

С. Н. Прийма

## Обеспечение семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых посредством агента-онтологического подхода

В публикации выполнено теоретическое обоснование и демонстрация практического использования агента-онтологического подхода для обеспечения семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых. Обоснован выбор интеллектуальных программных систем, которые базируются на использовании программных агентов и веб-сервисов, в качестве функциональной основы открытых образовательных систем. Показано, что использование интеллектуальных программных систем позволит взрослому обучающемуся самостоятельно построить стратегию собственного обучения, оценить объем знаний той или иной предметной области, получить необходимые компетенции. Продемонстрирована важность такого требования к интеллектуальным программным системам как обеспечение высокого уровня интероперабельности, что предусматривает возможность взаимодействия с разными системами в условиях создания открытого информационного пространства. Для обеспечения семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых необходимо разрабатывать такой способ представления знаний, который позволил бы автоматически прорабатывать их программными агентами и веб-сервисами. Аргументирован выбор компьютерных онтологий в качестве единого подхода к представлению знаний предметной отрасли, четкого семантического ее определения, когда любая информация связана с некоторым неотъемлемым от нее контекстом. Эффективным средством обеспечения семантической интероперабельности открытых образовательных систем взрослых. В качестве наглядной демонстрации использования интеллектуальных программных систем с высоким уровнем обеспечения семантической интероперабельности продемонстрирован прототип разработанной автором интеллектуальной системы, которая позволяет устанавливать соотношения уровней Европейской и национальных структур квалификаций. Доказано, что именно с помощью агента-онтологического подхода, который лежит в основе разработанной системы, возможно эффективное сопоставление уровней квалификаций Европейской и национальных структур, что позволит облегчить для всех социальных партнеров процесс сравнения квалификаций, упростить процедуру их признания.

Ключевые слова: открытая образовательная система, программный агент, веб-сервис, агентный онтологический подход, семантическая интероперабельность, компьютерные онтологии.

S. N. Priima

## Ensuring the semantic interoperability of open adult education systems through agent-ontological approach

In the publication performed theoretical study and demonstration of practical use agent-ontological approach to ensure semantic interoperability of open systems of adult education. The choice of the intelligent software systems, based on the use of software agents and web services, as a functional basis of open educational systems. It is shown that the use of intelligent software systems will help adult learners to build a strategy for their own training, to assess the amount of knowledge of a particular subject area, to obtain the necessary competence. Demonstrated the importance of such requirements for intelligent software systems as ensuring a high level of interoperability that provides the ability to interact with different systems in the conditions of creation of open information space. To ensure semantic interoperability of open systems of adult

education it is necessary to develop such a method of knowledge representation, which would automatically work through their software agents and web services. Founded choice of computer ontologies as a single approach to the representation of domain knowledge of the industry, a clear semantic determining when any information associated with certain inalienable from it a context, effective means of ensuring the semantic interoperability of open educational systems adults. As a practical demonstration of the use of intelligent software systems with a high level of security semantic interoperability demonstrated a prototype developed by the author of the intellectual system that allows you to install the balance of European and national qualification frameworks. It is proved that by using agent-ontological approach, which lies in the basis of the developed system can be effective comparison of the levels of qualifications of the European and national structures, which makes it easier for all social partners to the process of comparing qualifications, simplify the procedure of their recognition.

**Keywords:** open educational system, a software agent, the web service, agent-ontological approach, semantic interoperability, computer ontology.

Актуальность и постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. Преодоление кризисных явлений, повсеместно возникающих в современном социуме, возможно благодаря построению системы непрерывного образования взрослых. Детерминантом становления и развития системы образования взрослых является принцип открытости, который связан с идеей и феноменом свободы, и способствует построению открытого образовательного пространства.

Первоочередным заданием при создании открытого образовательного пространства, по мнению исследователей Е.Луговской и В.Тарасова, есть построение открытой, гибкой, децентрализованной образовательной системы, которая способна успешно функционировать и развиваться в сложной и плохо структурированной среде. В отличие от закрытых систем, которые мало взаимодействуют с внешней средой, открытые системы характеризуются периодическим и интенсивным обменом с внешней средой. Здесь границы между системой и окружающей средой являются достаточно размытыми и неясными. У открытой системы большие возможности и средства адаптации к изменениям в окружающей среде, в том числе путем изменения ее структуры и параметров. Другими словами, открытая образовательная система способна к саморазвитию за счет устранения старых и создания новых структур внутри себя [1].

Функциональной основой открытой образовательной системы могут стать интеллектуальные программные системы, которые базируются на использовании программных агентов и веб-сервисов. Именно программные агенты и веб-сервисы, которые будут способны сообща взаимодействовать с другими агентами и веб-сервисами для достижения цели, смогут выполнять задание пользователя, к примеру, по поиску информации или выбора оптимальных вариантов решений.

Использование интеллектуальных программных систем возможно при выполнении ряда требований, представляемых к открытым системам образования взрослых. Одним из важнейших требований является обеспечение высокого уровня интероперабельности (interoperable), что предусматривает возможность взаимодействия с разными системами в условиях создания открытого информационного пространства. Выполнение такого требования возможно при условии единого подхода к представлению знаний предметной отрасли, четкого семантического ее определения, когда любая информация связана с некоторым неотъемлемым от нее контекстом. Как отмечают исследователи А. Кучер, В. Сокко, Н. Лесная и А. Бочаров, в результате такого семантического описания предметной отрасли последняя будет представлена как сложная иерархическая база знаний, над которой можно будет осуществлять «интеллектуальные» операции, такие как семантический поиск и определение целостности и достоверности данных [2, с.473]. Такое описание называется онтологией.

Современное представление об онтологии позволяет сделать вывод о том, что разработка онтологии будет способствовать построению так называемого Семантического Веба (Semantic Web), ведущая концепция которого заключается в переходе от документов, которые «могут быть прочитаны компьютерами» к документам, которые «могут быть поняты компьютерами» [3, с.422]. Онтология содержания веб-страниц необходима для улучшения качества поиска в Интернет. Формальная спецификация содержания веб-документа дает возможность поисковой системе делать вывод о соответствии поискового запроса веб-документа не только на основании синтаксической информации, но и основываясь на семантике содержания данного документа [4]. Полностью соглашаемся с мнением авторов работы [3] относительно того, что онтология определяется как ключевая технология для развития Семантического Веба, которая способна

сыграть критически важную роль в организации обработки знаний на базе Web [3, с.422] и обеспечить семантическую интероперабельность открытых систем образования взрослых.

Таким образом, исследование возможностей агенто-онтологического подхода в обеспечении семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых видится актуальным и своевременным заданием.

Анализ последних исследований и публикаций, на которых основано решение данной проблемы. Проблема проектирования и функционирования открытой образовательной системы на основе агентной онтологической модели уже стала предметом исследования педагогов, разработчиков дистанционных курсов, специалистов по информационным технологиям и искусственному интеллекту. В частности, использованию онтологической модели ученика, курса и образовательного стандарта с целью построения индивидуальной траектории обучения посвящена работа [2]. Проблема разработки онтологической модели дистанционного курса стала предметом исследования А.Данченко [5]. Применение мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения рассматривалось в исследовании И.Келеберды, Н.Лесной, В.Репки [6]. Описание базовых концепций и архитектуры Семантического Веба как основы для функционирования открытых образовательных систем осуществлены в работе [3]. Проблема онтологии и использования их в компьютерных системах рассматривалась В.Лапшиным [4]. Детально процесс разработки онтологии в общем виде рассмотрен в работе исследователей Н.Ной и Д.МакГиннеса [7].

Указанные работы, хотя и являются законченными исследованиями отдельных аспектов применения агенто-онтологического подхода при проектировании и функционировании открытых систем, все-таки не дают целостного представления об обеспечении семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых. Таким образом, научное задание данной публикации заключается в теоретическом обосновании и демонстрации практического использования агенто-онтологического подхода для обеспечения семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых.

Изложение основного материала исследования. Одним из требований к открытым системам образования взрослых является обеспечение высокого уровня интероперабельности (interoperable), что предусматривает возможность взаимодействия с разными системами в условиях создания распределенных учебных систем в Интернет. Большинство из существующих обучающих систем реализуют это требование за счет открытости интерфейса доступа

к своим сервисам путем использования единой формы для обмена данными, а именно XML и объектной модели представления документов DOM (Document Object Model). Такой подход, по мнению исследователей А.Кучер, В.Сокол, Н.Лесной и В.Бочарова, позволяет разрешать проблему синтаксической интероперабельности [2, с.472]. Однако для открытых систем образования взрослых самой лишь синтаксической интероперабельности недостаточно. Объясняется это тем, что одну и ту же информацию можно синтаксически по-разному подать, и потому на данный момент накопилось значительное количество материала в разных форматах, иногда совсем несовместимых.

Для обеспечения семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых необходимо разрабатывать такой способ представления знаний, который позволил бы автоматически прорабатывать их программными агентами и веб-сервисами. Такой способ базируется на использовании агентного онтологического подхода.

Рассмотрим основные положения агентного онтологического подхода к проектированию и функционированию открытых систем образования взрослых. Как отмечают исследователи Ф.Андон, И. Гришанова и В. Резниченко, программный агент — это программная сущность, которая функционирует автономно в конкретной среде, часто — вместе с другими агентами. Агенты могут быть специализированными, должны общаться с другими агентами с целью нахождения веб-сервисов, продуктов, информации или других агентов [3, с.426]. Для достижения поставленных заданий программные агенты должны иметь возможность пользоваться стандартным перечнем услуг, которые представлены в Semantic Web в качестве веб-сервисов. Веб-сервис — это программная система, которая оказывает определенную услугу и характеризуется абстрактным набором функциональных возможностей. Во многих случаях реализация запроса пользователя требует комбинирования обращений к больше чем одного веб-сервиса. Вот почему веб-сервисы должны иметь возможность поддерживать взаимодействие с другими веб-сервисами в добавление к стандартным процедурам обработки данных. Больше того, процесс представления агрегированной распределительной информации может включать у себя разбиение на набор взаимозависимых этапов обработки данных, взаимодействия нескольких веб-сервисов, вмешательства человека в процесс обработки запросов пользователя. Для решения таких сложных распределенных задач наиболее пригодны мультиагентные технологии.

Как было отмечено ранее, семантическая интероперабельность открытых образовательных систем обеспечивается за счет представления знаний в виде онтологии. Онтология, за

Т. Грубером, представляет собой описание декларативных знаний в виде классов и отношениями между ними. Составление описания декларативных знаний обычно требует большой работы и определенных навыков. Для обозначения этой работы, а также ее результата, Т. Грубер ввел специальный термин «концептуализация». Описание он назвал «спецификацией». Таким образом, онтология за Т. Грубером, определяется как спецификация концептуализации [8].

По мнению исследователей Н. Ной и Д. МакГиннеса, онтология — формальное явное описание понятий предметной отрасли (классов), свойств каждого понятия, которые описывают разные свойства и атрибуты понятий (свойства, роли, слоты), ограничений, которые представляются к свойствам (фацеты). Онтология вместе с набором индивидуальных экземпляров классов образует базу знаний [7].

Отметим, что основными причинами разработки онтологии являются:

- необходимость анализа предметной отрасли;
- необходимость общего использования людьми и программными агентами;
- необходимость повторного использования знаний в предметной отрасли.

Часто онтология предметной отрасли сама по себе не является целью. Как отмечают исследователи Н. Ной и Д. МакГиннес, разработка онтологии подобна определению набора данных и их структуры для использования другими программами. Методы решения задач, предметно-независимые программные агенты используют в качестве данных онтологии и базы знаний, которые построены на базе этой онтологии.

Разработка онтологии предусматривает несколько этапов:

- определение отрасли и масштаба онтологии;
- рассмотрение вариантов повторного использования существующей онтологии;
- перечисление важных терминов в онтологии;
- определение классов и иерархии классов;
- определения свойств классов-слотов;
- определение фацетов свойств;
- создание экземпляров [7].

Среди наиболее известных языков проектирование онтологии называют KIF (Knowledge Interchange Format), DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language) и OWL (Ontology Web Language). Однако, как отмечает исследователи Ф. Андон, И. Гришанова и В. Резненко, наиболее развитым на сегодня языком представления онтологии является OWL (Web Ontology Language). Онтология, построенная на OWL, является последовательностью аксиом и фактов с добавлением ссылок на другую онтологию, которая считается включенной в онтологию.

Для создания и редактирования онтологии разработан ряд специализированных сред разработки, редакторов, парсеров и средств объединения онтологии, наиболее эффективными из которых является: KAON [<http://kaon.semanticweb.org/>], OntoStudio [<http://www.ontoprise.de/en/products/ontostudio/>], Ontosaurus [<http://www.isi.edu/isd/ontosaurus.html>], OpenCyc [<http://www.opencyc.org/>].

Среди этих инструментов для построения предметно-ориентированной онтологии выделим редактор Protege — OWL [<http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>]. Редактор Protege — OWL — это гибкая, независимая от платформы среда со своими особенностями и преимуществами, которая обеспечивает наглядный и удобный в использовании графический интерфейс пользователю, реализует масштабируемость, то есть модульное наращивание системы в рамках унифицированной архитектуры. Также Protege — OWL дает возможность описывать классы с использованием новых возможностей. В частности, язык OWL (Ontology Web Language) имеет большой набор операторов и базируется на логической модели, которая позволяет давать определение понятиям так, как они описаны, поэтому сложные комплексные понятия в определениях могут быть созданы из более простых. К тому же логическая модель дает возможность использовать механизм рассуждений (Reasoner), который в свою очередь дает возможность проверить являются ли утверждения и определения в онтологии взаимно непротиворечивыми, а также распознать соответствие определений указанным понятиям. Благодаря этому механизму поддерживается правильность иерархии онтологии [9, с.71].

Описав все классы, свойства, ограничения и объекты предметной отрасли, получаем базу знаний, которые являются основой для функционирования агентных онтологических систем, способных осуществлять операции над информацией.

Следует отметить, что интеллектуальные программные системы, основанные на использовании агента-онтологического подхода, имеют значительный потенциал в сфере неформального и неформального образования взрослых. Все эти виды образования слабо подвержены систематизации как с точки зрения форм обучения, так и содержания. Использование интеллектуальных программных систем позволит взрослому, обучающемуся самостоятельно, построить стратегию собственного обучения, оценить объем знаний той или иной предметной области, получить необходимые компетенции, которые, в конечном счете, будут способствовать улучшению качества жизни человека.

В качестве наглядной демонстрации использования интеллектуальных программных систем с высоким уровнем обеспечения семантической интероперабельности воспользуемся разработанным нами ранее прототипом интеллектуальной системы [10] которая позволяет устанавливать соотношения

уровней Европейской и национальных структур квалификаций. Указанная система предназначена для обеспечения международного сравнения и признания квалификаций, что является одной из важнейших задач в построении открытого образовательного пространства взрослых. Именно с помощью агенто-онтологического подхода, который лежит в основе разработанной системы, возможно эффективное сопоставление уровней квалификаций Европейской и национальных структур, что позволит облегчить для всех социальных партнеров процесс сравнения квалификаций, упростить процедуру их признания.

Выводы из данного исследования и перспектива дальнейших разведок в данном направлении. Таким образом, в публикации представлено теоретическое обоснование и практическая демонстрация возможностей агента-онтологического подхода в обеспечении семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть практические аспекты использования интеллектуальных программных систем в построении открытого образовательного пространства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Луговская Е.А., Тарасов В.Б. Многоагентные системы поддержки открытого образования в техническом университете [Электронный ресурс] / Е. Луговская, В.Тарасов // Программные продукты и системы, 2001. – №2. URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=829> (дата обращения: 25.01.14)
2. Кучер А.В., Сокол В.В., Лесная Н.С., Бочаров А.В. Архитектура системы построения индивидуальной траектории обучения, базирующейся на образовательном стандарте / А.Кучер, В. Сокол, Н.Лесна, А.Бочаров // Вестник ХНТУ «Проблемы высшей школы», 2010. – №2(38). – С.472-476.
3. Андон Ф.И., Гришанова И.Ю., Резниченко В.А. Semantic Web как новая модель информационного пространства интернет / Ф. Андон, И. Гришанова, В. Резниченко // Проблемы программирования. Специальный выпуск, 2008. – №2-4. – С.417-430.
4. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rsdn.ru/article/philosophy/what-is-onto.xml> (дата обращения: 25.01.14)
5. Данченко А.Л. Разработка онтологической модели представления знаний дистанционных курсов [Электронный ресурс]. URL: <http://semanticfuture.net/index.php> (дата обращения: 25.01.14)
6. Келеберда И.Н., Лесная Н.С., Репка В.Б. Использование мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения / И. Келеберда, Н.Лесная, В.Репка // Образовательные технологии и общество, 2004. – Т.7 – №2. – С. 190-205.
7. Noy N., McGuinness D. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL – 01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI – 2001-0880, March 2001 [Электронный ресурс]. URL: <http://protege.stanford.edu/publications/ontologydevelopment/ontology101.pdf>. (дата обращения: 25.01.14)
8. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cin.ufpe.br/~mtcfa/files/10.1.1.35.1743.pdf>. (дата обращения: 25.01.14)
9. Досин Д.Г., Даревич Р.Р., Шкутяк Н.В. Розробка онтології матеріалознавства засобами Protégé-OWL / Д.Г. Досин, Р.Р. Даревич, Н.В. Шкутяк // Штучний інтелект, 2008. – №3. – С.70-77.
10. Прийма С.Н., Панин А.В. Использование компьютерных онтологий в качестве инструмента обеспечения прозрачности европейской и национальных структур квалификаций // Образовательные технологии и общество, 2013. – Т.16 – №3. – С. 162-174.

## REFERENCES

1. Lugovskaia E.A., Tarasov V.B. Multiagent systems of support of open education at the technical University. *Programmnye produkty i sistemy - Software products and systems*, 2001, no.2. Available at: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=829> (accessed 25 January 2014).
2. Kucher A.V., Sokol V.V., Lesnaia N.S., Bocharov A.V. Architecture of the system of individual learning paths, based on the educational standard. *Vestnik KhNTU «Problemy vysshei shkoly» - Bulletin of KhNTU «Problems of higher school»*, 2010, no.2(38), pp.472-476 (in Russian).
3. Andon F.I., Grishanova I.Yu., Reznichenko V.A. Semantic Web as a new model of Internet information space. *Problemy programmirovaniia. Spetsial'nyi vypusk - Problems of programming. Special issue*, 2008, no.2-4, pp.417-430 (in Russian).
4. Lapshin V.A. *Ontologii v komp'uternykh sistemakh* [Ontology in computer systems]. Available at: <http://www.rsdn.ru/article/philosophy/what-is-onto.xml> (accessed 25 January 2014).
5. Danchenko A.L. *Razrabotka ontologicheskoi modeli predstavleniia znanii distantsionnykh kursov* [Development of an ontological model of knowledge representation distance learning courses]. Available at: <http://semanticfuture.net/index.php> (accessed 25 January 2014).
6. Keleberda I.N., Lesnaia N.S., Repka V.B. The use of multi-agent of the ontological approach to creation of a distributed system of remote training. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo - Educational technology & society*, 2004, V.7, no.2, pp.190-205 (in Russian).
7. Noy N., McGuinness D. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL – 01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI – 2001-0880, March 2001. Available at: URL: <http://protege.stanford.edu/publications/ontologydevelopment/ontology101.pdf> (accessed 25 January 2014).
8. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. Available at: <http://www.cin.ufpe.br/~mtcfa/files/10.1.1.35.1743.pdf> (accessed 25 January 2014).
9. Dosin D.G., Darevich R.R., Shkutiak N.V. Development of materials ontology tools Protégé-OWL. *Shtuchnii intelekt - Artificial Intelligence*, 2008, no.3, pp.70-77 (in Ukrainian).
10. Priima S.N., Panin A.V. Use of computer ontologies as a tool to ensure transparency of the European and National qualification frameworks. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo - Education technologies and society*, 2013, V.16, no.3, pp. 162-174 (in Russian).

### Информация об авторе Прийма Сергей Николаевич

(Украина, Мелитополь)  
Доцент, кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры информатики и кибернетики.  
Мелитопольский государственный педагогический  
университет имени Богдана Хмельницкого.  
E-mail: priyma\_s@ukr.net

### Information about the author Priima Sergei Nikolaevich

(Ukraine, Melitopol)  
Associate Professor, PhD in Pedagogy, Associate  
Professor of the Department of Informatics and  
Cybernetics. Melitopol State Pedagogical University  
named after Bogdan Khmelnytsky.  
E-mail: priyma\_s@ukr.net