



# OSTIS-2011

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.89:004.4

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В ОДНОМ ПРОЕКТЕ: ЧТО НАМ СТОИТ ДОМ ПОСТРОИТЬ

О.В. Ена (oleg.ena@avicomp.ru)  
ЗАО «Авиокомп Сервисез», Москва, Россия

И.В. Ефименко (iefimenko@hse.ru)  
НОЦ «Семантические Технологии», ГУ-ВШЭ, Москва, Россия

В.Ф. Хорошевский (khor@ccas.ru)  
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия

### Введение

Настоящий доклад посвящен обсуждению онтологического инжиниринга в комплексном проекте «Создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики современной России», который выполняется в настоящее время ЗАО «Авиокомп Сервисез» (получатель субсидии) и ГУ-ВШЭ (соисполнитель) по Государственному контракту в рамках Постановления № 218 Правительства РФ от 9 апреля 2010 года «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Изложение материала построено следующим образом. Во введении приводится краткая информация о комплексном проекте, обсуждаются его цели и задачи, организация работ и те индикативные показатели, которые должны быть получены в результате его выполнения. Затем кратко представляются результаты выполнения I этапа работ, планируемые работы 2011 года и фиксируется место онтологического инжиниринга в этих работах. В остальной части доклада выделены два направления: обзор методов и средств онтологического инжиниринга и обсуждение процесса разработки онтологических моделей, которые должны быть построены. В заключении приводятся результаты, полученные к моменту подготовки настоящего доклада, и дается оценка тех усилий, которые должны быть приложены для успешного выполнения намеченных работ.

### 1. Онтологический инжиниринг: методы и средства

Первое направление доклада представлено аналитическим обзором методов и средств онтологического инжиниринга в мире и в России.

Организован этот обзор следующим образом: сначала кратко обсуждаются базисные исследования и разработки, которые заложили фундамент построения пространств знаний, затем, более подробно, методы и средства онтологического инжиниринга, разработанные мировым сообществом, а завершается обзор анализом российских разработок в этой области.

Как показывает анализ литературы по моделям, методам и проектам, связанным с базиса формирования пространств знаний и базиса онтологического инжиниринга, с позиций сегодняшнего дня можно указать следующие тренды таких исследований и разработок:

- от исследований в области Искусственного Интеллекта к пространствам знаний,
- из области Информационных Технологий к базам знаний,
- из области Semantic Technologies через онтологический инжиниринг к Semantic Web.

В рамках первой группы исследований и разработок в обзоре кратко рассматриваются инициатива (KA)<sup>2</sup> – Knowledge Acquisition Initiative of the Knowledge Acquisition Community [Benjamins, et al., 1999] и проект SHOE – Simple HTML Ontology Extensions [Heflin, et al., 2000], по результатам обсуждения которых констатируется, что эти два проекта, по сути дела, и заложили научно-технические основы формирования пространств знаний.

При анализе второго направления, связанного с информационными технологиями и, в частности, с Web-технологиями в обзоре показывается, что они уже внесли и продолжают вносить свой вклад в онтологический инжиниринг, формирование Web 2.0 (Веб Социальный) и, в определенном смысле, готовят почву для Semantic Web. Здесь же кратко обсуждается подход компании Metaweb, реализованный в базе данных Freebase и микроформаты, которые в настоящее время активно используются в реализациях социальных сетей с целью «внедрения» базисной семантики непосредственно в HTML-страницы.

В последнем направлении, в связи с существенным повышением активности сообщества из области Semantic Technologies, наблюдается увеличение числа проектов, ориентированных на решение проблем формирования пространств знаний и развития концепции Semantic Web. Как известно, с момента появления SW-концепции прошло уже почти 10 лет и специалисты уже говорят о семантической волне, которая существенным образом изменит характер работы с информацией. Вместе с тем, в обзоре отмечается, что SW-эра, в отличие от эпохи Интернет, еще только приближается и на этом пути существует значительное число научных, технических, технологических и чисто человеческих проблем. Отмечается, что доступность семантического контента является основной проблемой на пути формирования и использования пространств знаний, так как основная масса информации в Интернет не представлена в SW-форматах и нет надежды, что эта работа может быть выполнена вручную, а онтологии, по мнению практически всех специалистов, являются ключевым компонентом в решении проблемы семантизации Web-контента. В связи с этим отмечается, что особое значение приобретают проблемы онтологического инжиниринга, а также доступность уже существующих онтологий.

Анализ литературы в области онтологического инжиниринга, данный в обзоре, показывает, что в настоящее время основные исследования и разработки в этой области сосредоточены в следующих направлениях: методологии и методы построения онтологий «с нуля» (from scratch); методы реинжиниринга онтологий (ontology reengineering), методы коллективной разработки онтологий (collaborative ontology development) и методы и методологии объединения и выравнивания онтологий (ontology merging & alignment). Эти направления обсуждаются в обзоре.

В рамках анализа методологий и методов построения онтологий «с нуля» в обзоре обсуждается подход Сус [Lenat, et al., 1989], метод Усколда и Кинга [Uschold, et al., 1998], методология Грюнингера и Фокса [TOVE, 2010] и методология METHONTOLOGY [Fernandez, et al., 2006].

Как известно, реинжиниринг онтологий – одно из направлений онтологического инжиниринга, в рамках которого происходит анализ концептуальной модели уже реализованной онтологии и отображение ее в другую, более подходящую для решения новых задач, концептуальную модель, которая реализуется как новая онтология. Реинжиниринг онтологий в значительной мере опирается на методы реинжиниринга программного обеспечения и, по существу, адаптирует их к области проектирования онтологий.

В онтологическом инжиниринге любая онтология рассматривается как результат консенсуса группы специалистов о модели некоторой области знаний. Поэтому с развитием методов и средств в этой области все большее внимание стало уделяться исследованиям и разработкам в области инструментальной поддержки коллективной разработки онтологий, где в настоящее время уже предложено несколько достаточно хорошо проработанных подходов и соответствующих инструментальных средств, среди которых в обзоре обсуждаются проект кооперативного Protege [Tudorache, et al., 2008], проект NeON [Gomez-Perez, et al., 2009] и инфраструктура совместной разработки согласованных баз знаний Co4 [Euzenat, 1996].

Вопросы слияния и выравнивания (merging & alignment) онтологий стали ключевыми направлениями исследований и разработок в области онтологического инжиниринга в последние годы. Такая ситуация определяется естественным развитием технологий

онтологического инжиниринга и потребностями практики. Не менее важно и то, что в настоящее время онтологии становятся все более значимым ресурсом для семантического аннотирования Web-страниц в интересах Semantic Web, где разнородность и разноформатность информации требует использования различных онтологий даже в близких предметных областях. Поэтому появление новых методологий, методов и средств объединения и выравнивания онтологий является естественным этапом в развитии соответствующих исследований и разработок. Среди многих работ в этой области в обзоре обсуждаются такие методологии объединения и выравнивания онтологий, как методология ONIONS [Gangemi, et al., 1999], системы PROMPT и Anchor-Prompt [Noy, et al., 2001] и метод FCA-Merge [Stumme, et al., 2001].

Оставшаяся часть обзора посвящена обсуждению ситуации в России, где онтологический инжиниринг, как область исследований, сформировался после бурных дискуссий, в частности, на конференциях серии КИИ в конце 90-х годов прошлого века. Сейчас, когда онтологический инжиниринг как область научных исследований и разработок общепризнан не только во всем мире, но и в России, это замечание представляет скорее исторический интерес, но в те годы это, в определенной мере, замедлило темпы развития работ в данной области в нашей стране.

Сейчас, как показывает анализ литературы, представленный в обзоре, в России в области онтологического инжиниринга наиболее активными являются коллективы из Санкт-Петербурга, Москвы, Новосибирска, Казани и Владивостока. При этом «команды» Санкт-Петербурга сосредоточены, в основном, на методологии и методах проектирования онтологий и инструментарии для работы с экспертами, специалисты из Владивостока – на формальных моделях онтологий и использовании этих моделей в прикладных задачах, а «команды» из Москвы, Новосибирска и Казани – на использовании онтологий разного уровня общности и выразительной мощности в прикладных системах обработки ЕЯ-текстов и развитии методов и средств онтологического инжиниринга.

В обзоре представлены работы кластера онтологического инжиниринга в Санкт-Петербурге, который под руководством Т.А. Гавриловой развивается уже более 10 лет [Гаврилова и др., 1992; Гаврилова, 2009], и констатируется, что это один из самых успешных коллективов в этой области в нашей стране.

Московский кластер онтологического инжиниринга концентрируется, в основном, в АНО Центре Информационных Исследований и ЗАО «Авикомп Сервисез». Как показывает ретроспективный анализ работ [Добров и др., 2004; Добров и др., 2008], к проблематике онтологического инжиниринга команда АНО ЦИИ пришла из тематики словарей и тезаурусов и ведет активные исследования и разработки в этой области уже более 7 лет. Определенное представление об онтологическом инструментарии этой команды дает статья [Добров и др., 2008], где кратко описывается методология работы экспертов с системой ведения онтологий. Работы команды Ontos из компании Авикомп в области онтологического инжиниринга [Ефименко и др., 2004; Ефименко и др., 2010] концентрируются вокруг разработки предметных онтологий, под управлением которых осуществляется извлечение информации из текстов процессорами семейства OntosMiner, и разработки собственного инструментария онтологического инжиниринга, который используется для построения онтологических словарей, создания онтологических моделей самих процессоров семейства OntosMiner, а в рамках обсуждаемого в данной работе проекта и для разработки системы взаимосвязанных онтологических моделей оценки предприятий и отраслей экономики современной России.

В обзоре констатируется, что работы казанского кластера по онтологическому инжинирингу ведутся, в основном, в НИИ математики и механики им. Н.Г. Чеботарева, Казанском государственном техническом университете, а в последнее время и в новом Научно-исследовательском институте «Прикладная семиотика» Академии наук РТ. При этом работы в области онтологического инжиниринга ведутся здесь с позиций решения задач семантического индексирования специальных ЕЯ-текстов, а в последнее время концентрируются на разработке и реализации собственного инструментария онтологического инжиниринга [Невзорова, 2006; Nevzorova, et al., 2009] и использования его в прикладных задачах.

В Новосибирске в области онтологического инжиниринга успешно работают несколько научно-исследовательских коллективов, но, как отмечается в обзоре, наиболее активным из них (по публикациям) является коллектив под руководством Ю.А. Загоруйко [Боровикова и др.,

2002; Загоруйко и др., 2004; Загоруйко, 2009;]. Основные исследования уже больше 5 лет концентрируются здесь на создании порталов знаний, каждый из которых предоставляет доступ к ресурсам сети Интернет определенной тематики, а основу таких порталов знаний составляют онтологии, содержащие описание структуры и типологии соответствующих сетевых ресурсов. По сути дела все эти порталы используют общую структуру знаний, в которой основными компонентами являются онтология научной деятельности, онтология предметной области и информационное наполнение.

Параллельно с командой Ю.А. Загоруйко и независимо от нее в Новосибирске работает и коллектив под руководством Н.Г. Загоруйко, где ведутся серьезные разработки по инструментарию онтологического инжиниринга [Загоруйко и др., 2005], а также теоретические и прикладные исследования [Загоруйко, 1999].

Владивостокский кластер представлен в настоящей работе лабораторией Интеллектуальных Систем Института Автоматики и Процессов Управления ДВО РАН, где работает один из старейших в Советском Союзе и России научных коллективов в области представления знаний и прикладных интеллектуальных систем под руководством А.С. Клещева, ориентированный на создание и исследование теоретических моделей представления знаний, с одной стороны, и на разработку медицинских экспертных систем, с другой. В последние несколько лет, как показывает обзор, в коллективе наблюдается сдвиг научных интересов в сферу онтологического инжиниринга и разработки прикладных систем на основе онтологий в области медицины, химии, биологии и программного обеспечения. Теоретический базис представления онтологических знаний Владивостокского кластера онтологического инжиниринга заложен в работах А.С. Клещева и, как представляется, получил свое логическое завершение в серии статей [Клещев и др., 2001a; Клещев и др., 2001b; Клещев и др., 2001c]. В целом математический подход Владивостокской команды обладает общностью и присущей логическим теориям строгостью, но на практике, на наш взгляд, приводит к использованию сложных конструкций, которые «естественны» для машинного использования и неудобны для инженеров по знаниям. Прикладные работы в области онтологического инжиниринга сконцентрированы здесь на создании инструментальных средств и использовании их при решении конкретных задач.

Проведенный анализ российских исследований и разработок в области онтологического инжиниринга показывает, что активные работы в этом направлении ведутся, в основном, в исследовательских коллективах и научных организациях и, значительно реже, в коммерческих компаниях. Оценивая эти работы в целом можно констатировать, что российские исследования и разработки находятся в русле уже разработанных и освоенных в США и Европе методов и средств онтологического инжиниринга, для них характерна концентрация усилий на методических аспектах онтологического инжиниринга и на образовательной функции в этой области с целью формирования адекватной инфраструктуры для дальнейших исследований и разработок, хотя формированию российской инфраструктуры онтологического инжиниринга в значительной мере препятствует разобщенность коллективов и отсутствие общих инструментальных средств.

## **2. Система онтологических моделей оценки предприятий и отраслей экономики**

Целью проекта является создание высокотехнологичного производства инновационных программно-аппаратных комплексов для эффективного управления предприятиями и отраслями экономики. Таким образом, в результате выполнения работ должна быть спроектирована и реализована информационно-аналитическая система, позволяющая оптимизировать процессы принятия решений и аналитическую деятельность на предприятиях.

Задача поддержки процессов, связанных с аналитической деятельностью, может быть решена в результате реализации в проектируемом комплексе следующих этапов обработки информации:

- Сбор в автоматическом режиме (в формате 24\*7) документов из большого объема источников — как из множества предзаданных (корпоративные хранилища, высокорепутационные СМИ, отчеты аналитических агентств и т.п.), так и из открытого множества источников (среды Интернет);

- Извлечение в автоматическом режиме из указанного множества источников сведений, представляющих значимость для предприятия/отрасли (информация о событиях внешней и внутренней среды, которые могут отразиться на состоянии предприятия в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе);
- Формирование хранилища знаний, где интегрируется полученная информация;
- Построение в автоматизированном режиме аналитических отчетов. Такого рода отчетность позволяет оптимизировать работу пользователя следующим образом: во-первых, в результате работы информационно-аналитической системы пользователь-аналитик избавлен от необходимости выполнения рутинной работы, связанной со сбором и первичной обработкой информации; во-вторых, привлечение автоматизированных средств позволяет вовлекать в процессы обработки объемы информации, недоступные для ручного труда (при необходимости, сотни тысяч в день новых документов, поступающих на обработку, миллионы документов в хранилище знаний), в результате чего становится возможной полномасштабная аналитика на больших объемах информации: поиск корреляций, выявление тенденций, аномалий и т.п.

Для выполнения всех указанных задач предполагается сформировать модели, управляющие соответствующими процессами и реализованные в виде онтологий. При этом одной из важнейших задач проекта является разработка предметных онтологий «Экономика отрасли» и «Экономика предприятия», а также моделей интеграции предметных онтологий в рамках создаваемого комплекса.

В результате выполнения первого этапа работ экспертами в предметной области (специалистами в области микроэкономики, экономики предприятия, экономики отраслевых рынков) был специфицирован перечень факторов (событий) внешней и внутренней среды, совокупность которых рекомендуется для использования в качестве основы модели, управляющей работой программно-аппаратных комплексов.

Поскольку соответствующая работа выполнялась экспертами-предметниками, а не инженерами по знаниям, полученные результаты нельзя назвать моделями предметных областей в строгом смысле слова. Тем не менее, в процессе выполнения исследования была выполнена структуризация факторов по различным основаниям, которая необходима при построении поля знаний в соответствии с принципами онтологического инжиниринга.

В частности, были выполнены следующие работы:

- Сформирован перечень внутренних факторов, инвариантных к отрасли. В нем приводятся факторы, релевантные одновременно для предприятий различных отраслей. При этом под факторами внутренней среды предприятия (внутренними факторами) подразумеваются события, происходящие на самом предприятии или с его участием (кадровые перестановки, участие в судебных разбирательствах, выпуск новых продуктов и т.п.). Соответствующие результаты имеют высокую важность, поскольку определяют типовой характер комплекса.
- Сформирован перечень внешних факторов, инвариантных к отрасли. Под факторами внешней среды предприятия (внешними факторами) в данном случае подразумеваются события, происходящие на уровне отрасли, региона, государства и т.п. и не относящиеся напрямую к деятельности конкретного предприятия, но при этом оказывающие влияние на деятельность и состояние предприятия в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе (изменения в законодательстве, деятельность конкурентов, инвестиции в отрасль и т.п.).
- Предложены примеры факторов, специфичных для отдельных отраслей.
- Выполнена классификация факторов: факторы, влияющие на состояние отдельного предприятия; факторы, влияющие на состояние отрасли в целом, (с соответствующим обоснованием).
- Выполнена классификация факторов, выявленных в результате проведения системного обследования, с точки зрения временной перспективы их влияния.
- Предложена классификация факторов с учетом классификации самих предприятий (размер, форма собственности, особенности отрасли, в которой действует предприятие, и т.п.), также классификация по основанию «аспект деятельности предприятия, на который влияет указанный фактор» (показатели прибыльности, ресурсы и т.п.).

Все указанные выше аспекты необходимо учесть при проектировании и реализации онтологий. Соответствующие примеры будут рассмотрены в докладе.

Таким образом, по существу на первом этапе выполнены работы по формированию поля знаний.

Построение онтологий – сложный процесс, требующий использования специальных методов и средств, а также соответствующего языка представления знаний. В докладе будут рассмотрены вопросы использования инструментов онтологического инжиниринга, которые планируется использовать при построении онтологий в проекте.

Кроме того, при построении онтологий следует учитывать особенности их дальнейшего применения. В частности, в тех случаях, когда предполагается использовать онтологии для управления процессами обработки естественного языка (Ontology-driven Information Extraction), необходимо ввести в рассмотрение лингвистическую составляющую.

Таким образом, дополнительным основанием для структуризации факторов при построении онтологии являются особенности их лингвистической обработки. Так, например, среди факторов, представленных экспертами, присутствуют такие, способы поверхностного выражения которых в ЕЯ-текстах являются фактически совпадением с наименованием самого фактора (например, «выход на IPO») или его незначительными модификациями. Анализ такого рода факторов, возможно, целесообразно реализовывать в первую очередь в силу наименьшей трудоемкости. В других случаях наименование фактора совпадает с частотным, но далеко не единственным способом выражения указанного события в ЕЯ (например, «совершение сделки» часто непосредственно упоминается в документах различных жанров, однако «покупка акций» также является совершением сделки). Наконец, наибольшую сложность для автоматической обработки представляют случаи, когда разнообразие способов выражения велико, при этом наименование фактора как таковое не используется в реальных текстах, а фактически является обобщением над многообразием возможных вариантов (например, «дифференциация каналов продаж»).

При формализации перечня факторов в процессе создания онтологии необходимо также учитывать, следует ли относить рассматриваемое событие к факторам качественной (смена топ-менеджера) или количественной (изменение цены акций) природы. Степень «измеримости» события с помощью абсолютной шкалы влияет на то, каким образом необходимо обрабатывать, хранить и анализировать информацию о нем, какие математические методы применять, а соответственно, и на то, как оптимально представить его в рамках онтологии.

Таким образом, при разработке онтологий в рассматриваемом проекте должны быть выполнены следующие работы:

- формализация описаний выделенных при формировании поля знаний понятий (объектов) и отношений между ними, обеспечивающих учет количественных и качественных параметров;
- формализация описания предметной онтологии «Экономика отрасли», полученной в процессе формирования соответствующего поля знаний;
- формализация описания предметной онтологии «Экономика предприятий отрасли», полученной в процессе формирования соответствующего поля знаний;
- формализация описания мета-онтологии (модели интеграции предметных онтологий), управляющей процессами извлечения, хранения и анализа информации в информационно-аналитической системе.

Методика выполнения вышеуказанных работ рассматривается в докладе.

Апробацией разработанных онтологий являются результаты их использования при проектировании и реализации различных компонент системы, в частности, подсистемы хранения и подсистемы извлечения информации.

Предложенная структура онтологии должна обеспечивать оптимальное хранение и оперативное использование больших объемов информации, а также гибкую и мощную аналитику. Однако первым и ключевым процессом является извлечение знаний под управлением разработанной онтологии.

В процессе разработки лингвистических процессоров в соответствующих предметных областях выполняется отладка описаний предметной области в онтологии. Проектирование и реализация лингвистических процессоров и онтологий оказывают взаимное влияние. При

выявлении ошибок в обработке корпусов реальных текстов, как правило, требуются модификации соответствующих онтологий. Например, выявление богатства способов выражения в естественном языке того или иного смысла и идентификация ошибок, приводящие к понижению значения параметров точности и полноты обработки, в ряде случаев позволяют сделать вывод о чрезмерной генерализации в отдельных фрагментах онтологии. Таким образом, процесс разработки онтологий носит итерационный характер и опирается на такие функционалы онтологического инжиниринга, как наследование онтологий и реинжиниринг результатов. Указанные вопросы также будут рассмотрены в докладе.

### 3. Использование онтологических моделей в проекте

Онтологические модели связаны не только с процессами обработки и хранения, но и оказывают значительное влияние на формирование облика аналитических витрин и инструментария пользователей системы.

Обобщением онтологического подхода к проектированию информационно-аналитических систем является интеграция нескольких типов онтологий, а именно:

- онтологий предметной области (предметных онтологий);
- лингвистических онтологий (по сути, совокупности лингвистических ресурсов, включая тезаурусы, лексические онтологии, онтологии ресурсов-обработчиков текста и т.п.);
- онтологий бизнес-задач (включающих, в том числе, сведения о характеристиках пользователей системы);
- мета-онтологии (модели интеграции онтологий).

Как указывалось выше, под управлением сформированных онтологий предполагается выполнение всех основных процессов работы с информацией в проектируемом программно-аппаратном комплексе. Соответствующие вопросы обсуждаются в докладе.

### Заключение

Как следует из сказанного выше, для успеха онтологического инжиниринга в комплексных проектах необходимо выполнение целого ряда условий:

- Участие высококвалифицированных экспертов в предметной области;
- Наличие в команде инженеров по знаниям, знакомых с методами и средствами онтологического инжиниринга;
- Комплексное видение задач проектируемой системы, для управления которой создаются онтологии, и облика пользователей;
- Ясное представление о технологических особенностях, ограничениях и требованиях ко всем подсистемам проектируемого комплекса;
- Наличие мощного и гибкого инструментария, позволяющего проектировать отдельные онтологии и их системы
- И многое-многое другое...

Таким образом, это чрезвычайно сложный процесс. Однако что может быть интереснее, чем превращение хаоса в порядок?

### Библиографический список

[Benjamins, et al., 1999] Benjamins R., Decker S., Fensel D., Gomez-Perez A. “(KA)2: Building Ontologies for the Internet”: A Mid Term Report. International Journal of Human Computer Studies (IJHCS). 51(3). September 1999.

[Euzenat, 1996] Euzenat J. Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyperdocuments, In: Proc. of 10-th Workshop on Knowledge Acquisition (KAW), Banff (CA), pp. 1-18, 1996.

[Fernández, et al., 2006] Fernández M., Gomez-Perez A., Juristo N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. AAAI Technical Report SS-97-06, 2006

[Gangemi, et al., 1999] Gangemi A., Pisanelli DM, Steve G. An overview of the ONIONS project: Applying ontologies to the integration of medical terminologies. Data Knowl Eng 31: 183–220, 1999.

[Gomez-Perez, et al., 2009] Gomez-Perez A., Suarez-Figueroa M. C. Scenarios for Building Ontology Networks within the NeOn Methodology. Proceedings of the Fifth International Conference on Knowledge Capture (K-CAP 2009), 2009.

- [Heflin, et al., 2000] Heflin J., Hendler J. Searching the Web with SHOE, In AAAI-2000 Workshop on AI for Web Search. 2000.
- [Lenat, et al., 1989] Lenat D., Guha R.V., Building Large Knowledge Based Systems: Representation and Inference in the Cyc Project, Addison-Wesley, 1989.
- [Nevzorova, et al., 2009] Nevzorova O.A., Nevzorov V.N. Method of ontology replenishment based on analysis of members of coordinating row extracted from texts // Proceedings of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2009). Crete, Greece, 2009. Vol. 1. P. 172-176.
- [Noy, et al., 2001] Noy, N.F., Musen, M.A.: Anchor-Prompt: Using Non-local Context for Semantic Matching. In Proceedings of the Workshop on Ontologies and Information Sharing at IJCAI-2001, 2001.
- [Stumme, et al., 2001] Stumme G., Maedche A. FCA-MERGE: Bottom-Up Merging of of Ontologies, // In Proc of IJCAI-2001, 2001.
- [TOVE, 2010] TOVE Ontology Project. [Электронный ресурс]. – 2010. - Режим доступа: <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/tove/>. – Дата доступа: 10.01.2011
- [Tudorache, et al., 2008] Tudorache T., Noy N. F., Tu S. W., Musen M. A. Supporting collaborative ontology development in Protege // In Proc. Of Seventh International Semantic Web Conference, Karlsruhe, Germany, Springer. 2008.
- [Uschold, et al., 1998] Uschold M., King M., Moralee S. and Zorgios Y. The Enterprise Ontology The Knowledge Engineering Review , Vol. 13, Special Issue on Putting Ontologies to Use (eds. Mike Uschold and Austin Tate), 1998.
- [Боровикова и др., 2002] Боровикова О.И., Загоруйко Ю.А. Организация порталов знаний на основе онтологий. //Труды международного семинара Диалог'2002 “Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии”. Протвино, 2002. Т.2, С.76-82.
- [Гаврилова и др., 1992] Гаврилова Т.А., Червинская К.Н. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992.
- [Гаврилова, 2009] Гаврилова Т.А. Инженерия знаний // В кн.: Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера, М.: ИНФРА-М, 2009. С.480–500.
- [Добров и др., 2004] Добров Б.В., Лукашевич Н.В., Невзорова О.А., Федунев Б.Е., Методы и средства автоматизированного проектирования практической онтологии // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2004. - N 2. - С. 58-68.
- [Добров и др., 2008] Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Лингвистическая онтология по естественным наукам и технологиям как ресурс для приложений информационного поиска. Web Journal of Formal, Computational & Cognitive Linguistic, [http://fcl.ksu.ru/issue\\_spec/docs/oent\\_kgu.doc](http://fcl.ksu.ru/issue_spec/docs/oent_kgu.doc)
- [Ефименко и др., 2004] Ефименко И., Леонтьева Н., Хорошевский В. Семантическое аннотирование под управлением предметных онтологий в проекте OntosMiner, В Сб. Трудов 9-й Конференции по Искусственному Интеллекту, КИИ-2004, Тверь, 2004.
- [Ефименко и др., 2010] Ефименко И.В., Жалыбин П.П., Минор С.А., Старостин А.С., Хорошевский В.Ф. Проект OntosMiner: воспоминания о будущем. В Сб. Трудов 12-й Конференции по Искусственному Интеллекту, КИИ-2010, Тверь, 2010 М.: 2010.
- [Загоруйко и др., 2005] Загоруйко Н.Г. и др. Система "Ontogrid" для построения онтологий //Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Тр. междунар. конференции Диалог'2005 . М., 2005. С. 146-152.
- [Загоруйко, 1999] Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. — 270 с..
- [Загоруйко и др., 2004] Загоруйко Ю.А., Булгаков С.В. Использование онтологий для построения инновационных цепочек в системе поддержки инновационной деятельности в регионе // Труды VI-й международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара: Самарский Научный Центр РАН, 2004. С. 328-333.
- [Загоруйко, 2009] Загоруйко Ю.А. Технология разработки порталов научных знаний // Программные продукты и системы, № 4, 2009.
- [Клещев и др., 2001a] Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия "онтология" //НТИ.Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 2
- [Клещев и др., 2001b] Клещев А.С. Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 2. Компоненты модели //НТИ.Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 3
- [Клещев и др., 2001c] Клещев А.С. Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 3. Сравнение разных классов моделей онтологий //НТИ.Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 4