

Название проекта

МЕтодология и ТЕхнология формирования Онтологий на основе интегРации с гетерогенными источниками данных (МЕТЕОР)

Название Проекта (на английском языке)

MEthodology and TEchnology of Ontology development via integRation of heterogeneous data sources (METEOR)

Аннотация, публикуемая на сайте Фонда (не более 0,5 стр.)

Проект МЕТЕОР ориентирован на решение актуальной проблемы проектирования и формирования баз знаний предметных областей на основе онтологий через интеграцию и обработку структурированных массивов данных из гетерогенных источников.

Проект состоит из трех этапов:

1. Анализ состояния современных исследований в области формирования и поддержки баз знаний онтологического типа и разработка основ методологии интеграции структурированных данных из гетерогенных источников в базы знаний различных предметных областей – корпоративных, научных, учебных и др.
2. Создание МЕТЕОР-технологии формирования онтологий и интеграции структурированных данных из гетерогенных источников с учетом человеческого фактора, в частности, когнитивных аспектов дизайна и генерации онтологий.
3. Разработка архитектуры прототипной системы МЕТЕОР-демо, поддерживающей/реализующей эту технологию и апробация разработанных методологии и технологии на примере создания базы знаний учебного процесса ВУЗа.

Цель и задачи фундаментального исследования

Применение корпоративных онтологий на предприятиях и в организациях создает потенциал для значительного повышения качества информационной поддержки и эффективности управления. Онтология (как термин Томаса Грубера из computer science, а не в философском смысле) представляет собой спецификацию концептуальной модели сложного объекта [Gruber, 1993]. Однако в настоящий момент слаба взаимосвязь между потребностями предприятий и организаций и существующими технологиями в области инженерии знаний и онтологического инжиниринга. Методы и инструменты работы с корпоративными знаниями пока недостаточно зрелы для решения практических задач

управления знаниями и информационного менеджмента. В результате предприятия и организации применяют устаревшие и неэффективные технологии.

Проект МЕТЕОР ориентирован на решение актуальной проблемы разработки научных основ методологии и технологии формирования и наполнения онтологических баз знаний предметных областей на основе интеграции структурированных данных из гетерогенных источников. Интеграция данных является инструментом наполнения онтологии. Акцент в проекте ставится на учете не только синтаксических структур и грамматик интегрируемых данных, но и на рассмотрении семантических особенностей предметных областей. Разрабатываемые алгоритмы и модели предполагается полностью интегрировать с мировыми стандартами в области языков описания онтологий и открытых данных [<https://www.w3.org/standards/semanticweb/data>; <https://www.w3.org/OWL/>].

Цель проекта МЕТЕОР — разработка методологии и технологии, позволяющих создавать, наполнять и поддерживать базы знаний предприятий и организаций. Предполагается разработать технологию работы с гетерогенными, т.е. неоднородными по структуре и характеру, корпоративными данными и знаниями, а также архитектуру демонстрационного программно-методического прототипа решения МЕТЕОР-демо, интегрирующего отдельные потребности предприятий и организаций с научными разработками и технологиями в области онтологического инжиниринга и корпоративных онтологий. Реализация проекта позволит заполнить пробел между практическими потребностями предприятий и организаций и существующими технологиями и методами работы с онтологиями.

Предлагаемые методы и подходы (с оценкой степени новизны)

Для решения задач проекта МЕТЕОР в широком смысле предполагается использовать известные методологии проектирования баз знаний и данных, системного анализа и системной инженерии, а также новые методы инженерии знаний, представления знаний, методологии онтологического инжиниринга и проектирования архитектуры предприятия.

Таким образом, для проведения исследований будут использоваться следующие методы:

1. системный анализ;
2. критический обзор литературы, технологий, платформ и сервисов;
3. структурирование информации через формирование интеллект-карт;
4. методы онтологического инжиниринга;
5. контекстный анализ;

6. инструменты Google Analytics;
7. обобщение, категоризация и синтез понятий для построения таксономий.

В таком сочетании эти методы будут использоваться впервые, а их синергетический эффект позволит получить новые оригинальные результаты.

Также предполагается разработать новый метод формирования онтологий и интеграции структурированных данных из гетерогенных источников с учетом когнитивных аспектов, основываясь на существующих технологиях интеграции, учитывающих семантику предметной области (Domain Semantics-Driven Mappings), использующих языки описания отображений (mapping description languages). Разрабатываемый метод также примет во внимание преимущества и недостатки предыдущих технологий интеграции, учтенные, в частности, в рекомендациях рабочей группы W3C-консорциума.

Мировые центры исследований в этой области (Стэнфорд, университеты Трентино-Адидже, Карлсруэ и др.) находятся за рубежом, российские исследователи занимаются другими аспектами онтологического инжиниринга (см. ниже). Таким образом, данная работа является новым исследованием в российских масштабах.

Общий план работ на весь срок выполнения проекта

Проект состоит из трех этапов:

1. Анализ состояния современных исследований в области формирования и поддержки баз знаний онтологического типа и разработка основ методологии интеграции структурированных данных из гетерогенных источников в базы знаний различных предметных областей – корпоративных, научных, учебных и др.
2. Создание МЕТЕОР-технологии формирования онтологий и интеграции структурированных данных из гетерогенных источников с учетом человеческого фактора, в частности, когнитивных аспектов дизайна и генерации онтологий.
3. Разработка архитектуры прототипной системы МЕТЕОР-демо, поддерживающей/реализующей эту технологию и апробация разработанных методологии и технологии на примере создания базы знаний учебного процесса ВУЗа.

Первый этап будет посвящен детальному анализу проблематики и изучению мирового опыта в области формирования корпоративных онтологических баз знаний и интеграции данных из гетерогенных источников. В качестве источников данных могут выступать реляционные базы данных, электронные таблицы, XML-файлы и т.п.

Разработка новой методологии формирования корпоративных онтологий будет основываться на системном подходе с использованием принципов онтологического моделирования.

Второй этап: создание технологии формирования онтологий и интеграции структурированных данных из гетерогенных источников с учетом когнитивных аспектов, а также разработка архитектуры системы, поддерживающей/реализующей эту технологию.

Второй этап по созданию новой технологии формирования баз знаний на основе онтологий будет основываться на современных подходах к интеграции, учитывающих семантику предметной области (Domain Semantics-Driven Mappings). Он будет посвящен разработке новой технологии, позволяющей компаниям эффективно создавать базы знаний и затем интегрировать в них ранее накопленную информацию и данные. Подход будет учитывать особенности жизненного цикла онтологий, в частности, проблему устаревания данных. Также будет предложена типовая архитектура системы.

Третий этап: Апробация разработанной методологии и технологии на примере создания базы знаний учебного процесса ВУЗа.

Третий этап предполагает создание прототипа базы знаний учебного процесса ВУЗа, демонстрирующего преимущества разработанной на предыдущих этапах методологии и архитектуры. Также будут разработаны шаблоны построения правил отображения структур данных в базу знаний предметной области с учетом когнитивных аспектов формирования онтологий.

Шаблоны правил отображения структур данных будут включать в том числе визуальные модели. Также будут сформулированы рекомендации по разработке визуальных моделей. Основой для выработки таких рекомендаций служат когнитивно-перцептивные принципы онтологического дизайна: (1) закон хорошей формы, (2) закон близости, (3) закон сходства, (4) закон включения, (5) закон парсимонии.

План работ на первый год выполнения Проекта, включая предполагаемые поездки, закупки оборудования и комплектующих и распределение исполнителей по задачам Проекта

Первый этап будет посвящен детальному анализу проблематики и изучению мирового опыта в области формирования корпоративных онтологических баз знаний и интеграции данных из гетерогенных источников. В качестве источников данных могут выступать

реляционные базы данных, электронные таблицы, XML-файлы и т.п. Разработка новой методологии формирования корпоративных онтологий будет основываться на системном подходе с использованием принципов онтологического моделирования.

Результатом первого этапа будет являться анализ существующих подходов к формированию корпоративных онтологических баз знаний и к интеграции имеющихся данных в созданную онтологию. Также будет сделан обзор, включающий:

- анализ основных особенностей интеграции данных в онтологии (исп. Гаврилова Т.А., Алсуфьев А.И., Плешкова А.Ю., Благов Е.Ю.);
- обзор существующих программных средств и технологий для создания баз знаний онтологического типа (исп. Кудрявцев Д.В., Кокоулина Л.О., Страхович Э.В.);
- таксономию современных подходов к интеграции гетерогенных данных (исп. Лещева И.А., Кудрявцев Д.В., Гаврилова Т.А.);
- обзор проблем, возникающих при интеграции данных на различных этапах жизненного цикла онтологии (от проектирования до эксплуатации) (исп. Горовой В.А., Лещева И.А.);
- возможности и требования, предъявляемые к языкам описания отображения (mapping description languages), а также их сравнительный анализ (исп. Лещева И.А., Благов Е.Ю.).

Будет также разработана методология формирования корпоративных баз знаний на основе онтологий, включающая:

- выбор инструментов для работы с корпоративными онтологиями (исп. Кудрявцев Д.В., Кокоулина Л.О.);
- описание основных методов формирования и наполнения онтологий (исп. Горовой В.А., Плешкова А.Ю.);
- обоснование метода интеграции данных в онтологию с учетом когнитивных аспектов (исп. Лещева И.А.).

Ожидаемые научные результаты (развернутое описание ; форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов)

Теоретическая значимость проекта заключается в развитии методов формирования корпоративных баз знаний и интеграции данных с учетом семантики предметной области. Предложенные методы могут быть применены для интеграции гетерогенных данных в онтологию предметной области, как на стадии ее проектирования, так и на стадии эксплуатации.

Результатом проекта МЕТЕОР будет являться:

- анализ существующих подходов к формированию корпоративных онтологических баз знаний и к интеграции имеющихся данных в созданную онтологию;
- таксономия современных подходов к интеграции гетерогенных данных;
- технология формирования онтологий и интеграции структурированных данных из гетерогенных источников с учетом когнитивных аспектов;
- архитектура системы, поддерживающей/реализующей эту технологию;
- прототип базы знаний учебного процесса ВУЗа, демонстрирующий преимущества разработанной на предыдущих этапах методологии и архитектуры;
- шаблоны построения правил отображения структур данных в базу знаний предметной области с учетом когнитивных аспектов формирования онтологий.

Ожидаемые научные результаты за первый год выполнения проекта (развернутое описание; форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов)

К концу 2017 года будет проведен анализ существующих подходов к формированию корпоративных онтологических баз знаний и к интеграции имеющихся данных в созданную онтологию. Также будет сделан обзор, включающий:

- анализ основных особенностей интеграции данных в онтологии;
- обзор существующих программных средств и технологий для создания баз знаний онтологического типа;
- таксономию современных подходов к интеграции гетерогенных данных;
- обзор проблем, возникающих при интеграции данных на различных этапах жизненного цикла онтологии (от проектирования до эксплуатации);
- возможности и требования, предъявляемые к языкам описания отображения (mapping description languages), а также их сравнительный анализ.

Будет также разработана методология формирования корпоративных баз знаний, включающая:

- выбор инструментов для работы с корпоративными онтологиями;
- описание основных методов формирования и наполнения онтологий;
- обоснование метода интеграции данных в онтологию с учетом когнитивных аспектов.

Актуальность результатов

На сегодняшний день актуальным для организаций является построение интегрированных автоматизированных систем управления знаниями, обеспечивающих сохранение интеллектуальных активов компании и поддержку важнейших бизнес-процессов. Эффективность принятия управленческих решений зависит, в частности, от полноты и непротиворечивости имеющейся информации, а также от возможности гибкой ее обработки, в том числе на семантическом уровне. Бизнес-процессы часто автоматизируются с использованием программных решений собственных и сторонних разработчиков без учета их взаимосвязанности, данные хранятся в различной форме и в различных источниках. При постоянных изменениях в бизнес-процессах разработчики систем управления знаниями вынуждены заниматься корректировкой моделей данных, что приводит к структурной и семантической неоднородности информационных элементов. Использование таких решений ведет к усложнению и, следовательно, снижению эффективности и удобства использования систем управления знаниями.

При помощи корпоративных онтологий можно описывать не только бизнес-процессы, но и продукты, документы, компетенции, технологии, функции, стратегии, финансовые потоки и пр. Это инструмент, ориентированный на интероперабельность, под которой понимается возможность использования на различных уровнях иерархии, в разных подразделениях, на разных технических и программных платформах специалистами разной квалификации. Сумма корпоративных онтологий служит универсальным каркасом организации, и одновременно мостом для понимания и трансфера знаний и технологий.

Основная сложность информационного моделирования организации состоит в гетерогенности, т.е. разнородности описываемых компонент, данных и знаний. Разрабатываемая в проекте технология работы с корпоративными знаниями расширяет традиционные модели представления знаний в искусственном интеллекте и позволит быстро прототипировать практические системы управления знаниями на основе корпоративной памяти. Это является важнейшим аспектом, отличающим разрабатываемую методологию от других, существующих на сегодняшний день. Реализация проекта МЕТЕОР позволит снизить трудоемкость наполнения и обогащения онтологий, используя накопленные массивы информации независимо от формы их хранения и представления.

Вклад в развитие данной области науки

Онтологический инжиниринг насчитывает уже 20-летнюю историю и продолжает стремительно развиваться. Нарастает интерес к корпоративным базам знаний онтологического типа и базам знаний научных исследований. Эти базы знаний, содержащие информацию о продуктах, клиентах, бизнес-процессах, моделях, методах, экспериментах, приемах и т.д.

Несмотря на значительное число работ и в нашей стране, и за рубежом, практических корпоративных приложений пока немного. Для упрощения проникновения онтологий в реальные задачи и бизнес-среду было создано несколько проектов, в рамках которых разработаны онтологии, описывающие предприятие в целом, например:

- TOVE (TOronto Virtual Enterprise) [<http://www.eil.utoronto.ca/theory/enterprise-modelling/tove/>]. Цель проекта TOVE — разработать набор интегрированных онтологий для моделирования как коммерческих, так и государственных предприятий. Задачи проекта:
 - Создать общее представления или онтологию предприятия, которая может быть понята и совместно использоваться любыми агентами в условиях распределенного предприятия;
 - Определить значение или семантику каждого описания;
 - Реализовать семантику в виде набора аксиом, которые позволят TOVE автоматически выводить ответ на многие общие вопросы о предприятии;
 - Определить символику для изображения концептов в графическом контексте.

Созданы онтологии, описывающие понятия: деятельность предприятия, ресурсы, организация, продукция и требования, затраты, качество.

- Enterprise. Проект Enterprise является важной инициативой правительства Великобритании, цель которого — содействие использованию систем моделирования предприятия, основанных на знаниях, с целью эффективной поддержки организаций в области управления изменениями. Одним из результатов проекта является создание онтологии The Enterprise Ontology (<http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>), которая представляет собой набор терминов и определений, имеющих отношение к бизнес-предприятиям, разделенный на 5 категорий: деятельность и процессы, организация, стратегия, маркетинг, время. Эта онтология может выступать в качестве единого словаря при независимой разработке инструментальных средств моделирования предприятий, что позволит избежать конфликтов при их интеграции.

В электронной коммерции онтологическое представление знаний используют для поддержки автоматизированного обмена данными между покупателями и продавцами, а также для повторного использования описаний различными электронными торговыми точками. Механизмы поиска также применяют онтологии для выборки страниц с синтаксически различными, но семантически одинаковыми словами [Decker, 2001].

В России работы в данной области представлены трудами известных научных групп из Новосибирска (Загорулько Ю.А. и Загорулько Г.Б.), Иркутска (рук. Массель Л.В.), Томска (рук. Тузовский А.Ф.), МЭСИ (рук. Тельнов Ю.Ф.), МГТУ им. Баумана (рук. Тарасов В.Б.), СПИИРАН (рук. Смирнов А.В.), ВЦ РАН (рук. Хорошевский В.Ф.), ДВО РАН (Артемьева И.Л., Грибова В.В.) и других научных организаций. Известны также работы Лукашевич Н.В. (Москва), Невзоровой О.А. (Казань), Соловьева В.Д. (Казань) и компании «Бизнес Инжиниринг Групп» (рук. Григорьев Л.Ю.).

Выделяют три основных подхода к созданию онтологий и основанных на них баз знаний [Petasis et al, 2011]:

1. Интеграция существующих онтологий. В процессе интеграции осуществляется попытка выделения общего в онтологиях, описывающих одинаковые или сходные предметные области, чтобы создать новую онтологию. Было предложено несколько методов, например:
 - a. Слияние (merging) онтологий для создания единой согласованной онтологии;
 - b. Выравнивание (alignment) онтологий путем установления связей между ними, позволяя им повторно использовать информацию друг друга;
 - c. Отображение (mapping) онтологий путем нахождения соответствия между элементами онтологий.
2. Построение онтологии «с нуля» или расширение (наполнение и обогащение) существующей онтологии, как правило, на основе информации, извлеченной из предметно-ориентированного контента.
3. Специализация общей онтологии, для того, чтобы адаптировать ее к определенной предметной области.

Под наполнением онтологии (ontology population) понимают добавление в онтологию индивидов с их свойствами, а под обогащением (ontology enrichment) — добавление новых отношений и аксиом, использующих эти отношения.

Существует множество теорий и инструментов для моделирования различных видов семантики с использованием онтологий. Однако после того, как организация

завершила моделирование структуры онтологии, для практического использования эта онтология должна быть наполнена индивидами и отношениями. Этот процесс может быть достаточно трудоемким, особенно если производить его «вручную», поэтому его необходимо автоматизировать. Информация об индивидах может содержаться в различных источниках структурированных данных, например, таблицах, корпоративных базах данных и XML-файлах.

Таким образом, теоретическая значимость проекта МЕТЕОР заключается в развитии методов формирования и расширения корпоративных баз знаний и интеграции данных с учетом семантики предметной области. Предложенные методы могут быть применены для интеграции гетерогенных данных в онтологию предметной области, как на стадии ее проектирования, так и на стадии эксплуатации.

Современное состояние исследований в данной области науки, сравнение ожидаемых результатов с мировым уровнем (провести анализ имеющихся публикаций по тематике проекта)

Онтологии являются одним из наиболее перспективных средств представления знаний. Применение корпоративных онтологий на предприятиях и в организациях создает потенциал для значительного повышения качества информационной поддержки и эффективности управления. Однако в настоящий момент узким местом является автоматизированное расширение (наполнение и обогащение) существующей онтологии, как правило, на основе информации, извлеченной из предметно-ориентированного контента. Под наполнением онтологии (ontology population) понимают добавление в онтологию индивидов с их свойствами, а под обогащением (ontology enrichment) — добавление новых отношений и аксиом, использующих эти отношения.

Интеграция данных в онтологию может осуществляться как методом отображения по требованию (mapping on-demand), так и включением данных (консолидация) в базу знаний в качестве значений свойств объектов (data materialization). Второй метод используется, в частности, при построении хранилищ данных (data warehouse), но при его использовании необходимо учитывать проблему устаревания данных.

В зависимости от того, чья структура является первичной или более важной — структура онтологии или источников данных — различают прямую интеграцию (Direct Mapping) и интеграцию, учитывающую семантику предметной области (Domain Semantics-Driven Mappings). Во втором случае правила отображения задаются явным образом с помощью языков описания отображения (mapping description languages). Создан целый ряд подобных языков: DR2 MAP [Bizer, 2003], R2O [Barrasa, Corcho, Gómez-Pérez,

2004], DR2Q [Cyganiak et al., 2012] для интеграции с базами данных, для консолидации данных из XML [Bohring, Auer, 2005; Rodrigues, Rosa, Cardoso, 2006; Anicic, Ivezic, Marjanovic, 2007], для интеграции данных из электронных таблиц [Tijerino, Embley, Lonsdale, Ding, Nagy, 2005]. Языки описания отображения используются, например, в таких проектах, как: DR2-сервер [<http://d2rq.org/>; Bizer, Seaborne, 2004], ODEMapster [<http://neon-toolkit.org/wiki/ODEMapster>], DB2OWL [Cullot, Ghawi, Yetongnon, 2007], METAmorphoses [Svihla, Jelinek, 2004], RDBToOnto [Cerbah, 2008], Relational.OWL [<http://sourceforge.net/projects/relational-owl/>; Laborda, Conrad, 2006].

В 2012 году рабочая группа W3C RDB2RDF выпустила две рекомендации: A Direct Mapping of Relational Data to RDF [<https://www.w3.org/TR/rdb-direct-mapping/>] (Прямое отображение реляционных данных в RDF) и R2RML: RDB to RDF Mapping Language [<https://www.w3.org/TR/r2rml/>] (R2RML: Язык отображения RDB в RDF). Первая рекомендация регламентирует прямое отображение реляционных баз данных в RDF. Второй документ определяет язык описания отображения из реляционной базы данных в RDF, но не выдвигает никаких рекомендаций по реализации R2RML-процессора, поэтому существует ряд R2RML-совместимых инструментов с оригинальными подходами к реализации, например, Ultrawrap (<http://capsenta.com/ultrawrap>) и DB2Triples (<https://github.com/antidot/db2triples>).

Для решения проблемы интеграции данных в онтологию предлагаются также подходы, не использующие языки отображения. Например, RDBToOnto [Cerbah, 2008] анализирует избыточность данных, чтобы выявить шаблоны категоризации. А в работе [Hu, Qi, 2007] применяются методы интеллектуального анализа данных для автоматического обнаружения отображений между базой данных и существующей онтологией.

К недостаткам существующих подходов можно отнести их узкую направленность на решение задач конкретного проекта, обеспечение возможности интеграции данных из источников только одного типа, отсутствие модульности и расширяемости, а также удобного инструментария.

В результате реализации проекта МЕТЕОР будет создана методология, позволяющая гибко настраивать интеграцию данных из источников различного типа в ранее созданную онтологию; поддерживающая модульность и учитывающая проблему устаревания данных. Эта методология позволит проектировать и поддерживать корпоративные базы знаний для эффективного информационного менеджмента.

Имеющийся у коллектива научный задел по предлагаемому проекту: полученные ранее результаты (с оценкой степени оригинальности), разработанные методы (с оценкой степени новизны)

Инициативный проект представлен междисциплинарным коллективом исследователей членов Российской Ассоциации Искусственного Интеллекта из Санкт-Петербургского Государственного Университета. Коллектив имеет большой опыт разработок в области искусственного интеллекта. Участники данного коллектива уже более 15 лет активно ведут исследования в области когнитивного моделирования и проектирования баз знаний. Проект МЕТЕОР является естественным продолжением работ по проектам РФФИ 14-07-00294а «Интеллектуальные Сервисы поддержки ПОРТалов знаний на основе онтологий (ИнС-ПОРТ)», 11-07-00140а «Структурирование знаний и Контента Методами группового дизайна онТологий (КОМЕТ)» (2011-2013), 08-07-00062_а «ВИзуальное Проектирование корпоративных баз знаний на основе онтологий (ВИП)», 04-01-00466 «Разработка моделей и методов ОНТОлогического ИНЖиниринга (ОНТОЛИНЖ)», 01-01-00224 «Управление знаниями: теория и технология разработки интегрированных интеллектуальных систем (УЗОР)».

Ответственный исполнитель проекта Д.В.Кудрявцев имеет более 30 печатных работ, является руководителем направления управления знаниями в консалтинговой компании «Бизнес Инжиниринг Групп». Защитил кандидатскую диссертацию по теме: «Разработка моделей и методов обработки знаний в области организационного проектирования на основе онтологий». Имеет успешный опыт реализации проектов по стратегическому управлению и организационному совершенствованию в компаниях и на промышленных предприятиях в Санкт-Петербурге и РФ, а также выполнения научно-исследовательских проектов федерального и регионального уровней. Выступал на научных и научно-практических конференциях в России, Украине, Болгарии, Италии, Австрии по управлению знаниями, организационному управлению, когнитивным наукам, системному анализу и искусственному интеллекту. Участвовал в четвертой международной летней школе по онтологическому инжинирингу и semantic web (SSSW'06).

Остальные участники также имеют печатные труды, в том числе международные публикации, а также богатый опыт междисциплинарных исследований и некоторый научный задел в данной области. Участники хорошо знакомы с состоянием научных исследований и программных технологий данной области.

Основные научные результаты коллектива в рамках предыдущих проектов:

1. Были исследованы вопросы, связанные с когнитивными и методологическими проблемами формирования баз знаний интеллектуальных систем. Разработана пилотная сокращенная модель жизненного цикла знаний.
2. Впервые развиты и дополнены принципы онтологического инжиниринга (Мизугочи, Ной, Грубер, Гуарино) до «рецепта» создания онтологий для новичков.
3. Впервые сформированы принципы «онтологической гармонии» с использованием методов гештальт-психологии. Разработаны новые практически методы и рекомендации по формированию структуры онтологии, т.е. определения числа уровней иерархии, или "высоты", баланса ветвей, минимального и максимального количества узлов, устранения синонимии и противоречий.
4. Впервые разработана система категорий для методов извлечения знаний.
5. Разработаны основы методологии ПРОТЕСИС для проектирования корпоративных порталов.
6. Предложена и апробирована объектно-структурная технология анализа предметных областей.
7. Предложены методы и разработан прототип инструмента формирования когнитивной модели пользователя интеллектуальных систем.
8. Была разработана архитектура программного комплекса ОНТОЛИНЖ-КАОН для поддержки работы инженера по знаниям и формированию ограниченного класса онтологий.

Научные результаты данного коллектива были апробированы как на российском, так и на международном уровне (см. список публикаций коллектива).

Список основных (не более 10) публикаций коллектива за последние 5 лет (для каждой публикации указать ссылку в сети Интернет для доступа эксперта к аннотации или, при наличии, полному тексту)

1. Gavrilova T., Leshcheva I. The interplay of knowledge engineering and cognitive psychology: learning ontologies creating //International Journal of Knowledge and Learning. – 2015. – Т. 10. – №. 2. – С. 182-197.
<http://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJKL.2015.071617>
2. Leshcheva I., Gavrilova T. How the cognitive features testing can assist in evaluating collective ontology engineering //International Journal of High Performance Computing and Networking. – 2015. – Т. 8. – №. 3. – С. 275-284.
<http://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJHPCN.2015.071252>

3. Gavrilova T. A., Leshcheva I. A. Ontology design and individual cognitive peculiarities: A pilot study //Expert Systems with Applications. – 2015. – Т. 42. – №. 8. – С. 3883-3892.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417415000238>
4. Gavrilova T., Leshcheva I., Strakhovich E. Gestalt principles of creating learning business ontologies for knowledge codification //Knowledge Management Research & Practice. – 2015. – Т. 13. – №. 4. – С. 418-428.
<http://link.springer.com/article/10.1057/kmrp.2013.60>
5. Gavrilova T., Leshcheva I. Building Collaborative Ontologies: A Human Factors Approach // Chapter in Book “Collaborative Knowledge in Scientific Research Networks“ (Eds. P. Diviacco, P. Fox, C. Pshenichny, A. Leadbetter), IGI publishing, USA, 2015. - pp. 305-324. ISBN 978-1-4666-6567-5.
<http://www.igi-global.com/chapter/building-collaborative-ontologies/119829>
6. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Лещева И. А., Павлов Я. Ю. Об одном методе классификации визуальных моделей // Бизнес-информатика. 2013. №4 (26).
URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-metode-klassifikatsii-vizualnyh-modeley> (дата обращения: 22.08.2016).
7. Gavrilova T. et al. Measuring psychological impact on group ontology design and development: an empirical approach //International Conference on Knowledge Engineering and the Semantic Web. – Springer Berlin Heidelberg, 2013. – С. 29-43.
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-41360-5_3
8. Гаврилова Т. А., Лещева И. А., Кудрявцев Д. В. Использование моделей инженерии знаний для подготовки специалистов в области информационных технологий //Системное программирование. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – С. 90-105.
<http://www.sysprog.info/2012/05.pdf>
9. Gavrilova T. A., Leshcheva I. A., Rumyantseva M. N. Knowledge elicitation methods Taxonomy: Russian view //International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – С. 337-346.
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-23851-2_35
10. Григорьев Л. Ю., Заблоцкий А. А., Кудрявцев Д. В. Технология наполнения баз знаний онтологического типа // Журнал «Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». №3. 2012. – С. 27–36.
http://ntv.spbstu.ru/telecom/article/T3.150.2012_05/

Опыт руководителя проекта в выполнении других проектов и грантов

Руководитель проекта Т.А.Гаврилова имеет более 200 печатных работ и более чем 20-летний опыт работы в области инженерии знаний. Защитила кандидатскую и докторскую в междисциплинарных областях на стыке когнитивной психологии и искусственного интеллекта. Награждена премией ассоциации искусственного интеллекта в области фундаментальных исследований. Автор первого российского учебника по инженерии знаний "Базы знаний интеллектуальных систем" (совместно с Хорошевским В.Ф.). Летом 2006 г. читала краткий курс лекций по инженерии знаний в летней школе университета Ювяскюля (Финляндия), в июне 2007 года провела мастер-класс на Европейской конференции по семантическим технологиям в Вене (ESTC 2007), преподавала в университетах Польши, Франции и Катара. Дважды выигрывала научные стажировки в США по программе Фулбрайта.

В 2013 году статья, написанная Т.А. Гавриловой (в со-авторстве с Т.Е. Андреевой) «Методы извлечения знания в контексте управления знаниями» (“Knowledge Elicitation Techniques in a Knowledge Management Context”) и опубликованная в журнале Journal of Knowledge Management была удостоена премии Ассоциации авторов издательства Emerald «За выдающееся мастерство» в номинации «Статья, заслуживающая особого внимания» («Highly Commended Papers»). Имеет Индекс Хирша=14 и суммарное число цитирований автора=2545 по данным портала E-library на август 2016.

Являлась руководителем успешно завершившихся проектов РФФИ 14-07-00294а «Интеллектуальные Сервисы поддержки ПОРТалов знаний на основе онтологий (ИнС-ПОРТ)», 11-07-00140а «Структурирование знаний и Контента Методами группового дизайна онтологий (КОМЕТ)» (2011-2013), 08-07-00062_a «ВИзуальное Проектирование корпоративных баз знаний на основе онтологий (ВИП)», 04-01-00466 «Разработка моделей и методов онтологического ИНЖиниринга (ОНТОЛИНЖ)», 06-01-81005 «Технология разработки Адаптивных Интеллектуальных Систем обучения на основе когнитивных моделей пользователей (ТАИС)», 01-01-00224 «Управление знаниями: теория и технология разработки интегрированных интеллектуальных систем (УЗОР)»

Список основных публикаций Руководителя проекта (не более 10) (для каждой публикации указать ссылку в сети Интернет для доступа эксперта к аннотации или, при наличии, полному тексту)

1. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. СПб, Лань, 2016. – 324 с.

http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=191&pl1_id=1565

2. Gavrilova T., Gladkova M. Big data structuring: the role of visual models and ontologies // *Procedia Computer Science*. – 2014. – Т. 31. – С. 336-343.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050914004530>
3. Гаврилова Т., Алсуфьев А., Янсон А.-С. Современные нотации бизнес-моделей: визуальный тренд // *Журнал Форсайт*, т.8, N 2, 2014. - с. 56-70.
<http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-notatsii-biznes-modeley-vizualnyy-trend>
4. Gavrilova T., Alsufyev A. & Yanson A.-S. Transforming Canvas Model: Map versus Table // *International Journal of Knowledge, Innovation and Entrepreneurship*, Volume 2, No. 2, 2014. - pp. 51-65.
http://ijkie.org/IJKIE_August2014_GAVRILOVA%20ALSUFYEV%20YANSON.pdf
5. Gavrilova T., Andreeva T. Knowledge elicitation techniques in a knowledge management context // *Journal of Knowledge Management*. – 2012. – Т. 16. – №. 4. – С. 523-537.
<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13673271211246112>
6. Gavrilova T., Gorovoy V., Bolotnikova E. New Ergonomic Metrics for Educational Ontology Design and Evaluation // Chapter in Book “New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques” Series: *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Volume 246, IOS Press, 2012 – pp. 361 – 378.
<http://ebooks.iospress.nl/volumearticle/7549>
7. Gavrilova T. Knowledge Engineering: Structural View // Chapter in Book “New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques” Series: *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Volume 231, IOS Press, 2011 – pp. 219 – 226.
<http://ebooks.iospress.nl/volumearticle/6546>
8. Gavrilova T., Strakhovich E. Knowledge Engineering: Structural View // Chapter in Book “New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques” Series: *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Volume 231, IOS Press, 2011 – pp. 227 - 232.
<http://ebooks.iospress.nl/volumearticle/6547>
9. Bolotnikova E. S., Gavrilova T. A., Gorovoy V. A. To a method of evaluating ontologies // *Journal of computer and systems sciences international*. – 2011. – Т. 50. – №. 3. – С. 448-461.
<http://link.springer.com/article/10.1134/S1064230711010072>
10. Gavrilova T. A., Gulyakina N. A. Visual knowledge processing techniques: A brief review // *Scientific and Technical Information Processing*. – 2011. – Т. 38. – №. 6. – С. 403-408.
<http://link.springer.com/article/10.3103/S0147688211050042>