УДК 004.891.2
DOI: http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2019-5-4-13

Д.Г. Корнеев, М.С. Гаспариан, А.А. Микрюков
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Онтологический подход к моделированию инновационных процессов на примере распределенной образовательной сети вуза*

Центральной задачей современного этапа развития системы образования является задача перехода к новым методам организации и сопровождения учебного процесса, позволяющим обеспечить качественную подготовку выпускников учебных заведений, обладающих практическими знаниями и навыками, востребованными на рынке труда. Решить указанную задачу можно только с использованием инновационных методов и средств создания информационно-образовательного пространства в части формирования и обработки учебных объектов и программных сервисов, распределенных в образовательной сети и позволяющих гибко осуществлять процессы учебно-методического обеспечения образовательной деятельности.

***Целью исследования** является определение возможностей использования онтологического подхода к построению инновационных автоматизированных систем управления образованием, включающих построение индивидуальных траекторий обучения. В этом плане представляется весьма интересной проблема моделирования и алгоритмизации формирования образовательных программ в виде цепочки взаимосвязанных учебных модулей и объектов с учетом реализации компетентностно-ориентированной модели обучения в распределенной образовательной среде вуза.*

Современная система образования должна, на наш взгляд, быть нацелена прежде всего на адаптивную генерацию учебного контента с учетом потребностей обучающихся и в соответствии с постоянно меняющимися условиями и потребностями рынка труда. На сегодняшний день исследования в данной области касаются в основном таких вопросов, как: использование в практике обучения мультимедийных технологий и имитационных программ, технологий тестирования знаний на основе модели компетенций, методов измерения степени удовлетворенности качеством обучения, а также методов управления на основе портфолио обучающихся. Данные вопросы и проблемы рассматриваются с разной степенью детализации, например, в работах [1, 2, 3, 4] и др. Разрабатываемая методология формирования образовательных программ базируется на результатах исследований этих авторов и развивается в направлении применения онтологий, способных интегрировать разнообразные концепты профессиональных и образовательных стандартов и создавать на их основе принципиально новые учебные модули и объекты, что, на наш взгляд, соответствует мировым трендам развития науки данной области знаний.

*В качестве **методов** инжиниринга предлагается использовать методы и методологии инженерии знаний: методы онтологического инжиниринга, применяемые для семантического моделирования информационно-образовательного пространства, позволяющие представить предметную область в виде набора взаимосвязанных онтологий; методы построения и визуализации онтологий; методологии построения баз данных и баз знаний и формирования комплексных запросов к базам данных и базам знаний; методы семантического анализа метаданных; теория графов.*

***В результате** проведенного анализа объектов информационно-образовательного пространства определены требования к мета-описанию учебных объектов и сервисов, а также представлено описание концептов базовых онтологий информационно-образовательного пространства. В статье также рассмотрены возможности применения современных программных средств для формирования интеллектуального хранилища онтологий.*

Таким образом, предлагаемый инструментарий генерации образовательных программ, на наш взгляд, позволит формализовать, упростить и значительно ускорить процесс гибкой разработки материалов, необходимых для организации и обеспечения учебного процесса. Применение описываемого подхода дает возможность повысить качество подготовки специалистов за счет оперативного создания организационно-управленческих и учебно-методических материалов, адаптированных к требованиям рынка труда с учетом особенностей форм и методов обучения.

***Ключевые слова:** профессиональный стандарт, образовательный стандарт, образовательная программа, инжиниринг, информационно-образовательное пространство, онтология, концепт, учебные объекты, семантическое моделирование, OWL, СУБД, SPARQL*

Dmitriy G. Korneev, Mikhail S. Gasparian, Andrey A. Mikryukov
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Ontological approach to modeling innovation processes on the example of a distributed educational network of the University

The key task of the current stage of the education system development is the task of transition to new methods of organization and support of the educational process, allowing providing high-quality training of graduates with practical knowledge and skills in demand in the labor market. To solve this task is possible only with the use of innovative methods and tools for the creation of information-educational environment in the formation and processing of learning objects and software services distributed in the educational network and allowing the flexible implementation of the processes of educational and methodological support of educational activities.

The aim of the research is to determine the possibilities of using the ontological approach to the construction of innovative automated education management systems, including the construction of individual learning trajectories. In this regard, the problem of modeling and algorithmization of the formation of educational programs as a chain of interrelated training modules and objects, taking into account the implementation of a competence-based model of learning in a distributed educational environment of the University, seems to be interesting.

The modern education system is to be aimed primarily at adaptive generation of educational content, taking into account the needs of

*Статья написана при поддержке РФФИ, проекты № 18-07-01053 и № 19-07-01137

students and in accordance with constantly changing conditions and needs of the labor market. At present, research in this area mainly concerns issues such as the use of multimedia technologies and simulation programs, knowledge testing technologies based on the competency model, methods for measuring the degree of satisfaction with the quality of training, and management methods based on the portfolio of students. These issues and problems are considered with varying degrees of detail, for example, in [1, 2, 3, 4] and other works. The developed methodology for the formation of educational programs is based on the research results of these authors and is developing towards the use of ontologies that can integrate various concepts of professional and educational standards and create on their basis fundamentally new educational modules and objects. In our opinion, it corresponds to world trends in the development of science in this field of knowledge.

It is proposed to use the methods and methodologies of knowledge engineering as engineering methods: ontological engineering methods used for semantic modeling of the information and educational environment, allowing to represent the subject area in the form of a set of interconnected ontologies; methods for constructing and visualizing ontologies; methodologies for building databases and knowledge bases and forming complex queries to databases and knowledge bases; methods for semantic analysis of metadata; graph theory.

As a result of the analysis of the objects of the information and educational environment, the requirements for the meta-description of educational objects and services are identified, and a description of the concepts of basic ontologies of the informational and educational environment is presented. The article also discusses the possibilities of using modern software for the formation of an intellectual repository of ontologies.

Thus, the proposed toolkit for generating educational programs, in our opinion, will allow us to formalize, simplify, and significantly accelerate the process of flexible development of materials necessary for organizing and supporting the educational process. Application of the described approach makes it possible to improve the quality of training of specialists due to the prompt creation of organizational, managerial and educational materials adapted to the requirements of the labor market, taking into account the peculiarities of forms and methods of training.

***Keywords**: professional standard, educational standard, educational program, engineering, information and educational environment, ontology, concept, training objects, semantic modeling, OWL, DBMS, SPARQL*

Постановка задачи организации индивидуальной среды обучения

Многообразие образовательных процессов вуза и сложность механизмов взаимодействия субъектов образовательной деятельности диктует необходимость грамотного администрирования образовательных программ с целью максимально полного удовлетворения потребностей как со стороны рынка труда, так и со стороны обучающихся. В связи с этим особую актуальность приобретает применение гибких образовательных технологий, базирующихся на использовании теории искусственного интеллекта, методов информационно-аналитического моделирования, позволяющих учесть все особенности восприятия учебного контента, сделать процесс обучения максимально эффективным.

Построение траекторий обучения, зависящих от индивидуальных способностей, личных предпочтений и персонального темпа изучения материала, оставалось актуальной задачей на всех этапах развития автоматизированных систем управления образованием. Очевидно, что создание индивидуальных траекторий обучения предполагает этап человеко-машинного взаимодействия и взаимодействия различных информационных систем между собой. Организация интеллектуального контекстно-зависимого взаимодействия, при котором информационные системы понимают семантику запросов, возможна только с использованием онтологической модели предметной области общения. Необходимость использования онтологического подхода в задачах интеллектуального взаимодействия обоснована, например, в работах [5,6], посвященных вопросам семантической интероперабельности (взаимодействия на семантическом уровне) информационных систем.

Создание систем управления образованием на основе онтологической модели приближает нас к решению проблем автоматической генерации индивидуальных траекторий при массовом обучении. Следует отметить, что первые попытки реализации этого подхода были недостаточно успешными в силу, прежде всего, малой глубины иерархии контентного графа и игнорирования качества и количества необходимых связей, в частности между концептами различных онтологий, входящих в состав модели образовательного пространства. Первые положительные результаты были достигнуты с использованием предметных онтологий, содержащих пять-шесть уровней концептов. С помощью таких онтологий удалось построить достаточно приемлемые индивидуальные образовательные траектории, сочетающие в себе результаты анализа уровня первичных знаний обучающегося, а также внутри- и междисциплинарные связи. Однако, на сегодняшний день по-прежнему остается открытым вопрос поддержания связей между концептами различных онтологий, например, между онтологией модели профессионального стандарта и онтологией образовательного стандарта.

В качестве основного пути решения проблемы сопряжения различных онтологий предлагается подход, основанный на построении интегрированной глобальной модели описания образовательного процесса, состоящей из ряда взаимосвязанных локальных объектов, для которых может быть приведено подробное описание и между которыми могут быть заданы и детально описаны правила взаимодействия. Такая интегрированная глобальная модель представляет собой модель описания разнородных объектов, связанных с системой образования в виде информационно-образовательного пространства

(ИОП), к которому с помощью специальных алгоритмов и программных сервисов можно организовать коллективный доступ в процессе решения широкого спектра задач образовательной деятельности [2].

Задача построения онтологии образовательной деятельности требует проведения всестороннего анализа различных областей знаний, связанных как с управлением образованием, так и с предметными областями профессиональной деятельности.

Вопросы интеграции различных учебных и прочих компонентов для построения онтологии достаточно подробно рассмотрены в многочисленных работах современных авторов, например, в работах [2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Данные работы достаточно детально раскрывают в том числе такие ключевые компоненты, как информационно-образовательное пространство (ИОП), профессиональный и образовательный стандарты, образовательная программа, профиль подготовки (магистерская программа, специализация и пр.), входные и выходные компетенции обучающегося, дисциплины (модули, практики), результаты обучения по дисциплине (модулю) в виде заданных индикаторов достижения компетенций, полученных в результате реализации той или иной образовательной программы.

В качестве основного компонента для построения концептуальной модели ИОП предлагается учебный план, который задает логическую последовательность изучения материала и овладения заранее заданным набором компетенций, представленным в виде матрицы и паспортов компетенций, в процессе реализации образовательной программы. В этом смысле большой интерес представляют работы [13, 14, 15], раскрывающие проблемы адаптации учебно-методического материала и построения уникальных образовательных программ, реализующих индивидуальные траектории обучения с заранее заданными выходными компетенциями, а также проблемы автоматической генерации учебного контента в соответствии с индивидуальными потребностями обучающегося. В этом смысле настоящее исследование, опираясь на достигнутые результаты, предполагает инновационный подход к решению обозначенных проблем с использованием методов онтологического инжиниринга.

В основе любого образовательного процесса лежит целевая модель компетенций, которыми должен овладеть будущий выпускник вуза. В этой связи большой интерес представляет работа [16], в которой достаточно подробно раскрыты такие термины как модель компетенций, стандарты компетенций, компетентность. Развитие компетентностно-ориентированного подхода реализации образовательных программ предполагает разработку такой системы оценки результатов обучения по каждой учебной дисциплине или модулю, которая была бы способна «понимать» эти результаты с точки зрения соотнесения их с реальными компетентностными и квалификационными требованиями профессиональных стандартов, например, в области информационно-коммуникационных технологий [17]. Организация индивидуальной среды обучения, безусловно, должна опираться на практический опыт и результаты исследований по данной тематике, представленных в приведенных выше работах.

Инжиниринг инновационных процессов генерации индивидуального образовательного контента на основе онтологий

Совершенствование системы профессионального образования на современном этапе связано прежде всего с развитием методологии генерации учебного контента, базирующейся на всестороннем учете как личностных особенностей обучаемого, так и различных факторов, таких как предметная область обучения, уровень базовой подготовки обучаемого, форма и методика обучения, требования к результатам обучения (знания, умения, навыки, способности к выполнению тех или иных трудовых функций) и многих других. Поэтому вопросы проектирования и разработки системы инжиниринга образовательных моделей, с целью более эффективной организации многократно повторяющихся типовых информационно-образовательных процессов и процедур, выходят на повестку дня. Без решения задач построения индивидуальной среды обучения на основе интеллектуализации процессов генерации образовательного контента невозможно построение эффективной системы обучения.

В этой связи представляется чрезвычайно полезным использование специального инструментария накопления и хранения полученных знаний в виде интеллектуального хранилища, в состав которого входят учебные объекты, участвующие в генерации той или иной образовательной программы (в том числе – индивидуальных образовательных программ). В качестве такого инструментария наиболее приемлемым представляется использование языков создания онтологий, позволяющих детально описывать структуру каждого хранимого объекта (концепта онтологии), а также создавать и поддерживать семантические связи между объектами.

Прежде чем дать подробное и корректное с точки зрения установления связей описание объектов интегрированной модели ИОП, необходимо определить, как соотносятся

термины, используемые в образовательных и профессиональных стандартах с целью их семантического сопряжения.

В табл. 1 представлены результаты анализа возможности соотнесения терминов образовательных и профессиональных стандартов.

В результате анализа терминологии в профессиональных и образовательных стандартах становится очевидным, что взаимосвязь указанных стандартов трудно формализуема и может быть установлена только на уровне отдельных компонентов образовательных программ (учебного плана, рабочих программ дисциплин, учебного и оценочного контента), разработанных с учетом требований обоих стандартов и при участии как работодателей (формирование модели требований к работнику), так и образовательных учреждений. Более того, очевиден тот факт, что ни одна образовательная программа не может в настоящее время полностью удовлетворить требования ни одного профессионального стандарта. Да этого, видимо, и не нужно требовать, ведь современный специалист, на наш взгляд, должен обладать некоторой основной базой знаний и разумной универсальностью, позволяющей ему самостоятельно оттачивать своё профессиональное мастерство под требования конкретного работодателя. Тем не менее, вопросы сопряжения профессиональных и образовательных стандартов должны найти своё отражение в образовательной деятельности учебных заведений для различных уровней и форм обучения.

Таким образом, очевидна необходимость разработки гибкой интегрированной системы инжиниринга учебного контента индивидуальной среды обучения на основе модели описания ИОП, а также применения интеллектуального инструментария её реализации.

Таблица 1

Соответствие терминологии в профессиональных и образовательных стандартах

Профессиональный стандарт	Образовательный стандарт
Наименование и код вида профессиональной деятельности	Нет аналогов
Наименование и код группы занятий	Нет аналогов
Наименование и код вида экономической деятельности	Нет аналогов
Код и наименование обобщенной трудовой функции	Виды профессиональной деятельности (частично)
Уровень квалификации	Уровень образования (частично)
Возможные наименования должностей	Нет аналогов
Требования к образованию и обучению	Уровень образования (частично)
Код и наименование трудовой функции	Компетенция (частично)
Трудовые действия	Компетенции (частично)
Необходимые умения	Компетенции (частично)
Необходимые знания	Компетенции (частично)

В этой связи необходимо осуществить систематизацию всех возможных объектов ИОП и задать для каждого из них набор мета-описаний. Другой важной задачей представляется формирование унифицированных справочников возможных значений по различным описаниям объектов ИОП с целью обеспечения совместимости информации. Основными этапами исследования при декомпозиции основной цели исследования и решении данных задач, на наш взгляд, должны быть следующие:

1. Разработка концептуальной модели интеллектуальной интегрированной образовательной среды на основе сбора, анализа, классификации и обобщения информации из различных источников, включая информацию, содержащуюся в профессиональных и образовательных стандартах.

2. Систематизация и организация элементов (концептов) модели интеллектуальной интегрированной образовательной среды на основе сопряжения различных онтологий применительно к сфере применения модели.

3. Формирование интеллектуального хранилища онтологий (цифрового репозитория) и разработка на его основе алгоритмов и сервисов генерации учебно-методического и организационно-управленческого контента под конкретные параметры образовательной среды и требования к результатам обучения.

Состав базовой части онтологической модели описания информационно-образовательного пространства

Остановимся более подробно на вопросах создания онтологической модели описания объектов ИОП. На наш взгляд, задача описания ИОП, по крайней мере, её базовой части, может быть сведена к выделению и сопряжению следующих онтологий.

Онтология профессиональных компетенций. Данная онтология должна базироваться на информации из профессиональных и образовательных стандартов, а также из иных нормативно-справочных и организационно-управленческих документов, связанных с развитием знаний, умений, навыков и трудовых действий, необходимых для освоения профессий.

Одним из возможных подходов к организации такой

онтологии может быть предложен подход с использованием матрицы компетенций, задающей в совокупности с паспортами компетенций целевые индикаторы, а также последовательность их достижения с целью овладения знаниями, навыками и умениями, связанных с теми или иными видами профессиональной деятельности и определенным уровнем квалификации.

Анализ практики применения компетентностного подхода к разработке образовательных программ показывает неоднозначность в понимании того, что представляет собой профессиональная компетенция. В результате, на сегодняшний день существуют различные трактовки и способы описания этого термина. Так, существуют понятия универсальной компетенции, общепрофессиональной компетенции, профессиональной компетенции, достаточно развернуто и широко сформулированные в российских федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС). Компетенции формируются при реализации образовательной программы в виде последовательности учебных дисциплин, модулей и практик и оцениваются с помощью индикаторов их достижения (например, знаний, умений и навыков), задаваемых в виде результатов обучения. С другой стороны, профессиональные стандарты оперируют с такими дифференцированными по уровням квалификации терминами как обобщенная трудовая функция, трудовая функция, знание, умение, трудовое действие, что, по сути, соответствует понятиям компетенция и индикаторам её достижения. Таким образом, при построении онтологии компетенций целесообразно, на наш взгляд, выделить такие элементы (концепты), как компетенции, знания, умения, навыки (формулировки из ФГОС), а также элементы из терминологии профессиональных стандартов, такие как обобщенная трудовая функция, трудовая функция, трудовое действие, знание, умение. Каждый из выделяемых элементов может быть описан набором параметров (атрибутов), а установленные между элементами онтологии связи позволят проводить семантический анализ и сопряжение терминологии образовательных и профессиональных стандартов.

Онтология предметной области. Данная онтология должна базироваться на семантике профессиональной деятельности, включающей терминологию и классификацию по предметным областям и видам деятельности, группам занятий, должностям и связанным с ними уровням квалификации.

Так, профессиональные стандарты, в настоящее время утвержденные Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации, достаточно подробно описывают квалификационные характеристики профессий на основе таких параметров, как принадлежность стандарта к определенной области и виду профессиональной деятельности, связь с перечнями групп занятий (на основе ОКЗ [18]), видами экономической деятельности (на основе ОКВЭД [19]), профессий, специальностей и направлений подготовки (на основе ОКСО [20]), с должностями (на основе ЕКС [21]), а также с набором сопряженных уровней требуемой квалификации, знаний, умений, требуемых трудовых действий и другими характеристики профессии, что на наш взгляд, нуждается в уточнении и совершенствовании, а возможно, и в существенной корректировке.

Также, онтология предметной области должна, на наш взгляд, включать информацию о предприятиях и организациях [22]. Анализ субъектов экономической деятельности по множеству параметров на основе открытых источников информации будет способствовать более детальному анализу предметной области и, как следствие, пониманию, какие специалисты на сегодняшний день наиболее соответствуют требованиям работодателя.

Онтология учебного инструментария. Для систематизации информации в данной сфере необходимо проведение анализа и аудита большого количества учебных и тестовых объектов. Данная онтология должна включать информацию не только учебного и оценочного характера, но и организационно-управленческого характера, включая сведения о специалистах, участвующих в образовательном процессе, в том числе в обучении, учебно-методическом и организационном сопровождении обучения, а также выступающих в роли экспертов и работодателей. Такая онтология имеет дело со множеством атрибутов, таких как краткие биографические персональные данные специалиста, его квалификационные характеристики, коды занимаемых должностей, основные публикации, в том числе научные и учебно-методические работы, индексируемые в наукометрических системах и пр., результаты интеллектуальной деятельности, профессиональные компетенции, которыми обладает специалист, сформулированные в соответствии с утвержденными действующими профессиональными и образовательными стандартами, профессиональные достижения и награды и прочие квалификационные характеристики, всесторонне оценивающие конкретного специалиста и помогающие оценить его вклад в развитие образования и науки в той или иной отрасли в качестве научно-педагогического работника, специалиста, эксперта и пр.[23].

Анализ возможности применения программных средств для формирования интеллектуального хранилища онтологий

Одной из самых простых форм хранения онтологий является OWL-файл. Для работы с созданной онтологией такой файл считывается в оперативную память, в которой создается онтологическая модель для дальнейшей работы. Очевидно, что в состав онтологий, описывающих сложные предметные области, входит достаточно большое количество концептов и связей. Таким образом, OWL-файл, содержащий указанную онтологию, может иметь значительный объем, и его загрузка в оперативную память может потребовать существенного времени и объема ресурсов. Следует также отметить, что для извлечения знаний, хранящихся в онтологиях, необходимо использовать специальные языковые средства. Указанные выше особенности работы с OWL-файлами позволяют сделать вывод о необходимости создания хранилищ онтологий на основе СУБД.

С точки зрения структурных особенностей для хранения онтологий лучше всего подходят графовые базы данных. В этом случае для хранения концептов онтологий могут использоваться вершины графа, для хранения взаимосвязей между концептами – ребра графа. Вершины и ребра могут содержать произвольные наборы атрибутов. Ребро всегда имеет начальный узел, конечный узел, тип и направление. Системы управления графовыми базами данных поддерживают методы создания (Create), чтения (Read), изменения (Update) и удаления (Delete) данных (сокращенно – CRUD), основанные на графовой модели данных. В качестве языковых средств манипулирования данными используются SPARQL-подобные языки, синтаксис которых близок к языку SQL – языку запросов к реляционным БД (например, язык запросов Cypher в графовой СУБД Neo4j). Графовые СУБД начали активно использоваться с развитием социальных сетей и настоящее время находят широкое применение, например, для решения задач, связанных с поиском мошеннических и подозрительных транзакций в платежных системах. В таких задачах важно быстро найти вершины, связанные с исходной (например, поиск друзей в социальных сетях или счетов, на которые были переведены средства с определенного счета).

Графовые СУБД получили дополнительный импульс для использования за счет оптимизации поисковых запросов (быстрых алгоритмов обхода графа) и создания индексов. Индексы помогают оптимизировать процесс поиска конкретных узлов. Несмотря на то, что большинство запросов к графовым СУБД связаны с выборкой необходимой информации при обходе взаимосвязей между вершинами, существуют определенные ситуации, когда требуется выбрать конкретные узлы напрямую, а не с помощью обнаружения их при помощи обхода. Например, для идентификации узлов, служащих отправными точками для обхода, нужно найти один или несколько конкретных узлов, основываясь на указанной комбинации значений атрибутов (например, выбрать всех участников социальной сети моложе 20 лет). Для увеличения эффективности поиска узлов в графовых СУБД имеются средства создания индексов для комбинаций меток и свойств.

Рассмотрим далее возможности реляционных СУБД в качестве механизма для создания и хранения онтологий. Традиционно недостатком реляционных СУБД при работе с графовыми моделями данных считалось отсутствие средств реализации иерархических запросов. Так, например, для поиска вершин, связанных с данной вершиной через любые другие вершины, требовалось выполнение многочисленных операций соединения (JOIN), которые существенно замедляли выполнение запросов. Для решения указанной проблемы в стандарте SQL-1999 по сравнению со стандартом SQL-92 появилась возможность создания временного представления для хранения иерархий, которое описывается оператором WITH. После этого из него выбираются данные простой командой SELECT. В ряде СУБД имеются свои средства для реализации указанных запросов. Так, например, в СУБД ORACLE, начиная с версии 8, иерархические запросы очень эффективно реализуются с помощью команды CONNECT BY, в СУБД MS SQL-2008 для реализации указанных запросов можно применить набор стандартизованных хранимых функции для работы с уровнями иерархии (Hierarchyid).

Резюмируя сказанное выше, можно отметить, что реляционные СУБД по сравнению с графовыми обладают более высокой эффективность поиска данных по значениям, накладываемым на атрибуты (задача выбора узлов графа напрямую, без учета взаимосвязей). Графовые СУБД более эффективно реализуют запросы, в которых учитываются взаимосвязи между вершинами.

В работе [24] описан подход для организации семантического поиска данных, учитывающий преимущества как графовых, так и реляционных СУБД. В виде графа в указанном случае хранится набор взаимосвязанных концептов, отражающих семантику предметной области. Данные хранятся в реляционных таблицах, содержащих значительное

количество записей. Первоначально запрос выбирает вершины графа по заданным условиям, накладываемым на взаимосвязи между концептами. Отобранные вершины содержат значения атрибутов, по которым осуществляется поиск записей в реляционных таблицах. Поиск по графовой модели организован средствами СУБД Neo4j, поиск записей в реляционных таблицах – средствами СУБД MySQL.

Анализируя возможности применения графовых и реляционных СУБД для работы с онтологиями, следует отметить, что в них отсутствуют специализированные механизмы, поддерживающие аксиомы и правила вывода утверждений на основе взаимосвязей концептов. Для реализации этих механизмов необходимо написание пакетов программ на процедурных языках, применение которых на больших объемах хранимых данных оказывается неэффективным.

Отдельного рассмотрения в данном случае требует СУБД ORACLE, которую на сегодняшний день можно отнести к классу объектно-реляционных. В ORACLE 11g реализованы механизмы, объединенные термином Semantic Technologies (семантические технологии). В версии 11g реализована возможность экспорта и импорта OWL-структур и поддержка языка описания онтологий OWLPrime, являющегося подмножеством указанного выше языка OWL DL и включающего возможности для:

- создания структуры онтологии (class, subclass, property, subproperty, domain, range, type);
- указания характеристик свойств (transitive, symmetric, functional, inverse);
- сравнения классов (equivalence и disjointness);
- сравнения свойств (equivalence);
- сравнения сущностей (same, different);
- задания ограничений на свойства (hasValue, someValues From, allValuesFrom).

Для поддержки OWLPrime реализовано более 50 правил, которые используются в процессе логического вывода. Правило состоит из условия («если»), фильтра (условия) и вывода («то»). В ORACLE 11g реализована возможность настройки пользовательских правил с помощью языка OWLIF (конструкций IF-THEN). Можно задать определенные ограничения на правила, которые может создавать пользователь. Например, можно задать, что в системе пользователь может создавать только логический вывод внутри иерархии subClassOf и при этом можно ограничить количество шагов вывода.

Запросы на извлечение сведений из онтологий в ORACLE 11g осуществляется с использованием языка SPARQL. Для подключения правил вывода, созданных пользователем, в SPARQL-запросах используется конструкция SEM_RULEBASES.

Выводы

В работе приведены результаты анализа объектов информационно-образовательного пространства, определены требования к мета-описанию учебных объектов и сервисов, а также описаны концепты базовых онтологий, входящих в ООМ описания ИОП. Были показаны возможности использования графовых и реляционных СУБД для создания хранилищ онтологий модели описания информационно-образовательного пространства. На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что в настоящее время для создания хранилищ онтологий, используемых для построения ООМ описания ИОП, наиболее целесообразно использовать СУБД ORACLE версии 11g. Однако, следует отметить, что для работы с онтологиями указанного типа преднастроенные правила логического вывода (о которых говорилось выше), будут использоваться не так эффективно. Это связано с тем, что они нацелены в большей степени на работу с онтологиями, вершины которых связаны как класс (class) и подкласс (subclass). В онтологиях, которые могут использоваться для построения ООМ описания ИОП, присутствуют вершины, связанные более сложными типами связей. О более сложных связях между концептами онтологии указывается в работе [25]. В данном случае для обработки таких вершин требуется написание пользовательских правил вывода, о которых говорилось ранее. Это позволит устанавливать не всегда явные взаимосвязи между компонентами ИОП на основе экспертных оценок, что в свою очередь даст возможность генерировать учебный контент под конкретные требования работодателя, задавая в различных сочетаниях необходимые для поиска параметры запросов в виде всевозможных кодов и прочих характеристик, которым должен соответствовать обучаемый.

В качестве положительной тенденции, следует отметить, что в настоящее время как в реляционных, так и в графовых СУБД появляются механизмы работы с онтологическими структурами. На сегодняшний день наибольшее развитие, как было указано, такие механизмы получили в СУБД ORACLE 11g, которым было дано название Semantic Technologies. Можно прогнозировать, что указанные механизмы будут и дальше развиваться и в какой-то момент может оказаться более удобным создание хранилищ онтологий средствами других СУБД (например, графовой Neo4j) или применять технологию совместного использования графовых и реляционных СУБД [24].

Перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка алгоритмов и сервисов генерации учебно-методического и организационно-управленческого контента под конкретные параметры распределенной образовательной среды и требования к результатам обучения на основе применения интеллектуального хранилища онтологий, содержащих правила логического вывода.

Литература

1. Тарасов В.Б. Инжиниринг предприятий и организационные онтологии // Сборник научных трудов 18-й научной конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями». М.: МЭСИ, 2015.

2. Тельнов Ю.Ф. Принципы и методы семантического структурирования информационно-образовательного пространства на основе реализации онтологического подхода// Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 1. С. 187–191.

3. Зиндер Е.З. Основания генезиса фундаментальных свойств и базовых требований к информационно-образовательным пространствам. // Открытое образование. 2015. № 2. С. 46–55.

4. Зиндер Е.З. Базовые требования к информационно-образовательным пространствам, основанные на их фундаментальных свойствах. // Открытое образование. 2015. № 3. С. 83–94.

5. Прийма С.Н. Обеспечение семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых посредством агенто-онтологического подхода // Перспективы науки и образования. 2014. № 1. С. 79–83.

6. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Давыденко И.Т., Шункевич Д.В., Еремеев А.П. Онтологическое проектирование гибридных семантически совместимых интеллектуальных систем на основе смыслового представления знаний // Онтология проектирования. 2019. Т. 9–1 (31). С. 132–151.

7. Гаспариан М.С., Лебедев С.А., Тельнов Ю.Ф. О взаимосвязи ФГОС и профессиональных стандартов. // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2016. № 4. С. 16–18.

8. Балашова И.Ю. Онтологические модели в системе информатизации образования // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2015. № 3 (15). С. 120–127.

9. Шибут М.С. Концептуальное моделирование предметной области в системе информационного обеспечения процесса обучения // Интеллектуальный анализ информации (ИАИ-2010): сб. докладов 10-й Междунар. науч. конф. Киев: Просвгга, 2010. С. 276–283.

10. Hyunsook Chung, Jeongmin Kim. An Ontological Approach for Semantic Modeling of Curriculum and Syllabus in Higher Education // International Journal of Information and Education Technology. May 2016. Vol. 6. No. 5: 365–369.

11. Грегер С.Э. Реализация инструментальной среды семантического моделирования учебного процесса // Объектные системы 2011: сб. докладов 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д: Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова, 2011. С. 58–61.

12. Дацун Н.Н., Уразаева Л.Ю. Онтологический подход анализа и создания куррикул по перспективным направлениям подготовки ИТ-специалистов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. № 4. С. 23–35.

13. Благов Е.Ю., Лещева И.А., Щербан С.А. Онтологический подход в практике образовательной деятельности: формирование траекторий индивидуального профессионального развития студентов. // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 5. С. 26–39.

14. Ларичев О.И., Нарыжный Е.В., Кузнецова В.П., Брук Э.И. Новые возможности компьютерного обучения // Вестник Российской Академии Наук. 1999. Т. 69. № 2. С. 106–111.

15. Трембач В.М. Инжиниринг интеллектуальных обучающих систем вуза // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2016. № 4. С. 64–67.

16. Дмитриевская Н.А. Методологические подходы к проектированию моделей компетенций в терминах целей обучения// Труд и социальные отношения. 2010. № 12 (78). С. 59–64.

17. Профессиональные стандарты в области информационных технологий М.: АПКИТ, 2008.

18. ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 № 2020-ст).

19. ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утвержден Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 08.09.2017).

20. ОК 009-2016. Общероссийский классификатор специальностей по образованию (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 08.12.2016 № 2007-ст).

21. Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (ЕКС). 2017.

22. ОК 007–93. Общероссийский классификатор предприятий и организаций (ред. от 28.02.2018).

23. Гаспариан М.С., Лебедев С.А., Тельнов Ю.Ф. Интеграция элементов информационно-образовательного пространства на основе онтологического подхода. // Материалы юбилейной X Международной научно-практической конференции «Электронная Казань 2018» (Информационные технологии в современном мире). Ученые записки ИСГЗ. Казань. 2018. Т. 16. № 1. С. 158–165.

24. Бойченко А.В., Корнеев Д.Г., Казаков В.А. Поиск данных, основанный на семантической модели. // Сборник научных трудов 18-ой Российской научно-практическая конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями. М.: МЭСИ, 2015. С. 123–132.

25. Бова В.В. Онтологическая модель интеграции данных и знаний в интеллектуальных информационных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 4 (165). С. 225–237.

References

1. Tarasov V.B. Enterprise engineering and organizational ontologies. Sbornik nauchnykh trudov 18-y nauchnoy konferentsii «Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye znaniyami» = Collection of scientific papers of the 18th scientific conference «Enterprise Engineering and Knowledge Management». Moscow: MESI; 2015. (In Russ.)

2. Tel'nov Yu.F. Principles and methods of semantic structuring of information and educational space based on the implementation of the ontological approach. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economics, Statistics and Informatics. Bulletin of UMO.2014; 1: 187-191. (In Russ.)

3. Zinder Ye.Z. The foundations of the genesis of fundamental properties and basic requirements for information and educational spaces. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2015; 2: 46-55. (In Russ.)

4. Zinder Ye.Z. Basic requirements for informational and educational spaces based on their fundamental properties. Otkrytoye obrazovaniye= Open education. 2015; 3: 83-94. (In Russ.)

5. Priyma S.N. Ensuring semantic interoperability of open adult education systems through an agent-ontological approach. Perspektivy nauki i obrazovaniya = Prospects for science and education. 2014; 1:79-83. (In Russ.)

6. Golenkov V.V., Gulyakina N.A., Davydenko I.T., Shunkevich D.V., Yeremeyev A.P. Ontological design of hybrid semantically compatible intelligent systems based on the semantic representation of knowledge. Ontologiya proyektirovaniya = Design Ontology. 2019; 9; 1(31): 132-151. (In Russ.)

7. Gasparian M.S., Lebedev S.A., Tel'nov Yu.F. O vzaimosvyazi FGOS i professional'nykh standartov = On the relationship of GEF and professional standards. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economics, statistics and computer science. Bulletin of UMO. 2016; 4:16-18. (In Russ.)

8. Balashova, I. Yu. Ontological models in the educational system of education. Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society. 2015; 3 (15): 120-127. (In Russ.)

9. Shibut, M. S. Conceptual modeling of the subject area in the system of information support for the learning process. Intellektual'nyy analiz informatsii (IAI-2010): sb. dokladov 10-y Mezhdunar. nauch. Konf = Intelligent Information Analysis (IAI-2010): Sat. reports of the 10th International scientific conf. Kiyev: Prosvgga; 2010: 276-283.

10. Hyunsook Chung, Jeongmin Kim. An Ontological Approach for Semantic Modeling of Curriculum and Syllabus in Higher Education. International Journal of Information and Education Technology. May 2016. 6; 5: 365-369.

11. Greger S. E Implementation of the instrumental environment of semantic modeling of the educational process. Ob»yektnyye sistemy 2011: sb. dokladov 3-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Rostov n/D: Shakhtinskiy institut (filial) Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta (NPI) im. M. I. Platova = Object systems 2011: Sat. reports of the 3rd International scientific-practical conf. Rostov n / a: Shakhty Institute (branch) of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, 2011: 58-61. (In Russ.)

12. Datsun N.N., Urazayeva L.YU. Ontological approach to the analysis and creation of curricula for promising areas of training IT specialists. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye = Modern Information Technologies and IT Education. 2017; 13; 4: 23-35. (In Russ.)

13. Blagov Ye.YU., Leshcheva I.A., Shcherban S.A. Ontological approach in the practice of educational activities: the formation of the trajectories of individual professional development of students. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22; 5: 26-39. (In Russ.)

14. Larichev O.I., Naryzhnyy Ye.V., Kuznetsova V.P., Brook E.I. New opportunities for computer training. Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 1999; 69; 2: 106-111. (In Russ.)

15. Trembach V.M. Engineering of intelligent educational systems of a university. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economics, Statistics and Informatics. Bulletin of UMO. 2016; 4: 64-67. (In Russ.)

16. Dmitriyevskaya N.A Methodological approaches to the design of competency models in terms of learning objectives. Trud i sotsial'nyye otnosheniya = Labor and social relations. 2010; 12(78): 59-64. (In Russ.)

17. Professional'nyye standarty v oblasti informatsionnykh tekhnologiy = Professional standards in the field of information technology. Moscow: APKIT; 2008. (In Russ.)

18. OK 010-2014 (ISKZ-08). The All-Russian classifier of occupations (adopted and enforced by the Order of Rosstandart dated 12.12.2014 N 2020-st). (In Russ.)

19. OK 029-2014 (NACE Rev. 2). The All-Russian Classifier of Types of Economic Activities (approved by the Order of Rosstandart dated January 31, 2014 No. 14-st) (as amended on September 8, 2017). (In Russ.)

20. OK 009-2016. The All-Russian classifier of specialties by education (adopted and enforced by the Order of Rosstandart dated 08.12.2016 N 2007-ст). (In Russ.)

21. Yedinyy kvalifikatsionnyy spravochnik dolzhnostey rukovoditeley, spetsialistov i drugikh sluzhashchikh (YEKS) = A single qualification directory of positions of managers, specialists and other employees (TSA). 2017. (In Russ.)

22. OK 007–93. The All-Russian Classifier of Enterprises and Organizations (as amended on February 28, 2018). (In Russ.)

23. Gasparian M.S., Lebedev S.A., Tel'nov YU.F. Integration of elements of information and educational space based on the ontological approach. Materialy yubileynoy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Elektronnaya Kazan' 2018» (Informatsionnyye tekhnologii v sovremennom mire) = Materials of the jubilee X International Scientific and Practical Conference «Electronic Kazan 2018» (Information technology in the modern world). Kazan': Scientific notes of HMIS.2018: 16, 1-158-165. (In Russ.)

24. Boychenko A.V., Korneyev D.G., Kazakov V.A. Data search based on a semantic model. Sbornik nauchnykh trudov 18-oy Rossiyskoy nauchno-prakticheskaya konferentsii «Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye znaniyami = Collection of scientific papers of the 18th Russian Scientific and Practical Conference "Enterprise Engineering and Knowledge Management. Moscow: MESI; 2015: 123-132. (In Russ.)

25. Bova V.V. Ontological model of data and knowledge integration in intelligent information systems. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki = News of SFU. Technical science. 2015; 4 (165): 225-237. (In Russ.)

Сведения об авторах

Дмитрий Геннадьевич Корнеев
к.э.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: postkorneev@mail.ru

Михаил Самуилович Гаспариан
к.э.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: gasparian.ms@rea.ru

Андрей Александрович Микрюков
к.т.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: mikrukov.aa@rea.ru

Information about the authors

Dmitriy G. Korneev
Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia
E-mail: postkorneev@mail.ru

Mikhail S. Gasparian
Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia
E-mail: gasparian.ms@rea.ru

Andrey A. Mikryukov
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia
E-mail: mikrukov.aa@rea.ru