

Программная реализация информационно-образовательного пространства на основе многоагентной технологии и онтологического подхода¹

В статье рассматриваются аспекты реализации программного обеспечения информационно-образовательного пространства, базирующегося на применении многоагентной технологии. Описана процедура формирования образовательных программ в сетевой среде обучения в соответствии с актуальными потребностями образовательных учреждений и отдельных обучающихся, описанными в терминах онтологии компетенций, онтологии предметной области и онтологии образовательной деятельности. Определен порядок формирования расписания освоения образовательной программы с учетом коллективного использования в образовательных процессах распределенных информационных ресурсов (учебных объектов и сервисов).

Ключевые слова: информационно-образовательное пространство, онтология образовательной деятельности, программный прототип, многоагентная технология, учебные объекты, образовательные сервисы.

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF INFORMATION-EDUCATIONAL SPACE BASED ON MULTI-AGENT TECHNOLOGY AND ONTOLOGICAL APPROACH

The article discusses of the software implementation of information-educational space, based on application of multi-agent technology. The procedure of formation of educational programs in networked learning environment in accordance with the actual needs of educational institutions and students, described in terms of ontology of competencies, subject ontology and ontology of educational activities, was described. The procedure of formation of schedule of educational program, based on collective use in educational processes of distributed information resources (learning objects and services), was determined.

Keywords: information-educational space, multi-agent technology, ontology of educational activities, program prototype, learning object, educational services.

1. Введение

Современные формы сетевого взаимодействия учебных заведений [1] предъявляют высокие требования к интеграции научно-образовательных ресурсов и сервисов в рамках единых информационно-образовательных пространств [2], которые эффективно реализуются с помощью таких интеллектуальных информационных технологий как онтологические модели и многоагентные системы [3,4].

Программная реализация инструментария управления информационно-образовательным пространством (ИОП) вызывает необходимость решения задачи сопряжения механизмов динамического взаимодействия субъектов образовательной деятельности с помощью многоагентных технологий [5, 6] и поисковых механизмов отбора адекватных научно-образовательных ресурсов и сервисов с помощью онтологического представления предметных, квалифика-

ционных и педагогических знаний [7–9].

Целью данной работы является представление программного инструментария, реализующего методы и средства создания, поддержания и использования информационно-образовательного пространства на основе онтологического подхода и многоагентной технологии и обеспечивающего распределенное хранение и совместное использование разнородных научно-образовательных ресурсов

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №13-07-00917а и №13-07-00887а



Юрий Филиппович Тельнов,
д.э.н., профессор, зав. кафедрой

Эл. почта: ytelnov@mesi.ru,
telnov.yuf@rea.ru

Российский экономический
университет имени Г.В. Плеханова
Кафедра прикладных информационных
технологий и информационной
безопасности
www.rea.ru

Yury F. Telnov,

Doctor of Science in Economics,
professor, Head of Department

E-mail: ytelnov@mesi.ru,
telnov.yuf@rea.ru

The department of applied information
technologies and information security
www.rea.ru

и сервисов всеми заинтересованными участниками образовательного процесса в рамках динамической интеллектуальной системы управления ИОП (ДИСУ ИОП). Разработанный программный инструментариум позволяет осуществлять интенсивное и динамичное наращивание научно-образовательного контента, существенно повышает качество учебно-методической работы и научных исследований и создает условия для развития виртуальной академической мобильности преподавателей, научных работников и обучающихся.

2. Концепция динамической интеллектуальной системы управления ИОП

Сетевое обучение предполагает более гибкое формирование образовательных программ в соответствии с различными профилями обучения и индивидуальными потребностями обучающихся на основе взаимно-дополняющих друг друга научно-образовательных ресурсов учебных заведений, участвующих в сетевых формах объединения. Применение электронных технологий обучения дает возможность встраивать различные обучающие курсы и даже их компоненты, разработанные авторскими коллективами различных вузов, в общие образовательные программы, предназначенные как

для основного, так и для дополнительного профессионального образования. В этом случае информационно-образовательный контент организуется в виде распределенного хранилища учебных объектов, соответствующих формируемым у обучающихся компетенциям и определяемым ими знаниям, умениям и владениям. Учебные объекты предоставляются преподавателям и обучающимся с помощью программных сервисов.

Концептуальная схема функциональности динамической интеллектуальной системы управления информационно-образовательным пространством представлена в виде схемы вариантов использования на рис. 1. В качестве основных функциональных образовательных задач, предполагающих формирование индивидуальной траектории обучения под конкретные формируемые компетенции, выделяются следующие варианты использования:

- Формирование образовательной программы, как множества взаимосвязанных для освоения компетенций обучающимися дидактических единиц знаний, умений и владений.
- Отбор необходимых для реализации образовательной программы ресурсов, в качестве которых выступают учебные объекты для теоретического обучения, освоения практических умений и навыков в

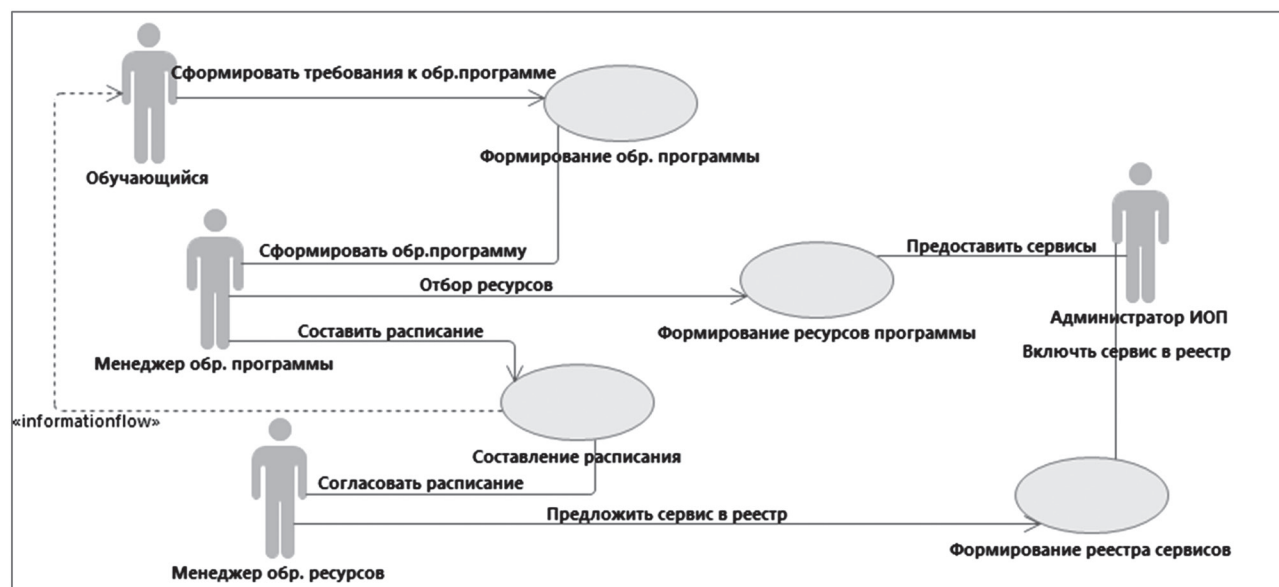


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования ИОП



Андрей Владимирович Данилов,
старший преподаватель кафедры

Эл. почта: adanilov@mesi.ru,
danilov.av@rea.ru

Российский экономический
университет имени Г.В. Плеханова
Кафедра прикладных информационных
технологий и информационной
безопасности
www.rea.ru

Andrey V. Danilov,
assistant professor,

E-mail: adanilov@mesi.ru,
danilov.av@rea.ru

The department of applied information
technologies and information security
www.rea.ru



Василий Александрович Казаков,
к.э.н., доцент кафедры

Эл. почта: vkazakov@mesi.ru,
kazakov.va@rea.ru

Российский экономический
университет имени Г.В. Плеханова
Кафедра прикладных информационных
технологий и информационной
безопасности
www.rea.ru

Vasily A. Kazakov,

Ph.D. in Economics, associate professor

E-mail: vkazakov@mesi.ru,
kazakov.va@rea.ru

The department of applied information
technologies and information security
www.rea.ru

рамках выполнения конкретных заданий (проектной деятельности), проведения тестирования и оценки полученных знаний и умений, а также описания профилей компетенций преподавателей, способных осуществлять обучение, консультирование и проверку знаний и умений по отобранным учебным объектам.

- Формирование расписания обучения в соответствии со сформированной образовательной программой и отобранными ресурсами.

- Поддержание реестра общих ресурсов в ИОП, которые могут использоваться в различных образовательных программах, предполагающее включение и актуализацию учебных объектов в реестре и предоставление их в соответствии с конкретной потребностью.

В качестве основных акторов ДИСУ ИОП выступают:

- Клиенты, которые формируют свои образовательные потребности в виде набора требуемых компетенций. В качестве клиентов могут выступать как физические лица, так и организации (учебные заведения), заказывающие образовательные программы.

- Менеджеры образовательных программ – представители учебных заведений, выступающие в роли координаторов участников сетевого образовательного процесса, осуществляющие формирование образовательной программы и подбор наилучших ресурсов для ее реализации, формирование расписания и мониторинг его исполнения.

- Менеджеры образовательных ресурсов – представители учебных заведений, отвечающие за создание и поддержку образовательных ресурсов в актуальном состоянии и предоставление этих ресурсов в общий реестр ИОП.

- Администратор ИОП – специалист по ведению реестра образовательных ресурсов ИОП: контроль и включение ресурсов в общий реестр, заключение соглашений с менеджерами ресурсов и менеджерами программ по информационному обслуживанию заинтересованных лиц.

Особенностью системы управления информационно-обра-

зовательным пространством является динамический характер взаимодействия большого числа заинтересованных лиц в реальном масштабе времени, потребность в гибком формировании и актуализации образовательных программ, что обуславливает необходимость построения системы управления ИОП на основе применения динамических многоагентных технологий.

3. Архитектура динамической интеллектуальной системы управления ИОП

Архитектура ДИСУ ИОП (представлена на рис. 2) включает два основных компонента:

Динамический компонент, связанный с решением задач формирования образовательной программы, её ресурсного обеспечения в соответствии с потребностями пользователей по формированию содержания образовательной программы и составления расписания её реализации.

Статический компонент, связанный с решением поисковых задач по выбору образовательных ресурсов на большом объеме учебных объектов, относящихся к различным предметным областям профессиональной деятельности.

Первый компонент требует применения многоагентной технологии, позволяющей одновременно решать в реальном масштабе времени сообществом взаимодействующих агентов множество однотипных образовательных задач на основе общего реестра образовательных ресурсов.

Второй компонент предполагает онтологическое упорядочение больших массивов разнородных учебных объектов и организацию быстрого и релевантного семантического поиска на этом множестве.

Рассмотрим характеристики используемых технологий при построении архитектуры ДИСУ ИОП.

Технология многоагентных систем (МАС). Программные агенты этой системы автоматизируют функции основных участников образовательных процессов и в зависимости от выполняемых функций

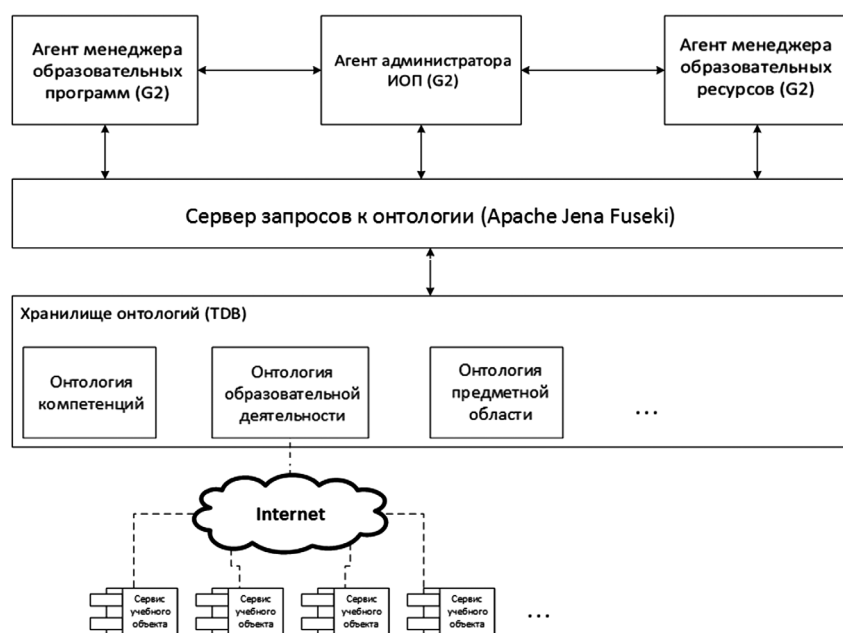


Рис. 2. Архитектура ДИСУ ИОП

могут быть реактивными или интеллектуальными:

Агент-менеджер образовательных программ в соответствии с полученными требованиями от клиентов формирует запросы к агенту-администратору на поиск учебных объектов; отбор из них объектов, наилучшим образом удовлетворяющих требованиям; осуществляет формирование и согласование расписания с менеджерами образовательных ресурсов

на основе бизнес-правил ограничений на ресурсы; формирует ответы системы: образовательную программу, расписание, различные сообщения,

Агент-менеджер образовательных ресурсов осуществляет оценку возможности предоставления ресурсов и формирует ответ агенту-менеджеру образовательной программы по принятому решению, а также предоставляет агенту-администратору системы описания

ресурсов для включения в реестр учебных объектов.

Агент-администратор ИОП осуществляет проверку учебных объектов, предоставляемых агентом-менеджером образовательных ресурсов, на соответствие стандартам представления для включения в ИОП, а также участвует в отборе учебных объектов для их использования в той или иной образовательной программе.

В качестве программной среды поддержки агентов выбрана инструментальная среда создания динамических интеллектуальных систем G2 компании Gensym [10], которая позволяет в режиме реального времени динамически осуществлять обработку событий, распараллеливать обработку данных по различным вариантам реализации решений.

Особенностью инструментальной среды G2 является универсальность платформы для построения интеллектуальных систем, которая достигается широким спектром инструментария для интеллектуальной разработки. Удобство и быстрота разработки в G2 обуславливается интуитивно понятной объектно-ориентированной графической средой, объединяющей в себе как среду разработки, так и эксплуатации интеллектуальной системы,

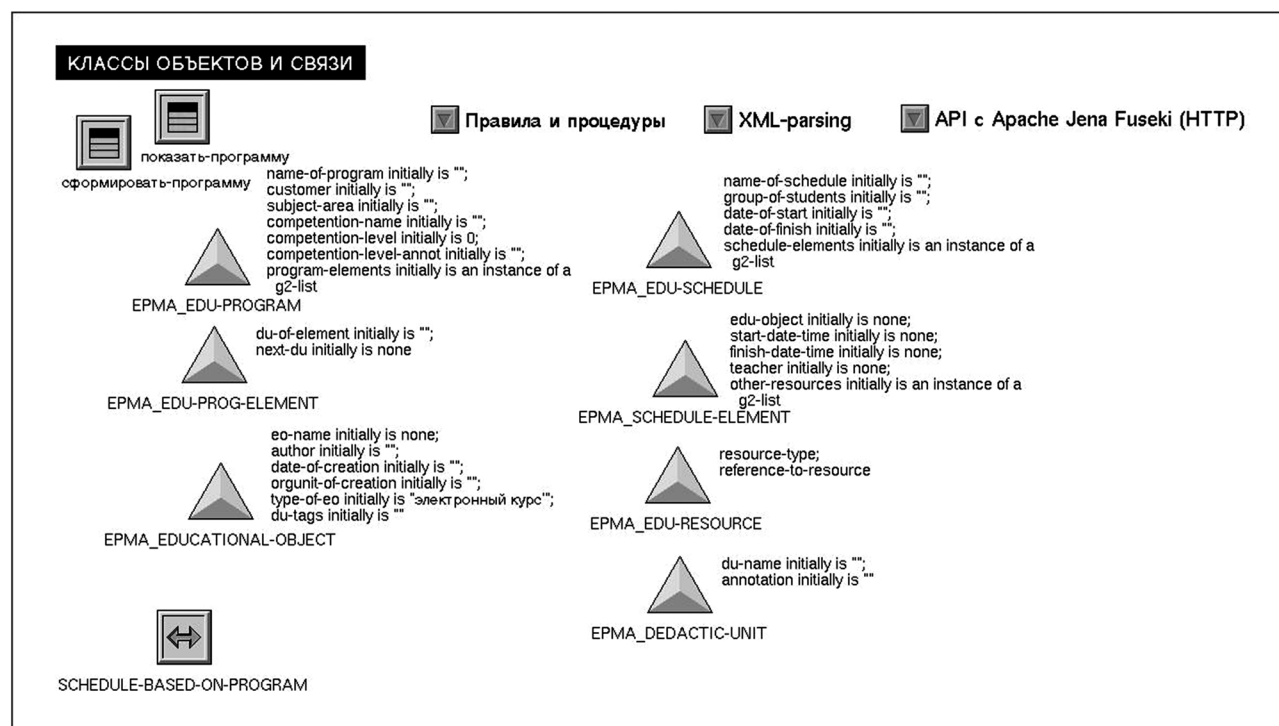


Рис. 3. Рабочее пространство с элементами разработки для агента менеджера ОП в G2

что обеспечивает возможность организации модульной прототипной разработки, когда разработанный прототип или любая его часть может быть тут же протестирована в среде разработки. Другая важная особенность G2, необходимая для разработки интеллектуальных агентов – это широкие коммуникационные возможности разных уровней: от встроенного механизма взаимодействия между двумя G2-приложениями с возможностью прямого доступа к содержимому удаленной базы знаний, до инструментария построения собственного программного интерфейса к другим программным системам и возможности выполнения кода на языке C/C++.

Агенты G2 реализованы на основе объектной модели предметной области. Структура классов объектов для агента менеджера образовательных программ (ОП) показана на рис. 3.

Технология онтологической организации и поиска учебных объектов. Для представления и интеграции разнородных источников знаний в информационно-образовательном пространстве предлагается метод представления знаний об учебных объектах на основе их семантической разметки с помощью онтологий компетенций, предметной области и учебных объектов (ресурсов). В качестве средства подготовки и тестирования онтологий и запросов к ней была использована среда разработки онтологий Protégé Стэнфордского центра био-медицинской информатики [11]. Онтология и база знаний ИОП формализованы с помощью фреймворка RDF/RDFS, который был разработан консорциумом W3C [12]. В качестве языка, используемого для формализации поисковых запросов к базе знаний ИОП, используется язык SPARQL [13]. Примеры запросов к базе знаний на языке SPARQL приведены ниже.

В качестве технологической платформы хранения и обработки онтологий был выбран фреймворк Apache Jena [14], представляющий собой набор компонент и java-библиотек для разработки приложений Semantic Web на основе онтологий. В рамках Apache Jena выделяют:

- ARQ и Fuseki – поисковые механизмы Jena, поддерживающие SPARQL.

- Механизмы вывода на основе онтологий (схем RDFS и OWL).

Компонент Fuseki, являющийся сервером обработки запросов SPARQL, использовался в рамках программной реализации ИОП. Выбор данного инструмента обусловлен следующим:

- Сервер построен на базе инструментария работы с онтологиями с открытым кодом, разрабатываемого сообществом Apache и распространяемого на условиях свободного использования, и обладает всеми возможностями сервера онтологических запросов с поддержкой языка SPARQL.

- Fuseki поддерживает программные интерфейсы на базе Java и по протоколу HTTP, с помощью которого передаются запросы SPARQL (SoH) и возвращаются ре-

зультаты в различных форматах, в том числе XML.

- В состав Fuseki входит удобный web-интерфейс администрирования, позволяющий загрузить онтологии во внутреннее хранилище из файлов RDF или OWL и тестировать запросы. Сервер Fuseki позволяет организовать как временное (на время работы сервера) хранилище онтологий в памяти компьютера, так и постоянное – на базе еще одного компонента Apache Jena TDB (Triple database). Онтологии и базы знаний, формализованные с помощью RDF/RDFS могут быть без изменений загружены в TDB, так как структура этой СУБД базируется на том же подходе, что и RDF/RDFS – описание фактов в виде триплетов «субъект – предикат – объект».

- В сервере Fuseki 2-й версии реализована поддержка безопасного доступа к онтологиям на основе инструментария Apache Shiro.

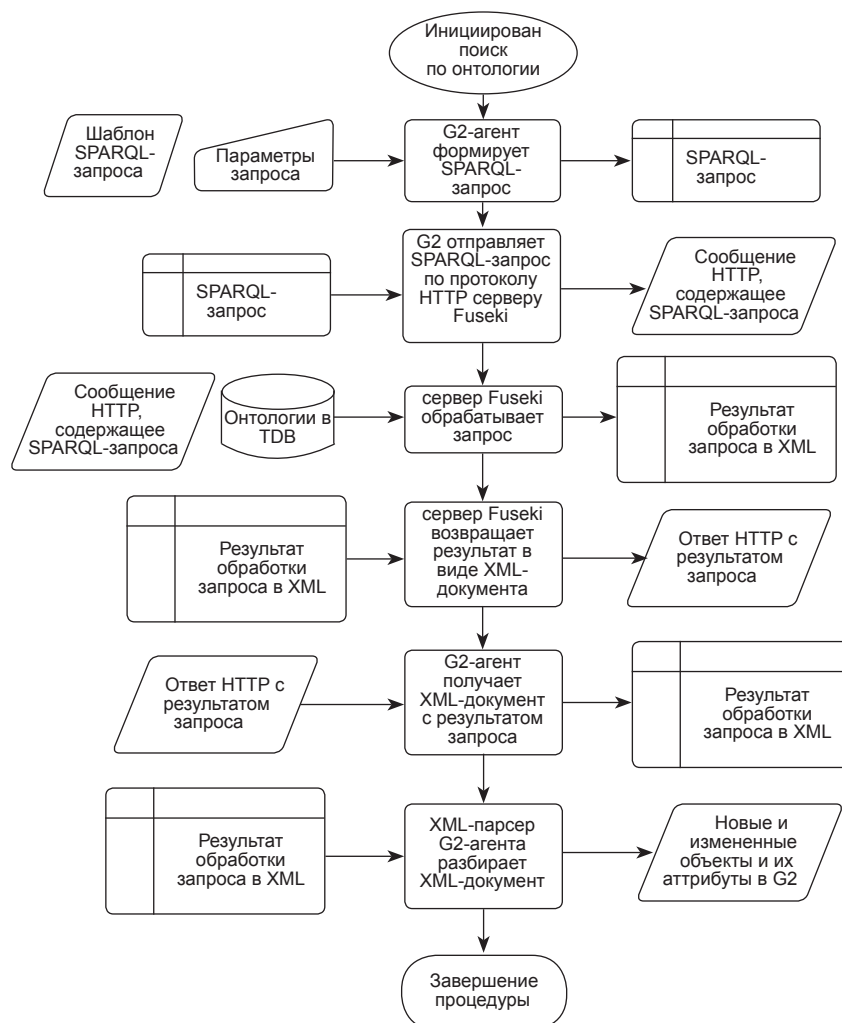


Рис. 4. Процедура выполнения и обработки поискового запроса

Технология взаимодействия агентов и онтологий. Программная архитектура ДИСУ ИОП имеет распределенный характер – агенты системы функционируют независимо в сетевой среде и взаимодействуют друг с другом опосредованно с помощью набора онтологий. Обращение к онтологии агентами G2 осуществляется через поисковый механизм Fuseki. Для реализации программного интерфейса агентов G2 с сервером Fuseki использовалась передача запросов по протоколу HTTP (SoH). Агенты используют встроенные средства G2 (SAX-парсер) для формирования запроса и интерпретации его результатов в XML. Процедура выполнения и обработки поискового запроса в общем виде представлена на рисунке 4.

Технология взаимодействия интеллектуальных агентов в G2 с сервером обработки SPARQL-запросов выглядит следующим образом:

- На первом шаге агент G2 подготавливает запрос SPARQL на основе имеющихся шаблонов запросов, подставляя в них при необходимости значения требуемых параметров.

- Затем агентом подготавливается сообщение HTTP, содержащее запрос, и отправляется на сервер Fuseki. Сервер обрабатывает запрос и подготавливает результат в виде XML-документа.

- Затем сервер возвращает подготовленный XML-документ по протоколу HTTP обратно агенту G2.

- Агент извлекает полученный XML-документ и с помощью процедур обработки встроенного SAX-парсера интерпретирует результат запроса в значения атрибутов объектов и действия.

4. Онтологическое представление информационно-образовательного пространства

Распределенный характер образовательных ресурсов в информационно-образовательном пространстве предопределяет необходимость централизации управления этим контентом с помощью онтологий. При этом описания учебных объектов в онтологии, как правило, содержат ссылки на реальные физические источники, которые находятся в распределенной сети Интернет/Инtranет. Учебные объекты могут иметь сложную иерархическую структуру агрегативного типа (отражение отношений «целое – часть») и версию хранения с учетом различных дат и авторов. В качестве объектов могут выступать как информационные ресурсы различной природы, реализуемые процедурами-сервисами для решения различных образовательных задач, например, предоставления разделов электронных учебников, выполнения практических и лабораторных работ, тестирования.

Концептуальное представление ИОП в виде онтологий обеспечивает семантическую интерпретацию запросов к образовательному контенту, реализацию унифицированного интеллектуального доступа к множеству источников знаний [4]. В основе концептуального уровня структуры знаний лежит таксономия используемых понятий или онтология, предназначенная для идентификации различных компонентов знания. Онтологию можно рассматривать, как систему рубрикации предметной области, с помощью которой интегрируются разнородные источники знаний. С другой стороны, онтология часто рассматривается, как словарь-тезаурус, совместно используемый для упрощения коммуникации пользователей, формулирования и интерпретации их запросов.

Для информационно-образовательного пространства онтологическое знание организуется в виде трех онтологий как это представлено на рисунке 5:

- онтология предметной области, с помощью которой задается семантика профессиональной деятельности в виде множества иерархически упорядоченных дидактических единиц (#1);

- онтология компетенций, с помощью которой определяются квалификационные характеристики освоения профессиональной деятельности (#2).

- онтология образовательной деятельности, с помощью кото-

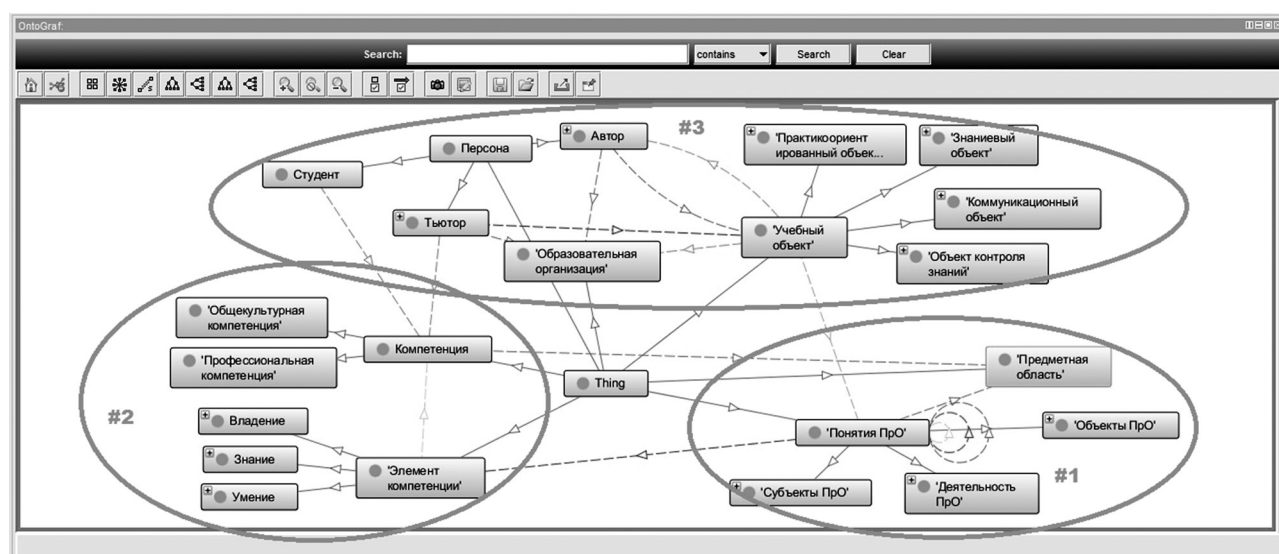


Рис. 5. Онтологическая структура базы знаний ИОП

рой обеспечивается управление учебным контентом и субъектами образовательной деятельности, задаётся описание используемых образовательных ресурсов: текстовых учебных материалов, практических и лабораторных работ, тестов, коммуникационных взаимодействий, профилей участников образовательного процесса (#3).

Элементы онтологий связаны друг с другом и в рамках настоящего проекта представляются в виде единой онтологии ИОП, на основе которой осуществляется аннотирование и индексирование источников знаний в распределённом хранилище учебных объектов.

Метаописание учебных объектов и ресурсов представляются в онтологиях образовательной деятельности и совместно с онтологиями предметной области (ПрО) и компетенций позволяет повысить адаптивность и интеллектуальность их применения в различных целях при формировании индивидуальных траекторий обучения.

Рассмотрим организацию онтологического знания более детально.

Онтология предметных областей

Основные свойства *Предметной области*:

- Название
- Множество Понятий ПрО

Основные свойства *Понятий ПрО*:

- Класс (описание действий, объекта или субъекта деятельности)
- Родовидовые отношения с другими понятиями ПрО
- Отношения агрегации с другими понятиями ПрО
- Название
- Связь с Предметной областью
- Связь с формируемыми элементами Компетенций
- Перечень обязательных базовых Понятий ПрО (для целей обучения)

Онтология компетенций

Основные свойства *Компетенций*:

- Класс (профессиональная компетенция, общекультурная компетенция и т.д.)
- Название

- Уровень компетенции (от 1 до 5)
- Описание (особенности конкретного уровня компетенции)
- Связь с предметной областью
- Связь с составными элементами компетенции: знаниями, умениями, владениями

Основные свойства *Элементов компетенций (Дидактических единиц)*:

- Класс (знания, умения, владения)
- Название
- Связь с понятиями, описывающими набор объектов, субъектов и действий в рамках заданной предметной области
- Связь с компетенциями

Онтология образовательной деятельности

Основные свойства *учебных объектов*:

- Класс (тест, учебник, видео и т.д.)
- Название учебного объекта
- Автор учебного объекта
- Перечень рассматриваемых понятий ПрО
- Перечень поддерживаемых стандартов и регламентов
- Время доступности учебного объекта
- Дата создания
- Язык учебного объекта
- Цель изучения
- Входные данные
- Выходные данные
- Ссылка (URL) на реализацию учебного объекта
- Длительность (трудоемкость) изучения учебного объекта

Основные свойства *тьютора*:

- Имя тьютора
- Организация, в которой работает тьютор
- Перечень понятий ПрО, которые описывают специализацию тьютора
- Уровень компетенций тьютора

Основные свойства *авторов учебных объектов*:

- Имя автора
- Организация, в которой работает автор
- Перечень разработанных учебных объектов

5. Технология формирования образовательной программы и расписания обучения

Образовательная программа обучения и расписание обучения в сетевой распределённой среде строятся в соответствии с индивидуальными потребностями субъекта обучения: отдельного человека или группы людей.

Целью задачи построения индивидуальной программы обучения является построение сетевой модели обучения в виде направленного графа последовательности освоения дидактических единиц (ДЕ). Результатом этого освоения должно стать достижение обучаемым заданного уровня компетенций. В качестве исходных данных для решения этой задачи должны быть заданы требования заказчика к целевому уровню компетенции обучаемых специалистов, а также требования к условиям обучения: срокам, конкретным дням и времени обучения. Рассмотрим решение задачи в два этапа:

- Формирование образовательной программы.
- Составление расписания обучения.

Задача формирования образовательной программы заключается в подборе элементов компетенций (дидактических единиц), которые должен освоить обучающийся для достижения необходимого уровня компетенции, и расположении их в порядке освоения. Последовательность действий по формированию программы агентом менеджера программ представлена на рис. 6.

Построение образовательной программы производится соответствующим агентом на основе онтологии компетенций и согласования с заказчиком индивидуальных потребностей и особенностей обучаемых. Состав и последовательность освоения необходимых дидактических единиц (ДЕ) формируется агентом на основе заданной предметной области и уровня компетенции. Формирование программы производится путем подбора дидактических единиц, необходимых для получения заданного уровня компетенции. При этом возможно

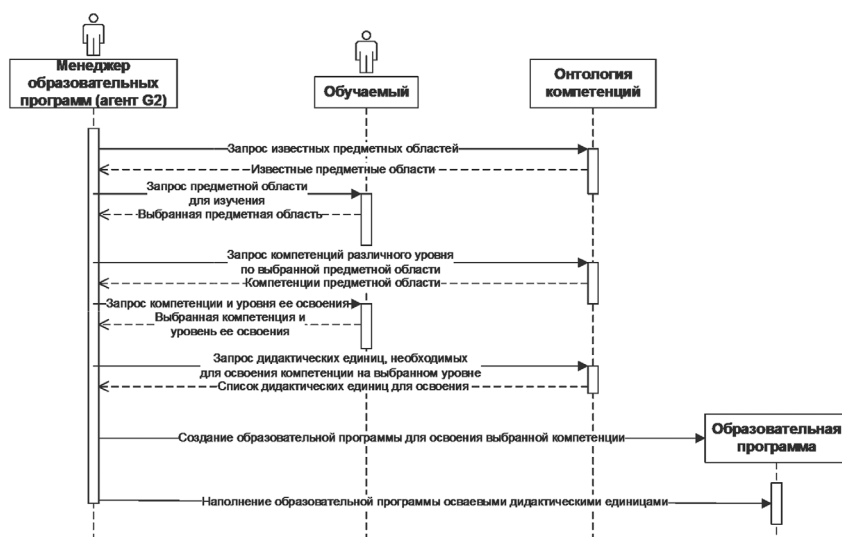


Рис. 6. Диаграмма последовательности формирования программы обучения

Образовательная программа		
Предметная область:	Информационные технологии	
Квалификация:	Проектирование ИС	на уровне: 2
Для получения необходимого уровня квалификации необходимо освоить следующие дидактические единицы:		
Знания	Архитектура ИС	
	Жизненный цикл ИС	
	Методологии проектирования ИС	
	Технологии проектирования ИС	
	Инструментальные средства проектирования ИС	
Умения	Моделировать бизнес-процессы	
	Формировать и анализировать требования к ИС	
	Проектировать информационное обеспечение ИС	
	Проектировать программное обеспечение ИС	
Навыки	Проектировать организационное обеспечение ИС	
	Навыки работы в среде моделирования Brwin/Erwin	
	Навыки работы в среде моделирования ARIS	
	Навыки работы в среде моделирования IBM Rational Architect	

Рис. 7. Пример образовательной программы

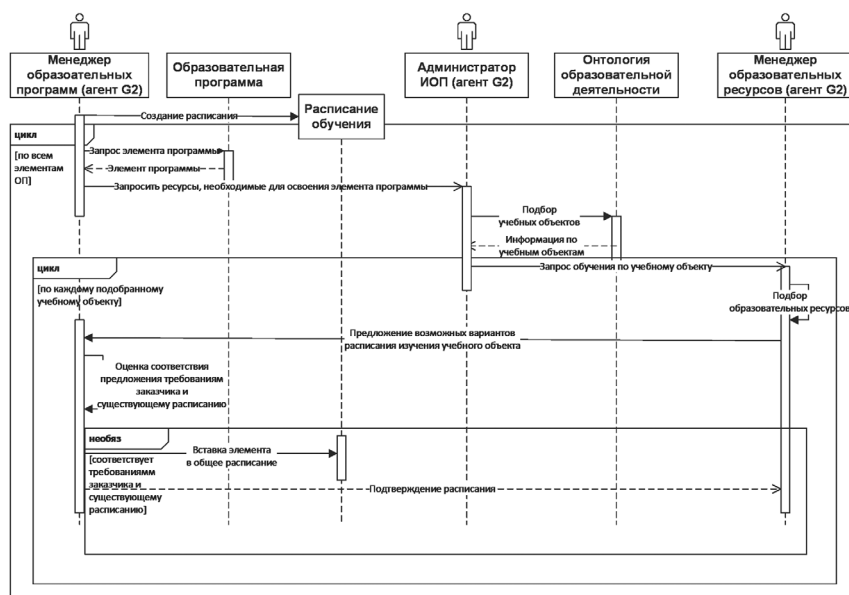


Рис. 8. Диаграмма последовательности составления расписания

тестирование знаний обучаемого с целью исключения уже усвоенных ДЕ и добавление не связанных напрямую с осваиваемой компетенцией ДЕ, являющихся базовыми для других ДЕ.

Введенная анкета в G2 последовательно преобразуется в последовательность запросов на языке SPARQL:

Для отбора существующих в базе знаний ИОП предметных об-

ластей необходимо выполнить запрос 1, возвращающий наименования предметных областей.

```
SELECT ?subjectname
WHERE { ?subject a iee:SubjectArea;
        iee:name ?subjectname. }
```

Для того, чтобы отобразить компетенции, связанные с конкретной предметной областью, необходимо выполнить запрос 2, возвращающий наименования компетенций и их категории.

```
SELECT DISTINCT ?competencename
?competencecategory
WHERE { ?subject a iee:SubjectArea;
        iee:name ?subjectname.
        ?competencecategory
        rdfs:subClassOf
        iee:Competence.
        ?competenceinstance a
        ?competencecategory;
        iee:relatesTo ?subject;
        iee:name ?competencename.
        FILTER (?subjectname =
        "Information Technology") }
```

Следующим шагом является определение заданных уровней и их описаний для выбранной компетенции. Для этого необходимо выполнить запрос 3, возвращающий название компетенции, ее уровни и их описание.

```
SELECT ?competencename
?competencelevel ?competencedesc
WHERE { ?competenceinstance
        iee:description ?competencedesc;
        iee:name ?competencename;
        iee:hasCompetenceLevel
        ?competencelevel.
        FILTER (?competencename = "Проектирование информационных систем")
        ORDER BY (?competencelevel) }
```

Уровень компетенций, выбранный пользователем определяет дидактические единицы – элементы компетенций (знать, уметь, владеть), которые ему необходимо освоить. Список элементов компетенции формируется в результате выполнения запроса 4 и содержит названия элементов на естественном языке, идентификаторы и типы элементов.

```
SELECT DISTINCT ?compel
?compelclass ?compelname
WHERE { ?competenceinstance
        iee:hasCompetenceLevel ?compellevel;
        iee:name ?competencename.
        ?compel a ?compelclass;
        iee:isPartOf ?competenceinstance;
        iee:name ?compelname.
        ?compelclass rdfs:subClassOf
        iee:CompetenceElement.
        FILTER (?compellevel <= 2 &&
        ?competencename = "Проектирование информационных систем") }
```


Расписание освоения образовательной программы							
Предметная область: Информационные технологии		на уровне: 2					
Квалификация: Проектирование ИС							
Учебный объект	Осваиваемые дидактические единицы	Тип учебного объекта	Дата/время начала		Дата/время окончания		Ссылка на учебный объект
A01 "Технология проектирования ИС"	Технология проектирования ИС	видеолекция	01.11.2015	11:50	01.11.2015	14:00	Иванов И.И. РЭУ им. Г.В. Плеханова http://study.mesi.ru/sites/W/orkplaces_15/309463
T01 "Технология проектирования ИС"	Технология проектирования ИС	тест	05.11.2015	0:00	06.11.2015	23:59	Петров П.П. РЭУ им. Г.В. Плеханова http://study.mesi.ru/etutor/layouts/ElrPortal/Test_DBM

Рис. 9. Пример расписания освоения образовательной программы

В результате выполнения описанной процедуры формируется образовательная программа, пример которой представлен на рис. 7.

Задача составления расписания обучения заключается в подборе по выбранным элементам компетенций (дидактическим единицам) учебных объектов для освоения, которые могут принадлежать различным владельцам образовательных ресурсов в ИОП, и согласованию с владельцами ресурсов условий и сроков обучения в соответствии с требованиями заказчика и возможностями обучающей организации. Последовательность действий по составлению расписания обучения агентом менеджера образовательных программ совместно с агентами-менеджерами образовательных ресурсов и агентом-администратором ИОП представлена на рис.8.

В рамках процесса составления расписания освоения образовательной программы агент-менеджер ОП формирует расписание, запрашивая под каждый элемент программы обучения необходимые учебные объекты у агента-администратора ИОП. В свою очередь, агент-администратор ИОП на основе онтологии образовательной деятельности подбирает соответс-

твующие запросу учебные объекты и отправляет запросы агентам-менеджерам образовательных ресурсов, которые управляют этими учебными объектами. Далее агент-менеджер образовательных ресурсов, получивший запрос, подбирает необходимые ресурсы (преподаватель, виртуальные учебные среды и т.п.) для запрашиваемого учебного объекта, составляет возможные варианты графика преподавания и подготавливает на их основе предложение агенту-менеджеру образовательной программы. Агент менеджер образовательной программы, на основе согласования всех поступивших предложений от агентов-менеджеров образовательных ресурсов с требованиями заказчика и уже существующим расписанием освоения образовательной программы, выбирает наиболее подходящий вариант и вставляет его в расписание.

Выборка учебных объектов, соответствующих сформированному расписанию, реализуется с помощью запроса к онтологии образовательной деятельности. При этом определяются учебные объекты, направленные на всестороннее изучение каждого из понятий (имеется в виду, как теоретический, так и практический аспекты), а также

сервисы контроля и связанные коммуникационные сервисы:

```
SELECT ?lo ?loname ?locategory ?loclass
WHERE { ?prounit iee:name ?prounitname. (5)
        ?locategory rdfs:subClassOf
        iee:LearningObject.
        ?loclass rdfs:subClassOf
        ?locategory.
        ?lo a ?loclass;
        iee:name ?loname;
        iee:describes ?prounit.
        FILTER (?prounitname = "Информационные системы. Понятия.") }
```

В результате выполнения процедуры формируется расписание освоения образовательной программы, пример которой представлен на рис. 9.

5. Заключение

Рассмотренная в статье программная реализация информационно-образовательного пространства на основе применения многоагентной технологии обеспечивает гибкое формирование образовательных программ в сетевой среде обучения в соответствии с актуальными потребностями образовательных учреждений и отдельных обучающихся. При этом достигается повышение эффективности коллективного использования в образовательных процессах распределенных в ИОП информационных ресурсов и сервисов.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
2. Зиндер Е.З. Базовые требования к информационно-образовательным пространствам, основанные на их фундаментальных свойствах. // Журнал «Открытое образование», № 3, 2015.
3. Зиндер Е.З. Основания генезиса фундаментальных свойств и базовых требований к информационно-образовательным пространствам. // Журнал «Открытое образование», № 2, 2015.
4. Тельнов Ю.Ф. Принципы и методы семантического структурирования информационно-образовательного пространства на основе реализации онтологического подхода // Вестник УМО. Экономика, статистика, информатика, 2014, № 1. – С. 187–191.
5. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352с.

6. Тельнов Ю.Ф. Модель многоагентной системы реализации информационно-образовательного пространства // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014 (24–27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т.1. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. – С. 334 – 343.
7. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Горовой В.А. Модели и методы формирования онтологий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2006. № 46.
8. Кудрявцев Д.В. Системы управления знаниями и применение онтологий. – СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2010. – 344 с.
9. Тельнов Ю.Ф. Онтологический инжиниринг как инструмент системных преобразований предприятия // Сборник трудов 4-й Российской научно-практической конференции «Актуальные проблемы системной и программной инженерии (АПСПИ 2015)
10. Gensym. Real-Time Management of Mission Critical Systems [URL: <http://www.gensym.com/>]
11. Protégé is a free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems [URL: <http://protege.stanford.edu/>]
12. RDF – Semantic Web Standards [URL: <http://www.w3.org/RDF/>]
13. SPARQL Query Language for RDF [URL: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>]
14. Apache Jena [URL: <http://jena.apache.org/>]