

УДК 004.682

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

А.Г. Олейник¹, П.А. Ломов²

*Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Мурманская область, Россия*

¹oleynik@iimm.ru, ²lomov@iimm.ru

Аннотация

В статье описывается продолжение исследований, направленных на формирование интегрированного пространства знаний для информационно-аналитической поддержки научных исследований и разработок по различным направлениям деятельности научного центра. Данная работа посвящена рассмотрению принципов построения и использования онтологической модели интегрированного пространства знаний (онтологии ИПЗ) различных научных областей. Данная онтология используется в качестве базиса для создания конкретных онтологий, создающихся и/или поддерживающихся отдельными исследовательскими учреждениями или научными коллективами. В статье представлена её реализация в виде системы онтологических паттернов содержания (Ontology Content Design Patterns), которые представляют собой небольшие целостные фрагменты онтологии, формализующие обобщённые ситуации предметной области (например, участие в событии, исполнении роли, наличие частей у объекта и др.). Паттерны содержания используются в качестве строительных блоков при разработке онтологий. Рассматривается общая система паттернов онтологии, а также описан общий принцип их применения для представления знаний. Приведены основные преимущества предлагаемого подхода к разработке онтологии ИПЗ, которые заключаются в упрощении её использования и обеспечении качества онтологического описания предметных знаний в разрабатываемых на её основе онтологиях за счёт повторного использования проверенных решений, представленных содержащимися в ней паттернами.

Ключевые слова: онтология, онтологические паттерны, онтологический инжиниринг.

Цитирование: Олейник, А.Г. Разработка онтологии интегрированного пространства знаний / А.Г. Олейник, П.А. Ломов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 465-474. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-465-474.

Введение

Выработка системных решений в сфере управления сложными территориально распределенными системами требует совместного использования знаний и данных различных научных областей. Современные информационные технологии предоставляют мощные инструменты автоматизированной интеграции и обработки, как данных, так и декларативных знаний, представленных в «компьютерном» виде. Однако серьёзной проблемой интеграции разнородных декларативных знаний является устранение концептуальной и терминологической неоднозначности при формировании их «компьютерного» представления. Эта проблема обусловлена тем, что эксперты, как правило, формулируют своё видение исследуемой системы и решаемых задач в некотором поле основных понятий, присущих их предметной области (ПрО). При этом возникает терминологическая несогласованность, а порой и понятийная противоречивость элементов формируемой модели. Противоречивость представляемых знаний может быть обусловлена и наличием альтернативных взглядов на свойства системы у экспертов одной ПрО.

В качестве одного из вариантов решения указанной проблемы разработана технология концептуального моделирования на основе функционально-целевого подхода [1]. Данная технология ориентирована на поддержку начальных этапов организации вычислительного эксперимента по исследованию сложных систем. Технология обеспечивает формирование взаимосвязанных формальных схем декларативных моделей, описывающих моделируемую ПрО, решаемые в рамках данной ПрО задачи и используемые для решения этих задач программно-аппаратные средства и данные. В рамках технологии реализованы алгоритмы автоматизированного анализа структуры и разрешимости концептуальных моделей различной структуры, предложены методы синтеза исполнительных сред реализации проблемно-ориентированных вычислительных экспериментов на основе концептуальных моделей.

В последние десятилетия для структурирования, формализации и унификации представления знаний с целью их многократного и гибкого использования в информационных системах применяются онтологии. Как отмечается, в частности, в работе [2], термин *онтология* впервые появился в работе Томаса Грубера [3], в которой рассматривались различные аспекты взаимодействия интеллектуальных систем между собой и с человеком. В настоящее время под онтологией понимается описание декларативных знаний, сделанное на формальном языке и снабжённое некоторой классификацией специфицируемых знаний, позволяющей человеку удобно воспринимать их [2]. В качестве языка для описания онтологий наибольшую популярность, благодаря наличию богатых выразительных возможностей и вместе с тем формальной разрешимости, получил язык веб-онтологий OWL (Ontology Web Language). Предложенный и развиваемый консорциумом W3C OWL на сегодняшний день является де-факто стандартом описания онтологий для их использования в Интернет.

Использование общих принципов формализации и языка описания онтологий позволяет существенно упростить решение задачи обеспечения технической interoperability информационных систем, работающих с онтологиями. В работе [4] был предложен гибридный вариант организации на основе онтологий архитектуры интегрированного пространства знаний (ИПЗ) мультидисциплинарного научного центра. Такое решение предполагает создание на общей основе отдельных репозиториев научных знаний различных научных областей, каждый из которых поддерживается независимо, и их последующее связывание. Однако проблема семантической interoperability, то есть одинаковой интерпретации информационных объектов интегрируемыми системами, остаётся до конца не решённой.

Снизить семантическую разнородность онтологий можно на этапе их разработки, если изначально ориентироваться на их использование в информационных системах, функционирующих в рамках ИПЗ. Следует отметить, что при этом процесс проектирования будет усложняться необходимостью априорного согласования вновь вводимых в некоторую онтологию знаний с уже представленными в онтологиях ИПЗ знаниями. Причём согласование будет требоваться на всех уровнях – от концептуализации понятий описываемой ПрО, реализуемой соответствующим экспертом, до использования программистами принятого в рамках информационного пространства единого протокола обмена сообщениями. Общими для всех онтологий ИПЗ должны быть приёмы моделирования и правила описания понятий, используемые специалистами по онтологическому инжинирингу при формализации вводимых в онтологии ИПЗ понятий. Для упрощения разработки и оперирования прикладными онтологиями, ориентированными на использование в рамках ИПЗ, в работе [5] предлагается рассматривать их как совокупность реализаций онтологических паттернов содержания (Ontology Content Design Patterns, CDP) [6]. Это позволяет экспертам ПрО при формировании онтологии и обращении к ней работать не со специфическими языковыми конструкциями (аксиомами OWL, триплетами RDF), а их комбинациями, имеющими описание своего назначения и способов применения.

В настоящей работе представлена онтологическая модель ИПЗ (онтология ИПЗ), реализуемая в виде системы онтологических паттернов содержания. Авторы полагают, что применение предлагаемого подхода к разработке онтологии позволит не только упростить работу с ней, но и обеспечить качество онтологического описания за счёт повторного использования проверенных решений, представленных включенными в онтологию паттернами.

1 Общая структура онтологии ИПЗ

Онтология ИПЗ [7] предназначена для интеграции и целостного представления знаний, накопленных в различных научных областях. Как правило, связующим звеном представляемых в ней гетерогенных знаний является общность объекта исследований, который является большой и сложной системой. Разработанная онтология ИПЗ состоит из нескольких модулей, определённых в соответствии с уровнем абстракции их понятий и функционального назначения их содержимого. Каждый модуль представляет собой файл, содержащий отдельную онтологию, описанную с помощью языка веб-онтологий OWL. Таким образом, онтология ИПЗ образуется путём импорта данных модулей (рисунок 1).

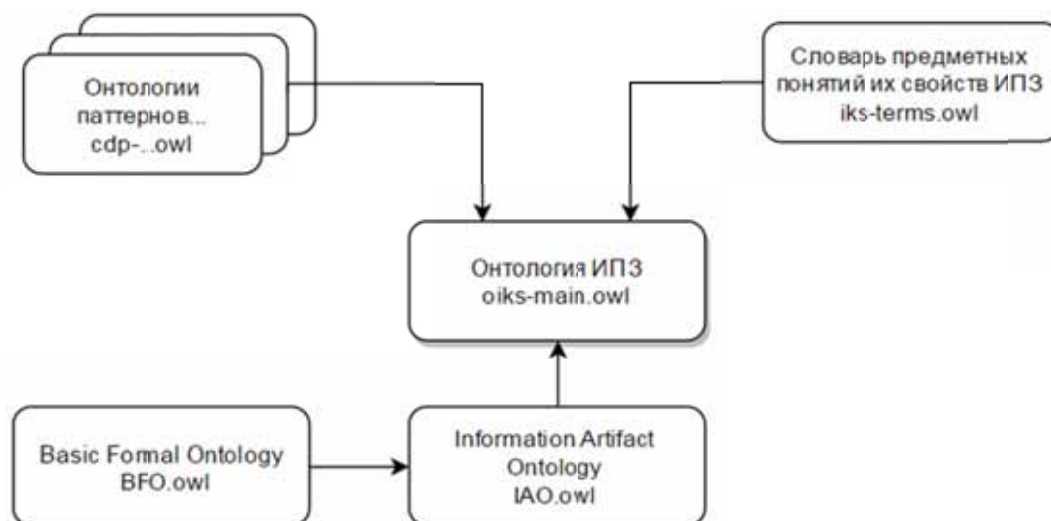


Рисунок 1 - Модульная структура онтологии ИПЗ

В качестве основы использована онтология информационных артефактов (Information Artifact Ontology, IAO) [8]. Она в свою очередь является расширением одной из распространённых онтологий верхнего уровня - базовой формальной онтологии (Basic Formal Ontology, BFO) [9].

Элементы из онтологии BFO используются для описания абстрактных инвариантных к ПрО объектов, процессов и явлений. Элементы IAO направлены на представление процессов получения информации, их участников, а также информационных источников и носителей. При этом они не только образуют понятийную систему, но и включают в себе правильные с точки зрения онтологии IAO приёмы представления знаний ПрО. Однако, как это было отмечено в работе [5], изучение таких концепций пользователем онтологии может потребовать серьёзных затрат труда и времени. Поэтому было принято решение выделить целостные фрагменты понятийной системы IAO, представляющие концепты, расширить их с учётом типовой организации научной деятельности в РФ и задач применения онтологии ИПЗ и локализовать их в виде отдельных онтологических паттернов содержания. Каждый такой пат-

терн представляется в виде мини-онтологии в отдельном файле и решает одну задачу онтологического моделирования, при этом в нём используются понятия и отношения из ИАО.

Помимо этого, в онтологии ИПЗ был выделен модуль, хранящий словарь конкретных понятий и отношений. Его главной задачей является представление некоторого описания понятия или отношения на естественном языке.

Таким образом, общий принцип представления знаний в онтологии ИПЗ включает следующие шаги:

- создание соответствующих классов и/или отношений, с описывающими их текстовыми метками (лейблами) и комментариями в онтологии-словаре;
- подбор подходящего паттерна содержания;
- специализация выбранного паттерна, которая состоит в определении отношений наследования между его элементами и элементами из онтологии-словаря.

2 Используемые паттерны содержания онтологии ИПЗ

Рассмотрим основные паттерны содержания, применяемые для структурирования и представления информации о научных исследованиях в рамках интегрированного пространства знаний. Общая схема разработанных паттернов представлена на рисунке 2.

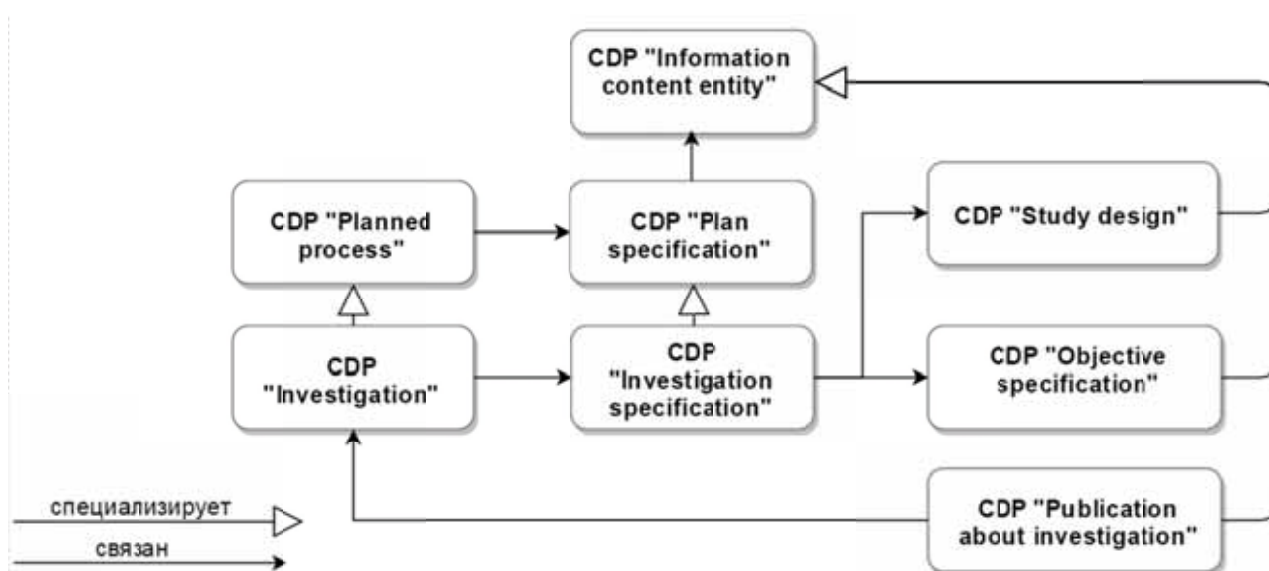


Рисунок 2 - Система паттернов содержания онтологии ИПЗ

Отношение «специализирует» (specialization) между паттернами означает, что один из классов или одно из свойств в одном паттерне является подклассом или подсвойством некоторого класса или свойства другого. При этом в остальном паттерны идентичны. Отношение «связан» (related) между паттернами означает, если они имеют некоторые общие классы или наследуют некоторые классы друг друга. В остальном паттерны могут различаться [10].

К базовым паттернам содержания, которые выступают основой для других, ориентированных на непосредственное применение пользователями, относятся «Информационная сущность» (Information content entity) и «Планируемый процесс» (Planned process). Данные паттерны целиком представляют собой фрагменты ИАО.

Паттерн «Информационная сущность» позволяет определить фрагмент информации, который описывает некоторый объект и должен быть представлен на одном или нескольких

материальных носителях информации. Таким образом, становится возможным отразить зависимость между информацией и её носителем, не отождествляя их.

Паттерн «Планируемый процесс» задаёт происходящий во времени процесс, который реализует некоторый план, задаваемый спецификацией плана. Спецификация плана представляет собой информационную сущность, которая включает в качестве частей описание цели процесса (или его этапов) и действий, обеспечивающих достижение этих целей.

На основе паттерна «Планируемый процесс» был разработан паттерн «Процесс исследования» (Investigation), а также связанный с ним паттерн «Спецификация исследования» (Investigation specification). Паттерн «Спецификация исследования» представляет собой некоторую концепцию исследования (цель исследования, объект, предмет, исполнители, метод), которая реализуется в реальном процессе исследования.

С целью возможной детализации частей спецификации исследования были разработаны паттерны «Метод исследования» (Study design) и «Спецификация целей» (Objective specification). Паттерн «Метод исследования» позволяет представить информацию о том, какие методы и как планируется применять в процессе исследования. Паттерн «Спецификация целей» позволяет указать распределение задач и ролей между участниками исследования.

Паттерн «Публикация об исследовании» позволяет отразить, какие результаты и кем были получены по завершению процесса исследования, а также факты их публикации в различных источниках.

3 Пример применения паттернов для представления знаний в онтологии ИПЗ

Рассмотрим применение разработанных паттернов на примере паттерна «Спецификация исследования». UML-схема его классов и отношений представлена на рисунке 3.

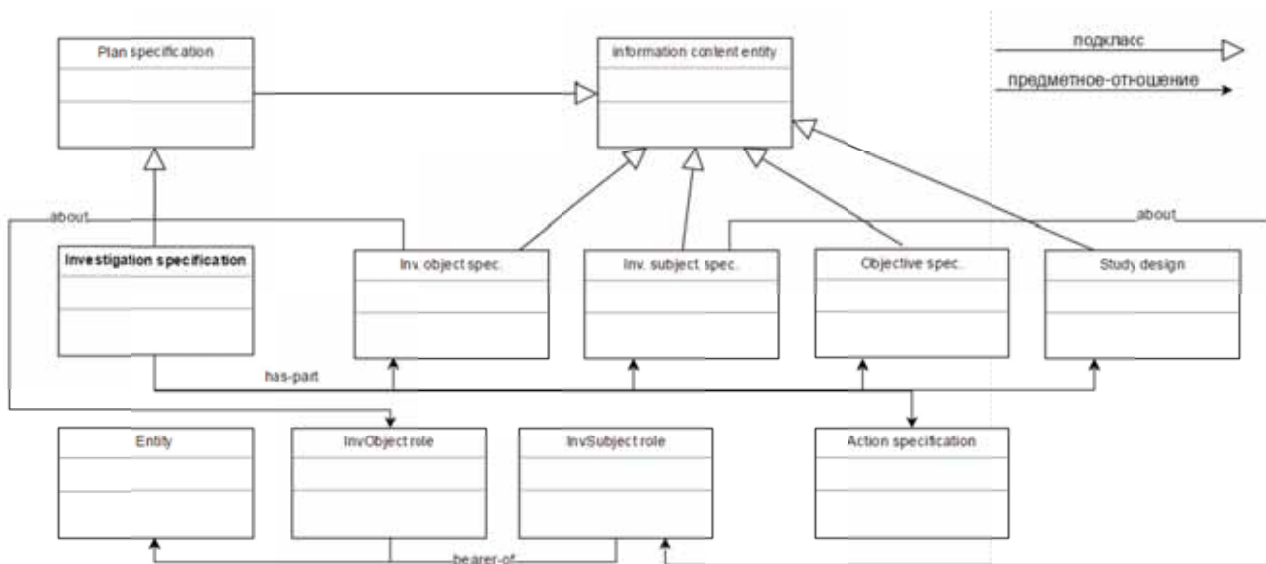


Рисунок 3 - UML схема паттерна содержания «Спецификация исследования»

Стрелками обозначены предметные отношения между понятиями паттерна. Отношение «about» связывает информационную сущность с объектом, который она описывает. Отношение «has-part» связывает некоторое понятие с его понятиями-частями. Отношение «bearer-of» соединяет понятие-роль с понятием, которое выступает носителем этой роли.

В соответствии с технологией экстремального проектирования онтологий (eXtreme Design methodology, XD) [11,12] для каждого паттерна определяется набор квалификацион-

ных вопросов. Они формулируются на естественном языке и указывают, какую информацию можно получить с помощью онтологии, в которой информация была представлена на основе данного паттерна.

Для паттерна «Спецификация исследования» были определены следующие квалификационные вопросы:

- Какой предмет в контексте данного объекта планировалось исследовать?
- Каковы цели/ход/метод исследования?
- Какие исследования планировались относительно данной сущности?
- В каких исследованиях планировалось применять данный метод/преследовать данную цель?

В целом данный паттерн позволяет определить части спецификации исследования: описание цели исследования (Objective specification), действий (Action specification), объекта (Investigation object specification) и предмета (Investigation subject specification) исследования и применяемого метода (Study design).

Применение данного паттерна заключается в создании экземпляров соответствующих классов в онтологии. Само содержание этих экземпляров задаётся некоторым текстом на естественном языке, который может соответствовать, например, некоторому разделу заявки на получение гранта, постановочной статьи. «Привязка» такого текстового фрагмента к экземпляру осуществляется путём указания значения его аннотационного свойства (OWL Annotation property) «Описание» (Description).

Пример использования данного паттерна приведён на рисунке 4.

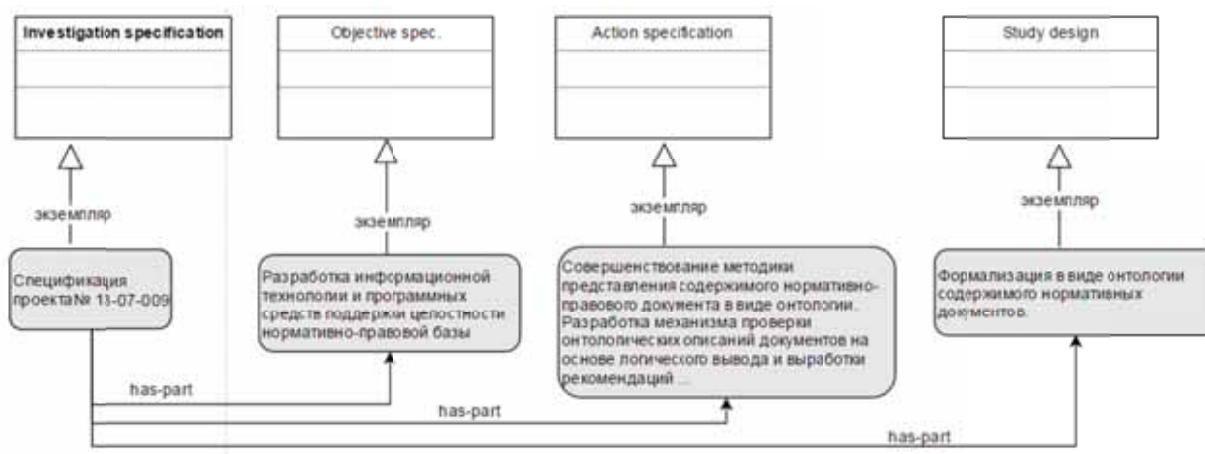


Рисунок 4 – Пример использования паттерна «Спецификация исследования»

На данном рисунке представлены экземпляры, содержащие информацию о некотором исследовании. При необходимости пользователь может далее детализировать спецификацию исследования за счёт использования паттернов «Метод исследования» (Study design) и «Спецификация целей» (Objective specification). Это позволит расширить множество квалификационных вопросов и тем самым позволит получить дополнительную информацию об исследовании.

Рассмотрим применение паттерна «Метод исследования» (Study design) для получения более детализированного описания спецификации исследования. Его схема представлена на рисунке 5.

Данный паттерн является специализацией паттерна содержания «Описание-Ситуация» (Description&Situation, DnS) [13]. Основу паттерна DnS составляют понятия ситуации (Situation) и описания (Description). Ситуация задаёт некоторое n-арное отношение ($n > 2$)

между сущностями ПрО. Например, движение автомобиля по городу со скоростью более 60 км/час. Описание задаёт дополнительную интерпретацию ситуации в другой системе понятий, то есть она переконцептуализирует понятия ситуации посредством своих понятий, которые обычно принадлежат другой ПрО. Например, описание «Нарушение скоростного режима», включающее понятия «Транспортное средство», «Место движения», «Скоростное ограничение», задаёт новую интерпретацию рассмотренной ранее ситуации. В таком случае описание удовлетворяется (отношение «is-satisfied-by») некоторой ситуацией.

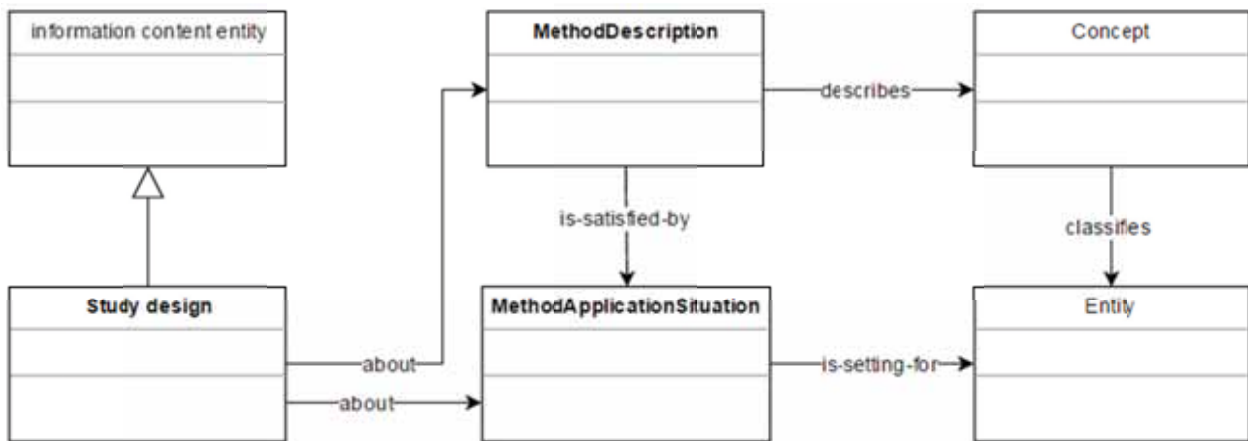


Рисунок 5 - UML схема паттерна содержания «Метод исследования»

Таким образом, понятие «Метод исследования» (Study design) связывается (отношение «about») с методом (Method description) и способом его применения (Method application situation), которые она описывает.

Применение данного паттерна для детализации описания метода исследования состоит в определении набора экземпляров класса «Концепт» (Concept), соответствующих понятиям, используемым в рамках данного метода (отношение «describes»), и последующей их связкой (отношение «classifies») с экземплярами, соответствующими сущностям ПрО (Entity), которые составляют (отношение «is-setting-for») ситуацию применения этого метода. Например, в случае детализации метода «Наблюдение», в качестве компонентов его описания задаются роли наблюдателя и наблюдаемой сущности и наблюдаемого параметра, а удовлетворяющая ситуация может включать некоторую персону, как наблюдателя, определенный производственный/природный процесс, как наблюдаемую сущность и его продолжительность, как параметр.

Применение этого паттерна позволяет расширить множество квалификационных вопросов следующими:

- Как исследовались данные объекты?
- Каким образом данный метод планируется применить в данном исследовании?

Пример использования данного паттерна приведен на рисунке 6.

В данном случае экземпляр класса «Study design» дополнительно связывается с экземплярами классов «Method description» и «Method application situation», которые представляют более детализированное и структурированное описание того, как метод будет применяться в данном исследовании.

Рассмотренный принцип использования разработанных паттернов избавляет пользователя от одновременной манипуляции с большим количеством понятий и отношений и обеспечивает возможность постепенно наращивать сложность представления знаний о сущностях ПрО в зависимости от требований задачи.

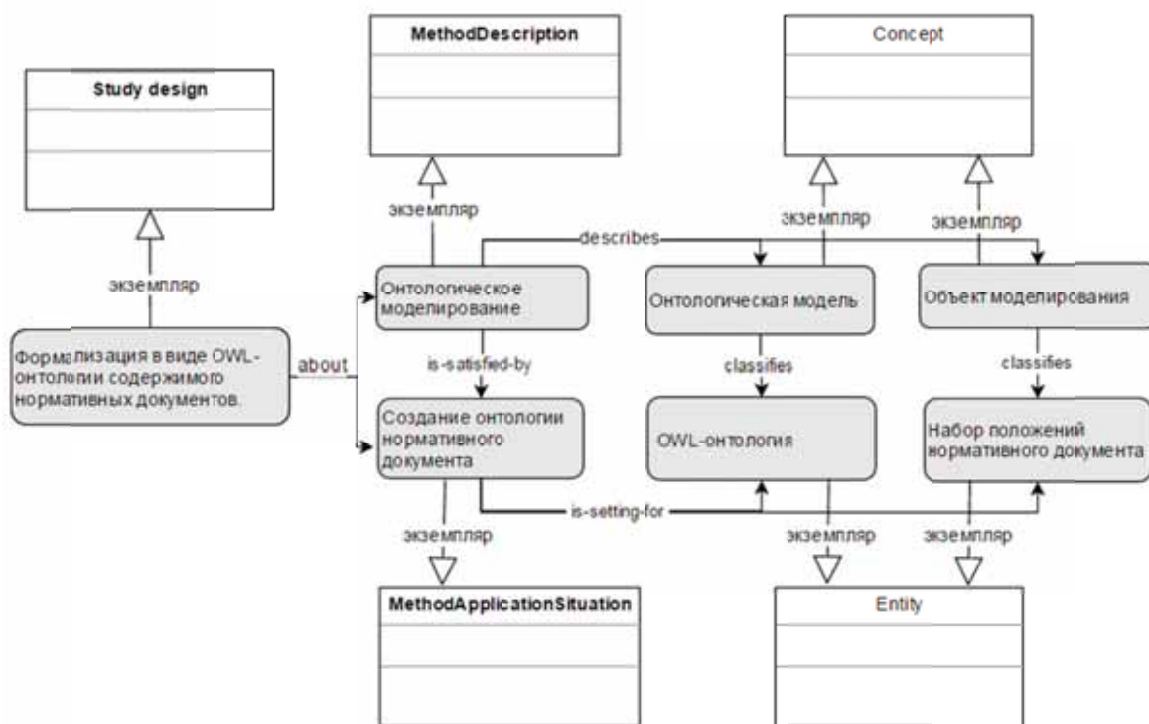


Рисунок 6 – Пример использования паттерна «Метод исследования»

Заключение

Представленная в данной работе онтология ИПЗ задаёт специфику её использования, связанную с наличием большого числа пользователей, обладающих различным опытом и знаниями в разных ПрО, а также необходимостью согласования используемых ими подходов к представлению знаний в онтологии. Наряду с этим следует обеспечить «правильность» таких представлений с точки зрения концептуального и онтологического моделирования.

Рассмотренный подход к построению онтологии ИПЗ путём выделения в ней отдельных паттернов содержания позволяет упростить её применение пользователем. Это обусловлено тем, что при использовании того или иного паттерна пользователь оперирует ограниченной понятийной системой, в рамках которой решается одна конкретная задача онтологического моделирования и чётко, в виде набора квалификационных вопросов, определены результаты такого решения. Наряду с этим применение паттернов обеспечивает приемлемый уровень качества полученного онтологического представления ввиду того, что каждый паттерн представляет собой проверенный и доказавший свою эффективность вариант решения задачи, ориентированный на повторное применение в некотором наборе практических случаев.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант-16-07-00562, грант 15-07-03321.

Список источников

- [1] Олейник, А.Г. Развитие технологии концептуального моделирования, основанной на функционально-целевом подходе/ А.Г. Олейник, В.А. Путилов // История науки и техники, №1, 2014. – С.37-52.

- [2] *Ланушин, В.А.* Онтологии в компьютерных системах. - <http://www.interface.ru/home.asp?artId=33244>
- [3] *Gruber, T.R.* The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, 601-602.
- [4] *Олейник, А.Г.* О формировании единого пространства мультипредметных знаний Кольского научного центра РАН / Олейник А.Г., Ломов П.А. // Труды V-й международной конференции "Системный анализ и информационные технологии" САИТ-2013 (19-25 сентября 2013г., г. Красноярск, Россия) - Т.1 - Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. - С. 258-265.
- [5] *Ломов, П.А.* Применение паттернов онтологического проектирования для создания и использования онтологий в рамках интегрированного пространства знаний / П.А. Ломов // Онтология проектирования – 2015. - Том 5, №2(16). – с.233-245. - DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-233-245.
- [6] *Gangemi, A.* Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. // Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, pp. 262-276, 2005. Springer.
- [7] Ontology of Integrated Knowledge Space - <https://github.com/palandlom/ontology-of-integrated-knowledge-space>.
- [8] *Werner, C.* Aboutness: Towards Foundations for the Information Artifact Ontology / Werner, C., Smith, B. // In Proceedings of the Sixth International Conference on Biomedical Ontology (ICBO). CEUR Vol. 1515 1-5.
- [9] *Arp, R.* Building Ontologies with Basic Formal Ontology/ Arp, R., Smith, B. Spear, A // The Mit Press, 2015 - DOI: 10.7551/mitpress/9780262527811.001.0001 - <https://mitpress.mit.edu/books/building-ontologies-basic-formal-ontology>
- [10] *Ломов, П.А.* Автоматизация синтеза составных онтологических паттернов содержания / П.А. Ломов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №2(20). - С. 162-172. – DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-162-172.
- [11] *Blomqvist, E.* Experiments on Pattern-Based Ontology Design. / Blomqvist, E., Gangemi, A., Presutti, V.// In: K-CAP 2009, ACM (2009)
- [12] *Blomqvist, E.* Experimenting with eXtreme Design. / Blomqvist E., Presutti V., Daga E., Gangemi A. // In proceedings of EKAW 2010, LNCS 6317. Springer. Berlin/Heidelberg/New York: pp. 120-134.
- [13] *Masolo, C.* WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 / Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A., Shneider, L. (2003)

DEVELOPMENT OF THE ONTOLOGY OF INTEGRATED KNOWLEDGE SPACE

A.G. Oleynik¹, P.A. Lomov²,

*Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes,
The Kola Science Center of RAS, Apatity, Murmansk region, Russia*

¹oleynik@iimm.ru, ²lomov@iimm.ru

Abstract

The article describes continuation of research aimed at the formation an integrated space knowledge for the information and analytical support for research and development in various fields of a scientific centers activity. This work is devoted to the principles of development and use of ontological model of the integrated knowledge space (IKS ontology) of different scientific fields. IKS ontology is used as the basis for the building of specific domain ontologies, which is created and/or is maintained by certain scientific institutions or research teams. The article presents its implementation in the form of a system of ontology content design patterns, which describe small ontology fragments that encode general use cases (e.g. participation in event, role playing, parts of object.). Content CDPs are used as building blocks during ontology development. A general system of created ontology patterns, as well as principles of their application to knowledge representation and the main advantages of the proposed approach have been considered.

Key words: *ontology, ontology design patterns, ontology engineering.*

Citation: *Oleynik AG, Lomov PA.* Development of the ontology of integrated knowledge space. *Ontology of designing.* 2016; 6(4): 465-474. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-465-474.

Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research - grant 16-07-00562, 15-07-03321 grant.

References

- [1] **Olejnik AG, Putilov VA.** Development of the conceptual modeling technology based on functional-target approach [In Russian], History of science and technique, №1, 2014. – S.37-52.
- [2] **Lapshin VA.** Ontologies in computers systems [In Russian] - <http://www.interface.ru/home.asp?artId=33244>
- [3] **Gruber TR.** The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, 601-602.
- [4] **Olejnik AG., Lomov PA.** Formation of a multi-subject knowledge space of Kola Science Centre RAN [In Russian]. Proceedings of the V International conference "System analyses and information technologies" SAIT-2013 (19-25 September 2013, Krasnojarsk, Russia) - T.1 - Krasnojarsk: IVM SO RAN, 2013. - S. 258-265.
- [5] **Lomov PA.** Application of ontology design patterns to development and use of ontologies in an integrated knowledge space [In Russian]. Ontology of designing. 2015; V.5, 2(16): 233-245. DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-2-233-245.
- [6] **Gangemi A.** Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, pp. 262-276, 2005. Springer.
- [7] Ontology of Integrated Knowledge Space - <https://github.com/palandlom/ontology-of-integrated-knowledge-space>.
- [8] **Werner, C.** Aboutness: Towards Foundations for the Information Artifact Ontology / Werner, C., Smith, B. // In Proceedings of the Sixth International Conference on Biomedical Ontology (ICBO). CEUR Vol. 1515 1-5.
- [9] **Arp, R.** Building Ontologies with Basic Formal Ontology/ Arp, R., Smith, B. Spear, A // The Mit Press, 2015 - DOI: 10.7551/mitpress/9780262527811.001.0001 - <https://mitpress.mit.edu/books/building-ontologies-basic-formal-ontology>
- [10] **Lomov PA.** Automation of synthesis of composite content ontology design pattern [In Russian]. Ontology of designing. 2016. V.6,2(20). C. 162-172. DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-162-172.
- [11] **Blomqvist E, Gangemi A, Presutti V.** Experiments on Pattern-Based Ontology Design. In: K-CAP 2009, ACM (2009)
- [12] **Blomqvist E, Presutti V, Daga E, Gangemi A.** Experimenting with eXtreme Design. In proceedings of EKAW 2010, LNCS 6317. Springer. Berlin/Heidelberg/New York: pp. 120-134.
- [13] **Masolo C, Borgo S, Gangemi A, Guarino N, Oltramari A, Shneider L.** WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 (2003)

Сведения об авторах



Олейник Андрей Григорьевич, 1962 г.р., доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Области научных интересов: компьютерное моделирование сложных систем; информационные системы поддержки принятия решений.

Oleynik Andrey Grigorjevich, (b.1962) D.Sc. (tech), Deputy Director on scientific work, Institute for Informatics and Mathematical Modelling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS. Research interests: simulation of complex systems; decision support systems; databases.



Ломов Павел Андреевич, 1984 г.р., окончил Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (2006), кандидат технических наук, научный сотрудник Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Области научных интересов: представление знаний, онтологическое моделирование, Semantic web, информационная безопасность.

Lomov Pavel Andreevich, (b.1984) PhD, research associate of Institute for Informatics and Mathematical Modelling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS. Research interests: knowledge representation, ontological modeling, Semantic web, information security.