

Н.Г. ШИЛОВ
**СОГЛАСОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ В ГРУППОВЫХ
РЕКОМЕНДУЮЩИХ СИСТЕМАХ:
ПОЛИМОДЕЛЬНЫЙ МЕТОД И ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ**

Шилов Н.Г. **Согласование онтологий в групповых рекомендующих системах: поли-модельный метод и типовые модели**

Аннотация. Статья предлагает метод и комплекс типовых моделей для решения проблемы согласования онтологий, обозначенной в предыдущей публикации автора. Предложенный метод объединяет лексический, структурный и семантический подходы. Представленные типовые модели интеграции знаний и согласования элементов онтологий могут существенно ускорить процессы интеграции знаний и согласования онтологий за счет использования схем, основанных на знании типовых решений.

Ключевые слова: согласование онтологий, групповые рекомендующие системы, типовые модели.

Shilov N.G. **Ontology matching in group recommending systems: polymodel approach and patterns**

Abstract. The paper proposes a method and a set of patterns for the problem of ontology matching, identified in the previous work of the author. The proposed method integrates the lexical, structural and semantic approaches. The presented patterns for knowledge integration and ontology alignment can significantly facilitate the process of ontology matching due to usage of the schemes based on typical solutions.

Keywords: ontology matching, group recommending systems, patterns.

1. Введение. В последнее время интерес к созданию рекомендующих систем значительно возрос, о чем свидетельствуют следующие факты:

1. Появление конференций, посвященных исключительно созданию рекомендующих систем (например, ACM Recommender Systems с 2007) и включение секций, посвященных созданию рекомендующих систем, в конференции по смежным областям исследований: базам данных, информационным системам, адаптивным системам (ACM Special Interest Group on Information Retrieval (SIGIR), User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP) и др.).

2. Специальные выпуски академических журналов, посвященные созданию рекомендующих систем: AI Communications (2008); IEEE Intelligent Systems (2007); International Journal of Electronic Commerce (2006); International Journal of Computer Science and Applications (2006) и др.

Групповые рекомендующие (рекомендательные) системы широко используются в Интернет для подбора изделий и услуг индивидуаль-

ным пользователям, учитывая их предпочтения и вкусы [11], в различных бизнес-приложениях (например, [20, 5]). Определение рекомендаций для групп пользователей усложняется необходимостью учитывать не только индивидуальные интересы, но и искать компромисс между интересами группы пользователей и их индивидуальными интересами. В [3] предложена архитектура групповой рекомендующей системы, основанная на трех компонентах: (а) поиск характерных элементов в профилях индивидуальных пользователей, (б) группировка (кластеризация) пользователей на основе их предпочтений (например, [24]) и (в) разработка окончательных рекомендаций на основе созданных групп пользователей. Разработка алгоритмов кластеризации, способных непрерывно улучшать структуру групп на основе постоянно поступающей информации может сделать возможным самоорганизацию пользователей в группы [10].

Среди основных проблем, указанных в [28], были перечислены в том числе и следующие:

1. *Представление комплексной проблемной области.* Описание проблемной области на основе комплекса мультидисциплинарных интеллектуальных моделей, интегрируемых посредством общей онтологии проблемной области, предоставит возможность разбиения комплексной проблемной области на более простые подзадачи, а также использования существующих моделей и онтологий, описывающих различные аспекты рассматриваемой проблемной области.
2. *Объединение мультидисциплинарных моделей.* Онтологическое описание сетевых организаций с помощью единого формализма, в отличие от других методов описания, позволит избежать многочисленных переводов информации и знаний из одного формализма в другой, а также повторной формализации проблемы при структурном синтезе их облика.

Представление знаний об облике сетевых организаций на основе формализма объектно-ориентированных сетей ограничений позволит интегрировать объектно-ориентированное представление информации и знаний с технологией удовлетворения ограничений. Использование типовых решений при управлении сетевыми организациями с динамической структурой позволит повысить эффективность технологии удовлетворения ограничений за счет использования схем, осно-

ванных на знании типовых решений (известных базовых структур сетевых организаций).

Решение данных проблем подразумевает интенсивное использование онтологий для обеспечения общей семантики [27], а также типовых решений для повышения эффективности работы системы. В данной статье предлагается метод согласования онтологий (часть 2), а также типовые модели отнолого-ориентированной интеграции знаний (часть 3) и соответствия элементов онтологий (часть 4).

2. Метод согласования онтологий. При разработке метода согласования онтологий был выполнен обширный анализ литературы, охватывающий около 20 систем / подходов / проектов, направленных на решение данной проблемы. Среди них можно выделить следующие: GLUE System [8, 7], Falcon-AO [14], MLMA [1], Hovy [13], SKAT [18], ONION [19], Promt [22], H-Match [4], CTX-MATCH [25], SMART [21], Cupid [16], COMA [2], Similarity Flooding Algorithm [17], Agreement-Maker [6], Pattern Based Approach [23], MinSMATCH [12], OntoView [15], Chimaera [16].

Предложенный метод согласования онтологий представлен на Рис. 1. Детальное описание подхода представлено в [26]. Данный метод объединяет (1) «лексические» способы, сравнивающие текстовые строки, языки, лингвистику и ограничения в онтологиях, (2) «структурные» подходы, основанные на сравнении графов или таксономий онтологий, и (3) «семантические» подходы, использующие для сопоставления семантическую интерпретацию, которая предлагается моделями представления онтологий.

3. Типовые модели онтолого-ориентированной интеграции знаний. В предлагаемом подходе процессы интеграции знаний при объединении информационных систем поддерживаются технологией управления онтологиями. Выполненный анализ задач, подразумевающих интеграцию знаний, позволил выделить список типовых моделей интеграции знаний (данный список не претендует на полноту).

Типовые модели интеграции знаний продемонстрированы с помощью следующего примера. Пусть даны две онтологии (А и В) с некоторой структурой знаний (рис. 2). Существует неявное отношение между двумя первичными узлами знаний, обозначенными a_3 из А и b_2 из В. Необходимо интегрировать эти два источника, сохранив внутреннюю структуру, и выявив неявные связи, указанные выше.

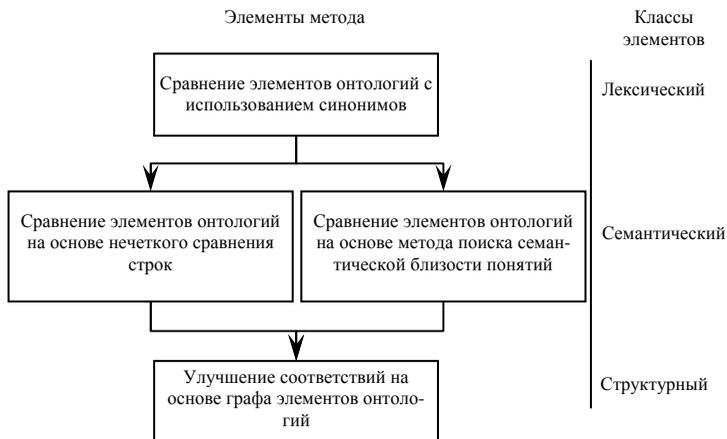


Рис. 1. Полимодельный метод согласования онтологий.

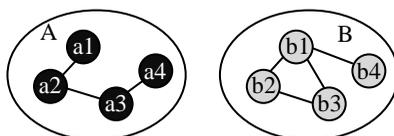


Рис. 2. Исходные онтологии.

Выборочная интеграция (рис. 3) используется при создании общей онтологии. Создаётся новая онтология, которая содержит требуемые части исходных онтологий. Исходные онтологии сохраняют свою структуру и независимость.

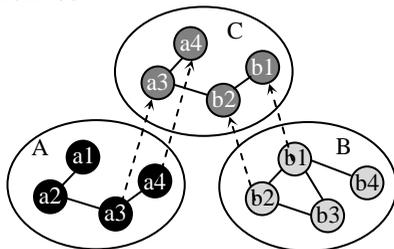


Рис. 3. Выборочная интеграция.

Простая интеграция (рис. 4) используется при создании библиотеки онтологий и дальнейшей работе с ней. Создаётся новая «суперонтология», которая включает в себя исходные онтологии. Исходные

онтологии сохраняют свою структуру, но теряют (полностью или частично) свою независимость.

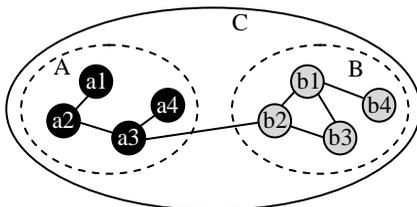


Рис. 4. Простая интеграция.

Расширение (рис. 5) используется при создании картограммы знаний и внутренней базы знаний, а также при дальнейшей работе с ними. Одна из исходных онтологий расширяется таким образом, что включает в себя требуемые элементы другой онтологии, которая при этом сохраняет свою структуру и независимость.

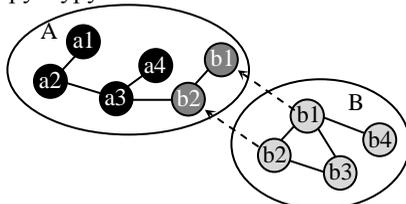


Рис. 5. Расширение.

Поглощение (рис. 6) используется при добавлении новой, относительно небольшой онтологии в систему. Одна из исходных онтологий расширяется таким образом, что включает в себя все элементы добавляемой онтологии, которая сохраняет внутреннюю структуру, но теряет (полностью или частично) свою независимость.

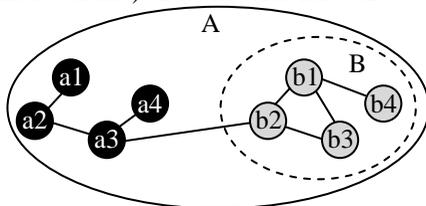


Рис. 6. Поглощение.

Полная интеграция (рис. 7) используется при интеграции знаний при работе системы. Создаётся новая (возможно, временная) онтология, которая содержит в себе (полностью или частично) исходные он-

тологии. Исходные онтологии «растворяются» внутри новой онтологии и не сохраняют ни своей изначальной структуры, ни своей независимости.

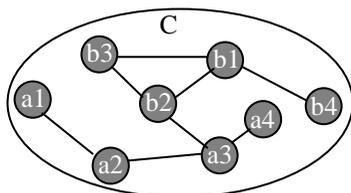


Рис. 7. Полная интеграция.

Предполагается, что использование типовых моделей интеграции знаний может существенно ускорить процессы интеграции знаний благодаря типизации схем интеграции.

4. Типовые модели соответствия элементов онтологий. Соответствие онтологий (ontology alignment) задается как множество соответствий между элементами рассматриваемых онтологий [9]. Далее рассматриваются типовые модели ситуаций, возникающих при согласовании онтологий, и способы их разрешения. Данные модели обладают свойством симметричности, т.е. их можно использовать как в прямом, так и в обратном направлении.

При описании типовых моделей соответствия элементов онтологий рассматривается задача объединения двух онтологий в общую онтологию, и используются следующие обозначения:

Source – отображаемая онтология;

Destination – онтология, в которую строится отображение;

○ – класс;

● – атрибут;

— – ассоциативная связь;

∩ – иерархическая связь или связь “класс-атрибут”;

↗ – найденное соответствие.

Отображение класса в класс (Рис. 8). Класс a'' из Source соответствует (отображается) классу a' из Destination, подкласс b'' класса a'' не находит отображения в Destination. В этом случае поиск «в глубину» не заканчивается, и, если подкласс c'' класса b'' соответствует классу c' из Destination, то класс c' становится подклассом класса a' , а класс c'' становится подклассом класса a'' . Эксперты могут принять решение о включении класса b'' в общую онтологию.

Отображение атрибута во множество атрибутов (Рис. 9). Атрибут $attr''$ класса a'' из Source отображается в несколько атрибутов

(множество атрибутов) $ATTR'$ класса a' из Destination. В этом случае все атрибуты из множества $ATTR'$ и методы для перевода их значений добавляются в общую онтологию.

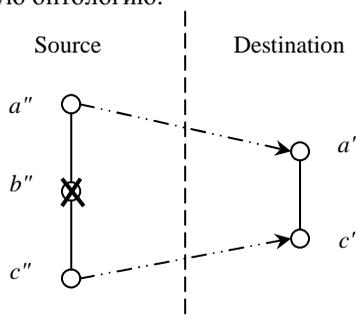


Рис. 8. Отображение класса в класс.

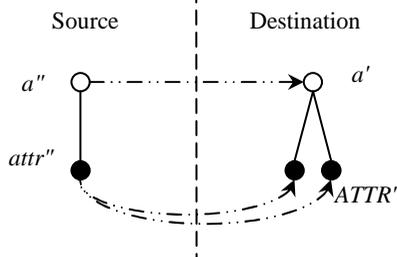


Рис. 9. Отображение атрибута во множество атрибутов.

Отображение класса во множество классов (Рис. 10). Класс a'' из Source отображается в несколько классов (множество классов) A' из Destination. В данном случае все классы из множества A' и условия выбора класса из множества в зависимости от ситуации добавляются в общую онтологию. Атрибуты и подклассы класса a'' отображаются в атрибуты и подклассы классов из множества A' .

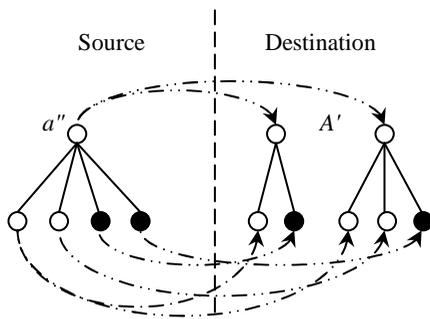


Рис. 10. Отображение класса во множество классов.

Отображение класса в атрибут (Рис. 11). Класс a'' из Source отображается в класс a' из Destination; класс b'' ассоциативно связанный с классом a'' , отображается в атрибут $attr'$ класса a' из Destination. В этом случае все атрибуты и подклассы класса b'' отображаются в атрибут $attr'$ с добавлением соответствующих методов по преобразованию и условий выбора.

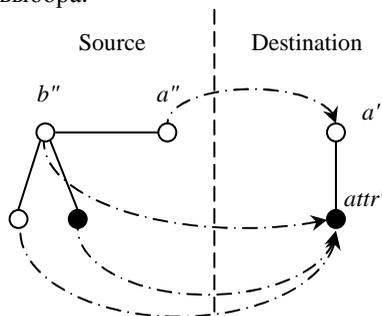


Рис. 11. Отображение класса в атрибут.

Отображение подкласса в атрибут (Рис. 12). Класс a'' из Source отображается в класс a' из Destination; подкласс b'' класса a'' отображается в атрибут $attr'$ класса a' . Для данного случая все подклассы класса b'' отображаются в атрибут $attr'$ или другие возможные атрибуты класса a' с добавлением соответствующих методов по преобразованию и условий выбора.

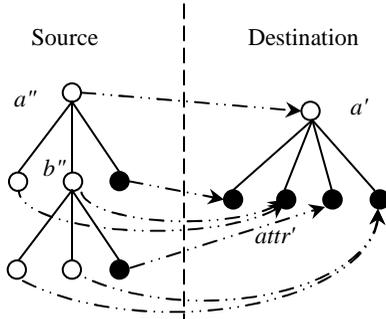


Рис. 12. Отображение подкласса в атрибут.

5. Пример согласования онтологий. В данном случае приводится пример согласования основной онтологии-приложения (АО) рекомендующей системы в области конфигурирования автомобилей с онтологией источника знаний (PKSO) с целью построения их общей онтологии (KSO). Таксономия онтологии АО представлена на рис. 13. Источником знаний в данном примере является база данных, онтология которой (PKSO) представлена на рис. 14.

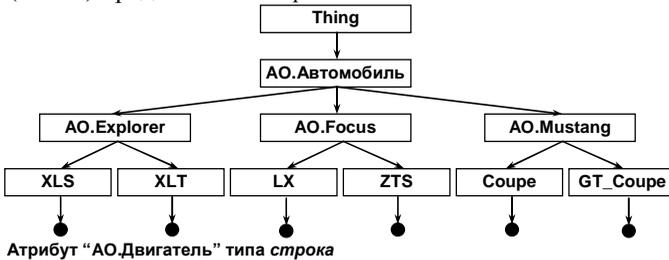


Рис. 13. Таксономия АО.

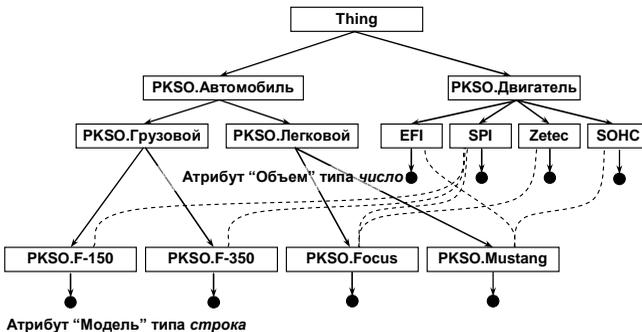


Рис. 14. Таксономия PKSO.

В примере используются следующие понятия *PseudoParent* и *RemotePseudoParent*.

Класс o_p является *PseudoParent* порядка n для класса o , если существует последовательность классов длиной n , начинающаяся с o_p и заканчивающаяся o , в которой все классы связаны таксономическим отношением «быть экземпляром», то есть, класс o_p находится в таксономии выше, чем класс o .

Например, класс *PKSO.Автомобиль* является *PseudoParent* класса *PKSO.Focus* *PseudoParent* третьего порядка для онтологии PKSO (рис. 15)

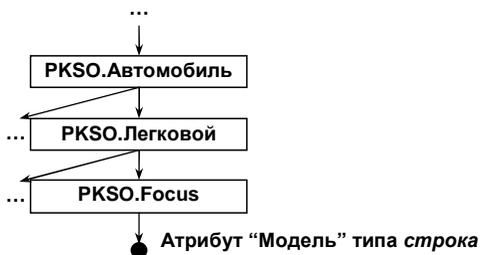


Рис. 15. Пример отношения *PseudoParent* третьего порядка.

Класс o_p является *RemotePseudoParent* порядка n для класса o , если существует последовательность классов длиной n , начинающаяся с o_p и заканчивающаяся o , в которой все классы связаны таксономическим отношением «быть экземпляром» или ассоциативным отношением, то есть, класс o_p или (1) стоит в таксономии выше, чем класс o , или (2) связан с классом o ассоциативной связью непосредственно или опосредовано через другие классы.

Например, класс *PKSO.Focus* является *RemotePseudoParent* класса *SPI* второго порядка (рис. 16).

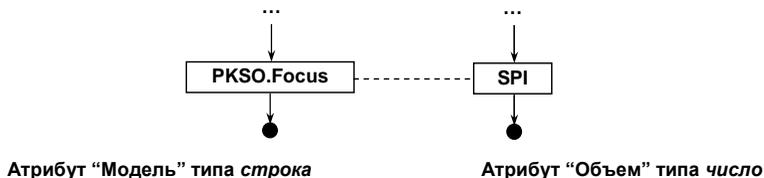


Рис. 16. Пример отношения *RemotePseudoParent* второго порядка.

Простое отображение «Класс-в-класс» (рис. 17):

$o'' = PKSO.Автомобиль$, $O' = \{o'\}$, $o' = AO.Автомобиль$.

Отображение «Класс-в-класс» (рис. 18)

$o'' = PKSO.Focus$, $O' = \{o'\}$, $o' = AO.Focus$.
 $o''_1 = PKSO.Автомобиль$ (PseudoParent класса $PKSO.Focus$), $o'_1 = AO.Автомобиль$ (PseudoParent класса $AO.Focus$); класс $PKSO.Автомобиль$ уже отображен в класс $AO.Автомобиль$.

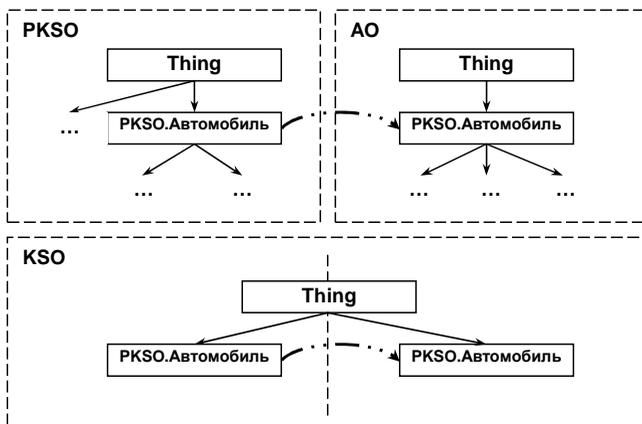


Рис. 17. Случай простого отображения «Класс-в-класс».

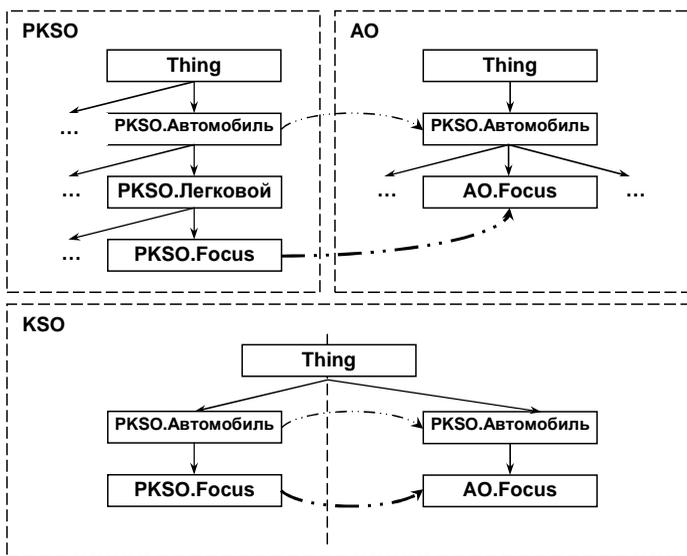


Рис. 18. Случай отображения «Класс-в-класс».

Отображение «Атрибут-в-класс» (рис. 19)

$q'' = \text{Модель}$, $O' = \{o'_1, o'_2\}$, $o'_1 = LX$, $o'_2 = ZTS$.

$o'' = PKSO.Focus$ (уже отображен), $o'_1 = AO.Focus$ (*RemotePseudoParent* классов *LX* и *ZTS*, так как связан с ними иерархическими отношениями); класс *PKSO.Focus* уже отображен в класс *AO.Focus*.

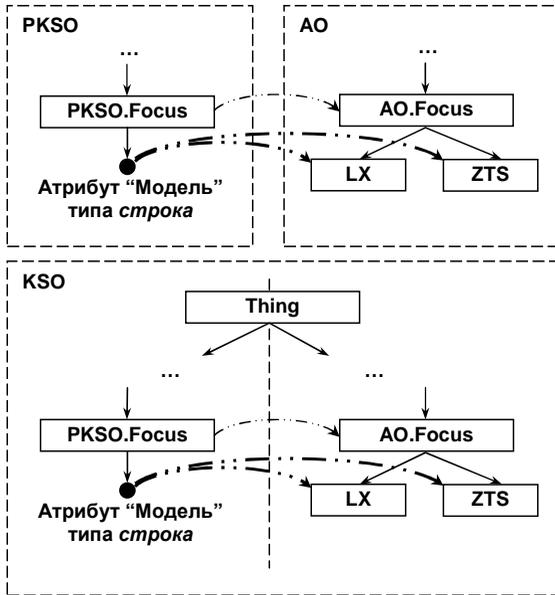


Рис. 19. Отображение «Атрибут-в-класс».

Отображение «Класс-в-атрибут» (рис. 20)

$o'' = SPI$, $Q' = \{q'\}$, $q' = AO.Двигатель$.

$o'_1 = PKSO.Focus$ (*RemotePseudoParent* класса *SPI*), $o'_1 = LX$ (класс, которому принадлежит атрибут *AO.Двигатель*), $o'_2 = AO.Focus$ (*PseudoParent* класса *LX*); класс *PKSO.Focus* уже отображен в класс *AO.Focus*.

Отображение «Атрибут-в-атрибут» (рис. 21)

$q'' = \text{Объем}$, $Q' = \{q'\}$, $q' = AO.Двигатель$.

$o'' = SPI$ (класс, которому принадлежит атрибут *Объем*); класс *SPI* уже отображен в атрибут *AO.Двигатель*.

Окончательная онтология KSO представлена на рис. 22.

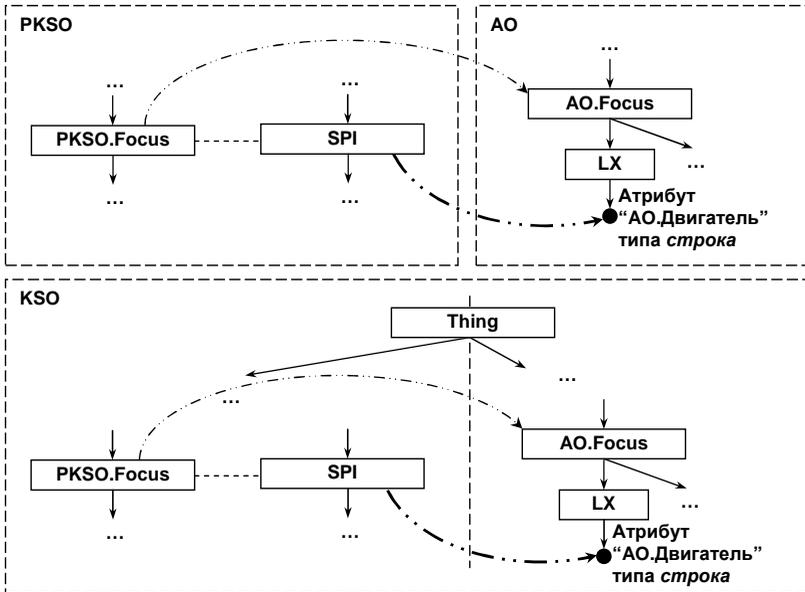


Рис. 20. Отображение «Класс-в-атрибут».

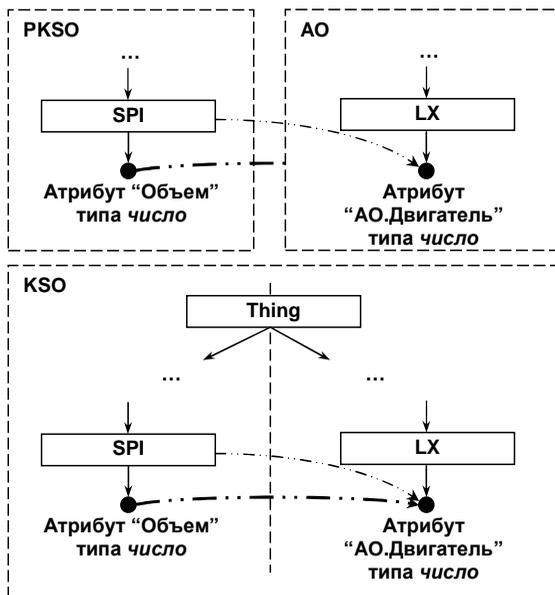


Рис. 21. Отображение «Атрибут-в-атрибут».

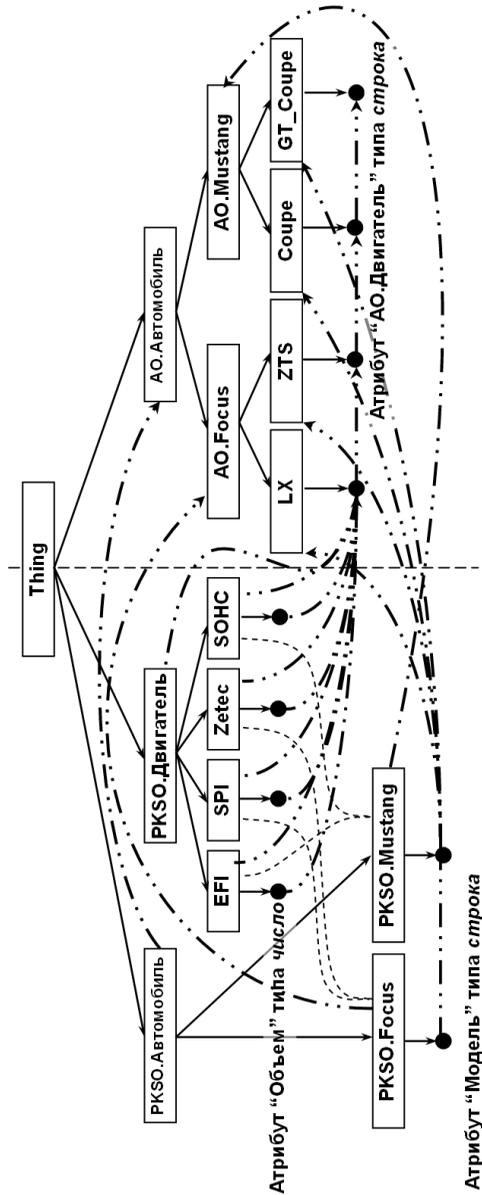


Рис. 22. Окончательная онтология ИЗ.

5. Выводы.

В статье предлагается полимодельный метод и комплекс типовых моделей для решения проблемы согласования онтологий. Предложенный метод основан на последовательном применении лексического, структурного и семантического подходов. Представленные типовые модели интеграции знаний (выборочная, простая, расширение, поглощение, полная интеграция) и типовые модели согласования элементов онтологий (отображение класса в класс, класса во множество классов, атрибута во множество атрибутов, класса в атрибут и подкласса в атрибут) могут существенно ускорить процессы слияния знаний и согласования онтологий за счет использования схем, основанных на знании типовых решений.

Литература

1. *Alasoud, A., Haarslev, V., Shiri, N.* An Effective Ontology Matching Technique. Proceedings of the 17th International Symposium ISMIS 2008, 2008, 585-590.
2. *Aumüller, D., Do, H., Massmann, S., Rahm, E.* Schema and Ontology Matching with COMA++. Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2005, 906-908.
3. *Baatarjav E.-A., Phithakkitnukoon S., Dantu R.* Group Recommendation System for Facebook // OTM 2008: Proceedings of On the Move to Meaningful Internet Systems Workshop (2008). LNCS 5333. Springer, 2009, 211-219.
4. *Castano, S., Ferrara, A., Montanelli, S.* H-Match: an Algorithm for Dynamically Matching Ontologies in Peer-based Systems. Proceedings of the 1st VLDB International Workshop on Semantic Web and Databases, SWDB 2003, 2003.
5. *Chen Y.-J., Chen Y.-M., Wu M.-S.* An expert recommendation system for product empirical knowledge consultation // ICCSIT2010: The 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. IEEE, 2010, 23-27.
6. *Cruz, I., Antonelli, F., Stroe, C.* Efficient Selection of Mappings and Automatic Quality-Driven Combination of Matching Methods. Proceedings of the Fourth International Workshop on Ontology Matching, 2009.
7. *Doan, A., Madhavan, J., Domingos, P., Halevy, A.* Learning to map between ontologies on the semantic web. Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web, 662-673, 2002.
8. *Doan, A., Hai, D., Jayant, M., Pedro, D., Alon, H.* Ontology Matching: A Machine Learning Approach. Handbook on Ontologies in Information Systems. Springer, 2004.
9. *Euzenat J., Shvaiko, P.* Ontology matching, Springer-Verlag, 2007.
10. *Flake G. W., Lawrence S., Giles C. L., Coetzee F.* Self-Organization and identification of Web Communities // IEEE Computer. Vol. 35. No. 3. IEEE, 2002, 66-71.
11. *Garcia I., Sebastia L., Onaindia E., Guzman C. A.* Group Recommender System for Tourist Activities // EC-Web 2009: Proceedings of E-Commerce and Web Technologies, The 10th International Conference (2009). LNCS 5692. Springer, 2009, 26-37.
12. *Giunchiglia, F., Maltese, V., Autayeu, A.* Computing Minimal Mappings. Proceedings of the Fourth International Workshop on Ontology Matching, 2009.
13. *Hovy, E.* Combining and standardizing largescale, practical ontologies for machine translation and other uses. Proceedings of the First International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC), 1998, 535-542.

14. *Hu, W., Jian, N., Qu, Y., Wang, Y.* GMO: A Graph Matching for Ontologies. Proceedings of the K-CAP Workshop on Integrating Ontologies, 2005, 43-50.
15. *Klein, M., Kiryakov, W., Ognyanov, D., Fensel, D.* Ontology Versioning and Change Detection on the Web. Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, EKAW02, 2002.
16. *McGuinness, D. L., Fikes, R., Rice, J., Wilder, S.* An Environment for Merging and Testing Large Ontologies. Proceedings of the Seventh International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'2000), <http://www.ksl.stanford.edu/software/chimaera/> (Accessed 12 May 2012)
17. *Melnik, S., Garcia-Molina, H., Rahm, E.* Similarity flooding: a versatile graph matching algorithm and its application to schema matching. Proceedings of the 18th International Conference on Data Engineering, 2002, 117-128.
18. *Mitra, P., Wiederhold, G., Jannink, J.* Semi-automatic Integration of Knowledge Sources. Proceedings of the 2nd International Conference on Information Fusion, FUSION 1999, 1999.
19. *Mitra, P., Kersten, M., Wiederhold, G.* Graph-Oriented Model for Articulation of Ontology Interdependencies. Proceedings of the Proceedings of the 7th International Conference on Extending Database Technology, 2000.
20. *Moon, S. K., Simpson T. W., Kumara S. R. T.* An agent-based recommender system for developing customized families of products // Journal of Intelligent Manufacturing. Vol. 20. No. 6. Springer, 2009, 649-659.
21. *Noy, N., Musen, M.* SMART: Automated Support for Ontology Merging and Alignment. Proceedings of the 12th Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling, and Management, 1999.
22. *Noy, N., Musen, M.*: Anchor-PROMPT: Using Non-Local Context for Semantic Matching. Proceedings of the Workshop on Ontologies and Information Sharing at the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-2001, 2001.
23. *Ritze, D., Meilicke, C., Šváb-Zamazal, O., Stuckenschmidt, H.* A pattern-based ontology matching approach for detecting complex correspondences. Proceedings of the Fourth International Workshop on Ontology Matching, 2009.
24. *Romesburg H. C.* Cluster Analysis for Researchers. Lulu Press, California, 2004. 340 p.
25. *Serafini, L., Bouquet, P., Magnini, B., Zanobini, S.* An algorithm for matching contextualized schemas via SAT. Technical report, DIT University of Trento, Italy, 2003.
26. *Smirnov, A., Kashevnik, A., Shilov, N., Balandin, S., Oliver, I., Boldyrev, S.* On-the-Fly Ontology Matching for Smart M3-based Smart Spaces. In *Proceedings of the First International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2010)*, 2010, 225–230.
27. *Uschold, M., Grüninger, M.* Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 11(2), 1996, 93-155.
28. *Шилов Н.* Проблемы поддержки принятия решений при конфигурировании гибких сетевых организаций. Труды СПИИРАН, №22, Санкт-Петербург, 2012, стр. 224-233.

Поддержка исследований. В публикации представлены результаты исследований, поддерживаемые грантами РФФИ 12-07-00298, рук. Н.Г. Шилов, и 12-07-00302, рук. Б.В. Соколов.

Шилов Николай Германович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории интегрированных систем автоматизации Учреждения Российской академии наук С.-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область

научных интересов: конфигурирование сетевых организаций, управление знаниями. Число научных публикаций — 130. nick@iias.spb.su, cais.iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-8071, факс +7(812)328-4450.

Shilov Nikolay Germanovich — PhD in computer science, senior researcher, Laboratory of Computer Aided Integrated Systems, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: configuration of networked organisations, knowledge management. The number of publications — 130. nick@iias.spb.su, cais.iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-8071, fax +7(812)328-4450.

Рекомендовано лабораторией ИСА, зав. лаб. Смирнов А.В., д. т. н., проф.
Статья поступила в редакцию 31.01.2013.

РЕФЕРАТ

Шилов Н.Г. Согласование онтологий в групповых рекомендующих системах: полимодельный метод и типовые модели.

Среди основных проблем, возникающих при создании групповых рекомендующих систем и указанных в предыдущей работе автора, были перечислены, в том числе и те, решение которых подразумевает интенсивное использование онтологий для обеспечения общей семантики, а также типовых решений для повышения эффективности работы системы. В статье предлагается метод согласования онтологий, а также типовые модели онтолого-ориентированной интеграции знаний и соответствия элементов онтологий.

При разработке метода согласования онтологий (ontology matching) был выполнен обширный анализ литературы, охватывающий около 20 систем / подходов / проектов, направленных на решение данной проблемы. Предложенный метод согласования онтологий объединяет (1) «лексические» способы, сравнивающие текстовые строки, языки, лингвистику и ограничения в онтологиях, (2) «структурные» подходы, основанные на сравнении графов или таксономий онтологий, и (3) «семантические» подходы, использующие для сопоставления семантическую интерпретацию, которая предлагается моделями сопоставления онтологий.

Выполненный анализ задач, подразумевающих интеграцию знаний, позволил выделить список типовых моделей интеграции знаний, а именно: выборочная, простая, расширение, поглощение и полная интеграция. Предполагается, что использование типовых моделей интеграции знаний может существенно ускорить процессы интеграции знаний благодаря типизации схем интеграции.

Соответствие онтологий (ontology alignment) задается как множество соответствий между элементами рассматриваемых онтологий. Предложены типовые модели ситуаций, возникающих при согласовании онтологий, и способы их разрешения. Данные модели обладают свойством симметричности, т.е. их можно использовать как в прямом, так и в обратном направлении.

Предложенные типовые модели включают: отображение класса в класс, класса во множество классов, атрибута во множество атрибутов, класса в атрибут и подкласса в атрибут. Применение типовых моделей продемонстрировано на примере конфигурирования автомобиля.

SUMMARY

Shilov N.G. **Ontology matching in group recommending systems: poly-model approach and patterns**

Among the major problems arising during creation of group recommending systems and identified by the author in his previous work, there were mentioned those, which require intensive usage of ontologies to provide for common semantics, and patterns for facilitation of the system's efficiency. The paper proposes a method of ontology matching and patterns for ontology-based knowledge integration and ontology alignment.

The development of the ontology matching method assumed an intensive literature review covered about 20 systems / approaches / projects aimed at solving this problem. The proposed method integrates (1) "lexical" techniques comparing text strings, languages, linguistic features and ontology relationships, (2) "structural" techniques based on comparison of graphs or ontology taxonomies, and (3) "semantic" techniques using semantic interpretation provided by ontology representation models.

The carried out analysis of tasks assuming knowledge integration made it possible to reveal a set of patterns, namely: selective, simple, extension, absorption and flat integration. The patterns a proposed to significantly facilitate the knowledge integration processes due to typification of the integration schemes.

Ontology alignment is defined as a set of correspondences between elements of two or more ontologies. Patterns of complex situations during setting such correspondences have been revealed and resolving of such situations has been proposed. The patterns are symmetrical and work in both directions.

The proposed patterns include: class to class, class to set of classes, attribute to set of attributes, class to attribute, and subclass to attribute. Usage of the patterns is illustrated via an example of car configuration.