

Построение и визуализация онтологии образовательного курса для цифрового информационного пространства вуза

О.Н. Половикова, В.В. Ширяев, Д.С. Козлов

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

Construction and Visualization of the Ontology of the Educational Course for the Digital Information Space of the University

O.N. Polovikova, V.V. Shiryaev, D.S. Kozlov

Altai State University (Barnaul, Russia)

Несмотря на весомый объем образовательных курсов, которые опубликованы на информационных порталах вуза, полностью или частично отсутствует полноценный механизм получения нужной информации в одном месте и в доступной форме. Каждый курс выступает обособленным ресурсом, без возможности построить логические связи (навигационные переходы) между смежными или последовательными курсами, между курсами одного тематического кластера или предметной области. Еще один немаловажный аспект, который зависит от систематизации электронных курсов, это недоступность контекстного поиска как по материалам конкретного ресурса, так и по всему образовательному portalу.

В рамках данного исследования рассматривается задача построения и предоставления онтологии электронного курса. Прикладное решение данной задачи позволит в значительной степени повысить конструктивность существующих сервисов по работе с учебными курсами, а также предоставить новый комплекс возможностей, основанный на систематизации знаний. В качестве структуры предоставления знаний предлагается использовать структурированное множество понятий (терминов), описывающих теоретические и практические аспекты электронного курса. Такая онтология предметной области представляется в виде семантической сети, которая может быть визуализирована специализированным программным средством или средствами графической библиотеки, например *d3* для языка *JavaScript*.

Ключевые слова: онтология, прикладные программы, алгоритмы, семантическая сеть, визуализация, систематизация знаний, электронный курс.

DOI: 10.14258/izvasu(2022)1-17

Введение

Образовательные организации накопили огромные массивы информации, которые рассредоточены по разным базам, хранилищам и системам и подчиня-

ются различным технологиям накопления, обработки и извлечения. На практике отсутствует универсальный механизм получения нужной информации в одном месте и в доступной форме. Даже если ресурсы

Despite the significant volume of educational courses published on the university's information portals, there is no full or partial mechanism for obtaining the necessary information in one place and an accessible form. Each course is a separate resource, without the ability to build logical connections (navigational transitions) between adjacent or sequential courses and courses of the same thematic cluster or subject area. The lack of systematization of e-courses does not allow realizing a full-fledged contextual search and navigation between related resources.

Within the framework of this study, the problem of constructing and presenting an ontology of an electronic course is considered. Applied solutions to this problem will significantly increase the constructiveness of existing services for working with training courses and provide a new set of opportunities based on the systematization of knowledge. As a structure of knowledge representation, it is proposed to use a structured set of concepts (terms) that describe the theoretical and practical aspects of the electronic course. Such a domain ontology is represented as a semantic network, which can be visualized by a specialized software tool or using a graphical library, for example, *d3* for the *JavaScript* language.

Keywords: ontology, applied programs, algorithms, semantic network, visualization, knowledge systematization, electronic course.

расположены на одной платформе и подчиняются некоторым общим правилам публикации, это не гарантирует возможность их совместного использования. Для совместного выполнения информационно-поисковых запросов и извлечения знаний требуется их предобработка — формализация согласно некоторой выбранной концепции.

Образовательный портал вуза включает огромный набор электронных курсов, в каждом из которых представлены теоретическая основа преподаваемой дисциплины, необходимые материалы для практических заданий, а также разнообразные элементы проверки получаемых навыков. Но несмотря на разнообразие и высокое качество ресурсов, полностью отсутствует автоматизированная или частично автоматизированная систематизация этих электронных курсов. Отсутствие единой централизованной системы сбора знаний не позволяет выполнить предварительный анализ опубликованных на портале ресурсов. При этом невозможно определить предметную составляющую курса (понятийный аппарат, когнитивную структуру, глубину и актуальность изложения материалов) без детального многочасового его изучения.

Методы и технологии извлечения, представления и визуализации знаний в настоящее время находятся в центре внимания многих научных и научно-практических исследователей. На сегодняшний день в области инженерии знаний разработано множество формализмов для их представления [1–4], но наиболее востребованными и эффективными признаны онтологии.

Современные условия, а также множество форм обучения, которые сегодня активно используются в вузах, требуют применения в процессе обучения новейших средств информационно-коммуникационных технологий. При этом на первый план выходит проблема повышения качества образования при непрерывном росте объемов знаний и разнообразии форм их представления. В этой ситуации решающую роль многие исследователи отдают активному применению подсистем, основанных на знаниях, как инструменту, позволяющему регулировать и ширину, и глубину изучения некоторой предметной области [5–6].

Среди многообразия задач, которые поднимаются проблемой качества образования, **в рамках данного исследования рассматривается задача построения и представления онтологии электронного курса.** Данное направление исследования является актуальным и востребованным в любом образовательном процессе. Стоит также отметить, что визуализация онтологии электронного курса выступает объективной формой его представления, которая связывает все его разнородные составляющие в целостную систему. Такая система на этапе предварительного анализа может замещать все содержание электронного ресурса.

Выбор модели для построения онтологии электронного курса

Термин «онтология» в силу разнообразия контекста применения наделяется разными смысловыми значениями, но есть общая составляющая, которая присуща всем определениям. Онтология позволяет описать знания в некоторой языковой системе и выступает универсальной формой, которая понятна разным системам. Такая форма записи знаний всегда создается для решения практических задач, т.е. выбор формы представления онтологии определяется ее применимостью к конкретным прикладным целям.

Разработки по построению онтологий для различного рода информационных систем накопили уже достаточный для продуктивного анализа банк программных инструментов и практических примеров [6–10]. В исследовании С.М. Авдошина и М.П. Шатилова [11] представлен детальный обзор программных продуктов для создания, редактирования и просмотра онтологий применительно к различным прикладным областям. Выбор способа представления онтологии для электронного курса и конкретной технологии для ее получения зависит в первую очередь от планов дальнейшего использования получаемых конструкций знаний. В этом вопросе системы знаний обладают широким спектром возможностей: от формирования оптимальных траекторий обучения (и поддерживающих их индивидуализированных учебных пособий) [12] до проектирования и управления компетенциями в учебном заведении [13].

В работе И.Ю. Шполянской и Т.А. Середкиной [14] онтология и подсистемы, созданные на ее основе, рассматриваются в качестве интеграционной платформы для всех процессов электронного обучения. Связывание профиля обучаемого с электронными курсами образовательного портала выполняется программными агентами, которые руководствуются несколькими онтологическими моделями. В исследовании В.В. Антонова и др. онтологией определяется структура программно-аналитического комплекса для контроля и анализа получаемых в процессе обучения компетенций [15].

Общепризнанное представление онтологии O выражается следующим формализмом: $O = \langle X, R, F \rangle$, где X — конечное множество понятий (концептов) предметной области; R — конечное множество отношений между понятиями; F — конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и / или отношениях.

В зависимости от множеств R и F выделяют разные классы онтологий, частные случаи которых представлены в таблице, и соответственно различные способы их построения.

Классификация частных онтологических моделей [16, с. 289]

Компоненты модели	$R = \emptyset$ $F = \emptyset$	$R = \emptyset$ $F \neq \emptyset$	$R = \emptyset$ $F \neq \emptyset$	$R = \{is_a\}$ $F = \emptyset$
Формальное определение	$\langle X, \{\}, \{\} \rangle$	$\langle X_1 \cup X_2, \{\}, F \rangle$	$\langle X_1(X_2^* \cup \rho_2^*), \{\}, F \rangle$	$\langle X, \{is_a\}, \{\} \rangle$
Пояснение	Словарь	Пассивный словарь	Активный словарь	Таксономия понятий

Онтологические модели на основе словарей понятий и терминов предметной области (см. активные и пассивные словари в таблице) хорошо зарекомендовали себя в прикладных разработках с возможностями интеграции знаний между несколькими системами (подсистемами). Эти модели легко реализуются классическими средствами построения онтологий и достаточно быстро могут быть адаптированы под новые задачи. Применение электронных словарей, интегрированных в материалы образовательного курса, дает возможность использовать механизмы контекстного поиска, а также аппарат для извлечения знаний совместно с другими внешними системами.

Система связей между терминами электронного словаря и ресурсами курса предоставляет возможности для реализации логических переходов (навигационного взаимодействия) между смежными или последовательными курсами, между курсами одного тематического кластера или предметной области.

Концепция построения системы знаний образовательного курса

Построение онтологий электронного курса — это целенаправленная формализация образова-

тельного ресурса для построения системы знаний, которая будет обеспечивать интеллектуальный поиск (автоматическое извлечения знаний) по его содержанию.

Электронные образовательные курсы информационного пространства Алтайского государственного университета уже содержат словари базовых терминов и понятий. При этом нужно понимать, что преподаватели создавали словари, используя всю глубину содержательных ресурсов курса (в различных форматах представления). Понятия (и связи между ними) характеризуют саму учебную дисциплину, а также связывают в единую систему все множество образовательных электронных курсов. При качественном построении словаря терминов формируемая на их основе семантическая сеть понятий содержит весомый объем содержательной части курса. Оставшийся объем также зависит от понятий предметной области, включенных в словарь.

В качестве примера на рисунке представлен фрагмент словаря в JSON-формате для электронного курса учебной дисциплины «Объектно-ориентированное программирование (язык C++)».

```

"CONCEPT": "атрибут",
"DEFINITION": "характеристика объекта, свойство объекта. Обычно свойства изменяются с помощью методов класса, к",
"ALIASES":
{
  "ALIAS": [
    {
      "NAME": "объект"
    },
    {
      "NAME": "свойство объекта"
    },
    {
      "NAME": "метод"
    }
  ]
},
{
  "CONCEPT": "указатель",
"DEFINITION": "это производный тип данных, который в качестве значения может хранить адрес участка статической",
"ALIASES":
{
  "ALIAS": [
    {
      "NAME": "объект"
    }
  ]
}
    
```

Фрагмент словаря электронного образовательного курса

Поэтому авторами исследования в качестве структуры представления знаний предлагается использовать структурированное множество понятий (терминов), описывающих теоретические и практические аспекты электронного курса. Такая онтология предметной области представляется в виде

семантической сети, которая может быть визуализирована специализированным программным средством (в работе С.М. Авдошина, М.П. Шатилова [11] представлен анализ возможностей таких систем) или средствами графической библиотеки, например, d3 для языка JavaScript.

Интерактивная визуализация онтологии на основе словаря понятий с переходами в виде гипертекстовых ссылок позволяет организовать навигацию по опубликованным материалам как внутри курса, так и между всеми курсами, связанными понятийным аппаратом. Примеры построения интерактивных визуализированных онтологий электронного курса можно посмотреть на странице открытого портала [17] *Observable*.

Заключение

Таким образом, предлагаемая онтологическая модель электронного курса определяется списком концептов (понятий) и их кратким описанием, гипертекстовые ссылки в которых выражают межпонятийные связи. Онтологии соответствует семантическая сеть

базовых терминов, вершины которой отображают сами понятия, а дуги — отношения между ними. Дальнейшее исследование направлено на программную реализацию прикладных моделей для обслуживания электронного курса, которые позволяют:

- получать предварительные визуализированные срезы знаний образовательного курса;
- формировать студентам индивидуальные когнитивные карты «освоенного / не освоенного» знания;
- организовать релевантный семантический поиск по содержанию курсов (разнообразному контексту);
- визуализировать иерархическую структуру всех понятий (и их связей) цифрового образовательного пространства вуза в виде единой интерактивной семантической сети.

Библиографический список

1. Бездушный А.Н., Гаврилова Э.А., Серебряков В.А., Шкотин А.В. Место онтологий в единой интегрированной системе РАН // *Современные технологии в информационном обеспечении науки* : сб. научн. тр. / под ред. Н.Е. Каленова. Научный мир. 2003. URL: <http://www.ras.ru/ph/0006/3q3T33RC.html> (дата обращения: 12.12.2021).
2. Gao Shu, Omer F. Rana, Nick J. Avis, Chen Dingfang. Ontology based semantic matchmaking approach // *Advances in Engineering Software*. 2007. № 38.
3. Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г., Левашова Т.В. Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации ; ч. 1 // *Новости искусственного интеллекта*. 2002. № 1 (49).
4. Павлов С.В., Ефремова О.А. Онтологическая модель интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных в единую региональную базу данных // *Онтология проектирования*. 2017. Т. 7. № 3 (25). DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-323-333.
5. Ужва А.Ю. Онтологические модели представления знаний для адаптивного поиска образовательных ресурсов алгоритмом рассуждений по прецедентам // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4–3.
6. Долятовский В. А., Гамалей Я.В. Онтологический подход к процессам и системам обучения и образования // *Образовательные технологии*. 2018. № 3.
7. Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем // *Новости искусственного интеллекта*. 2003. № 2.
8. Лутошкина Н.В., Мурашова Л.М. Систематизация мультимедийного контента электронного курса на основе онтологии предметной области // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11480> (дата обращения: 12.12.2021).
9. Новиков Ф.А. Искусственный интеллект: представление знаний и методы поиска решений : учеб. пособие. СПб., 2010.
10. Gruber T.R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // *Knowledge Acquisition*. 1993. Vol. 5 (2).
11. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Онтологический инжиниринг // *Бизнес-информатика*. 2007. № 2.
12. Норенков И.П. Онтологические методы синтеза электронных учебных пособий // *Открытое образование*. 2010. № 6.
13. Куликова Л.Л., Юрин П.В. Использование онтологии предметной области для проектирования и управления компетенциями в вузе // *Вестник ИрГТУ*. 2011. № 11 (58).
14. Шполянская И.Ю., Середкина Т.А. Технологии Semantic Web в организации поддержки онлайн обучения // *Системный анализ в проектировании и управлении*. 2020. № 3. Doi:10.18720/SPBPU/2/id20-231.
15. Антонов В.В., Куликов Г.Г., Кромина Л.А., Родионова Л.Е., Фахруллина А.Р., Харисова З.И. Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса на основе онтологии и искусственных нейронных сетей // *Онтология проектирования*. 2021. № 3 (41).
16. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб., 2001.
17. Открытая коллекция примеров визуализации данных *Observable*. URL: <https://observablehq.com/@39bbe44713bf1f81> (дата обращения: 12.12.2021).