

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.А. Гурьянова, И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский

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

**Часть 2. Мировые исследования и разработки:
аналитический обзор**

Препринт WP7/2011/08 (ч. 2)

Серия WP7

Математические методы анализа решений
в экономике, бизнесе и политике

Москва
2011

УДК 004.78:658

ББК 65.39

Г95

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

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

Г 95 **Гурьянова, М. А.** Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 2. Мировые исследования и разработки: аналитический обзор : препринт WP7/2011/08 (ч. 2) [Текст] / М.А. Гурьянова, И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 88 с. – 150 экз.

В работе обсуждаются результаты двух известных школ онтологического инжиниринга в области бизнеса – канадской школы, сформировавшейся в процессе работ по проекту TOVE, и эдинбургской школы, которая сформирована на базе проекта Enterprise Project. Приведена информация об используемых методологиях онтологического инжиниринга, онтологиях верхнего уровня и метаонтологиях пространства, времени, организаций. Особое внимание уделено онтологическим моделям качества, разработанным в проекте TOVE, и инструментарию эдинбургской школы Enterprise Tool Set. Представлены исследования и разработки из Западной и Восточной Европы, США, Австралии и Юго-Восточной Азии, показано, что в настоящее время в Италии и в Скандинавии (в Финляндии) формируются новые школы онтологического инжиниринга в области бизнеса. Кратко обсуждаются онтологические модели SAP. Материалы работы, вместе с другими препринтами авторского коллектива, будут полезны специалистам по онтологическому инжинирингу, студентам и аспирантам соответствующих специальностей для ознакомления с полученными здесь научно-техническими результатами, а также с перспективными направлениями исследований и разработок.

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 высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

Гурьянова М.А. – НИУ ВШЭ (Москва), mguryanova@hse.ru.

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>**

© Гурьянова М. А., 2011

© Ефименко И. В., 2011

© Хорошевский В. Ф., 2011

© Оформление. Издательский дом
Высшей школы экономики, 2011

Содержание

1. Введение	4
2. Канадская школа разработки онтологических моделей и проект TOVE	5
2.1. Предварительные замечания.....	5
2.2. Методология проектирования онтологий.....	12
2.3. TOVE-онтология организаций.....	15
2.4. TOVE-онтология качества бизнеса	30
2.5. Оценка результатов проекта TOVE и его развитие.....	35
3. Моделирование бизнеса в эдинбургском проекте Enterprise Project	38
3.1. Предварительные замечания.....	38
3.2. Методология онтологического инжиниринга	39
3.3. Метаонтология эдинбургского проекта	41
3.4. Онтология времени	44
3.5. Онтология активностей, планов, возможностей и ресурсов.....	47
3.6. Онтология организаций.....	49
3.7. Инструментарий Enterprise Tool Set.....	53
3.8. Оценка проекта и перспективы Enterprise Project.....	56
4. Другие исследования и разработки в области онтологических моделей предприятий и отраслей экономики	59
4.1. Предварительные замечания.....	59
4.2. Методы проектирования и базисные бизнес-онтологии	60
4.3. Многоуровневые онтологии бизнеса	64
4.4. Онтологические модели SAP.....	78
5. Заключение	79
Литература	80

1. Введение

Как отмечалось в первой части нашей работы (см. препринт WP7/2011/08 ч. 1), работы в области онтологического инжиниринга активно ведутся во всем мире и примерно одинаковые научно-технические позиции занимают исследовательские коллективы разных стран. Хотя результаты европейских стран по общим вопросам онтологического инжиниринга в целом отстают от результатов США, отдельные исследовательские коллективы находятся на мировом уровне и активно участвуют в международных проектах по данной проблематике.

Иная ситуация наблюдается в области проектирования бизнес-онтологий и онтологических моделей предприятий. Здесь, как показывает анализ, 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 наблюдается сокращение отрыва ведущих школ от новых исследовательских групп, которые активно работают в данной области. Здесь 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. 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.

Следует также 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.

Все вышесказанное позволяет, с одной стороны, еще раз зафиксировать наукоемкость и уникальность проекта, в рамках обсуждения результатов первых двух этапов которого, собственно, и подготовлены все препринты с общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России», а с другой – определяет необходимость

проведения в рамках данного проекта серьезных научно-исследовательских работ по созданию онтологических моделей микроэкономики и стыковки моделей предприятий в многоуровневые модели отраслей, а в перспективе и в модели макроэкономики государства.

Изложение материала настоящей работы организовано следующим образом. В следующих двух разделах препринта подробно обсуждаются результаты 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. По каждой из этих школ приведена информация об используемой методологии онтологического инжиниринга, онтологиях уровня Upper Ontology, разработанных в этих проектах, и метаонтологиях пространства, времени, организаций. При обсуждении особое внимание уделено онтологическим моделям качества, разработанным в проекте TOVE, и инструментарию эдинбургской школы Enterprise Tool Set.

В последнем разделе работы представлен анализ исследований и разработок других стран. Здесь обсуждаются работы 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 отдельном подразделе кратко обсуждаются онтологические модели SAP.

Представляется, что материалы настоящей работы, вместе с другими препринтами с общим названием «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России», 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, а также с перспективными направлениями исследований и разработок.

2. Канадская школа разработки онтологических моделей и проект TOVE

2.1. Предварительные замечания

Канадская школа исследований в области моделей бизнеса сформировалась под руководством М. Фокса в начале 1990-х годов в департаменте

Industrial Engineering университета Торонто. К моменту начала работ по проекту TOVE, обсуждаемому ниже, в этой исследовательской лаборатории были получены серьезные научные результаты в области методов и средств представления знаний [Reddy, et al., 1982], базисных моделей ограничений [Fox, et al., 1983] и в других направлениях создания моделей бизнеса, которые опирались на такие уже известные в то время стандарты, модели и технологии представления и обработки корпоративных знаний, как:

- CAMI (некоммерческая группа предприятий индустрии, ориентированной на создание программного обеспечения поддержки производства и моделирование соответствующих стандартов);
- CIM-OSA (референциальная модель, разработанная группой ACIME в рамках европейского проекта ESPRIT [CIM-OSA, 1993]);
- ICAM (проект американской лаборатории Materials Lab, US Air Force [Davis, et al., 1983; Martin, et al., 1983; Smith, Edge, 1990]);
- IWI (референциальная модель, разработанная в Institut fur Wirtschaftsinformatic Universitat des Saarlandes, ФРГ);
- PDES (группа стандартов Product Data Exchange Standard, первоначально ориентированных на геометрическую информацию, но затем расширенную до моделей данных продуктов) и др.

Базис исследований и разработок, на котором разворачивались работы канадской школы онтологического инжиниринга, представлен на Рис. 1.

Перечисленные выше и многие другие результаты исследований и разработок были ориентированы в конечном счете на создание разделяемых моделей бизнеса.

Основные цели проекта TOVE (TOronto Virtual Enterprise), который был поддержан, в частности, агентством Natural Science Engineering Research Council, компаниями DEC, Micro Electronics Computer Technology Corp. и Spar Aerospace Ltd., состояли:

- в формализации знаний в области Enterprise Engineering, что должно было обеспечить не только точную спецификацию интуиции практиков, но и основу для автоматизации бизнес-процессов;
- в интеграции знаний в рамках программных средств поддержки бизнес-процессов на базе формального представления структуры организаций и их поведения;
- в обеспечении разработанных моделей средствами многоаспектной визуализации результатов.

Оценивая проект TOVE с позиций сегодняшнего дня, можно отметить, что одним из его важнейших результатов была разработка методологии онтологического инжиниринга (Рис. 2), известной в настоящее время как ме-

тодология Грюнингера и Фокса (Grüninger-Fox's methodology) [Grüninger, Fox, 1994].

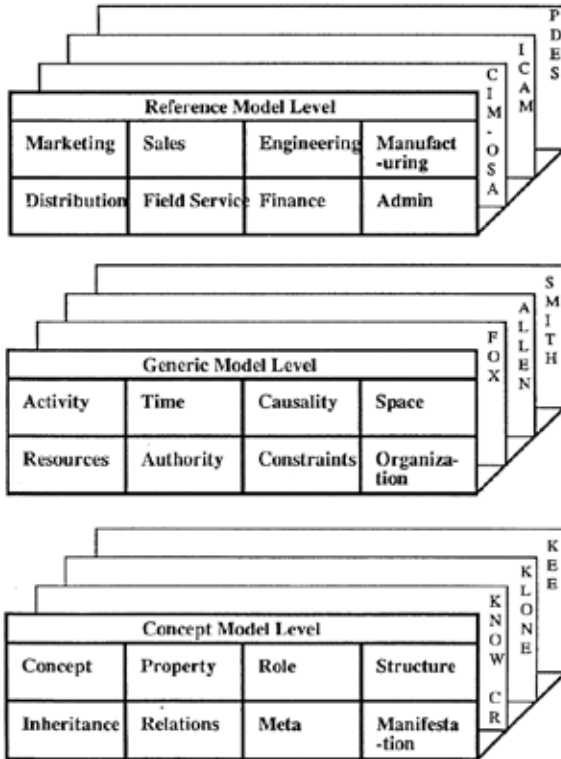


Рис. 1. Базис исследований и разработок онтологического инжиниринга

Как и многие другие методологии и методы онтологического инжиниринга первого поколения, эта методология была сформирована на основе опыта разработки конкретной онтологии, ориентированной на предметную область моделирования бизнес-процессов и по существу предполагает создание онтологии как логической модели знаний. Данная методология включает следующие этапы:

- *Фиксация мотивационного сценария.* В рамках данной методологии постулируется, что создание любой онтологии мотивируется некоторыми сценариями, возникающими в конкретной прикладной области, которые

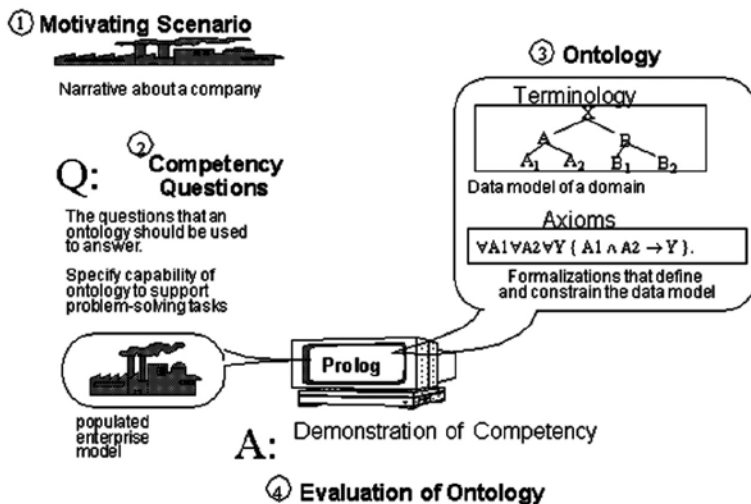


Рис. 2. Методология онтологического инжиниринга Грюнингера – Фокса

специфицируют множество интуитивно возможных решений для указанных в сценарии проблем.

- *Формулирование неформальных вопросов проверки компетенции.* Вопросы оценки компетентности создаваемой онтологии основаны на мотивационных сценариях и рассматриваются как требования к изобразительной мощности онтологии и возможности с ее помощью решать задачи, обозначенные в мотивационных сценариях.

- *Спецификация терминологии онтологии на формальном языке,* которая базируется на выполнении фаз

- *проектирования неформальной терминологии.* Из множества неформальных вопросов проверки компетенции онтологии выделяется множество терминов, которые должны быть базисом для спецификации на формальном языке,

- *спецификации формальной терминологии.* Выделенное в предыдущей фазе множество терминов специфицируется на формальном языке (в данном случае использовался ЯПЗ KIF – Knowledge Interchange Format).

- *Формулировка вопросов оценки компетенции с использованием терминологии онтологии.* По сути дела, на этом этапе происходит спецификация запросов на формальном языке для оценки компетентности онтологии.

- *Спецификация аксиом для терминов онтологии на формальном языке.* Здесь специфицируется семантика терминов онтологии и ограничения на их интерпретацию в виде утверждений исчисления предикатов первого порядка.

- *Задание условий полноты онтологии.* На данном этапе специфицируются условия, при выполнении которых решение вопросов, связанных с компетенцией онтологии, будет полным.

На базе методологии Грюнингера – Фокса были разработаны

- *Enterprise Design Workbench* (среда проектирования, позволяющая пользователю анализировать проекты предприятия). Важной функциональной особенностью APM Enterprise Design Workbench была поддержка сравнительного анализа альтернативных проектов предприятий и руководство проектировщиком;

- *Integrated Supply Chain Management Project agents* (организация цепочки снабжения как сети взаимодействующих интеллектуальных агентов, каждый из которых выполняет одну или несколько функций в цепочке снабжения и координирует свои действия с другими агентами).

Архитектура системы инжиниринга бизнес-процессов, предложенная и реализованная в рамках проекта TOVE, представлена на Рис. 3.

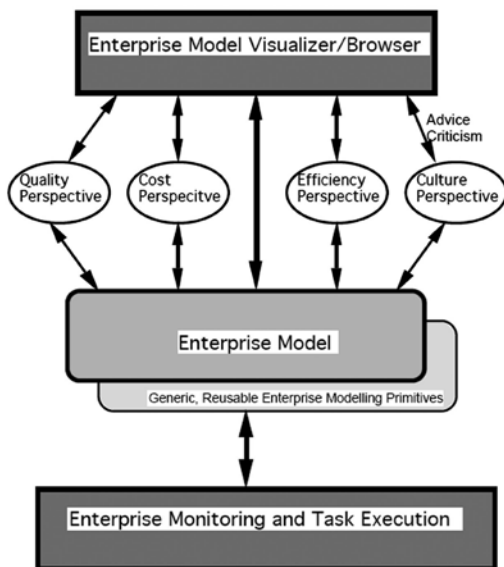


Рис. 3. Архитектура системы инжиниринга бизнес-процессов в проекте TOVE

Как следует из Рис. 3, система инжиниринга бизнес-процессов здесь состоит из четырех основных компонент: модели бизнеса (common-sense enterprise model), модулей управления (advisors), визуализации (visualization) и информационных агентов (information agents).

Базисом системы является модель бизнеса, которая поддерживает множество основных повторно используемых знаний о бизнес-процессах. В частности, эта модель включает модели представления процессов (processes), активностей (activities), времени (time), каузации (causality), ресурсов (resources), качества (quality) и цены (cost). Модель бизнеса используется всеми компонентами системы, за счет чего обеспечивается общая (разделяемая) терминология и общее множество ограничений.

В бизнесе необходимы модели различных его аспектов, таких как, например, эффективность, качество, цена и др. Поэтому любая система инженерии бизнеса должна поддерживать хорошо определенное представление и управление разными аспектами бизнеса. В рамках архитектуры TOVE для этого предназначены модули управления (advisors), «способные» анализировать текущую ситуацию в бизнесе и принимать правильные решения в условиях наличия нескольких альтернатив.

В дополнение к представлению знаний о бизнесе в системе полезно иметь средства визуализации ситуации в бизнесе с различных точек зрения, что предполагает наличие графических средств представления модулей управления и взаимодействий между ними, включая мониторинг рабочих потоков.

И, наконец, у системы должно быть окружение периода исполнения (execution environment), поддерживающее базы данных, библиотеки исполняемых модулей и т.п.

Таким образом, архитектура системы инжиниринга бизнес-процессов в проекте TOVE является развитой технологической платформой для спецификации бизнеса и моделирования протекающих здесь процессов.

Понятно, что моделирование является ключевым компонентом в спецификации бизнеса. Поэтому важнейшей целью исследований, которые проводились в проекте TOVE, были работы по созданию общих повторно используемых представлений бизнес-знаний, которые могли бы использоваться в разных конкретных направлениях бизнеса. Такие бизнес-знания представляются в Enterprise Ontology TOVE [Fox, et al., 1993], которая содержит формальное представление сущностей и их свойств, формируя таким образом общую разделяемую терминологию по объектам интереса в данной предметной области. Онтология TOVE поддерживает мощное и точное представление общих знаний (активности, процессы, ресурсы, время, причины)

и знания, специфичные для бизнеса (цена, качество, оргструктура и др.). Пирамида знаний в проекте TOVE показана на Рис. 4.



Рис. 4. Пирамида знаний в проекте TOVE

Базовые сущности в модели TOVE представляются объектами с их свойствами и отношениями. Объекты объединяются в таксономии. Объекты, атрибуты и отношения специфицируются, где это возможно, в исчислении предикатов первого порядка. С учетом вышесказанного, онтология определяется путем спецификации объектов, которые представляются константами и/или переменными соответствующего языка представления знаний, и последующей идентификации свойств объектов и отношений между объектами, которые представляются в языке представления знаний предикатами.

На следующем шаге в исчислении предикатов первого порядка определяется множество аксиом, фиксирующих ограничения на объекты и предикаты в онтологии. Построенное множество аксиом формирует микротеорию [Lenat, Guha, 1990] и обеспечивает декларативную спецификацию различных задач, которые должны решаться в рамках разрабатываемой модели.

Интуитивно ясно, что аксиомы микротеории «позволяют» модели выводить ответы на вопросы, на которые обычно можно ответить на основе общего понимания бизнес-процессов. Однако для теоретического обоснования этой интуиции необходимо иметь формальное доказательство свойств микротеории, что позволяет понять область охвата и ограничения используемого подхода. В проекте TOVE для этого используются вопросы компетенции (competency questions), которые служат для характеристики различных онтологий и микротеорий в модели бизнеса. Микротеория в данном подходе должна содержать необходимое и достаточное множество аксиом для представления вопросов и ответов на эти вопросы, что позволяет утверждать, что микротеория адекватна поставленной задаче. Заметим, что такой подход к обоснованию корректности разработанной онтологии был впервые предложен для инжиниринга бизнес-процессов именно в проекте TOVE.

Основными онтологиями, которые были разработаны в проекте TOVE, являются:

– **Онтология Активностей и Состояний (Activities and States)**. Формализация понятия процесса и активности является критической для любых систем реинжиниринга бизнес-процессов, поскольку они суть базовые события, специфицирующие изменения в предметной области [Fox, et al., 1993]. Состояния, в свою очередь, определяют, что должно быть истинным для того, чтобы активности могли выполняться, и что будет истинным после их завершения.

– **Онтология Времени (Time)**. Активности «стартуют» в определенные моменты времени и, будучи запущенными, продолжают в течение некоторого временного интервала. И более того, свойства состояний сохраняются во время этих активностей. Для представления таких явлений в проекте TOVE было расширено множество темпоральных отношений [Allen, 1983].

– **Онтология Ресурсов (Resources)**. Все активности требуют, чтобы некоторые объекты были доступны во время их выполнения. Это послужило основой для создания теории ресурсов, где в микротехории были аксиоматизированы понятия разделяемых vs. личных ресурсов, ресурсных ограничений и доступности ресурсов [Fadel, et al., 1994].

– **Онтология Качества (Quality)**. Работы в данном направлении были связаны с созданием терминологии оценки качества, соответствующей стандартам ISO 9000, Baldridge Award и др. [Kim, Fox, 1993].

– **Онтология Цены (Cost)**. Целью данной разработки была формализация концептов, используемых в активностях ценообразования.

В рамках проекта TOVE были проведены серьезные исследования и разработки и по другим компонентам рассмотренной выше архитектуры системы инжиниринга бизнес-процессов. Однако на текущем этапе выполнения проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» они представляют меньший интерес, чем онтологические модели TOVE. Поэтому ниже обсуждаются только компоненты Enterprise Ontology TOVE.

2.2. Методология проектирования онтологий

Как известно [Fox, et al., 1993; Gruber, 1993], существуют следующие критерии оценки результатов онтологического инжиниринга:

– **Функциональная полнота (Functional Completeness)**: представлена ли в онтологии вся необходимая для решения поставленных задач информация?

– **Общность (Generality)**: в какой мере в онтологии разделены различные активности, такие как, например, проектирование и производство или разработка и маркетинг? является ли онтология ориентированной на определенный сектор (например, производство) или на разные сектора (например, продажи, финансы и т.п.)?

– **Эффективность (Efficiency)**: поддерживается ли в онтологии эффективный вывод (например, по необходимой для этого памяти и времени) или для этого требуются определенные преобразования онтологии?

– **Ясность-Понятность (Perspicuity)**: является ли онтология настолько легко понимаемой пользователями, чтобы использоваться во всех подразделениях моделируемого бизнеса? является ли представление онтологии «самодокументируемым»?

– **Точность/Детализация (Precision/Granularity)**: является ли базовое множество онтологических примитивов «разделенным» или они пересекаются по смыслу? поддерживает ли представление вывод на разных уровнях абстракции и детализации?

– **Минимальность (Minimality)**: содержит ли онтология минимально необходимое число объектов?

В проекте TOVE перечисленные выше критерии были взяты за основу проектирования онтологий. При этом в данном проекте эти критерии фиксируются в виде множества вопросов (вопросов компетенции), на которые онтология должна быть способна ответить, если в ней содержится вся необходимая информация. По сути дела, вопросы компетенции являются тем множеством критериев (benchmark), которому должна удовлетворять онтология, чтобы быть пригодной для решения поставленных задач. При этом должны быть найдены все и только правильные решения. Понятно, что такой подход позволяет управлять разработкой новых онтологий и проверять функциональные возможности существующих онтологий.

Характеристики компетентности онтологии вовлекают в рассмотрение ряд важных проблем, например, где заканчивается собственно представление и начинается вывод. Если в онтологии нет механизма вывода, обработка запросов сводится к простому поиску ответа, представленного в ней эксплицитно. В противовес такой ситуации представление информации, например, в виде объектов семантической сети предполагает, по крайней мере, наследование и наличие дедуктивного механизма. Таким образом, одним из ключевых вопросов при проектировании онтологии является вопрос о том, можно ли при разработке ограничиться только терминологией или здесь требуются механизмы наследования и вывода, например, как в языке «Пролог», где используются дизъюнкты Хорна. В проекте TOVE предполагается ис-

пользование механизмов вывода с мощностью не ниже того, который поддерживается в «Прологе».

В классической работе Грубера [Gruber, 1993] процесс онтологического инжиниринга определяется как последовательность таких этапов, как ассоциирование множества «человеческих» терминов предметной области с множеством «компьютерных» классов и/или объектов (коллекцией сущностей, организованных в единое целое, поскольку они разделяют общие свойства), отношений и функций, связывающих сущности; и формальных аксиом, которые ограничивают интерпретацию терминов и их правильное использование.

Таким образом, в концепции Грубера онтологический инжиниринг делится на две основные фазы – создание словарей терминов (предметной терминологии) и аксиом, определяющих и ограничивающих терминологию.

Методология онтологического инжиниринга, разработанная в Enterprise Integration Laboratory Грунингером и Фоксом [Gruninger, Fox, 1995], развивает концепцию Грубера и содержит несколько шагов (этапов), представленных на Рис. 5.

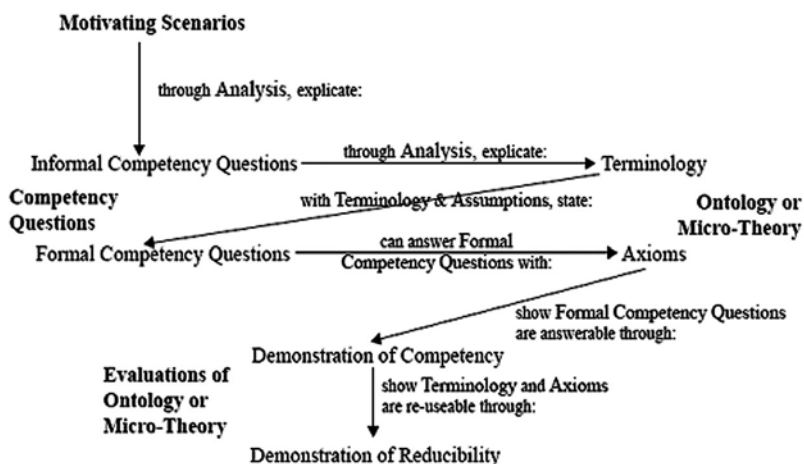


Рис. 5. TOVE-методология проектирования онтологий и микротеорий

В приведенной выше схеме мотивационные сценарии (Motivating Scenario) для конкретного бизнеса являются стартовой точкой, в процессе спецификации которой особое внимание уделяется основным проблемам моделируемого бизнеса и/или задачам, которые необходимо при этом решать. Так, например, при создании в рамках проекта TOVE онтологических моделей

бизнеса для компании VHP Steel мотивационный сценарий концентрировался на общей информации об этой компании, положениях, связанных с подходом компании к качеству ее продукции, терминологии, которая использовалась в компании для определения качества, объяснениях того, как компания VHP Steel предполагает использовать создаваемые модели и того, как в ней фиксируются дефекты продукции в настоящее время. В процессе анализа мотивационных сценариев, как правило, выделяются базовые концепты, которые затем становятся основой онтологии или микротеории.

Конкретизация мотивационных сценариев происходит в рамках формирования множества неформальных вопросов компетенции (Informal Competency Questions), на которые должна отвечать проектируемая онтология или микротеория. Поскольку на этом этапе вопросы являются неформальными, а термины, необходимые для спецификации вопросов в исчислении предикатов первого порядка только определяются, такие вопросы специфицируются на обычном естественном языке с фиксацией словарных составляющих и их семантики. Для примера, при разработке онтологических моделей для компании VHP Steel, в частности, были зафиксированы такие вопросы, как «Какие физические характеристики необходимо измерять?», «Что представляют из себя значения измеряемых характеристик?» и др.

На следующих этапах проектирования выделенные термины организуются в таксономии, в которых узлы верхнего уровня должны соответствовать предопределенным терминам (pre-existing terms) онтологий ядра (Core Ontologies).

Затем определения терминов-объектов специфицируются предикатами в исчислении первого порядка.

Такие определения служат базисом для формирования множества аксиом, фиксирующих ограничения на объекты и отношения в проектируемой онтологии. Такие аксиомы обеспечивают декларативное представление определений и ограничений терминологии, что в дальнейшем используется для доказательства компетенции онтологии.

Таким образом, методология TOVE определяет полный цикл проектирования и валидации разрабатываемых онтологических моделей.

2.3. TOVE-онтология организаций

В проекте TOVE предполагается, что Организация представляется как множество ограничений на активности, выполняемые агентами. Эта концепция принадлежит Веберу [Weber, 1987], который рассматривал процессы бюрократизации как сдвиг с управления, основанного на собственных интересах и персоналиях, на управление, основанное на правилах и процедурах.

Понятно, что концепция моделей организаций в проекте TOVE возникла не на «пустом» месте. Начальный и неформальный анализ структуры организаций принадлежит Минцбергеру [Mintzberg, 1983], который выделил пять основных составляющих организации и пять разных организационных конфигураций, полезных на практике. В рамках онтологии Минцбергера были специфицированы несколько механизмов, обеспечивающих координацию в модели организации, таких как, например, цели, бизнес-процессы, авторство, позиции и коммуникация. При этом разные активности организации выделяются в соответствии с теми ролями, которые они играют в координации с использованием вышеуказанных средств. Подход Т. Винограда «*language/action perspective*» [Winograd, 1987] базируется на кооперативной работе в организации, отражающей социальную активность, на основе которой агенты скорее генерируют пространство совместных действий для своего функционирования, чем ментальное состояние индивидуумов. Основная идея здесь в том, что социальная активность определяется языком и коммуникацией. Прагматическая природа коммуникации как способа определения соглашений между ее участниками специфицирована в работе [Flores, et al., 1988]. В работе [Auramaki, et al., 1988] предложен метод моделирования офиса как системы коммуникативных действий, через которые люди вовлекаются в активности путем создания, модификации и отказа от соглашений, определяющих их текущее поведение и поведение в будущем. В работе [Lee, 1988] язык действий в организации рассматривается не как механизм передачи информации, а как механизм социального взаимодействия и управления. Там же представлены логические спецификации деонтических понятий, таких как авторизация, права, запреты и др., и показано их влияние на функционирование организации. Позднее Уи (Yu) и Малопулос (Mylopoulos) [Yu, Mylopoulos, 1994] предложили платформу для моделирования организации как системы социальных акторов (*social actors*), наделенных интенциями, имеющих мотивацию, желания, предположения и стратегии, что обеспечивает определение их возможностей по отношению друг к другу. Таким образом, концепция онтологического моделирования организаций проекта TOVE базируется на хорошем теоретическом и технологическом основании.

При проектировании онтологии организаций в проекте TOVE было сформировано множество вопросов компетенции, которые были разбиты на несколько групп – вопросы структурной компетенции (*Structure Competency*), вопросы компетенции поведения (*Behavior Competency*), вопросы компетенции авторства, полномочий и обязательств (*Authority, Empowerment and Commitment Competency*) и др.

Типичными примерами вопросов структурной компетенции были следующие вопросы:

- Какие роли играют агенты?
- К каким подразделениям организации относится тот или иной агент?
- С кем агент должен взаимодействовать?
- Какой информацией пользуется агент в процессе коммуникации?
- Кому агент должен отчитываться?
- Какие роли «играет» агент? ...

При определении структуры организации особую важность приобретают вопросы поведения агентов в рамках организации, а это, в свою очередь, предполагает спецификацию того, как онтология организации интегрируется с онтологией действий. А поскольку в проекте TOVE предполагается, что организация определяется множеством ограничений на активности ее агентов, вопросы компетенции по организации должны быть дополнены вопросами компетенции поведения, причем в темпоральной проекции и плане возможностей и обязательств агентов. Типичными примерами вопросов компетенции поведения при проектировании онтологии организации в проекте TOVE были следующие вопросы:

- Каковы цели организации?
- Каковы цели в рамках конкретной роли?
- Какие цели у агента (сотрудника) X?
- Какие активности доступны определенной роли для достижения ее цели?
- Какие ресурсы доступны для достижения цели? ...

В качестве примеров вопросов компетенции авторства, полномочий и обязательств можно указать следующие вопросы:

- Какие ресурсы агент (сотрудник) имеет право использовать?
- Чьи разрешения необходимы для выполнения определенных активностей?
- Какие активности может выполнять агент (сотрудник) по своему усмотрению? ...

Ответы на вопросы компетенции, по сути дела, являются базисом для создания таксономии терминов разрабатываемой онтологии.

Следующей после формирования таксономии терминов в методологии TOVE является фаза спецификации аксиом ограничений на термины. При этом важно, что число таких аксиом должно удовлетворять критерию онтологической минимальности.

Как отмечалось выше, важнейшим компонентом представления поведения является определение множества будущих состояний относительно те-

кущего состояния, что влечет за собой следующие основные требования к разрабатываемой онтологии:

- Определение истинности некоторых фактов, существующих в некоторый момент времени, в будущем. Поэтому необходимо ввести аксиомы, определяющие то, как изменяется истинность определенных фактов во времени. В частности, необходимо ввести в рассмотрение свойства и отношения, которые меняются и/или не меняются в результате той или иной активности.
- Определение понятия состояния предметной области и таким образом определение того, что является истинным до и после выполнения различных активностей. Это важно для спецификации причинно-следственных связей между предусловиями и результатами активности.
- Определение временных интервалов, в течение которых состояния, имеющие определенный статус, сохраняют этот статус, что важно для конструирования планов.
- Агрегирование активностей и точное определение того, как активности объединяются в агрегаты для формирования новых активностей.
- Точное определение того, как причинно-следственные и темпоральные структуры активностей и субактивностей трансформируются в активности.

Реализация перечисленных выше и других требований к проектируемой онтологии в проекте TOVE связывается со спецификацией исчисления ситуаций (Situation Calculus). При этом время рассматривается как порядковая шкала предметного дискурса, где определены моменты времени (time points), временные интервалы (time intervals) и отношения типа «<>» на множестве моментов времени со следующей интерпретацией: $t < t'$ iff t раньше t' . Заметим, что в такой интерпретации модель времени является слишком бедной для практически значимых предметных областей.

Понятно, что модель времени является важнейшей составляющей причинно-следственных связей между событиями и активностями предметной области. Для спецификации таких моделей в проекте TOVE используется расширение исчисления ситуаций [Pinto, Reiter, 1993], позволяющее ввести в рассмотрение понятия ситуаций и временной шкалы (time line) за счет назначения ситуациям определенных длительностей.

Интуитивной основой исчисления ситуаций является то, что существует начальная ситуация и изменения в «мире» происходят при выполнении действий. Таким образом, в случае онтологий TOVE соответствующий предикат $Poss(a, \sigma)$ имеет значение «истина» в тех случаях, когда действие a может быть выполнено в ситуации σ . При этом ситуационная структура является деревом, а различные последовательности действий ведут к различным

ситуациям. Таким образом, каждая ветвь дерева, которая начинается в некоторой начальной ситуации, может рассматриваться как гипотетическое будущее, а вся структура показывает возможные пути возникновения тех или иных событий в «мире».

Функция $do(a, \sigma)$ в онтологиях TOVE определяет имя ситуации, которая является результатом выполнения действия a в ситуации σ . Начальная ситуация определяется константой σ_0 , ситуации с разной длительностью определяются с помощью предиката $start(s, t)$. Каждая ситуация имеет уникальное время начала. Все времена начинаются с 0 в ситуации σ_0 и монотонно возрастают.

Для определения истинности утверждения в некоторый момент времени используется предикат $holds(f, \sigma)$, фиксирующий факт, что литерал f является истинным в ситуации σ . Далее, используя привязку времени к ситуации, вводится предикат $holdsT(f, t)$, фиксирующий факт, что литерал f является истинным в момент времени t .

Другим важным понятием является то, что действия происходят в некоторые моменты времени. Для формальной спецификации этого утверждения в проекте TOVE вводятся два предиката – $occurs(a, \sigma)$ и $occursT(a, t)$, определенных следующим образом:

$$\begin{aligned} occurs(a, \sigma) &\equiv actual(do(a, \sigma)) \\ occursT(a, t) &\equiv occurs(a, \sigma) \wedge start(do(a, \sigma), t) \end{aligned}$$

Рассмотренный выше формализм представления времени используется в проекте TOVE для спецификации активностей в организации.

В основе TOVE Enterprise Model лежит представление понятия активности (*activity*) и связанных с ним понятий состояния (*states*) [Fox, et al., 1993]. При этом активность является базовым примитивом трансформационных действий, с помощью которых могут быть представлены процессы и операции, изменяющие «мир», а допустимое состояние определяет, что должно быть истинным в «мире», чтобы активность могла выполняться.

Активность, вместе с ее исходными и заключительными состояниями, называется в проекте TOVE кластером активности (*activity cluster*), дерево состояния, связанное допустимыми (*enables*) отношениями с активностью, специфицирует, что должно быть истинным, чтобы активность выполнялась, а дерево состояния, связанное с активностью отношением причины (*causes*), специфицирует, что должно быть истинным, когда активность завершена. Промежуточные состояния активности могут определять агрегаты активностей и таким образом связывать их в сети активностей.

Для примера, на Рис. 6 представлен кластер «Активность – Состояние» онтологической модели организации в проекте TOVE.

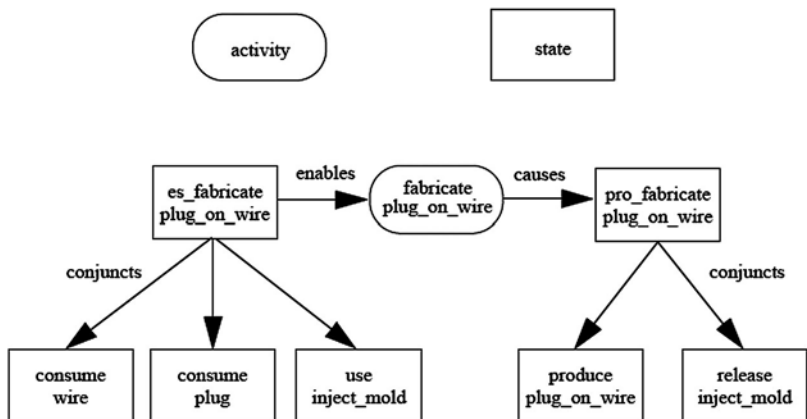


Рис. 6. Кластер «Активность – Состояние» онтологической модели организации

На Рис. 6 присутствуют два типа состояний – терминальные и нетерминальные. Нетерминальным допустимым состоянием для активности *fabricate plug_on_wire* здесь является состояние *es_fabricate plug_on_wire*, а причинным состоянием – *pro_fabricate plug_on_wire*. Терминальными состояниями для *es_fabricate plug_on_wire* служат *consume_wire*, *consume plug* и *use inject_mold*, поскольку все три эти ресурса должны присутствовать для того, чтобы активность возникла; а терминальными состояниями для *pro_fabricate plug_on_wire* служат *produce plug_on_wire* и *release inject_mold*.

В онтологии TOVE имеются четыре предиката представления терминальных состояний: $use(s,a)$, $consume(s,a)$, $release(s,a)$ и $produce(s,a)$, которые соответствуют состоянию ресурсов, востребованных активностью. Понятно, что ресурс «использован» и «освобожден» активностью, если ни одно из свойств ресурса не изменилось, когда активность успешно завершена и ресурс освобожден. Ресурс является «расходуемым» или «воспроизводимым», если некоторые его свойства изменились после завершения активности. Таким образом, состояния «использования» и «освобождения» являются допустимыми, поскольку предусловия активности ссылаются на свойства этих состояний, а состояния «расходования» и «воспроизводства» – причинными, поскольку их свойства являются результатом активности.

Терминальные состояния используются, кроме того, для представления количества ресурса, которое требуется, чтобы состояние было допустимым. Для этого вводятся предикат $quantity(s,r,q)$, где s – состояние, r – связанный ресурс, а q – требуемое количество ресурса r .

Состояние может иметь статус со значениями из множества констант $\{possible, committed, enabled, completed, disabled, reenabled\}$, который изменяется с помощью действий $commit(s,a)$, $enable(s,a)$, $complete(s,a)$, $disable(s,a)$ и $reenable(s,a)$.

Аналогично активности могут иметь статус со значениями из множества констант $\{dormant, executing, suspended, completed\}$, который может быть изменен действиями $execute(a)$, $suspend(a)$ или $complete(a)$.

В качестве части логической спецификации онтологий активности в проекте TOVE определены аксиомы-преемники (successor axioms), специфицирующие то, как введенные выше действия изменяют статус состояния, которые обеспечивают полную характеризацию значений после выполнения любого действия. За счет этих аксиом проблема темпоральной проекции (определения значения в любой момент времени) решается следующим образом: сначала находится ситуация, соответствующая требуемому моменту времени, а затем вычисляется значение статуса состояния этой ситуации с помощью аксиомы-преемника.

Для примера: статус состояния привязан к ситуации **iff** (если и только если), либо связанное действие осуществлено в предшествующей ситуации, либо состояние уже связанное и допустимое действие не наступило:

$$\begin{aligned} (\forall s, a, e, \sigma) \text{ holds}(\text{status}(s, a, \text{committed}), \text{do}(e, \sigma)) \equiv \\ (e = \text{commit}(s, a) \wedge \text{holds}(\text{status}(s, a, \text{possible}), \sigma)) \vee \\ \neg(e = \text{enable}(s, a)) \wedge \text{holds}(\text{status}(s, a, \text{committed}), \sigma) \end{aligned}$$

Таким образом, в проекте TOVE используется достаточно мощный логический формализм спецификации поведения агентов в организации, который применяется при проектировании соответствующих онтологий.

С учетом этого, а также методологии Грунингера – Фокса, ниже обсуждаются основные результаты проектирования онтологии организаций в проекте TOVE.

Одним из важных этапов проектирования онтологии организаций, как отмечалось выше, является построение таксономии понятий, выделенных в процессе анализа ответов на вопросы компетенции. На Рис. 7 представлен верхний уровень таксономии сущностей в онтологии организаций, а на Рис. 8 – фрагмент базовой терминологической таксономии объектов онтологии организаций.

Как следует из таксономии, представленной на Рис. 8, Организация (*organization*) в онтологии TOVE содержит множество «отделов» (*divisions*) и «подотделов» (*subdivisions*), определяемых рекурсивно, множество агентов организации (*organization-agents*), которые являются членами (*members of*) «отделов», множество ролей (*roles*), которые «играют» агенты в организации, и дерево целей (*organization-goal*), где определяются цели и подцели,

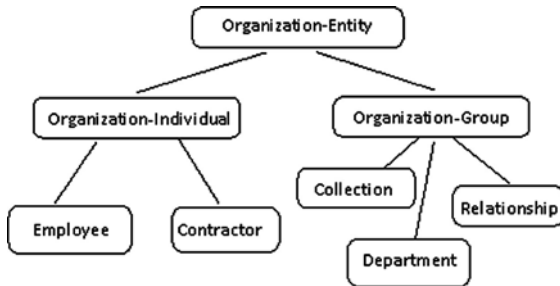


Рис. 7. Верхний уровень таксономии сущностей в онтологии организаций



Рис. 8. Фрагмент таксономии объектов онтологии организаций

которых агенты пытаются достичь. Так, например, Department of Industrial Engineering (IE) можно представить как организацию, имеющую множество целей, связанных с обучением и исследованиями, «подотделы», такие, как, например, Enterprise Integration Laboratory (EIL), Human-Computer Interfaces Laboratory и др., некоторое число агентов, представляющих отдельные факультеты, исследователей, студентов и т.п., а также роли агентов, такие, как профессора, студенты, ассистенты преподавателей, секретари и т.д.

Агенты «играют» одну или несколько ролей, каждая из которых определяется множеством целей, для достижения которых роль создана, и точными полномочиями уровня, необходимого для достижения целей. Агенты выполняют (*perform*) в организации активности, каждая из которых может расходовать (*consume*) ресурсы (*resource*), например, материалы, труд, инструменты и т.п., а также множество ограничений активностей.

Кроме того, агенты могут быть членами групп (*team*), создаваемых для решения конкретных задач, отвечать определенным требованиям обладания «умениями» (*skill*) и иметь множество коммуникационных отношений (*communication-link*), определяемых протоколами взаимодействия с другими агентами в организации.

Роль определяет одну или несколько типовых рабочих функций в организации и связана:

- с Целями (Goals): *has_goal(r, g)* – одна или несколько целей, которых роль должна достичь.
- Процессами (Processes): *has_process(r, a)* – сеть активностей, которые должны быть определены для достижения целей.
- Полномочиями (Authority): *has_authority(r, ath)* – адекватные полномочия необходимы роли для достижения целей. Полномочия включают права использования ресурсов, права выполнения активностей и права изменения статуса действий.
- Умениями (Skills): *requires_skill(r, sk)* – один или несколько «навыков», требуемых для реализации рабочих функций.
- Политиками (Policies): *has_policy(r, con)* – ограничения на выполнение ролевых процессов. Как правило, такие ограничения являются специфичными для каждой организационной роли.
- Ресурсами (Resource): *has_resource(r, rs)* – один или несколько ресурсов, выделенных роли для использования в рамках ее полномочий.

Как правило, в организации существует иерархия ролей. Для примера, на Рис. 9 показана таксономия возможных ролей в организации.

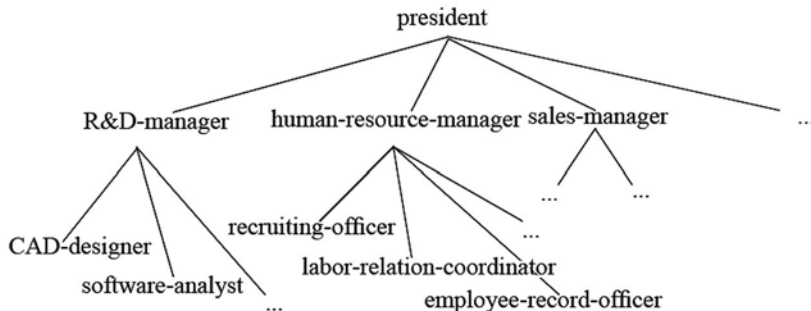


Рис. 9. Таксономия возможных ролей в организации

Как следует из приведенной таксономии, роль *recruiting-officer* подчинена роли *human-resource-manager*, которая, в свою очередь, подчинена роли

president. Для спецификации этого положения в онтологии TOVE определено транзитивное отношение $subordinate_of(r, r')$, устанавливающее ранжирование ролей:

$$subordinate_of(r1, r2) \wedge subordinate_of(r2, r3) \supset subordinate_of(r1, r3).$$

Заметим, что это отношение неререфлексивно и антисимметрично, т.е. не существует роли, подчиненной самой себе, и не существует двух ролей, которые подчинены друг другу:

$$\neg subordinate_of(r, r).$$

$$subordinate_of(r, r') \supset \neg subordinate_of(r', r).$$

В организациях с централизацией полномочий права увеличиваются по иерархии. Для таких организаций

$$subordinate_of(r, r') \equiv [(\forall ath) has_authority(r, ath) \supset has_authority(r', ath)] \wedge (\exists ath') has_authority(r', ath') \wedge \neg has_authority(r, ath').$$

Однако на практике чаще встречаются организации с децентрализацией полномочий.

Кроме отношений субординации, различные роли могут связываться за счет генерализации и специализации. Так, например, R&D-manager, human-resource-manager и sales-manager являются ролями специализации роли dept-manager, а CAD-designer, software-analyst и др. – специализации роли general-employee (Рис. 10). В таком случае dept-manager и general-employee являются ролями генерализации.



Рис. 10. Генерализация и специализация ролей

Понятно, что специализация и генерализация могут быть представлены классами, подклассами и экземплярами в рамках объектно-ориентированной парадигмы. Однако в онтологиях TOVE для этого используются новое отношение $specialized_role(r, r')$ и обратное ему отношение $generalized_role(r, r')$:

$$\text{generalized_role}(r, r') \equiv \text{specialized_role}(r', r).$$

Специализированные роли наследуют все полномочия более общих ролей:

$$\text{specialized_role}(r, r') \wedge \text{has_authority}(r', \text{ath}) \supset \text{has_authority}(r, \text{ath}).$$

Таким образом, роли R&D-manager, human-resource-manager и sales-manager наследуют все права роли dept-manager. Аксиома, представленная выше, позволяет делегировать права классам агентов, чтобы не делать этого в каждом случае отдельно. Так, например, квартальные отчеты организации, доступные роли dept-manager, становятся в данном случае автоматически доступными и ролям R&D-manager, human-resource-manager и sales-manager.

В онтологиях TOVE онтологические модели целей организации декомпозируются в AND/OR деревья подцелей и могут достигаться выполнением активностей кластера. На Рис. 11 представлена цель правительства, которая декомпозируется в подцели *deficit reduction*, *job creation* и др., где цель *deficit reduction*, в свою очередь, декомпозируется в подцели *increase revenue* или *cut spending*.

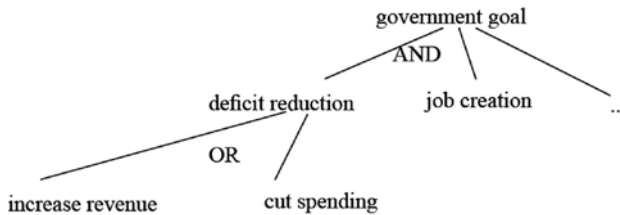


Рис. 11. Поддерево целей

Узлы дерева подцелей имеют отношения зависимости – *achieved(g, t)* означает, что цель g организации была достигнута в момент времени t . Тогда для цели g , которая декомпозируется в несколько подцелей g_1, \dots, g_n с отношением AND, имеется спецификация

$$\text{achieved}(g, t) \equiv \text{achieved}(g_1, t) \wedge \dots \wedge \text{achieved}(g_n, t),$$

а для отношения OR – спецификация

$$\text{achieved}(g, t) \equiv \text{achieved}(g_1, t) \vee \dots \vee \text{achieved}(g_n, t).$$

Цель g_1 зависит от цели g_2 , если g_1 не может быть достигнута без того, чтобы до этого не была достигнута цель g_2 :

$$\text{depend_on}(g_1, g_2) \equiv (\forall t) [\text{achieved}(g_1, t) \supset \text{achieved}(g_2, t)].$$

Далее в онтологиях TOVE вводится отношение *decomposition_of*(g, g'), означающее, что цель g является узлом на дереве подцели g' . При этом каждая цель роли в организации является декомпозицией некоторой ее цели:

$$has_goal(r, g) \supset (\exists g') has_goal(o, g') \wedge decomposition_of(g, g').$$

А это означает, что в онтологии TOVE каждый в организации вносит свой вклад в общую цель организации. Если введенное отношение выполняется, можно утверждать, что индивидуальные цели консистентны общей цели:

$$has_goal(d, g) \wedge subdivision_of(d, d') \supset has_goal(d', g) \vee (\exists g') has_goal(d', g') \wedge decomposition_of(g, g').$$

Организационные агенты (oa) в онтологии TOVE являются индивидуальными членами организации, сотрудниками некоторого подразделения, играют одну или несколько ролей, могут выполнять активности и коммуницируют с другими организационными агентами. Для спецификации этих утверждений в онтологиях TOVE вводятся следующие отношения:

$$member_of(oa, d)$$

$$plays(oa, r)$$

$$has_communication_link(oa, cl)$$

Если для агента определена некоторая роль, его обязательства являются частью действий по достижению целей роли. Таким образом, цели агента определяются в онтологиях TOVE как цели роли, которую «играет» агент:

$$has_goal(oa, g) \equiv (\exists r) plays(oa, r) \wedge has_goal(r, g).$$

При этом права агента являются правами роли, которую он «играет»:

$$has_authority(oa, ath) \equiv (\exists r) plays(oa, r) \wedge has_authority(r, ath).$$

В данной модели каждый агент является членом подразделения организации или связан с некоторым подразделением:

$$(\forall oa) (\exists d) member_of(oa, d).$$

Вместе с тем агент может быть членом нескольких подразделений. Такая ситуация специфицируется в онтологии TOVE следующей аксиомой:

$$home_div(oa, d) \wedge home_div(oa, d') \supset d = d'.$$

В то же время агент может быть членом нескольких коллективов, созданных для решения конкретной задачи. При этом членство в подразделении является более длительным, а агенты могут объединяться в коллектив из нескольких подразделений. Такая ситуация в онтологиях TOVE специфицируется следующей аксиомой:

$$(\forall tm) (\exists oa, oa') oa \neq oa' \wedge member_of(oa, tm) \wedge member_of(oa', tm).$$

И, наконец, коллектив может играть определенную роль в организации. При этом, если каждый член коллектива «играет» в нем одну и ту же роль, весь коллектив «играет» эту же роль:

$$(\forall r, tm) [(\forall oa) member_of(oa, tm) \wedge plays(oa, r)] \supset plays(tm, r).$$

Коммуникативные связи (Communication-links) устанавливаются между агентами в разных ролях. Такие связи являются однонаправленными и используются для передачи информации от одного агента к другому / другим агентам. В онтологиях TOVE специфицированы следующие коммуникативные связи:

- Посылающий агент (*Sending-Agent*): $has_sending_agent(cl, oa)$ – агент, посылающий информацию по коммуникативной связи.
- Получающий агент (*Receiving-Agent*): $has_receiving_agent(cl, oa)$ – агент, получающий информацию из коммуникативной связи.
- Роль посылки (*Sending-Role*): $has_sending_role(cl, r)$ – организационная роль, которую «играет» посылающий агент.
- Роль получения (*Receiving-Role*): $has_receiving_role(cl, r)$ – организационная роль, которую «играет» получающий агент.
- Интересы (*Interests*): $has_interest(cl, inf)$ – информационные интересы получающего агента.
- Волонтеры (*Volunteers*): $will_volunteer(cl, inf)$ – информация посылающего агента может использоваться другим агентом.

В проекте TOVE аксиоматизация коммуникационных связей фокусируется на спецификации консистентности. В частности, это означает, что агент, специфицированный коммуникационной связью, имеет и роль, специфицированную этой связью:

$$has_sending_agent(cl, oa) \wedge has_sending_role(cl, r) \supset has_role(oa, r)$$

$$has_receiving_agent(cl, oa) \wedge has_receiving_role(cl, r) \supset has_role(oa, r).$$

Специальным типом «авторства» между организационными агентами в онтологиях TOVE является отношение управления, которое связано с тем, что для агента OA1 иметь авторство по отношению к агенту OA2 означает, что OA1 способен получать от OA2 обязательства по достижению цели, которая определена как часть ролей OA2. Для этого агент OA1 должен быть связан с агентом OA2 прямой или опосредованной связью типа **communication-with-authority** (CWA):

$$communication_with_authority(cwa)$$

$$has_supervisor(cwa, oa)$$

$$has_supervisee(cwa, oa).$$

Указанные выше связи используются, когда коммуникация предполагает появление некоторых обязательств между двумя агентами, один из которых находится в позиции управляющего (*supervisor*), а другой – в позиции управляемого (*supervisee*). При этом, поскольку в проекте TOVE коммуникация моделируется речевыми актами [Searle, 1969], права описываются множеством речевых актов, которые агент может использовать для определения

обязательств другому агенту. Так, например, агент может иметь право потребовать от другого агента выполнения действия A1, но не A2. Для отношения типа *communication-with-authority* в данном случае вводится множество следующих отношений:

- *has_goal(cwa, g)*: фиксирует множество целей, которые управляющий агент может поставить перед управляемым.
- *has_resource(cwa, rs)*: фиксирует множество ресурсов, которые управляющий агент может предоставить управляемому.
- *has_empowerment(cwa, em)*: фиксирует полномочия, которые управляющий агент может назначить управляемому.
- *has_roles(cwa, r)*: фиксирует роли, которые управляющий агент может назначить управляемому.

Приведенные выше отношения определяются между агентами только в рамках определенных ролей. Так, например, агент в роли *project manager* может потребовать от другого агента в роли *programmer* написать программу, реализующую некоторую функцию, но не может, например, потребовать от него посылать мэйлы, поскольку написание программ является целью роли *programmer*, а посылка мэйлов – нет.

Следующая аксиома утверждает, что любой агент, выполняющий в организации некоторую роль, связан с целями, ассоциированными с этой ролью:

$$has_role(agent, role) \supset [has_goal(role, goal) \supset commited_to(agent, goal)]$$

При этом агент может использовать только те ресурсы, которые назначены роли, которую он «играет»:

$$has_resource(cwa, rs) \supset (\exists r) [has_supervisor(cwa, oa) \wedge plays(oa, r) \wedge has_resource(r, rs)]$$

В рамках спецификации знаний в организации всегда возникает проблема, как определить «Кто может делать Что». В данном случае эта проблема решается за счет специальных соглашений о том, кому разрешается менять статус состояний и активностей, а также соглашений о том, кто может отменять соответствующие разрешения.

Взаимодействие между агентами выполняется на нескольких уровнях. Первый из них связан с информационным контентом (*information content*), который циркулирует между агентами. Второй уровень определяет намерения (*intentions*) агентов. При этом информационный контент может передаваться с помощью разных речевых актов:

- *ask(fact)*: посылающий «спрашивает» у получателя, является ли истинным *fact*.
- *tell (fact)*: посылающий «передает» *fact* получателю.

- *achieve (fact)*: посылающий «просит» получателя сделать *fact* одним из его предположений.
- *deny (fact)*: посылающий «исключает» *fact* из предположений получателя.

Третий уровень связан с соглашениями, которые агенты разделяют в процессе обмена сообщениями [Jennings, 1993], что обеспечивает координацию между агентами в сложных случаях. При этом в представлении TOVE-онтологий различают перформативы (*propose*, *assert*, *reject* и др.), посылающего (агенты, являющиеся инициаторами коммуникации) и получателя (агенты, принимающие сообщения).

Таким образом, в процессе исследований по созданию онтологий организаций в рамках проекта TOVE были проработаны достаточно мощные методы представления знаний, которые обеспечили получение результатов, интересных и с научной, и с практической точки зрения.

Не менее, а, быть может, и более важным направлением исследований в проекте TOVE была разработка методов и средств валидации онтологий на основе формальной спецификации вопросов компетенции, которые обсуждались выше.

В данном случае для этого использовалось ситуационное исчисление предикатов, реализованное в специальном языке представления знаний с мощностью вывода на уровне, поддерживаемом в языке «Пролог».

Так, например, вопросы компетенции по структуре организации поддерживаются в проекте TOVE следующим образом:

- Какие роли «играет» агент *P*?

$$\text{plays}(P, ?r)$$

- Членом какого подразделения является агент *P*?

$$\text{member_of}(P, ?d)$$

- С кем должен взаимодействовать агент *P*?

$$\text{plays}(P, ?r) \wedge \text{has_communication_link}(?r, ?cl) \\ \wedge \text{has_receiving_agent}(?cl, ?rec)$$

- С какими типами информации имеет дело агент *P* в процессах коммуникации?

$$\text{plays}(P, ?r) \wedge \text{has_communication_link}(?r, ?cl) \wedge \text{will_volunteer}(?cl, ?inf)$$

- Кому должен отчитываться агент *P*?

$$\text{subordinate_of}(P, ?p)$$

- Является ли роль *R* генерализацией другой роли *R'*?

$$\text{generalized_role}(R, R')$$

Для спецификации поведения используются следующие вопросы компетенции:

- Каковы цели организации O ?
 $has_goal(O, ?g)$
- Каковы цели роли R ?
 $has_goal(R, ?g)$
- Каковы цели агента P ?
 $plays(P, ?r) \wedge has_goal(?r, ?g)$
- Какие активности доступны роли R для достижения ее целей?
 $has_process(R, ?a)$
- Какие ресурсы доступны агенту P для достижения цели G ?
 $plays(P, ?r) \wedge has_goal(?r, G) \wedge has_resource(?r, ?rs)$

Вопросы компетенции по правам, Empowerment и Commitment поддерживаются в проекте TOVE следующим образом:

- Какие ресурсы агент P имеет право назначать?
 $plays(P, ?r) \wedge has_resource(?r, ?rs) \wedge state_empower(P, ?s, commit) \wedge ((?s = use) \vee (?s = consume))$
- Какие разрешения нужны агенту для выполнения активности A ?
 $activity_empower(?oa, A, execute)$
- Какие активности может выполнять агент P без явного разрешения?
 $activity_empower(P, ?a, execute)$

Рассмотренная выше TOVE-онтология организаций относится к классу онтологий ядра (Core Ontologies) в данном проекте. К этому же типу относятся онтологии Активности-Состояния, Каузации, Времени и Ресурсов, которые все вместе являются «строительными блоками» для конструирования периферийных по отношению к ядру онтологий.

Одной из таких периферийных онтологий проекта TOVE является онтология Качества [Kim, 1999], кратко представленная ниже.

2.4. TOVE-онтология качества бизнеса

В проекте TOVE разработка онтологий качества бизнеса связана с созданием систем оценки предприятий и организаций на соответствие их стандартам ISO 9000 с использованием методов и средств онтологического инжиниринга.

При этом в рассмотрение вовлекается формализм микротеорий [Kim, et al., 2007], что позволяет, по мнению разработчиков, определять соответствие предприятий и организаций ISO 9000 на базе ядерных онтологий TOVE, TOVE-онтологий качества и микротеории ISO 9000. Общая схема данного подхода представлена на Рис. 12.

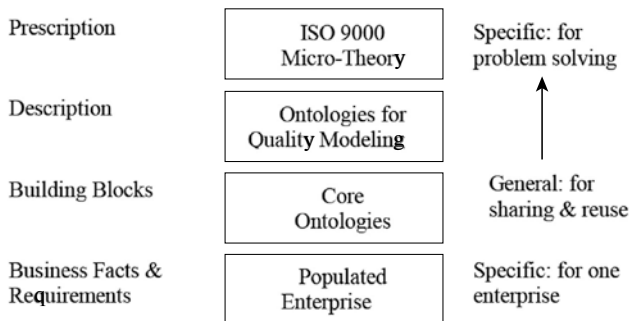


Рис. 12. Общая схема подхода к оценке качества бизнеса

Понятно, что оценка качества базируется на измерениях. Поэтому в рамках разработки онтологических моделей качества в проекте TOVE были спроектированы дополнительные онтологии измерения (Measurement) и трассировки (Traceability). Первая из них, онтология измерений, базируется на активностях типа `inspect_and_test(A)` со специальными свойствами, а вторая – на активностях типа `tru_trace(Rt, Rt1, L)`.

Для того чтобы решить проблемы оценки качества, требуется специальная модель – онтология качества, в которой специфицируются базовые знания системы измерения качества (quality management system, QMS). В онтологии системы измерения качества поддерживается активность `quality_procedure(Y)`, определяющая политику оценки качества с помощью активности документирования `quality_plan(D)`, а также активность `quality_evidence(E)`, поддерживающая спецификацию ограничений, которым должна удовлетворять политика оценки качества.

Кроме того, поскольку TOVE-онтологии реализуются на базе терминологии, ориентированной на активности (activity-oriented), а модели ISO 9000 используют процесс-ориентированную (process-oriented) терминологию, в TOVE-онтологии качества представлено и взаимное отображение этих терминологий. При этом ресурсы и информация могут быть входными (`process-input(A,X)`), выходными (`process-output(A,X)`) или управляющими (`process-control(A,X)`), а сотрудники ассоциируются с процессами (`process-employee(A,M)`).

Следующим решением, связанным с использованием микротехники, является спецификация ограничений агентов, поскольку соответствие ISO 9000 необходимо представить как достижение цели, если удовлетворяется множество ограничений на агентов, обеспечивающих оценку качества. Такая

цель представляется в данном случае как $\exists O \exists s \text{ holds}(\text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_compliance}), s)$, а определяется в терминах соответствия 20 требованиям стандарта, примерами которых служат следующие:

$$\forall O \forall s [\text{holds}(\text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_compliance}), s) \equiv \text{holds}(\text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_4.1_compliant}), s) \wedge \text{holds}(\text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_4.2_compliant}), s) \wedge \dots \text{holds}(\text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_4.20_compliant}), s)].$$

Требования ISO 9000 фиксируются в модели, в частности, с помощью следующих ограничений:

$$\text{agent_constraint}(O, \text{inspection_and_testing_controlled}), \\ \text{agent_constraint}(O, \text{inspection_and_testing_recorded}) \cup \\ \text{agent_constraint}(O, \text{iso_9001_4.10.1_compliant}).$$

Фрагмент модели инспекции и тестирования для микротеоии ISO 9000 представлен на Рис. 13.

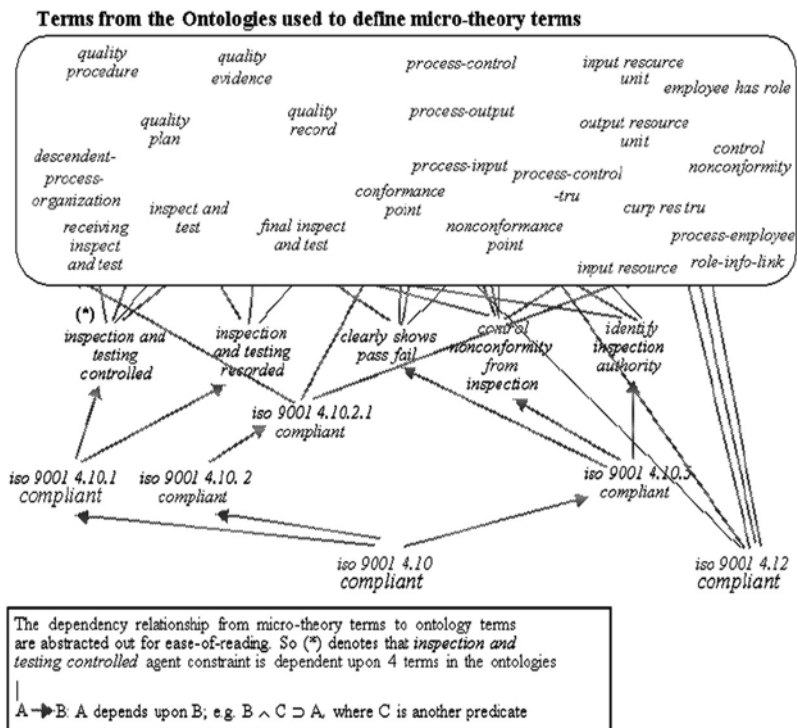


Рис. 13. Фрагмент модели инспекции и тестирования для микротеоии ISO 9000

Аксиомы, в соответствии с требованиями п. 4.10.1 стандарта ISO 9001, специфицируются следующим образом:

Для установки и сопровождения процедур инспекции и тестирования используются активности, проверяющие, что специфицированные требования к продукту удовлетворяются.

Требования инспекции и тестирования конкретизируются в плане качества или в документных процедурах.

Микротеория интерпретирует (I) как «Организация *O* управляет инспекцией и тестированием в соответствии с ISO 9001, если для каждого процесса инспекции и тестирования *A* он управляется некоторой процедурой качества *Ra* и документацией процедуры – планом качества»:

$$\forall O \forall A \forall s [\\ \text{holds}(\mathbf{agent_constraint(O,inspection_and_testing_controlled)},s) \equiv \\ \text{holds}(\text{descendent-process-organization}(A,O),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{inspect_and_test}(A),s) \supset \\ \exists Ra \exists Rb (\text{holds}(\text{process-control}(A,Ra),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{process-control}(A,Rb),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{quality_procedure}(Ra),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{quality_plan}(Rb),s))] .$$

Интерпретация (II) – следующая: «Организация *O* отслеживает инспекцию и тестирование в соответствии с ISO 9001, если для каждого процесса инспекции и тестирования *A* его выход подтверждается документирующим свидетельством качества *Rb* и записью *Ra*.

$$\forall O \forall A \forall s [\\ \text{holds}(\mathbf{agent_constraint(O,inspection_and_testing_recorded)},s) \equiv \\ \text{holds}(\text{descendent-process-organization}(A,O),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{inspect_and_test}(A),s) \supset \\ \exists Ra \exists Rb (\text{holds}(\text{process-output}(A,Ra),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{process-output}(A,Rb),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{quality_record}(Ra),s) \wedge \\ \text{holds}(\text{quality_evidence}(Rb),s))] .$$

Если (I) и (II) удовлетворяются, организация соответствует 4.10.1:

$$\forall O \forall A \forall s [\\ \text{holds}(\mathbf{agent_constraint(O,iso_9001_4.10.1_compliant)},s) \equiv \\ \text{holds}(\mathbf{agent_constraint(O,inspection_and_testing_controled)},s) \wedge \\ \text{holds}(\mathbf{agent_constraint(O,inspection_and_testing_recorded)},s)] .$$

Аналогичным образом формализуются и другие требования стандарта ISO 9001.

Реализация процедур проверки компетенции онтологии качества в данном случае выполнена на языке «Пролог». Для примера, на Рис. 14 пред-

ставлен фрагмент экранной формы обработки запроса на соответствие компании BHP Steel требованиям п. 4.10.1 стандарта ISO 9001. Всего ответ на этот запрос содержит 175 выводов.

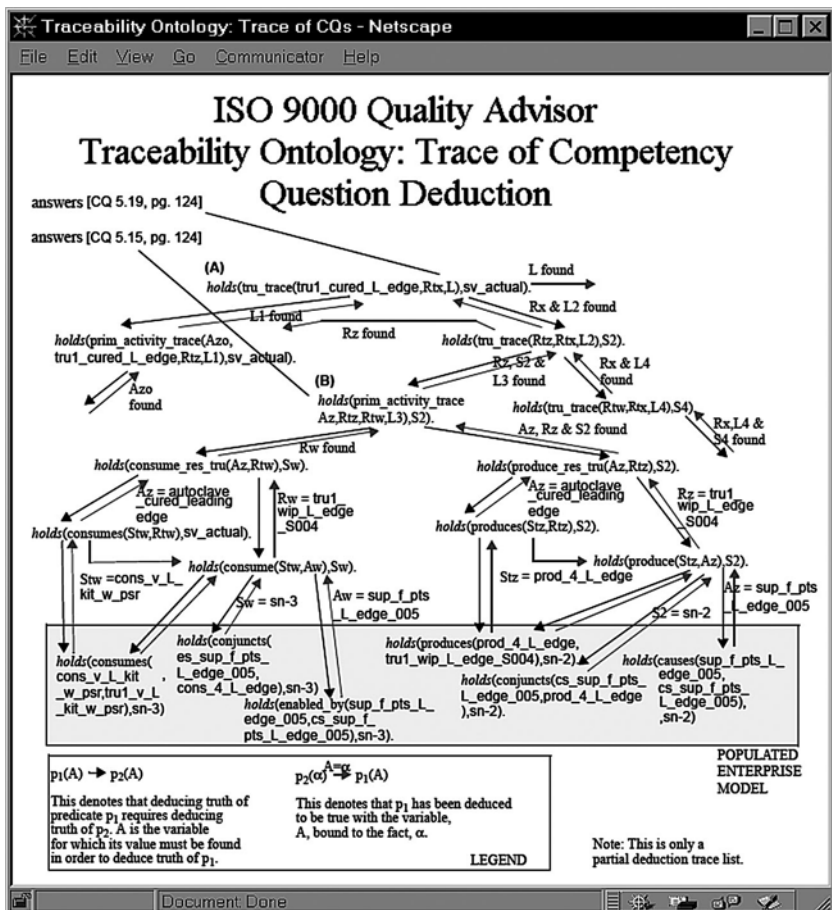


Рис. 14. Фрагмент экранной формы обработки запроса на соответствие компании BHP Steel требованиям п. 4.10.1 стандарта ISO 9001

В целом, как показывает обсуждение TOVE-онтологии качества, в проекте удалось решить практически важную задачу создания онтологической модели оценки предприятий и организаций по стандарту ISO 9000. Однако

для этого авторам разработки пришлось трансформировать свой формализм под микротеорию.

2.5. Оценка результатов проекта TOVE и его развитие

Оценивая проект TOVE с позиций сегодняшнего дня, можно констатировать, что в результате масштабных и многолетних исследований и разработок в университете Торонто была сформирована одна из первых в мире школ онтологического инжиниринга.

Важнейшим методологическим результатом этой школы было создание методологии Грунингера-Фокса, ориентированной на онтологическое моделирование бизнес-процессов, в рамках которой проектирование онтологий рассматривалось как последовательность следующих фаз:

- Спецификация мотивационных сценариев (Motivating Scenario), в процессе создания которых основное внимание уделяется проблемам моделируемого бизнеса и/или задачам, которые необходимо при этом решать.
- Конкретизация мотивационных сценариев и формирование множества неформальных вопросов компетенции (Informal Competency Questions), на которые должна отвечать проектируемая онтология.
- Анализ спектра вопросов компетенции онтологии и формирование терминологических словарей (Terminology), которые организуются в таксономии, где узлы верхнего уровня соответствуют predetermined terms терминам (pre-existing terms) онтологий ядра (Core Ontologies).
- Спецификация терминов в исчислении предикатов первого порядка, что служит базисом для формирования множества аксиом, фиксирующих ограничения на объекты и отношения в проектируемой онтологии.
- Спецификация аксиом, обеспечивающих декларативное представление определений и ограничений терминологии.
- Доказательство компетенции разработанной онтологии.

Разработанная в проекте TOVE методология онтологического инжиниринга поддерживает весь «жизненный цикл» создания и оценки проектируемых онтологий.

К числу серьезных научно-технических результатов проекта TOVE, безусловно, относится разработка методов и средств формальной спецификации онтологий в исчислении предикатов первого порядка и в микротеории, а также создание и реализация алгоритмов оценки качества разрабатываемых онтологий. К этому же классу результатов, по нашему мнению, относятся и работы по созданию платформы онтологического моделирования бизнеса (Enterprise Modeling Framework), в которой были интегрированы ЯПЗ ontolingua, Пролог-машина и машина вывода ROCK™.

Практически важным результатом исследований и разработок, выполненных в проекте TOVE, было создание спектра онтологий ядра (Core Ontologies), основными из которых были

- онтология Активностей и Состояний (Activities and States Ontology);
- онтология Времени (Time Ontology);
- онтология Ресурсов (Resources Ontology);
- онтология Организаций (Organizations Ontology);
- онтология Качества (Quality Ontology);
- онтология Цены (Cost Ontology),
- разработка на этой базе онтологической модели оценки предприятий на соответствие их стандартам качества ISO 9000, а также моделирование бизнес-процессов одной из крупнейших канадских сталелитейных корпораций BHP Steels.

Вместе с тем следует констатировать, что основной пик исследований и разработок по проекту TOVE пришелся на середину и конец 90-х годов прошлого века, когда активность консорциума W3C только набирала обороты, а концепция Semantic Web только зарождалась. Поэтому проблемы проектирования онтологий на основе стандартов W3C и, в частности, на основе использования XML-, RDF(S)- и OWL-представлений стали предметом исследований и разработок специалистов канадской школы онтологического инжиниринга лишь в последнее время.

При этом основное внимание здесь было обращено на одну из самых теоретически сложных и наименее проработанных проблем Semantic Web – проблему уровня обоснования (Trust) в семантическом «пирог» Тима Бернса-Ли [Berners-Lee, et al., 2001], а также практически значимые проблемы онтологического моделирования eBusiness и Web-сервисов [Osterwalder, 2002].

Одной из самых, на наш взгляд, интересных и теоретически значимых работ канадской школы последних лет является работа М. Фокса и Дж. Хуанга по обоснованию знаний, получаемых из бизнес-информации [Fox, Huang, 2005], где ставится задача «доказательных знаний» (Knowledge Provenance, KP). В рамках этого исследования предпринята попытка ответить на вопросы, как определить валидность и оригинальность Web-информации с помощью моделирования и «отслеживания» информационных источников, информационных зависимостей и структур обоснования.

Для этого авторы вводят четыре KP-уровня:

1. Статический, где основные усилия концентрируются на разработке фундаментальных KP-концептов и методах определения «доказательности» постоянной и случайной информации.

2. Динамический, на котором рассматриваются вопросы изменения валидности информации во времени.

3. Уровень определения «неточной» истинности значений и «неточной» обоснованности отношений.

4. Арбитражный уровень, где фокус приходится на социальные процессы, важные для поддержки «доказательных знаний».

По сути дела, Фокс и Хуанг своим исследованием открывают, на наш взгляд, новый этап в развитии проекта TOVE, в котором предполагается использовать методологию Грунингера – Фокса для построения КР-онтологий и методов создания пространств «доказательных знаний».

Параллельно на текущем этапе проекта TOVE ведутся и прикладные исследования и разработки.

Один из примеров таких работ – совместный с IBM Canada проект по спецификации разных классов бизнеса и процессов, характеризующих интеграцию внутри этих классов, целью которого является онтологический анализ IBM Opportunity Management Process.

Другим характерным примером прикладных работ, которые продолжают исследования в проекте TOVE, является создание онтологий, используемых в качестве моделей данных для оценки качества управления сервисами для Semantic Web.

Имеются и другие примеры исследований и разработок, ведущихся на базе результатов, полученных в проекте TOVE [TOVE, 2011].

Что представляется целесообразным использовать в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» из результатов проекта TOVE? Прежде всего, методологию Грунингера – Фокса, безусловно, с соответствующими целям и задачам данного проекта модификациями.

Что отсутствует в результатах проекта TOVE из того, что необходимо в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России»? Во-первых, это онтологии, которые бы специфицировали экономические модели оценки предприятий и организаций. Во-вторых, методы спецификации онтологий на основе стандартов W3C.

Таким образом, в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» можно использовать концепцию TOVE-методологии проектирования онто-

логий, на основе которой предполагается разработка собственной технологии онтологического инжиниринга и создания онтологических моделей экономики предприятий и отраслей современной России.

3. Моделирование бизнеса в эдинбургском проекте Enterprise Project

3.1. Предварительные замечания

Проект Enterprise Project выполнялся Институтом приложений искусственного интеллекта (Artificial Intelligence Applications Institute) Университета Эдинбурга совместно с IBM, Lloyd's Register, Logica UK Ltd. и Unilever при поддержке UK's Department of Trade and Industry в рамках Программы интеграции интеллектуальных систем в 90-х годах прошлого века.

Следует сразу отметить, что эдинбургский проект «стартовал» чуть позже, чем аналогичный канадский проект. Поэтому у исследователей, работающих в Enterprise Project, уже была информация о первых результатах, полученных в проекте TOVE и в других исследовательских коллективах онтологического инжиниринга.

Целью проекта Enterprise Project, как утверждают его авторы [Ushold, et al., 1997], было уточнение и, где необходимо, замена существующих методов моделирования бизнеса и управления изменениями в этой области платформой для интеграции подходящих методов и средств, основанных на онтологическом подходе.

- В рамках создания платформы в проекте должны были быть обеспечены
- сбор и спецификация описаний моделей бизнеса, включая процессы, стратегию, организационную структуру, ресурсы, цели, ограничения и окружение;
 - спецификация бизнес-проблем и бизнес-требований, консистентных онтологии;
 - идентификация решений и альтернатив проектирования с реализацией их на стратегическом, тактическом и операциональном уровнях;
 - представления для определения релевантных метрик и развитых средств поддержки моделирования.

При этом, как и во всех других проектах в данной области, предполагалось, что Онтология Бизнеса (Enterprise Ontology) будет коммуникативной средой между:

- разными людьми (включая пользователей и разработчиков) в различных организациях;

- людьми и компьютерными системами;
- различными реализациями компьютерных систем (включая модули самой платформы, DBMS и пр.),

а сама онтология будет служить для:

- накопления, представления и манипулирования бизнес-знаниями через консистентное ядро базовых концептов и языковых конструкторов;
- структурирования и организации библиотек знаний;
- понятного объяснения входа/выхода модулей Enterprise-платформы.

Для описания Enterprise Ontology предполагалось использовать два представления – неформальное (текстовое) и формальное (Ontolingua). При этом на верхнем уровне должно было формироваться описание фундаментальных концептов, таких как сущности (entity), отношения (relationship) и акторы (actors), которые вместе составляют метаонтологию. Затем полученное представление должно было использоваться в качестве базиса для спецификации онтологий в четырех предметных областях [Ushold, et al. 1997]: Активностей-Планов-Возможностей-Ресурсов (Activities-Plan-Capability-Resource), Организаций (Organization), Стратегий (Strategy) и Маркетинга (Marketing). В дальнейшем спектр онтологий был расширен онтологией Времени (Time).

Некоторые из перечисленных онтологий обсуждаются подробнее в нижеследующих подразделах данного раздела.

3.2. Методология онтологического инжиниринга

Учитывая то, что, как отмечалось выше, работы по эдинбургскому Enterprise-проекту начались чуть позже других аналогичных проектов, на первом этапе его выполнения был проведен сравнительный анализ существующих методов и средств онтологического инжиниринга, в процессе которого особое внимание было уделено:

- IDEF5 [IDEF5, 1994] – языку и методу описания онтологий;
- принципам проектирования онтологий Грубера [Gruber, 1993];
- формированию соглашений, предложенных Скусом (Skuce) [Skuce, 1995], как необходимого шага в «разделении» (sharing) и интеграции онтологий между множеством партнеров;
- технологиям разделения знаний Гомеса – Переса (GomezPerez) [Fernandez, et al., 1997].

В результате анализа была сформирована собственная методология проектирования онтологий, включающая следующие стадии [Ushold, et al. 1997]:

- Идентификация предназначения (Identify Purpose);
- Построение онтологии (Building the Ontology), предполагающее наличие таких фаз:
 - «сборка» онтологии (Ontology capture),
 - кодирование онтологии (Ontology coding),
 - интеграция с существующими онтологиями (Integrating Existing Ontologies);
- Обсчет (Evaluation);
- Документирование (Documentation).

В дополнение к этому ЕО-методология включала набор техник, методов, принципов и руководств для каждой стадии, а также идентификацию отношений между стадиями (т.е. рекомендуемый порядок их выполнения, взаимодействие стадий, входы/выходы и др.).

При этом под «сборкой» онтологии в данном проекте понимается:

1. Идентификация ключевых концептов и отношений между ними в области охвата проектируемой онтологии.
2. Генерация точных и однозначных текстовых определений концептов и отношений.
3. Идентификация терминов, соответствующих концептам и отношениям.
4. «Выравнивание» всей накопленной информации.

Кодирование предполагает эксплицитное представление концептуализации предметной области, полученное на предыдущей фазе, на формальном языке. В данном случае для этого используются *ontolingua* и KIF [KIF, 1998].

В процессе «сборки» и кодирования онтологий одной из важнейших проблем является проблема повторного использования существующих онтологий. Похоже, что в эдинбургском проекте эта проблема (за исключением предложения использовать библиотеки *Ontolingua*) принципиально нового решения не имеет.

Методическая проработка остальных стадий проектирования онтологий в эдинбургском Enterprise-проекте, как показывает анализ литературы [Uschold, et al., 1998], базируется на методологии Гомеса – Переса, предложениях TOVE и возможностях документирования, обеспеченных в *Ontolingua* [Farquhar, et al., 1996] и поддержанных KSL Ontology Editor [KSL, 1996].

Таким образом, ОЕ-методология проектирования онтологий, по существу, базируется на других методологиях в этой области.

Интересным дополнением известных методологий является в данном проекте явная ориентация на «разделяемые» знания, для чего в каждой онтологии специфицируются:

- Определяемые термины (Defined Terms), которые эксплицитно включаются в Enterprise Ontology;
- Относительные термины (Related Terms), специфицирующие то, как термины и концепты Enterprise Ontology соотносятся с терминами и концептами, широко используемыми в других онтологиях. При этом относительные термины делятся на три категории:

1. Синонимы (Synonyms) – термины, которые широко используются в области охвата проектируемой онтологии, не определены в ней, но при этом имеют ту же или близкую семантику по отношению к определенным терминам.

2. Пограничные термины (Borderline Terms) – термины, которые могут быть определены через другие термины Enterprise Ontology, но в силу их невысокой значимости для проектируемой онтологии не включаются в нее явно.

3. Другие часто используемые термины (Other Commonly Used Terms).

3.3. Метаонтология эдинбургского проекта

Как отмечалось выше, метаонтология в эдинбургском Enterprise-проекте служит для описания таких фундаментальных концептов, как сущности (entity), отношения (relationship) и акторы (actors).

Базовым концептом в этой онтологии является концепт Сущность (ENTITY), который «собирает» все другие концепты.

Вместе с тем некоторые из концептов естественно рассматривать как Отношения (RELATIONSHIP) между двумя или более сущностями, хотя в рамках OE-методологии отношения тоже могут определяться как сущности.

В рамках отношения RELATIONSHIP сущность ENTITY может иметь определенную Роль (ROLE), например, сущность ФизЛицо (Person) может быть Продавцом (Customer) в Продажах (Sale). С другой стороны, сущность ENTITY может рассматриваться как атрибут (ATTRIBUTE) другой сущности, например, сущность Date может быть атрибутом ДеньРождения сущности ФизЛицо.

Некоторые из Ролей в Отношении являются специальными, поскольку такие Роли фиксируют понятия «делания» чего-либо, например, выполнения некоторой активности (Activity), причем только некоторые из сущностей могут играть такие Роли. В версии 1.1 Enterprise Ontology это сущности Persons, OU и, в некоторых случаях, Machines. При этом сущности, «играющие» такие Роли, называются в эдинбургском проекте актерами (ACTOR), что соответствует понятию Агента в других онтологиях. Факт, что одна или несколько сущностей участвуют в одном или нескольких отношениях с одной или несколькими сущностями описывает ситуацию, которая здесь называ-

ется STATE OF AFFAIRS. При этом ситуация (STATE OF AFFAIRS) может быть истинной или ложной.

Таким образом, в Enterprise Ontology понятия сущности и отношения определяются шире, чем в других онтологиях.

Примерами сущностей и отношений могут быть следующие определения:

- Human being является ENTITY.
- Plan является ENTITY.
- Have-Capability является отношением между Person и Activity, которое специфицирует то, что Person способен выполнять Activity.
- Sale является отношением, определяющим соглашение между двумя Legal Entities по обмену Product за определенную цену Sale Price.

Заметим, что в естественном языке слово «отношение» имеет много значений, например, в предложениях «Bill and Hillary Clinton are in a Marriage relationship» и «Einstein was in a Have-Capability relationship with the Activity of thinking» семантика слова relationship различна, но в контексте Enterprise Ontology понятие отношения имеет однозначную интерпретацию.

Понятие атрибута (ATTRIBUTE) в Enterprise Ontology фиксирует отношение RELATIONSHIP между двумя сущностями (атрибутом и его значением). С математической точки зрения атрибут является функцией.

Наиболее важные отношения в Enterprise Ontology, которые имеют ACTOR ROLES, представлены в Табл. 1.

Таблица 1. Наиболее важные отношения Enterprise Ontology

RELATIONSHIPS	ACTOR ROLES
Perform-Activity	performer
Have-Capability	haver
Hold-Authority	holder
Delegate	delegator delegatee
Hold Purpose	holder
Hold-Assumption	holder
Ownership	owner

Кроме понятия ACTOR, в эдинбургской онтологии введено понятие POTENTIAL ACTOR как сущности, которая может «играть» ACTOR ROLE в отношении. При этом ENTITY является POTENTIAL ACTOR либо всегда, либо никогда, в отличие от ACTOR.

Множество POTENTIAL ACTORS в версии 1.1 Enterprise Ontology включает Person, Organisational Unit (OU) и Machine.

К относительным терминам метаонтологии относятся:

- Синонимы
 - Class (в объектно-ориентированных системах, например, в Ontolingua) & Concept (в дескриптивных логиках), которые являются в эдинбургской онтологии синонимами ENTITY;
 - Instance, Individual являются синонимами ENTITY;
 - Relation, Predicate являются синонимами RELATIONSHIP;
 - State является синонимом STATE OF AFFAIRS;
 - Slot (в объектно-ориентированных системах) является синонимом ATTRIBUTE;
 - Role (в дескриптивных логиках) похожа на ATTRIBUTE, причем Roles в Description Logics могут иметь больше одного значения.
 - Agent является синонимом ACTOR.
- Пограничные термины
 - (математическая) функция (Function) является ATTRIBUTE, хотя не все функции должны быть ATTRIBUTES.

Классы и метаклассы онтологии Enterprise Ontology представлены на Рис. 15.

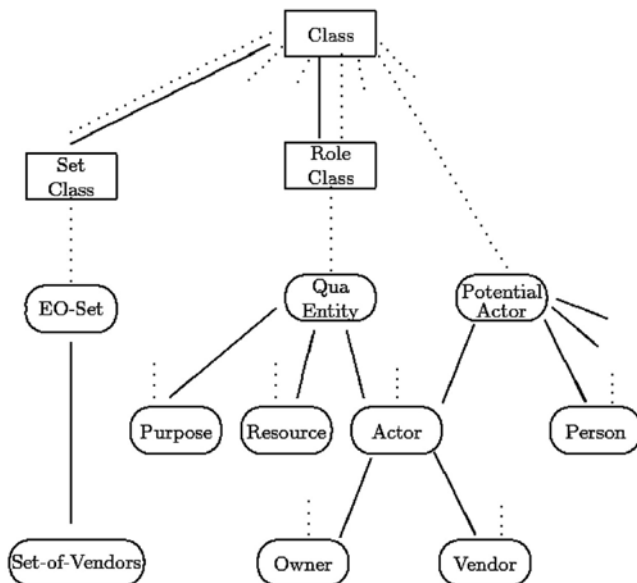


Рис. 15. Классы и метаклассы Enterprise Ontology

Одним из способов определения новых классов (например, *Set_of_Products*) является определение независимой сущности (например, *Product*). Однако в онтологии Enterprise Ontology чаще для этого используется наследование, которое специфицируется следующим образом:

$$\forall P_s(\text{Set_of_Products}) \leftrightarrow \text{set}(P_s) \wedge \forall x.\text{member}(x, P_s) \rightarrow \text{Instance_of}(x, \text{Product}).$$

Аналогичным образом формально специфицируются и ситуации, классы, метаклассы и экземпляры которых в онтологии Enterprise Ontology представлены на Рис. 16.

$$\forall S(\text{State_Of_Affairs}(S) \leftrightarrow \text{Restricted_Sentence}(S, \text{setofall}(?r, \text{relconst}(?I))))$$

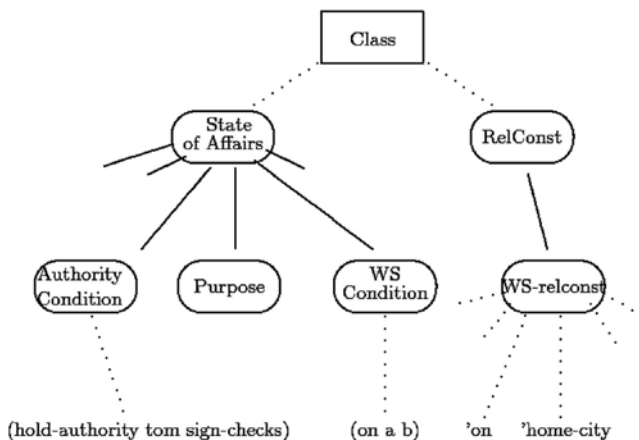


Рис. 16. Классы и метаклассы ситуаций в Enterprise Ontology

Более интересные определения появляются при спецификации подклассов State-Of-Affairs, таких как WS-Conditions или Authority-Condition:

$$\forall S(\text{WCondition}(S) \leftrightarrow \text{Restricted_Sentence}(S, \text{setofall}(?r, \text{WS_Relconst}(?I))))$$

где, например, WS_Relconst ('Home-City') будет истинным и, таким образом, будет ограничивать множество постоянных ограничений.

Таким образом, метаонтология в эдинбургском проекте предоставляет достаточно развитые формальные средства спецификации базовых сущностей и отношений между ними.

3.4. Онтология времени

Базовыми концептами онтологии Времени в эдинбургском проекте являются TIME LINE и TIME POINT, из которых выводятся концепты DURATION,

TIME INTERVAL, CALENDAR DATE и другие необходимые в модели времени концепты. При этом отношения «раньше» и «позже» вводятся как отношения между концептами TIME POINTS, а отношения пересечения и другие аналогичные отношения – как отношения между концептами TIME INTERVALS.

Концепт TIME POINT может существовать независимо от того, где он располагается в концепте TIME LINE. В онтологии определены два специальных типа TIME POINTS: CALENDAR DATE (подтип TIME POINT, в котором представлены календарный год, месяц, день, часы и минуты) и RELATIVE TIME POINT (подтип TIME POINT, характеризующий представление «длительности» как интервала, отсчитываемого от некоего базового момента времени). В качестве примера экземпляра первого концепта можно привести выражение «11:33 am 7 July 1654», а второго – выражение «tomorrow may be represented as “the day after today”».

Используя введенные выше базовые концепты, можно определить и другие понятия модели времени, такие, как, например, DURATION (абсолютное расстояние между двумя TIME POINTS) и DURATION BOUNDS (спецификацию нижней и верхней границ отрезка времени между двумя DURATIONS).

Полезными в эдинбургской онтологии времени являются следующие отношения между TIME POINTS:

- BEFORE (отношение между двумя TIME POINTS, где один момент времени предшествует другому на временной шкале TIME LINE с минимальным расстоянием ϵ);
- SAME-OR-BEFORE (отношение между двумя TIME POINTS, где один момент времени предшествует другому на временной шкале TIME LINE с минимальным расстоянием Zero);
- AFTER (отношение между двумя TIME POINTS, где один момент времени следует за другим на временной шкале TIME LINE с минимальным расстоянием ϵ);
- SAME (отношение между двумя TIME POINTS с расстоянием между ними, равным Zero);
- DISTANCE (отношение между двумя TIME POINTS, специфицированными как DURATION).

Кроме того, в эдинбургской онтологии времени используются такие отношения, определенные на концептах TIME INTERVALS, как:

- EARLIEST START TIME (атрибут концепта TIME INTERVAL, значение которого определяется концептом RELATIVE TIME POINT, фиксирую-

щим самый ранний момент времени, когда TIME INTERVAL может начаться);

- LATEST START TIME (атрибут концепта TIME INTERVAL, значение которого определяется концептом RELATIVE TIME POINT, фиксирующим самый поздний момент времени, когда TIME INTERVAL может начаться);

- EARLIEST END TIME (атрибут концепта TIME INTERVAL, значение которого определяется концептом RELATIVE TIME POINT, фиксирующим самый ранний момент времени, когда TIME INTERVAL может закончиться);

- LATEST END TIME (атрибут концепта TIME INTERVAL, значение которого определяется концептом RELATIVE TIME POINT, фиксирующим самый поздний момент времени, когда TIME INTERVAL может закончиться);

- INTERVAL-BEFORE (такое отношение между двумя TIME INTERVALS, что один TIME INTERVAL полностью предшествует другому);

- INTERVAL-DURING (такое отношение между двумя TIME INTERVALS, что один TIME INTERVAL является подинтервалом другого TIME INTERVAL);

- INTERVAL-OVERLAPS (такое отношение между двумя TIME INTERVALS, что один TIME INTERVAL перекрывает другой TIME INTERVAL);

- INTERVAL-DISJOINT (такое отношение между двумя TIME INTERVALS, что оба TIME INTERVALS не перекрываются).

Типичными примерами концептов и отношений в эдинбургской онтологии времени являются:

- TIME POINTS:

- MidnightToday,
- Actual-Landing-Time.

- RELATIVE TIME POINTS (определяется, например, относительно MidnightToday):

- Scheduled-Landing-Time (= 16hrs 30 min).

- TIME INTERVAL:

- Flight-Time (определяется двумя моментами времени, например, Actual-Departure-Time и Actual-Arrival-Time).

Таким образом, онтология времени в эдинбургском проекте проработана детальнее, чем в проекте TOVE, и содержит достаточно представительное множество типов концептов и отношений между ними.

3.5. Онтология активностей, планов, возможностей и ресурсов

Центральным концептом онтологии активностей, планов, возможностей и ресурсов (APCR-онтологии) в эдинбургском проекте являются концепты ACTIVITY (специфицирует нечто действительно происходящее) и ACTIVITY SPECIFICATION (описание того, что делается). Кроме того, как обычно, в APCR-онтологии определяются отношения между ACTIVITIES и другими ENTITIES, важнейшими из которых являются отношение PLAN (ACTIVITY SPECIFICATION с определенной INTENDED PURPOSE), отношение CAPABILITY к выполнению ACTIVITIES и отношение RESOURCE (нечто, что может использоваться в процессе выполнения ACTIVITY).

ACTIVITY выполняется в течение определенного TIME INTERVAL и может специфицироваться дополнительными атрибутами:

- 1) иметь PRE-CONDITION(S);
- 2) иметь EFFECT(S);
- 3) выполняться одним или несколькими DOERS;
- 4) декомпозироваться в SUB-ACTIVITIES и предполагать использование и/или потребление RESOURCES;
- 5) иметь требования AUTHORITY, ассоциированные с [ACTIVITY] OWNER, и измеряемую эффективность.

Заметим, что ACTIVITY может относиться к прошлому, настоящему и гипотетическому будущему.

В APCR-онтологии допускаются PURPOSE-«свободные» ACTIVITY, такие, как, например, течение реки и др. Ассоциация между ACTIVITY и PURPOSE может быть определена отображением INTENDED PURPOSE в отношении PLAN для спецификации EFFECT(S) ACTIVITIES, определенных в PLAN. Неформально ACTIVITIES классифицируются как стратегические (strategic), тактические (tactical) или операциональные (operational) в зависимости от уровня ассоциированной с активностью PURPOSE, что характеризуется отношением HELP ACHIEVE между PURPOSES.

Концепт ACTIVITY SPECIFICATION характеризует активность. При этом ACTIVITY SPECIFICATION может трактоваться как ограничение (селектор), идентифицирующее диапазон ACTIVITIES в универсуме. В спецификации ACTIVITY SPECIFICATIONS могут присутствовать утверждения о том, как ACTIVITIES декомпозируются в SUB-ACTIVITIES, порядок выполнения (SUB-)ACTIVITIES во времени, используемые RESOURCE и т.п.

ACTIVITY SPECIFICATION не обязательно должна быть EXECUTABLE, поскольку может содержать ограничения, которые не имеют места в действительности, и, кроме того, может быть недоопределенной и/или неодно-

значной, так что у «исполнителя» (DOER) может не быть информации, необходимой для выполнения.

Отношение EXECUTE определяется в APCR-онтологии как отношение между одним или несколькими потенциальными акторами (Potential Actors) и ACTIVITY SPECIFICATION. А поскольку PLAN является здесь ACTIVITY SPECIFICATION, корректно говорить о выполнении (EXECUTION) PLAN, что должно давать результат по достижении (ACHIEVEMENT) поставленных целей (INTENDED PURPOSE).

Отношение EXECUTED ACTIVITY SPECIFICATION определяется между ACTIVITY SPECIFICATION и ACTIVITY. Концепты T-BEGIN и T-END являются моментами времени (TIME POINTS), определяющими временной интервал (TIME INTERVAL), в течение которого выполняется ACTIVITY.

Понятие DOER является ролью актора в его отношении с активностью, поскольку именно актор выполняет, целиком или частично, активность. При этом активность ACTIVITY может иметь несколько DOER, и вместе с тем не все активности требуют явного DOER (например, в случае течения реки).

Понятие AUTHORITY определяет право актора выполнять ACTIVITY SPECIFICATION и, следовательно, эквивалентно праву выполнения одной или более ACTIVITIES. Заметим, что в APCR-онтологии правообладатель может не иметь возможности (CAPABILITY) для выполнения ACTIVITIES, а ACTIVITY, которую актор имеет право выполнять, может быть ему делегирована другим актором. Держатель AUTHORITY может быть самоавторизуемым, что обеспечивает спецификацию AUTHORITY для компьютерного актора (MACHINE).

Понятие ACTIVITY OWNER определяет актора, ответственного за ACTIVITY, который может специфицироваться неявно через роль (например, project manager) или явно – через PERSON.

Понятие EVENT вводится в APCR-онтологии как недетализованный тип ACTIVITY, что позволяет пользователю онтологии ограничивать EVENT и в то же время быть уверенным в том, что все свойства ACTIVITY унаследованы событием EVENT.

PLAN в APCR-онтологии определяется как ACTIVITY SPECIFICATION с INTENDED PURPOSE. При этом SUB-PLAN является PLAN, для которого INTENDED PURPOSE HELPS ACHIEVE INTENDED PURPOSE другого PLAN, PLANNING – ACTIVITY с INTENDED PURPOSE, определенными для выполнения PLAN, а PROCESS SPECIFICATION – PLAN, который ориентирован на многократное выполнение (EXECUTED).

Отношение CAPABILITY определяется между потенциальным актором и ACTIVITY SPECIFICATION, что специфицирует его возможности по вы-

полнению ACTIVITIES. Заметим, что CAPABILITY vs AUTHORITY аналогично «can» vs «may».

Отношение SKILL в данной онтологии суть CAPABILITY, такое, что потенциальным актором является PERSON.

RESOURCE в APCR-онтологии вводится как роль сущности в отношении с ACTIVITY или ACTIVITY SPECIFICATION. RESOURCE может быть измеряемым, чтобы фиксировать сколько его нужно/доступно для использования в ACTIVITIES, и разделяемым между несколькими ACTIVITIES. Понятие RESOURCE ALLOCATION определяет в онтологии назначение RESOURCES для ACTIVITIES. Заметим, что RESOURCE ALLOCATION само по себе является ACTIVITY, «ответственным» за OU, причем ответственность OU за RESOURCE ALLOCATION может делегироваться (DELEGATE) другому OU.

К относительным терминам APCR-онтологии относятся:

- Синонимы:
 - Behaviour, Task и Action являются синонимами ACTIVITY.
- Пограничные термины:
 - Personal Skill является степенью SKILL, определенной для PERSON.

Оценивая APCR-онтологию эдинбургского проекта можно отметить, что в данном случае ее авторы пошли по пути достаточно проработанной структуризации понятий и отношений, полезной для практически значимых применений.

3.6. Онтология организаций

Центральным концептом онтологии организаций является ORGANISATIONAL UNIT (OU) – ее основной структурный элемент, а комплексный концепт ORGANISATIONAL STRUCTURE объединяет различные отношения типа MANAGE между OU.

Однако сначала надо определить понятие LEGAL ENTITY, включающее PERSON, CORPORATION и т.п. концепты, а также концепт MACHINE. При этом все перечисленные понятия в онтологии организаций могут соответствовать одному OU.

PERSON – понятие, которое в рамках данной онтологии интересно своей способностью «играть» в организации разные Actor Roles (выполнять ACTIVITIES).

MACHINE – искусственная сущность, выполняющая разные функции и/или «играющая» разные роли в организации. Заметим, что понятие MACHINE во многих функциях и ролях похоже на понятие PERSON, но некоторые из функций и ролей являются специфичными только для одного из указанных

типов понятий. Для примера, MACHINE не может нести ответственность за что-либо.

Понятие CORPORATION определяется в онтологии организаций как группа PERSONS, распознаваемая как нечто существующее, обладающее правами и обязанностями, отличающими ее от других PERSONS, которые время от времени присоединяются к группе.

PARTNERSHIP – группа PERSONS, ведущих бизнес. Заметим, что онтология организаций в эдинбургском проекте проектировалась с учетом английского права, которое не всегда соответствует юридическим нормам других стран. Так, например, в английской юридической норме понятия PARTNERSHIP и CORPORATION различаются, а LEGAL ENTITY является объединением PERSON, CORPORATION и PARTNERSHIP.

Как отмечалось выше, ORGANISATIONAL UNIT (OU) является сущностью с собственным идентификатором для управления (MANAGING) активностями (ACTIVITIES) для достижения (ACHIEVE) одной или более целей (PURPOSES).

OU может характеризоваться природой его целей; одним или несколькими PERSONS, работающими в OU; RESOURCES, выделенными OU; другими OU, которые управляют (MANAGE) или управляются (MANAGED-BY) данным OU; его активами (ASSETS); акционерами (STAKEHOLDERS); владением (LEGALLY OWNED) или его рынком (MARKET), если OU является вендором (VENDOR).

Отметим, что в эдинбургской онтологии организаций у понятия OU нет ограничений на размер и/или положение в организации, как нет и специальных понятий для отделов, департаментов и других подразделений организации, поскольку к типу OU могут относиться совсем малые подразделения (например, состоящие из одного сотрудника) и большие структуры (например, межнациональные корпорации). Структура OU определяется в данной онтологии множеством других OU и требуемыми отношениями между ними (MANAGEMENT LINKS).

Отношение MANAGEMENT LINK связывает OU более высокого или низкого уровня, в зависимости от того, кто управляет (MANAGE) и кто управляется (MANAGED).

Основной целью (PURPOSE) большинства OU является максимизация результатов деятельности относительно финансовых и других организационных OBJECTIVES.

MANAGE является в эдинбургской онтологии организаций активностью (ACTIVITY) по определению целей (PURPOSES) и управлению их достижением (ACHIEVEMENT), что предполагает RESOURCE ALLOCATION

и предоставление соответствующих AUTHORITY. Данное отношение является антисимметричным по управляющим и управляемым сущностям.

Делегирование (DELEGATE) является типом MANAGING ACTIVITY, связанной с передачей чего-либо актору (Actor).

Отношение MANAGEMENT LINK определяет, что один актер непосредственно управляет другим актором.

Обычно организационные структуры (Organisational Structures) являются иерархическими (hierarchical) или матричными (matrix), а соуправление наблюдается тогда, когда один OU управляется более, чем одним OU.

Множество акторов, связанных MANAGEMENT LINKS, является цепочкой управления, в которых:

- только один актер (самый низкий уровень) не управляет другим актором;
- только один актер (самый высокий уровень) не управляется другими акторами;
- нет «ветвлений» (т.е. нет актора, который бы управлялся более, чем одним эктором).

Поскольку MACHINE может рассматриваться как сущность MANAGED и/или MANAGING, в данной онтологии она может быть OU.

Отношение LEGAL OWNERSHIP определяется в единбургской онтологии организаций между LEGAL ENTITY и Entity, при этом LEGAL ENTITY обладает определенными правами по отношению к Entity.

OWNERSHIP является объединением отношений LEGAL OWNERSHIP и NON-LEGAL OWNERSHIP, а OWNER – роль актора в отношении OWNERSHIP.

Сущность может быть и активом (ASSET), и ресурсом (RESOURCE), но некоторые активы не являются ресурсами, а некоторые ресурсы не являются активами.

Участник совместного дела (STAKEHOLDER) является ролью LEGAL ENTITY или OU в отношении с OU, когда одна или несколько целей OU находятся в сфере интересов LEGAL ENTITY или OU. Заметим, что обычно STAKEHOLDER это OWNER, PARTNER, SHAREHOLDER или EMPLOYEE.

Понятие EMPLOYMENT CONTRACT является соглашением между LEGAL ENTITY в роли EMPLOYER и PERSON в роли EMPLOYEE.

Квота (SHARE) в единбургской онтологии организаций определяет подмножество прав OWNERSHIP в CORPORATION, признаваемых законом и CORPORATION, а SHAREHOLDER – LEGAL ENTITY, обладающая (OWNING) одной или несколькими квотами (SHARES) в CORPORATION.

В эдинбургской онтологии организаций существуют и другие концепты и отношения, но даже уже рассмотренные понятия этой онтологии показывают, что в проекте Enterprise Project в этом направлении онтологического моделирования имеется достаточно глубокая проработка. Фрагмент таксономии понятий онтологии организаций представлен ниже:

Knowledge Space Ontology

Legal Entity

Corporation

Shareholder

Vendor

Partnership

Person

Partner

Document

Report

К относительным терминам онтологии организаций в эдинбургском проекте относятся

•Синонимы:

– Party является синонимом LEGAL ENTITY.

•Пограничные термины:

– Company – почти синоним CORPORATION, а небольшие отличия этих понятий в данном случае игнорируются;

– Registered Business не является синонимом CORPORATION, поскольку может быть PERSON Sole Trader;

– Business является CORPORATION, Sole Trader или Registered Business, который не является CORPORATION.

Кодирование представления онтологии организаций, как и других онтологий в эдинбургском проекте, осуществляется в формализме Ontolingua. Для примера на Рис. 17 и 18 приведены спецификации некоторых из рассмотренных понятий.

Оценивая онтологию организаций эдинбургского проекта, представляется целесообразным отметить следующее:

• онтология организаций в проекте Enterprise Project проработана достаточно глубоко;

• онтологическая модель в основном концентрируется на объектах и отношениях, определяющих бизнес-процессы внутри предприятий и организаций;

• для кодирования представления онтологии организаций используется формализм Ontolingua, который не полностью отвечает современным стандартам W3C.

```

(defineframe RoleClass
  :own-slots (
    (Documentation "RoleClass является мета-классом. В простейшем случае
      RoleClass определяется как множество всех Entities, играющих
      единственную роль в одном Relation.")
    (SubclassOf Class)
  )

  :axioms (
    => (Exists (?r ?n)
        (and (relation ?r) (natural ?n)
            (forall (?z)
              (<=> (instanceof ?z ?rc)
                  (exists (?args)
                    (and (list ?args) (holds ?r ?args)
                      (= (nth ?args ?n) ?z)
                    )
                  )
            )
        )
  )

```

Рис. 17. Спецификация класса RoleClass и его аксиом

```

(defineframe Resource
  :ownslots (
    (Documentation "Entity, используемая в отношении CanUseResource"
    )
    (InstanceOf Class)
    (SubclassOf QuaEntity)
  )

  :axioms (
    <=> (Resource ?resource)
  )

```

Рис. 18. Спецификация класса Resource и его аксиом

3.7. Инструментарий *Enterprise Tool Set*

Одним из направлений в эдинбургском проекте Enterprise Project были исследования и разработки в области инструментария онтологического инжиниринга. При этом особое внимание уделялось обеспечению интеграции компонент, реализованных в разных организациях, в единый комплекс Enterprise Tool Set, архитектура которого представлена на Рис. 19.

При работе с Enterprise Tool Set для пользователя нет различий в использовании собственных модулей инструментария и внешних средств, что до-

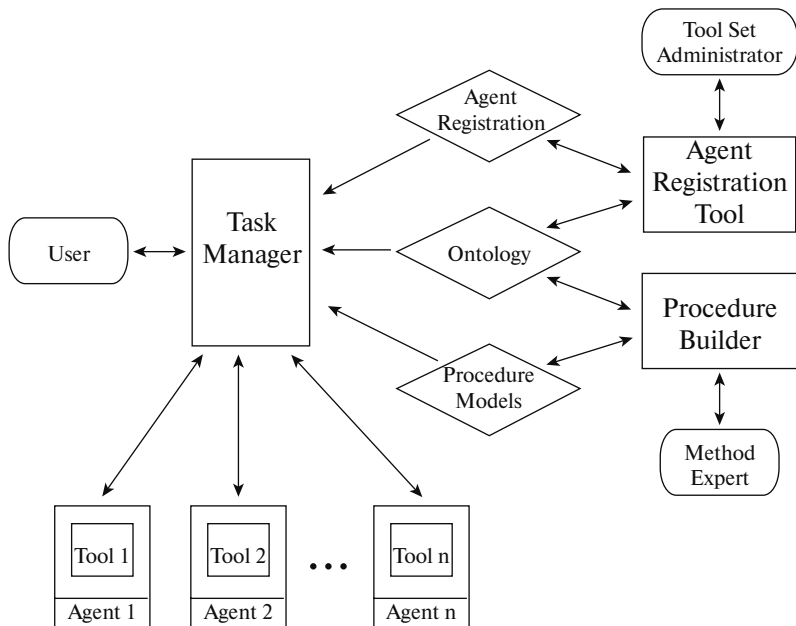


Рис. 19. Архитектура инструментального комплекса Enterprise Tool Set

стигается за счет многоагентной архитектуры, в рамках которой функционируют следующие различные компоненты:

- Agent Toolkit, предназначенный для преобразования разных инструментов в программных агентов и регистрации этих агентов в среде Tool Set;
- Procedure Builder – генератор процедур онтологического моделирования с интеграцией их в рамках инструментальной среды;
- Task Manager, обеспечивающий функционирование сгенерированных процедур и запуск приложений конечного пользователя.

В дополнение к перечисленным компонентам в среде Tool Set поддерживаются возможности навигации и редактирования таксономий терминов разрабатываемых онтологий.

Новые инструменты трансформируются в программных агентов путем добавления к ним коммуникационного слоя с помощью компоненты Agent Toolkit. Все программные агенты должны поддерживать коммуникацию на уровне KIF [KIF, 1998] и KQML [Labrou, Tim Finin, 1997], а инструменты,

трансформированные в агентов, должны регистрироваться в Enterprise Tool Set с помощью Tool Set-администратора.

Онтологии инструментария обеспечивают консистентность используемых терминов, а агенты могут вызываться для выполнения задач, на решение которых они ориентированы, с помощью компоненты Task Manager. Процессы формируются экспертами по методам с использованием компоненты Procedure Builder и в этом процессе тоже задействована онтология. Процессные модели (процедуры) могут загружаться в Task Manager, где они отбираются для выполнения. Таким образом, процедуры являются базисом для поддержки конечных пользователей и координации процессов использования программных агентов. Как следует из вышесказанного, в инструментальной среде Enterprise Tool Set онтологии используются в качестве базиса спецификации процедур для компоненты Procedure Builder. По сути дела, здесь Enterprise Ontology используется для обеспечения «раскрутки» (bootstrapping) в процессе разработки и сопровождения программного обеспечения самого Tool Set. Таким образом, при создании инструментария онтологического инжиниринга в эдинбургском проекте акцент сделан на онтологиях с теми их функциями, которые поддерживают интеграцию и коммуникацию в организациях.

Для представления процедур в проекте был разработан специальный язык представления знаний Enterprise Process Modelling Language (EPML) и проведена серия экспериментов по проверке предложенной технологии для достижения следующих результатов:

- прямое использование концептов Enterprise Ontology в качестве базиса для EPML.
- прямое использование спецификаций концептов в формализме Ontolingua для трансляции их в язык Clips и прямое включение результатов трансляции в код, реализующий Tool Set.

Такой подход обеспечил разработчикам программного обеспечения Tool Set снижение трудоемкости проектирования за счет повторного использования результатов концептуального анализа предметной области, сокращение времени кодирования и уменьшение затрат на изменения за счет повышения модульности создаваемого программного обеспечения.

Как показал анализ результатов эксперимента, не все, что было задумано разработчиками, получило свое подтверждение [Uschold, et al., 1998]. Так, например:

- неформальная спецификация Enterprise Ontology оказалась слишком неоднозначной для непосредственного использования в качестве базиса представления процедур.

- Формальная спецификация Enterprise Ontology содержала значительно меньше неоднозначностей, но некоторые концепты, имеющие отношение к активностям, выходили за рамки традиционных языков моделирования процессов. Так, например, оказалось невозможным разграничить и эксплицитно представить концепты ACTIVITY и ACTIVITY-SPECIFICATION.

- ЯПЗ EPML разрабатывался независимо от формального языка представления Enterprise Ontology, поскольку первый был ориентирован специально на Tool Set, а второй преследовал самые общие цели, что привело к рассогласованию средств представления знаний.

- Были проблемы с трансляцией в Ontolingua-Clips. В частности, результирующий Clips-код оказался синтаксически некорректным, что потребовало постредактирования результатов трансляции.

Учитывая результаты эксперимента, от автоматической трансляции авторы отказались, а Clips-код представления процедур, используемый в Tool Set, был запрограммирован разработчиками вручную без прямого использования EPML и Enterprise Ontology. Таким образом, на практике оказалось, что потенциальные преимущества подхода к проектированию и реализации инструментария в эдинбургском проекте проявились в основном на начальной стадии разработки компонента Procedure Builder.

Вместе с тем именно в эдинбургском проекте были, пожалуй, впервые явно и последовательно использованы онтологии бизнеса для проектирования программного инструментария онтологического инжиниринга с много-агентной архитектурой. И, по сути дела, именно в рамках этого проекта были выявлены основные проблемы реинжиниринга бизнес-онтологий типа Enterprise Ontology для задач разработки программного обеспечения и предложены подходы к их решению.

3.8. Оценка проекта и перспективы Enterprise Project

Оценивая эдинбургский проект в целом, можно констатировать, что в рамках Enterprise Project были получены существенные научно-технические результаты по двум направлениям:

- Проектирование достаточно широкого спектра взаимосвязанных онтологических моделей бизнес-процессов.

- Разработка инструментария онтологического инжиниринга с много-агентной архитектурой, где использовался реинжиниринг бизнес-онтологий, спроектированных в рамках первого направления, для создания онтологии задач проектирования программного обеспечения.

Результатом исследований и разработок по первому направлению стало множество онтологических моделей бизнес-процессов – Enterprise Ontology, в котором представлены APCR-онтология (Activity, Plan, Capability, and Resource Ontology), онтология организаций (Organisation Ontology), онтологии стратегий (Strategy) и маркетинга (Marketing), а также онтология времени (Time Ontology) и метаонтология (Meta Ontology).

Основные концепты Enterprise Ontology, сгруппированные по секциям Activity etc., Organisation, Strategy, Marketing и Time, представлены в Табл. 2.

При создании бизнес-онтологий особое внимание в эдинбургском проекте уделялось совместимости Enterprise Ontology с существующими на то время онтологиями. В частности, консистентность используемых в Enterprise Ontology терминов проверялась по словарю Collin's Business [CoBUILD, 2003], APCR-онтология проектировалась так, чтобы обеспечить совместимость с двумя основными внешними онтологиями – TOVE [TOVE, 2011] и KRSL [KRSL, 1996], а онтология времени и метаонтология хорошо коррелируют с аналогичными внешними онтологиями, разработанными в других проектах.

Таблица 2. Основные концепты Enterprise Ontology

ACTIVITY etc.	ORGANISATION	STRATEGY	MARKETING	TIME
Activity	Person	Purpose	Sale	Time Line
Activity Specification	Machine	Hold Purpose	Potential Sale	Time Point
Execute	Corporation	Intended Purpose	For Sale	Calendar Date
Executed Activity Specification	Partnership	Purpose-Holder	Sale Offer	Relative Time Point
T-Begin	Partner	Strategic Purpose	Vendor	Duration
T-End	Legal Entity	Objective	Actual Customer	Duration Bounds
Pre-Condition	Organisational Unit	Vision	Potential Customer	Time Interval
Effect	Manage	Mission	Customer	Before
Doer	Delegate	Goal	Reseller	Same or Before
Sub-Activity	Management Link	Help Achieve	Product	After
Authority	Legal Ownership	Strategy	Asking Price	Same or After
Activity Owner	Non-Legal Ownership	Strategic Planning	Sale Price	Distance
Event	Ownership	Strategic Action	Market	Earliest Start Time

ACTIVITY etc.	ORGANISATION	STRATEGY	MARKETING	TIME
Plan	Owner	Decision	Segmentation Variable	Latest Start Time
Sub-Plan	Asset	Assumption	Market Segment	Earliest End Time
Planning	Stakeholder	Critical Assumption	Market Research	Latest End Time
Process Specification	Employment Contract	Non-Critical Assumption	Brand	Interval Before
Capability	Share	Inuence Factor	Image	Interval During
Skill	Shareholder	Critical Inuence Factor	Feature	Interval Overlaps
Resource		Non-Critical Inuence Factor	Need	Interval Disjoint
Resource Allocation		Critical Success Factor	Market Need	
Resource Substitute		Risk	Promotion	
			Competitor	

Таким образом, в эдинбургском проекте активно использовались результаты других исследователей и разработчиков, работающих в области онтологического инжиниринга.

Основным научно-техническим результатом второго направления Enterprise Project, по нашему мнению, можно считать формирование эдинбургской школы исследований по созданию инструментария онтологического инжиниринга на основе знание-ориентированного подхода к проектированию программного обеспечения (Knowledge-Based Software Engineering) [Thaddeus, 2006].

Практическим выходом исследований и разработок по проекту Enterprise Project стали конкретные прикладные системы:

- Система Bid Analysis для компании Pilkington Optronics (P.O.). При создании этой системы на базе Enterprise Tool Set был реализован онтологический подход к анализу релевантной информации по предполагаемым контрактам и поддержке принятия решений о заключении контрактов. В результате была обеспечена эффективная координация процессов сбора и анализа информации по предполагаемым контрактам коллективами экспертов, а также предложены механизмы изменения самого процесса Bid-анализа и развития средств поддержки существующих здесь бизнес-процессов.

– Приложение Continuous Process Improvement (CPI) для корпорации Lloyds Register. В данном случае Enterprise Ontology использовалась для коммуникации по бизнес-предложениям, которые генерировались во внешнем приложении CPI Framework, основной проблемой была организация обратной связи между разными менеджерами, генерирующими предложения, которые необходимо было интерпретировать и сводить вместе для принятия правильных решений.

Признание результатов эдинбургской школы онтологического инжиниринга состояло и в том, что ее специалисты были привлечены к работе в таких общезначимых проектах, как Process Interchange Format (PIF) [Speel, et al., 1995], Work Flow Management Coalition (WiMC) [Tversky, Hemenway, 1984], Object Management Working Group – Core Planning Representation [van der Vet, et al., 1995] и др.

Как представляется, прямое использование результатов эдинбургской школы Enterprise Project в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России» невозможно в силу того, что система онтологий Enterprise Ontology ориентирована, в первую очередь, на моделирование производственных бизнес-процессов. Кроме того, спецификация онтологий здесь не всегда соответствует стандартам W3C, что предполагает их реинжиниринг.

Вместе с тем в данном проекте, безусловно, будут полезны наработки Enterprise Project по онтологии времени, а также подход к проектированию метаонтологии и онтологии организаций. И, наконец, для проекта представляется важным опыт эдинбургской школы онтологического инжиниринга по созданию интеллектуального инструментария, в рамках которого возможна интеграция внешних приложений.

4. Другие исследования и разработки в области онтологических моделей предприятий и отраслей экономики

4.1. Предварительные замечания

Как уже отмечалось во Введении, исследования и разработки в области онтологических моделей предприятий и бизнеса активно развиваются во всем мире. И в настоящее время практически невозможно определить страны-лидеры в данном направлении онтологического инжиниринга. С учетом вы-

шесказанного материалы данного раздела структурированы в значительной мере не по территориальному, а по «архитектурному» принципу, в соответствии с которым в отдельные подразделы выделяются те исследования и разработки, которые объединяют общие подходы к проектированию онтологий.

4.2. Методы проектирования и базисные бизнес-онтологии

В настоящее время разработка различных бизнес-онтологий активно ведется в разных странах и регионах мира. Ниже кратко представлены некоторые из значительного спектра таких работ.

Так, например, онтология REA (Resources–Events–Agents) своими корнями уходит в бухгалтерские системы [McCarthy, 1982], где в качестве ключевых концептов используются понятия качества, отношения управления и ответственности и др. В работе [Geerts, McCarthy, 2006] концепция REA была распространена на области, связанные с электронной коммерцией. Кроме того, в этой же работе были предложены методы валидации разрабатываемых онтологий. Онтологии семейства REA активно используются на практике [White, 2008], хотя и являются более простыми по сравнению с рассмотренными выше классическими бизнес-онтологиями TOVE и эдинбургской Enterprise Ontology.

В работе международного коллектива специалистов из Вьетнама, Таиланда и Австралии [Nelson, et al., 2009] рассматриваются вопросы управления знаниями в организациях, которые распределены в пространстве. Для решения проблемы интернационализации знаний в работе предлагается использовать онтологии организаций, взаимодействие между которыми осуществляется через публикацию специальных сервисов, в создание которых вовлечены университеты и бизнес-структуры.

Работа [Ma Laura Caliusco, et al., 2004] специалистов из Аргентины посвящена использованию теории контекстов для построения онтологий, анализу языков представления знаний для обработки контекстных онтологий в процессе их использования, а также обсуждению предлагаемого авторами ЯПЗ для моделирования эксплицитных формализаций контекстных онтологий, ориентированных на электронную коммерцию.

Вопросы создания и использования порталов знаний обсуждаются в работе [Priebe, Pernul, 2003]. При этом основное внимание авторы уделяют обеспечению пользователей консолидированными и, вместе с тем, персонализированными интерфейсами, поддерживающими эффективный доступ к структурированным и неструктурированным источникам информации. В частности, авторы рассматривают архитектуру портала знаний In-Wiss,

реализованного с использованием технологий Semantic Web на базе портлетов.

Проект RICOTERM-2 представлен в работе [Casafont, 2005] специалистом из Испании. Основная идея работы состоит в том, чтобы обсудить прототип системы RECCI (Query Reelaborator for Internet Searchers), которая ориентирована на создание лингвистических ресурсов для специальных предметных областей и использовать их для повышения качества поиска Интернет-документов. При этом особое внимание уделяется интеграции ресурсов, представленных на разных языках, используемых в Испании. В рамках предметной области автор обращается к проектированию банка экономических знаний, обеспечивающему мультиязычные запросы на базе терминологической онтологии коммуникации.

Обсуждению вопросов проектирования онтологии экономических объектов в среде Protégé посвящена работа [Zuniga, 1999] специалиста из Таиланда, который акцентируется на предметной области «Микроэкономика». При этом автор использует диаграмму информационных потоков, представленную на Рис. 20.

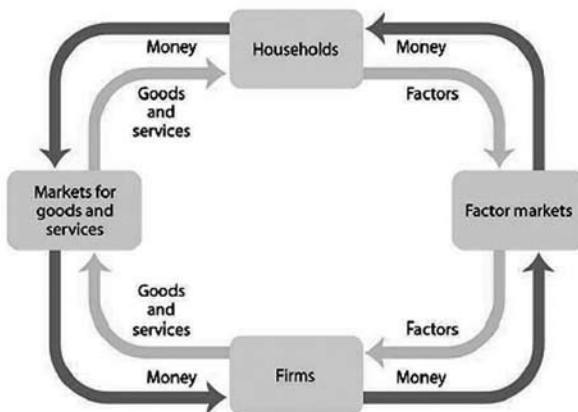


Рис. 20. Диаграмма информационных потоков в предметной области «Микроэкономика»

В качестве классов объектов в данном случае автор пользуется таксономией понятий, показанной на Рис. 21, которая конкретизируется схемой онтологии, фрагмент которой представлен на Рис. 22.

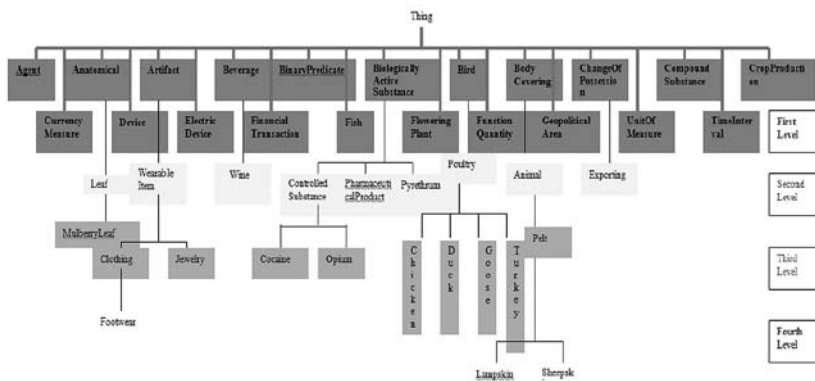


Рис. 21. Таксономия экономических классов

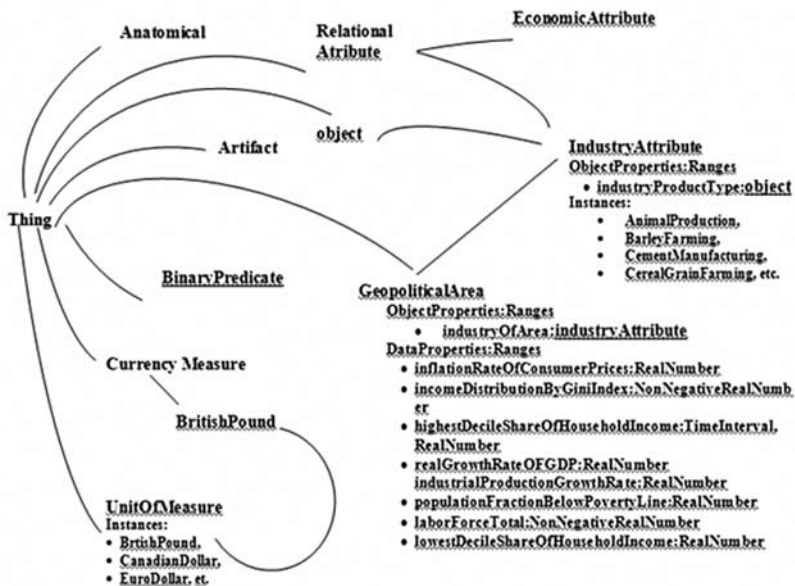


Рис. 22. Фрагмент финансовой онтологии

Интересным в данной работе является регулярное использование функционалов инструментария онтологического инжиниринга Protégé для проектиро-

вания бизнес-онтологии. Для примера на Рис. 23 показан фрагмент таксономии индустриальных атрибутов объектов из геополитической области.

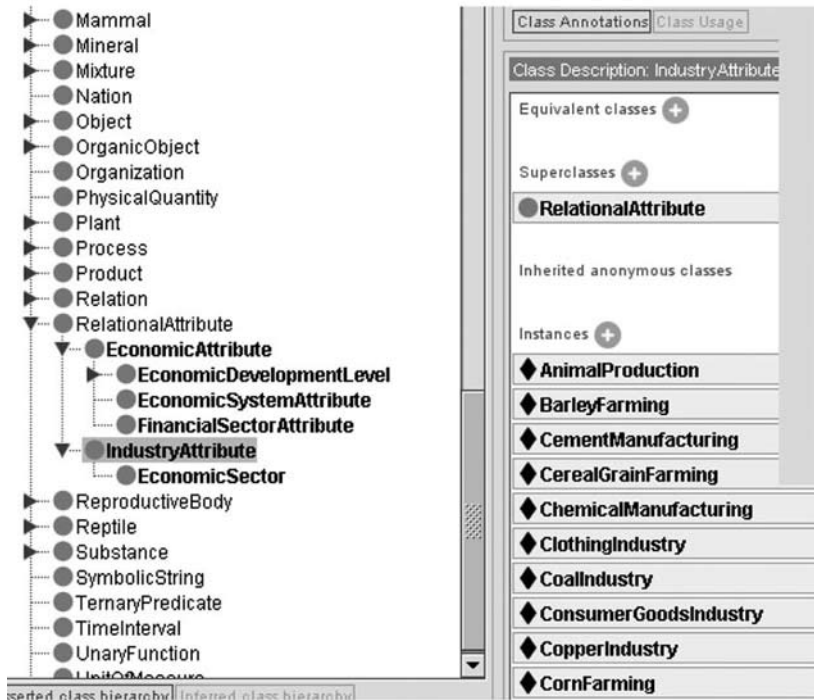


Рис. 23. Свойства индустриальных атрибутов объектов из геополитической области

Выше рассмотрены некоторые из работ огромного спектра исследований в области проектирования бизнес-онтологий. Проведенный анализ показывает, что подавляющая часть проектов в данной области ориентирована на онтологические модели бизнес-процессов. При этом практически отсутствуют работы, реально ориентированные на экономические модели и нет работ, в которых бы обсуждались онтологические модели в области комплексной оценки предприятий и отраслей экономики, что еще раз подтверждает научную новизну и практическую значимость проекта «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

4.3. Многоуровневые онтологии бизнеса

Активные многолетние исследования и разработки в области онтологических моделей бизнеса ведутся в лаборатории знаний и систем для бизнеса (LEKS) в Риме [Bertolazzi, Krusich, Missikoff, 2001; Missikoff, Velardi, Fabriani, 2003; Missikoff, Schiappelli, 2005; Nicola, Lezoche, Missikoff, 2007; Angelucci, et al., 2009]. Как представляется, наибольший интерес в работах этой лаборатории представляют многоуровневая онтологическая модель CEO [Bertolazzi, Krusich, Missikoff, 2001] и подход к «обогащению» предметных онтологий за счет извлечения нужной информации из текстов [Missikoff, Velardi, Fabriani, 2003].

В первой из упомянутых работ рассматривается многоуровневый подход к структурированию и организации концептов предметной области с позиций моделирования знаний на трех уровнях их представления (Рис. 24).

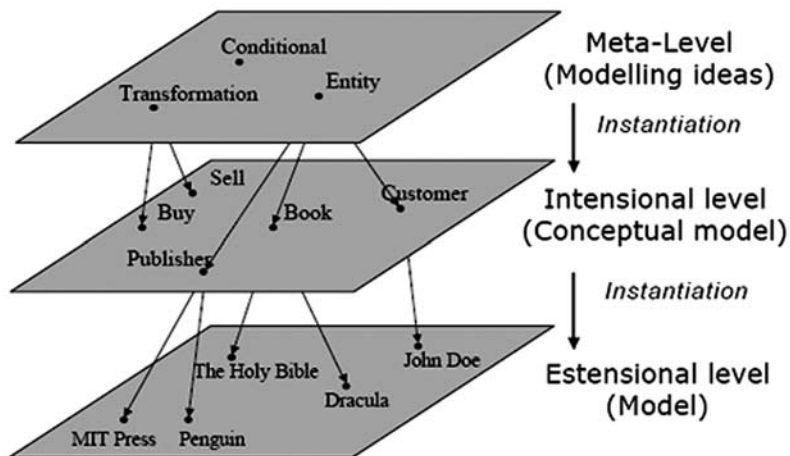


Рис. 24. Трехуровневое моделирование знаний

На нижнем уровне хранится информация об экземплярах, а технология хранения информации на этом уровне типична для баз данных. На среднем уровне представляются концептуальные модели, позволяющие проектировать онтологии. Если проводить аналогию с базами данных, то этот уровень соответствует схеме наполнения базы данных. Верхний уровень (мета-уровень) содержит метапонятия или моделируемые идеи. Здесь имеются в

виду структуры, которые используются для разработки концептов среднего уровня. Таким образом, определение содержания верхних уровней соответствует определению процесса наполнения базы, в которой хранятся элементы концептуальной модели некоторой области (т.е. предметной области онтологии).

Предлагаемая в обсуждаемой работе онтология Core Enterprise Ontology (CEO) занимает промежуточную позицию: она включает в себя наиболее общие бизнес-понятия, которые являются релевантными для большинства предприятий независимо от их конкретной области деятельности. Кроме того, авторами предлагается и язык определения концептов онтологии, что позволяет начать проектирование конкретной онтологии с CEO, а затем совершенствовать ее опять же с помощью CEO. Таким образом онтология CEO не претендует на предоставление предопределенных решений (полная бизнес-онтология), а скорее ориентирована на определение отправной точки и набора средств и принципов для разработчика бизнес-онтологий.

Как и в других случаях, в онтологии CEO хранятся предметные концепты и отношения между ними (системные и семантические).

При этом концепты онтологии группируются в соответствии с четырьмя метапонятиями на метауровне по четырем основным концептуальным областям:

– **Пассивные сущности** – представляют пассивные элементы предприятия или организации, которые можно создавать и/или модифицировать, а также к которым можно формулировать запросы в ходе выполнения бизнес-процессов.

– **Активные сущности** – представляют активные элементы организации, которые способны принимать решения или выполнять некие действия в ответ на изменение внешней обстановки.

– **Изменения (трансформации)** – действия, которые свойственны организации или предприятию для достижения его бизнес-целей. В процесс трансформации вовлечено определенное количество пассивных и активных элементов. С точки зрения разработчика, они задают вход и выход, необходимые для достижения цели.

– **Условности (обусловленности)** – сложные выражения, которые могут быть протестированы с целью проверки, выполняются они или нет. В этой категории представлены такие понятия, как бизнес-цели или правила, ограничения или состояния, которые могут быть применимы к любому концепту категорий более высокого уровня.

Кроме того, концептуальные отношения в онтологии CEO классифицируются по следующим шести метаотношениям:

– *Обработка, усовершенствование* – на этом уровне концепт относится к более узкой области и становится более специализированным (например, бухгалтер это «усовершенствованный» клерк).

– *Декомпозиция* – на этом уровне целое соотносится со множеством своих компонент (например, запрос по котировке является одной из стадий процесса выполнения запросов).

– *Утверждение* – здесь фиксируются соотношения концептов и атрибутов (например, Зарплата может быть интерпретирована как атрибут концепта Работник).

– *Связанность* – представляет характерные для выбранной предметной области связи между двумя концептами (например, концепты Работник и Проект могут быть специфицированы с помощью введенного отношения Быть_исполнителем).

– *Схожесть* – это отношение соотносит концепты согласно определенному уровню близости, схожести на шкале [0.0, 1.0] (например, можно сказать, что отель схож с мотелем со степенью близости, равной 0,8).

– *Подтверждение экземплярами* – соотносит концепт со своими экземплярами (например, концепт Клерк можно соотнести с экземпляром Джон Смит, что фиксирует пример понятия Клерк в описываемом контексте. Следует отметить, что это концептуальное отношение – единственное, которое вызывает переход со среднего уровня на нижний согласно 3-х уровневой схеме представления знаний (Рис. 24).

Далее в обсуждаемой работе определяются две фундаментальные иерархии верхнего уровня (усовершенствования и декомпозиции).

Сначала авторы предлагают специфицировать множество общих понятий предприятия, которое формируется на базе стандартных бизнес-онтологий (например, TOVE, Enterprise Ontology эдинбургского проекта и др.). Как правило, в дальнейшем это множество изменяется в процессе разработки. По сути дела, при этом формируется предварительная версия онтологии CEO, к каждому концепту которой прилагается описание, ссылка на описание во внешних источниках и маркер источника (например, MW, если информация взята из The Merriam-Webster OnLine; OW, если источником является Oxford Dictionary of Business, или WN, если информация поступила из ресурса Wordnet). При этом все концепты сводятся с помощью отношений декомпозиции и усовершенствования в таксономии.

Для примера ниже приведены фрагменты таких таксономий

Активные элементы

– *Предприятие*: организация, созданная для «рискованных» начинаний в сфере бизнеса (WN).

○ *Область*: административное деление более сложной или большей организации (WN) (например, маркетинговая область, область производства и т.д.).

■ *Бизнес-единица (БИ)*: организация, рассматриваемая как часть большей бизнес-группы (WN). БИ может быть уточняться до:

• *Административная БИ*: бизнес-единица, выведенная согласно бюрократическим аспектам управления предприятием (например, Бухгалтерия БИ).

○ *БИ закупок*: бизнес-единица, сформированная после приобретения организацией товара определенного вида, полезного для достижения поставленных целей (например, БИ закупки сырых материалов и т.д.).

○ *БИ продаж*: бизнес-единица, сформированная в целях продвижения и продажи товаров и услуг, производимых или оказываемых предприятием (БИ маркетинга и т.д.)

○ *БИ человеческих ресурсов*: бизнес-единица, сформированная в целях обеспечения управления людьми, работающими на предприятия (например, БИ расчета зарплаты и т.д.)

• *БИ разработки*: бизнес-единица, сформированная в целях реализации выпускаемой на предприятии продукции

○ *БИ продукции*: бизнес-единица, сформированная в целях обеспечения доступности использования товаров (MW).

○ *БИ поддержки*: бизнес-единица, сформированная в целях сохранения имущества или оборудования (MW). Например, БИ ремонта машин и т.д.

○ *БИ логистики*: бизнес-единица, сформированная в целях обеспечения управления материалами и информационными потоками между предприятием и клиентом.

○ *Владелец*: лицо или фирма, владеющее бизнесом (WN)

■ *Продавец*: некто, кто продает и хранит опись товаров на продажу (MW).

• *Оптовый покупатель*: некто, кто покупает огромное количество товара и перепродает его скорее другим продавцам, нежели обычным покупателям (MW).

• *Ритейлер*: продавец, который продает товары или услуги напрямую покупателю (MW).

■ *Производитель*: тот, кто делает что-то из сырья (WN).

■ *Финансовый отдел*: учреждение, которое собирает средства и инвестирует их в финансовые активы (WN).

- *Банк*: финансовое учреждение, которое принимает депозиты и переводит деньги на кредитование деятельности (WN).
- *Страхование*: финансовое учреждение, которое продает обещания компенсации в случае потери (WN).

Концептуальная область Пассивных элементов содержит те же понятия, что и в концептуальной области Активных элементов, если эти элементы являются объектами трансформаций, а не субъектами. Кроме того, эта концептуальная область содержит другие понятия (как правило, пассивные):

— *Расходные пассивные сущности*: каждый материал, используемый в деятельности предприятия.

— *Используемые пассивные сущности*: любое устройство, которое помогает при выполнении операции, или необходимое в практике по профессии (MW).

— *Выход*: каждый физический товар или услуга, производимая и/или предоставляемая предприятием как конечный продукт бизнес-процесса (MW).

○ *Продукт*: товары, производимые в результате некоторых процессов и предлагаемые к продаже (WN).

○ *Услуга*: работа одного человека или группы, которая его заменяет (WN).

— *Документация*: каждый документ, произведенный или полученный в ходе деятельности, направленной на достижение целей Предприятия.

Трансформации концептуальной области в случае СЕО включают в себя следующие понятия:

— *Планировать*: разрабатывать или проектировать реализацию или достижение целей предприятия (MW).

— *Проводить*: осуществлять действие или модель поведения, направленную на достижение целей предприятия (МВт).

○ *Покупать*: получить во владение, право собственности или права на использование путем выплаты денежной суммы (MW).

○ *Производить*: разрабатывать, создавать или воплощать в жизнь путем умственных или физических усилий (MW).

○ *Поддерживать*: хранить от провала или упадка (MW).

○ *Продавать*: отказаться от имущества в сторону чего-то более ценного (MW).

— *Управлять*: осуществлять исполнительные, административные и надзорные мероприятия в отношении деятельности предприятия (МВт).

○ *Решать*: когнитивный процесс достижения решения (WN).

○ *Назначать*: определить какой-то вид деловой активности в качестве задачи для кого-то.

○ *Оценивать*: судить о ценности бизнес-активности (WN).

Обусловленности концептуальной области в случае СЕО собирают языковые выражения, в которых в качестве элементов прикладной области выступают параметры, и которые возвращают Истину или Ложь в зависимости от того, выполняется условие или нет. Эта область содержит следующие понятия:

– *Состояние*: характеризуется значениями множества свойств. Оно задается через выражения-ограничения, с помощью которых можно проверить, находится ли нечто в данном состоянии или нет (например, Платежное поручение и т.д.)

– *Цель*: обстановка, т.е. разработка нацелена на достижение, а затем завершение деятельности при успешном достижении цели (WN). Цели достижения могут быть проверены (например, захват 30% сектора рынка и т.д.).

о *Миссия*: задача, которая была возложена на лицо или группу (WN).

– *Событие*: то, что происходит в данном месте и в данное время, следуя определенному набору обстоятельств (WN) (например, получение счетов и т.д.).

– *Положение дел (обстановка)*: результат деятельности, предполагаемый различными экземплярами концепта и их отношения (например, нехватка кредита и т.д.).

В целом таксономия понятий онтологии СЕО хорошо коррелирует с классическими бизнес-онтологиями, но имеет ряд отличий, которые, на наш взгляд, не всегда оправданы.

В тесно связанной с предыдущей работой статье [Missikoff, Velardi, Fabriani, 2003] обсуждаются важнейшие вопросы «обогащения» разрабатываемых онтологий с помощью систем извлечения информации из текстов на естественном языке (в данном случае, на итальянском и английском). Работа выполнялась в рамках европейского проекта ITS-13015 (FETISH) [Missikoff, 2000].

В качестве инструмента для решения поставленных задач использовалась система SymOntos (система символьного управления онтологиями), разработанная в той же лаборатории LEKS (Lab for Enterprise Knowledge and Systems) [SymOntos, 2011].

Система SymOntos поддерживает конструирование онтологий в соответствии с методологией OPAL (Object, Process, Actor modeling Language) [Missikoff, 2000б], которая ориентирована на моделирование онтологий и управление базами знаний в области бизнеса. В рамках этой методологии используются шесть основных типов понятий:

– **Actor**: активная сущность предметной области, с помощью которой активируются процессы;

- **Object**: пассивная сущность, с которой работают процессы;
- **Process**: активность, направленная на достижение целей акторов;
- **Information Component**: кластер информации релевантных агрегированных атрибутов Actor или Object;
- **Information Element**: элементарная часть Information Component;
- **Elementary Action**: активность, представляющая элементарный компонент процесса.

Семантические отношения в данном случае ограничены классическими тезаурусными отношениями Broader Terms, Similar Words и Related Terms.

Как известно, в конечном счете любая методология проектирования онтологий включает стадии концептуализации (Ontology capture), кодирования (Ontology coding) и интеграции (Integrating existing ontologies).

В проекте FETISH все эти стадии, в том или ином объеме, поддерживаются с помощью лингвистических процессоров, обеспечивающих извлечение информации из текстов. При этом используется модуль NLP ARIOSTO [Marega, Pazienna, 1994; Basili, et al., 1996], который был модифицирован для целей вышеуказанного проекта. Полученная в результате модификации система ARIOSTO+ включает следующие модули:

- морфологический анализатор;
- постморфологический процессор для свертки устойчивых лексических словообразований;
- POS-таггер для устранения морфологических неоднозначностей;
- словарный модуль типа gazetteer;
- распознаватель именованных сущностей (NE-recognizer);
- чанкер CHAOS для обработки аргументных структур предикатных (глагольных) форм.

На этапе концептуализации система ARIOSTO+ использовалась для идентификации ключевых концептов предметной области, которые относились к одному из типов понятий метамодели OPAL – Actor, Object и Process. При этом обрабатывались:

- именованные сущности предметной области (Domain Named Entities), например, Texas Country, Texas Wildlife Association и т.п.
- именные группы, специфичные для предметной области, например, travel agent, reservation list и др.
- слова-синглтоны предметной области, например, reservation, campground и т.п.

Для извлечения из текстов именованных сущностей в данном случае использовались классические ИЕ-методы (Information Extraction). Слова синглтоны извлекались по словарю, а именные группы – с помощью синтаксических правил.

На заключительных фазах работы ИЕ-системы применялись как семантические, так и статистические подходы. При этом в рамках данного подхода были разработаны специальные вероятностные меры оценки правильности выделенных терминов – мера релевантности и мера «предметного» консенсуса.

Для определения таксономических отношений в данном случае использовалась лексическая онтология WordNet.

Проверка качества системы извлечения информации из текстов проводилась на коллекциях экономических документов (Wall Street Journal), медицинских (Reuters) и спортивных (Reuters) новостей, а также «балансированного» корпуса документов (Brown Corpus) общим объемом всех коллекций около 3,2 млн слов. В Табл. 3 представлены результаты тестирования системы.

Таблица 3. Результаты тестирования системы ARIOSTO+

Параметры	Результаты
Кол-во кандидатов на многословные термины (после разбора)	14,383
Кол-во выделенных терминов ($\alpha = 0,35$ и $\beta = 0,23$)	288
% правильных (3 человека аксессора)	85,42%
Число поддеревьев с глубиной $\text{depth} > 0$	177 (54)

Система ARIOSTO+ использовалась и на этапе кодирования онтологии, но только для проверки «связности» (Relatedness) и «похожести» (Similarity), в то время как для определения тезаурусных отношений типа гипонимы-гиперонимы ее применение оказалось неэффективным. Для проверки первых двух типов отношений выделялись синтаксические триады типа Subject-Verb-Object (SVO), которые затем использовались для формирования семантических триад Actor-Process-Objects в тех случаях, когда Subject, Verb и Object имели концептуальное соответствие в онтологии.

Надо отметить, что подход и методы извлечения информации из текстов, которые рассмотрены выше, по нашему мнению, полезно использовать и в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России».

Многолетние исследования и разработки в области бизнес-онтологий ведутся и в департаменте компьютерной науки и информационных систем (Department of Computer Science and Information Systems) университета Яваскила (University of Jyväskylä) в Финляндии. Одной из базовых публикаций этого исследовательского коллектива является работа его руководителя

М. Леппанена (M. Leppanen) [Leppanen, 2007], в которой обсуждается методология проектирования многоуровневых онтологий вообще и бизнес-онтологий на базе контекстов в частности.

Общие вопросы контекстного подхода [Engestrom, 1987], на основе которого осуществляется проектирование многоуровневых онтологий в данном случае, обсуждались в первой части данной серии препринтов. В подходе финской школы выделяются семь контекстных областей, из которых «получают» концепты для уточнения и интерпретации контекстных явлений: цель, лицо, действие, объект, возможность, место и время (Рис. 25).

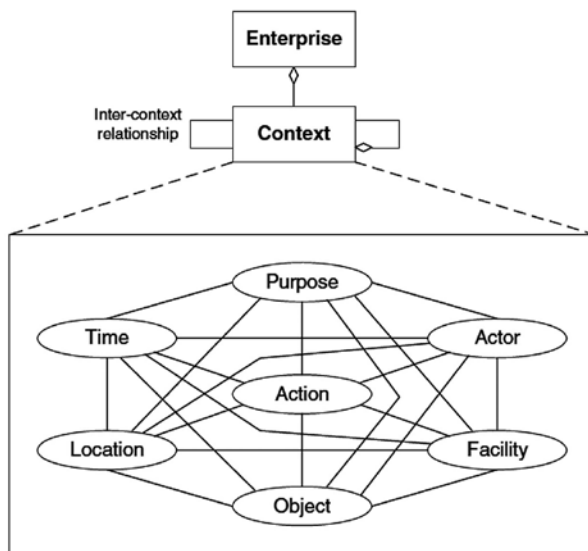


Рис. 25. Общая структура бизнес-онтологии, основанной на контексте

Структурирование понятий внутри и между областями, представленными на Рис. 26, осуществляется по схеме 7S: *for Some purpose, Somebody does Something for Someone, with Some means, Sometimes and Somewhere* (с какой целью кто-то делает что-то для кого-то с помощью некоторых средств время от времени и в некотором месте).

Целевая область включает все те понятия и конструкции, которые относятся к целям, мотивам или намерениям кого-то или чего-то (Рис. 26) и/или для представления причин, по которым что-то существует или делается, изготавливается, используется и т.д. Термин цель используется здесь как общее понятие.

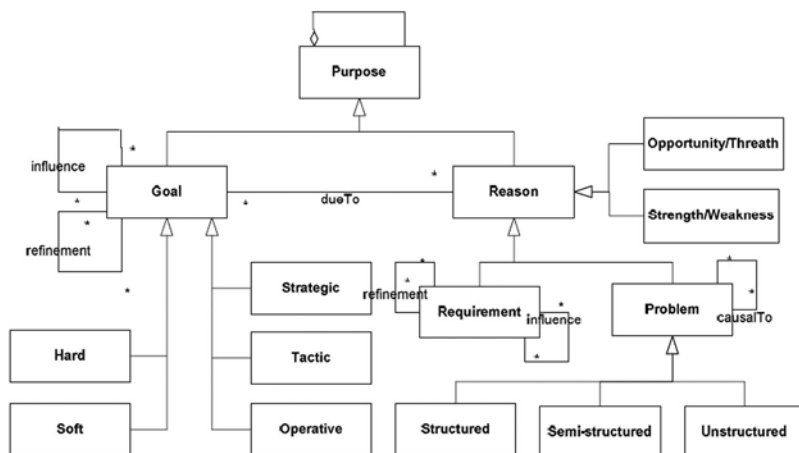


Рис. 26. Контекстная область «Цель»

Поскольку цели и требования являются смежными понятиями, отношения между требованиями схожи с соответствующими отношениями между целями. Следовательно, требование может влиять на другое требование, и требование может быть уточнением другого требования. Отношения между проблемами выявляют причины связи. Отношение *causalTo* между двумя проблемами означает, что возникновение одной проблемы является, по крайней мере, частичной причиной возникновения другой.

Контекстная область лиц состоит из всех понятий и конструкций, которые относятся к людям и другим активным частям контекста (Рис. 27).

Лица выполняют такие действия, как владеть, общаться, занимать, управлять, получать и т.д. в рамках контекста и несут ответственность за возникновение и/или причины изменений состояний объектов в том же или в других контекстах. С философской точки зрения различаются одушевленные и неодушевленные лица, причем последние рассматриваются как инструменты достижения целей.

Контекст действий включает все те понятия и конструкции, которые относятся к поступкам или событиям в контексте (Рис. 28). Действия могут быть автономными или совместными, подразумевать абстрактные работы (например, занятия математикой) или физические работы (например, пошаговая рутинная процедура).

Контекстная область объектов содержит все те понятия и конструкции, которые относятся к чему-то, на что направлено действие (Рис. 29). Это может быть сообщение, решение, аргументация, перечень проблем и т.д. В зависимости от природы объектов различают материальные и информационные объекты. Материальные объекты не несут и не представляют никакой информации в отличие от информационных объектов. Для авторов обсуждаемой работы особый интерес представляют объекты, несущие некий подтекст в виде данных или информации. Такие объекты называют лингвистическими и концептуальными объектами соответственно. При этом лингвистические объекты делятся на формальные, формализованные и неформальные.

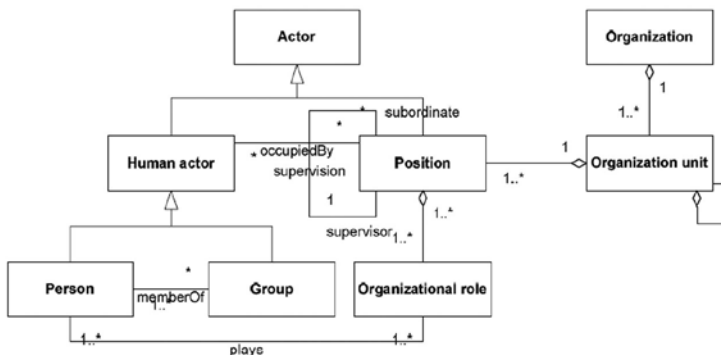


Рис. 27. Контекстная область «Лицо»

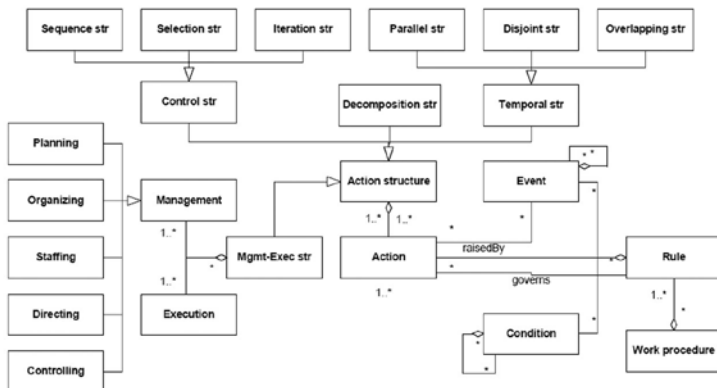


Рис. 28. Контекстная область «Действие»

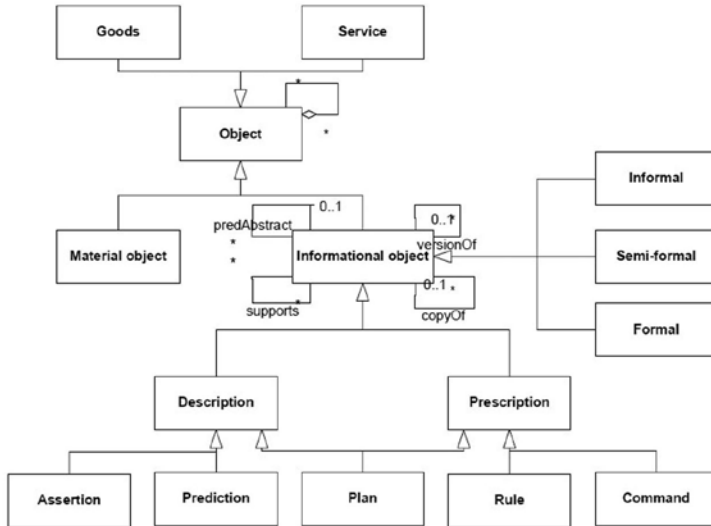


Рис. 29. Контекстная область «Объект»

Область возможностей содержит все те понятия и конструкции, которые относятся к средствам, с помощью которых что-то может быть достигнуто; другими словами, ко всему тому, что позволяет действию осуществиться, а также сделать его возможным и эффективным (Рис. 30). Автор различает два вида возможностей: инструменты и ресурсы.

В приведенных выше схемах были определены только те контекстные отношения, которые связывают концепты в рамках одной контекстной области. Однако понятно, что существует огромное множество контекстных отношений, которые связывают концепты из разных областей.

На Рис. 31 представлены всевозможные внутриобластные отношения. Все пространство разделено на семь подобластей, каждая из которых соответствует семи контекстным областям. В каждой из подобластей представлены общие концепты, связанные друг с другом с помощью внутриобластных отношений. При этом для определения всех отношений приходится выходить за рамки пространства.

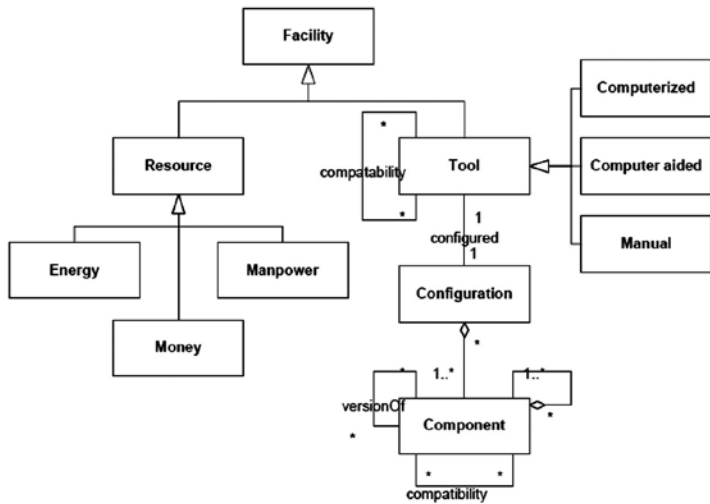


Рис. 30. Контекстная область «Возможность»

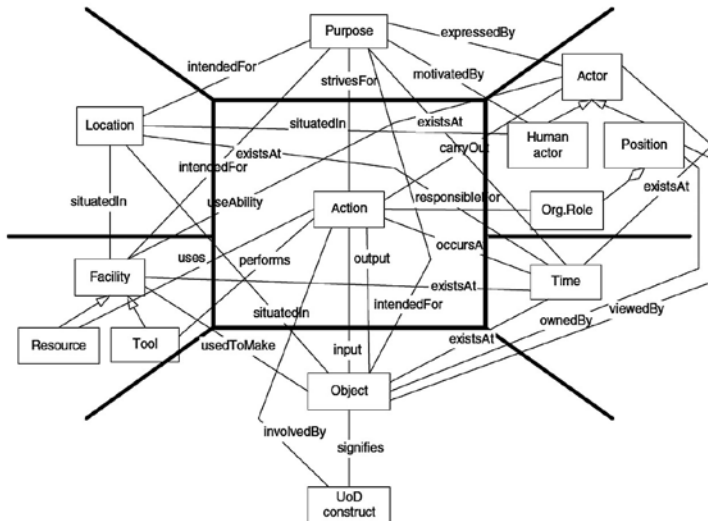


Рис. 31. Схема внутриобластных отношений

В дополнение к бинарным внутриобластным отношениям из Рис. 31 следует, что существуют и n -арные отношения. С помощью тех и других отношений можно специфицировать объекты предприятия и тем самым раскрыть их контекстуальные значения. Примером такого рода спецификации может быть следующая ситуация: клиент K размещает заказ O на продукт P в момент времени B на основе предложения Pr от предприятия $Пред$, которое принадлежит партнерам $\{Pa1, \dots, Pan\}$, причем этот заказ будет доставлен с помощью транспортного средства T по адресу A к определенной дате D .

Что представляется важным в подходе М. Леппанена в обсуждаемой статье и подхода финской школы в целом? Во-первых, это спецификация бизнес-онтологий на основе теории контекстов. Во-вторых, спецификация отдельных контекстных областей с их «внутренними» отношениями, а также введение в рассмотрение «внешних» связей между объектами разных контекстных областей. И, наконец, в-третьих, такой подход может быть использован для интеграции разноуровневых по семантике и целям проектирования онтологий (Рис. 32).

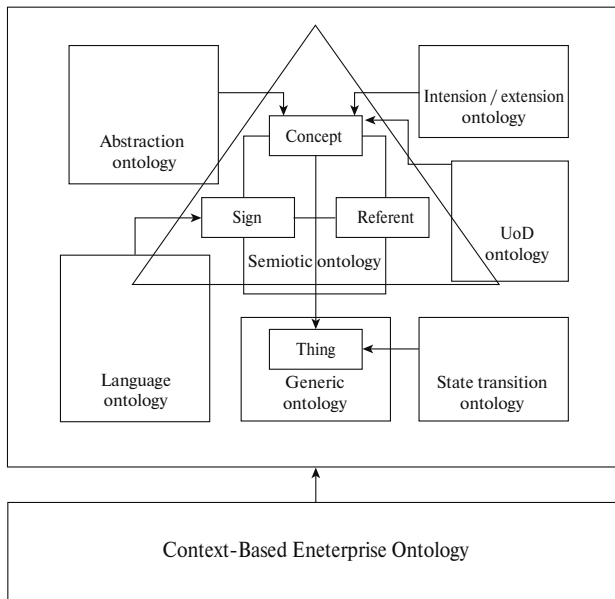


Рис. 32. Система разноуровневых онтологий

Рассмотренный выше подход развивается в диссертационной работе М. Леппанена и в других работах, например, в [Dongwoo Kang, et al., 2010].

4.4. Онтологические модели SAP

Как известно, SAP является одним из крупнейших игроков на рынке программного обеспечения корпоративных систем и потому, безусловно, не может оставаться в стороне от мировых трендов в области создания моделей предприятий, основанных на знаниях.

Один из руководителей SAP Тобиас Трапп (Tobias Trapp) в своей работе [Trapp, 2011] отмечает, что, начиная с системы SAP R/3, когда была создана методология Structured Entity Relationship Model (SERM) и разработаны такие инструменты, как Data Modeler, SAP был одной из первых компаний, которая стала использовать хранилища бизнес-объектов (Business Object Repository, BOR) в комбинации с моделями данных. А позже корпорация SAP стала использовать объекты BOR в качестве основы своей стратегии сервис-ориентированной архитектуры (SOA).

Концептуальная модель SOA предприятия представлена в документации SAP и содержит спецификацию понятий, лежащих в основе SOAP (Simple Object Access Protocol) и Enterprise SOA Object & Services Modeling guidelines. Ниже приведен фрагмент таксономии понятий SAP, лежащих в основе этой модели:

- Бизнес-объекты (Business Objects)
 - Dependent Object, включая
 - Access Control List,
 - Accounting Clearing Object History,
 -
 - Business Process Assignment,
 - Transformed Object,
 -
 - Template Object;
- Категории сервисных операций (Service Operation Categories)
 - Сложные операции (Compound Operations), такие, как
 - B2B,
 - A2A и
 - A2X,
 - Основные операции (Core Operations), такие как создание, выборка, изменение, удаление (CRUD), запрос (Query) и операции действия (Action Operations).

- Actions, Action Data Type и Action Data Type Elements

- и др.

Однако этого недостаточно для онтологической модели, в которой предполагаются классификация понятий, текстовые определения и комментарии, а также определения отношений между понятиями, примеры (экземпляры) понятий и ссылки на другие источники информации.

Как утверждает Т. Трапп, SAP стандартизовал свои инструменты, в частности, для того, чтобы формально выразить эти понятия в онтологиях с использованием таких стандартов W3C, как OWL, и использовать их для создания, фильтрации и виртуализации концептуальных моделей.

Из той же работы можно сделать вывод о том, что SAP ведет работы и по онтологии верхнего уровня SAP SOA, за счет чего предполагает вывести управление своими базами знаний на более высокий уровень, так как онтологии:

- обладают возможностями отслеживания непротиворечивости определяемых понятий (например, на уровне дескриптивных логик);

- могут содержать ссылки на другие ресурсы и служить центральным узлом, связывающим различные информационные ресурсы (библиотеку SAP, техническую документацию, информацию о версиях, различные приложения и даже нестандартные ресурсы (например, блоги и т.п.).

Как представляется, пока SAP, как и другие вендоры программного обеспечения, уделяют онтологическим моделям не так много внимания, как они того заслуживают, но сам факт, что руководство SAP начинает говорить об этом, представляется важным и интересным.

5. Заключение

В данной работе представлен аналитический обзор литературы по онтологическому инжинирингу бизнес-процессов и проектам, которые выполнялись и выполняются в этой области.

Особое внимание в работе уделено 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. В процессе обсуждения по каждой из этих школ приведена информация об используемой методологии онтологического инжиниринга, онтологиях уровня Upper Ontology, разработанных в этих проектах, и метаонтологиях пространства, времени, организаций, а так-

же инструментальным средствам онтологического инжиниринга, которые заложили основу для современных работ в области соответствующего инструментария.

Кроме того, в данную работу включен анализ исследований и разработок специалистов из Западной и Восточной Европы, США, Австралии и Юго-Восточной Азии, а также краткое обсуждение онтологических моделей SAP.

На основании представленной в работе информации можно сделать следующие выводы:

Подавляющее большинство коллективов в области онтологических моделей бизнеса опираются на канадскую онтологию TOVE и эдинбургскую онтологию Enterprise Ontology. Вместе с тем коллективы, «пришедшие» в данную область исследований и разработок позже университетов Торонто и Эдинбурга, ищут свои подходы к решению проблемы создания онтологий предприятий и бизнес-процессов, которые бы учитывали недостатки базовых школ, проявившиеся в процессе выполнения проектов в указанных университетах.

Представляется, что наиболее сильные школы онтологического моделирования бизнеса в настоящее время сформированы в Италии и Финляндии, а наиболее востребованными подходами к построению соответствующих онтологий являются теория активностей (деятельности) и модели контекстов. Явным трендом является и переход к многоуровневым архитектурам, на базе которых формируются системы согласованных онтологических моделей.

Именно эти подходы и модели используются в настоящее время различными коллективами в разных странах чаще других.

Учитывая вышесказанное, в проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России», по-видимому, целесообразно сосредоточиться при создании своей системы онтологий именно на рассмотренных в данной работе подходах и архитектурах.

Литература

- [Allen, 1983] Allen J.F. Towards a general theory of action and time. *Artificial Intelligence*, 23: 123–154, 1984.
- [Angelucci, et al., 2009] Angelucci D., Barbagallo A., Di Mascio T., Missikoff M., Taglino F.: A platform for Social Ontology Building and Evolution (SOBE).

- 2nd Interop Vlab. It Workshop, De Nicola A. (ed.). Rome (Italy), November 06, 2009.
- [Auramaki, et al. 1988] Auramaki E., Lehtinen E., Lyytinen K. A speech-act-based office modeling approach, *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 2, April 1988, 126–152.
- [Basili, et al., 1996] Basili R., Pazienza M.T., Velardi P. “An empirical symbolic approach to natural language processing,” *Artificial Intelligence*, no. 85, p. 59–99, 1996.
- [Berners-Lee, et al., 2001] Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5), 34–43.
- [Bertolazzi, Krusich, Missikoff, 2001] Bertolazzi P., Krusich C., Missikoff M. An Approach to the Definition of a Core Enterprise Ontology: CEO, OES-SEO Workshop, Rome, 14–15 September, 2001
- [Casafont, 2005] Merce Lorente Casafont, *Ontology for economics and Information Retrieval*, “Hipertext.net”, num. 3, 2005].
- [CIM-OSA, 1993] CIMOSA: OPen Systm Architecture for CIM, second edition, Springer-Verlag, Berlin. (1993).
- [CoBUILD, 2003] *Business Vocabulary in Practice (Collins Cobuild)* – 1st edition Book, Publisher: Collins CoBUILD, 2003.
- [Davis et al., 1983] Davis B.R., Smith S., Davies M., John St. Integrated Computer-aided Manufacturing (ICAM) Architecture Part III/Volume III: Composite Function Model of “Design Product” (DES0). Technical Report AFWAL-TR-82-4063 Volume III, Materials Laboratory, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 45433, 1983.
- [Dongwoo Kang, et al., 2010] Dongwoo Kang, Lee J., Sungchul Choi, Kwangsoo Kim, An ontology-based Enterprise Architecture, *Expert Systems with Applications*, vol. 37 (2010); Daniel E. O’Leary, Enterprise ontologies: Review and an activity theory approach, *International Journal of Accounting Information Systems*, vol. 11 (2010) 336–352.
- [Engestrom, 1987] Engestrom Y. Learning by expanding: an activity theoretical approach to developmental research. *Orienta-Konsultit*, Helsinki, Finland (1987).
- [Fadel, et al., 1994] Fadel F.G., Fox M.S., Gruninger M. “A Generic Enterprise Resource Ontology”, *Proceedings of 3rd Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, Morgantown, WV, April, 1994.
- [Farquhar, et al., 1996] Farquhar A., Fikes R. & Rice J. *The Ontolingua Server: A Tool for Collaborative Ontology Construction*. Knowledge Systems, AI Laboratory, 1996.

- [Fernandez, et al., 1997] Fernandez M., Gomez-Perez A., Juristo N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. In: Workshop on Ontological Engineering. Spring Symposium Series. AAAI97, Stanford, USA, (1997).
- [Flores, et al. 1988] Flores F., Graves M., Hartfield B., Wionograd T. Computer systems and the design of organizational interaction, ACM Transactions on Office Information Systems, Vol. 6, No. 2, April 1988, 153–172.
- [Fox, et al., 1983] Fox M.S., B. Allen, S. Smith, and G. Strohm, “ISIS: A Constraint-Directed Search Approach to Job-Shop Scheduling”, Proceedings of the IEEE Computer Society Trends and Applications, National Bureau of Standards, Washington DC. (1983).
- [Fox, et al., 1993] Fox M.S., Chionglo J.C., Fadel F.G. “A Common-Sense Model of the Enterprise”, in 2nd IE Research Conference Proceedings, May 1993, Los Angeles, CA, 1993.
- [Fox, Huang, 2005] Fox M.S., Huang J. Knowledge provenance in enterprise information, 2005.
- [Geerts, McCarthy, 2006] Geert G., McCarthy W. (2000) The ontological foundations of REA enterprise information systems. [online: <http://www.msu.edu/user/mccarh4/rea-ontology/>].
- [Gruber, 1993] Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition. Vol. 5 (1993).
- [Gruninger, Fox, 1994] Gruninger M., Fox M.S. “The role of competency questions in enterprise engineering”, Proceedings of the IFIP WG5.7 workshop on benchmarking – theory and practice, Trondheim, Norway, Jun, 1994.
- [Gruninger, Fox, 1995] Gruninger M., Fox M.S. “Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies”, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, 1995.
- [IDEF5, 1994] Information Integration for Concurrent Engineering (IICE). IDEF5 Method Report, Knowledge Based Systems, Inc., September 21, 1994.
- [Jennings, 1993] Jennings N.R. “Commitments and Conventions: The Foundation of Coordination in Multi-Agent Systems” The Knowledge Engineering Review 8 (3) 223–250.
- [KIF, 1998] Knowledge Interchange Format draft proposed American National Standard (dpANS) NCITS.T2/98–004. 1998.
- [Kim, 1999] Kim H.M. “Representing and reasoning about quality using enterprise models”, PhD Thesis, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada (1999).
- [Kim, et al., 2007] Kim, Henry; Fox M.S., Sengupta Arijit. “How To Build Enterprise Data Models To Achieve Compliance To Standards Or Regulatory

- Requirements (and share data).” *Journal of the Association for Information Systems*: Vol. 8: Iss. 2, 2007.
- [Kim, Fox, 1993] Kim, H. and Fox, M.S. *Quality Systems Modelling: A Prospective for Enterprise Integration*, Fourth Annual Meeting of the Production and Operations Management Society. 1993.
- [KRSL, 1996] KRSL Plans Working Group – Plans and Activities. DRAFT: 20-Sep-96 <http://www.aiai.ed.ac.uk/~bat/krsl-plans.html>.
- [KSL, 1996]. Stanford KSL Ontology Editor http://www.sigchi.org/chi96/proceedings/papers/Rice/jpr_ht75.htm
- [Labrou, Tim Finin, 1997] Labrou Y., Finin T. A Proposal for a new KQML Specification, TR CS-97-03, February 1997.
- [Lee, 1988] Lee R.M. Bureaucracies as deontic systems, *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 2, April 1988, 87–108.
- [Lenat, Guha, 1990] Lenat D.B., Guha R.V. *Building Large Knowledge-based Systems*, Addison-Wesley, 1990.
- [Leppanen, 2007] Leppanen M. A context-based enterprise ontology, In: *Proceedings of the 10th international conference on Business information systems BIS'07*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2007.
- [Ma, et al., 2004] Ma. Laura Caliusco, Cesar Maidana, Ma. Rosa Galli, and Omar Chiotti, A language for modeling enterprise contextual ontologies, *Proceeding of Argentine Symposium on Information Systems (ASIS)*, 2004.
- [Marega, Pazienza, 1994] Marega R., Pazienza M.T. CoDHIR: an information retrieval system based on semantic document representation *Journal of Information Science* 1994 20: 399.
- [Martin, et al., 1983] Martin C., Nowlin A., John St., Smith S., Ruegsegger T., Small A. *Integrated Computer-aided Manufacturing (ICAM) Architecture Part III/Volume VI: Composite Information Model of “Manufacture Product” (MFG1)*. Technical Report AFWAL-TR-82-4063 Voluem VI, Materials Laboratory, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 45433, 1983.
- [McCarthy, 1982], McCarthy W.E. The REA Accounting model: A generalized framework for accounting systems in a shared data environment. *The Accounting Review* 58(3): 554–578. (1982)
- [Mintzberg, 1983] Mintzberg H. *Structure in Fives – Designing Effective Organizations*, Prentice Hall Inc., 1983.
- [Missikoff, 2000a] Missikoff M. et al. “A tourism ontology for small and medium enterprises in European market,” LEKS, FETISH Project, Deliverable D1.1, IASI-CNR, Rome, 2000].

- [Missikoff, 20006] Missikoff M. “OPAL – A knowledge-based approach for the analysis of complex business system,” LEKS, IASI-CNR, Rome, 2000.
- [Missikoff, Schiappelli, 2005] Missikoff M., Schiappelli F. “CAiSE 2005. a method for ontology modeling in the business domain,” in Proc. of INTEROP Workshop on Enterprise Modelling and Ontologies for Interoperability (EMOI), in the 17th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE 2005), Porto, Portugal, June 13-14th, p. 209–222, 2005.
- [Missikoff, Velardi, Fabriani, 2003] Missikoff M., Velardi P., Fabriani P. Text Mining Techniques to Automatically Enrich a Domain Ontology, Applied Artificial Intelligence Journal, 2003.
- [Nelson, et al., 2009] Nelson K.Y. Leung, Seung Hwan Kang, Sim Kim Lau and Joshua Fan, Ontology-based Collaborative Inter-organizational Knowledge Management Network, Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management Vol. 4, 2009.
- [Nicola, Lezoche, Missikoff, 2007] De Nicola A., Lezoche M., Missikoff M. An Ontological Approach to Business Process Modeling. In Proceedings of IICAI-07.
- [Osterwalder, 2002] Osterwalder A. An e-Business Model Ontology for Modeling e-Business. In Proc.: 15th Bled Electronic Commerce Conference e-Reality: Constructing the e-Economy, Bled, Slovenia, June 17–19, 2002.
- [Pinto, Reiter, 1993] Pinto J., Reiter R. Temporal reasoning in logic programming: A case for the situation calculus. In Proceedings of the Tenth International Conference on Logic Programming (Budapest, June 1993).
- [Priebe, Pernul, 2003] Priebe T., Pernul G. Towards Integrative Enterprise Knowledge Portals. In: Proc. Twelfth International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2003), New Orleans, LA, USA, November 2003].
- [Reddy, et al., 1982] Reddy Y.V., Fox M.S. “Knowledge Representation in Organization Modeling and Simulation: A Detailed Example”, Modeling and Simulation, Vol. 13, p. 685–691, (1982).
- [Searle, 1969] Searle J. (1969). Speech Acts: An Essay In The Philosophy of Language, Cambridge: Cambridge University Press, 1969.
- [Skuce, 1995] Skuce D. Conventions for reaching agreement on shared ontologies. In Proceedings of the 9th Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems Workshop, 1995.
- [Smith, Edge, 1990] Smith D.J., Edge J. “Essential Quality Procedures”, in Gower Handbook of Quality Management, Gower Publishing Company Ltd., 1990, p. 469–494.

- [Speel, et al., 1995] Speel P.H., Raalte P.E. van, Vet P.E. van der, Mars N.J. Scalability of the performance of knowledge representation systems. In *Towards Very Large Knowledge Bases – Knowledge Building and Knowledge Sharing 1995*, p. 173–183. IOS Press, Amsterdam, 1995.
- [SymOntos, 2011] SymOntos, a symbolic ontology management system,” available at <http://www.symontos.org>.
- [Thaddeus, 2006] Thaddeus S., Kasimir Raja S.V.: *Ontology-driven Software Engineering Environment*. Proceedings of the Eighteenth International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, San Francisco, California, July (2006), 337–342.
- [TOVE, 2011] TOVE Ontology Project. <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/tove/>.
- [Trapp, 2011] Tobias Trapp, *Towards a SAP SOA Foundation Ontology*, 2011, <http://www.sdn.sap.com/irj/scn/weblogs?blog=/pub/wlg/23562>].
- [Tversky, Hemenway, 1984] Tversky B., Hemenway K. Objects, parts, and categories. *Journal of Experimental Psychology*, 113:169–193, 1984.
- [Uschold, et al., 1998] Uschold M., King M., Moralee S., Zorgios Y. The Enterprise Ontology. *The Knowledge Engineer Review* 13(1): 31–89 (1998).
- [Ushold, et al. 1997]: Ushold M., King M., Moralee S., Zorgios Y. The Enterprise Ontology. *Enterprise Project Deliverable: MID 3.1, Version 1.1*, 1995.
- [van der Vet, et al., 1995] Vet P.E. van der, Speel N.J. et al. Ontologies for very large knowledge bases in materials science: a case study. In N.J. Mars (ed.). *Towards Very Large Knowledge Bases – Knowledge Building and Knowledge Sharing 1995*, p. 73–83. IOS Press, Amsterdam, 1995.
- [Weber, 1987] Weber M. *Economy and Society*, University of California Press, Berkeley, Calif. 1987.
- [White, 2008] White J.H. REA Modeling of Mining Companies *Journal of Information Systems*; Fall 2008; vol. 22, No. 2, p. 279–299.
- [Winograd, 1987] Winograd Terry. «A language/action perspective on the design of cooperative work,» *Human-Computer Interaction* 3:1 (1987–88), 3–30.
- [Yu, Mylopoulos, 1994] Yu E.S.K., Mylopoulos J. From E-R to “A-R” – Modelling strategic actor relationships for business process reengineering, 13th Int. Conf. on the Entity-relationship Approach, Dec. 13–16 1994, Manchester, UK.
- [Zuniga, 1999] Zuniga G.L. An Ontology Of Economic Objects, *American Journal of Economics and Sociology*, April, 1999.

Gurianova, M. A. Ontological Modeling of Enterprises and Markets of Modern Russia: Part 2. R&Ds Worldwide: State-of-the-Art in Domain: Working paper WP7/2011/08 (part 2) [Text] / M.A. Gurianova, I.V. Efimenko, V.F. Khoroshevsky ; National Research University “Higher School of Economics”. – Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2011. – 88 p. – 150 copies.

Two well-known schools in enterprise ontology engineering – the Canadian school formed within the project TOVE, and the Edinburgh school which was started on the basis of the Enterprise Project are discussed. Information on ontology engineering methodologies being used, ontologies of the upper level and metaontologies of space, time, organization is given. Special attention is paid to ontological models of quality developed within the TOVE project, as well as to Edinburgh Enterprise Tool Set. R&D results from Western and the Eastern Europe, USA, Australia and South East Asia are presented. It is shown that nowadays new schools of ontology engineering for the business domain are formed in Italy and Scandinavia (Finland). Ontological models of SAP are discussed shortly. Presented material, together with other preprints of the authors team, will be useful for specialists in ontology engineering, students and post-graduate students of the corresponding specialities, since they introduce both scientific and technological results and new promising directions of R&D in the field.

Gurianova Marina – National Research University “Higher School of Economics” (Moscow), mguryanova@hse.ru.

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, khор@ccas.ru.

Препринт WP7/2011/08 (ч. 2)

Серия WP7

Математические методы анализа решений
в экономике, бизнесе и политике

Гурьянова Марина Александровна, Ефименко Ирина Владимировна,
Хорошевский Владимир Федорович

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

Часть 2. Мировые исследования и разработки:
аналитический обзор

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 $\frac{1}{16}$. Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 5,3

Усл. печ. л. 5,1. Заказ № . Изд. № 1373

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
125319, Москва, Кочновский проезд, 3
Типография Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»
Тел.: (499) 611-24-15