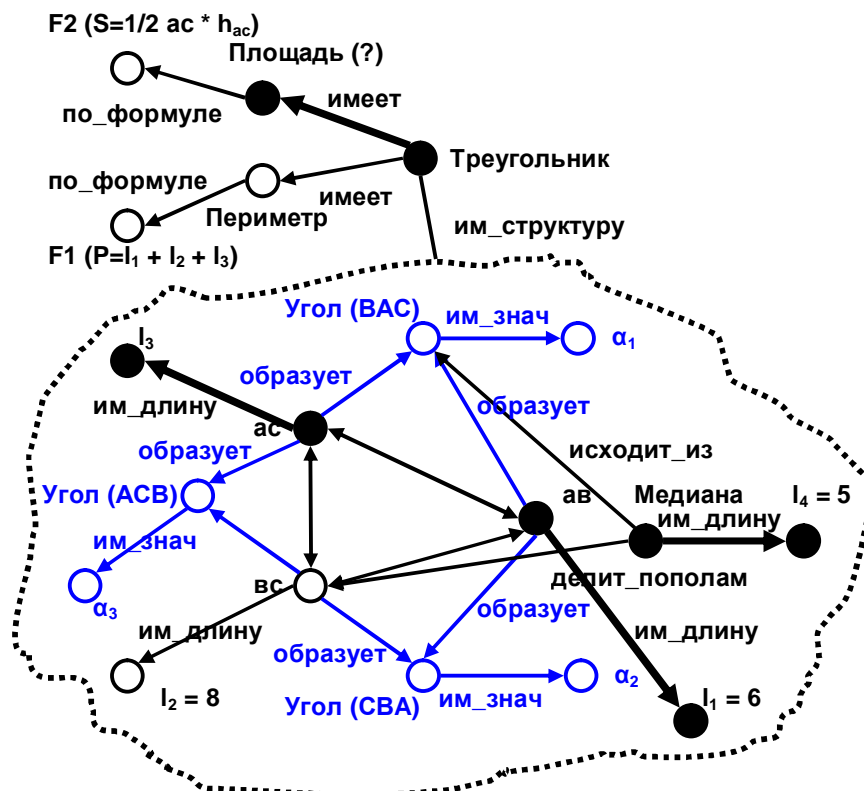


Рис. 4. Означенная структура понятия *Треугольник* для геометрической задачи

Геометрическая задача:

В равнобедренной трапеции боковая сторона равна 12, а основания 20 и 28. Найдите периметр трапеции.

На рис. 5. представлена означенная структура ситуации, соответствующая тексту задачи, где  $l = 12$ ,  $l_2 = 20$ ,  $l_3 = 28$  являются означенными элементами. Здесь выделенные элементы определяют те данные, которые были представлены во входном тексте.

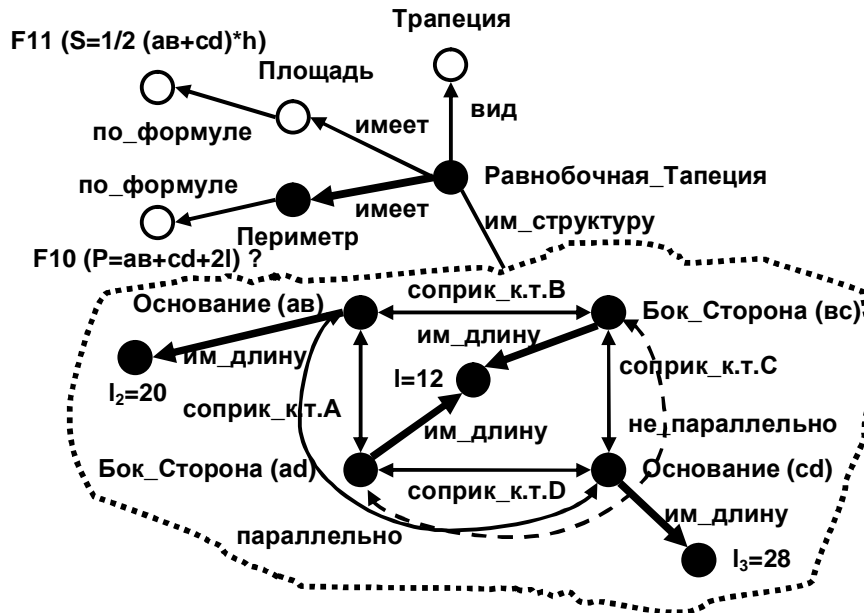


Рис. 5. Означенная структура понятия Равнобочная Трапеция

### Заключение

Процесс построения любой онтологии является итеративным, при котором происходит ее модификация и расширение. В качестве одного из возможных направлений расширения предметной онтологии «Планиметрия» может быть введение в данную онтологию понятий, планиметрические фигуры которых изображены на рис. 6.

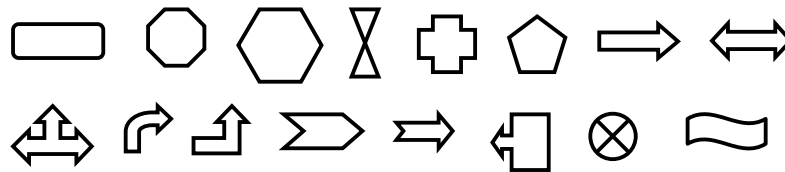


Рис. 6. Различные виды плоских фигур

Каждая из этих фигур имеет общепринятое название и может быть представлена в качестве отдельного понятия онтологии.

Важным вопросом создания и поддержания онтологии является процесс ее тестирования. Для онтологии «Планиметрия» в качестве средств тестирования возможны следующие:

- построение текстов на базе онтологических представлений, например с помощью системы генерации текстов по структурным описаниям [8];
- построение по структурным описаниям понятий синтез изображений планиметрических фигур с помощью системы концептуальной графики;



- собственно решение геометрических задач с помощью какого-либо решателя типа Problem Solver.

### *Литература*

1. Гаврилова Т.А. Формирование прикладных онтологий // Труды XX национальной конференции по Искусственному Интеллекту с международным участием – КИИ-2006, т. 2 – М.: Физматлит, 2006.
2. Гладун А.Я., Рогущина Ю.В.. Онтологии в корпоративных системах. // Корпоративные системы, №1, 2006.
3. Рассел Стюарт, Норвиг Питер. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.
4. Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Онтологии для автоматической обработки текстов: описание понятий и лексических значений. // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды Международной конференции "Диалог 2006" / Под ред. Н.И. Лауфер, А.С. Нариньяни, В.П. Селегея. – М.: Изд-во РГГУ, 2006.
5. Сидорова Е.А., Загоруйко Ю.А., Кононенко И.С. Семантический подход к анализу документов на основе онтологии предметной области // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды Международной конференции "Диалог 2006" / Под ред. Н.И. Лауфер, А.С. Нариньяни, В.П. Селегея. – М.: Изд-во РГГУ, 2006.
6. Хахалин Г.К. Использование гиперграфов в лингвистической трансляции // Труды Международного семинара "Диалог'99" по компьютерной лингвистике и ее приложениям. М., 1999. Т. 2. С. 315-320.
7. Шарыгин И. Ф. Задачи по геометрии. Планиметрия. – М.: Наука, 1982 — 160 с.
8. Болдасов М.В., Соколова Е.Г. Генерация текстов на естественном языке - теории, методы, технологии // НТИ, Серия 2, N7, 2006, с.1-15.