

Использование концепции «User as an expert» в разработке мультипредметных веб-ресурсов, основанных на онтологиях

М. Г. Шишаев, П. А. Ломов, В. В. Диковицкий

Аннотация. Рассматривается концепция использования обратной связи с пользователем, названная «User as an expert» («Пользователь в роли эксперта»), при построении мультипредметных веб-ресурсов, использующих для семантического представления контента онтологические модели предметных областей. Рассматривается проблематика приобретения, согласования и интерпретации разнородных знаний, а также основанные на концепции технологии интеграции онтологий и построения пользовательских интерфейсов.

Ключевые слова: *интерфейс, информационный поиск, веб-ресурс, семантика, онтология, интеграция.*

Введение

В данной работе рассматривается специфический класс информационных ресурсов (и, соответственно, поддерживающих/обрабатывающих их систем), называемый «мультипредметными ресурсами». Под мультипредметной понимается информационная система (ИС), предназначенная для эксплуатации пользователями разных категорий. Под категорией пользователя, в свою очередь, в данном контексте понимается некоторое множество субъектов использования ИС, характеризующихся близкими по структуре и содержанию ментальными моделями одной или более предметных областей.

Отметим, что любой информационный ресурс подразумевает использование, в явном или неявном виде, некоторой модели знаний о предметной области ПО, определяющей способы интерпретации информации ресурса. В случае неявного представления подобная модель отражается в логической структуре ресурса, в навигационной структуре его интерфейса, характере контента. Также все более широкое распространение получают ресурсы, использующие явное формализованное представление знаний о предметных областях, обычно, в виде онтологий. Явное представление моделей ПО позволяет сделать контент ресурса более адекватным представлениям пользователей. Такой подход особенно актуален в случае мультипредметного характера ресурса, подразумевающего разнородность его пользователей.

При построении мультипредметных информационных систем естественным образом возникает проблема согласования представлений (ментальных моделей) разных пользователей о смежных или идентичных предметных областях (ПО). Как правило, подобное согласование осуществляется с привлечением экспертов предметной области, ментальные модели которых полагаются эталонными. Однако, такой подход трудно реализуем в случае динамичности представлений о предметной области (характерной для многих сфер современной жизни) или динамичности задач, решаемых с помощью ИС. Модель ПО должна меняться в соответствии с динамикой пользовательских представлений, а высокая стоимость привлечения экспертов ограничивает возможности обеспечения хорошей скорости «реакции» модели ПО, используемой в системе, на изменение ментальных моделей ее пользователей. Следует также отметить, что при согласовании моделей ПО довольно сложно определить универсальные критерии правильности того или иного представления. Единственным верным (хотя и трудноформализуемым), на наш взгляд, критерием является соответствие модели ПО целям использования системы.

В данной статье рассматривается концепция организации мультипредметных информационных систем, основанная на привлечении пользователей к роли экспертов предметной области в ходе эксплуатации ИС, названная «User as an expert». Данная концепция позволяет решить ряд серьезных проблем, связанных с разнородностью и динамикой моделей ПО и характера задач, решаемых системой.

1. Проблематика приобретения, согласования и интерпретации разнородных знаний

Приобретение знаний относится к типовым функциям информационных систем основанных на знаниях (далее также будем использовать термин «интеллектуальные информационные системы» — ИИС). Хорошее качество формализованных (машинопонимаемых) знаний, заложенных в ИИС, является необходимым условием ее эффективной и правильной работы. Поэтому при построении интеллектуальной ИС формирование базы знаний системы является задачей первостепенной важности.

Проблеме приобретения знаний интеллектуальными системами уделяется большое внимание в научных исследованиях отечественных и зарубежных авторов [21, 2, 13, 4]. В качестве общей проблемы существующих методов приобретения знаний, не получившей всеобъемлющего решения, можно обозначить сложность обеспечения соответствия содержания базы знаний системы (модели предметной области) динамике реального мира. Упомянутая динамика характерна для многих предметных областей и выражается в частом изменении ментальных моделей пользователей системы (их представлений об окружающем мире).

Сложность решения данной проблемы обусловлена рядом взаимосвязанных факторов. Так, фаза обучения системы (приобретения знаний), как правило, разделена с фазой ее использования, что обуславливает неминуемую «невязку» между структурой базы знаний системы и реальным миром. Методы обучения ИИС по примерам требуют наличия достаточно большой и актуальной (соответствующей текущим представлениям о предметной области) базы прецедентов [22]. Прямые методы приобретения знаний подразумевают длительные по времени диалоговые процедуры, требующие привлечения экспертов предметной области. Существенным обстоятельством является то, что диалог при этом выпадает из контекста решения прикладной задачи, то есть практического использования ИИС: опрос экспертов является совершенно обособленной процедурой, на выполнение которой должны быть выделены соответствующие временные и иные ресурсы. В условиях динамичности представлений о предметной области это требует постоянного «семантического» сопровождения ИИС: выявления несоответствий базы знаний системы и доминирующими среди специалистов некоторой предметной области ментальными моделями, и последующего «дообучения» или даже переобучения системы.

Перспективным способом практического решения задачи обучения интеллектуальной системы в случае разнородности и динамичности представле-

ний ее пользователей о предметной области является совмещение фаз обучения и использования ИИС. В этом случае пользователь системы одновременно играет роль эксперта («User as an expert»), постоянно корректируя базу знаний ИИС в соответствии с изменением его представлений о мире.

Задача приобретения знаний интеллектуальной системой еще более усложняется в случае мультипредметного характера последней. Это обусловлено разнородностью представлений о смежных и даже идентичных предметных областях со стороны пользователей различных категорий. В связи с этим при создании мультипредметных ИИС возникает проблема интеграции и семантического согласования различных моделей знаний о предметной области или, принимая во внимание тот факт, что наиболее распространенным способом формального представления знаний сегодня являются онтологии [10, 5], проблема интеграции онтологий.

В общем интеграции онтологий принято определять как процесс построения новой онтологии, описывающей некоторую предметную область, на основе имеющихся, онтологий, описывающих схожие между собой предметные области [17].

Выделяют различные уровни интеграции онтологий, в зависимости от числа изменений, которые необходимо сделать, чтобы получить некую общую онтологию из частных [17]:

- соответствие (alignment). Соответствие есть отображение понятий и отношений одной онтологии на другую. Соответствие может быть определено не полностью, так может существовать несколько понятий в одной онтологии, не имеющих своих эквивалентов в другой. Иногда для приведения онтологий в соответствие в них добавляют новые подклассы и суперклассы понятий. Никаких других изменений аксиом, определений, доказательств или вычислений не производится;
- частичная совместимость (partial compatibility). Частичная совместимость есть соответствие онтологий, которое поддерживает также эквивалентные выводы и вычисления для всех эквивалентных понятий и отношений. Если две онтологии являются частично совместимыми, то любой вывод или вычисление, которые могут быть выражены в одной онтологии с использованием понятий и отношений, имеющих своих близнецов, могут быть транслированы в эквивалентный вывод или вычисление в другой онтологии;
- унификация (unification). Унификация есть взаимно однозначное соответствие всех понятий и отношений в двух онтологиях, которое позволяет любой процесс вывода или вычислений, выраженных в одной онтологии, отображать в эквивалентный процесс вывода или вычислений в другой. Обычным способом унификации двух онтологий

является усовершенствование каждой из них в более детальные онтологии, чьи категории взаимно однозначно эквивалентны.

Самой слабой формой интеграции является соответствие, так как она требует минимальных изменений исходных онтологий, но может поддерживать выводы и вычисления. Частичная совместимость требует больших изменений, при этом она обеспечивает более широкую способность к взаимодействию. Унификация или полная совместимость требуют, как правило, значительных изменений или, в некоторых случаях, полной перестройки исходных онтологий, но ее результатом является наиболее полная способность к взаимодействию, то есть все, что может быть сделано в одной онтологии, может быть сделано эквивалентным способом в другой.

На сегодняшний день не существует способов выполнять автоматическое полностью верное сопоставление терминов онтологий при их интеграции. В большинстве случаев машина может лишь предлагать определенные соответствия и проверять валидность соответствий, заданных человеком-оператором. Среди различных подходов для решения проблемы интеграции онтологий выделяют [16]:

1. **Определение отображения.** Объединение онтологий осуществляется их взаимным отображением с помощью специального промежуточного программного агента. Причем отображение может производиться в широких пределах, начиная от простых классов и значений свойств до сложных выражений. Этот подход обеспечивает высокую гибкость, но не может гарантировать сохранения семантики, так как разработчик может определять какие угодно правила отображения, даже если это приводит к конфликтам.

2. **Лексическое связывание.** Данный метод привносит некоторую семантику в процесс отображения. Он предполагает создание общей описательной логической модели, основанной на лингвистических отношениях между онтологиями. Как правило, в системах, использующих этот метод, отношениями являются: синоним (*synonym*), гипоним (*hyponym*), перекрытие (*overlap*), покрытие (*covering*) и несвязность (*disjoint*). В то время как эти отношения подобны конструктам в дескрипционной логике и позволяют формально осуществить отображение терминов, но, используя их, далеко не всегда в достаточной степени можно отразить семантику. Данный подход является в большей мере эвристическим, нежели формальным.

3. **Использование общего основания.** Данный подход предполагает использование некоторой общей онтологии, чьи концепты будут наследоваться интегрируемыми онтологиями. Это позволит решить некоторые семантические конфликты. Минусом может являться тот факт, что не будет возможности устано-

вить, когда это необходимо, прямое соответствие между классами, а только через суперкласс общей онтологии.

4. **Семантические соответствия.** Данный подход позволяет устанавливать прямое соответствие там, где это необходимо. Он заключается в переклассификации [15] концептов одной онтологии в другую. Задача переклассификации состоит в определении отношений членства между рассматриваемым концептом одной онтологии и набором концептов другой. Данный подход также предполагает создание общего словаря в терминах свойств для соотнесения на его основе концептов разных онтологий. Как правило, создание такого словаря осуществляется экспертом, знакомым с проблемами и задачами определенной области знаний, но не имеющего отношения к интегрируемым онтологиям. Основной проблемой данного метода является невозможность, в случае семантически плохо связанных онтологий, создания достаточно полного общего словаря, в результате чего пропадает возможность переклассифицировать некоторые концепты с сохранением их точной семантики.

В процессе интеграции онтологий обычно выделяют два основных этапа [3]:

1. Подготовка программной системой предложений по отображению понятий исходных онтологий в интегрирующую.
2. Использование эксперта для анализа и согласия или несогласия с представленными системой интеграции предложениями.

Если онтологии описаны с помощью различных языков, то предварительно выполняется приведение исходных онтологий к единому представлению, пригодному для последующего их анализа [23]. По представленной схеме, включающей два этапа, функционируют такие программные продукты как — ONION [12], MOMIS [1], PROMPT [14], MAFRA [11], GLUE [7], S-match [9], OntoMerge [8]. В основном они отличаются разной степенью автоматизации первого этапа, а также методиками сравнения семантики понятий интегрируемых онтологий и видом предлагаемых предложений по интеграции. Но все они, так или иначе, требуют привлечения эксперта для анализа результатов своей работы на первом этапе. Это связано с тем, что семантика концептов и отношений в онтологиях определяется формально лишь частично, в соответствии с целевым назначением онтологии, а также ввиду ограничений выразительности языка ее описания. Поэтому гарантировать правильное установление семантической близости автоматически не представляется возможным.

В нашем случае задача интеграции онтологий естественным образом вытекает из мультипредметного характера информационного ресурса: необходимо

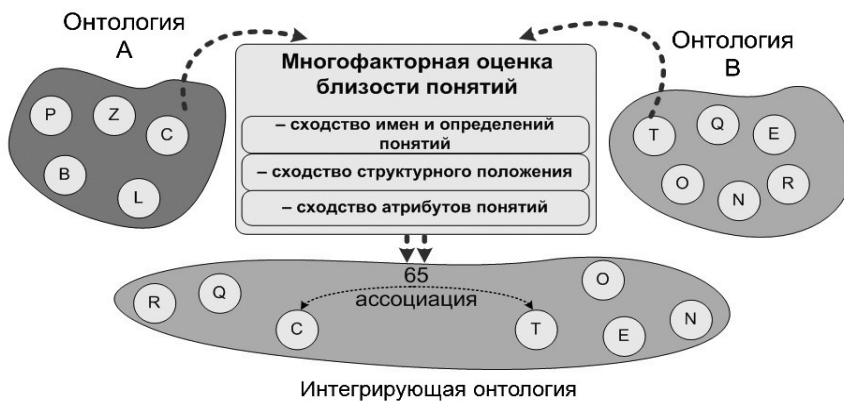


Рис. 1. Интеграция онтологий

одновременно сохранить логическую целостность ресурса и обеспечить его эффективную интерпретацию со стороны различных категорий пользователей, имеющих различающиеся представления об идентичных или смежных предметных областях.

Еще одной специфической проблемой крупных мультимедийных информационных систем, основанных на знаниях, является сложность интерпретации больших объемов разнородной (в том числе — семантически) информации. Структурная сложность (выражаясь терминами общей теории систем), характерная для информационной составляющей современных ИИС, существенно усложнила задачу разработки их программно-алгоритмического обеспечения и заставила в рамках пары «человек-компьютер» искать пути более эффективного использования возможностей первого. Это дало толчок развитию нового направления компьютерной науки — методов визуального анализа [6].

Визуальный анализ можно определить как комплекс методов и технологий визуализации информации, направленных на увеличение эффективности ее интерпретации пользователем. Отображение различных атрибутов информационных объектов на визуальные образы, такие как положение, размер, форма и цвет, усиливает перцепционные возможности пользователя, помогает ему идентифицировать и интерпретировать ментальные шаблоны в больших объемах разнородной информации. В отличие от традиционных подходов к визуализации информации, использующих маловыразительное статичное одиночное изображение, методы визуального анализа ориентированы на обеспечение итеративного процесса создания, изучения и последующей модификации (улучшения информативности) визуального представления сложных информационных объектов. Конечной целью при этом является создание человеко-машинных интерфейсов, минимизирующих потенциальные ошибки из-за неверной интерпретации

информации и обеспечивающих ее визуализацию в темпе, сопоставимом со скоростью мышления пользователя.

В контексте задачи создания и поддержки мультимедийных информационных систем, основанных на знаниях, естественным образом возникает идея согласования способов визуализации информации и организации человеко-машинного диалога с формализованными моделями различных предметных областей, оперируемыми пользователями различных категорий.

2. Применение концепции «User as an expert» в процессе интеграции онтологий мультимедийного веб-ресурса

Предлагаемая в данной статье технология интеграции онтологий предполагает проведение автоматического сопоставления понятий интегрируемых онтологий с помощью составной семантической метрики, учитывающей схожесть неформализованной семантики понятий (названий и значений понятий на естественном языке или их контекстов), множеств их атрибутов и их положения в структуре исходных онтологий. Вычисление данных оценок подробно рассмотрено в работах [19, 20]. Результатом сопоставления является взвешенная связь между понятиями, которая сохраняется наряду с понятиями исходных онтологий в интегрирующей онтологии (рис. 1).

Вес связи определяет возможность представления при обращении пользователя к некоторому понятию его партнера по отношению, что позволит уменьшить число одновременно отображаемых понятий и, тем самым, упростить их визуальное представление.

Особенностью предложенной технологии является учет того обстоятельства, что результат интеграции будет использоваться как основа пользовательского интерфейса мультимедийного веб-ресурса. Это позволяет включить пользователя в процесс интеграции — использовать обратную связь с ним для выполнения корректировки полученного интегрированного представления онтологий. Для этого производится учет дальнейшего использования или не использования связанных отношением ассоциации понятий пользователем в паре в одном

запросе, в результате чего вес связи увеличивается или уменьшается. Впоследствии это приводит к подтверждению отношения или его удалению по достижении весом порогового значения (рис. 2).

В предположении, что основной формой использования ресурса является поиск информации, корректировка весов связей производится после завершения формирования пользователем поискового запроса. Величина изменения зависит от текущего веса связи и характера изменения. Например, если вес маленький и должен уменьшиться, то изменение также незначительно. Такой принцип позволяет предотвратить быстрое уменьшение весов до порога отображения отношения, который регулируется пользователем.

Расчет изменений весов производится по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \partial WU'(t, n_i) &= \\ &= \frac{\sum_{\langle t, n_j \rangle \in (CW/ACW)} (WU_k(t, n_j))}{|ACW|} \cdot (1 - (WU(t, n_i) + \partial WU(t, n))) \end{aligned}$$

— для связей с выбранными понятиями, где $\partial WU(t, n)$ — предыдущее значение изменения веса, ACW и CW — множества связей с выбранными и не выбранными понятиями.

$$\begin{aligned} \partial WU'(t, n_i) &= \\ &= - \frac{\sum_{\langle t, n_j \rangle \in (ACW)} (WU_k(t, n_j))}{|CW/ACW|} \cdot (WU(t, n_i) + \partial WU(t, n)) \end{aligned}$$

— изменение веса для связей с невыбранными понятиями.

Таким образом, пользователь может в процессе работы влиять на результаты интеграции, подтверждая или опровергая установленные отношения и тем самым адаптируя результат в соответствии со своими представлениями о связанных понятиях.

3. Технология динамического формирования пользовательских интерфейсов гетерогенных мультипредметных веб-ресурсов

Мультипредметный веб-ресурс, подразумевающий использование пользователями различных категорий должен иметь адаптируемый пользовательский интерфейс, обеспечивающий представление



Рис. 2. Изменение весов связей при формировании запроса пользователем

ресурса в наиболее удобном и понятном для пользователя той или иной категории виде. Для решения этой задачи предложена технология динамического формирования пользовательских интерфейсов, основанная на интегрированном представлении разнородных семантических моделей предметных областей — базе знаний — и последующей визуализации ее фрагментов, соответствующих стереотипам восприятия пользователя, в виде облака тэгов.

В рамках технологии реализуются три ключевые процедуры:

- 1) идентификация ментального типа (категории) пользователя в форме отображения модели пользователя на общесистемную базу знаний (БЗ);
- 2) визуализация модели знаний пользователя в виде облака тэгов, вершинами которого являются понятия предметной области, а дугами — взвешенные отношения ассоциации между ними;
- 3) коррекция модели пользователя в результате учета статистики выбора тех или иных связанных вершин в ходе навигации и формирования поисковых запросов.

Технология была опробована в рамках мультипредметного веб-ресурса RU-ARCTIC (<http://www.ru-arctic.net/>). Интерфейс формы поиска состоит из строки ввода запроса, поля отображения списка результатов поиска, и поля визуализации фрагмента БЗ, соответствующего запросу (рис. 3). Действия пользователя инициируют изменение весов отношений БЗ, на основании которых производится верификация БЗ и формирование моделей пользователей различных категорий. Начальную базу знаний ресурса RU-ARCTIC составляет тезаурус WordNet [24], расширяемый результатами работы семантического анализатора над тестовой коллекцией документов ресурса. Все документы посвящены различным аспектам освоения Арктики. В качестве основной семантической структуры на начальном этапе выступает тезаурус WordNet, содержащий 104 529 синонимичных рядов и 206 451 отношений

Поле визуализации фрагмента БЗ отображает семантику части документов, соответствующей запросу

су, в едином семантическом пространстве, это позволяет осуществить интуитивно-понятную навигацию в информационном пространстве множества документов и расширить границы взаимодействия пользователя с сервисом поиска. Интерфейс является интерактивным, взаимодействие с пользователем осуществляется путем включения в запрос или исключения из него вершин отображаемого фрагмента БЗ. При выборе вершины изменяется поисковый запрос в строке ввода запроса, отображаются связанные с ней вершины. Достоинством визуального отображения информации является «возможность воспринимать содержимое текста не последовательно, а одновременно. Это позволяет воспринимать структуру связей предметной области в комплексе, притом именно в том, который соответствует связям, сформированным специалистом, а не формировать его самостоятельно при прочтении груды технической документации» [18]. Таким образом, одним взглядом можно охватить всю предметную область запроса, осуществлять навигацию в информационном пространстве ИИС, итеративно уточняя или расширяя запрос путем исключения или включения в него вершин семантической сети. Подобный интерфейс освобождает пользователя от необходимости выполнения множества простых запросов или формирования сложного запроса в режиме командной строки.

Эффективность предложенной технологии формирования пользовательских интерфейсов была проверена путем натурального эксперимента с привлечением тестовой выборки пользователей, которым предлагалось решить схожие информационно-поисковые задачи с помощью существующих поисковых систем с использованием интерфейса командной строки и с помощью динамического адаптивного интерфейса. Поиск осуществлялся по одной коллекции документов. Оценивались результаты и процесс поиска. При этом в качестве критериев оценки выступали скорость поиска — время, затраченное на удовлетворение информационной потребности, выраженной одним запросом; точность — соответствие результатов запросу; и полнота результатов — полнота охвата документов с упоминанием об объекте поиска. Для оценки альтернатив экспертам была предложена лингвистическая шкала измерений.

Оценка i -й альтернативы производилась j -м экспертом по формуле:

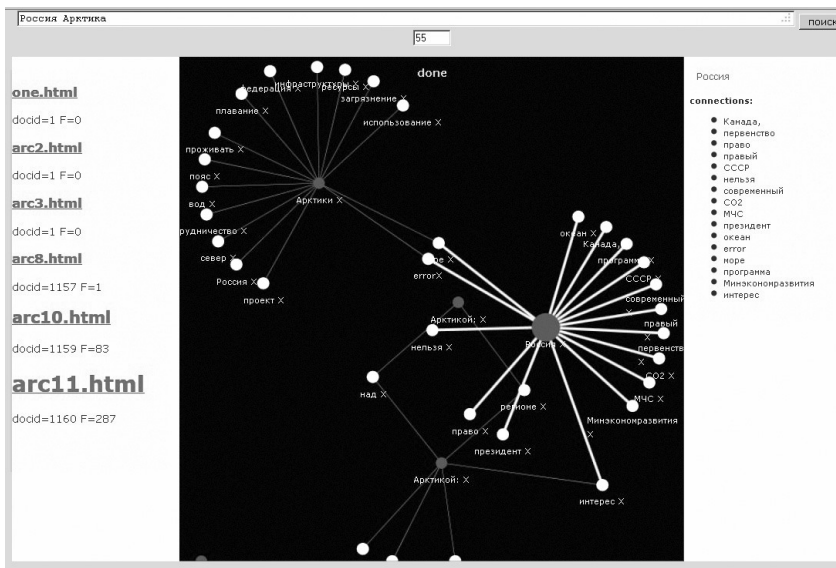


Рис. 3. Интерфейс формы поиска

$$v_{ij} = 1 - \frac{(l-1)}{k},$$

где l — индекс значения лингвистической шкалы;
 k — количество значений этой шкалы.

Для оценки i -й альтернативы n экспертами используется формула:

$$s_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}.$$

Результаты экспертной оценки характеристик, вычисленные по этим формулам, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспертная оценка показателей использования интерфейса

Оцениваемые характеристики	Используемый метод поиска документов	
	поиск по ключевым словам с использованием интерфейса командной строки	поиск с использованием динамического адаптивного интерфейса
Скорость	0,45	0,82
Точность	1,0	0,91
Полнота	0,73	0,94
Среднее значение оценок	0,72	0,89

Как видно из таблицы, поиск с использованием динамического адаптивного интерфейса показал лучшие результаты. Высокая точность поиска с ис-

пользованием интерфейса командной строки обусловлена знакомством пользователей из тестовой группы с предметной областью (отсутствием неопределенности при формировании запроса), а также малым объемом коллекции документов. Тем не менее, результаты экспериментов позволяют сделать вывод о корректности и обоснованности использования динамической автоматически формируемой и верифицируемой базы знаний для реализации динамического интерфейса мультипредметных веб-ресурсов.

Заключение

Использование онтологий предметных областей при разработке мультипредметных веб-ресурсов позволяет представлять смысловое содержание информационных фрагментов в машинопонимаемом виде, тем самым создавая предпосылки для реализации различных сценариев их семантической обработки, а также выполнения семантического поиска. Однако это в свою очередь приводит к необходимости решения задачи интеграции онтологий, что серьезно осложняет разработку и дальнейшую поддержку веб-ресурса. Представленная в статье технология интеграции онтологий, в основе которой лежит концепция «User as an expert», позволяет неявно привлечь пользователя для корректировки результатов автоматической оценки близости понятий из разных онтологий, и тем самым избежать необходимости привлечения экспертов. Наряду с этим, технология также позволяет получить интегрированное представление понятийных систем разнородных онтологий, отражающее субъективный взгляд пользователя на взаимосвязи понятий, которое составляет основу динамического пользовательского интерфейса, обеспечивающего представление контента веб-ресурса, а также результаты поиска информации в удобном и понятном для пользователя виде.

Литература

1. *Bergamaschi S., Castano S., Vincini M., Beneventano D.* Semantic integration of heterogeneous information sources. Special Issue on Intelligent Information Integration, *Data & Knowledge Engineering*, 36(1): 215–249, 2001.
2. *Boose J.* A survey of knowledge acquisition techniques and tools // *Knowledge Acquisition*. V. 1, No 1. (March 1989), p. 3–37.
3. *de Bruijn J., Martin-Recuerda F., Manov D., Ehrig M.* State of the art: survey on ontology merging and aligning v1. SEKT, Deliverable D4.2.1, 2004.
4. *Buchanan B. G., Wilkins D. C.* Readings in Knowledge Acquisition and Learning: Automating the Construction and Improvement of Expert Systems. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA., 1993.
5. *Chandrasekaran B., Josephson J. R., Benjamins V. R.* What are Ontologies, and Why Do We Need Them? // *IEEE Intelligent Systems & their applications*, January/February, 1999. P. 20–26.
6. *Cook K.* Illuminating the path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics, National Visualization and Analytics Center, 2004.
7. *Doan A., Madhavan J., Domingos P., Halevy A.* Ontology matching: A machine learning approach. In Steffen Staab and Rudi Studer, editors, *Handbook on Ontologies in Information Systems*, p. 397–416. Springer-Verlag, 2004.
8. *Dou D., McDermott D., Qi P.* Ontology translation by ontology merging and automated reasoning, EKAW'02 workshop on Ontologies for Multi-Agent Systems. Spain, 2002. p. 3–18.
9. *Giunchiglia F., Shvaiko P.* Semantic matching. *The Knowledge Engineering Review*, 18(3): p. 265–280, 2004.
10. *Guarino N.* Formal Ontology and Information Systems. In: *Guarino N.* (ed.) Proc. 1st Int'l Conference on Formal Ontology in Information Systems, 3–15. IOS Press/Ohmsha, 1998.
11. *Maedche A., Motik B., Silva N., Volz R.* Mafra a mapping framework for distributed ontologies. In Proceedings of the 13th European Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management EKAW-2002, Madrid, Spain, 2002.
12. *Mitra P., Wiederhold G., Decker S.* A scalable framework for interoperation of information sources, The 1st Intern. Semantic Web Working Symp., SWWS'01, Stanford University, CA, 2001.
13. *Moulin B., Rousseau D.* Automated Knowledge Acquisition from Regulatory Texts. In *IEEE Expert Intelligent Systems & their Applications*. V. 7, No 5, October 1992, p. 27–35.
14. *Noy N., Musen M.* The PROMPT Suite: Interactive Tools For Ontology Merging And Mapping, Stanford Medical Informatics, Stanford Univ., 2003.
15. *Stuckenschmidt H., Visser U.* Semantic translation based on approximate re-classification. In *International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. Breckenridge, 2000, p. 110–118.
16. *Wache H., Vogele T., Visser U., Stuckenschmidt H. et al.* Ontology-Based Integration of Information — A Survey of Existing Approaches // *Proceedings of the IJCAI-2001 Workshop: Ontologies and Information Sharing*. Seattle, WA, 2001. P. 108–117.
17. *Клецев А. С., Артемьева И. Л.* Математические модели онтологий предметных областей. Часть 3. Сравнение разных классов моделей онтологий // *Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы*. № 4, 2001. С. 10–15.
18. *Кулешов С. В.* Разработка автоматизированной системы семантического анализа и построения визуальных динамических глоссариев: Автореф. дисс. канд. техн. наук. СПб., 2005. 20 с.
19. *Ломов П. А.* Метод и технологии семантической обработки информации для государственного и муниципального управления: Дисс. канд. тех. наук. М., 2011. 143 с.
20. *Маслобоев А. В., Ломов П. А.* Подходы к интеграции разнородных онтологий на основе формальных и

- неформальных методов оценки их семантической близости // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2010. № 4(22). Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2011. С. 42–46.
21. *Осинов Г. С.* Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, Физматлит, 1997.
 22. *Осинов Г. С.* Лекции по искусственному интеллекту. М.: Красанд/URSS, 2009. 272 с.
 23. *Скворцов Н. А.* Вопросы согласования неоднородных онтологических моделей и онтологических контекстов. Труды Симпозиума «Онтологическое моделирование», г. Звенигород, 19–20 мая 2008 г. / Под ред. Л. А. Калининченко. М.: ИПИ РАН, 2008. С. 149–166.
 24. *Сухоногов А. М.* Разработка русского WordNet // *Сухоногов А. М., Яблонский С. А.* Труды 6-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL2004, Пушкино, Россия, 2004.

Шишаев Максим Геннадьевич. Зав. лабораторией Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, д. т. н, профессор. Окончил в 1993 г. Санкт-Петербургский государственный технический университет. Количество печатных работ: 100. Область научных интересов: распределенные информационные системы, проблемно ориентированные информационные системы, системы информационной поддержки инноваций, интегрированные научно-образовательные информационные системы, прикладные проблемы информационной безопасности, технологии построения распределенных геоинформационных систем, проблемы региональной информатизации. E-mail: shishaev@iimm.kolasc.net.ru

Ломов Павел Андреевич. Младший научный сотрудник Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, к. т. н. Окончил в 2006 г. Кольский филиал Петрозаводского государственного университета. Количество печатных работ: 18. Область научных интересов: онтологическое моделирование, семантика веб, сетевые технологии, защита информации. E-mail: lomov@iimm.kolasc.net.ru

Диковицкий Владимир Владимирович. Стажер-исследователь Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Окончил в 2009 г. Кольский филиал Петрозаводского государственного университета. Количество печатных работ: 18. Область научных интересов: семантический поиск, онтологический инжиниринг. E-mail: lomov@iimm.kolasc.net.ru