

УДК 681.3

РЕПОЗИТОРИИ ОНТОЛОГИЙ КАК СРЕДСТВО ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.Я. Гладун¹, Ю.В. Рогушина²

¹Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАНУ и МОНУ,
г.Киев, Украина
glanat@yahoo.com

²Институт программных систем НАНУ, г.Киев, Украина
ladamandraka2010@gmail.com

Аннотация

Представлен анализ репозиториев онтологий – средств эффективного хранения и поиска онтологий или их компонентов, обеспечивающих их повторное использование в интеллектуальных информационных системах для решения задач распознавания информационных объектов в распределенной среде. Сформулированы требования к концептуальной структуре репозитория онтологий. Проанализированы направления интеграции семантических поисковых систем с репозиториями онтологий для описания предметной области поиска и требования, предоставляемые поисковыми системами к стандартам онтологических метаданных и формам их представления.

Практическое использование репозиториев обеспечивает пользователей поисковых систем онтологиями, наиболее пригодными для решения стоящих перед ними задач (как с точки зрения релевантности, так и с точки зрения качества), а также позволяет выполнять задачу распознавания различных типов информационных объектов, которые обнаруживает поисковая система.

Ключевые слова: онтология, репозиторий онтологий, информационный объект, семантический поиск, интероперабельность, метаданные, стандарты Semantic Web.

Введение

При разработке интеллектуальных Web-приложений существует определенная специфика: функционируя в открытом информационном пространстве, эти приложения нуждаются в постоянном обновлении знаний и их подкачке из внешней среды. Онтологии представляют собой интероперабельное представление знаний, для которых сегодня уже созданы общепринятые стандарты, языки представления, инструментальные средства редактирования и логического вывода, а также имеется в наличии фундаментальная математическая база. Однако до сих пор нет четко сформулированных методов управления знаниями на основе онтологий, которые можно было бы непосредственно реализовывать в прикладных системах, в особенности – для распознавания различных *информационных объектов* (ИО), представляющих интерес для пользователя и необходимых для решения поставленных им проблем. Именно восприятие и распознавание ИО – наиболее важные задачи при разработке интеллектуальных информационных систем, которые базируются на знаниях [1, 2].

ИО представляет собой некую сущность, содержащую в себе сведения о каком-либо реальном или виртуальном объекте (предмете, существе, событии, процессе и т.д.) – уникально идентифицированной материальной или нематериальной сущности реального мира - и описывающую его структуру, атрибуты, ограничение целостности и, возможно, поведение. Например, объектом может быть человек, публикация, организация, город, а информационным объектом – их описание. В концепции Semantic Web и информационном пространстве Web

информационными объектами являются также такие объекты нематериального мира, как онтологии, программные агенты, Web-сервисы, информационные ресурсы, метаданные, базы данных и т.д.

Поиск ИО может базироваться на онтологии соответствующей предметной области (ПрО). Каждый ИО соответствует некоторому классу онтологии или является экземпляром какого-то класса и имеет заданную этим классом структуру. Например, «Сидоров Иван Иванович» – экземпляр класса «человек», а «научный сотрудник» – подкласс класса «человек». Между ИО могут существовать различные связи, семантика которых определяется отношениями, заданными между соответствующими классами онтологии. Эти отношения также могут использоваться при поиске. Содержательный доступ к систематизированным знаниям и информационным ресурсам заданной области знаний обеспечивается с помощью развитых средств навигации и поиска [3].

Проблема восприятия, распознавания и интерпретации объектов в информационных технологиях – комплексная проблема, которая разбивается на отдельные подзадачи [4]. При этом традиционное распознавание образов, распознавание речи и распознавание текста *являются лишь частными случаями значительно более общей проблемы*. Распознавание предполагает обнаружение в каком-либо информационном ресурсе (ИР) сведений о том или ином ИО, интересующем пользователя. Например, распознавание лиц – это обнаружение в графическом ИР элементов, характеризующих внешние данные ИО типа «человек». При онтологическом подходе задача распознавания может сводиться к задаче классификации, когда ИР и их фрагменты связываются с различными классами и экземплярами классов онтологии интересующей пользователя ПрО. Следует отметить, что такая классификация зависит от онтологии ПрО. Например, один и тот же текстовый ИР для одной онтологии ПрО будет связан с классом «предприятие», а для другой – «географический объект».

В современных интеллектуальных приложениях задача распознавания обычно формулируется следующим образом: необходимо найти (например, через Web):

- *ИР*, релевантные поставленной пользователем задаче;
- *сведения*, относящиеся к некоторым классам онтологии ПрО или к их экземплярам;
- *структуры*, которые отражены при помощи онтологии ПрО и которые являются существенными с точки зрения стоящей перед пользователем проблемы.

Например, пользователю необходимо найти набор исполнителей для выполнения определенной НИР или проекта. Для этого надо:

- 1) найти в Web документы, содержащие описания специалистов в этой ПрО;
- 2) извлечь из этих документов интересующую пользователя информацию о компетенциях (под компетенцией, как правило, подразумеваются личные способности – знания, умения и навыки – специалиста, позволяющие решать определенные классы профессиональных задач, измеряемые на основе системы индикаторов его поведения) и специалистах (например, стаж или место работы);
- 3) создать соответствующие экземпляры онтологии и заполнить значения их свойств.

Следует отметить, что в Европе и в США уже давно ведутся работы по созданию и применению онтологий компетенций для согласования требований к сотрудникам. Онтологические структуры позволяют значительно облегчить поиск информации о специалистах, т.к. значительную часть сведений не надо извлекать повторно из неструктурированных документов.

1 Онтологический подход к представлению знаний в распределенных приложениях

Для интероперабельного представления знаний в Web сегодня все чаще применяют онтологический подход, который обеспечивает повторное и совместное использование накопленных ранее знаний. На современном этапе развития ИТ большинство интеллектуальных Web-приложений использует технологии и стандарты, разработанные в рамках проекта Semantic Web [5], в частности, для представления знаний в таких системах используют онтологии на языке OWL. Управление онтологическими знаниями в среде Semantic Web требует создания соответствующих средств получения, сохранения, поиска и использования знаний с учетом таких свойств среды Web, как динамичность и гетерогенность [6].

В различных источниках предлагаются разные формальные модели представления онтологий. Во всех них присутствует:

- 1) множество терминов (понятий, концептов), которое может подразделяться на множество классов и множество экземпляров;
- 2) множество отношений между понятиями, в котором могут явным образом выделяться отношения «класс-подкласс», иерархические (таксономические) отношения и отношения синонимии (подобия), а также функции – специальный случай отношений, для которых n -й элемент отношения однозначно определяется $n-1$ предшествующими элементами;
- 3) аксиомы и функции интерпретации понятий и отношений.

Формально онтология O представляется тройкой $O = \langle X, R, F \rangle$, где X – множество концептов, R – множество отношений между концептами, F – функции интерпретации концептов из множества X и отношений из R [7]. Данная модель носит общий характер, тогда как на практике пользуются более точными моделями, в частности, связанными со стандартами и языками представления онтологий OWL.

Для представления и обработки OWL существует теоретический базис в виде семейства логик DL, обеспечивающий доказательность логического вывода на онтологиях, а различные средства логического вывода позволяют осуществлять вывод на структурированных данных (OWL и RDF). Проанализировав выразительные возможности разных средств представления онтологий и формальные модели онтологий, можно утверждать, что существующие технологии Semantic Web предлагают разные средства описания онтологий, которые отличаются по своим выразительным возможностям и по своей сложности: RDF Schemas предоставляет простейший уровень для представления онтологий, а OWL Full – наиболее сложный. Выбор средства представления онтологии зависит от специфики проблемы, для которой она разрабатывается.

Онтологию можно рассматривать как основу для представления структуры информационного объекта, которую описывает класс онтологии, а различные ИР – как источники для создания экземпляров этого класса. Такой подход позволяет интегрировать информацию, поступающую из различных источников, и формировать необходимые пользователю знания.

При этом задача подразделяется на несколько подзадач:

- формирование (или поиск) онтологии, отражающей структуру информационного объекта (или множества объектов), знания о которых необходимы пользователю для решения стоящей перед ним проблемы;
- поиск ИР, явно или неявно содержащих сведения об этих ИО;
- извлечение знаний об ИО из ИР;
- представление извлеченных знаний в форме, понятной и удобной пользователю.

2 Многократное использование онтологий для семантического поиска

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению количества онтологий, ставших доступными для повторного использования. Онтология может использоваться как спецификация информационной системы, поскольку она определяет знание, которое требуется для выполнения задач разрабатываемой системы. Совместное и многократное использование онтологий, относящихся к различным ПрО и приложениям, может значительно улучшить архитектуру интеллектуальных информационных систем.

Современные поисковые системы на основе технологий Semantic Web (например, Swoogle и Watson) уже проиндексировали несколько десятков тысяч онтологий [8]. Эта новая информационная среда, в которой онтологии совместно используются и могут быть связаны через Web (сети онтологий), обеспечивает базис Semantic Web, но требует решения новых проблем, связанных с повторным использованием онтологий, их хранением, публикацией, поиском и модуляризацией [9].

В широком смысле задача поиска информации – это процесс выявления в массиве доступной информации тех объектов, которые удовлетворяют некоторым (явно или неявно заданным) условиям. Результатом такого поиска может быть онтология, отдельный документ, фрагмент документа или же сведения о каком-либо объекте заданного пользователем типа (географическом пункте, человеке, организации, товаре и т.д.). В настоящее время информационный поиск – бурно развивающаяся область науки, популярность которой обусловлена экспоненциальным ростом объемов сведений в Web. Его цель – помочь пользователю удовлетворить его информационную потребность.

В общем случае поиск информации состоит из четырех этапов:

- определение информационной потребности пользователя и построение поискового запроса, отражающего эту потребность;
- определение совокупности доступных ИР и их характеристик;
- извлечение информации из выявленных ИР;
- предоставление пользователю результатов поиска в форме, позволяющей обеспечить удовлетворение его информационной потребности.

Существующим информационно-поисковым системам (ИПС) присущ ряд серьезных недостатков. Даже те ИПС, которые используют знания и онтологии, не всегда корректно анализируют контекст для решения проблем омонимии (например, слово «ключ» в зависимости от ПрО может обозначать источник воды или устройство для открывания замков) и синонимии (например, в запросе использовалось слово «болезнь», а в документе «заболевание») в естественном языке (ЕЯ). Кроме того, недостаточно эффективно реализуется извлечение информации из найденных ресурсов, ее сопоставление с тем информационным объектом, который интересует пользователя (например, извлечь из документа биографические сведения об интересующем пользователя человеке, а не просто дать ссылку на содержащий их документ), и интегрирование информации из различных ИР, что требует от пользователя самостоятельно выполнять эту рутинную работу. Это связано с тем, что данные операции нуждаются в знаниях о ПрО поиска, представленных в интероперабельной форме и доступных поисковой системе для повторного использования.

В определенной мере решить проблемы автоматизации создания и пополнения онтологий позволяет использование семантической разметки, формируемой различными микроформатами, Linked Data и семантическими Wiki (OntoWiki, PlatypusWiki, Ikewiki, WikiSAR, Semantic MediaWiki и т.д.). На основе семантически размеченных текстов можно автоматизировать создание онтологий, содержащих термины, соответствующие тегам такой семантической разметки, извлекать информацию о связях между терминами из связей между соответствующим образом помеченными фрагментами текста. Но проблема заключается в том,

что создаваемые подобным образом онтологии используют только те теги, которые отражают информационные интересы определенного сообщества в целом, а не конкретного пользователя, решающего конкретную проблему.

Анализ современных НИР и практических программных разработок в области информационного поиска свидетельствует о том, что при обилии, динамичности и гетерогенности доступной через Web информации, разнообразии средств ее обработки имеется насущная потребность не только в универсальных поисковых алгоритмах и стратегиях, но и в использовании знаний – причем как по тематике ПрО поиска, так и о специфике различных типов ИР, а также об особенностях тех пользователей (людей или программных агентов), для которых предназначены результаты поиска. Использование знаний позволяет уточнить (расширить или сузить) поисковый запрос, обнаруживать некие неявные смысловые соответствия между запросами и информационными ресурсами.

Семантический поиск представляет собой разновидность автоматизированного информационного поиска, в котором учитываются *смысловые аспекты* запроса пользователя, доступных информационных ресурсов (ИР), среди которых осуществляется поиск, и контекста запроса [10]. При семантическом поиске его предметом может быть не конкретный ИР или его фрагмент, а информационный объект определенного класса.

Нередко системы семантического поиска сводят к поисковым системам, способным обрабатывать запросы на ЕЯ [11], или к системам, обрабатывающим метаданные о ресурсах. Однако семантический поиск – это более широкое понятие. Как правило, он предполагает семантический анализ естественно-языковой составляющей объектов и запроса пользователя. Для семантического анализа могут применяться контент-анализ, метод семантических падежей, ассоциативный анализ, метод тематической классификации на основе модели структурного представления текста, семантический дифференциал, латентно-семантический анализ и т.д.

Принципиальная особенность семантического поиска состоит в том, что тем или иным образом анализируются не только формальные параметры рассматриваемых объектов, но и их семантика. Например, при семантическом поиске можно искать не просто человека с заданной фамилией, а компетентного рецензента для заданной научной статьи. Эффективность поиска можно значительно повысить за счет интеллектуального анализа объектов, для которого применяются агентный и онтологический подходы. При этом онтологии могут применяться как для описания семантики контента отдельного документа и его структуры, так и для описания тех объектов, информация о которых нужна пользователю (например, об организациях или о географических объектах).

Например, новый поисковый проект Google Knowledge Graph поможет найти сведения только определенного типа: описания и факты, которые находятся в открытом доступе в Интернете; изображения из Интернета, наиболее релевантные запросу; похожие запросы, которые позволяют получить дополнительную информацию (например, при поиске Эйфелевой башни отображаются также и другие достопримечательности Парижа); местоположение на карте или другие сведения, относящиеся к запросу. При поиске Knowledge Graph не просто ищет вхождение ключевых слов, а анализирует, в каком контексте они употребляются.

При переходе к семантическому поиску возникает проблема *распознавания* различных ИО. Распознавание ИО предполагает обнаружение в каком-либо ИР сведений о том или ином ИО, интересующем пользователя. Распознавание ИО можно рассматривать как частный случай задачи распознавания образов, которое в Википедии определяется как отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных.

При распознавании образов необходимо провести классификацию объектов из заданного множества по имеющимся описаниям объектов и классов [12]. Стандартная постановка задачи распознавания образов заключается в том, чтобы для множества объектов M , описываемых набором признаков, и представляемого в виде объединения непересекающихся подмножеств (классов) $M = \bigcup_{j=1}^p M_j$, таких, что $\forall j \neq k, M_j \cap M_k = \emptyset$, причем для K – части объектов из M , $\forall k_i \in K, i = \overline{1, n}, K \subseteq M$ – известно, к какому именно классу они относятся, требуется по набору значений признаков объектов из $L = M \setminus K$ определить класс этих объектов.

3 Постановка задачи

Создание интеллектуальных систем для поиска и распознавания различных информационных объектов в распределенном информационном пространстве Web требует разработки методов и инструментов, которые способны не только извлекать и обрабатывать новые знания, но и повторно использовать знания, полученные ранее. Одним из возможных решений этой задачи является использование *репозиториев онтологий*, которые обеспечивают хранение, поиск, оценивание и безопасное использование онтологий, а также управление изменениями в них, персонификацией, разделением, отображением и интеграцией. При этом возникает задача формирования требований к метаописаниям онтологий, помещаемых в такие репозитории, и выработка единого стандарта, реализующего эти требования.

В связи с этим становится понятной необходимость исследования того, какие именно сведения об онтологиях позволяют обеспечить их повторное использование в различных интеллектуальных приложениях, в частности, для задач, связанных с семантическим поиском и распознаванием разных типов информационных объектов, соответствующих классам онтологий, и какие функциональные возможности репозиториев онтологий могут для этого использоваться.

4 Источники знаний для семантического поиска

Очевидно, что для семантического поиска необходимы не только методы и алгоритмы обработки семантики ИР, но и формально представленные знания о ПрО поиска, в частности, онтологии соответствующей ПрО. В общем случае можно выбрать один из трех возможных источников таких онтологий – создать новую онтологию, модифицировать уже имеющуюся или найти созданную ранее и удовлетворяющую потребностям пользователя. Для создания онтологий могут быть использованы ручное построение онтологии специалистом ПрО, автоматизированная обработка метаданных об ИР, получение онтологических знаний из естественно-языковых текстов, применение индуктивного вывода. Модификация онтологий может выполняться вручную либо автоматизированно при помощи логических операций над существующими онтологиями (пересечение, объединение, разность и т.д.).

Пользователю надо либо самому создать онтологию, отражающую его информационные интересы к определенной ПрО, чтобы потом использовать ее при поиске ИР, что довольно сложно, либо повторно использовать онтологии, созданные ранее другими исследователями и покрывающие область его интересов, – или непосредственно без каких-либо изменений, или расширяя и изменяя ее. Но для этого пользователю требуются средства для поиска таких онтологий, которые связаны с нужной ему ПрО и обладают требуемой степенью сложности и детальности.

Разработанные W3C стандарты Semantic Web обеспечивают интероперабельное представление знаний в Web. Язык RDF позволяет создавать метаописания ИР, в которых явным

образом описывается их семантика; OWL позволяет представлять знания о ПрО в виде онтологий, которые можно использовать и обрабатывать в различных приложениях; язык запросов SPARQL позволяет извлекать из метаописаний RDF и онтологий OWL необходимые знания. Для обработки OWL-онтологий существует теоретический базис в виде семейства логик DL, обеспечивающий доказательность логического вывода на онтологиях, а различные средства логического вывода (reasoners) обрабатывают запросы к структурированным данным в форматах OWL и RDF.

Пополнение онтологии ПрО может осуществляться при помощи лингвистического анализа текстов, определенных пользователем в соответствии с представлениями о своих информационных потребностях. На сегодняшний день разработан ряд методов и инструментов для автоматизированного построения онтологий и тезаурусов по полнотекстовым ИП. Существуют средства сопоставления запросов и ресурсов, ориентированные на семантический поиск Web-сервисов, которые могут использоваться и для поиска ресурсов других типов, а также средства сопоставления (matching) онтологий (например, онтологии запроса пользователя и онтологии ИП) [13, 14].

Существуют ИПС, ориентированные на поиск в структурированных данных (в частности, представленных в форматах OWL и RDF), например, системы Swoogle, VisiNav, Falcons. Например, Swoogle осуществляет поиск по тексту документов Semantic Web: находит документы, использующие онтологию X или описывающие ресурс Y . Система индексирует документы в форматах N-Triples, RDF/XML и N3 (RDF). При этом обрабатываются как документы, полностью составленные с помощью этих языков, так и Web-страницы, включающие элементы семантического кода. Однако в этих ИПС поиск ведется, как правило, по ключевым словам, и поэтому возникают проблемы с обнаружением онтологии, интересующей пользователя и имеющей приемлемую для него сложность.

Кроме того, основная часть ИП, представленных сегодня в Web, не сопровождается метаданными RDF (а если и сопровождается, то доверие к этим метаданным остается открытым вопросом) или какими-либо онтологиями, а построение онтологий ИП может быть автоматизировано только частично и, в любом случае, требует участия человека на ряде этапов, оставаясь при этом достаточно длительным и трудоемким процессом. Кроме того, процесс сопоставления двух независимых онтологий – сложная и трудоемкая процедура.

5 Репозитории онтологий

Повторное использование и открытый доступ к знаниям являются одним из ведущих мотиваций для Semantic Web. В последние годы онтологии применяются во многих прикладных интеллектуальных информационных системах, особенно в контексте Semantic Web. Следует отметить, что, несмотря на тот значительный интерес, который проявляют украинские [15-17] и российские [18-25] исследователи к самым разнообразным аспектам онтологического анализа – автоматизированному построению онтологий, их сопоставлению, пополнению и анализу, именно вопросы хранения и создания метаописаний онтологий остаются практически не затронутыми. Впрочем, и во всем мире в этом направлении сделано недостаточно для эффективного решения задачи повторного использования онтологий.

Академические и промышленные разработки, связанные с использованием онтологий, обеспечивают новые технологии в этой области. Сегодня в Web находится большое количество онтологий из самых разных ПрО. Но из-за сложности структуры онтологий и их большого количества пользователю тяжело не только вносить в них изменения и дополнения (реинжиниринг), но и вообще найти релевантную по тематике и уровню сложности онтологию. Таким образом, накопилось довольно большое количество онтологий, хранящих интеллект

многих экспертов и разработанных независимыми разработчиками, что вызывает потребность в средствах для их совместного и повторного использования. Это делает актуальной задачу создания репозитория онтологий, предназначенных для обеспечения хранения и поиска онтологий и онтологических модулей.

Первым шагом в этом направлении были подходы по созданию коллекций онтологий и соответствующих им ресурсов. Первоначальные проекты по сбору базы существующих онтологий предлагали создание библиотечных систем, которые предоставляют различные функции для управления, адаптации и стандартизации групп онтологий. Эти системы являются важными средствами для группировки и реорганизации онтологий, для их дальнейшего повторного использования, интеграции, технического обслуживания, отображения и управления версиями. Примерами библиотечных систем являются: WebOnto, Ontolingua, DAML Ontology Library System, SchemaWeb и др.

В последнее время появилось много инициатив в сфере создания семантически организованных информационных пространств, например, рабочая группа Open Ontology Repositories (<http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OpenOntologyRepository#nid17YG>) сообщества Ontolog; Swoogle, WATSON. Однако все эти подходы не позволили обеспечить interoperабельность онтологических знаний, достаточную для поддержки задач семантического поиска и распознавания. Основная проблема заключается в том, что большинство коллекций онтологий предлагают поиск нужной пользователю онтологии лишь по ключевым словам и краткому описанию, что в целом не отражает семантику самих онтологий, и не устанавливает общепринятый стандарт для описания онтологий.

В [26] рассматривается ряд критериев, по которым можно оценивать онтологии, найденные по запросам: внутреннюю сложность (среднее количество отношений между сущностями); охват предметной области (количестве элементов онтологии, содержащих хотя бы одно из указанных пользователем в поисковом запросе ключевых слов); обширность связей с другими онтологиями (количество семантических ссылок на другие онтологии). Однако для получения таких оценок надо либо индексировать каждую доступную онтологию, либо иметь стандартизованные средства представления метаданных об онтологиях.

Репозитории онтологий должны облегчить обнаружение многократно используемых онтологических компонентов (целых онтологий или их частей), соответствующих требованиям пользователя, и совместный общий доступ к ним.

Репозитории онтологий подобны репозиториям данных [27], которые представляют собой наборы цифровых данных, доступные для одной или нескольких сущностей (например, пользователей или систем) для различных целей (например, обучения, административных процедур, исследования), и обладающие рядом характеристик [28]:

- 1) контент помещается в репозиторий его создателем, владельцем или третьей стороной;
- 2) архитектура репозитория управляет как контентом, так и метаданными;
- 3) репозиторий предлагает минимальный набор базовых сервисов, например, получение, поиск, управление доступом;
- 4) репозиторий должен быть устойчивым и надежным, хорошо поддерживаемым и хорошо управляемым.

Но репозитории онтологий имеют ряд специфических свойств, связанных с особенностями тех объектов, для хранения которых они предназначены, – онтологии и их фрагменты могут быть связаны друг с другом.

Репозиторий онтологий (Ontology Repository – OR) – это структурированный набор онтологий (схем и экземпляров), модулей и дополнительных метазнаний, использующий словарь онтологических метаданных. Связи и отношения между онтологиями и их модулями представляют собой семантическую модель репозитория онтологий [29]. Репозиторий онто-

логий состоит из системы управления, во-первых, репозиторием онтологии и, во-вторых, контентом, помещенным в этот репозиторий. В настоящее время активно проводятся научные исследования в направлении организации связей между репозиториями. Решение этой проблемы позволило бы осуществлять глобальный поиск, просмотр, или вывод по репозиториям в глобальном масштабе на основе семантического информационного пространства.

Система управления репозиторием онтологии (Ontology Repository Management System – ORMS) представляет собой программное обеспечение для хранения, организации, изменения и извлечения знаний из репозитория онтологий. ORMS поддерживает семантику для функций хранения, организации, модифицирования и извлечения знаний из репозитория онтологий. Кроме того, в различных реализациях ORMS могут поддерживаться и многие другие функции, связанные с обработкой онтологий. ORMS является аналогом СУБД для работы со специфичным контентом – онтологиями с учетом их семантики.

Примерами внедрения ORMS являются децентрализованная система Oyster [30], централизованная Onthology (<http://www.onthology.org/>) и Generic Ontology Repository Framework (GORF).

Основной целью создания репозиториев онтологий является поддержка доступа к знаниям и их повторного использования человеком и машиной. Репозитории онтологий предназначены для решения различных вопросов, связанных с инженерией онтологий. Одна из ключевых проблем инженерии онтологий – то, что большинство онтологий строят с нуля, а не повторно используют уже существующие, что приводит к лишним инженерным усилиям и затратам. Причиной этого является то, что большинство существующих онтологий строится с учетом конкретного сценария приложения, что делает их подобными заказному программному обеспечению. Такой подход приводит к тому, что онтологии приспособлены для работы с конкретными приложениями, но не представляют собой артефакты знаний в традиционном смысле. При разработке таких онтологий инженеры фокусируются на ожидаемом поведении приложения, а не на повторном использовании и совместимости с другими онтологиями.

Другой проблемой является то, что онтологии, которые пытаются представить знания достаточно широкой ПрО, оказываются слишком громоздкими для эффективного использования. Но и модульности онтологии недостаточно для повторного использования онтологий, если разработчики не могут эффективно находить нужные модули. Поэтому возникает необходимость в соответствующей инфраструктуре, которая поддерживала бы интеллектуальное исследование онтологий и их выбор конечными пользователями.

С технической точки зрения различные практические реализации репозиториев онтологий значительно отличаются друг от друга. Существует проблема интероперабельности между ними, поскольку разработчики применяют разнообразные методы и технологии для интерпретации и использования метаданных. Кроме того, в большинстве существующих репозиториев плохо поддерживаются такие функции, как модуляризация и версионность, так же как и отношения между репозиториями онтологий и средой разработки онтологий для поддержки всего жизненного цикла онтологии.

Несмотря на это, соответствующие компоненты или сервисы на концептуальном уровне являются повторно используемыми для различных технических решений. В [31] представлена концептуальная структура для репозиториев онтологий (рисунок 1). Опираясь на разные реализации репозиториев онтологий, можно определить набор соответствующих компонентов и сервисов, которые должны быть встроены в масштабируемую и надежную структуру. Репозиторий должен обеспечивать поиск онтологий, их удобное для пользователя представление и персонализацию.

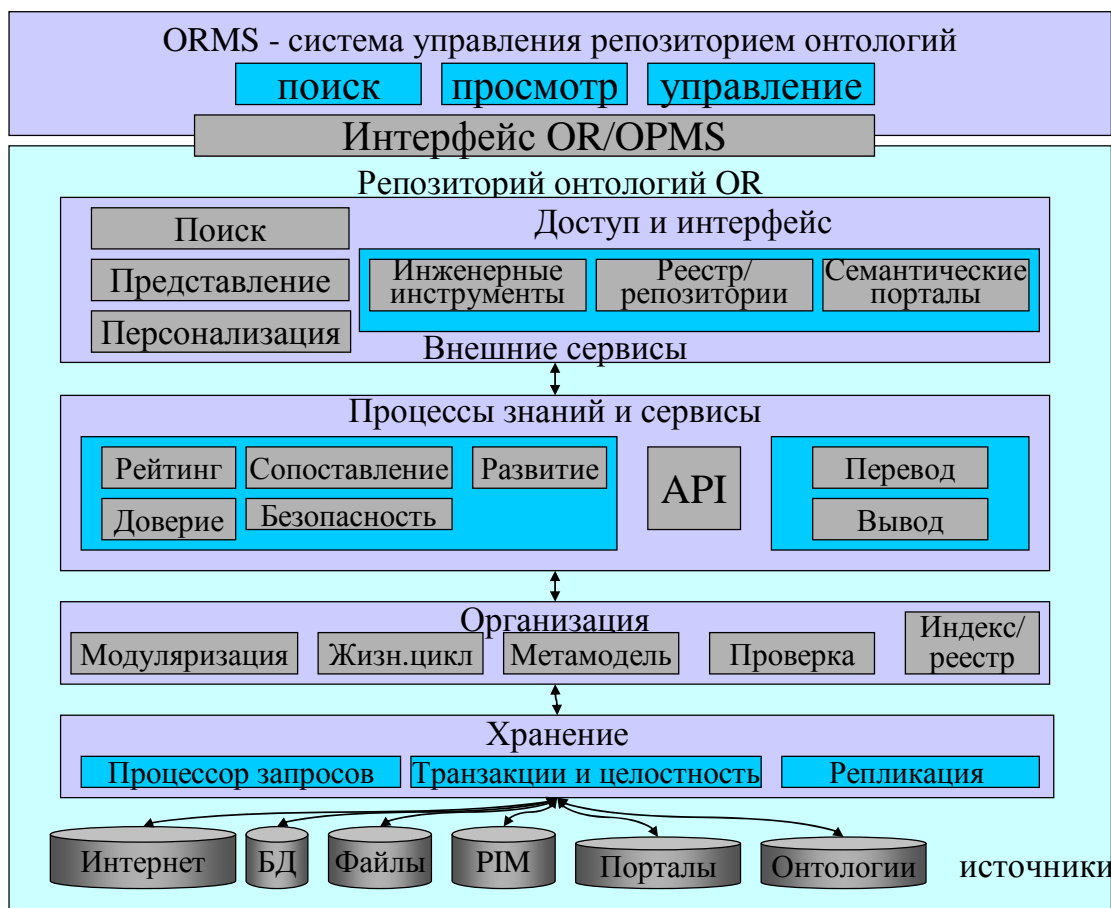


Рисунок 1 - Концептуальная структура репозитория онтологий [31]

В настоящее время повторное использование онтологий для академических и промышленных кругов затрудняет то, что большинство онтологий не сопровождается дополнительной информацией (например, об авторстве, времени создания), подобной предусмотренной в Dublin Core для текстовых документов.

Это связано с отсутствием единого общепринятого стандарта представления сведений об онтологии – как о ее формальных характеристиках, так и о семантике представленных в ней знаний. Потому и возникает необходимость в выработке требований к стандарту метаданных для онтологий, анализ которых обеспечит эффективный поиск и повторное использование созданных ранее онтологических знаний.

6 Стандарты представления метаданных об онтологиях

Репозитории онтологий нуждаются в разработке и использовании стандартов представления метаданных об онтологиях. Уже разработан стандарт метаданных OMV (Ontology Metadata Vocabulary) [31], который используется в децентрализованном репозитории онтологий Oyster. OMV представляет собой модель метаданных для онтологий и связанных с ними сущностей, отражающую ключевые аспекты информации о метаданных онтологии, например, ее происхождении и доступности. OMV реализован в виде онтологии на языке OWL и представляет собой *первый стандарт метаданных для онтологии*. Элементы метаданных в онтологии OMV моделируются либо с помощью классов и экземпляров онтологии, либо с помощью свойств классов (выбор определяется сложностью соответствующего элемента метаданных). Если значения элементов метаданных можно легко сопоставить с обычными ти-

пами данных (числами, литералами, списками значений), то элемент метаданных, как правило, представляется в виде *DatatypeProperty*, а более сложные элементы метаданных моделируются с помощью дополнительных классов, связанных с *ObjectProperties*.

В OMV для описания онтологий используются следующие термины:

- метаданные – данные о данных;
- метаданные онтологии – метаданные, которые предоставляют информацию об онтологии;
- онтология метаданных – онтология, представляющая метаданные;
- элемент метаданных – элемент схемы метаданных (см. таблицу 1);
- OMV (Ontology Metadata Vocabulary) – сокращение для обозначения предлагаемой схемы метаданных онтологии;
- категории метаданных – в OMV различают следующие три категории метаданных для описания онтологического контента: 1) обязательные элементы метаданных (отсутствие любой обязательной записи приводит к неполному описанию онтологии); 2) дополнительные метаданные; 3) расширенные метаданные, которые не входят в ядро схемы метаданных.

Таблица 1 – Шаблон для элемента метаданных в OMV

Name	Имя элемента (entity) метаданных
Type	Тип онтологического примитива, используемого для представления элемента в OWL: <i>Class</i> , <i>ObjectProperty</i> или <i>DatatypeProperty</i> .
Identifier	Уникальный идентификатор, используемый для этого элемента
Occurrence Constraint	Один из следующих: <i>required</i> , <i>optional</i> или <i>extensional</i>
Category	Зависящая от контента категория, к которой относится элемент
Definition	Краткое определение цели, которая может быть детально описана в тэгах комментариев
Domain	Предметная область элемента OMV (для свойств OWL)
Range	Ранг элемента OMV entity (для свойств OWL)
Cardinality	Мощность элемента OMV (MIN:MAX).
OMV version	Версия OMV, в которой представлен элемент
Comments	Детальное описание элемента

Используемые в OMV пространства имен можно отыскать по следующим ссылкам: owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#", rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#", rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#", xsd = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" и omv = "http://omv.ontoware.org/ontology#".

В онтологии OMV представлены такие классы, как *Ontology*, *OntologyType*, *KnowledgeRepresentationParadigm*, *FormalityLevel*, *OntologyTask*, *Location* и т.д., которые позволяют описать различные аспекты возможного применения содержащихся в репозитории онтологий.

Для эффективного использования репозитория онтологий не менее важны, чем средства описания хранящихся в репозитории онтологий, те процессы и сервисы для обработки накопленных в репозитории знаний, которые предоставляются пользователю. К базовым сервисам репозитория онтологий можно отнести средства рейтинг-квалификации, сопоставления и оценки онтологий, обеспечение безопасности их использования.

Средства выставления рейтинга позволяют каждому пользователю репозитория (а не только экспертам), применяя различные метаоценки, высказать свое мнение о представленных в нем онтологиях с точки зрения их полезности для других пользователей. На основании этих метаоценок может быть вычислена сеть доверия (Web of Trust) к онтологическим элементам [32]. При этом каждый элемент оценивается только в целом, а не его специфические

свойства по отдельности, что недостаточно для анализа такого сложного контента, как онтологии [33].

Средства сопоставления онтологий, хранящихся в репозитории, позволяют обеспечить взаимодействия между разными моделями знаний, представленными в них.

В отличие от рейтинг-квалификации (rating) онтологий, которая является достаточно субъективной, оценивание (evaluation) онтологий можно рассматривать как оценивание качества и адекватности онтологии или ее частей в отношении конкретных намерений, цели или контекста. На сегодня существует несколько методов оценивания онтологий. Их обзор приведен в [34]. Выбранные стратегии оценивания могут быть реализованы в соответствующей компоненте репозитория и применяться при поиске онтологий с заданными свойствами.

В связи с правами интеллектуальной собственности, коммерческими лицензиями, патентами или авторским правом не все артефакты знаний могут быть доступны общественности. Поэтому в репозитории должны присутствовать явный контроль доступа и функции управления правами. В то время как доступ к знаниям может быть ограничен, метазнания в OMV [35] остаются доступными и обрабатываемыми. В результате этого коммерчески используемые артефакты знаний могут быть идентифицированы в репозитории, а доступ к ним обеспечивается специализированными сервисами, такими как платежные системы.

7 Интеграция репозитория онтологий с семантической поисковой системой

Чтобы определить, достаточно ли выразительных возможностей OMV и рассмотренных выше функций репозитория онтологий для того, чтобы найти и повторно использовать ранее созданные онтологии ПрО при семантическом поиске, была осуществлена попытка интеграции репозитория онтологий с семантической поисковой системой МАИПС (мультиагентная ИПС).

МАИПС – информационно-поисковая система с развитыми средствами интеллектуализации ее поведения [36] функционально направлена на выполнение сложных многоразовых запросов в довольно узких областях, связанных с профессиональными или научными интересами пользователей, и предоставляет пользователю высоко релевантные результаты поиска. Такие результаты достигаются благодаря ориентации системы на пользователей, имеющих в сети постоянные информационные интересы и требующих постоянного поступления соответствующей информации – для этого МАИПС позволяет сохранять и повторно выполнять запросы, отслеживать появление аналогичных запросов у других пользователей, сохранять формальное описание области интересов пользователя в виде онтологии и т.д. МАИПС может рассматриваться как рекомендующая система, так как при поиске ответа на запрос она учитывает как персональные сведения о каждом пользователе, так и опыт взаимодействия с другими пользователями со схожими информационными потребностями.

МАИПС базируется на технологиях Semantic Web, в частности, использует язык представления онтологий OWL и средства его обработки. Для представления знаний об интересующей пользователя ПрО используются онтологии и тезаурусы ПрО [37, 38]. При этом тезаурус строится пользователем по соответствующей онтологии самостоятельно, а онтология выбирается из набора предложенных на сайте. По мере развития МАИПС возникла потребность в подключении репозитория онтологий, чтобы пользователи могли повторно использовать знания о ПрО, доступные в Web. При этом поиск может осуществляться не только по ключевым словам, а и по другим важным свойствам онтологий. В дальнейшем представляется целесообразным реализовать в репозитории поиск онтологий, похожих на выбранную пользователем онтологию, а также сопоставление построенного пользователем тезауруса с другими онтологиями.

В литературе описано много альтернативных вариантов проектирования систем информационного поиска. Как определить, какой из указанных методов наиболее эффективен в соответствующих приложениях? Наиболее часто используются для этой цели оценки систем информационного поиска [39]. Например, чаще всего для оценки информационного поиска используются два показателя: точность (precision) и полнота (recall).

Пользователь может обращаться к онтологиям, созданным другими пользователями – пересматривать их, задавать по ним контекст поиска, копировать из них нужные фрагменты, но не имеет права изменять их. ИПС может обеспечить поиск онтологий, которые содержат введенные пользователем термины, а также поиск онтологий, похожих на выбранную пользователем онтологию. Это позволяет создавать группы пользователей с общими информационными интересами и предотвратить дублирование в выполнении одинаковых многообразных запросов разных пользователей.

Одна из основных проблем, ограничивающих использование МАИПС, связана с тем, что пользователю для описания Про своих информационных потребностей приходилось затрачивать достаточно значительные усилия на создание соответствующей онтологии либо описывать ее недостаточно точно, пользуясь одной из предложенных в МАИПС онтологий. Кроме того, помещение пользовательской онтологии в МАИПС требовало согласования с администраторами системы, которые проверяли качество онтологии и ее соответствие ряду формальных требований. При использовании внешних репозиториев онтологий эта проблема хотя и не решается полностью, но в значительной мере упрощается – найти достаточно близкую интересам пользователя онтологию позволяют как объем контента таких репозиториев, так и наличие стандарта для описания семантики представленных там онтологий. Кроме того, репозитории обеспечивают ряд качественных оценок хранящихся в них онтологий – как обычными пользователями, так и экспертами. Поэтому интегрирование репозиториев онтологий позволяет значительно расширить область применения поисковой системы, обеспечить ее эффективность при распознавании различных типов информационных объектов и применять совместно с различными интеллектуальными рекомендующими системами.

К сожалению, существующие на сегодня метаданные для описания онтологий OMV слишком сложны для понимания пользователями, не являющимися специалистами в инженерии знаний. Пользователям трудно оценить функциональные возможности таких метаописаний и задавать запросы в терминах онтологии OMV.

Заключение

Актуальность проблемы разработки репозиториев онтологий подтверждается рассмотренными в статье исследовательскими инициативами. В то время как онтологии являются механизмом для интероперабельности и обмена данными между информационными объектами, сами онтологии почти всегда создаются изолированно. Не сформулировано никакого общего представления об аннотации для онтологии посредством метаданных и никаких общих способов идентификации версии онтологии. Различные репозитории онтологий используют разнообразные технологии и методы аннотирования и редактирования онтологий, не ограниченные какими-либо стандартными соглашениями, на протяжении всего их жизненного цикла. Для решения этих проблем важно достигнуть интероперабельности между репозиториями онтологий через общие интерфейсы, стандартные форматы метаданных.

В настоящее время активно проводятся научные исследования в направлении организации связей между репозиториями и разработки стандартов для метаописаний онтологий. Решение этой проблемы позволило бы осуществлять глобальный поиск онтологий и их компонентов в репозиториях не только по ключевым словам, а на уровне их семантики, что должно

обеспечить повторное использование представленных в Web знаний. Практика интеграции существующих репозиториях с семантическими поисковыми системами позволит сформулировать требования к новым стандартам онтологических метаданных и формам их представления. В дальнейшем требуется также исследование подходов к оценке онтологий, их развитию и реинжинирингу, будут предложены новые методы анализа и визуализации онтологий.

Список литературы

- [1] *Borst, W.N.* Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse / W.N. Borst // DrPhD Thesis Enschede, 2008, SIKS, the Netherlands. – 243 p.
- [2] *Гладун, А.Я.* Онтологии как инструмент распознавания интеллектуальных информационных объектов в распределенных приложениях и системах / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогущина // Труды XVIII-ой Международной научно-практической конференции « Информационные технологии в экономике, менеджменте и бизнесе». – К.: Европейский университет, 2012. - С. 51-55.
- [3] *Baclawski, K.* The Open Ontology Repository Initiative: Requirements and Research Challenges / K. Baclawski, T. Schneider // Proc. of the 8th International Semantic Web Conference ISWC-2009, 2009.
- [4] *Гладун, А.Я.* Онтологии в корпоративных системах. Часть II / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогущина // Корпоративные системы. - 2006. - №1. – С. 72-85. - <http://www.management.com.ua/ims/ims116.html>.
- [5] *Semantic Web* – <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>.
- [6] *d'Aquin, M.* WATSON: A Gateway for the SemanticWeb / M. d'Aquin, M. Sabou, M. Dzbor, C. Baldassarre, S. Gridinoc, L. Angeletou, E. Motta // Proc of the 5th International Semantic Web Conference (ISWC), Georgia, USA, 2005.
- [7] *Гаврилова, Т.А.* Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 382 с.
- [8] *Ding, L.* Swoogle: a search and metadata engine for the semantic web / L. Ding, T. Finin, A. Joshi, R. Pan, R.S. Cost, Y. Peng, P. Reddivari, V. Doshi, J. Sachs // Proceedings of the Thirteenth ACM conference on Information and knowledge management, 2004. – P. 652–659.
- [9] *Егоров, Е.А.* Поиск онтологий в технологии Semantic Web / Е.А. Егоров. – http://www.rusnauka.com/29_NIOXXI_2012/Informatica/2_118267.doc.htm.
- [10] *Appelquist, D.* A Standards-based, Open and Privacy-aware Social Web / D. Appelquist, D. Brickley, M. Carvahlo, R. Iannella, A. Passant, C. Perey, H. Story – <http://www.w3.org/2005/Incubator/socialweb/XGR-socialweb-20101206/>.
- [11] *Нгок, Н.* Обзор подходов семантического поиска / Н. Нгок, А.Ф. Тузовский // Доклады ТУСУРа. - 2010. - №2(22), Ч. 2 – <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2010-2-2/234.pdf>.
- [12] *Журавлев, Ю.И.* Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации / Ю.И. Журавлев // Проблемы кибернетики. Вып. 33. – М.: Наука, 1978. – С. 5-68.
- [13] *Noy, N.F.* Ontology Mapping / N.F. Noy // Handbook on Ontologies. Edt. by S. Staab, R. Studer. - Springer, 2009. – P.573-592.
- [14] *Ehrig, M.* FOAM – framework for ontology alignment and mapping; results of the ontology alignment initiative / M. Ehrig, Y. Sure // Proc.of the Workshop on Integrating Ontologies, v. 156, 2005. – P. 72-76.
- [15] *Андон, Ф.И.* Semantic Web как новая модель информационного пространства интернет / Ф.И. Андон, И.Ю. Гришанова, В.А. Резниченко // Проблеми програмування. – 2008. – №2-4. – С.417-430. – http://eprints.isofts.kiev.ua/406/1/%231_D91-c417.pdf.
- [16] *Палагин, А.В.* Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / А.В. Палагин, С.Л. Крытый, Н.Г. Петренко. – Луганск: изд-во ВНУ им.В.Даля, 2012. – 324 с.
- [17] *Величко, В.* Структурирование онтологии ассоциаций для конспектирования естественно-языковых текстов / В. Величко, В. Гладун, Л. Святогор // International Book Series, N.2. Advanced Research in Artificial Intelligence. Supplement to the International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2008. - V. 2. – 153 p.
- [18] *Клещев, А.С.* Структура онтологий предметных областей и их математических моделей / А.С. Клещев, И.Л. Артемьева // Proceedings of the Asian Conference on Intellectual Systems 2001 (PAIS 2001), November 16-17, 2001. - P. 410-420.
- [19] *Ефименко, И.В.* Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 1. Онтологическое моделирование: подходы, модели, методы, средства, решения / И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский // Математические методы анализа решений в экономике, бизнесе и политике. – М.:

- Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 76 с.
http://www.hse.ru/data/2012/12/26/1303510655/WP7_2011_08_1.pdf
- [20] **Гаврилова, Т.А.** Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных систем автоматизации / Т.А. Гаврилова – http://bigc.ru/publications/bigspb/km/ontol_podhod_to_uz.php.
- [21] **Нариньяни, А.С.** ТЕОН-2: от тезауруса к онтологии и обратно / А.С. Нариньяни // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: междунар. семинар Диалог'2002. - М.: Наука. 2002. - Т. 1. - С. 307-313.
- [22] **Добров, Б.В.** Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев - М.: БИНОМ, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2009. – 173 с.
- [23] **Загоруйко, Н.Г.** На пути к автоматическому построению онтологии / Н.Г. Загоруйко, А.М. Налетов, И.М. Гребенкин // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Тр. Междунар. конференции Диалог'2003 (Протвино, 11-16 июня 2003 г.). - М.: Наука, 2003. - С. 717-723.
- [24] **Браславский, П.И.** Тезаурус для расширения запросов к машинам поиска Интернета: структура и функции / П.И. Браславский // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Тр. Междунар. конференции Диалог'2003 (Протвино, 11-16 июня 2003 г.). - М.: Наука, 2003. - С. 95-100.
- [25] **Хорошевский, В.Ф.** Онтологические модели и Semantic Web: откуда и куда мы идем? / В.Ф. Хорошевский // Сб. трудов симпозиума «Онтологическое моделирование». - М.: ИПИ РАН, 2008.
- [26] **Ding, Y.** Ontology library systems: The key to successful ontology reuse / Y. Ding, D. Fensel // Proc. 1st Semantic Web Working Symposium (SWWS'01). - 2001.
- [27] **Heery, R.** Digital repositories review / R. Heery, S. Anderson // Joint Information Systems Committee, 2005. – <http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/digitalrepositories/digitalrepositoriesreview2005.pdf>
- [28] **Hartmann, J.** Ontology Repositories / J. Hartmann, Y. Sure, R. Palma, A. Gomez-Perez. – <http://oa.upm.es/6430/2/OntologyRepositories.pdf>.
- [29] **Hartmann, J.** Ontology Repositories / J. Hartmann, R. Palma, A. Gomez-Perez // Handbook on Ontologies, Edt. by S.Staab, R.Studer, Springer, 2009. – P.551-572.
- [30] **Palma, R.** Oyster – sharing and re-using ontologies in a peer-to-peer community / R. Palma, P. Haase // International Semantic Web Conference, 2005. – P. 1059–1062.
- [31] **Palma, R.** OMV Ontology Metadata Vocabulary for the SemanticWeb / R. Palma, J. Hartmann, P. Haase // 76 p. – <http://kent.dl.sourceforge.net/project/omv2/OMV%20Documentation/OMV-Reportv2.4.1.pdf>
- [32] **Guha, R.** Propagation of trust and distrust / R. Guha, R. Kumar, P. Raghavan, A. Tomkins // Proc. of the Thirteenth International World Wide Web Conference. - ACM Press, 2004. – P. 403–412.
- [33] **Noy, N.F.** User ratings of ontologies: Who will rate the raters? / N.F. Noy, R. Guha, M.A. Musen // Proc. of the AAAI 2005 Spring Symposium on Knowledge Collection from Volunteer Contributors, Stanford, CA, 2005.
- [34] **Vrandečić, D.** How to design better ontology metrics. / D. Vrandečić, Y. Sure // Proceedings of the 4-th European Semantic Web Conference (ESWC'07), Innsbruck, Austria, 2007.
- [35] **Hartmann, J.** OMV – Ontology metadata vocabulary / Hartmann J., Sure Y., Haase P., Palma R., Suarez-Figueroa M. C. // Ontology Patterns for the Semantic Web, ISWC, 2005. – http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F11575863_112#page-1.
- [36] **Gladun, A.** Use of Semantic Web Technologies and Multilingual Thesauri for Knowledge-Based Access to Biomedical Resources / A. Gladun, J. Rogushina // International Journal Intelligent Systems and Applications (IJISA). – 2012. - №1. – P. 11-20. – <http://www.mecs-press.org/ijisa/ijisa-v4-n1/IJISA-V4-N1-2.pdf>
- [37] **Gladun, A.** Ontology-based competency analysis in new research domains / A. Gladun, J. Rogushina // Journal of Computing and Information Technology. - V.23, N.4. - 2012. – P.123-134.
- [38] **Gladun, A.** Semantics-driven modelling of user preferences for information retrieval in the biomedical domain / A. Gladun, J. Rogushina, R. Valencia-García, R. Martínez-Béjar // Informatics for Health and Social Care. – 2012. V.39, N.4. – P. 179-192. – <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/17538157.2012.735730>.
- [39] **Маниннг, К.Д.** Введение в информационный поиск: / К.Д. Маннинг, П. Рагхаван, Х. Шютце [пер. с англ.] — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 528 с.

Сведения об авторах



Гладун Анатолий Ясонович, 1960 г. рождения. Окончил технический университет «Львовская политехника» во Львове (1983). В 1992 г. защитил кандидатскую диссертацию на факультете компьютерных технологий и информатики в Санкт-Петербургском электротехническом университете (ЛЭТИ). Работает заведующим отделом интеллектуальных систем и сетей в Международном научно- учебном центре информационных технологий и систем Национальной академии наук Украины. Участвовал в национальных и международных научно-исследовательских проектах (FP4, FP5, FP6). Научные интересы включают разработку приложений для беспроводных сетей (NGN) и интеллектуальных информационных систем. Автор больше чем 170 научных публикаций. Доцент университета «Киево-Могилянская Академия» (www.ukma.kiev.ua) и Европейского университета в Киеве (<http://e-u.in.ua/eng/>).

Anatoliy Jasonovich Gladun (b. 1960). He received the B.Sc. and M.Sc. degrees from Technical University “Lvivs’ka Politechnika” in Lviv, Ukraine in 1983. He holds a PhD (1992) in Department of Computer Sciences at the Electrotechnical University (Saint-Petersburg, Russia). He is Head of Department of Intelligent Systems and Networks at the International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems (National Academy of Sciences of Ukraine). He has been involved in several national and international research projects (FP4, FP5, FP6). His research interests include the development and application of wireless networks (NGN) and intelligent information systems (Semantic Web). He is the author of more than a 170 publications in conferences, journals and books. He is an Associate Professor at University “Kiev-Mogyla Academy” (www.ukma.kiev.ua) and at European university in Kiev (<http://e-u.in.ua/eng/>).



Рогущина Юлия Витальевна, 1967 г. рождения. Окончила Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко в 1989 г. Степень кандидата физико-математических наук получила в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев, в 1995 г. В настоящее время работает старшим научным сотрудником в Институте программных систем Национальной академии наук Украины. Исследовательские интересы включают разработку методов семантического поиска, онтологический анализ, исследование поведения интеллектуальных программных агентов, разработку алгоритмов индуктивного извлечения знаний, применение технологий Semantic Web. Автор более 150 публикаций в научных журналах и на конференциях, соавтор монографии «Агентные технологии» и нескольких учебников. Принимала участие в ряде национальных научно-исследовательских проектов. Доцент факультета информационных систем Киевского славистического университета (<http://www.ksu.edu.ua/>).

Julia Vitalijevna Rogushina (b. 1967). She received the M.Sc. from Kyiv Taras Shevchenko State University in 1989. Her PhD degree in Computer Science she received in Glushkov’s Institute of Cybernetics, Kyiv, in 1995. She is a senior researcher at the Institute of Software Systems, National Academy of Sciences of Ukraine. Her research interests include the development and application of intelligent information systems; theory of software agents behavior, inductive knowledge acquisition, intelligent information retrieval, ontological analysis, Semantic Web technologies. She has published more than 150 publications in scientific journals and conferences. She is the coauthor of monograph «Agent technologies» and several textbooks. She has been involved in several national research projects. She is an Associate Professor at the Department of Information Systems of Kyiv Slavistic University (<http://www.ksu.edu.ua/>).