

Р. Шебалов, С. Горшков

**Современные российские разработки
в области онтологического моделирования**

ОБЗОР

© ООО «ТриниДата», 2018

<http://trinidata.ru>

Содержание

Введение	3
1. Коммерческие разработки.....	4
1.1. Промышленность, инжиниринг	4
1.2. Средства извлечения, анализа, визуализации данных.....	9
1.3. Медицина.....	13
2. Прикладные разработки академических коллективов	15
2.1. Медицина.....	15
2.2. Системы управления	17
2.3. Лингвистические системы	21
3. Фундаментальные разработки академических коллективов	25
4. Академические аналитические исследования (обзоры).....	28
Заключение.....	29

Введение

Настоящий документ содержит аналитический обзор современных российских разработок в области онтологического моделирования, управления знаниями, технологий Semantic Web. Отдельное внимание сосредоточено на академических проектах, результаты которых опираются на отечественные исследования в области прикладной математики, компьютерной лингвистики, гносеологии, семиотики и других фундаментальных и междисциплинарных отраслей знания. Именно эти исследования во многом являются основой прикладных коммерческих разработок российских компаний, учитывающих специфику отечественной экономики и промышленности.

Последняя по времени из известных авторам публикаций, посвященная обзору и описанию российских практик онтологического моделирования, была осуществлена в НИУ ВШЭ в 2011г.: Ефименко И. В. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 3. Российские исследования и разработки в области онтологического инжиниринга и бизнес-онтологий¹. Данная работа не потеряла своей актуальности до сих пор, однако за прошедшее с момента ее выхода время исследовательский и инженерный ИТ-ландшафт в существенной степени поменялся как в технологическом, так и в концептуальном измерениях. В частности, в публичное информационное пространство России вошли понятия «цифровая экономика» и «цифровизация экономики», актуализировалась проблема развития и использования именно отечественных разработок. Это определяет необходимость, с одной стороны, оценить текущий уровень результатов работ в этом направлении, а с другой – обозначить исследовательские коллективы и организации, обладающие в настоящий момент необходимыми компетенциями и опытом проектирования и внедрения соответствующих ИТ-решений. Такие проектные группы и компании-разработчики в России, безусловно, есть. И практика использования их опыта представляется значительно более продуктивной, нежели попытки «с нуля» обосновать «принципиально новые» подходы к построению цифровых решений.

Критерием отбора материала для включения в отчет является использование разработчиками и исследователями технологий Semantic Web, определенных стандартами консорциума W3C: языков моделирования OWL/RDFS/RDF, графовых баз данных, поддерживающих язык запросов SPARQL, правил логического вывода SWRL/SPIN, и/или соответствующих этим технологиям методов концептуализации и обработки знаний. Этот набор инструментов широко используется в зарубежной практике, включая как научные исследования (особенно в медицине, генетике), так и в промышленности (фармацевтика, энергетика, транспорт и др.). Ключевой

¹ Препринт WP7/2011/08 (ч. 3) [Текст] / И. В. Ефименко, В. Ф. Хорошевский; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 68 с.

функциональной особенностью онтологического моделирования и поддерживающих его информационных технологий являются возможности автоматизированной обработки концептуализированных знаний, включая автоматизацию получения логических выводов, и извлечение фактов, строго отвечающих заданным условиям (семантический поиск). Это определяет сферы преимущественного применения данных технологий – моделирование сложных систем с целью поддержки принятия решений, интеграция больших объемов разнородной информации, управление крупными массивами структурированных знаний.

Авторы обзора стремились не выносить оценочных суждений, а лишь констатировать наличие перспективных результатов в интересующей нас области.

Данный обзор основан только на информации, опубликованной в открытых источниках. Обзор не претендует на исчерпывающую полноту и непогрешимость. Авторы будут признательны всем заинтересованным лицам и организациям за конструктивные комментарии и предложения по его доработке².

1. Коммерческие разработки

1.1. Промышленность, инжиниринг

1.1.1. Группа компаний «Генезис знаний»

Источник информации: <http://www.kg.ru/company/about/>

Руководитель: П.О. Скобелев.

Продукт: интеллектуальная система управления ресурсами в реальном времени Smart Enterprise – общая система управления, объединяющая в единый контур все существующие на предприятии корпоративные системы, базу знаний предприятия и предлагаемые системы планирования ресурсов в подразделениях.

Модули системы: Интеллектуальная система управления проектами Smart Projects, Интеллектуальная система управления производством Smart Factory, Интеллектуальная система управления Smart Trucks, Интеллектуальная система управления Smart Field Services, Интеллектуальная система управления Smart Supply Networks, Корпоративная база знаний предприятия (онтология предметной области и набор фактов о предприятии – оргструктура, используемые технологии, компетенции работников и пр.), Сетевая платформа (с поддержкой общей шины предприятия), интерфейсные средства (интернет-портал, центральная управляющая панель).

² Связаться с авторами отчета можно по адресу info@trinidadata.ru

В основе разработок – мультиагентные технологии, реализация которых вписывается в концепцию Industry 5.0 и интернета вещей. Делается акцент на решение задач распределения, планирования, оптимизации, согласования и контроля ресурсов в реальном времени.

Информация о внедрениях: в качестве клиентов указаны ОАО «РКК «Энергия», ОАО «РЖД», ОАО «Кузнецов», ОАО «Аксион-Холдинг», ОАО «Авиаагрегат», Coca-Cola и др.

1.1.2. ООО «НПК «Разумные решения», г. Самара (входит в НАО «ГК Генезис знаний»)

Источник информации: <http://smartsolutions-123.ru/>

Продукт: Система управления знаниями (СУЗ) для предприятий ракетно-космической отрасли. Предлагается использовать онтологии доменов (Semantic Web) и «мультиагентного Интернета» в качестве интеллектуальной базы для управления знаниями предприятий ракетно-космической промышленности и всей отрасли.

Принцип работы СУЗ основан на присвоении документу определенного рейтинга, который может повышаться или понижаться в зависимости от частоты обращений пользователя СУЗ к данному документу. Это позволяет «заработать» определенные баллы на виртуальном рынке СУЗ, которые помогут этому документу в дальнейшем занимать более выгодное положение в результатах поиска»³ (с. 275).

Реализовать данный принцип предлагается через семантические дескрипторы, которые «описывают смысловую часть документов и любых объектов СУЗ и могут быть сформированы на основе анализа аннотаций или рефератов документов. Эти дескрипторы используются при обработке семантических поисковых запросов от пользователей. Таким образом, чем точнее и детальнее сформирован семантический дескриптор, тем больше вероятность того, что он будет релевантен поисковому запросу» (там же, с. 278).

Продукт: набор прикладных решений с использованием мультиагентных технологий – управление в области космической логистики, грузоперевозок (автомобильных и железнодорожных), управление силами и средствами: Smart Railways, Smart Truck, Smart Satellite, Smart Aerospace, Smart Services; управление

³ Лахин, О.И. Принципы построения системы управления знаниями предприятий ракетно-космической промышленности / О.И. Лахин, Ю.С. Юрыгина, А.С. Анисимов // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). – С.270-283. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-270-283

деятельностью предприятия и управление проектами: Smart Projects, Smart Factory, Smart Supply Chains.

Используемые технологические разработки: MAT Platform - программная платформа для построения моделей, включающих агентов различных типов и описания протоколов их взаимодействия, создания онтологий и сцен, построения отчетов (реализована на платформах .Net и J2EE); GIS-карты сторонних разработчиков (Google, Yandex); Adaptive Scheduling Suite - динамический планировщик заданий с использованием сценариев и поддержкой визуализации; GPS и RFID-датчики.

1.1.3. НПК «Сетецентрические Платформы» (входит в НАО «ГК Генезис знаний»)

Источник информации: <http://network-centric.ru/about/>

Руководитель: А. Мочалкин.

Продукт: интеллектуальные системы гражданского и «двойного» назначения на основе мультиагентных технологий. Создание модулей оперативного планирования для контроля космического пространства страны. Проведены научные исследования и разработки в области планирования групповых действий самолетов и вертолетов тактической авиации в реальном времени. Продолжается развитие сетецентрических платформ, реализующих создание мультиагентных систем планирования действий групп (роя) космических аппаратов (КА), беспилотных авиационных систем (БАС), а также автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и наземных роботов.

Проводятся исследования по использованию мультиагентных систем при создании специальных радаров воздушного базирования, обнаружения, сопровождения и распознавания объектов в заданной области пространства, синтезе сложных авиационных целей, наблюдаемых как хаотические пространственно-временные структуры, формировании полетных заданий с учетом функции «камикадзе» и др. Готовятся также решения по разработке логистики для обеспечения систем оружия с использованием БАС.

Информация о внедрениях: в числе заказчиков и партнеров названы Минобороны РФ, МАК «Вымпел», Приволжский государственный боеприпасный испытательный полигон, Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (Росатом) и др.

1.1.4. Межвузовский проект «Онтологическое проектирование в земледелии» с привлечением НПК «Сетецентрические платформы», г. Самара.

Участники: Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Институт проблем управления сложными системами РАН, (г. Самара), Самарский государственный технический университет.

Используется онтологическое моделирование в области точного земледелия на основе конструктора баз знаний, разрабатываемого компанией «Разумные решения». Для решения задачи распределения ресурсов и планирования работ предлагается применить мультиагентный подход⁴.

1.1.5. Компания «Дан Роуз»

Источник информации: <http://dunrose.ru/ru/home-3/>

Руководитель: Б.Я. Шведин.

Продукт: реализовано семейство ИТ-решений, ориентированных на онтологическое моделирование бизнес-процессов крупного предприятия, поддержку принятия решений, анализ текстов сообщений работников предприятия и пр. Цель предлагаемых разработок – обеспечение управления деятельностью предприятия электроэнергетического сектора.

Подход к онтологическому моделированию бизнес-процессов реализован от общего к частному: от информационной модели предприятия в целом к онтологиям его отдельных бизнес-активностей (например, журнал оперативных сообщений работников предприятий электроэнергетического сектора). Для визуализации онтологий используется собственная среда моделирования.

Поддержка принятия решений обеспечивается с учетом структурирования накопленного опыта и на основе ситуационного анализа деятельности предприятия. Система поддержки принятия решений (СППР) спроектирована как двухконтурное решение, включающее поток телеметрических данных от объектов мониторинга и поток сообщений от персонала объектов мониторинга.

При этом промежуточное положение занимают сервисы, обеспечивающие базовый функционал онтологической модели. В целом в СППР включается 23 приложения.

Система анализа текстов сообщений персонала предполагает их отдельную синтаксическую и семантическую обработку с последующим выделением дефиниций и инфинитивных ядер (вероятно, по модели: <о чем сообщается> + <что произошло с

⁴ Боргест, Н.М. Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения / Н.М. Боргест, Д.В. Будаев, В.В. Травин // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). - С. 423-442. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.

тем, о чем сообщается>). Система анализа поддерживает каскадирование дефитивных и инфинитивных частей сообщений, что, вероятно, обеспечивает достаточную полноту обработки исходных текстов и выявления смыслов.

Информация о внедрениях: представленные публично разработки компании ориентированы на ФСК ЕЭС.

1.1.6. Компания ТриниДата

Источник информации: <http://trinidata.ru>

Руководитель: С. Горшков.

Продукт: Система управления знаниями АрхиГраф.СУЗ, система управления мастер-данными АрхиГраф.MDM, система поддержки принятия клинических решений АрхиГраф.Медицина, прикладные решения. Компания создает прикладные решения, направленные на решение задач сбора и агрегации разнородных данных, обеспечения связности информации, поддержки принятия управленческих решений. Система АрхиГраф.MDM используется в качестве ядра сложных ИТ-систем, включающих множество прикладных компонентов, поведение которых определяется хранящейся в MDM моделью предметной области и правилами. Наряду со стандартной функциональностью MDM, ориентированной на хранение эталонных наборов нормативно-справочной информации (НСИ), АрхиГраф.MDM обеспечивает также работу с noSQL-хранилищами (MongoDB, HBase и др.) и реляционными СУБД в режиме логической витрины данных.

Система АрхиГраф.СУЗ включает инструменты семантического поиска по распределенным массивам информации (в т.ч. доступным посредством логической витрины данных), конструктор правил логического вывода и инструмент их автоматического выполнения, инструменты выявления и анализа связей между информационными объектами. Эти возможности позволяют использовать ее как платформу для построения как систем поддержки принятия решений, так и корпоративных систем управления знаниями, основной функцией которых является обработка концептуализированной информации.

Подготовлено методическое пособие по основам методов и технологий онтологического моделирования: «Введение в онтологическое моделирование», <https://trinidata.ru/files/SemanticIntro.pdf>

Информация о внедрениях: выполнены проекты в ПАО «Россети», ПАО «РусГидро», АО «ОТ-Ойл», АО «НИПИгаз», в интересах государственных учреждений.

1.2. Средства извлечения, анализа, визуализации данных

1.2.1. Международная лаборатория «Интеллектуальные методы обработки информации и семантические технологии» (на базе Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики – ИТМО)

Источник информации: <http://ailab.ifmo.ru/ru/>

Руководитель: Д.И. Муромцев.

Проект: SemIoT (Semantic Technologies for Internet of Things; сайт проекта: <http://semiot.ru/>) – проект прикладных научных исследований и экспериментальных разработок для обеспечения интероперабельности информационных систем и электронных устройств в области Интернета вещей. Реализовался совместно с ЗАО «Морские Компьютерные Системы» в 2014-2016 гг.

Представлен один из возможных сценариев использования платформы SemIoT – «Unequal Temperature Changes in Cities».

Используя несколько источников гетерогенных источников данных (онлайн-сервисы показаний температурных датчиков Netatmo и Narodmon), платформа SemIoT позволяет агрегировать эти данные и использовать в единых сценариях. Один из предлагаемых в демонстрации сценариев – анализ показаний температуры и микротрендов для Москвы и Санкт-Петербурга. Драйвер для каждого источника данных периодически собирает показания с онлайн-сервисов, нормализует их при помощи онтологий и сохраняет во внутреннем хранилище. Демонстрация позволяет просмотреть эти микротренды в реальном времени и за определенный промежуток.

Проект: FOODpedia (сайт проекта: <http://foodpedia.tk/>)

Сервис по извлечению структурированной информации из каталога о продуктах питания GoodsMatrix и предоставлению к ней доступа через веб-интерфейс.

Данные о продуктах питания и их ингредиентах организованы в виде датасета с использованием принципов открытых связанных данных.

Проект: Прототип диалоговой системы

Сервис для обеспечения технической поддержки пользователей интернет-телевидения (по заказу компании «Центр речевых технологий»).

1.2.2. Компания Интелтек

Источник информации: <http://www.inteltek.com>

Руководитель: В.А. Рубанов.

Разработана концепция семантической топологии, включающая модели пространства универсальных смыслов, базу знаний, словарь понятий, правила семантической грамматики. Основная исследовательская проблема: разработка схем и логик, одинаково применимых в системах «Человек – Человек», «Человек – Машина», «Машина – Машина».

Для решения этой проблемы разработан алгоритмически организованный метаязык – «сетевой язык моделирования коллективного мышления с логикой «здорового смысла».

Структурные элементы данного метаязыка – конечное множество универсальных смыслов, упорядоченное путем их привязки к элементам (вершинам, ребрам и граням) объемной фигуры со 100 гранями.

Механика использования данного метаязыка предполагает преобразования текстов естественного языка в соответствии с алгоритмической моделью и получение на выходе «сетевой структуры универсальных смыслов». Данная методология находит коммерческое применение при анализе и моделировании бизнес-процессов, подготовке заданий на ИТ-обеспечение и разработку программного обеспечения, создание стандартов бизнес-процессов и документооборота. Основным продуктом является база данных «База знаний Семантическая топология (БЗСТ)» (<http://semantictopology.ru/>), предназначенная для построения моделей основных данных и архитектур управления процессами деятельности в различных областях познания и практики; разработки стандартных форматов представления данных в корпоративном документообороте и информационных системах; накопления и классификации знаний, а также обеспечения семантического взаимодействия между отдельными единицами их хранения на основе авторской универсальной онтологии элементарных смыслов. Разработчики определяют область ее применения как разработку и организацию управления основными данными, создание систем поддержки принятия решений и интерактивных средств коллективной работы, а также образовательно-игровых комплексов смыслового моделирования процессов деятельности и управления в различных предметных областях.

Основным достижением является создание онтологии верхнего уровня, ориентированной на когнитивные процессы, деятельность субъекта и объективацию субъект-субъектного взаимодействия.

1.2.3. Компании DataFabric и Vismart

Источники информации: <http://datafabric.cc/>, <https://vismart.biz/>

Руководители: С. Исаев, Е. Хлызов, Д. Муромцев.

Ведутся разработки с применением онтологических технологий, связанных данных, средств визуализации.

Продукт: платформа «DataFabric Core», обеспечивающая формализацию, хранение, анализ знаний на основе семантики и визуализацию знаний в виде цепочек связей.

Позволяет анализировать и визуализировать связи между компаниями и людьми на основании данных из различных источников, создавать интерактивное рабочее пространство взаимосвязей для анализа и расследований в сфере экономической и финансовой безопасности.

Продукт: Корпоративная система проверки контрагентов «Топология бизнеса» (<http://datafabric.cc/tree>), позволяющая агрегировать данные из разных источников (БД ФНС, бухгалтерская отчетность, внутренние БД заказчика, открытые слабо структурированные источники – социальные сети, списки и т.п.), строить семантическую модель, визуализировать результаты анализа в виде графа. Обозначено использование систем искусственного интеллекта, для обучения которых применяются результаты онтологического моделирования предметных областей (инженерия знаний).

Продукт: Конструктор данных, позволяющий построить BI-дашборд, на котором отображаются необходимые пользователю данные. Используются связанные данные (linked data), собранные из различных источников (данные о собственниках, финансовые показатели, GIS-данные). Конструктор реализован с использованием программной оболочки от Metaphactory.

Услуги в сфере финансовой аналитики (подготовка финансовых аналитических справок, оценка надежности банка) и предоставления доступа к государственным БД по API.

Продукт: Визуализатор онтологий Ontodia (<http://ontodia.org/>), также может использоваться для разработки приложений, использующих графовыми данными.

С технологической точки зрения компания использует следующий набор сторонних решений: Apache Beam, Apache NiFi, Blazegraph. Работа с семантикой данных реализована с использованием принципов OWL и SKOS.

В настоящее время компания развивает ИТ-инструменты, ориентированные на бизнес-пользователей (финансы, корпоративная информация, деловые коммуникации).

Статья о развитии ИТ-решений DataFabric для организаций банковского сектора: <http://futurebanking.ru/post/3569>

1.2.4. Компания Witology

Источник информации: <http://witology.com/>

Разработка онлайн-платформы для краудсорсинга с использованием социо-семантической сети. Используется для поиска идей, способов решения задач. Для координации проекта привлекаются фасилитаторы (редакторы) от компании, управляющие поведением участников проекта с помощью инструментов комьюнити-менеджмента и способствующие достижению целей проекта, не влияя на его содержание.

Информация о внедрениях: с использованием платформы реализованы проекты Правительства Москвы и компаний ГК «Росатом», ОАО «Сбербанк России», ОАО «Ростелеком», СК «Согласие».

1.2.5. Компания WikiVote

Источник информации: <https://www.wikivote.ru/>

Продукт: онлайн-платформа для краудсорсинга. Отбор наиболее ценных смыслов в рамках проекта осуществляется на основе социальных инструментов (лайки, комментарии).

Информация о внедрениях: реализован ряд крупных проектов в интересах Министерства образования и науки РФ, ОАО «Сбербанк России» и др., в целом более 20 компаний.

1.2.6. Компания Полиглот

Источник информации: <http://asknet.ru/index.htm>

Продукт: программно-аппаратный комплекс для выполнения семантического поиска на естественном языке. Разработка ведется в направлении проектирования программно-аппаратных комплексов и интернет-сервисов по смысловой обработке информации на базе создания методов автоматического извлечения данных из текстов на естественном языке.

1.2.7. Аби ИнфоПоиск

Источник информации: <https://sk.ru/net/1100002/>

Продукт: лингвистическая система анализа текстов, в которой на базе семантико-онтологических технологий будут построены системы автоматического перевода текста нового поколения, системы поиска и анализа фактов в больших

массивах текстовой информации (интеллектуальный поиск), системы сравнения документов.

Возможно, что данная разработка относится к проекту ABBYY Compreno и стала основой для сервиса Findo.io (<https://findo.com/>)⁵.

1.2.8. ООО «ТАС»

Источник информации: <http://tas-project.ru/index.html>

Разработка методологии инфраструктуры сети функционально-семантических узлов (фабрик знаний), предназначенных для обработки знаний в контексте цифровой экономики; данная инфраструктура включает: фабрику языка моделирования, фабрику онтологий верхнего уровня, фабрику онтологий деятельности, фабрику геопространственных данных, фабрику онтологий предметных областей, фабрики сборки приложений. Разработка web-сервиса для построения и редактирования онтологии и BI-сервисов на основе онтологии⁶.

1.3. Медицина

1.3.1. Компания Интеллоджик

Источник информации: <http://botkin.ai/>

Руководитель: С. Сорокин.

Проект: Botkin AI, прежнее название: TeleMD

Предмет проекта: анализ медицинских изображений КТ и МРТ, агрегация всех данных о пациенте.

Заявленные технологии: искусственный интеллект, прогнозная аналитика, медицинские онтологии.

Возможности: построение цифровой модели пациента. Представление результатов анализа медицинских изображений, векторизация знаний о пациенте, оценка риска изменения клинического состояния пациента, оценка риска смерти пациента, мониторинг лечения пациента и выявление врачебных ошибок.

⁵ См.: <https://sk.ru/news/b/news/archive/2016/01/21/abbyy-zapustila-umnyy-poiskovik-na-baze-compreno.aspx> и <https://sk.ru/news/b/news/archive/2014/04/09/abbyy-vypustila-pervye-resheniya-na-baze-tehnologii-compreno.aspx>

⁶ Волокитин Ю.И., Куприяновский В.П., Гринько О.В., Покусаев О.Н., Сиягов С.А. Проблемы цифровой экономики и формализованные онтологии, 2018.

Информация о внедрении: пилотный проект будет внедрен в клинической больнице имени П.А. Баяндина города Мурманска, которая является областной базой центрального архива медицинских изображений. Российский онкологический научный центр имени Н.Н. Блохина – организация-консультант.

См. также статью: <https://vademec.ru/news/2018/01/18/igor-kim-investiroval-v-iskusstvennyu-intellekt-dlya-meditsiny/>

1.3.2. Компания Соцмедика

Источник информации: <https://sk.ru/net/1120792/>, <https://www.socmedica.com/>

Организация: Соцмедика (резидент фонда «Сколково»)

Руководитель: Г. Бледжянц

Предмет проекта: разработка экспертных систем, медицинских классификаторов, пакета приложений в области мед. диагностики и управления медицинскими данными.

Также разрабатывается экспертная система «Электронный терапевт», которая на основании истории болезни будет предлагать предварительный диагноз и оценивать риски развития осложнений.

Изначально подходы разрабатывались на базе Национального медицинского исследовательского центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева.

Основной классификатор – УМКВ «Объединенная база медицинских знаний», который создан и поддерживается данной компанией. Его разработка включает использование медицинских онтологий. Описание концептуального подхода к анализу медицинских данных: <https://www.umkb.com/technology>

1.3.3. SEMANTIC HUB

Источник информации: <http://semantic-hub.com/ru>

Руководители: И. Ефименко, В. Хорошевский, В. Недельский.

Предмет проекта: Разработана семантическая платформа, позволяющая анализировать большие объемы текстов на различных языках для выявления потенциально перспективных зависимостей при поиске описаний молекулярных соединений. Это решение имеет коммерческую ценность для фармацевтических исследований при оценке возможных результатов биохимических исследований и инвестиций в разработку новых лекарственных средств. В качестве источников информации выступают тексты научных статей, обзоров, результатов клинических

испытаний, новостных сообщений. Извлечение знаний основано на онтологическом подходе с применением гибридной технологии лингвистического анализа и статистических методов/ машинного обучения. При формировании итогового отчета используется экспертный подход: эксперт формулирует поисковую задачу, определяет последовательность информационного поиска и ценность используемых критериев оценки полученной информации, задает структуру отчета.

Фактически данная система относится к классу систем поддержки принятия решений.

Сведения о внедрении: в числе партнеров компании – российские и зарубежные медицинские и фармацевтические предприятия (Вауер, Нова Медика, Медбиофарм, Р-Фарм и др.).

2. Прикладные разработки академических коллективов

2.1. Медицина

2.1.1. Исследовательская группа Института информатики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН

Источник информации: <http://www.iacp.dvo.ru/>

Коллектив: В.В. Грибова, М.В. Петряева, Д.Б. Окунь, Е.А. Шалфеева, М.Ю. Черняховская и др.

Направление деятельности: разработка медицинских онтологий диагностики заболеваний и симптомов.

Знания представляются в виде клинически значимой структуры: комплекс диагностических признаков, альтернативные симптомокомплексы с учетом преморбидных биологических, личностных и иных факторов, динамических проявлений признаков и клинических проявлений. Онтология реализована на облачной платформе IASaaS и в настоящее время используется специалистами для создания баз знаний в различных областях медицины⁷.

Возможности: построение онтологий для базы знаний «Болезни органов пищеварения», «Медикаментозное лечение».

⁷ Грибова, В.В. Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / В.В. Грибова, М.В. Петряева, Д.Б. Окунь, Е.А. Шалфеева // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, №1(27). - С.58-73. – DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-1-58-73. - С.58

Проект: Виртуальный тренажер для студентов медицинских вузов навыкам диагностики острых и хронических заболеваний (принципы разработки и концептуальная архитектура интеллектуальной системы)⁸.

Подходы к разработке жизнеспособных интеллектуальных систем, положенной в основу облачной платформы IACPaaS, её основных особенностей и функциональных возможностей (поддержка трех моделей предоставления облачных сервисов – PaaS, SaaS и DaaS; платформа предназначена для разработки оболочек интеллектуальных сервисов по нескольким технологиям)⁹.

Проект: Программная оболочка для сообщества интеллектуальных медицинских систем на основе набора медицинских онтологий.

Проектируется оболочка для разработки медицинских тренажеров и экспертных систем, использующая несколько медицинских прикладных онтологий (Онтология баз знаний о заболеваниях и синдромах, Онтология базы историй болезни, Онтология информации об обучающихся, Онтология банка заданий, Онтология объяснения обучающимся постановки диагноза, Онтология фармакологического справочника, Онтология базы знания о лечении заболеваний, Онтология базы прогнозов лечения, Онтология назначения лечения и коррекции, Онтология объяснения назначенного лечения и коррекции). Предполагается использовать базы знаний, не зависящие от раздела медицины.

Ссылка на платформу: <https://iacpaas.dvo.ru/#/dashboard/home>

2.2.2. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ)

Коллектив: С.В. Лебедев, Н.А. Жукова

Проектирование модели слияния данных JDL (Joint Directors of Laboratories) и онтологии.

Разработка ведется в интересах Северо-Западного федерального медицинского исследовательского центра имени В.А. Алмазова Минздрава России, который является одним из ведущих центров в области кардиологии (Россия, Санкт-

⁸ Gribova V.V., Ostrovskii G.E. An Intelligent Cloud Service for Training Diagnostics Skills // Biomedical Engineering. 2018. Vol. 51. N 6. Pp. 416-421. DOI 10.1007/s10527-018-9761-8.

⁹ Грибова В.В., Клещев А.С., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Шалфеева Е.А. Технология декларативно-компонентной разработки жизнеспособных интеллектуальных систем // Сборник докладов конференции "Искусственный интеллект: проблемы и пути решения - 2018" (14-15 марта 2018, Московская обл., г. Кубинка). 2018. С. 222-228.

Петербург). Цель разработки – демонстрация возможностей технологий семантических сетей.

Сценарий предполагает предварительную подготовку собственных медицинских онтологий. На первом этапе из исходных неструктурированных данных выделяются отдельные объекты – лекарства и диагнозы для каждого пациента. На втором этапе извлеченные объекты связываются с элементами собственных и сторонних онтологий. На третьем этапе на основе установленных связей выявляются пары взаимодействующих лекарств. На четвертом этапе формируется графическое представление данных.

Сценарий позволил подтвердить применимость подхода для слияния медицинских данных, уточнить детали реализации каждого из этапов, определить набор технологий для реализации.

Собственного программного инструментария не предлагается, используются решения OpenRefine, Blazegraph, Metaphactory, TopBraid, Ontodia¹⁰.

2.2. Системы управления

2.2.1. Институт проблем управления сложными системами РАН

До 2017 года глава научной школы – В.А. Виттих.

Основной объем публикаций посвящен методологии онтологического познания, границам онтологии проектирования, технологиям управления принятием решений в дизайне и проектировании и др.¹¹

2.2.2. Уфимский государственный авиационный технический университет

Коллектив: С.В. Павлов, О.А. Ефремова

Проект: сервис по интеграции ГИС-данных с использованием онтологий.

Задача по объединению пространственных баз данных в единую региональную базу данных для организации информационной поддержки принятия решений по управлению крупным промышленным регионом. Для осуществления такой интеграции на семантическом уровне авторами предложена онтологическая модель,

¹⁰ Лебедев, С.В. Слияние медицинских данных на основе онтологий / С.В. Лебедев, Н.А. Жукова // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №2(24). - С. 145-159. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-2-145-159.

¹¹ См., например: Боргест, Н.М. Границы онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №1(23). – С. 7-33. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.

позволяющая описать с единых методологических позиций структуру разнородных баз пространственных данных, выделив в их составе онтологии пространственных, атрибутивных и метаданных. Разработан алгоритм построения и встраивания онтологии в программное обеспечение, интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных. Апробация разработанного алгоритма осуществлена на примере создания единой региональной базы пространственных данных в составе Геоинформационной системы органов исполнительной власти Республики Башкортостан¹².

2.2.3. Институт программных систем им. А.К. Айламазяна

Источник информации: <http://www.psi-ras.ru/>

Основные направления исследований:

- исследование теоретических и практических проблем информационных систем управления разных уровней;
- оптимизация и предельные возможности термодинамических и экономических макросистем, программное обеспечение энергосберегающих технологий;
- неклассические методы исследования управляемых систем и их приложения;
- теория и технология систем, основанных на знаниях; интеллектуальные методы обработки информации;
- системные решения и программное обеспечение вычислительных комплексов новых поколений;
- теория и технологии информационных систем в сложных предметных областях;
- программные и аппаратные решения для гибридных инфокоммуникационных сетей.

2.2.4. Российско-французская металлогеническая лаборатория

Источник информации: <http://rfml.ru/>, на момент создания отчета сайт остановлен.

Создана в сотрудничестве между Московским государственным геологическим музеем им. В.И. Вернадского и Геологической службой Орлеана (BRGM). Это сотрудничество ведется в области горнодобывающей промышленности. Главная

¹² Павлов, С.В. Онтологическая модель интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных в единую региональную базу данных / С.В. Павлов, О.А. Ефремова // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). – С.323-333. – DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-3-323-333.

задача лаборатории в долгосрочной перспективе – экспертиза и картография крупнейших месторождений металлических полезных ископаемых в России, в особенности, в Сибири.

Одним из направлений работы является разработка онтологически организованной системы характеристик имеющихся технологий извлечения полезных ископаемых.

2.2.5. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Лаборатория интегрированных систем автоматизации

Источник информации: <http://cais.ias.spb.su/phpwcms/index.php?ru>,
<http://www.spiiras.nw.ru/ru>

Коллектив: А.В. Смирнов, А.М. Кашевник, Т.В. Левашова, Н.Н. Тесля и др.

Основное направление деятельности: разработка методов анализа, моделирования и синтеза систем управления, базирующихся на фундаментальных знаниях для слабоструктурированных ситуаций.

Разработаны модели основных элементов систем поддержки информобильности пользователей: модель организации системы на основе архитектуры «классная доска» и онтологического представления знаний; онтологическая модель контекста решаемой задачи, в которой методы реализованы как вычислительные сервисы; онтологическая модель контекста пользователя, состоящая из информации, предоставляемой самим пользователем (его профиля) и автоматически собранной информации об его окружении; онтологические модели сервисов системы. Результаты моделирования данных решений комплексно представлены в диссертационном исследовании Тесля Н.Н. «Разработка методов и моделей построения сервис-ориентированной системы обеспечения информобильности» (Санкт-Петербург, 2015; научный руководитель – А.В. Смирнов).

Проект: Разработка алгоритмов управления группами мобильных роботов

Коллектив: А.В. Смирнов, А.М. Кашевник.

Разработана онтологическая модель для самоорганизации группы мобильных роботов на основе механизма публикации/подписки, состоящая из онтологий роботов и онтологии задачи, опубликованных в интеллектуальном пространстве. Онтология робота описывает его компетенции и ограничения, при которых он может выполнять свои действия. При публикации задачи производится сопоставление её онтологии с онтологиями роботов. Роботы, онтологии которых сопоставились с онтологией задачи, выполняют свои части задачи и публикуют в интеллектуальном пространстве информацию о результатах их выполнения. При удовлетворении ограничений,

входящих в шаблоны подписок роботов в интеллектуальном пространстве, последние приступают к выполнению своих частей задачи. Такая последовательность действий повторяется до завершения выполнения задачи¹³.

Проект: двухуровневая СППР с использованием онтологии контекста задачи и онтологии решаемой задачи с учетом динамического изменения ситуации.

Коллектив: А.В. Смирнов, М.П. Пашкин, Н.Г. Шилов, Т.В. Левашова.

Интеллектуальная поддержка принятия решений основывается на интеграции информации и знаний в контекст, описывающий задачу пользователя или требуемую ситуацию и учитывающий динамику окружающей среды. Используются контексты двух типов: абстрактный и оперативный. В основе подхода лежит двухуровневая схема поддержки принятия решений, состоящая из подготовительного и основного уровней, первый соответствует абстрактному контексту, второй – оперативному¹⁴.

Проект: Рекомендующий сервис в области туризма.

Построение рекомендующей системы из слабо связанных модулей, реализующих как персонализированные, так и не персонализированные методы формирования рекомендаций, и модуля синтеза, осуществляющего адаптацию системы модулей к конкретным условиям обеспеченности исходной информацией разных видов.

Информация для модулей обрабатывается с помощью трех онтологий, составляющих базу знаний:

- 1) онтология туризма (структурированное описание действий, совершаемых во время туристических поездок, видов достопримечательностей и мероприятий, их ключевых параметров (тематика, историческая эпоха, культурное значение);
- 2) онтология туристов (типы туристов с точки зрения их туристических целей);
- 3) онтология контекста (формализованное представление информации о пребывании туриста в данном месте/городе: погода, компания, с помощью которой происходит посещение достопримечательности, время и пр.)¹⁵.

¹³ Смирнов А.В., Кашевник А.М. Формирование коалиций мобильных роботов для совместного выполнения задач, 2017.

¹⁴ Подход к построению распределенной системы интеллектуальной поддержки принятия решений в открытой информационной среде // Труды СПИИРАН. Вып. 4, — СПб.: Наука, 2007.

¹⁵ Кашевник А., Пономарев А., Смирнов А. Полимодельный контекстно-управляемый рекомендующий сервис в области туризма: подход и архитектура // Известия РАН. Теория и системы управления, Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука». 2017. № 2. С. 77–91.

Информация о внедрении: разработано пользовательское приложение «Мобильный туристический гид – ТАИС» на ОС Android для смартфонов и для автомобильной системы Ford SYNC. На момент подготовки обзора (июнь 2018) в магазине GooglePlay приложение отсутствует.

2.2.6. Институт интеллектуальных кибернетических систем Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (<https://mephi.ru/>)

Руководитель разработок: Г.В. Рыбина

Проект: Разработка экспертной системы АТ-ТЕХНОЛОГИЯ с использованием семейства онтологий, включающих обобщенную онтологию «Интеллектуальные системы и технологии» и набор онтологий учебных дисциплин.¹⁶

2.3. Лингвистические системы

2.3.1. Научно-исследовательский вычислительный центр им. М.В. Ломоносова

Источник информации: <https://rcc.msu.ru/ru>

Коллектив: Б.В. Добров, Н.В. Лукашевич.

Основное направление: разработка концептуальных оснований построения лингвистической онтологии, предназначенной для автоматической обработки текстов широкой предметной области.

Проект: разработка лингвистической онтологии РуТез, в которой учитывается специфика осмысления и категоризации действительности с помощью естественного языка (в отличие от методологии формальных логик, являющихся основой построения формализованных онтологий). В настоящее время подготовлена вторая версия лингвистической онтологии: <http://www.labinform.ru/pub/ruthes/index.htm>

Проект: использование лингвистической онтологии для автоматического поиска по текстам информации, представляющей интерес с точки зрения национальной безопасности.

Используется информационно-поисковая система NearIdx, в качестве онтологии используется расширенная версия тезауруса РуТез, онтология по естественным наукам и технологиям (ОЕНТ), разработанный коллективом тезаурус по безопасности.

¹⁶ Intelligent support of educational process basing on ontological approach with use of tutoring integrated expert systems // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018 Vol. 680 pp. 11-20.

Проводится мониторинг электронных документов, они автоматически классифицируются, выделяются фрагменты текстов, проводится фасетный анализ, спектрально-фасетный анализ, моделирование когнитивных схем, построение аналитических справок¹⁷.

2.3.2. Исследовательский центр искусственного интеллекта Института программных систем РАН

Источник информации: <http://ai-center.botik.ru/Airec/index.php/index.php>,
<http://isida-t.ru/index.php>

Проект: ИСИДА-Т

Основное направление разработок: создание инструментальных программных средств для решения задачи извлечения информации из текстов на русском языке.

Предметные знания (знания о сущностях и ситуациях/фактах) моделируются в виде отдельной графовой структуры. Для обоснования подходов к проектированию и реализации инструментов работы с предметной областью используется онтологическое моделирование в его алгебраическом варианте (см. публикации А.А. Демидова).

Аббревиатура ИСИДА-Т расшифровывается как «Интеллектуальная система извлечения данных и их анализа (для обработки текстов)».

2.3.3. Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, научная школа В.Н. Кучуганова

Источник информации: <http://www.istu.ru/nauchnaya-rabota-3/nauchnaya-i-innovatsionnaya-deyatelnost/nauchnye-shkoly-i-vedushchie-uchenyenauchnye-shkoly-i-kollektivy/3963-informatsionnye-tehnologii-proektirovaniya-issledovaniya-i-upravleniya>

Коллектив: М.Н. Мокроусов, И.Н. Габдрахманов, А.В. Кучуганов

Исследования подходов к разработке естественно-языковых интерфейсов для работы с Semantic Web и базам данных, интеллектуальных планировщиков и экспертных систем, автоматического распознавания рукописных документов,

¹⁷ Лукашевич, Н.В. Онтологические ресурсы и информационно-аналитическая система в предметной области "Безопасность" / Н.В. Лукашевич, Б.В. Добров, А.М. Павлов, С.В. Штернов // Онтология проектирования. - 2018. - Т.8, №1 (27). - С. 74-95. - DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-74-95.

рисунков, чертежей, лиц; семантического сжатия и поиска в базах данных аэрокосмических снимков и видеоданных.

2.3.4. Проект InTez

Источник информации: <http://www.inttez.ru/index.html>

Руководитель проекта: В.Ш. Рубашкин (до 2015 г.)

Предмет проекта: Разработка онтологических подходов применительно к автоматическому анализу и обработке текста на естественном языке.

InTez разрабатывается как универсальная словарная лексически интерпретированная онтология, ориентированная на детальное описание концептов и связей между ними. Состав компонентов: онтология верхнего уровня, общенаучная и обиходная лексика, концепты – точки доменного расширения для моделирования необходимых фрагментов предметной области.

Проект реализуется в контексте онтологической инженерии, использующий наработки в области компьютерной лингвистики, корпусной лингвистики, формально-логического описания языка, грамматической семантики.

Предпринимается попытка формализовать автоматизированную обработку служебных частей речи (предлогов), обладающих грамматической спецификой применительно к данному языку и грамматической поливалентностью.

В 2013 г. В.Ш. Рубашкиным была опубликована работа «Онтологическая семантика» (М.: Физматлит, 2013), включающая описание онтологического подхода к концептуальному моделированию и автоматическому извлечению знаний из текста.

2.3.5. Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н.Ельцина (УрФУ)

Коллектив: Грегер С.Э. Поршневу С.В.

Проект: Проектирование программного компонента для представления многоуровневых семантических моделей при использовании объектно-ориентированного подхода с использованием метода многоуровневого объектно-ориентированного отображения при многоуровневом семантическом моделировании.

Предлагается каждой семантической конструкции когнитивного уровня рассуждения (триплету) сопоставить набор унифицированных объектов,

размещенный в памяти соответствующего инструмента, автоматически создаваемого в соответствии с моделью, представленной в виде семантической сети.¹⁸

Проект: Проектирование веб-информационной системы с использованием управляющей онтологии.

Разработана онтология для формализации описания архитектуры информационной системы, предоставляющая возможность определять конфигурацию проекта разработки, системную модель и взаимосвязи онтологий, используемых для представления подсистем. В результате применения онтологии выявлена потребность введения специальных модулей онтологий, носящих общий характер. Одной из таких онтологий является онтология жизненного цикла информационной системы.¹⁹

Проект: Разработка процедуры проектирования и развертывания онтологоуправляемого веб-портала, использующего онтологии в качестве источников, определяющих структуру элементов портала.

Руководитель группы: Грегер С.Э.

Коллектив: Сковородин Е.Ю., Гурова О.И., Баклаев Д. А. и др.

Классы и экземпляры объектов в онтологиях визуализированы в виде элементов меню, списков и пр. Таким образом, фактически инженеру онтологии предоставляется возможность управлять контентом и структурой портала. Данная разработка реализована на платформе CMS Plone.²⁰

2.3.6. Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук (Лаборатория искусственного интеллекта), Новосибирск

Источник информации: <https://www.iis.nsk.su>

Руководитель группы: Загорулько Ю.А.

¹⁸ Грегер С.Э. Поршнева С.В. Метод объектно-ориентированного представления многоуровневых семантических моделей // Cloud of Science. 2016. Т. 3. № 4. - С.548 - 561.

¹⁹ Грегер С.Э. Поршнева С.В. Построение онтологии архитектуры информационной системы // Фундаментальные исследования. № 10 (часть 11), 2013, С. 2405-2409.

²⁰ Грегер С.Э. Использование онтологических моделей для реализации веб-приложений. Разработка на CMS Plone», LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany, 2012, 144 с.

Коллектив: Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. и др.

Реализация технологии разработки тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов, обеспечивающих содержательный доступ к систематизированным научным знаниям и информационным ресурсам определенной области знаний и средствам их интеллектуальной обработки. Особенностью технологии является использование формализмов онтологий и семантических сетей в качестве средства представления и систематизации знаний, а также ориентация на экспертов, для которых создаются ресурсы.

Предлагается алгоритм автоматизированного сбора данных о моделируемой области знаний. Поисковая подсистема объединяет метапоиск и извлечение информации, основанные на онтологиях и тезаурусах.²¹

Проект: Разработка онтологии как концептуальной основы интеллектуального научного интернет-ресурса, который содержит систематизированную информацию об этой области знаний, предоставляет содержательный доступ к информации, методам ее обработки, методам решения типичных задач. Данная онтология описывает более широкий спектр понятий, нежели поддержка принятия решений в традиционном варианте (формирование, оценивание, выбор вариантов решения проблемных ситуаций как заключительные этапы принятия решений), т.к. дополнительно включает концепты из смежных предметных областей, которые могут быть использованы на ранних этапах выработки решений.²²

3. Фундаментальные разработки академических коллективов

3.1. Высшая школа менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета

Руководитель коллектива: Т.А. Гаврилова

<http://gsom.spbu.ru/gsom/faculty/fulltime/gavrilova/>

Направления исследований: управление знаниями, инженерия знаний, интеллектуальные системы, корпоративные информационные системы.

²¹ Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Технология создания тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии // Программная инженерия. — 2016. — Т.7, №2. — С. 51–60.

²² Загорулько Г.Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях // Онтология проектирования. — 2016. — Т. 6, №4 (22). — С. 485–500.

В 2016 г. коллективом авторов в составе Т.А. Гавриловой, Д.В. Кудрявцева и Д.И. Муромцева был опубликован первый в России учебник, посвященный работе со знаниями в индустриальном и коммерческом контекстах – «Инженерия знаний. Модели и методы» (СПб.: «ЛАНЬ», 2016). В учебнике рассматривается полный цикл разработки интеллектуальных систем – от извлечения и формализации знаний до реализации компонентов прикладной интеллектуальной системы. Изложение материала сопровождается примерами программной реализации алгоритмов, а также использования инструментальных средств искусственного интеллекта. Книга дает наиболее полное представление о современном состоянии развития инженерии знаний в России и мире.

3.2. Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук (Лаборатория искусственного интеллекта), Новосибирск (<https://www.iis.nsk.su/>)

Проект: Исследование принципов конструирования и применимости паттернов онтологического проектирования.

Обзор современного состояния вопроса об использовании онтологических паттернов (Ontology Design Patterns – ODP), включая классификацию паттернов Ассоциации ODPА. Представлены паттерны онтологического проектирования, сложившиеся в результате решения проблем, с которыми авторы столкнулись при разработке онтологий для таких научных предметных областей, как археология, компьютерная лингвистика, системные исследования в энергетике, активная сейсмология и др.²³

3.3. Институт информатики и математического моделирования Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (<http://www.iimm.ru/>)

Руководитель исследования: Ломов П.А.

Проект: Разработка технологии визуализации онтологий, ориентированной в облегчение получения представленных в них знаний экспертом. Для этого предлагается формировать для понятий онтологии специальные структуры – когнитивные фреймы. Каждый когнитивный фрейм включает специальным образом

²³ Загорулько Ю.А., Боровикова О.И., Загорулько Г.Б. Применение паттернов онтологического проектирования при разработке онтологий научных предметных областей// Труды XIX Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (DAMDID/ RCDL'2017), Москва, Россия, 10–13 октября 2017 года. - С. 258 -265.

сформированный фрагмент онтологии и соответствующий ему визуальный образ. Под когнитивным фреймом в общем случае понимается визуализированный фрагмент онтологии, позволяющий передать человеку (эксперту) знания о некотором целевом понятии. Ожидается, что использование такого способа визуализации позволит упростить передачу онтологических знаний пользователю.²⁴

3.4. Иркутский государственный университет (<https://isu.ru/ru/index.html>)

Коллектив: Казаков И.А., Малых А.А., Манцивода А.В.

Проект: Исследование способов погружения информации из реляционных баз данных в логическую среду обработки данных. Разработаны подходы к реализации метода погружения баз данных в онтологии через их моделирование с помощью объектных теорий. Данный метод ориентирован на единообразную работу с базами данных в больших распределенных информационных системах, включая облачные вычисления.²⁵

3.5. Институт управления сложными системами РАН

Проект: Обоснование онтологического подхода к моделированию пакетов прикладных программ. Данный подход предполагает интеграцию знаний и применим в целях компонентного проектирования баз знаний, пакетов программ и приложений. Онтологический подход рассматривается как эффективное средство работы с проблемами разработки прикладного программного обеспечения: организация системы знаний о предметной области, планирование решения задач, управление вычислениями, методология отчуждения пакетов прикладных программ от разработчика.²⁶

3.6. Ульяновский государственный технический университет (<http://www.ulstu.ru/> и <http://sosnin.ulstu.ru/>)

Проект: Руководитель исследования: Соснин П.И.

Разработка вопросно-ответного подхода к созданию автоматизированных систем, нацеленного на повышение успешности коллективной деятельности

²⁴ Ломов П.А., Данилов Е.Ю. Визуализация с помощью когнитивных фреймов для передачи знаний // Научно-технический журнал. - №3(89). - 2015. - С. 10-18.

²⁵ Казаков И.А., Малых А.А., Манцивода А.В., Погружение реляционных баз данных в объектные онтологии: реализационные аспекты // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика, 2014, том 10, 27–43.

²⁶ Смирнов Пакеты программ как формальные онтологии // OSTIS, 2013. - С. 191-194.

проектировщиков в корпоративных средах. В основу подхода положена оперативная интеграция интеллектуальных активностей в решении сложных проектных задач. В рамках данного подхода онтологическое представление информации рассматривается как способ структурирования практики использования понятий данной предметной области и их денотативного содержания.²⁷

3.7. Институт проблем информатики РАН, г. Москва (<http://www.ipiran.ru>)

Проект: Проектирование модели метаданных, предназначенной для организации семантического поиска. Модель метаданных включает описание структуры скелета потока работ, связывание элементов потока работ с понятиями предметной области, требования к качеству и происхождению данных и методов. Метаданные определяются в терминах соответствующих онтологий (онтология предметной области, онтология структуры потоков работ, онтология происхождения данных PROV-O, онтология качества данных Data Quality).²⁸

Проект: Разработка подходов к проектированию языка концептуального моделирования с использованием многоуровневого подхода, методологическое обоснование онтологического и концептуального моделирования с использованием языка СИНТЕЗ, предполагающего использование многоуровневых спецификаций. Подчеркивается, что к элементам концептуальной схемы целесообразно и естественно прилагать онтологические спецификации предметной области, определения понятий которой аннотируют соответствующие имена определений концептуальной схемы.²⁹

4. Академические аналитические исследования (обзоры)

4.1. Национальный центр цифровой экономики МГУ (<https://digital.msu.ru/>)

Коллектив: В.П. Куприяновский, И.А. Соколов, Д.Е. Намиот и др.

²⁷ Соснин П.И. Вопросно-ответное моделирование в разработке автоматизированных систем. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 333 с.

²⁸ Скворцов Н.А., Вовченко А.Е., Калиниченко Л.А., Ковалев Д.Ю., Ступников С.А. Модель метаданных для семантического поиска реализаций потоков работ, выраженных в виде правил // Системы и средства информатики, 2014, том 24, выпуск 4. - С. 4–28.

²⁹ Скворцов Н.А., Ступников С.А., Калиниченко Л.А. Использование таксономий отношений класс-экземпляр в спецификациях предметных областей // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии, 2012, № 1. - С.157 - 167.

Основные направления: Интернет вещей (IoT), логистика, блокчейн, открытый BIM, кибер-физические системы; Умный город; Формализованные онтологии.

Коллектив регулярно готовит обзоры лучших зарубежных практик в области современных тенденций в области управления развитием инфраструктуры и ИТ-разработок. Фокус внимания – Европейский союз и США.

Обзоры публикуются в журнале Injoint (<http://injoit.org/index.php/j1/index>)

Собственно онтологии не находятся в центре внимания данной исследовательской группы, они упоминаются в качестве вспомогательного инструмента в контексте использования связанных данных для BIM и деятельности консорциума W3C по нормализации стандартов (эта деятельность оценивается как близкая к эталонной в контексте разработки стандартов openBIM). Авторами признается перспективность онтологического инструментария для реализации стандартов openBIM, которые в настоящее время проходят согласование. Также онтологический подход позиционируется коллективом в качестве ведущего при работе с BigData в контексте развития IoT в промышленности, инжиниринге и управлении развитием городов.

Заключение

Результаты исследования опыта российских коллективов в области онтологического моделирования показывают, что:

1. Онтологическое моделирование (онтологический инжиниринг), по всей видимости, на данный момент выступает в двух качествах: а) как средство обработки больших объемов слабоструктурированной информации и б) как универсальный инструмент формализованного (технологизированного) управления знаниями о мире.

2. Заметен тренд в сторону использования единых технологических стандартов представления информации (OWL), при наличии довольно большого разнообразия предлагаемых методик формализации знаний на методологическом уровне. Это не является проблемой и соответствует мировой практике, где преобладает использование предметно-ориентированных онтологий, эффективных для решения определенных классов задач, а также использование богатого инструментария семантического преобразования информации для конвертации данных, представленных в соответствии с разными моделями.

3. В любом случае, уровень сложности поставленных и решенных перечисленными коллективами задач демонстрирует неизбежность использования онтологий в промышленных и национальных масштабах, если необходимо достичь качественного и количественного прорыва в извлечении, формализации и обработке знаний.

4. Коммерциализация онтологических технологий сдерживается целым рядом обстоятельств объективного и субъективного порядка. Однако в интересах государства, коммерческого сектора и профессионального сообщества обозначить пространство взаимных выгод от использования инновационных решений подобного типа.

5. Отечественной наукой выполняется большое количество фундаментальных и прикладных исследований по проблемам проектирования и применения онтологий в различных областях деятельности; отечественные ИТ-компании реализуют ряд перспективных проектов, основанных на семантических технологиях; все это позволяет говорить о том, что стадия пилотных проектов пройдена, созданы достаточные предпосылки и обоснована необходимость использования данного опыта в ходе инновационной трансформации российской экономики.