

УДК 004.8

МЕТОД ПОИСКА И ИНТЕГРАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА НА ОНТОЛОГИИ

А. В. Аникин

Волгоградский государственный технический университет (Россия)

В работе предложен двухэтапный метод с использованием логического вывода на онтологии на основе семантических правил для поиска разнородных распределенных электронных образовательных ресурсов и их интеграции в персонифицированные электронные образовательные коллекции для использования в системах управления образовательным процессом. Разработаны алгоритмы и правила логического вывода на онтологиях для создания персонифицированных электронных образовательных коллекций (поиска целевых ресурсов, дополнения множества ресурсов, построения отношений между ресурсами, задающих рекомендуемый порядок их изучения) с использованием предложенных ранее моделей описания объектов и субъектов образовательного процесса. При этом аннотированный на онтологии профиль обучаемого используется в качестве поискового запроса. Разработана архитектура автоматизированной системы построения таких коллекций. Разработанные метод, алгоритмы и программно-информационный комплекс апробированы на примере создания персонифицированных образовательных коллекций для дисциплины «Основы программирования», изучаемой в рамках подготовки бакалавров по направлению «Программная инженерия» в ВолгГТУ. Предложенные алгоритмы, правила вывода на онтологиях и автоматизированная система позволяют повысить релевантность создаваемых образовательных кол-

лекций, сократить время их создания, повысить эффективность использования открытых электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе.

Ключевые слова: *Semantic Web, онтологии, вывод на онтологиях, OWL-DL, LMS, E-Learning, адаптивное обучение, дистанционное обучение, поиск образовательных ресурсов, управление образовательным процессом.*

This paper presents a two-stage method for heterogeneous distributed learning resources retrieval and integration into the personal collections of learning resources for using in learning management systems (LMS). The method is based on the ontology reasoning using semantic rules. The algorithms and ontology reasoning rules were developed for creating the personal collections of learning resources (for learning resources retrieval, additional learning resources retrieval, creating the relations between learning resources that define the order how the resources can be used) based on the ontology models for objects and subjects of the learning management developed before. Thus learner profile annotated by the ontology is used as the retrieval request. The software architecture for creating the personal collections of learning resources have been developed. Suggested approach was applied to create personal collections for the course "Programming Languages. C++" in Volgograd State Technical University. It allows to increase the relevance of the collection of learning resources, to decrease the time of their creation and increase the efficiency of usage of such resources in e-learning.

Key words: *Semantic Web, Ontology, ontology based reasoning, OWL-DL, LMS, E-Learning, adaptive learning, distance learning, learning resources retrieval, learning management.*

Ранее в работах [1–3] авторами был предложен подход для поиска электронных образовательных ресурсов (ЭОР) и их интеграции в персонализированные электронные образовательные коллекции (ЭОК) для поддержки образовательного процесса в системах управления образовательным процессом (LMS) и управления процессом обучения на множестве ЭОР, входящих в коллекцию. Подход основан на использовании онтологий для моделирования объектов и субъектов образовательного процесса: предметной области учебной дисциплины, профиля обучаемого, ЭОР и персонализированной ЭОК.

Так, в рамках данного подхода, предметная область учебной дисциплины описывается компетенциями (знаниями, умениями, навыками), которые обучаемый должен получить в процессе изучения образовательного курса или отдельных модулей. Описание выполняется на основе онтологии предметной области учебной дисциплины. Поле знаний предметной области учебной дисциплины представлено как множество концептов поля знаний и семантических отношений между ними.

Профиль обучаемого описывается на основе онтологии профиля обучаемого с использованием как текущих, так и целевых компетенций (знаний, умений, навыков различных уровней) обучаемого, определенных на том же домене. Также он включает и другие индивидуальные характеристики обучаемого: предпочитаемый язык, текущий и целевой уровень овладения компетенциями и др.

ЭОР аннотируются на основе онтологии ЭОР с использованием компетенций (знаний, умений, навыков), которые обучаемый может получить, изучив данный ЭОР, а также входных требований к компетенциям, которые необходимо предварительно получить для изучения данного ЭОР. Эти характеристики также определены на общем домене концептов онтологий. Кроме того, в описание ЭОР включаются название ресурса, авторы, место хранения и тип ресурса, язык представления информации, уровень сложности, дидактическая роль и другие характеристики. Аннотированные таким образом ЭОР могут быть организованы в репозитории ЭОР для их дальнейшего использования.

Персонафицированная электронная образовательная коллекция (ЭОК) создается на основе онтологии ЭОК в результате поиска и интеграции ЭОР и может быть использована непосредственно в образовательном процессе. Она представляет собой множество ЭОР, отобранных в соответствии с профилем обучаемого, его текущими и целевыми компетенциями и другими требованиями. Также она включает множество отношений между ресурсами, задающих порядок изучения ЭОР, входящих в коллекцию, в процессе обучения. При этом онтология ЭОК, кроме концептов и отношений, включает также правила логического вывода на онтологиях для поиска ЭОР и их интеграции в ЭОК.

Такой подход позволяет реализовать схему управления ЭОК (рисунок 1). Обратные связи позволяют управлять критериями качества ЭОК, создаваемой на основе поискового запроса, формируемого как профиль обучаемого на основе его текущего и целевого поля знаний, компетенций и параметров адаптации, учитывая изменения данных параметров при использовании ЭОК обучаемым в рамках процесса обучения.

В качестве критерия качества ЭОК предложено использовать понятие релевантности ресурсов коллекции поисковому запросу, включающему образовательную потребность обучаемого, описанную через его текущее и целевое поле знаний, компетенции и параметры адаптации. Релевантность определяется полнотой, точностью, а также производными характеристиками – интегральной характеристикой F-мера, аккуратностью, ошибкой. Для оценки релевантности ЭОК в работе выбраны показатели полноты, точности и интегральная характеристика F-меры.

Полнота определяется как:

$$r = \frac{|RL'_{col}|}{|RL'|}.$$

Точность определяется как:

$$p = \frac{|RL'_{col}|}{|RL'_{col}| + |RL''_{col}|}.$$

F – мера:

$$F = \frac{2}{\frac{1}{p} + \frac{1}{r}},$$

где

RL'_{COL} – включенные в ЭОК релевантные ЭОР,

RL''_{COL} – включенные в ЭОК нерелевантные ЭОР,

RL' – релевантные ЭОР в репозитории,

RL'' – нерелевантные ЭОР в репозитории.

$$RL' \cup RL'' = RL$$

$$RL'_{COL} \cup RL''_{COL} = RL_{COL}$$

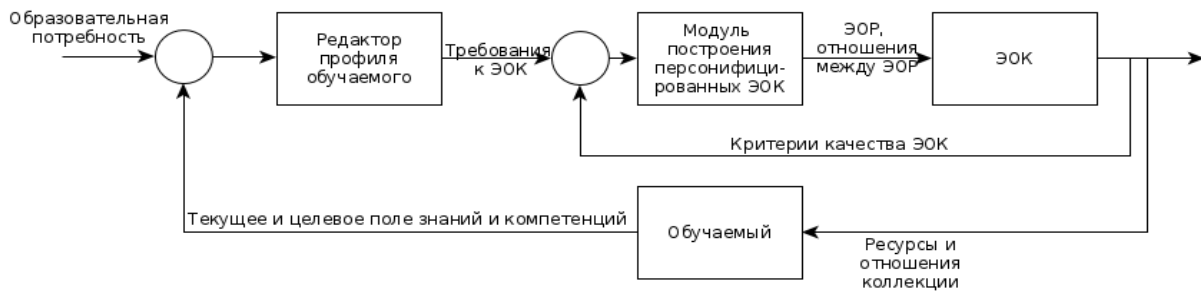


Рис. 1. Схема управления ЭОК

Метод поиска и интеграции разнородных распределенных ЭОР включает в себя два этапа:

1. Поиск целевых ЭОР, аннотированных на онтологии, в соответствии с целевыми компетенциями профиля обучаемого и параметрами адаптации (язык представления информации, уровень владения компетенциями), при этом профиль обучаемого, аннотированный на онтологии, используется в качестве поискового запроса. Найденное множество ресурсов включается в целевую ЭОК.

2. В случаях, когда не могут быть найдены ресурсы, удовлетворяющие одновременно и целевым, и текущим компетенциям обучаемого (как входным требованиям для изучения ЭОР), необходимо провести поиск дополнительных ЭОР, позволяющих заполнить пробелы в текущем поле знаний обучаемого для изучения ЭОР с целевыми компетенциями, и включить их в ЭОК. При этом могут создаваться цепочки из нескольких ресурсов для получения входных компетенций целевых ЭОР. Кроме того, на данном этапе также необходимо создать отношения между ресурсами ЭОК на основе информации о входных и выходных компетенциях, которые позволят рекомендовать порядок изучения ресурсов коллекции и, таким образом, управлять процессом обучения на множестве ЭОР коллекции.

Алгоритм, реализующий предложенный метод, представлен на рис. 2.

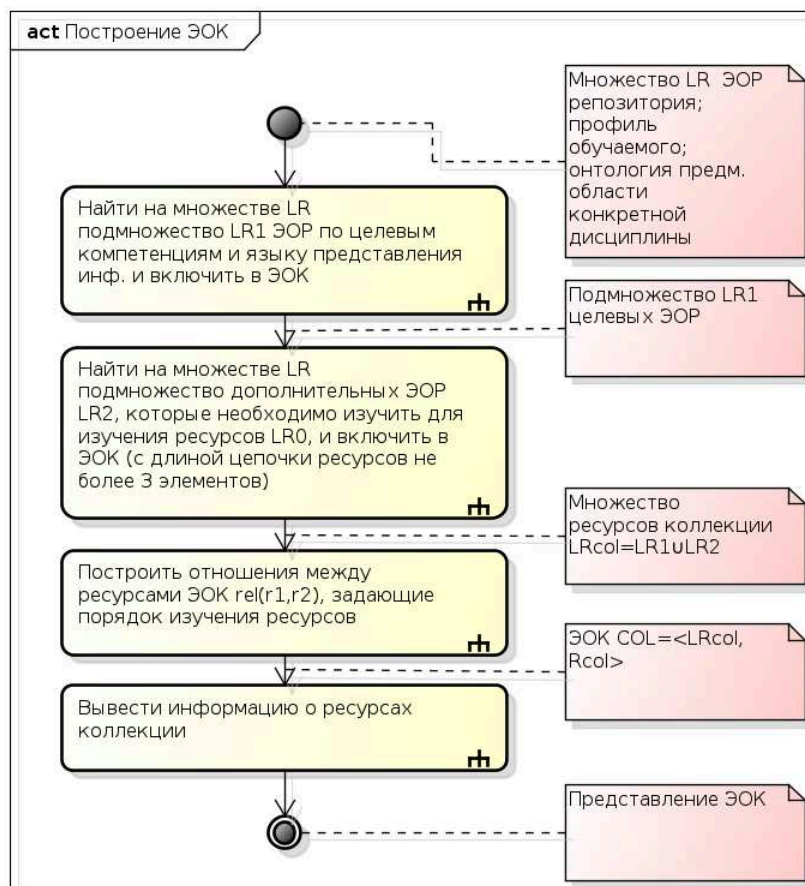


Рис. 2. Алгоритм построения ЭОК (верхний уровень)

Для реализации 1 и 3 шагов алгоритма разработаны семантические правила, представленные в онтологии, для реализации 2 шага – алгоритм поиска дополнительных и вспомогательных ЭОР. Множество разработанных семантических правил является элементом онтологии ЭОК.

Для описания семантических правил для поиска ЭОР и построения персонифицированных ЭОК выбран язык SWRL (Semantic Web Rule Language) [4, 5]. SWRL расширяет OWL-DL (Web Ontology Language – Description Logic) и основан на правилах логики предикатов первого порядка, и позволяет описывать правила в виде набора клауз Хорна.

В частности, для поиска ресурсов по языку представления информации используется правило: $COL:hasStudent(?c, ?u) \wedge L:hasLanguage(?u, ?l) \wedge ELR:hasLanguage(?r, ?l) \rightarrow COL:hasResourceByLanguage(?c, ?r)$, где $?c, ?u, ?l, ?r$ – обозначение переменных SWRL-правила: $?c$ – персонифицированная ЭОК, $?u$ – обучаемый, $?l$ – язык, $?r$ – ЭОР. Интерпретация правила на естественном языке: информационный ресурс $?r$ является отобранным для коллекции $?c$ по языку тогда, когда персонифицированная коллекция $?c$ принадлежит пользователю $?u$, пользователь $?u$ имеет среди предпочитаемых язык $?l$ и ресурс $?r$ имеет язык $?l$.

Аналогично определены семантические правила для поиска ЭОР по целевому полю знаний обучаемого с учетом сложности изложения об-

разовательного контента и с учетом синонимии концептов предметной области.

Множество ЭОР, полученных с помощью семантических правил, покрывают (полностью или частично) множество целевых компетенций обучаемого. Данные ресурсы должны быть проверены на соответствие входных компетенций текущим компетенциям обучаемого. В случае, если текущих компетенций обучаемого недостаточно для изучения найденных ЭОР, необходимо включить в коллекцию дополнительные ЭОР, используя следующий алгоритм:

1. Включить в ЭОК ресурсы, полученные ранее на этапе поиска: $COL:hasResourceByOutputDomain(?c,?r) \rightarrow COL:hasResource(?c,?r)$.

2. Определить множество $R0$ ЭОР как множество ресурсов, необходимых для получения целевых компетенций.

3. Определить множество целевых компетенций обучаемого $CMPO$ с соответствующими уровнями LO .

4. Пока имеются компетенции $?cmp$, для которых соответствующие компетенции $?cmp2$ текущего поля знаний обучаемого с уровнем овладения не ниже требуемого не найдены, выполнять не более $N=3$ раз:

4.1. Определить множество входных компетенций $?cmp$, заданных отношением $ELR:hasOutputCompetence(?r,?cmp1)^{DD:is(?cmp1,?cmp)}$ для каждого ЭОР, для которого выражение $COL:hasResource(?c,?r)$ истинно.

4.2. Для компетенций $?cmp2$, для которых соответствующие компетенции в текущем поле знаний обучаемого не найдены с уровнем не ниже требуемого выполнять:

4.2.1. Добавить компетенцию $?cmp2$ в целевое поле знаний обучаемого с соответствующими отношениями, задающими уровень знаний:

$DD:hasCompetence(?d1,?cmp2)$,

где $L:hasIntentionalDataDomain(?u,?d1)$

и $L:hasIntentionalComplexity(?cmp2,?level)$,

где $ELR:hasInputComplexity(?cmp1,?level)$.

4.3. Применить правила логического вывода, рассмотренные выше, и правило, определенное на шаге 1 алгоритма, для поиска дополнительных ЭОР.

5. Найти разность $R1$ множеств ЭОР, определенных отношением $COL:hasResource(?c,?r)$ и множества $R0$.

6. Определить подмножество $R2$ множества $R1$ вспомогательных ЭОР, для которых одновременно выполняются условия:

- входные компетенции отличны или имеют различный уровень с компетенциями текущего поля знаний обучаемого;

- входные компетенции не являются выходными компетенциями множеств ЭОР $R0$ и $R1$.

Таким образом, с использованием разработанного алгоритма создается множество ЭОР $R0$, позволяющее обучаемому получить целевые компетенции. Также создается множество дополнительных ЭОР $R1$, позволяющее обучаемому получить компетенции, необходимые для изучения целе-

ых ЭОР из множества $R0$. Кроме того, создается множество вспомогательных ЭОР $R2$, не включенных в множество $R1$ из-за превышения длины цепочки дополнительных ресурсов $N = 3$ для использования обучаемым в случае недостаточности основных и дополнительных ресурсов коллекции.

Полученная в результате персонифицированная ЭОК представляет собой множество ЭОР, образованных множествами целевых ЭОР $R0$, дополнительных ЭОР $R1$ (оба множества ЭОР определены отношением $COL:hasResource$) и множеством вспомогательных ЭОР $R2$, а также множеством логических отношений между ЭОР, определенных правилом:

$$COL:hasResource(?c, ?r1) \wedge COL:hasResource(?c, ?r2) \wedge \\ ELR:hasOutputCompetence(?r1, ?cmp1) \wedge ELR:hasInputCompetence(?r2, \\ ?cmp2) \wedge DD:is(?cmp1, ?cmp) \wedge DD:is(?cmp2, ?cmp) \rightarrow \\ COL:hasNextResource(?r1, ?r2).$$

Таким образом, разработанные метод, алгоритмы и набор семантических правил на онтологиях позволяют создавать персонифицированные ЭОК в соответствии с образовательными целями обучаемого, его текущим полем знаний, персональными характеристиками и предпочтениями. Коллекция включает в себя отобранные из репозитория ЭОР и отношения между ЭОР для навигации и управления процессом обучения на множестве ЭОР, включенных в коллекцию. Набор характеристик обучаемого и ЭОР, а также множество семантических правил могут быть расширены путем модификации соответствующих онтологий без необходимости внесения изменений в программные средства.

Применение предложенного метода гарантирует, что при условии корректного аннотирования ЭОР, входящих в репозиторий, на онтологии, показатели качества ЭОК достигают максимальных значений ($r = 1$, $p = 1$, $F = 1$) за счет использования общего домена для описания компонентов модели и логического вывода по правилам на онтологии.

Список литературы

1. Knowledge Based Models and Software Tools for Learning Management in Open Learning Network / A. Anikin, M. Kultsova, I. Zhukova, N. Sadovnikova, D. Litovkin // Knowledge-Based Software Engineering. Proceedings. Series: Communications in Computer and Information Science. – Springer, Vol. 466. – 2014. – P. 156–171.
2. Аникин А. В., Жукова И. Г. Онтологическая модель представления знаний для поиска и интеграции образовательных ресурсов в открытых образовательных сетях // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 21 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – № 12 (139). – С. 74–80.
3. Аникин А. В., Дворянкин А. М. Алгоритмы и вывод на онтологиях для поиска и интеграции образовательных ресурсов в открытых образовательных сетях // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 21 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – № 12 (139). – С. 70–74.
4. RacerPro. – URL: <http://racer.sts.tuhh.de/>
5. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. – URL: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>