

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский

**ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКОНОМИКИ ПРЕДПРИЯТИЙ
И ОТРАСЛЕЙ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ**

**Часть 3. Российские исследования и разработки
в области онтологического инжиниринга
и бизнес-онтологий**

Препринт WP7/2011/08 (ч. 3)

Серия WP7

Математические методы анализа решений
в экономике, бизнесе и политике

Москва
2011

УДК 004.78:658

ББК 65.39

E91

Редакторы серии WP7
«Математические методы анализа решений в экономике,
бизнесе и политике»

Ф.Т. Алескеров, В.В. Подиновский, Б.Г. Миркин

Е91 Ефименко И. В. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 3. Российские исследования и разработки в области онтологического инжиниринга и бизнес-онтологий : препринт WP7/2011/08 (ч. 3) [Текст] / И. В. Ефименко, В. Ф. Хорошевский ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 68 с. – 150 экз.

Представленный аналитический обзор структурирован относительно наиболее важных направлений онтологического моделирования и инжиниринга и коллективов, где такие исследования и разработки проводятся в России. Дан обзор подходов, методологий и инструментов онтологического моделирования, ориентированных, в первую очередь, на область экономики бизнеса. Обсуждаются российские работы в области создания онтологий предприятий и организаций, а также использования онтологических методов в поддержке принятия решений. Подводятся итоги по всем препринтам с общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России» и приводятся рекомендации по развитию работ по онтологическому моделированию и инжинирингу в области охвата проекта «Создание высокотехнологического производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

УДК 004.78:658

ББК 65.39

Работа осуществлена при частичной финансовой поддержке Государственного контракта № 13.G25.31.0033 от 07 сентября 2010 г. между ЗАО «Авикомп Сервисез» и Министерством образования и науки Российской Федерации на реализацию комплексного проекта «Создание высокотехнологического производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

Ефименко И.В. – НИУ ВШЭ (Москва), iefimenko@hse.ru.

Хорошевский В.Ф. – Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, khor@ccas.ru.

**Препринты Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики» размещаются по адресу: <http://www.hse.ru/org/hse/wp>**

© Ефименко И. В., 2011

© Хорошевский В. Ф., 2011

© Оформление. Издательский дом
Высшей школы экономики, 2011

Содержание

1. Введение	4
2. Онтологическое моделирование: подходы, методологии и инструменты.....	7
3. Онтологии предприятий и организаций	19
4. Онтологические модели в поддержке принятия решений	36
5. Заключение	56
Литература	60

1. Введение

Настоящая работа завершает цикл из трех препринтов под общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России», в которых представлены аналитические обзоры состояния исследований и разработок в области онтологических моделей и онтологического инжиниринга в мире и в нашей стране. В совокупности эти препринты вводят читателя в проблематику онтологического моделирования и онтологического инжиниринга, показывают ретроспективу исследований и разработок в этих областях и, на наш взгляд, идентифицируют наиболее интересные и перспективные направления дальнейших работ.

В первом препринте были представлены проекты и разработки, которые заложили фундамент здания пространств знаний. В частности, здесь обсуждались инициатива (КА)², инструментарий Ontobroker и проект SHOE; подход компании Metaweb, реализованный в базе данных Freebase, и реализация социальных сетей на базе микроформатов; семантические технологии для пространств знаний и Semantic Web с акцентом на обсуждении моделей, методов и средств построения онтологий «с нуля», реинжиниринга онтологий, коллективной разработке онтологий, а также объединении и выравнивании онтологий; базисные онтологические теории и модели, в рамках обсуждения которых были представлены существующие классификации онтологий, рассмотрены наиболее известные из онтологий верхнего уровня, а также новые теории создания онтологических моделей.

Второй препринт был посвящен подробному обсуждению результатов двух наиболее известных в мире школ онтологического инжиниринга в области бизнеса – канадской школы, сформировавшейся в процессе работ по многолетнему проекту TOVE, и эдинбургской школы, база которой сформирована в результате проекта Enterprise Project, а также исследованиям и разработкам специалистов из Западной и Восточной Европы, США, Австралии и Юго-Восточной Азии, анализ которых показал, что в настоящее время в Италии и в Скандинавии (в частности, в Финляндии) наблюдается формирование новых школ онтологического инжиниринга в области бизнеса. В этом же препринте были кратко представлены онтологические модели SAP.

Анализу состояния исследований и разработок в России посвящена настоящая работа.

В России онтологический инжиниринг как область исследований сформировался после бурных дискуссий, в частности, на конференциях серии КИИ в конце 90-х годов прошлого века [Попов, 1998], где часть специалистов (например, Э.В. Попов, Г.С. Осипов) утверждала, что это не более чем модный на Западе термин, за которым стоит известная всем специалистам в области ИИ проблема представления знаний, а другая (например, Т.А. Гаврилова, Н.В. Лукашевич, В.Ф. Хорошевский) стояла на позиции, что это развитие методов и средств представления и манипулирования знаниями в интересах интеллектуальных систем нового поколения. Сейчас, когда онтологический инжиниринг как область научных исследований и разработок общепризнан не только во всем мире, но и в России, это замечание представляет скорее исторический интерес, но в те годы это, на наш взгляд, в определенной мере замедлило темпы развития работ в данной области в нашей стране. Представляется, что немаловажную роль в привлечении внимания российских специалистов к онтологиям как перспективному направлению в инженерии знаний сыграла монография [Гаврилова, Хорошевский, 2001].

С позиций сегодняшнего дня ретроспективу и состояние российских исследований и разработок можно охарактеризовать следующим образом. Первую волну онтологического инжиниринга в России, на наш взгляд, сформировали коллективы из Санкт-Петербурга [Gavrilova, 2007; Рубашкин, 2006], Москвы [Добров, Лукашевич, 2006; Хорошевский, 2008; [Efimenko, et al., 2009; Ефименко и др., 2010], Новосибирска [Сидорова и др., 2006], Казани [Невзорова, 2008] и Владивостока [Клещев и др., 2001а; Клещев и др., 2001б; Клещев и др., 2001в]. При этом «команда» Т.А. Гавриловой из Санкт-Петербурга была сосредоточена в основном на методологии и методах проектирования онтологий и разработке инструментария для работы с экспертами, специалисты из Владивостока – на формальных моделях онтологий и использовании этих моделей в прикладных задачах, а «команды» из Москвы, Новосибирска и Казани – на использовании онтологий разного уровня общности и выразительной мощности в прикладных системах обработки ЕЯ-текстов и в рамках исследований по онтологическому инжинирингу.

Вторая волна принесла в российские исследования и разработки по онтологическому моделированию и онтологическому инжинирингу новый, более широкий, спектр направлений работ и расширила российское научно-техническое «онтологическое» сообщество. Определенную роль в этом процессе сыграли конференции Российской ассоциации искус-

ственного интеллекта (КИИ), конференции проекта «Диалог», конференции серии ЗОНТ (Знания – Онтологии – Теории), а в последнее время и такие конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых, как молодежные конференции «Инженерия знаний и технологии Semantic Web» (KESW) в Санкт-Петербурге и международные научно-технические конференции “Open Semantic Technologies for Intelligent Systems” (OSTIS) в Минске.

Вместе с тем следует отметить, что исследования в области онтологических моделей предприятий, отраслей и микроэкономики в целом ведутся в России в очень ограниченном числе коллективов и, по сути дела, находятся на начальном этапе своего развития, связанного с осмыслением мирового опыта и разработкой пилотных версий онтологий бизнес-процессов. Поэтому здесь еще рано говорить об устойчивых кластерах онтологического инжиниринга, ориентированного на экономику, но уже можно обсуждать первые результаты отдельных исследовательских коллективов.

Учитывая вышесказанное, аналитический обзор, представленный в настоящем препринте, структурирован относительно наиболее важных для проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» направлений онтологического моделирования и инжиниринга и коллективов, где такие исследования и разработки проводятся в России. Вместе с тем отметим, что подобные работы, по-видимому, разворачиваются и в СНГ (в первую очередь, на Украине), а в качестве примеров сошлемся на работу [Umiński, 2005], работу специалистов из Тернопольского национального экономического университета [Tkach, et al., 2009] и работы [Прохоров, Пахнина, 2008; Бурдаев, 2010].

Организовано изложение материала следующим образом. Во втором разделе дается краткий обзор подходов, методологий и инструментов онтологического моделирования, ориентированных, в первую очередь, на область экономики бизнеса. Третий раздел посвящен обсуждению российских работ в области создания онтологий предприятий и организаций, а в последнем, четвертом разделе, представлены российские работы по использованию онтологических методов в области поддержки принятия решений.

В Заключение подводятся итоги по всем трем препринтам с общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и

отраслей современной России» и приводятся рекомендации по дальнейшему развитию работ по онтологическому моделированию и инжинирингу в области охвата проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

2. Онтологическое моделирование: подходы, методологии и инструменты

В настоящем разделе обсуждаются вопросы онтологического моделирования и онтологического инжиниринга в области охвата проекта, представленные в работах российских авторов и авторских коллективов.

Одной из интересных методологических работ, связанных с попыткой осмысления исследований в области экономических онтологий и онтологий экономики, на наш взгляд, является работа [Boldyrev, 2009], где справедливо отмечается, что данное направление – одно из ключевых в философском и методологическом анализе экономических теорий.

В данной работе автор предлагает «внутренний» подход к анализу онтологических моделей экономических процессов, в рамках которого акцент делается не на социальной сущности экономических теорий, а на структуре теоретической «реальности» в данной области, что, по мнению автора, может сформировать новые методы сравнения различных экономических теорий и обеспечить философское осмысление наиболее общих и фундаментальных проблем экономической науки.

Что интересно в данной работе с точки зрения настоящего проекта? Прежде всего, впечатляющий ретроспективный обзор разных экономических теорий с позиций, как это сформулировали бы инженеры по знаниям, онтологического инжиниринга. В частности, автор показывает, что в онтологии классической политической экономики процессы производства являются ядром, от которого отталкивается создание продуктов, хотя в новых условиях требуется переход к новой структуре и системе категорий, создаваемой на базе новых причинно-следственных связей. При этом онтология экономики должна акцентироваться на изучении концептуаль-

ных структур, представленных в экономических теориях, и, следовательно, начинаться с определения и «сортировки» базовых категорий и связей между ними, а каждая категория (Труд, Вещь, Обмен и т.п.) должна рассматриваться в ее отношениях с социальной реальностью.

Интересным наблюдением автора являются проблемы, возникающие при интерпретации экономической онтологии в контексте математического подхода. Одна из таких проблем связана с рассмотрением экономической онтологии как онтологии экономики в силу того, что онтологический базис экономики не должен иметь математическую природу, поскольку в противном случае подменяется предмет исследований и вместо изучения экономики анализируются математические свойства моделей. Имеются в обсуждаемой работе и другие интересные наблюдения и рассуждения, хотя большая их часть концентрируется на философских аспектах онтологического инжиниринга. Работа И.А. Болдырева интересна, на наш взгляд и тем, что в теоретической экономике, по-видимому, появляется интерес к онтологическому осмыслению используемых здесь категорий и отношений между ними, что, в свою очередь, может стать хорошим базисом для проектирования и использования экономических онтологий в прикладных системах.

Значительно более конкретной, но тоже, на наш взгляд, методологической для области онтологического инжиниринга является работа [Лукашевич, 2007], где рассматриваются онтологические характеристики понятий-ролей и показывается их отличие от понятий-типов, что важно, поскольку в экономических онтологиях понятие «роль» активно используется.

Как правильно отмечается в обсуждаемой работе, при проектировании онтологий обычно различают сущности (то, что есть) и события (то, что случается). Роли в этом разделении занимают «промежуточную» позицию, поскольку роли – это то, что есть, но только в контексте того, что случается. При рассмотрении ролей важным фактором является то, что роль сообщает сущности некоторые внешние характеристики, описывающие ее относительно других сущностей и событий, в то время как внутренние характеристики специфицируют сущность в изоляции.

Как отмечается в [Steimann, 2000], можно выделить 15 характеристик ролей, из которых, по мнению автора обсуждаемой работы, наиболее существенными являющиеся следующие пять:

1. *Роли создаются и исчезают динамически.* Например, роль модератора панельной дискуссии создается, когда начинается это событие, и прекращает свое существование с окончанием события.

2. Роль может передаваться между сущностями. Например, роль менеджера может переходить от одного человека к другому.

3. Сущность может играть разные роли одновременно. Например, одно и то же лицо может быть и нанимателем, и работником.

4. Сущности разных, не связанных между собой типов, могут выступать в одинаковых ролях. Например, крекер (для человека) и муха (для лягушки) могут выступать в роли пищи.

5. Роли могут играть роли. Работник может иметь, например, роль руководителя проекта, что, в свою очередь, является ролью работника.

Понятно, что критерии распознавания ролей важны при проектировании онтологий. Поэтому значительная часть обсуждаемой работы посвящена обзору различных подходов к определению таких критериев, который базируется на работах Дж. Совы [Sowa, 1988; Sowa, 2000], Н. Гуарино [Guarino, 1992; Guarino, Welty, 2000], К. Масоло с соавторами [Masolo, et al., 2004] и вопросам представления ролей [Fan, et al., 2001; Loebe, 2005].

Далее в обсуждаемой работе рассматриваются вопросы построения тезаурусов и вводятся специальные родовидовые отношения для повышения их качества и надежности. В частности, показывается, что предложенные автором решения могут использоваться для представления иерархических отношений между типами и ролей, но при этом иерархии типов и ролей пересекаются не только на примерах понятий, которые относятся к обеим иерархиям, но и на специально введенных понятиях (Рис. 1).



Рис. 1. Родовидовые отношения между понятиями РАБОТОДАТЕЛЬ, ЧЕЛОВЕК и ОРГАНИЗАЦИЯ

Как отмечает автор обсуждаемой работы, введенные дополнительные понятия РАБОТОДАТЕЛЬ-ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО и РАБОТОДАТЕЛЬ-ЮРИДИЧЕСКОЕ ЛИЦО имеют реальное основание в правовой области, так как отношения разных типов между работодателями и работниками по-разному регулируются законодательством.

От себя добавим, что именно такой подход используется и при проектировании онтологии организаций в эдинбургском проекте Enterprise Ontology [Uschold, et al., 1998].

Проблемы построения тезаурусов обсуждаются и в работе [Тарасов, 2004], хотя здесь основной акцент сделан на системе автоматизированного построения тезаурусов и методах оценки результатов.

Как известно, ручное построение тезауруса, с одной стороны, довольно тривиальная задача, с другой – крайне трудоемкая, так как требует привлечения специалистов (экспертов предметной области и лингвистов) для выделения семантических отношений между понятиями. За время развития компьютерной лингвистики было предпринято довольно много попыток автоматической генерации тезаурусов путем преобразования описаний толковых словарей и энциклопедий в семантические сети, однако в силу того, что такое преобразование само по себе является чрезвычайно сложным и трудоемким процессом, эти попытки не увенчались практически значимыми результатами. Основные проблемы, которые возникают в процессе такого преобразования [Лукашевич, Добров, 2001]:

- Значения слов весьма расплывчаты, полные синонимы, удовлетворяющие критерию замены в синтаксическом контексте, относительно редки. Два синонима одного и того же слова в одном и том же значении часто не синонимы между собой.
- Различные словари при описании многозначных слов выделяют разное количество значений.
- В процессе изучения толкований слов в толковых и энциклопедических словарях оказывается, что в значительном количестве таких толкований не содержится ссылка на родовое (вышестоящее) понятие. Кроме того, значительная доля понятий может иметь более одного вышестоящего понятия.

Таким образом, полностью автоматическое построение тезауруса является на данный момент невозможным.

Однако было предпринято довольно много успешных попыток частично автоматизировать данный процесс. К недостаткам существующих систем, обозначенным в обсуждаемой работе, относятся:

- невозможность одновременной многопользовательской работы с системой;
- наличие только бинарных связей между понятиями, не позволяющих каким-либо образом дифференцировать связи;
- ограничение набора связей между понятиями тезауруса традиционным списком РОД-ВИД, ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ, АССОЦИАЦИЯ, СИНОНИМ, АНТОНИМ;
- однократное определение связи между понятиями одним экспертом;
- отсутствие статистики по работе экспертов и истории изменений.

Предлагаемая в обсуждаемой работе автоматизированная система позволяет, по мнению автора, упростить процесс построения тезауруса, а также не обладает перечисленными выше недостатками.

Как представляется, наиболее интересен в данной работе метод оценки веса семантической связи, в рамках которого пользователю системы (специалисту или ассессору) предлагается случайная (псевдослучайная) выборка N терминов тезауруса $AN \subset V$ и случайная (псевдослучайная) выборка N других терминов $BN \subset V$, так что $Ai \neq Bi$, $i = 1 \dots N$. Участнику необходимо проставить коэффициенты всех возможных семантических связей между понятиями Ai и Bi . Например, при $N=2$ и $A = \{\text{«автомобиль»}, \text{«самолет»}\}$, $B = \{\text{«двигатель»}, \text{«крыло»}\}$, ассессор должен произвести оценку семантических связей между понятиями «автомобиль» – «двигатель» и «самолет» – «крыло». Строго говоря, принцип выборки двух понятий из общей массы терминов для оценки семантической связи между ними не столь важен для системы. Важно лишь обеспечить более или менее равномерное распределение оценок между понятиями.

За одну сессию ассессор или эксперт может произвести сколь угодно много оценок связей между понятиями, а каждый пользователь может открыть сколь угодно много сессий. Администратор системы при необходимости может аннулировать результаты какой-либо из сессий или все оценки какого-либо пользователя, например, чтобы исключить заведомо неправильные результаты или флуктуации.

Построенная по такому принципу система, как отмечает автор, обладает очень большой гибкостью, а ее единственным недостатком является необходимость большого числа независимых оценок для достижения большой точности. Если изначально база тезауруса насчитывает N по-

нятий, то для получения коэффициентов семантических связей из M независимых оценок требуется не менее $M \cdot (N \cdot (N - 1)/2)$ оценок.

Полученная в результате функционирования системы семантическая сеть понятий, по утверждению автора обсуждаемой работы, обеспечивает пользователям навигацию в терминологическом пространстве и позволяет выполнять «интеллектуальные» преобразования терминологии, возникающие при формировании глоссариев. А поскольку система хранит всю историю изменения весов, возможна сколь угодно тонкая «подстройка» весов связей, а также вычисление статистических характеристик не только связей, но и пользователей.

К общим проблемам онтологического инжиниринга, анализ и решение которых представляет интерес, на наш взгляд, относится и определение нечетких дубликатов документов, обсуждаемое в работе [Зеленков, Сегалович, 2010], которая представлена специалистами компании «Яндекс». Эта работа интересна, в первую очередь, тем, что в ней дается сравнительное экспериментальное исследование наиболее популярных современных методов обнаружения нечетких дубликатов для текстовых документов, приводится количественная оценка показателей полноты, точности и F -меры, а также предложены два новых алгоритма, имеющих высокие показатели качества.

Хорошо известно, что проектирование онтологий является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому особый интерес представляют исследования и разработки в области автоматизации построения онтологий.

Один из таких методов обсуждается в работе [Рабчевский, 2007] из Пермского государственного университета, где рассматривается проблема автоматизации процесса построения онтологий с помощью анализа знаний, представленных в веб-ресурсах, предлагается метод автоматического построения формальных семантических моделей и обозначается подход к решению задачи привязки формальных моделей к предметной области.

Базовой в обсуждаемой работе является задача разработки алгоритма автоматического построения семантической карты веб-ресурса с помощью анализа его текста. При этом семантической картой ресурса автор называет отображение контента веб-ресурса в концептуализацию его содержания, представленную в OWL-онтологии.

Для решения данной задачи автором был сформирован корпус англоязычных текстов, относящихся к теме Semantic Web, представляющих спецификации технологий Semantic Web с сайта консорциума W3C, а по-

строение семантической карты ресурса производилось на основе анализа особенностей языка, позволяющих «вытягивать» семантические конструкции из текста. Для этого формировался набор пар «текст – конструкция языка OWL» и по набору пар «текст – OWL конструкция» выявлялись правила, позволяющие автоматизировать процесс отображения текста в соответствующую OWL-конструкцию.

Правила «вытягивания» из текста семантических конструкций автор предлагает формулировать в виде конструкций из различных частей речи, частей предложения, предлогов и союзов, а также конкретных слов, а дополнительно вводить понятие предмета-сущности, про которую говорится в предложении, и использовать его для формулировки правил.

В качестве шаблонов правил автор предлагает:

1. «Сложный предмет» или noun1 + noun2 (два подряд идущих существительных), например словосочетание «ontology editor».

2. «Предмет с определением» или adjective + subject, например словосочетание «abstract syntax».

3. Простые предложения вида subject1 + verb + preposition + subject2 (подлежащее, сказуемое, предлог, дополнение), например «Ontology's incorporate information about classes».

4. Предложения вида subject1 + are + subject2 + that + verb + preposition + subject3 (подлежащее, are/is, дополнение, that, сказуемое, предлог, дополнение), например предложение «Decision Engineering is an emerging discipline that focuses on developing tools».

Отдельно выделяются правила, которые сами не строят семантическую конструкцию, но определяют, каким образом (к каким словам) применять правила, непосредственно выявляющие семантические конструкции. Например, правило «Если сложный предмет состоит из трех и более простых, то нужно применять правило noun1 + noun2 начиная с конца».

Понятно, что автор оставляет за пределами рассмотрения огромный пласт синтаксических и семантических шаблонов, которые нужны для обработки реальных текстов, но в целом можно констатировать, что такой подход в настоящее время является достаточно распространенным в коллективах, где нет профессиональных структурных лингвистов.

Для примера в обсуждаемой работе рассматривается класс абстрактных редакторов (Editor), который характеризуется тем, что все его экземпляры обладают неким характерным для этого класса свойством – все они что-либо редактируют (mainPropertyOfEditor). Доменом этого свойства, как предлагает автор, будет класс Editor, а диапазоном – класс

RangeOfMainPropertyOfEditor. При этом подклассом класса Editor будет класс OntologyEditor. Приведенные выше утверждения автор представляет OWL-кодом, фрагмент которого дан ниже.

```
<owl:Class rdf:ID=«Editor»>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema#string">
  класс абстрактных редакторов</rdfs:comment>
</owl:Class>
.....
<owl:Class rdf:ID=«OntologyEditor»>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID=«MainPropertyOfEditor»/>
      </owl:onProperty>
      <owl:hasValue>
        <RangeOfMainPropertyOfEditor rdf:ID=«Ontology»/>
      </owl:hasValue>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema#string">
  класс редакторов онтологий</rdfs:comment>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=«#Editor»/>
</owl:Class>
```

Понятно, что таким образом может быть построена таксономия понятий предметной области, но как автоматически сформировать экстенциональную часть онтологии, в обсуждаемой работе не показано, хотя автор честно признается, что задача преобразования формальных семантических конструкций в конструкции, привязанные к семантике конкретной предметной области, пока им не решена. Для решения данной задачи предполагается сформировать правила, которые позволили бы выявить данную информацию на основе статистики совместного использования слов, содержащих имя понятия и его семантику, а для того, чтобы привязать полученную семантическую модель к предметной области, использовать соответствующий тематический словарь. В таком случае, как предполагает автор обсуждаемой работы, в итоговой онтологии зафикс-

сируются только те семантические конструкции, в которых участвуют термины из словаря предметной области.

В целом рассмотренная выше работа представляет достаточно типичную для российских исследователей в данной области ситуацию, когда уже имеется определенная эрудиция, полученная в результате изучения литературы, и определенная квалификация в области реализации сложных программных систем, а также уверенность в том, что сложнейшая проблема автоматического построения онтологий по текстам может быть решена достаточно простыми средствами, что связано с отсутствием опыта. Как правило, на следующей стадии такие коллективы либо приходят к осознанию наукоемкости проблемы и углубляются в ее решение, либо распадаются.

Хорошим примером первого варианта развития российских коллективов, в результате которого появилось практически значимое решение задачи построения сложной предметной онтологии, является, на наш взгляд, работа [Привезенцев, Фазлиев, 2007], выполненная в Институте оптики атмосферы СО РАН в Томске, где описана прикладная онтология задач, используемая для систематизации информационных ресурсов по молекулярной спектроскопии.

Как известно, молекулярная спектроскопия – это часть оптики, ориентированная на изучение спектров молекул, результатом измерений здесь являются спектральные функции, значения которых используются для нахождения параметров спектральных линий, а вычислению параметров спектральных линий предшествует нахождение уровней энергии молекулы. На практике расчетные данные помещаются в базы данных и используются для решения задач атмосферной радиации, оптики атмосферы и астрономии.

Как отмечается авторами, «в естественных науках и, в частности, в молекулярной спектроскопии большая часть задач связана с процедурными знаниями, основанными на решениях задач предметной области, целью которых является получение состояний исследуемой системы. Эти состояния при представлении знаний рассматриваются как наборы фактов. Задачи классификации в молекулярной спектроскопии, как правило, сводятся к построению таксономии терминов предметной области и на практике рассматриваются как вспомогательные. Предполагается, что в задаче классификации концепты представляют интенционалы предметной области. Особенностью молекулярной спектроскопии является то,

что некоторые таксономии концептов подвержены изменениям, поскольку некоторая часть классификации фактов не является устоявшейся».

Уже даже приведенная выдержка из текста обсуждаемой работы показывает, что в данном случае проводилась серьезная концептуализация предметной области, причем квалифицированными экспертами.

Далее в обсуждаемой работе достаточно подробно и очень четко представлены все последующие этапы классического онтологического инжиниринга – неформальная спецификация модели предметной области и модели информационной системы, формализация полученных спецификаций с использованием OWL DL и, наконец, проверка компетентности разработанных моделей в среде онтологического инжиниринга Protégé [Protégé, 2011].

Логичным следствием работ, проведенных экспертами и инженерами по знаниям, было проектирование и реализация прикладной системы ИВС «Атмосферная спектроскопия», которая в настоящее время используется на практике и, как представляется, в силу серьезной компетенции авторов работы и накопленного ими опыта, продолжает развиваться.

Данная работа интересна не только тем, что на основе онтологического подхода решена практически важная задача, но и тем, как авторы проектировали свои онтологии и какими формализмами представления онтологических знаний они пользовались.

В этой части авторы справедливо сконцентрировались на модели предметной области в виде сети задач, что существенно уменьшает число концептов и отношений, представленных в концептуализации молекулярной спектроскопии на естественном языке. Так, например, концепт «Задача» в ИВС использовался только для задач молекулярной спектроскопии и не применялся к их декомпозиции на приложения, с помощью которых эти задачи реализуются, так как описание конкретной декомпозиции задачи слабо связано с целями, поставленными для задач молекулярной спектроскопии. Для классификации концептов молекулярной спектроскопии в данной работе использовалась онтология верхнего уровня (Upper Ontology), предложенная Дж. Совой [Sowa, 1995].

При кодировании в OWL DL объекты и процессы были представлены классами, а значительная часть экземпляров класса Schema – объектными свойствами и свойствами типов данных. Максимальная кардинальность некоторых свойств, например, для молекулы воды, достаточна велика. Так, например, для основного изотопомера воды кардинальность свойства «иметь-уровень-энергии» больше 220000, а свойства «иметь-

переход-между-уровнями» – 500000000. Поэтому авторы отказались от использования этих свойств в прикладной онтологии.

Поскольку важную роль при формировании информационного слоя ИВС играет концепт «источник-данных», который не относится к молекулярной спектроскопии, но специфицирует модель данных, место нахождения этих данных и метаданные о данных, являющихся значениями свойств некоторой вещи, авторами была разработана таксономия источников данных, фрагмент которой представлен ниже.

- Data_Sources
 - Compound_DS
 - Elementary_DS
 - Energy_Levels_EDS
 - Transition_EDS
 - Parts
- DimensionalQuantity
 - Energy_Levels_Md
 - Wavenumbers_Md
- Metadata
 - DSPartName
 - Energy_Levels_Md
 - Input_Data_Md
 - Output_Data_Md
 - Quantum_Numbers_Md
 - Transitions_Md
 - Wavenumbers_Md
- Units

Класс Data_Sources содержит подклассы Compound_DS, Elementary_DS и Parts. Экземплярами расширения класса Elementary_DS являются наборы фактов о физических величинах, относящиеся к одной молекуле и одной публикации. Составные источники могут содержать данные о нескольких молекулах, которые опубликованы в нескольких статьях. Семантически значимые части составных и элементарных источников данных могут быть выделены в элементы класса Parts. Обязательным атрибутом элементарного источника данных является название молекулы и библиографическая ссылка. При этом с каждым элементарным источником данных связаны количественные и качественные метаданные.

В ИВС создание метаданных проводится в два этапа. На первом этапе формирование метаданных организовано так, что сначала пользова-

тель создает шаблон элементарного источника данных и указывает публикацию, с которой он связан, а затем загружает в систему данные о решенной задаче и заносит качественные метаданные. Возможен и обратный порядок, при котором сначала создаются качественные метаданные. Количественные метаданные создаются автоматически при загрузке данных в ИВС или при проведении пользователем расчетов с помощью приложений, интегрированных в ИВС и, таким образом, актуализируются при каждом обновлении предметных данных автоматически. Качественные метаданные характеризуют начальные условия задачи и метод ее решения. Они создаются пользователем с помощью форм, а при решении задач с помощью приложений формируются автоматически.

На втором этапе имеющееся в ИВС приложение представляет эти данные в виде утверждений OWL DL. Этот этап заканчивается формированием множества фактов, представленного в виде наборов индивидуалов, являющихся экземплярами расширений классов. Если пользователь не занес качественные метаданные, формируется индивидуал со значением количественных метаданных UNDEFINED.

Работа по созданию слоя знаний состояла в построении классов и таксономии классов с помощью свойства `subClassOf` в редакторе онтологий Protégé, а наиболее частотным приемом при создании классов было задание ограничений на свойства. При этом машина вывода Racer, используемая для анализа концептов, позволяла делать выводы о том, не является ли пустым множество, определяемое концептом, находить несогласования имен концептов в таксономии, определять порождающие и порожденные концепты по отношению к таксономии, проверять согласованность между набором фактов и таксономиями. Рабочие версии онтологий, используемых в ИВС, представлены в Интернет (<http://atmos.iao.ru/Ontology3/aaa.owl> и <http://atmos.iao.ru/Ontology3/bbb.owl>).

Для работы пользователя в ИВС факты прикладной онтологии задач визуализируются в виде HTML-страниц. Пример такой визуализации представлен на Рис. 2.

В настоящее время в ИВС «Атмосферная спектроскопия» нет специальных приложений, поддерживающих слой знаний, а использование прикладной онтологии возможно на клиентском месте с помощью редактора Protégé, средствами которого составляются запросы, в экземплярах которого возможно использование концептов прикладных онтологий.

Вещество		Выходные данные	
H2O		Уровни энергии	
Входные данные		Единица измерения	cm ⁻¹
Потенциальная функция (URL)	UNDEFINED	Минимальное значение	0
Массы атомов (URL)	UNDEFINED	Максимальное значения	29999.840396
Базисные волновые функции (URL)	UNDEFINED	Число уровней энергии	221097 [T]
Метод (название и ссылка)		Квантовые числа	
UNDEFINED		Тип квантовых чисел	BT2
Публикация		Минимальное значение для полного углового момента J	0
R.J.Barber, J. Tennyson, G.J. Harris, R.N. Tolchenov, A HIGH ACCURACY COMPUTED WATER LINE LIST - BT2. // Mon. Not. R. Astron. Soc., 2006, T. 369, С. 1087-1094.		Максимальное значение для полного углового момента J	50
A computed list of H ₂ ¹⁶ O infrared transition frequencies and intensities is presented. The list, BT2, was produced using a discrete variable representation two-step approach for solving the rotation-vibration nuclear motions. It is the most complete water line list in existence, comprising over 500 million transitions (65 per cent more than any other list) and it is also the most accurate (over 90 per cent of all known experimental energy levels are within 0.3 cm ⁻¹ of the BT2 values). Its accuracy has been confirmed by extensive testing against astronomical and laboratory data. The line list has been used to identify individual water lines in a variety of objects including comets, sunspots, a brown dwarf and the nova-like object V838 Mon. Comparison of the observed intensities with those generated by BT2 enables water abundances and temperatures to be derived for these objects. The line list can also be used to provide an opacity for models of the atmospheres of M dwarf stars and assign previously unknown water lines in laboratory spectra.		Число уровней энергии с уникальной идентификацией	221097 [T]
		Число уровней энергии с не уникальной идентификацией	0 [T]
		Квантовые числа	
		Тип квантовых чисел	NormalModes
		Минимальное значения для полного углового момента J	0
		Максимальное значение для полного углового момента J	50
		Число уровней энергии с уникальной идентификацией	28548 [T]
		Число уровней энергии с не уникальной идентификацией	0 [T]

Рис. 2. Визуализация метаданных в системе ИВС «Атмосферная спектроскопия»

Таким образом, специалистами из Томска разработана прикладная онтология задач, отвечающая стандартам W3C, ориентированная на представление и обработку знаний в молекулярной спектроскопии, а также решение задачи поиска источников данных в молекулярной спектроскопии в рамках выполненной концептуализации предметной области.

3. Онтологии предприятий и организаций

Как показывает анализ доступной литературы, работы по созданию онтологий предприятий и организаций ведутся в России всего в нескольких коллективах из Москвы, Красноярска, Оренбурга и Томска [Лычкина, Идиатуллин, 2010; Лычкина, Идиатуллин, 2011; Бадалов, Селезнев, Шведин, 2011; Тюков, Извозчикова, Матвейкин, 2010; Тузовский, Козлов, 2006; Тузовский, 2006; Черний, Тузовский, 2009].

В работе [Лычкина, Идиатуллин, 2010] и тесно связанной с ней работе тех же авторов из Москвы [Лычкина, Идиатуллин, 2011] обсуждаются вопросы сквозного сервисно-ориентированного проектирования интегрированных информационно-аналитических систем предприятия с применением онтологических моделей архитектуры предприятия, а также приводится описание комплекса онтологических моделей предметной области предприятия – метаонтологии, модели бизнес-среды и онтологии процедур стратегических информационных систем, соответствующих различным уровням рамочной схемы архитектуры предприятия.

Проведенное в работе [НИР ГУ ВШЭ, 2006] исследование различных методологий проектирования информационных систем (RUP, SADT, BPMN, DFD, семейство IDEFx и др.) показало, что в контексте описания архитектуры предприятия перечисленные методологии обладают рядом свойств, ограничивающих их применение. Во-первых, они предназначены, прежде всего, для описания состава структурированных исполняемых процессов, протекающих в рассматриваемой системе, а не их последовательности. Во-вторых, как правило, такие методологии узкоспециализированы и зачастую включают избыточные или практически неиспользуемые диаграммы и конструкции, обладающие неточной семантикой. И наконец, большое количество различных методологий и технологических решений, их поддерживающих, а также множественность языков организационного моделирования порождают рассогласованность моделей, что затрудняет их освоение менеджерами и применение на практике.

Учитывая вышесказанное, в качестве метода комплексного описания архитектуры предприятия авторы выбрали онтологический подход для моделирования бизнес-процессов, а обобщенную метамодель предприятия в виде онтологии предлагают использовать в качестве основы для интеграции разнородных представлений бизнес-процессов в корпоративной информационной системе.

Комплекс архитектурных моделей предприятия в обсуждаемых работах (поскольку статья 2011 г. по существу является журнальным вариантом работы 2010 г.) представляется семантической сетью онтологий, где различные модели соответствуют различным осям и аспектам рамочной схемы архитектуры предприятия (Рис. 3). При этом комплекс моделей на основе онтологий отражает схему взаимосвязей между элементами архитектуры предприятий и используется при формировании и выборе архитектурных решений и для спецификации горизонтальных/вер-

тикальных связей между ними и различными архитектурными слоями рамочной схемы.

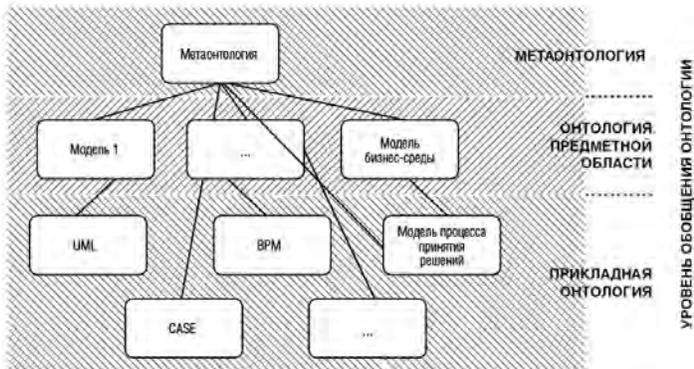


Рис. 3. Семантическая сеть моделей на основе онтологий.

Процесс создания онтологий в данном случае включает разработку комплекса моделей различного уровня обобщения, начиная с метаонтологии и ее детализации с помощью моделей предметной области и прикладных онтологий.

Метаонтология формализует и описывает взаимосвязь понятий архитектуры организации, от верхних концептуальных слоев (бизнес-среды) до системного уровня, отражающего основные аспекты информационной инфраструктуры. В качестве теоретической основы создания метаонтологии авторами использовано описание архитектуры предприятия на базе концепции «корпоративной архитектуры» [Kang, et al., 2010].

С учетом этой концепции авторская модель содержит классы понятий, которые детализируются и связываются с такими элементами архитектуры предприятия, как информационная архитектура, техническая архитектура и архитектура знаний, что должно, по мнению авторов, обеспечить отслеживание влияния стратегии развития предприятия на ИТ-стратегию и ИТ-инфраструктуру организации.

В модели выделены следующие понятия предметной области, реализованные в виде базовых классов онтологии: «Бизнес-архитектура», «Информационная-архитектура», «Корпоративное-управление», «Стратегическое-управление» и «Операционная-модель». При этом каждое понятие в процессе дальнейшей концептуализации подвергалось декомпо-

зиции. Так, например, в составе понятия «Бизнес-архитектура» были выделены понятия следующего уровня «Архитектура-знаний», «Архитектура-человеческих-ресурсов», «Техническая-архитектура», «Система-процессов», «Система-показателей-эффективности», «Организационная-структура», «Функциональные-задачи» и «Система-целей-стратегий».

Аналогичным образом в соответствии с принятой концепцией авторы детализируют и другие базовые классы. Так, например, «Система-процессов» компании представлена в виде иерархии классов, описывающих пятиуровневую модель процессов организации, «Система-показателей-эффективности» раскрывается как система сбалансированных показателей BSC, а «Операционная-модель» детализируется на такие подклассы как «Бизнес-деятельность», «Ресурсное-обеспечение» и «Операционное-управление», в котором, в свою очередь, раскрываются организационная и функциональная структура организации. На Рис. 4 представлен фрагмент иерархии классов онтологической модели.

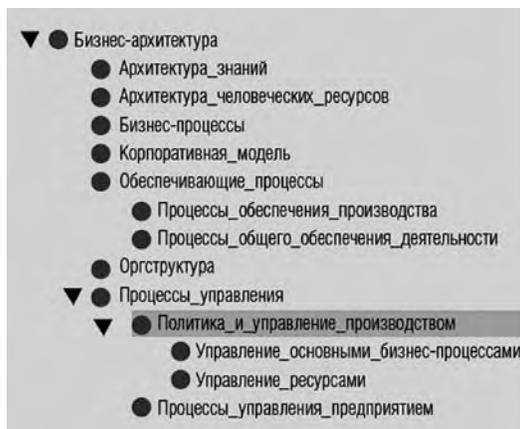


Рис. 4. Фрагмент иерархии классов онтологической модели предприятия

Используя плагины визуализации Protégé [Protégé, 2011], авторы исследуют построенную онтологическую модель под разными углами зрения. Так, например, на Рис. 5 представлена схема взаимодействия элементов системы сбалансированных показателей, отраженных в модели, а на Рис. 6 – фрагмент графа классов метаонтологии.

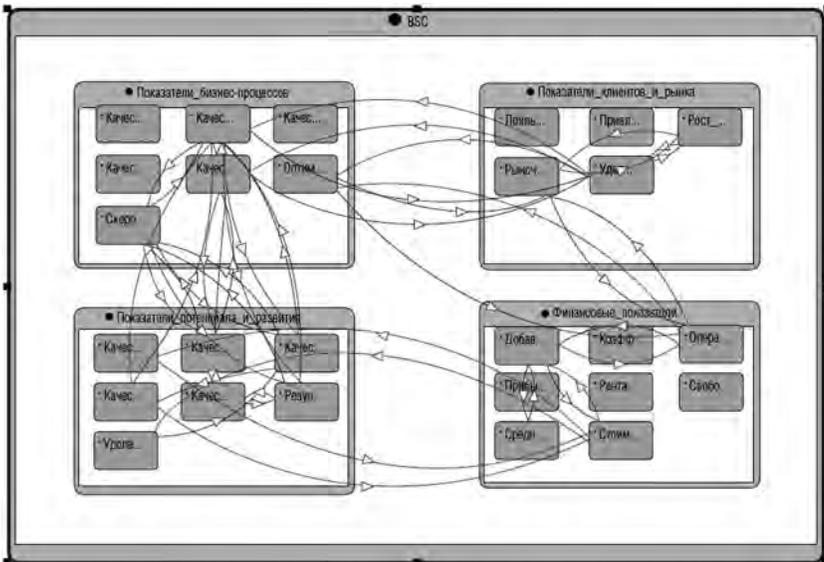


Рис. 5. Фрагмент диаграммы взаимосвязи классов метаонтологии

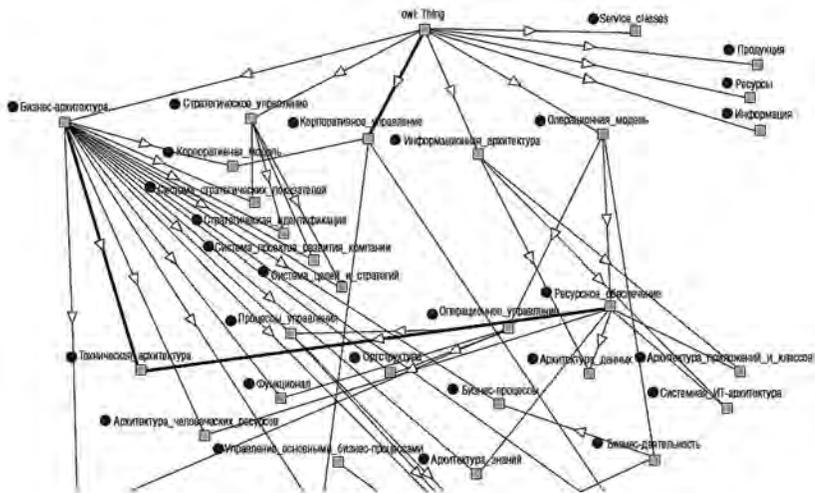


Рис. 6. Фрагмент графа классов метаонтологии

Таким образом, с помощью инструментария Protégé в рамках модели отражается когнитивная карта системы, но не фрагментарно, а в интеграции с прочими элементами архитектуры предприятия, что позволяет отследить факторы, влияющие на тот или иной показатель, и проанализировать, как введение в систему нового показателя эффективности повлияет на информационную систему организации.

На уровне онтологий предметной области понятия метаонтологии детализируются, в частности, в модели бизнес-среды организации. Онтология бизнес-среды в данном случае классифицирует такие группы понятий концепции Дж. Захмана [Zachman, 1987], как бизнес-мероприятия, система бизнес-целей и стратегий, перечень важных факторов предприятия, организационные единицы, перечень положений, в которых предприятие функционирует, и система процессов предприятия. При этом определяющим управляющим воздействием в организации является система целей и стратегий, а понятия «Миссия», «Стратегия» и «Цель» являются ее подклассами (Рис. 7).

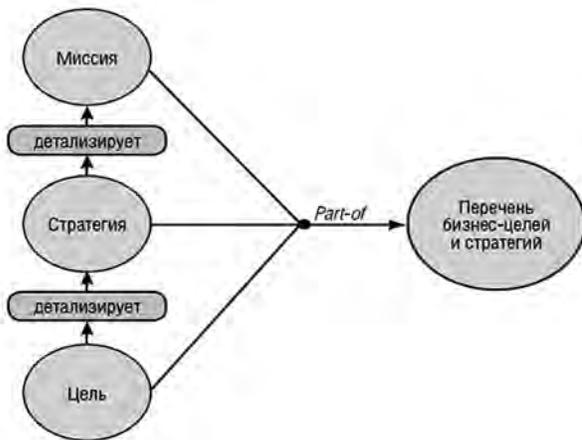


Рис. 7. Композиционная схема класса «Перечень бизнес-целей и стратегий»

В ходе онтологического инжиниринга авторами были декомпозированы и другие составляющие бизнес-среды. Так, например, в качестве одного из классов был выделен метод стратегического менеджмента (SWOT-анализ), входящий в состав класса «Перечень положений, в которых функционирует организация» (Рис. 8).

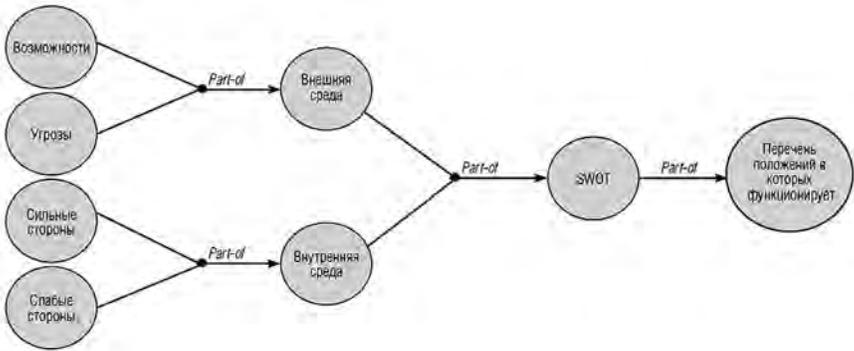


Рис. 8. Композиционная схема класса «Перечень положений, в которых функционирует организация»

Интересным моментом в обсуждаемой работе является авторский подход к использованию диаграмм связей классов онтологической модели, которые поддерживаются инструментарием Protégé. Так, например, в диаграмме, представленной на Рис. 9, отражены взаимные связи подклассов класса «Перечень процессов предприятия» и показано (жирными стрелками), что система процессов должна быть вписана в систему целей, поддержана организационной структурой и интегрирована с перечнем бизнес-мероприятий.

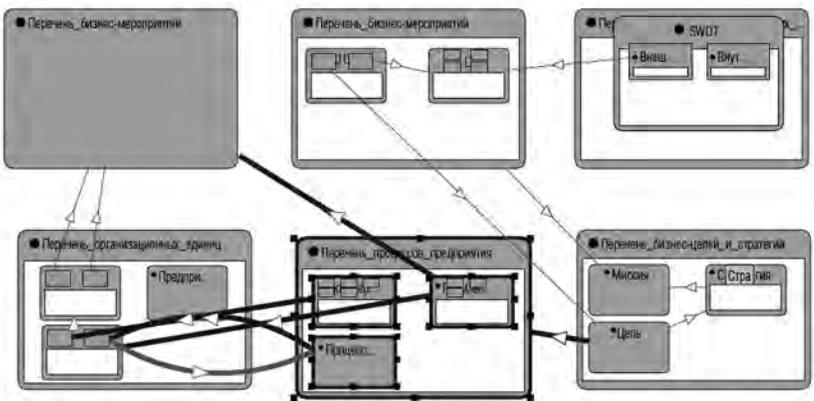


Рис. 9. Диаграмма классов онтологической модели бизнес-среды предприятия

Авторы позиционируют свой подход к использованию онтологических моделей предприятия в двух аспектах. Во-первых, это аспекты проектирования информационных систем предприятия и, во-вторых, обучение менеджеров формулировке стратегии предприятия и формализации ее в терминах рамочной схемы архитектуры предприятия.

В дальнейшем детализированная с помощью такой модели стратегия может, по мнению авторов, лечь в основу формирования ИТ-стратегии на базе метаонтологии. При этом на нижнем уровне семантической сети могут быть созданы онтологии конкретных приложений или модели на других языках организационного моделирования.

Для проектирования аналитических приложений в системах управления эффективностью бизнеса авторы предлагают онтологическую модель процедур поддержки принятия стратегических решений, которая связана с моделями метаонтологии и бизнес-среды и, кроме того, детализирует понятия стратегии и системы сбалансированных показателей. В такой связке прикладная онтология может быть использована при разработке аналитических приложений в BPM-системах, основанных на цикле стратегического управления.

В целом рассмотренная работа специалистов из Московского государственного университета управления представляет интерес своим подходом к проектированию иерархической системы взаимосвязанных онтологий, на нижних уровнях которой могут находиться аналитические модули, и регулярным использованием инструментария Protégé.

Работы [Шведин, 2006; Бадалов, Селезнев, Шведин, 2011] из ЗАО «РКСС» Красноярска посвящены представлению собственного подхода к разработке онтологических моделей предметной области и обсуждению класса систем этой компании с торговой маркой QuaSy.

Указанные работы производят двойственное впечатление. С одной стороны, их авторы демонстрируют достаточную компетенцию в области онтологического инжиниринга и понимание существующих в области создания онтологий предприятий и организаций проблем, но, с другой – явно «нацелены» на агрессивное продвижение своих идей и методов, оставляя при этом за рамками обсуждения собственно результаты, полученные при их использовании.

Так, Б.Я. Шведин, который, как представляется, и является автором экспириентологического подхода (от *experience* – опыт) в работе [Шведин, 2006] достаточно четко и обоснованно формулирует свои «претен-

зии» к традиционным методам построения моделей предприятий и организаций, которые сводятся к следующему:

- В традиционном подходе используется противопоставление двух моделей «Как есть» и «Как надо», каждая из которых представляет собой конгломерат бизнес-процессов.

- Все бизнес-процессы, описывающие функционирование предприятий и/или организаций, являются универсальными, и каждый вендор систем уровня ERP, CRM и т.п. заранее имеет собственный стандартный набор шаблонов бизнес-процессов, на базе которых и предлагает строить модель предприятия и/или организации, не учитывая специфику конкретного объекта автоматизации. И более того, если существующие бизнес-процессы предприятия или организации не «вписываются» в его систему шаблонов, то вендор, как правило, предлагает поменять бизнес-процессы, а не создать новые шаблоны существующих бизнес-процессов.

- Модели типа «Как есть» и модели типа «Как надо» являются статическими в том смысле, что не учитывают динамику развития предприятия и/или организации и постоянное изменение существующих бизнес-процессов.

Что предлагается взамен? Используя экспириентологический подход, строить ВЕОМ-модели (Business Entity Ontological Model), которые развиваются вместе и параллельно с предприятием или организацией, в которой они внедрены. Таким образом, на смену описанию бизнес-процессов предлагается исследование, структурирование и описание опыта в конкретных ситуациях.

Суть экспириентологического подхода, как представляется из анализа обсуждаемой работы, в том, чтобы создать единственную ВЕОМ-модель, которая будет эволюционировать, проходя в своем развитии все состояния жизненного цикла предприятия или организации, где она внедрена.

Не отрицая перспективности такого подхода к моделям предприятий, хотелось бы понять, как автор предлагает строить ВЕОМ-модели. Но тут, к сожалению, автор ограничивается риторическим утверждением о том, что «в рамках экспириентологического подхода драматически меняется понимание онтологического статуса самого бизнес-объекта», а затем резко переходит к философии онтологии верхнего уровня (Upper Ontology), где все бизнес-объекты рассматриваются как социальные организмы, социальные структуры и социальные системы, являясь при этом сущим

(существующим), субстанцией бытия-существования и субстанциональной единицей бытия. После этого предлагается некоторая таксономия объектов ВЕОМ-модели, которая виртуально делится на две составляющие – конечный набор структурообразующих элементов и целостную модель деятельности бизнес-сущего.

К основным структурообразующим элементам относятся субъекты, объекты, задачи и отношения делового оборота, а к вспомогательным (метаструктурным) элементам – пространство, время, онтологический классификатор, а также технология субстанционального и инфраструктурного поименования. Субъекты делового оборота делятся на субъекты основного и вспомогательного оборота, а объекты делового оборота – на материальные и нематериальные.

Автор справедливо отмечает, что один из самых сложных элементов его модели, как, впрочем, и любой другой, это задачи. Но кроме общих утверждений типа «Понятие деловой оборот тождественно понятию деятельность. Акцент на процессуальность. Деятельность это активность, осуществляется для выполнения определенной задачи в определенных условиях», которые хорошо коррелируют с понятиями эдинбургского проекта, конкретных спецификаций в работе, к сожалению, нет.

Оставшаяся часть обсуждаемой работы посвящена краткому описанию схемы разработки и внедрения ВЕОМ-моделей и онтологической миссии методологии и технологии QuaSy.

Оценивая работы красноярской ветви онтологического моделирования предприятий и организаций, можно констатировать следующее:

- коллектив имеет достаточно серьезный багаж знаний в области онтологического инжиниринга;
- в коллективе явно прослеживается тенденция собственного подхода к решению проблем этой наукоемкой области;
- внесение в онтологии динамики на основе моделей времени и пространства представляются важными и перспективными;
- к сожалению, доступные материалы по исследованиям и разработкам данного коллектива не дают возможности оценить полученные ими результаты в полной мере.

Небольшая, но важная для проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» работа [Тюков, Извозчикова, Матвейкин, 2010] из Оренбурга, в действительности, рассматривает не использование онто-

логии при прогнозировании развития предприятия, как это следует из ее названия, а вопросы выделения имен объектов, имен их атрибутов и отношений при проектировании онтологий. При этом в основу решения задачи положен метод анализа иерархий, который состоит в декомпозиции задач прогнозирования на подзадачи и дальнейшей обработке последовательности суждений экспертов.

Декомпозиция производится таким образом, что каждый атрибут объекта нижнего уровня может выступать в качестве критерия для атрибута объекта высшего уровня, а имена объектов и атрибутов рассматриваются как идентификаторы задач и учитываемых факторов при выработке прогноза.

Решение задачи выделения имен объектов и имен атрибутов из семантической информации, предоставляемой экспертами, в данной работе рассматривается как преобразование первичной семантической информации (ответов экспертов) во вторичную (имена объектов и имена атрибутов) посредством сжатия первичной семантической информации. Процесс сжатия сводится к тому, что выделенные аспекты модели раскрываются конкретным содержанием первичной семантической информации.

Процесс выделения имен объектов и имен их атрибутов состоит из этапов получения первичной семантической информации и сжатия семантической информации. Обе задачи решаются при взаимодействии экспертов в области прогнозирования стратегического развития предприятия и инженера знаний.

Методологической основой выполнения семантической операции, связанной с получением ответов экспертов, адекватной объекту познания, является выполнение следующих требований: необходимы наличие конкретного задания и устранение противоречий между многомерным планом содержания и одномерным планом выражения, а технической реализацией – постановка вопросов и уточнение понимания.

К первичной семантической информации авторами предъявляются требования, чтобы ответы экспертов состояли из таких слов, признаковая и смысловая части которых являлись бы одноместными кортежами аспектов. Для удовлетворения этим требованиям вопросы экспертам формулируются по одному из следующих типов:

- От чего зависит <имя атрибута> <имя объекта> и
- Чем определяется <имя атрибута> <имя объекта>,

а дополнительное задание заключается в требовании упорядочить факторы по степени их влияния на значения атрибута объекта, имена которых содержатся в вопросе.

Такая постановка вопросов позволяет выбрать из множества объектов предметной области соответствующие заданию, наложить определенные ограничения на множества атрибутов, характеризующих объект и отделить в ограниченном множестве существенные признаки от несущественных.

Разделение категорий на объекты и атрибуты не всегда очевидно, поэтому для выделения атрибутов из текстов естественного языка используются следующие их основные свойства:

- наличие конечного множества возможных значений атрибута;
- возможность упорядочения результатов измерений;
- измеряемость значений хотя бы по одному из показателей и др.

Определить домен предлагается экспертам в предположении, что при знаковая часть слова является именем атрибута, а смысловая – именем объекта. Введение домена в модель целесообразно и потому, что значения доменов в дальнейшем могут использоваться при построении полной модели предметной области.

Результатом использования методики является таблица, содержащая колонки «эксперт», «имя объекта», «имя атрибута», «домен», а выделенные факторы ранжируются по важности методом попарных сравнений.

Представляется, что исследования оренбургского коллектива находятся пока на стадии накопления начального опыта в построении математических методов обработки результатов работы экспертов. Вместе с тем следует отметить, что авторы взялись за решение одной из самых сложных и востребованных в области онтологического инжиниринга проблем.

Другая ситуация у коллектива из Томска, работы которого по онтологическому инжинирингу предприятий и организаций [Тузовский, Козлов, 2006; Тузовский, 2006; Черний, Тузовский, 2009] имеют, пожалуй, одну из самых продолжительных историй.

Первая из обсуждаемых ниже работ из Томска [Тузовский, Козлов, 2006] относится к 2005 г. В ней рассматривается построение модели знаний организации с использованием системы онтологий и информационно-программной системы управления знаниями (СУЗ).

Модель знаний в данном случае используется для спецификации объектов СУЗ и построения поисковых запросов с учетом смысла понятий. Кроме того, как обычно в таких случаях, модель играет важную роль в формировании профессионального языка общения специалистов и помогает им ориентироваться в предметной области при обучении.

Онтология организации в обсуждаемой работе описывает основные понятия компании (ее организационную структуру, сотрудников, внешних агентов, процессы и т.д.), а также объекты, которые являются источниками знаний для компании, и отношения, необходимые для формирования иерархии областей знаний и последующего использования этой иерархии приложениями СУЗ (Рис. 10).

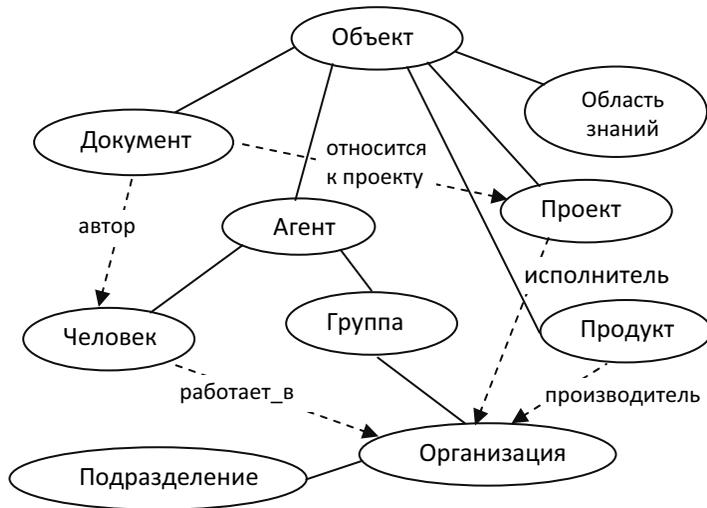


Рис. 10. Фрагмент онтологии организации

Структура СУЗ, основанной на единой модели знаний организации, предлагаемая авторами, представлена на Рис. 11.

Модель знаний представляет в этой структуре концептуальную основу СУЗ, которая определяет множество понятий и отношений, а также правила их совместного использования, а база знаний СУЗ (экземпляры понятий) формируется из метаописаний всех объектов, которые могут содержать знания. Подсистема поиска знаний обрабатывает метаданные объектов и отбирает те из них, которые удовлетворяют запросу пользователя. Возможности подсистемы поиска знаний используются функциональными подсистемами портала СУЗ, которые предоставляют пользователям различные сервисы (навигация по элементам базы знаний и репозиторию документов).



Рис. 11. Структура СУЗ на основе единой модели знаний организации

С позиций сегодняшнего дня результаты обсуждаемой работы представляют, скорее, исторический интерес, но важно то, что уже в то время онтологический подход был использован авторами при разработке проекта и базовых элементов системы управления знаниями компании «Эле-Си» (Томск), основной деятельностью которой является разработка средств автоматизации. При этом совместно со специалистами компании была создана онтология организации и выполнено онтологическое описание одной предметной области. Разработанная модель знаний компании включала 24 области знаний, разделенных на три группы:

- приборы и средства автоматизации;
- системы и комплексы АСУ ТП;
- теория, методы и программное обеспечение для создания средств и систем автоматизации.

Детально в этих группах была проработана онтология «Автоматизация», в которой были специфицированы 578 понятий и 15 отношений, а в качестве основной предметной области были выбраны «Знания по управляемым электроприводам», где было выделено 375 понятий.

Разработанная онтология использовалась в семантическом портале управления знаниями в качестве терминологической базы для описания источников знаний, для семантического поиска источников знаний (сотрудников, документов, организаций) и для категоризации всех объектов компании, содержащих знания.

Другая работа коллектива из Томска [Черний, Тузовский, 2009] посвящена обсуждению вопросов применения методологии Semantic Web в организациях для решения задачи интеграции разнородных ресурсов информации и данных. Структурно эта работа состоит из нескольких частей. В первой части основное внимание уделяется формальному описанию модели объектов знаний организации и оценки их подобия (сходства) между собой на основе введенных метрик подобия. Таким образом, первая часть работы – теоретическая и затрагивает важные проблемы оценки семантической близости понятий и их экземпляров в онтологиях.

Во второй части обсуждаемой работы представлена архитектура информационной системы организации, включающей множество компьютеров, объединенных в локальную сеть. В такой архитектуре сервера отвечают за совместное использование онтологической базы знаний и решение базовых задач по работе с онтологической моделью (редактирование и пополнение онтологии), метаданными (формирование семантических метаданных – аннотирование, хранение базы знаний) и информационными ресурсами (поиск, категоризация, навигация по метаданным). При этом различие центрального сервера и серверов подразделений состоит в том, что центральный сервер хранит всю онтологическую модель организации, в то время как сервер подразделения хранит только онтологии тех предметных областей, с которыми работает это подразделение.

Пользовательский клиент системы интеграции («толстый клиент») – набор приложений, интегрирующих возможности системы с рабочим интерфейсом конечных пользователей, который позволяет пользователю обрабатывать в контексте онтологии личные данные. Если пользователю этот функционал не нужен, он может работать с системой через тонкий клиент – браузер. Предлагаемая архитектура системы приведена на Рис. 12.

В состав сервера входят подсистемы хранения и логического вывода, аннотирования, поиска, пополнения онтологии, категоризации.

Подсистема хранения и логического вывода состоит из трех частей: модуля логического вывода, модуля хранения и модуля интеграции. Модуль логического вывода отвечает за построение иерархий и создание новых триплетов на основе базовой онтологии за счет механизмов дескриптивной логики. Модуль хранения обеспечивает хранение описания онтологической модели в реляционной базе данных. Модуль интеграции предоставляет функционал по интеграции онтологии и баз данных. Сли-

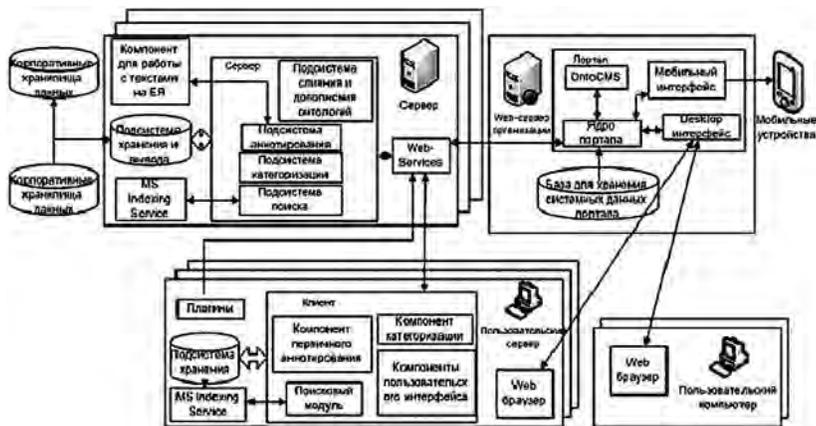


Рис. 12. Архитектура системы

яние онтологий выполняется совместно менеджерами по работе со знаниями организаций и основано на свойствах языка OWL, который позволяет упростить этот процесс, находя, например, идентичные понятия и ставя их во взаимнооднозначное соответствие.

Подсистема аннотирования делится авторами на серверную часть, которая производит разбор документа и составление триплетов, отражающих его смысл, и клиентскую, которая производит первичный разбор и анализ необходимости аннотирования документа.

Серверная часть подсистемы аннотирования выделяет из документов понятия, экземпляры понятий и связи между ними и основана на использовании программного обеспечения, выполняющего грамматический разбор текстов на естественном языке, в результате чего строится описание (граф) документа, который сохраняется в виде триплетов на сервере и (если позволяет формат документа) в самом документе. С каждым триплетом, полученным из документа, связывается значение, определяющее соответствие триплета смыслу документа – значимость этого утверждения. По полученным аннотациям впоследствии производится семантический поиск. Полученные аннотации считаются первичными, а пользователю предоставляется возможность после ознакомления с документом откорректировать и дополнить автоматическую аннотацию.

В силу того что онтология организации постоянно пополняется новыми понятиями, связями и экземплярами, в системе необходим меха-

низм определения того, требуется ли какому-либо документу повторное аннотирование. За это отвечает клиентский модуль аннотирования. Он просматривает документы на предмет наличия новых понятий, или, говоря точнее, их лексических меток во всех словоформах. Если они в документе найдены, то предложения, их содержащие, и их окружение отправляется на повторное аннотирование, а результаты аннотирования сохраняются на сервере и в документе (если позволяет формат).

Веб-сервер может присутствовать как в каждом подразделении, так и быть вынесенным на корпоративный уровень, и главной составляющей в нем является семантический портал, отвечающий за создание и доступ к функционалу системы через веб-интерфейс. Базовая часть семантического портала предоставляет набор классов и интерфейсов (API) для реализации других модулей и компонент портала. Система управления контентом на основе семантических метаданных (ресурсов информации и данных) представляет собой Content Management System (CMS) с расширенным функционалом для работы с онтологиями и семантическими метаданными. Например, любой элемент управления на веб-странице может формировать SPARQL-запрос к онтологической базе знаний и представлять полученные результаты пользователю в удобном виде. На основе онтологической CMS реализуется подсистема поддержки задач бизнес-процессов требуемыми ресурсами информации и данных. Для этого бизнес-процесс в целом и каждая его задача в частности описываются в понятиях онтологии.

По утверждению авторов, в реализации предлагаемого подхода используются разные сторонние программные продукты, а в качестве базовой подсистемы используется OWL API. Для аннотирования могут использоваться компоненты RML [RML, 2011] или более дорогие, но более функциональные компоненты RCO [RCO, 2011]. В качестве движка полнотекстового поиска используется входящий в состав ОС Windows Microsoft Indexing Service.

По мнению авторов, разработанная система позволяет не только интегрировать всю информацию, которая имеется в организации, начиная от знаний о служащих, заканчивая информацией о производимых деталях или услугах, но и создавать коллективное информационное пространство, которое впоследствии приблизит эпоху Semantic Web.

Оценивая данную работу специалистов из Томска, можно констатировать, что если все, что описано в статье, реализовано и функционирует, то это результат европейского уровня.

4. Онтологические модели в поддержке принятия решений

Анализ литературы показывает, что работы по онтологическим моделям поддержки принятия решений тоже находятся в центре внимания российских исследовательских коллективов. При этом наиболее активны в этой области специалисты из Казани, Рязани, Санкт-Петербурга и Уфы [Невзорова, Невзоров, 2011; Ризванов, Сенькина, 2009; Шилов, 2008; Левашова, 2008; Мухачева, Попов, 2010].

Коллектив из нового научно-исследовательского института «Прикладная семиотика» АН РТ в Казани давно работает в области онтологического инжиниринга, но в последнее время здесь, на наш взгляд, наблюдается постепенное смещение акцентов с инструментария онтологического инжиниринга и использования онтологий в системах семантического индексирования ЕЯ-текстов к работам по созданию онтологий для планирования решения задач.

К указанному направлению относится работа [Невзорова, Невзоров, 2011], где обсуждаются вопросы создания многоуровневой онтологической системы для планирования прикладных лингвистических задач в системе «OntoIntegrator», которая является онтолингвистической инструментальной средой для решения прикладных задач, связанных с автоматической обработкой текстов [Невзорова, 2007].

Процесс решения прикладных (в данном случае пока еще лингвистических) задач в системе «OntoIntegrator» реализуется под управлением системы онтологических моделей, в которой выделяются прикладные онтологии, онтологии моделей и онтологии задач. Структура системы онтологических моделей представлена на Рис. 13.

Система онтологических моделей представляет собой трехзвенную ассоциативную структуру, где допускается интерпретация прикладной онтологии как совокупности онтологий разных проблемных областей и, соответственно, разных семантических интерпретаций – внешних (подключаемых пользователем) и внутренних (встроенных в систему «OntoIntegrator»). Примерами встроенных онтологий являются онтология метрик, онтология маркеров для разметки выходного текста по результатам решения прикладной задачи и др.

Интересным в формализме обсуждаемой системы онтологических моделей является то, что в онтологии моделей автором выделяется рефлексивное ядро, которое играет системообразующую роль, так как со-

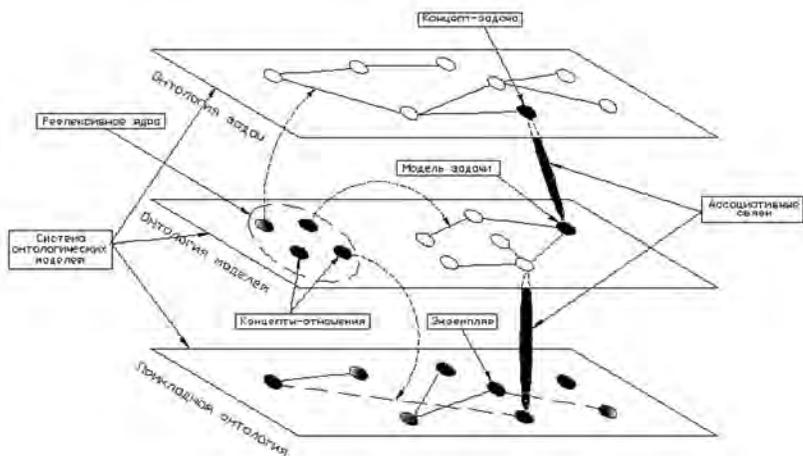


Рис. 13. Структура системы онтологических моделей

держит ссылки на все типы отношений в общей онтологической системе. Другими словами, внутри онтологической системы представлено знание о ее структуре, организованное как внутреннее знание. При этом рефлексивное ядро может настраиваться (переопределяться) пользователем системы «OntoIntegrator» на основе его интерпретации концептов онтологии моделей.

Элементами множества концептов онтологии задач в обсуждаемой работе являются концепты-задачи, каждый из которых определяется набором из трех атрибутов – имени задачи, функционального типа задачи и ее дескриптора. Основными функциональными типами в данном случае являются следующие классы: Операции (TOperations), Источники (TSources), Приемники (TSinks) и ψ -Реализации (T ψ -Realizations).

Класс ψ -Реализации определяет структуру решения задачи в виде последовательности базовых операций и других ψ -реализаций, а экземпляры этого класса представляют собой исполняемые модули для решения определенных прикладных задач.

Формирование экземпляров класса ψ -Реализации происходит на основе специального механизма назначения последовательности операций, реализуемого на основе отношения включения из множества отношений онтологии задач.

Процесс назначения последовательности применяемых операций и реализаций при конструировании новой ψ -Реализации и логическая структура созданной ψ -Реализации описываются схемой, представленной на Рис. 14.

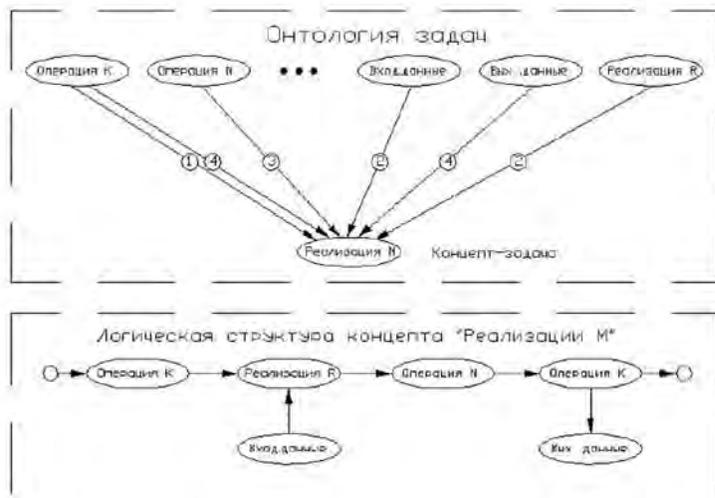


Рис. 14. Конструирование концепта-задачи

Как следует из Рис. 14, конструирование нового концепта-задачи происходит на основе выбранных операций, реализаций и источников данных. При этом формирование логической структуры концепта «Реализация N» базируется на механизме приписывания выбранным операциям и реализациям номеров следования в общей логической последовательности. Так, в примере, представленном на Рис. 14, операции-К присвоены номера 1 и 4, операции-N – номер 3, Реализации-R и Источнику – номера 2, а Приемнику – номер 4. Планирование логической структуры реализации осуществляется в окне модуля «Конструктор задач» инструментария с последующей автоматической генерацией кода новой реализации.

Структурные элементы решения задачи, представленной концептом в онтологии задач, отображаются на множество структур онтологии моделей. Таким образом, модели служат для реализации решения концепта-задачи и позволяют интерпретировать компоненты решения как задачу

назначения свойства, задачу установления отношения или задачу с известным алгоритмом вычисления. Как утверждает автор, множество моделей в данном случае является открытым и пополняется динамически.

Спецификация концепта-модели происходит в два этапа: вначале специфицируется тип модели, а затем создается экземпляр конкретной модели заданного типа. При этом концепт-модель может порождаться за счет механизмов агрегации концептов-экземпляров, т.е. экземпляры концептов-моделей связываются по отношению агрегации, а метрика отношения агрегации используется для передачи значений параметров свойств, агрегированных в ту или иную концепт-модель.

Для удобства интерпретации все концепты-модели делятся автором на следующие условные группы, поддерживаемые развитыми механизмами визуализации:

- базовые модели, обеспечивающие минимальную функциональность онтологических моделей;
- синтаксические модели, отображающие Т-модели (в данном случае – модели текста) в онтологии моделей;
- семантические модели, создающие адекватную прикладной задаче интерпретацию результатов решения и реализующие связь между структурой концепта-модели, порожденной отношением агрегации, и принципиально последовательными комплексами Т-моделей в обрабатываемом тексте;
- пользовательские модели – концепты-модели, которые динамически создаются пользователем в процессе работы с системой «OntoIntegrator».

Для иллюстрации возможностей инструментария «OntoIntegrator» на Рис. 15 дан пример сконструированной структуры концепта-модели «Концептуальное понятие», где концепты «именная группа» и «разметка онтологическая» являются синтаксическими моделями; «маркер начальный», «маркер финальный», «обязательность» и «входимость» – семантическими моделями, а все остальные концепты – пользовательскими моделями.

Одним из примеров представленной выше технологии онтологического инжиниринга с использованием инструментария «OntoIntegrator» является спецификация онтологической модели прикладной задачи «Поиск определений в математических текстах», рассмотренная в обсуждаемой работе. По сути, такая постановка задачи предполагает реализацию

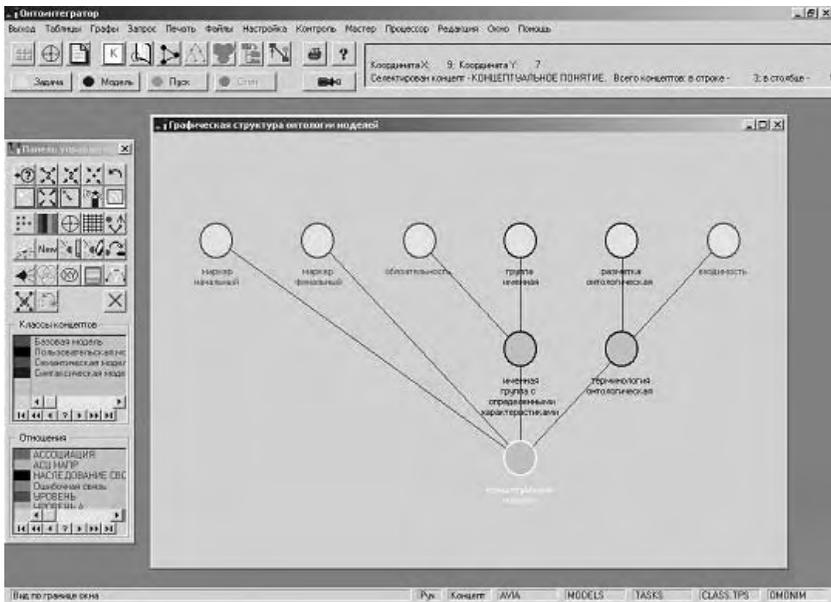


Рис. 15. Конструирование концепта-модели «Концептуальное понятие»

процесса решения прикладной задачи по поиску определений в математических текстах с финальной их разметкой в качестве результата.

В этом случае работа с системой «OntoIntegrator» включает следующие этапы:

- конструирование концепта-модели «Определение математическое»;
- конструирование концепта-задачи «Разметка текста на основе модели задачи»;
- построение прикладной онтологии, содержащей требуемые экземпляры классов, входящих в концепт-модель «Определение математическое», и их классификация (спецификация ассоциативных связей между онтологией моделей и прикладной онтологией);
- добавление во встроенную онтологию маркеров требуемых маркеров обработанного текста;
- выбор задачи для процессора системы (в данном случае это концепт-задачи «Разметка текста на основе модели задачи»);

Таким образом, в рассмотренной выше работе предложена концепция многоуровневой онтологической системы, реализованная в инструментальной среде «OntoIntegrator», поддерживающей технологию проектирования прикладных задач на базе системы онтологий. Как отмечает автор, в настоящее время технология применяется для решения различных прикладных задач онтологической разметки входных текстов концептами прикладных онтологий.

Добавим, что эта же технология может быть использована и при проектировании аналитических подсистем в проекте, инициировавшем написание данного препринта.

Работа авторского коллектива из Рязани [Ризванов, Сенькина, 2009] посвящена вопросам поддержки принятия решений по управлению компетенциями организации с использованием онтологического подхода.

В Европе и в США уже давно ведутся работы по созданию и применению онтологий компетенций для согласования требований к сотрудникам с целями бизнеса и для определения потребностей в обучении [Stader, Macintosh, 1999; Biesalski, Abecker, 2005], но в России исследование и применение таких моделей для задач управления на основе компетенций началось сравнительно недавно и обсуждаемая ниже работа является одной из немногих российских работ в этой области.

Как отмечается в обсуждаемой работе, основное назначение компетенций состоит в оценке эффективности деятельности сотрудников. При этом под компетенцией, как правило, подразумеваются личные способности (качества, знания, умения и навыки) специалиста решать определенные классы профессиональных задач, измеряемые на основе системы индикаторов поведения, наблюдаемых в действиях человека, обладающего конкретной компетенцией. Кроме того, в компетенции вводят уровни для отражения требований к различным функциональным ролям (должностям) или для разделения профессиональных качеств (в случае описания компетенций для одной роли).

Для построения моделей компетенций специалистов организации и моделей компетенции организации в целом авторы предлагают использовать онтологический подход, а для выявления и описания компетенций – технологию конфайнмент-моделирования [Уиддет, Холлифорд, 2003]. При этом общая модель компетенций выступает в качестве онтологии предметной области, а специальные модели рассматриваются как прикладные онтологии.

Для построения структурированного описания компетенции авторы предлагают использовать общую модель, представленную на Рис. 19. Предполагается, что общая модель компетенций должна не только содержать описание компетенции, но и отображать ее связь с бизнес-процессами и стратегическими целями организации.



Рис. 19. Общая модель компетенции

В соответствии с технологией конфайнмент-моделирования на основе интервью и иных источников информации об организации в модели определяется элемент 1 как некий положительный результат действий, а на следующем шаге выявляется характерное поведение, позволяющее его достигнуть. Таким образом, в элементе 2 должны быть специфицированы индикаторы поведения, демонстрирующие компетенцию сотрудников, и определено, с помощью каких показателей и кем оценивается работа сотрудника (элемент 7). В процессе работы сотрудники взаимодействуют как внутри, так и вне организации, поэтому окружение системы (элемент 9) специфицирует в общей модели компетенции всевозможные взаимодействия в процессе достижения результата. В организации каждый сотрудник участвует в управлении каким-то бизнес-процессом, т.е. для элемента 6 требуется знать, в рамках какого бизнес-процесса был достигнут результат. Предполагается, что какие-то навыки, умения и знания в определенной области деятельности должны способствовать достижению результата сотрудником. Элемент 3 – это ответ на вопрос «Какие требуются навыки, знания?». Сам по себе результат бессмыслен без

целей, преследуемых организацией, и задач, которые ставятся руководством перед сотрудниками (элементы 8 и 4 соответственно). Достижение результата возможно с помощью определенных правил, принятых в организации, и в соответствии с занимаемой должностью. Элемент 5 – ответ на вопрос «Каковы должностные инструкции, ответственность?».

По сути дела, выше приведен фрагмент инструкции по формированию вопросов компетенции разрабатываемой онтологии – подход, предложенный в проекте TOVE [Fox, 1992].

К сожалению, остальная часть обсуждаемой работы конкретизирует общую модель компетенции только на примере компетенций специалистов, занятых сопровождением и модификацией программных продуктов по сбору и анализу информации, но даже для этого случая ограничена перечислением индикаторов поведения и спецификацией метрики для оценки соответствия профиля кандидата профилю должности.

В работе нет информации о том, построена ли онтология компетенций специалистов, связана ли такая онтология с онтологией организации, какие средства формализации при этом использовались и т.д., и т.п. Возможно, что эта информация присутствует в других, неопубликованных, работах авторов, например, в отчете [НИР ГУ ВШЭ 2006].

Работа Н.Г. Шилова из СПИИРАН в Санкт-Петербурге [Шилов, 2008] посвящена обсуждению вопросов создания интегрированного комплекса моделей для интеллектуальной поддержки принятия решений в области управления сетевыми организациями с динамической структурой. При этом основное внимание автор уделяет подходам к решению задачи создания мультидисциплинарных моделей с использованием разных математических аппаратов и объединению моделей на основе общего онтологического представления проблемной области.

Задача управления сетевой организацией ставится автором работы следующим образом: определить эффективное размещение (где находятся?) и расписание (когда доступны?) заданных распределенных ресурсов (элементов сетевой организации), а также определить, когда и какие из ресурсов необходимо использовать для выполнения поставленной задачи. При этом в качестве критерия использованы такие показатели, как стоимость и/или время выполнения задачи.

Поскольку задача конфигурирования ресурсов является объединением задачи о назначениях и задачи о составлении расписаний, для их решения автор предлагает использовать технологии удовлетворения ограничений, основанные на существующих алгоритмах решения этих ти-

повых задач, а для решения задачи выбора элементов сетевой организации и размещения задачи, не имеющих типовых решений, – методы теории коалиционных игр, мягкие вычисления и многоагентное моделирование.

Для представления онтологической модели сетевой организации, служащей для интеграции моделей различных ее аспектов автором обсуждаемой работы предлагается использование формализма, объединяющего фреймовое представление знаний и сети ограничений [Smirnov et al., 2007], что позволяет реализовать двухуровневое моделирование проблемной области. Модель первого уровня описывает структуру сетевой организации, а модель второго уровня содержит как структурные компоненты и связи, так и их конкретные характеристики, стратегии поведения и т. п. в контексте текущей ситуации. Это позволяет существенно ускорить процессы обработки информации при поддержке принятия решений, что является весьма важным при рассмотрении сетевых организаций с динамической структурой.

В оставшейся части обсуждаемой работы автор рассматривает вопросы конфигурирования производственной сети, в которой типы операций, необходимые для выполнения заказа и выполняемые разными предприятиями, могут не совпадать, а заказом является производство автомобильной коробки передач (Transmission), состоящей из двух валов с шестернями (Shaft&Gears) и корпуса (Box).

В работе Т.В. Левашовой [Левашова, 2008] из того же академического института, что и предыдущая работа, описывается подход, использующий онтологическую модель контекста для организации интеллектуальной поддержки принятия решений. При этом, как и в предыдущем случае, в качестве средства формализации используется формализм объектно-ориентированных сетей ограничений, обеспечивающий совместимость онтологической модели представления знаний проблемной области, модели объектно-ориентированных сетей ограничений и модели задачи удовлетворения ограничений.

Описанный в работе подход заключается в генерации контекста задачи, трактуемой как ситуация. При этом под контекстом понимается любая информация, которая может быть использована, чтобы охарактеризовать ситуацию, в которой находится некоторый объект. Применительно к системам интеллектуальной поддержки принятия решений (СИППР) в роли объекта может выступать лицо, принимающее решения (ЛПР), а также место или объект реального мира, которые считаются релевантными для взаимодействия между ЛПР и СИППР. Сами ЛПР и СИППР также явля-

ются объектами, создающими ситуацию. Использование модели контекста в прикладных программах позволяет, по мнению автора, не влияя непосредственно на логический вывод, ограничиться только значимыми для данного контекста правилами и/или процедурами.

В СИППР формализованный контекст может быть интерпретирован системой с целью предоставления ЛППР помощи в текущей ситуации, для выдвижения гипотез о возможных решениях и действиях, объяснения и отображения происходящих событий и др. [Brezillon, Cavalcanti, 1997]. Таким образом, с точки зрения СИППР, контекст обеспечивает более эффективное использование вычислительных ресурсов системы, а с точки зрения ЛППР – предоставление ему релевантной для текущей ситуации или задачи информации [Deu, 2001].

Рассмотренный в работе подход заключается в генерации такого контекста задачи, основанного на спецификации онтологии проблемной области, что задача, моделируемая в данном контексте, может быть решена как задача удовлетворения ограничений. При этом для представления знаний используется формализм объектно-ориентированных сетей ограничений (ООСО) [Смирнов и др., 2003], выбор которого обусловлен тем, что этот формализм поддерживает объектно-ориентированную парадигму, предоставляет возможности для моделирования знаний сложных проблемных областей, формализм является языком логики первого порядка с отношением равенства, имеет декларативную семантику, а задача, специфицированная средствами ООСО, может быть решена как задача удовлетворения ограничений.

В соответствии с формализмом ООСО онтология описывается множеством классов, множеством атрибутов данных классов, множеством доменов атрибутов и множеством ограничений. Множество ограничений включает:

- базовые отношение (класс, атрибут, домен);
- таксономические (быть экземпляром) и иерархические (быть частью) отношения между классами;
- отношения совместимости классов;
- ассоциативные отношения между классами;
- ограничения на число классов в подмножестве классов;
- функциональные ограничения, представленные функциями в нормальной форме.

В обсуждаемой работе знания проблемной области специфицируются при помощи прикладной онтологии, которая интегрирует две составляющие знаний – знания предметной области и знания о задачах, суще-

ствующих в данной области, и методах их решения. В прикладной онтологии установлены ссылки на источники информации, от которых поступают значения атрибутам классов. При этом используются два типа контекста: абстрактный и оперативный. Абстрактный контекст представляет собой онтологическую модель задачи пользователя, а оперативный контекст является конкретизацией абстрактного для реальных условий.

В силу того, что знания проблемной области описаны средствами формализма ООСО, оперативный контекст в то же время является сетью ограничений со значениями переменных, интерпретируемой в СИППР как задача удовлетворения ограничений, результатом решения которой является множество допустимых решений задачи, представленной в оперативном контексте.

В качестве проблемной области, позволяющей продемонстрировать использование модели контекста в СИППР, в обсуждаемой работе выбрана «гуманитарная логистика». Задачи, решаемые в данной области, связаны с организацией и планированием процессов и систем, вовлекаемых в мобилизацию материальных ресурсов, а также людей с их навыками, умениями и знаниями с целью оказания помощи пострадавшим в природных катастрофах и техногенных авариях.

Прикладная онтология этой проблемной области, как утверждает автор, частично строилась на основании готовых онтологий, а частично создавалась экспертами. При этом составляющая прикладной онтологии, описывающая знания предметной области, была построена на основании интеграции знаний, найденных в библиотеках и серверах онтологий в сети Интернет с использованием поисковой машины Swoogle. Найденные онтологии были импортированы в формализм ООСО и проинтегрированы в одну (макро-) онтологию предметной области. Прикладная онтология задач и методов их решения создавалась экспертами. Для задач, выделенных экспертами, была построена таксономия задач для проблемной области «гуманитарная логистика», которая формировалась на основании анализа того, какие выходные параметры каких задач являются входными параметрами для других. С учетом того, что в обсуждаемой работе для демонстрации подхода рассматривались решения, принимаемые в ходе ликвидации последствий катастрофы или аварии, вызвавшей пожар, источниками информации, на которые устанавливались ссылки в прикладной онтологии, были: пользователь СИППР (диспетчер) для ввода данных о месте возникновения пожара и количестве пострадавших; сенсоры и веб-страницы для получения информации о текущих по-

годных условиях; геоинформационная система для получения местоположения пожара, бригад, дорог в формате географических координат; база данных для получения информации о больницах, их специализации и адресах; база данных для получения информации о затопляемости дорог в регионе; административные системы больниц для получения информации о количестве свободных мест и готовности принять больных. Классы прикладной онтологии, включенные в абстрактный контекст, который был получен для ключевого слова «пожар», показаны на Рис. 20. На Рис. 21 приведен вариант оперативного контекста, порожденного на основании абстрактного контекста и представленного ЛПР.

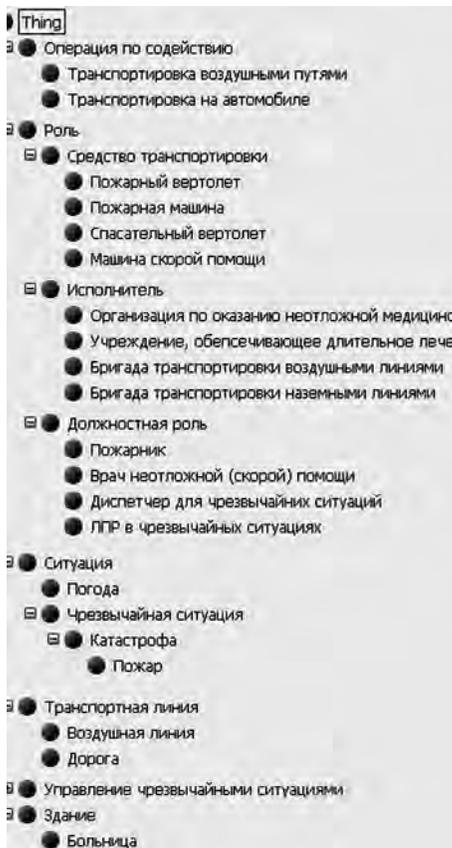


Рис. 20. Абстрактный контекст: таксономия

Пожар в Порту

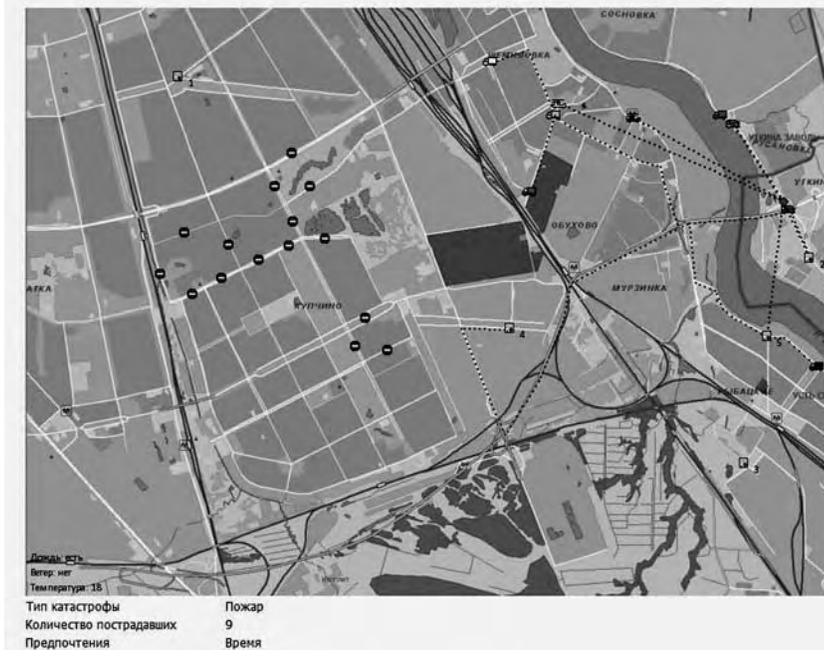


Рис. 21. Оперативный контекст: план действий медицинских и пожарных бригад

Интерес к данной работе в контексте настоящего обзора определяется тем, что, как и в предыдущей работе, онтологические модели специфицировались здесь объектно-ориентированными сетями ограничений, что обеспечило, по сути дела, создание информационно-аналитической системы.

Вопросы применения онтологических моделей для управления информационно-интеллектуальными ресурсами организации обсуждаются в работе специалистов из Уфы [Мухачева, Попов, 2010]. При этом авторы используют для проектирования онтологий когнитивные модели специального вида (конфайнмент-модели), уже обсуждавшиеся выше, что, по их мнению, обеспечивает сочетание методов системного анализа и синтеза, вывода по аналогии, а также использование процедур мозгового штурма для обеспечения эффективного взаимодействия аналитиков и экспертов.

В обсуждаемой работе авторы справедливо отмечают, что в процессе социальной эволюции происходит постепенное замещение материальных ресурсов информационно-интеллектуальными, которые составляют основу интеллектуального капитала (ИК) предприятий и организаций, в связи с чем в настоящее время одной из главных проблем в эффективности управления ИК является необходимость разработки управленческих методов и механизмов для формирования, аккумулирования и использования информационно-интеллектуальных ресурсов (ИИР). При этом основные сложности при управлении ИК в организации связаны с тем, что в настоящий момент отсутствует общепринятая модель его структуры, хотя основные потоки преобразования видов ИК, от ИИР к интеллектуальным активам (ИА), интеллектуальному капиталу (ИК) и продуктам, известны.

В целом управление ИК организации позиционируется авторами как поиск способов эффективного создания и использования знаний и информации для достижения поставленных целей, связанных с повышением эффективности интеллектуального труда работников и использованием продуктов этого труда для устойчивого развития организации. А основными задачами, возникающими в процессе управления ИК, являются создание, оценка и введение ИА в структуру капитала организации; разработка и развитие внутрифирменных механизмов использования ИА; осуществление эффективной коммерциализации интеллектуальных продуктов и определение экономически целесообразных функций организации в области расширенного воспроизводства ИА.

Как отмечается в обсуждаемой работе, процесс преобразования ИИР в ИА состоит из ряда этапов, основным из которых, например, в случае изобретения, является оформление заявки на регистрацию объекта патентного права в соответствии с установленными правилами.

Традиционно изобретатель совместно с работником службы учета ИС организации готовит весь комплект документов, который в дальнейшем сдается в архив, а информация о созданном при этом интеллектуальном активе содержится в службе бухгалтерского учета в связи с необходимостью его учета как нематериального актива, находящегося на балансе организации. Вместо такой неэффективной формы учета объектов ИС авторы предлагают создание в организации корпоративной базы знаний, включающей в том числе и структурированные данные об объектах ИС, которая разрабатывается на основе онтологического подхода, а для про-

ектирования онтологий – использование конфайнмент-моделирования, как совокупности процедур системно-когнитивного анализа.

Методология когнитивного моделирования, предназначенная для анализа и принятия решений в плохо определенных ситуациях, как известно, предложенная Р. Аксельродом [Axelrod, 1976] и основанная на моделировании субъективных представлений экспертов о ситуации, включает методологию структуризации ситуации, модель представления знаний эксперта и методы анализа ситуаций.

Модель предметной области в когнитивной модели представляется в виде ориентированного графа с обратными связями, в вершинах которого располагаются различные события или ключевые элементы ситуации, а дуги, соединяющие вершины, отображают причинно-следственные связи между ними.

Конфайнмент-моделирование позволяет описывать любые системы путем разбиения их на страты – элементы конфайнмент-моделей (КМ), несущие в себе семантику логических уровней.

При таком подходе элементам КМ соответствуют элементы предметной области, а в онтологическом плане элементы группируются в соответствии с принадлежностью к прескриптивному, дескриптивному и реляционному «секторам» (Рис. 22).



Рис. 22. Семиотические уровни КМ

В рамках конфайнмент-моделирования важным является не только построение конкретных моделей, но и формирование их совокупности, образующей онтологию предметной области. Для этого авторами предлагается следующий многоуровневый способ. Сначала на первом уровне строится единственная КМ, где в качестве элемента № 1 ставится цель функционирования конкретной системы. Затем на втором уровне строятся восемь моделей, в каждой из которых на место первого элемента по очереди ставится соответствующий элемент модели первого уровня № 2–9. Построение моделей последующих уровней сводится к действиям, аналогичным действиям, используемым при построении моделей второго уровня. Очевидно, что нет смысла при решении конкретной задачи добиваться построения полной совокупности моделей высокого уровня, поскольку часто уже на втором уровне аналитик сталкивается с моделями, являющимися целевыми для других систем.

Как отмечают сами авторы, такой способ построения онтологических баз знаний, с одной стороны, может рассматриваться как избыточный (поскольку далеко не во всех прикладных задачах необходимо рассмотрение их решения на всех логических и семиотических уровнях), но с другой – именно он «вынуждает» аналитика не выпускать из поля зрения основные семантически значимые отношения предметной области сложной системы, а также позволяет ему управлять процессом последовательного расширения онтологии.

В качестве математического обеспечения конфайнмент-моделирования авторы предлагают использовать модификацию маркированной сети Петри. При этом элементам КМ соответствуют позиции сети Петри, стрелкам – переходы, а модификация заключается в том, что каждой позиции сети (элементу КМ) присваивается специальная виртуальная маркировочная фишка активности, которая становится активной только тогда, когда все входящие в нее переходы были реализованы. При этом общее количество входящих в позицию дуг в сети Петри равно количеству входящих в соответствующий элемент стрелок в КМ. Если маркировочная фишка активна, то позиция, которой она принадлежит, также считается активной. Такая модификация дает возможность четко отслеживать активность системы, так как считается, что исходящие из позиции переходы не могут быть запущены, пока позиция не станет активной.

Программное обеспечение поддержки конфайнмент-моделирования реализовано авторами как экспертная система [Ризванов, Попов, 2006], которая позволяет загружать шаблоны стандартных моделей с 9, 6, 4 и 2

элементами, создавать модели вручную, редактировать информацию об элементах и стрелках модели, а также определять наборы булевских переменных и их начальных значений для каждого из переходов. Экспертная система разработана в среде Eclipse с использованием языка программирования Java.

В оставшейся части данной работы авторы концентрируются на обсуждении предлагаемой ими конфайнмент-модели жизненного цикла научного исследования (Рис. 23) и представлении результатов успешного использования предложенного ими метода построения онтологических моделей.



Рис. 23. КМ жизненного цикла научного исследования

Область применения предложенных моделей и методов, по опыту авторов, достаточно широка. Так, например, при управлении оказанием образовательных услуг, предложенные модели и методы применяются для информационной поддержки принятия решений посредством структурирования ИИР, представленных в форме учебных объектов [Попов, Мухачева, Сабирьянова, 2008] в ряде образовательных учреждений высшего и среднего специального образования Уфы (УГАТУ, БСК и др.), а также при аттестации сотрудников администрации Советского района ГО Уфы [Попов, Сабирьянова, Мухачева, 2009].

При оперативном управлении оказанием комплексных осязаемых услуг предложенные модели и методы применяются для информационной поддержки принятия решений посредством структурирования ИИР, относящихся к правилам организации процесса оказания услуг, особенностям технологического процесса оказания услуг, индивидуальным предпочтениям клиентов [Попов и др., 2007]. Сформированная в результате такого структурирования онтологическая база знаний на языке OWL DL используется в работе многоагентной системы планирования оказания комплексных услуг на базе агентной платформы JADE, а внедрение результатов осуществлено в ряде организаций индустрии здоровья и красоты Уфы и Республики Башкортостан (санатории, лечебно-профилактические учреждения, салоны красоты и фитнес-клубы), что, как утверждают авторы, позволяет получить экономический эффект за счет сокращения простоя оборудования и увеличения их пропускной способности [Попов, Богданова, Ризванов, 2008].

При управлении развитием инфраструктуры информационных технологий организаций в сфере ИТ-услуг (ООО «Чеккофф», ООО «УралИнфоПроект», ООО «Сервис-Центр Регион» и др.) предложенные модели и методы применяются для информационной поддержки принятия решений посредством структурирования ИИР, относящихся к бизнес-требованиям, каталогу ИТ-услуг, ИТ-инфраструктуре, характеристикам компонент и их взаимосвязям, что позволяет осуществлять подбор компонент в соответствии с текущим состоянием ИТ-инфраструктуры и каталогом ИТ-услуг. Сформированная онтологическая база знаний дает возможность ориентироваться в динамично изменяющемся рынке программного, аппаратного и информационного обеспечения, предоставляя не просто справочную информацию, но и детальную оценку каждого продукта, а также позволяет накапливать статистику выбора для дальнейшего использования в схожих ситуациях [Галамов, Попов, 2009].

Другое применение онтологических моделей и методов для управления ИИР в организации заключается в информационной поддержке выполнения проектов, когда на первый план выходит проблема обеспечения взаимопонимания между специалистами, особенно из различных областей знаний. В частности, в этой области разработано программное обеспечение для управления коммуникационными процессами при выполнении распределенных проектов разработки ПО, использующее онтологическую базу знаний и применяемое в ряде организаций, занимающихся офшорной разработкой ПО (ООО «Инлайн», ООО «Программные системы и технологии»).

Представленная выше работа специалистов из Уфы оставляет в целом хорошее впечатление. Вместе с тем в заключительной ее частистораживает то, что авторы явно «рапортуют» о своих внедрениях, но при этом в работе нет конкретных спецификаций спроектированных онтологий.

5. Заключение

Как отмечалось в предисловии к препринтам под общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России», их подготовка и издание были стимулированы важностью онтологического моделирования для целей и задач комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России», который выполняется в настоящее время по постановлению № 218 «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» совместно ЗАО «Авикомп Сервисез» и НИУ ВШЭ, а также дефицитом русскоязычной литературы по этому направлению.

В первом препринте («Онтологическое моделирование: подходы, модели, методы, средства, решения») были представлены основные понятия этого все еще нового для России научного направления, исследования и разработки в области формирования пространств знаний, а также базисные онтологические теории и модели. Второй препринт («Мировые исследования и разработки: аналитический обзор») был посвящен обсуждению канадской школы разработки онтологических моделей и проекту TOVE, вопросам моделирования бизнеса в эдинбургском проекте Enterprise Project, а также аналитическому обзору других исследований и разработок в области онтологических моделей предприятий и отраслей экономики. В последнем препринте («Российские исследования и разработки в области онтологического инжиниринга и бизнес-онтологий») собрана рассеянная по разным статьям в различных изданиях научно-техническая информация об отечественных работах в области онтологических моделей бизнеса с акцентом на экономике и поддержке принятия решений.

По нашему мнению, перечисленные выше препринты будут полезны не только специалистам, работающим в области онтологического инжиниринга, но и студентам и аспирантам соответствующих специальностей, которые смогут познакомиться с уже полученными здесь научно-техническими результатами и перспективными направлениями исследований и разработок.

Как показывают представленные в препринтах материалы, исследования и разработки в области онтологического моделирования и инжиниринга активно развиваются во всем мире. При этом трудно выделить лидеров по географическому признаку – примерно одинаковые научно-технические позиции занимают исследовательские коллективы разных стран.

Результаты европейских стран по общим вопросам онтологического инжиниринга в целом несколько отстают от результатов США, хотя отдельные исследовательские коллективы находятся на мировом уровне и активно участвуют в международных проектах по данной проблематике.

Российские исследования и разработки в данной области в целом находятся в русле европейских и американских, но принципиально новых идей здесь практически не наблюдается, а основные усилия российских исследовательских коллективов, по нашему мнению, сосредоточены в основном на формировании инфраструктуры, обучении специалистов и первых пилотных проектах. Следует также отметить, что тормозом для российских исследований и разработок в области онтологического моделирования и инжиниринга является отсутствие интеграции результатов, полученных разными коллективами, связанное с использованием разных форматов представления онтологий и недостаточным вниманием к их совместимости.

Сказанное выше относится к положению в области онтологического моделирования и инжиниринга в целом.

Иная ситуация наблюдается в области проектирования бизнес-онтологий и онтологических моделей предприятий. Здесь, как показывают материалы препринта «Мировые исследования и разработки: аналитический обзор», существуют два общепризнанных лидера – канадская и эдинбургская школы онтологического моделирования бизнеса, на результаты которых, в той или иной мере, ориентированы исследования и разработки других коллективов. Вместе с тем в настоящее время наблюдается сокращение «отрыва» ведущих школ от новых исследовательских групп, которые активно работают в данной области. И можно сказать,

что в настоящее время в «гонке за лидерами» явно лидируют специалисты из Италии и Финляндии, которые, основываясь на результатах, полученных в проектах TOVE (канадская школа) и Enterprise Project (эдинбургская школа), развивают собственные подходы к проектированию онтологий предприятий. Активно работают в этой же области и специалисты стран Юго-Восточной Азии и Австралии. Следует также отметить, что ведущие производители программного обеспечения для бизнеса (SAP, Oracle и др.) только недавно стали уделять серьезное внимание онтологическому инжинирингу в том его понимании, которое пришло из исследований в области искусственного интеллекта и инженерии знаний. Как правило, ведущие вендоры пока сосредоточены на спецификации бизнес-процессов производства и/или оценки качества производства и выпуске программных продуктов, ориентированных на поддержку соответствующих бизнес-шаблонов.

Особо хочется отметить, что из поля зрения как исследовательских коллективов, так и корпораций практически «выпали» проблемы онтологических моделей экономики – не в смысле поддержки спецификаций финансовой отчетности, а в смысле микроэкономических моделей экономики и онтологических моделей предприятий, ориентированных на экономику, а не на производство.

Проведенный анализ российских исследований и разработок в области онтологического инжиниринга и проектирования онтологических моделей предприятий/организаций и онтологических моделей управления различными аспектами их деятельности показывает, что работы в этом направлении ведутся в ограниченном числе мест, в основном в исследовательских коллективах и научных организациях, а разработки российских фирм, которых тоже явно недостаточно, концентрируются, в первую очередь, на уже ставших классическими системах управления знаниями в организациях и лишь в некоторых случаях на онтологических моделях бизнес-процессов производства.

Все вышесказанное позволяет, с одной стороны, еще раз зафиксировать наукоемкость и уникальность проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России», а с другой – определяет необходимость проведения в рамках этого проекта серьезных научно-исследовательских работ по созданию онтологических моделей микроэкономики и стыковки мо-

делей предприятий в многоуровневые модели отраслей, а в перспективе, возможно, и разработки модели макроэкономики государства.

Какие конкретные выводы и рекомендации для проекта, который послужил стимулом для подготовки и издания этих препринтов, вытекают из проведенного анализа?

Прежде всего убеждение в том, что в рамках проекта должна быть спроектирована сбалансированная система экономических онтологий. При этом:

1. В качестве теоретического базиса, по-видимому, целесообразно использовать модели теории активностей, предложенной российскими учеными Л. Выготским и А. Леонтьевым, которые в настоящее время активно используются финской и итальянской школами онтологического инжиниринга, а также исследовательскими коллективами из ведущих университетов США и стран Юго-Восточной Азии.

2. На верхнем уровне в проектируемой системе взаимосвязанных онтологий предпочтительно опираться на общепризнанные Upper Ontology уровня SUMO, DOLCE и/или онтологии Дж. Соуы, выбирая из них те подмножества понятий и отношений между ними, которые отвечают целям и задачам проекта, и расширяя создаваемую в проекте онтологию верхнего уровня новыми концептами и отношениями, которые обычно не рассматриваются в существующих Upper Ontology.

3. Уровень базовых онтологий, по-видимому, целесообразно формировать из хорошо проработанных онтологий данного уровня (например, из TOVE, Enterprise Ontology, REA и некоторых других), которые рассматривались во втором препринте данной серии, дополняя и расширяя их онтологиями времени, пространства и некоторыми другими (например, онтологиями информационного пространства и моделей задач).

4. Предметные онтологии в проекте, как представляется, необходимо в значительной мере разрабатывать заново, поскольку в настоящее время в мире таких онтологий нет, а исследования и разработки в области онтологий микроэкономики практически не ведутся.

5. Учитывая то, что система экономических онтологий, которая должна быть создана в рамках проекта, является сложной, ее проектирование и реализация должны опираться на адекватные инструментальные средства поддержки разработки, среди которых, на наш взгляд, целесообразно ориентироваться на соответствующие платформы с открытым кодом (Open Source) уровня кооперативного Протеже.

Последнее, на что представляется важным обратить внимание не только специалистов, занятых в данном проекте, но и других исследователей и разработчиков в данной области. В настоящее время при проектировании сложных информационно-аналитических систем следует уделять самое серьезное внимание вопросам стыковки проектируемой предметной системы онтологических моделей с моделями, обеспечивающими формирование и сопровождение пространств знаний.

Литература

[Бадалов, Селезнев, Шведин, 2011] Бадалов А.Ю., Селезнев С.П., Шведин Б.Я. Онтологическая модель КАС «Безопасный город», Красноярск 2011.

[Бурдаев, 2010] Бурдаев В.П. Об одном подходе реализации онтологии предметной области // Искусственный интеллект. 2010. № 3.

[Гаврилова, Хорошевский, 2001] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: учебник. СПб.: Питер, 2001.

[Галямов, Попов, 2009] Галямов А.Ф., Попов Д.В. Анализ информационной и ИТ-инфраструктур организации // Программные продукты и системы. 2009. № 1 (85). С. 91–93.

[Добров, Лукашевич, 2006] Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Лингвистическая онтология по естественным наукам и технологиям: основные принципы разработки и текущее состояние: 10-я Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Обнинск, 25–28 сентября 2006 г. М.: Физматлит, 2006.

[Ефименко и др., 2010] Ефименко И.В., Жалыбин П.П., Минор С.А., Старостин А.С., Хорошевский В.Ф. Проект OntosMiner: воспоминания о будущем: сб. трудов 12-й Конференции по искусственному интеллекту. Тверь, 2010.

[Зеленков, Сегалович, 2010] Зеленков Ю.Г, Сегалович И.В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов.

[Клещев и др., 2001a] Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Ч. 1. Существующие подходы к определению понятия «онтология» // НТИ. Серия 2 «Информационные процессы и системы». 2001. № 2.

[Клещев и др., 2001б] Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Ч. 2. Компоненты модели // НТИ. Серия 2 «Информационные процессы и системы». 2001. № 3.

[Клещев и др., 2001в] Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Ч. 3. Сравнение разных классов моделей онтологий // НТИ. Серия 2 «Информационные процессы и системы». 2001. № 4.

[Левашова, 2008] Левашова Т.В. Модель контекста в системах интеллектуальной поддержки принятия решений: труды ИСА РАН. 2008. Т. 35.

[Лукашевич, 2007] Лукашевич Н.В. Описание понятий-ролей в лингвистических и онтологических ресурсах: сб. трудов 9-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». Переславль-Залесский, 2007.

[Лукашевич, Добров, 2001] Лукашевич Н.В., Добров Б.В. Описание понятийной системы русского языка в виде тезаурусноорганизованной семантической сети: труды международной конференции «Знания – Диалог – Решение». СПб., 2001. Т. 2. С. 438–444.

[Лычкина, Идиатуллин, 2010] Лычкина Н.Н., Идиатуллин А.Р. Разработка комплекса онтологических моделей архитектуры предприятия. М., 2010.

[Лычкина, Идиатуллин, 2011] Лычкина Н.Н., Идиатуллин А.Р. Инструментальная реализация архитектурных моделей предприятия на основе онтологий. М., 2011.

[Мухачева, Попов, 2010] Мухачева Н.Н., Попов Д.В. Онтологические модели и методы для управления информационно-интеллектуальными ресурсами организации // Вестник УГАТУ. Т. 14. № 1 (36). С. 123–135.

[Невзорова, 2007] Невзорова О.А. Онтолингвистические системы: технологии взаимодействия с прикладной онтологией: ученые записки Казанского государственного университета. Серия «Физико-математические науки». Т. 149. Кн. 2. 2007. С. 105–115.

[Невзорова, 2008] Невзорова О.А. Онтологическая поддержка методов решения задач семантико-синтаксического анализа текстов: труды 11-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием. М.: Физматлит, 2008.

[Невзорова, Невзоров, 2011] Невзорова О.А., Невзоров В.Н. Многоуровневая онтологическая система для планирования решений приклад-

ных задач: сб. трудов международной конференции OSTIS-2011. Минск, 2011.

[НИР ГУ ВШЭ, 2006] НИР «Эталонные модели организации деятельности в государственном секторе», ГУ ВШЭ, 2006.

[Попов и др., 2007] Подход к разработке системы календарного планирования с применением онтологической базы знаний / Д.В. Попов [и др.] // Прил. к журн. «Открытое образование». 2007. С. 82–84.

[Попов, Богданова, Ризванов, 2008] Попов Д.В., Богданова Д.Р., Ризванов Д.А. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008613990 (Многоагентная система составления графика оказания услуг на основе онтологической базы знаний). Роспатент, 21 августа 2008 г.

[Попов, Мухачева, Сабирьянова, 2008] Попов Д.В., Мухачева Н.Н., Сабирьянова Г.Р. Модели описания упражнений для изучения математики в игровой форме // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2008. Т. 15. Вып. 2. С. 348–350.

[Попов, Сабирьянова, Мухачева, 2009] Попов Д.В., Сабирьянова Г.Р., Мухачева Н.Н. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2009611645. Система управления учебным материалом при репродуктивном обучении. М.: Роспатент, 27 марта 2009 г.

[Привезенцев, Фазлиев, 2007] Привезенцев А.И., Фазлиев А.З. Прикладная онтология для задач молекулярной спектроскопии: сб. трудов 9-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». Переславль-Залесский, 2007.

[Прохоров, Пахнина, 2008] Прохоров А.В., Пахнина Е.М. Особенности использования онтологий при взаимодействии агентов в системе имитационного моделирования производственных процессов: сб. науч. трудов ХАИ (университета). Вып. 3(18), 2008.

[Рабчевский, 2007] Рабчевский Е. Автоматическое построение онтологий: сб. трудов 9-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». Переславль-Залесский, 2007.

[Ризванов, Попов, 2006] Ризванов Д.А., Попов Д.В. Программа для ЭВМ: Экспертная система для когнитивного моделирования сложных систем «ConfExpert». Версия 1.0. Рег. № 50200500303 // Информационный бюллетень «Алгоритмы и программы» ФГУП «Всероссийский научно-технический информационный центр». 2006. № 1. С. 58.

[Ризванов, Сенькина, 2009] Ризванов Д.А., Сенькина Г.В. Онтологический подход к поддержке принятия решений по управлению компетенциями организации // Вестник РГРТУ. № 4. Вып. 30. Рязань, 2009.

[Рубашкин, 2006] Рубашкин В.Ш. Онтологии: от информационно-поисковых тезаурусов к инженерии знаний // 10-я Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Обнинск, 25–28 сентября 2006 г. М.: Физматлит, 2006.

[Сидорова и др., 2006] Сидорова Е.А., Загорюлько Ю.А., Кононенко И.С. Семантический подход к анализу документов на основе онтологии предметной области: труды международной конференции «Диалог 2006». М., 2006.

[Смирнов и др., 2003] Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г., Левашова Т.В. Управление онтологиями // Известия РАН. Теория и системы управления. 2003. № 5. С. 89–101.

[Тарасов, 2004] Тарасов С.Д. Подход к реализации автоматизированной системы построения тезауруса / Балтийский государственный технический университет им. Д.Ф. Устинова «ВОЕНМЕХ», 2004.

[Тузовский, 2006] Тузовский. Работа с онтологической моделью организации на основе дескриптивной логики. Томск, 2006.

[Тузовский, Козлов, 2006] Тузовский, Козлов. Построение модели знаний организации с использованием системы онтологий. Томск, 2006.

[Тюков, Извозчикова, Матвейкин, 2010] Тюков, Извозчикова, Матвейкин. Использование онтологии при прогнозировании развития предприятия. Оренбург, 2010.

[Уиддет, Холлифорд, 2003] Уиддет С., Холлифорд С. Руководство по компетенциям. М.: Нипро, 2003.

[Хорошевский, 2008] Хорошевский В.Ф. Онтологические модели и Semantic Web: откуда и куда мы идем?: сб. трудов симпозиума «Онтологическое моделирование». Звенигород, 19–20 мая 2008 г. М., ИПИ РАН, 2008.

[Черный, Тузовский, 2009] Черный, Тузовский. Развитие информационной системы организации с использованием семантических технологий. Томск, 2009.

[Шведин, 2006] Шведин Б.Я. Онтологическая модель кадровой и организационно-плановой сфер деятельности крупномасштабной организации // Научные технологии. 2006. Т. 6. № 6.

[Шилов, 2008] Шилов Н.Г. Принципы и модели онтолого-ориентированного управления сетевыми организациями с динамической структурой: 6 труды ИСА РАН, 2008. Т. 35.

[Axelrod, 1976] Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton University Press, 1976.

[Biesalski, Abecker, 2005] Biesalski E., Abecker A. Integrated Processes and Tools for Personnel Development // Proc. of 11th International Conference on Concurrent Enterprising, Munich, Germany, 2005.

[Boldyrev, 2009] Boldyrev Ivan A. Ontology of Economics: an Interpretive Perspective. Moscow: State University – Higher School of Economics, 2009.

[Brezillon, Cavalcanti, 1997] Brezillon P., Cavalcanti M. Modeling and Using Context: Report on the first International and Interdisciplinary Conference CONTEXT-97 // The Knowledge Engineer Review. 1997. Vol. 12. No. 4. P. 1–10.

[Dey, 2001] Dey A.K. Understanding and Using Context // Personal and Ubiquitous Computing Journal. 2001. Vol. 5. No. 1. P. 4–7.

[Efimenko, et al., 2009b] Efimenko I., Minor S., Starostin A., Drobyazko G., Khoroshevsky V. Generating Semantic Content for the Next Generation Web // Semantic Web. Publisher IN-TECH, 2009.

[Fan, et al., 2001] Fan J., Barker K., Porter B., Clark P. Representing Roles and Purpose // Proceedings of 1st In Conference on Knowledge Capture (K-Cap'01). 2001. P. 38–43.

[Fox, 1992] Fox M.S. The TOVE Project, Towards a Common Sense Model of the Enterprise // Enterprise Integration. Ch. Petrie (ed.). Cambridge, MA, MIT Press, 1992.

[Gavrilova, 2007] Gavrilova T. Ontological Engineering for Practical Knowledge Work // Lecture Notes in Artificial Intelligence 4693, Proc. of 11th Int. Conf. Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2007), Italy, Vietri sul Mare, Springer, 2007. P. 1154–1162.

[Guarino, 1992] Guarino N. Concepts, attributes and arbitrary relations // Data Knowledge Engineering. 1992. No. 8. P. 249–261.

[Guarino, Welty, 2000] Guarino N., Welty C. Ontological Analysis of Taxonomic Relationships // Proceedings of ER-2000. The international conference of Conceptual Modeling. Springer Verlag, 2000.

[Kang, et al., 2010]. Dongwoo Kang, Jeongsoo Lee, Sungchul Choi and Kwangsoo Kim. An ontology-based Enterprise Architecture. Expert Systems with Applications. Vol. 37. Issue 2. March 2010. P. 1456–1464.

[Loebe, 2005] Loebe F. Abstract vs. Social Roles: A Refined Top-level Ontological Analysis // Proceedings of the 2005 AAAI Fall Symposium 'Roles, an Interdisciplinary Perspective: Ontologies, Languages, and Multiagent Systems / Guido Boella, James Odell, Leendert van der Torre and Harko Verhagen (eds.). AAAI Press, 2005. P. 93–100.

[Masolo, et al., 2004] Masolo C., Vieu L., Bottazzi E. Catenacci C., Ferrario R., Gangemi A., Guarino N. Social roles and their descriptions // Proceedings of the Ninth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning. AAAI Press, 2004.

[Protégé, 2011] Protégé, ontology editor and knowledge-base framework, <http://protege.stanford.edu>.

[RCO, 2011] Продукт RCO Fact Extractor SDK, http://www.rco.ru/product.asp?ob_no=5047.

[RML, 2011] The Rule Markup Initiative Home page <http://ruleml.org>.

[Smirnov et al., 2007] Smirnov A., Levashova T., Shilov N. Semantic-oriented support of interoperability between production information systems. International Journal of Product Development / Inderscience Enterprises Ltd. Vol. 4. No. 3/4. 2007. P. 225–240.

[Sowa, 1988] Sowa J.F. Using a Lexicon of Canonical Graphs in a semantic interpreter // Relational models of lexicon / M. Evens (ed.). Cambridge University press, 1988. P. 113–137.

[Sowa, 1995] Sowa J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Boston, MA: PWS Publishing Co., 1995.

[Sowa, 2000] Sowa J. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000.

[Stader, Macintosh, 1999] Stader J., Macintosh A. Capability Modelling and Knowledge Management // Applications and Innovations in Expert Systems VII, Proc. ES'99 – 19th Int. Conf. of the BCS Specialist Group on KnowledgeBased Systems and Applied Artificial Intelligence. P. 33–50. Springer-Verlag, 1999.

[Steimann, 2000] Steimann F. The representation of roles in object-oriented and conceptual modelling // Data and Knowledge engineering. 2000. 35, 1. P. 83–106.

[Tkach, Rippa, Gonchar; 2009] Tkach I., Rippa S., Gonchar T. Ontological methodology of knowledge base design in economics, In Proc. IEEE In-

ternational Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, 2009. IDAACS 2009.

[Umiński, 2005] Umiński A. Ya., Enterprise ontology development and extending // НАУКОВІ ЗАПИСКИ. Т. 36. Комп'ютерні науки, 2005.

[Uschold, et al., 1998] Uschold M., King M., Moralee S., Zorgios Y. The Enterprise Ontology The Knowledge Engineering Review. Vol. 13. Special Issue on Putting Ontologies to Use (Mike Uschold and Austin Tate (eds.), 1998.

[Zachman, 1987] Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture // IBM Systems Journal 26 (3). P. 276–292.

Efimenko, I. V. Ontological Modeling of Enterprises and Markets of Modern Russia: Part 3. Ontology Engineering and Enterprise Ontologies: R&D in Russia : Working paper WP7/2011/08 (part 3) [Text] / I. V. Efimenko, V. F. Khoroshevsky ; National Research University "Higher School of Economics". – Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2011. – 68 p. – 150 copies.

The presented state-of-the-art review is structured within the most important fields of ontological modeling and ontology engineering. Research groups dealing with R&D in ontology engineering in Russia are considered. The overview of approaches, methodologies and tools of ontological modeling is given and is focused, first of all, upon the domain of economics. Russian researchers' results in domain of creating ontologies of enterprises and the organizations, as well as using ontological methods in decision-making support are discussed. The paper sums up all preprints of the series named "Ontological Modeling of Enterprises and Markets of the Modern Russia". Recommendations on future R&D in ontological modeling and ontology engineering within the project "Hi-Tech Innovative Appliances (Soft Hardware) for Effective Management of Enterprises and Industries" are given.

Efimenko Irina – National Research University "Higher School of Economics" (Moscow), iefimenko@hse.ru

Khoroshevsky Vladimir – Institution of Russian Academy of Sciences Dorodnicyn Computing Centre of RAS, khoro@ccas.ru

Препринт WP7/2011/08 (ч. 3)
Серия WP7
Математические методы анализа решений
в экономике, бизнесе и политике

Ефименко Ирина Владимировна, Хорошевский Владимир Федорович

**Онтологическое моделирование экономики
предприятий и отраслей современной России**

**Часть 3. Российские исследования и разработки в области
онтологического инжиниринга и бизнес-онтологий**

Зав. редакцией оперативного выпуска *А.В. Заиченко*
Технический редактор *Ю.Н. Петрина*

Отпечатано в типографии
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики» с представленного оригинал-макета

Формат 60×84 ¹/₁₆. Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 3,95
Усл. печ. л. 4. Заказ № . Изд. № 1374

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
125319, Москва, Кочновский проезд, 3
Типография Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»