

Формальное представление метаинформации для некоторых подходов к согласованию онтологий*

© Н. А. Скворцов

Институт проблем информатики РАН
naskv@ipi.ac.ru

Аннотация

Подходы, используемые средствами поддержки согласования онтологий, во многом основываются на методах, разработанных для интеграции схем баз данных. Однако этого недостаточно, так как онтологии определяют понятия, семантика которых может быть сходной при различных подходах к описанию их структуры. В [6] нами были описаны подходы для обнаружения сходств и различий семантики понятий при согласовании онтологий. В качестве продолжения этого исследования ставится задача разработать для этих подходов представление метаинформации в модели, определяемой языком Синтез, которая используется для концептуального моделирования предметных областей и в качестве канонической модели для интеграции неоднородных информационных ресурсов в спецификациях научных задач. Настоящая статья описывает, как могут использоваться метаонтологии, онтологии верхнего уровня, фундаментальные виды метасвойств понятий, экземпляры классов понятий для семантического согласования онтологий, и представляет спецификации этой метаинформации в модели, определяемой языком Синтез.

1 Введение

Онтология призвана задавать семантику понятий предметной области, она определяет онтологический контекст, в котором работает некоторое сообщество. Подходы к описанию структуры одних и тех же понятий в контекстах, описанных разными онтологиями, могут быть различными, что влияет на состав структурных спецификаций, их ограничения и степень детализации понятий.

При взаимодействии сообществ, работающих в разных онтологических контекстах, возникают задачи согласования онтологий [3]. К таким задачам относятся отображение одной онтологии в другую, интеграция одной онтологии в другую как части, слияние онтологий для получения новой и другие. Основой решения этих задач является построение отображений понятий одной онтологии в понятия другой онтологии.

Информационные модели, используемые сегодня в качестве онтологических, либо неформальны, либо включают достаточно простые средства спецификации для возможности использования автоматического вывода, довольствуясь описаниями структурных спецификаций понятий и простых ограничений над ними. Поэтому большинство методов, используемых для согласования онтологий, предварительно связывают понятия по вербальной информации, и затем на основе полученных связей оперируют со структурными спецификациями, оценивая их близость и обнаруживая и устраняя разного рода конфликты. Результатом этого стало то, что для согласования онтологий применяются методы, уже разработанные в области интеграции концептуальных схем баз данных. Недавний обзор [5] методов отображения онтологий выявил именно такую тенденцию, что послужило поводом для настоящего исследования.

Очевидно, что семантика онтологической информации специфична и не ограничивается спецификацией схемы. Структурные спецификации онтологических понятий отражают не структуры для абстрактного представления информации, которую необходимо хранить и обрабатывать, а собственные свойства понятий и связи их между собой, образуя систему, вне которой каждое отдельно взятое понятие не может существовать.

Методы связывания по именам и вербальным спецификациям, методы структурной идентификации релевантных спецификаций и разрешения структурных конфликтов применимы как к схемам, так и к онтологиям. Однако важно, чтобы при таком согласовании гарантировалось сохранение семантики понятий. Кроме этого, необходимы механизмы, позволяющие находить сходства и различия в семантике понятий помимо той, которая определяется их структурными спецификациями.

Труды 11^й Всероссийской научной конференции
«Электронные библиотеки: перспективные методы и
технологии, электронные коллекции» - RCDL'2009,
Петрозаводск, Россия, 2009.

В [6] нами был обоснован выбор для дальнейших исследований нескольких подходов к семантическому согласованию онтологий. Выбор исследуемых подходов производился не на основании качества применяемых методов анализа имён или структуры понятий, хотя такие подходы должны использоваться для предварительного связывания понятий. Основными критериями при выборе исследуемых подходов были формальность, то есть возможность формального вывода, и сохранение семантики понятий при отображении.

В настоящем исследовании ставится задача представления метаинформации, необходимой для онтологических спецификаций, используемых в выбранных подходах. В разделе 2 кратко объяснены исследуемые подходы к описанию семантики онтологических понятий и основанные на них подходы к согласованию онтологий. Раздел 3 посвящён описанию модели, определяемой языком Синтез [2], в которой описывается метаинформация для представления онтологических спецификаций. Последующие разделы описывают представление в данной модели метаинформации, используемой в конкретных подходах. Последний раздел 7 возвращается к схемам, говорит об особенностях концептуального моделировании предметных областей, требованиях к спецификациям концептуальных схем предметных областей и применимости подходов, описанных в статье, для их согласования.

2 Подходы к спецификации понятий и к согласованию онтологий

Если предположить, что онтологии достаточно точно и полно отражают семантику понятий предметной области, для проверки сохранения семантики описаний при отображении онтологических понятий может использоваться отношение уточнения спецификаций. Для рассуждения в терминах уточнения используются формальные методы, поэтому утверждение об уточнении можно доказывать. В разделе 3 описывается представление онтологических спецификаций в объектной модели языка Синтез, для которой разработано формальное отображение в средства доказательства уточнения [8].

Целью структурной спецификации понятий является определение их семантики через связи с другими понятиями. Однако подходы к определению семантики понятий не должны заканчиваться на этом. Ниже исследуются подходы к согласованию онтологий, независимые от сходств и различий в описаниях структуры онтологических понятий, но рассматривающие семантику понятий с других ракурсов. В качестве таких подходов предложено [6] использование общих метаонтологий и фундаментальных метасвойств (раздел 5), характеризующих понятия онтологий, а также анализ объектов, являющихся экземплярами понятий (раздел 6).

Семантика понятий, помимо структурных спецификаций, может определяться с помощью выражения их смысла в терминах другой более абстрактной модели. Одним из подходов описания теоретико-модельной семантики понятий является сопровождение спецификаций понятий онтологии описанием их в терминах метаонтологии. При согласовании онтологий противоречивость спецификаций согласовываемых понятий в терминах общей метаонтологии будет говорить об их разной семантике. И напротив, эквивалентность описаний понятий разных онтологий в терминах метаонтологии может означать близость этих понятий. Подробнее этот подход обсуждается в разделе 4.

Под фундаментальными метасвойствами понимаются такие свойства понятий по отношению к соответствующим им сущностям реального мира, как неотъемлемость, независимость, идентификация, различные обязательства сущностей, соответствующих понятиям, друг к другу. Подобными свойствами понятий, в свою очередь, определяются разновидности понятий – родовидовые, роль, категория и другие. В большинстве онтологических моделей средства для спецификации подобных особенностей понятий отсутствуют, хотя они немаловажны для определения семантики понятий. Их спецификация рассматривается в разделе 5. При согласовании онтологий фундаментальные свойства понятий могут помочь обнаружить разницу в их понимании, проверить корректность разного рода связей, установленных между онтологическими понятиями.

Анализ экземпляров при согласовании онтологий также важен. Ему посвящён раздел 6. Нахождение хотя бы одного экземпляра, который принадлежит экстенционалу одного понятия, но не принадлежит эквивалентному понятию в другой онтологии, заставляет усомниться в корректности связи между понятиями. На анализе отношений экстенционалов основан денотационный подход к определению семантики понятий, анализ соответствия экземпляров понятиям является его разновидностью. И хотя изначально онтологии не могут определяться спецификациями принадлежности понятиям каждого экземпляра в отдельности, для согласования онтологий применение конкретных экземпляров к согласовываемым понятиям часто выявляет скрытые различия в понятиях.

Все описанные подходы требуют дополнительных спецификаций к обычно имеющимся вербальным и структурным спецификациям онтологий, однако несут и дополнительные знания о согласовываемых онтологиях, помогающие разобраться в семантике понятий. Полезно сопровождать онтологии такими спецификациями уже при разработке онтологий.

3 Представление онтологий средствами абстрактных типов языка Синтез

Прежде чем можно будет начать действия по согласованию онтологий, их онтологические модели должны быть приведены к одной унифицированной модели. В качестве ядра для создания унифицированной модели мы используем расширяемый объектный язык спецификаций Синтез [2]. В основе языка используется язык фреймов, над которым построена объектная модель.

Любая спецификация в языке Синтез является фреймом с возможностью задавать его идентификатор, его слоты, значения слотов, а также метафреймы, метаслоты и метазначения. Семантика конкретных фреймов определяется принадлежностью фрейма метаклассам, перечисленным в специальном слоте `in`. В частности, метакласс `module` содержит фреймы, в которых определяются модули языка Синтез. Метакласс `type` содержит абстрактные типы данных, а метакласс `concept` – все онтологические понятия. В определениях понятий метакласс `type` можно опускать, так как указываемый метакласс `concept` является его подклассом.

Объектная модель языка позволяет выстраивать решётку типов, основанную на отношении тип/подтип. Кроме того, она определяет ещё одну иерархию, ортогональную первой. Это иерархия классификации, которая основана на отношении класс/экземпляр. На нулевом уровне классификации находятся экземпляры объектов типов, на первом – абстрактные типы данных, на втором – метатипы, то есть классы, экземплярами которых являются типы. И так далее. Эти две иерархии будут использованы в статье как средства выражения необходимой нам метаинформации.

В представленном ниже примере на языке Синтез определяются простые понятия звёздной астрономии:

```
{ StellarOntology;
  in: module;
  kind: ontology;

  type:

  { Star;
    in: type, concept;
    luminosityClass: LuminosityClass;
    metaslot
      inverse: LuminosityClass.ofStar
    end
  },
  { MainSequenceStar;
    in: type, concept;
    supertype: Star;
    luminosityInv:
    {in: predicate, invariant;
    { predicative; {
      all m/MainSequenceStar
      (m.luminosityClass = MainSequence)
    }}}}
```

```
},
  { LuminosityClass;
    in: type, concept;
    ofStar: Star;
    metaslot
      inverse: Star.luminosityClass;
    end
  };

class_specification:

  { star;
    in: metatype;
    instance_type: Star
  },
  { mainSequenceStar;
    in: metatype;
    superclass: star;
    instance_type: Star;
  },
  { luminosityClass;
    in: metatype;
    instance_type: LuminosityClass;
  };
}
```

Онтология определяет понятия «Звезда», «Звезда главной последовательности» и «Класс светимости». Онтологические понятия определяются в онтологическом модуле (`StellarOntology`). Для спецификации интенциональных свойств понятий используются абстрактные типы данных (`Star`, `MainSequenceStar`, `LuminosityClass`). Вербальные спецификации и подробные спецификации внутренней структуры типов понятий мы опускаем и не затрагиваем в статье. Экстенциональные спецификации также являются частью спецификации онтологии, они описывают связанные с понятиями классы (`star`, `mainSequenceStar`, `luminosityClass`) как множества объектов-экземпляров понятий. Тип понятия является типом экземпляров данного класса. Любой фрейм, соответствующий данному типу, может стать экземпляром класса понятия. Например, «Главная последовательность» – конкретный класс светимости, и для неё определён фрейм (`MainSequence`), являющийся экземпляром понятия «Класс светимости».

```
{ MainSequence;
  in: frame, luminosityClass;
}
```

Формальный подход к отображению онтологических понятий разных онтологий в модели, определяемой языком Синтез, использует концепцию уточнения абстрактных типов данных. Установленное между абстрактными типами данных, отношение уточнения означает, что значение уточняющего типа гарантированно можно использовать вместо значения уточняемого типа, не замечая подмены. Данное отношение для абстрактных типов данных языка Синтез

определяется формально, поэтому утверждение об уточнении типов можно доказывать [9]. Спецификация отображения одного понятия в другое определяется в виде конкретизирующего типа, разрешающего конфликты типов, определяющих данные понятия. Корректность отображения обосновывается доказательством отношения уточнения между понятием и конкретизирующим типом. Разрешение конфликтов и доказательство уточнения понятий не входит в задачи статьи.

На практике для обоснования отношения уточнения абстрактных типов данных спецификации однозначно отображаются [8] в нотацию абстрактных машин и доказываются в специализированных средствах доказательства уточнения, использующих абстрактные машины в качестве входного языка. Важно отметить, что семантика объектной модели языка Синтез, заданная ее отображением в формальную модель, позволяет считать спецификации на языке Синтез формальными. Доказанное отношение уточнения понятий гарантирует корректность отображения онтологий. Однако при этом надо быть уверенным, что спецификации онтологических понятий изначально точно отражают их семантику.

4 Представление метаонтологий и онтологий верхнего уровня

Согласование онтологий производится, когда их предметные области, по меньшей мере, пересекаются. То есть, некоторые части согласовываемых онтологий имеют общую природу, общие понятия. Для согласования таких онтологий имеет смысл описывать их дополнительно в терминах некоторой общей онтологии более абстрактного уровня. Дополнительная спецификация в терминах более абстрактных понятий позволит обнаруживать родственные понятия в онтологиях и конфликты семантики близких понятий.

В модели, определяемой языком Синтез, для связывания согласовываемых онтологий с понятиями более абстрактной общей онтологии в зависимости от природы последней могут быть использованы два вида связи:

- отношение тип/подтип;
- отношение класс/экземпляр.

В случае использования отношения тип/подтип онтология верхнего уровня, содержащая понятия наиболее общего назначения, становится общим основанием согласовываемых онтологий. Понятия онтологий выстраиваются в продолжение иерархии понятий онтологии верхнего уровня. Данный подход требует серьезных усилий по согласованию иерархий понятий рассматриваемых онтологий с онтологией верхнего уровня. Ниже показан пример спецификации понятия «Звезда» (Star), которое является подпонятием понятия онтологии верхнего

уровня «Астрономический объект» (AstronomicalObject).

```
{ AstronomicalObject;
  in: concept;
}
...
{ astronomicalObject;
  in: metatype;
  instance_type: AstronomicalObject;
}
```

```
{ Star;
  in: concept;
  supertype: AstronomicalObject;
}
...
{ star;
  in: metatype;
  superclass: astronomicalObject;
  instance_type: Star;
}
```

Отношение класс/экземпляр используется для спецификации понятий онтологий дополнительно понятиями метаонтологии. Метаонтологией для данной онтологии является онтология, которая содержит обобщённое описание метамодели [7], на основе которой можно построить большинство онтологических моделей, либо онтология, описывающая наиболее общие категории понятий с общими свойствами, характерные для рассматриваемой предметной области [4].

Понятия онтологий, а также, при необходимости, отношения и атрибуты понятий становятся экземплярами понятий метаонтологии. Такой принцип построения спецификаций позволяет сделать независимыми друг от друга спецификации в терминах метаонтологии и собственно спецификации рассматриваемых онтологий, так как эти спецификации находятся на разных уровнях иерархии классификации, которая ортогональна иерархии абстрактных типов данных. Соответственно, благодаря независимости спецификаций, нет и ограничений на одновременное использование нескольких метаонтологий, рассматривающих онтологии с разных ракурсов предметной области. Ниже описано понятие «Класс светимости» (LuminosityClass), являющееся экземпляром понятия метаонтологии «Параметр измерения» (MeasurementParameter).

```
{ MeasurementParameter;
  in: concept;
}
...
{ measurementParameter;
  in: metatype;
  instance_type: MeasurementParameter;
}

{ LuminosityClass;
  in: concept, measurementParameter;
```

```

}
...
{ luminosityClass;
  in: metatype;
  instance_type: LuminosityClass;
}

```

Чтобы подчеркнуть независимость спецификации понятий в онтологии от спецификации их в терминах метаонтологии, последнюю можно убирать в метафрейм как дополнительную метаинформацию о понятиях.

```

{ LuminosityClass;
  metaframe
    in: measurementParameter;
  end
  in: concept;
}

```

Если подходящего понятия в метаонтологии нет, то элемент онтологии может становиться экземпляром специально созданного служебного понятия, являющегося выражением, описывающим в терминах понятий метаонтологии необходимую семантику. Служебные понятия являются подпонятиями понятий метаонтологии.

Описание понятий онтологии в терминах какой-либо метаонтологии является определением их теоретико-модельной семантики с точки зрения этой метаонтологии. Поэтому если понятия двух онтологий, оказываются в одном классе метаонтологии, то с точки зрения этой метаонтологии они имеют схожую семантику. Спецификации двух согласовываемых онтологий в терминах одной метаонтологии позволяют формализовать в рамках метаонтологии семантический поиск и проверку корректности отображения понятий между разными контекстами: отображаемое понятие должно находиться в одном классе понятия метаонтологии (или служебного понятия) или в его подклассах. В качестве формального вывода применимо доказательство уточнения типов понятий метаонтологии.

5 Представление метасвойств понятий

С онтологическим понятием может быть связан набор фундаментальных метасвойств, с точки зрения которых можно оценить любое понятие или отношение. Им уделяется особое внимание в подходе корректировки иерархий онтологий [1]. Это такие метасвойства, как:

- **сущность** – неотъемлемость свойства сущности;
- **стойкость** – существенное свойство в любом воображаемом контексте или мире;
- **идентификация** – является ли понятие идентифицирующим сущности;
- **зависимость** – может ли сущность существовать вне зависимости от других;

- **единство** – определяет экземпляры как целые сущности, объединяющими части по какому-либо признаку, и другие.

Подразумеваемая семантика конкретных понятий однозначно определяет значение этих метасвойств, и для данного понятия в данном контексте эти значения не могут быть другими. Значения метасвойств предполагают некоторые взаимные ограничения на метасвойства понятий. Такие ограничения могут использоваться и для проверки корректности отображения понятий друг в друга при согласовании онтологий.

Для представления набора фундаментальных метасвойств понятий используются метафреймы, содержащие информацию о метасвойствах конкретного понятия. Для определения точного формата такого метафрейма задаём специальный тип.

```

{ Metaproperties;
  in: type;
  essence: boolean;
  rigidity: {enum; enumlist: {'rigid',
'non-rigid', 'anti-rigid'}};
  identity: {enum; enumlist: {'own',
'identical', 'non-identical'}};
  dependency: boolean;
  unity: boolean;
  ...
}
...
{ metaproperties;
  in: class;
  instance_type: Metaproperties;
}

```

С понятием онтологии связываются конкретные значения метасвойств. Например, понятие Human имеет свойства сущности, строгости, независимости, единства, имеет собственные критерии идентификации сущностей.

```

{ Human;
  metaframe
  in: metaproperties;
  essence: true;
  rigidity: 'rigid';
  identity: 'own';
  dependency: false;
  unity: true;
  end
  in: concept;
}

```

Формальное определение подобных метасвойств требует явного описания семантики метасвойств и ограничений, которые они накладывают на понятия онтологий. Однако определения некоторых метасвойств выразимы только в логике второго порядка. Формулы языка Синтез ограничены утверждениями первого порядка. Поэтому семантика метасвойств скрыта в самом типе Metaproperties, и приходится довольствоваться

только ограничениями на значения метасвойств в связанных понятиях.

Обнаружение конфликтов метасвойств будет означать некорректность построения отображения понятий. Вот примеры критериев для проверки корректности отображения. Для понятия q , являющегося подпонятием (или уточнением для случая отображения понятий) понятия p , верны следующие ограничения:

- если q стойкое для любых сущностей, то p также стойкое для любых сущностей;
- если q несёт свойство, идентифицирующее сущности, то и p тоже;
- если q не несёт единство, то и p тоже;
- всякая сущность должна быть экземпляром единственного наиболее общего понятия, несущего его идентификацию, и другие.

Следствием набора определённых значений метасвойств является выделение разновидностей понятий, таких как родовые понятия («Звезда»), категории («Звезда главной последовательности»), роль («Спутник»), разновидностей отношений часть/целое. Для подобных составных метасвойств также можно определять типы метаинформации и составлять связанные с ними ограничения, вытекающие из ограничений значений метасвойств. Например, сущность может быть экземпляром класса только одного родового понятия.

Фактически исследования фундаментальных метасвойств привели к созданию онтологии верхнего уровня [10], содержащей разновидности понятий, классифицированные по разным свойствам. Использование такой онтологии верхнего уровня может быть альтернативой представлению с помощью специальных метафреймов. Оценка метасвойств понятий может помочь и в отнесении понятий к соответствующим понятиям онтологии верхнего уровня.

6 Представление экземпляров в классах понятий

Выше уже было показано, как фрейм, являющийся экземпляром класса понятия, представляется в языке Синтез. Например, «Сириус» является экземпляром понятия «Звезда»:

```
{ Sirius;  
  in: frame, star;  
}
```

С использованием экземпляров понятий, будь то сущности реального мира или информация, соотношённая с понятиями онтологии, может быть реализован денотационный подход к определению семантики понятий для их согласования. Конфликты в отнесении конкретных сущностей и моделей реального мира экспертами из разных онтологических контекстов к понятиям своих онтологий будут служить сигналом к тому, что в отображении онтологий присутствуют ошибки.

Например, в одной онтологии понятие «Астрономический объект» включает все нерукотворные астрономические сущности, а в другой онтологии понятие «Источник» включает сущности, имеющие фиксируемое электромагнитное излучение. Понятия связаны, но не эквивалентны, и конфликт между ними можно обнаружить при проверке принадлежности обоим понятиям, в частности, какой-либо известной тёмной туманности, не излучающей электромагнитного излучения.

Методика согласования онтологий с помощью сущностей-экземпляров понятий предполагает работу не одного эксперта, а взаимодействие экспертов, представляющих каждую из согласовываемых онтологий. Данный экстенциональный подход к отображению онтологических понятий «по образцу» может быть реализован формальным образом, так как существование хотя бы одного конфликтного экземпляра подвергает сомнению отношение уточнения понятий.

Другой подобный подход спецификации денотационной семантики понятий использует не конкретные сущности, но классы сущностей, которые могут применяться для проверки принадлежности понятиям обеих онтологий в качестве подпонятия.

7 Концептуальное моделирование предметных областей

До сих пор при упоминании схем речь шла о концептуальных схемах баз данных, специфицирующих структуры данных и ограничения целостности независимо от структур хранения и реализации. Структуры данных и ограничения схемы отражают соответствующие информационные аспекты сущностей предметной области.

Разница между онтологией предметной области и концептуальной схемой предметной области определяется назначением, направленностью на понятия или на информационные структуры. Способы спецификации могут быть разными в соответствии с разными назначениями. Однако для концептуальной схемы предметной области необходимо использовать выразительные с точки зрения семантики спецификации, чтобы точно определять каким понятиям предметной области соответствуют сущности, описанные в концептуальной схеме.

Что касается подходов к интеграции концептуальных схем предметных областей, то описанные в статье подходы к согласованию спецификаций равно применимы к ним, как и к онтологиям, и также полезны для семантически точного отображения схем.

В частности, одним из подходов к определению семантики спецификаций концептуальной схемы предметной области является семантическая

аннотация элементов схемы в терминах онтологии предметной области. Для этого используются средства, аналогичные тем, которые применялись в разделе 4 для аннотации спецификаций онтологии в терминах метаонтологии.

На языке Синтез аннотирование производится с помощью указания класса понятия онтологии в слоте `in` среди списка классов, в которые входит данный элемент спецификации. Другими словами, элементы спецификации схемы становятся экземплярами класса понятия. Выражения в терминах онтологии определяют новые служебные подпонятия, которые создаются в случае необходимости для описания точного смысла элемента спецификации схемы в терминах онтологии. Ниже представлен пример типа `Star` концептуальной схемы, описывающего звезду, с одним атрибутом `lc`, в котором задаётся значение класса светимости звезды от 1 до 5. При этом тип `Star` описывается как экземпляр класса `star` онтологии `StellarOntology`, а атрибут `lc` – как экземпляр класса `luminosityClass` этой же онтологии.

```
{ Star;
  metaframe
  in: StellarOntology.star;
  end
in: type;

lc: integer;
  metaslot
  in: StellarOntology.luminosityClass;
  end
lcInv:
  {in: predicate, invariant;
   { predicative;
   { all s/Star
     ( s.ls >= 1 & s.ls <= 5 )
   }}}
};
```

При согласовании схем предметной области релевантными будут считаться те отображаемые элементы схем, которые согласно аннотации соответствуют тому же понятию или одному из его подпонятий.

Также к концептуальным схемам предметной области применимы и подходы их согласования, основанные на метасвойствах типов и на экземплярах классов.

Заключение

Приведённые в статье подходы к семантическому согласованию онтологий требуют дополнительного определения семантики онтологических понятий с разных точек зрения, но позволяют достигать формального и семантически обоснованного отображения понятий. Приведённые подходы к согласованию онтологий учитывают специфику онтологической информации, не

ограничиваясь методами согласования структурных спецификаций онтологий.

Представленные методы применимы как для неавтоматизированного взаимодействия экспертов-представителей конкретных онтологий при ведении дискуссий в ходе согласования онтологий, так и для создания систем поддержки согласования онтологий, предоставляющей автоматизированные методы в помощь экспертам для построения формальных отображений онтологий.

Литература

- [1] Guarino, N. and Welty, C. An overview of OntoClean. In Staab, S. and Studer, R. (Eds), Handbook on Ontologies, Springer, Berlin, 2004, pp. 151-172
- [2] Kalinichenko L.A., Stupnikov S.A., Martynov D.O. SYNTHESIS: a Language for Canonical Information Modeling and Mediator Definition for Problem Solving in Heterogeneous Information Resource Environments. Moscow: IPI RAN, 2007. - 171 p.
- [3] J. Euzenat, P. Shvaiko. Ontology Matching. Springer-Verlag, New York, 2007
- [4] И. Л. Артемьева. Сложно структурированные предметные области. Построение многоуровневых онтологий. "Информационные технологии" №1, 2009 – сс. 16-21
- [5] Н. А. Скворцов. Вопросы согласования онтологических моделей и онтологических контекстов. Симпозиум «Онтологическое моделирование», М: ИПИ РАН, 2008
- [6] Н. А. Скворцов. Специфика подходов согласования онтологических контекстов. «Знания и Онтологии *ELSEWHERE* – 2009», ICCS'09, Москва, 2009
- [7] Н. А. Скворцов, С. А. Ступников. Использование онтологии верхнего уровня для отображения информационных моделей. RCDL'2008, Дубна: ОИЯИ, 2008 – сс. 122-127
- [8] С. А. Ступников. Отображение спецификаций ядра канонической модели в нотацию абстрактных машин. Формальные методы и модели для композиционных инфраструктур распределённых информационных систем: Системы и средства информатики, специальный выпуск. – М: ИПИ РАН, 2005. -- сс. 69--95
- [9] С. А. Ступников Моделирование композиционных уточняющих спецификаций. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. -- М: ИПИ РАН, 2006. – 195 с.
- [10] DOLCE : a Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering. <http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html>

Formal representation of metainformation for some approaches to ontology reconciliation

N. A Skvortsov

Approaches used for support of ontology reconciliation are mostly based on the methods developed for schema integration. However it is not enough since ontologies define concepts with similar semantics using different approaches to structure description. At recent paper represented in the seminar “Knowledge and ontology *ELSEWHERE* - 2009”, approaches of discovering similarity and difference of concept semantics for ontology reconciliation. In continuation of that research we have developed representation of metainformation for these approaches in the model defined by the Synthesis language used in conceptual modeling of subject domains and as a canonical model for integration of heterogeneous information resources into scientific problem specifications. The paper describes how to use metaontologies, high level ontologies, fundamental kinds of metaproperties, and concept class instances for semantic reconciliation of ontological contexts, and represents specifications of this metainformation in the model defined by Synthesis language.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 08-07-00157-а) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН №3 «Фундаментальные проблемы системного программирования».