

# Методы инженерии знаний в проектировании содержания распределенного образования

*Содержание распределенного образования рассматривается авторами как система автономных, интероперабельных образовательных объектов с возможностью многократного использования в различных контекстах. Описываются этапы проектирования содержания образования на основе методов онтологического инжиниринга: идентификация знаний, концептуализация знаний, категоризация знаний, формализация знаний и реализация знаний.*

**Ключевые слова:** *распределенное образование, содержание образования, методология проектирования содержания образования, онтологический инжиниринг.*

## KNOWLEDGE ENGINEERING METHODS IN DISTRIBUTED EDUCATIONAL CONTENT DESIGN

*Educational content is considered by authors as a distributed system of learning objects, that are self-contained, interoperable, and reusable in multiple contexts. Phases of educational content design, based on ontology engineering methods, are described: knowledge identification, knowledge conceptualization, knowledge categorization, knowledge formalization, and knowledge implementation.*

**Keywords:** *distributed education, educational content, educational content design methodology, ontology engineering.*

### Введение

На современном этапе развития мировой системы образования одной из ведущих тенденций является создание различных моделей распределенного образования и их внедрение в сферы формального, неформального и информального обучения. Термин «распределенное образование» (англ. distributed education) ведет свое происхождение от концепции «распределенных ресурсов» и охватывает широкий спектр организационных форм обучения, включая кампусное, дистанционное, корпоративное и домашнее обучение. В течение последних 10–15 лет распределенное обучение используется как в комбинации с традиционными очными учебными курсами, традиционными дистанционными учебными курсами, так и применяется для

создания виртуального образовательного пространства.

Распределенное обучение представляет собой дидактический процесс гибкого взаимодействия между обучающимися, преподавателями и образовательным контентом (содержанием образования), находящимися в различных нецентрализованных местах, в котором подпроцессы преподавания и учения разделены в пространстве и времени. Специфика распределенного обучения определяет необходимость кардинальной трансформации всех компонентов распределенного образовательного процесса в соответствии с новыми требованиями к организации обучения, в первую очередь, содержания образования.

Содержание образования рассматривается учеными как «педагогическая модель человеческой культуры, представленная в аспек-

те социального опыта» [1, С. 159], включая опыт когнитивной, репродуктивной, творческой деятельности, а также опыт приобретения ментальных ценностей. Основными детерминантами содержания образования являются образовательные цели, научные и социальные достижения, социальные или общественные потребности, личные потребности обучаемого, а также педагогические возможности образовательной среды.

В данной статье авторами предлагается методология проектирования содержания распределенного образования как системы образовательных объектов (фрагментов знаний предметной области), удовлетворяющих следующим требованиям: автономность, интероперабельность (инвариантность форме доставки обучающемуся), возможность многократного использования в различных контекстах.



**Галина Николаевна Бойченко,**  
к.п.н., доцент,

доцент кафедры теории и методики преподавания информатики

Тел.: +7 905 078-27-97

Эл. почта: galinaboychenko@gmail.com

Новокузнецкий филиал (институт)

Кемеровского государственного

университета

<http://www.nkfi.ru/>

**Galina N. Boychenko,**

Candidate of Pedagogical Sciences,

docent,

assistant professor, the Department of

theory and methodology of teaching

computer science

Tel.: 7 9050782797

E-mail: galinaboychenko@gmail.com

Novokuznetsk Institute (Branch) of

The Federal State Budget Educational

Institution of Higher Professional

Education «Kemerovo State University»

<http://www.nkfi.ru/>

## 1. Содержание образования как распределенная система знаний

Согласно теории распределенного познания, разработанной Э. Хатчинсоном [2; 3], знание и познание не принадлежат отдельному индивиду, а распределены в окружающем пространстве: носителями знания являются отдельные индивиды, используемые ими инструменты (средства) деятельности, а также культурные артефакты – искусственно созданные сущности, являющиеся продуктами и результатами целенаправленной деятельности носителей культуры.

В контексте распределенного обучения, знание создается системой интеллектуальных акторов, которые динамично взаимодействуют с артефактами культуры в процессе распределенного познания. Распределенное познание (обучение) представляет собой процесс моделирования потоков информации между внутренними (ментальные модели субъектов, участвующих в распределенном познании) и внешними (артефакты среды) репрезентациями предметной области.

Взаимосвязи между отдельными компонентами распределенного знания как системы представлены его структурой:

- списочная структура – отдельные компоненты знания не имеют взаимосвязей между собой или могут быть упорядочены по какому-либо атрибуту компонентов списка (например, по размеру, хронологии и т.п.);

- иерархическая структура – компоненты знания упорядочены (объекты, элементы, значения, понятия) по уровням на основе их рангов и / или свойств; компоненты, находящиеся на нижележащих уровнях иерархии, должны быть изучены до компонентов, расположенных на вышележащих уровнях;

- таксономическая структура – компоненты знания типологизированы, классифицированы и систематизированы по какому-либо признаку, свойству, принципу (одномерная таксономия) или группе признаков, принципов, свойств (многомерная таксономия).

При проектировании содержания образования наиболее часто используются следующие типы организации знания:

- компонентная (часть / целое) – классификация по категории или концепту (понятию);

- последовательная – в хронологическом порядке, причинно-следственные цепочки, от простого к сложному;

- релевантная – в соответствии с центральной унифицирующей идеей или критерием;

- поэтапная – для отражения качественных изменений с течением времени.

Распределенная система знаний рассматриваемой предметной области эксплицируется в содержании образования, которое должно отражать организацию и кодификацию отдельных элементов знания, включая структуру организации информации, спецификацию отдельных концептов и взаимосвязи между ними.

## 2. Содержание образования как система образовательных объектов

Содержание распределенного образования доставляется обучающемуся в форме образовательного контента (обучающих ресурсов), представляющего собой метасистему образовательных объектов [4]. Стандартом IEEE Learning Object Metadata Standard (LOM) версии 1484.12.1 образовательный объект (learning object) определяется как любая сущность, представленная в цифровой или нецифровой форме, которая может быть использована для обучения, образования или профессиональной подготовки [5].

Ключевые образовательные и педагогические характеристики, определенные в категории Educational базовой схемы метаданных образовательного объекта (LOM Base Schema) представлены на рис. 1.

Структура образовательного объекта определяется на основе логических взаимосвязей между отдельными образовательными ресурсами, агрегацией или композицией которых получен данный объ-



**Людмила Ивановна Кундоззерова,**  
д.п.н., профессор,  
профессор кафедры пенитенциарной  
психологии и пенитенциарной  
педагогике  
Тел.: +7 960 913-25-00  
Эл. почта: kundozzerova@gmail.com  
Кузбасский институт федеральной  
службы исполнения наказаний  
<http://ki.fsin.su/>

*Liudmila I. Kundozzerova,*  
*Doctor of Education, professor,*  
*professor, the Department of Penitentiary*  
*Psychology and Penitentiary Pedagogy*  
Тел.: +7 960 913-25-00  
E-mail: kundozzerova@gmail.com  
Kuzbass Institute of the Federal  
Penitentiary Service of Russia  
<http://ki.fsin.su/>

ект. Образовательный объект как система может иметь следующие типы структур:

- атомарная – объект, являющийся неделимым в данном контексте;
- коллекция – множество объектов без специфических взаимосвязей между ними;
- линейная – множество последовательно связанных (упорядоченных) объектов;
- иерархическая – множество объектов, взаимосвязи между которыми могут быть представлены древовидной структурой;
- сетевая – множество объектов, имеющих неспецифичные взаимосвязи между собой.

Уровень агрегации образовательного объекта показывает, сколько раз можно осуществить декомпозицию образовательного ресурса или его компонентов на более мелкие элементы. Стандартом [5] определены следующие числовые значения уровней агрегации, характеризующие функциональную гранулярность образовательного объекта:

1 (нижний уровень агрегации) – любой ресурс, который не может быть далее с легкостью разложен на компоненты (например, исходные медиаданные или фрагменты, исполнимые файлы);

2 – коллекция из образовательных объектов, имеющих уровень агрегации 1 (например, элемент учебного курса);

3 – коллекция из образовательных объектов, имеющих уровень агрегации 2 (например, учебный курс);

4 (наивысший уровень гранулярности) – любые ресурсы, которые могут содержать образовательные объекты 3 уровня агрегации (например, образовательная программа).

Образовательные объекты с уровнем агрегации 1, как правило, имеют атомарную структуру; образовательный объект с уровнем агрегации 2, 3 или 4 может иметь структуру типа «коллекция», линейную, иерархическую или сетевую.

Предлагаемая нами методология проектирования содержания

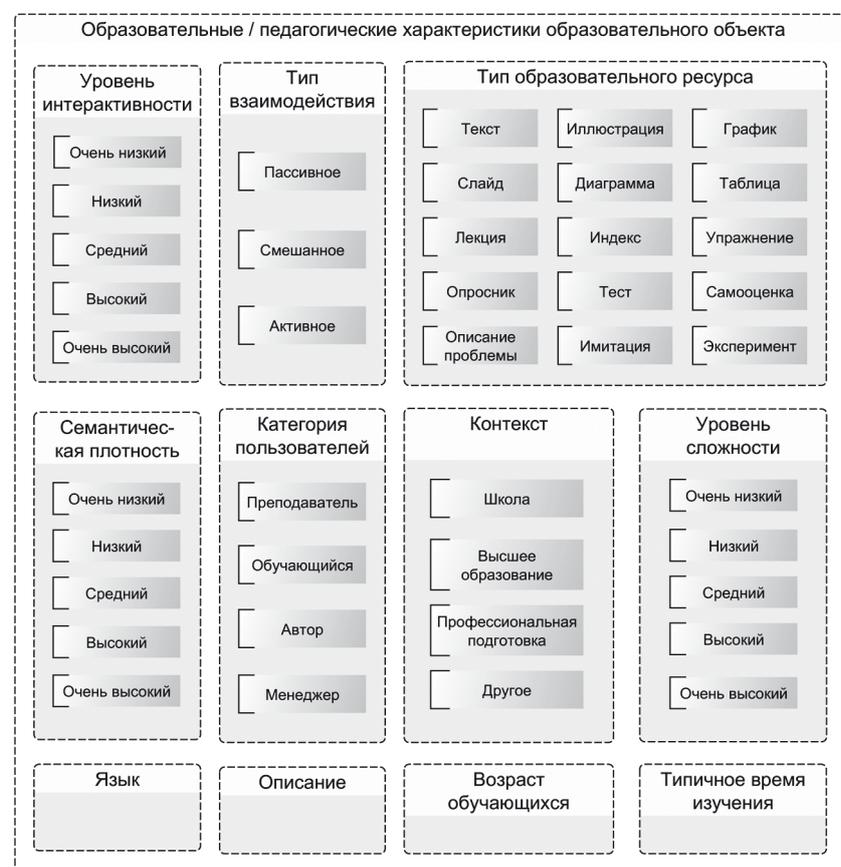


Рис. 1. Категория Educational базовой схемы метаданных образовательного объекта

образования регламентирует методы и техники формализации и экспликации внутренних (ментальных) репрезентаций распределенного знания экспертов предметной области в процессе разработки образовательного контента – метасистемы образовательных объектов с разной структурой и степенью granularity. Рассмотрим основные этапы жизненного цикла проектирования содержания распределенного образования.

### 3. Онтологический инжиниринг в проектировании содержания образования

Онтология (ontology) – формальная репрезентация множества концептов предметной области и взаимосвязей между ними. T.R. Gruber определяет онтологию как «явную спецификацию концептуализации» [6], отмечая, что свод формально представленного знания опирается на концептуализацию – абстрактный, упрощенный вид мира, репрезентацию которого мы строим исходя из поставленных задач. Онтология – это одновременно артефакт репрезентации (спецификация) и артефакт проектирования [7], создаваемый в целях коммуникации, координации и взаимодействия. Онтологический инжиниринг (ontology engineering) – динамично развивающееся направление инженерии знаний, в рамках которого изучаются процессы разработки онтологий, жизненный цикл онтологии, методы и методологии их построения, а также поддерживающий инструментарий и формальные языки.

Под проектированием содержания образования мы будем понимать процесс приобретения знаний (knowledge acquisition) – получение потенциального опыта решения проблем в данной предметной области от выбранного источника знаний в целях их дальнейшего использования. Основные этапы процесса проектирования содержания образования с использованием методов онтологического инжиниринга показаны на рис. 2.

На первом этапе необходимо распределенное знание идентифи-

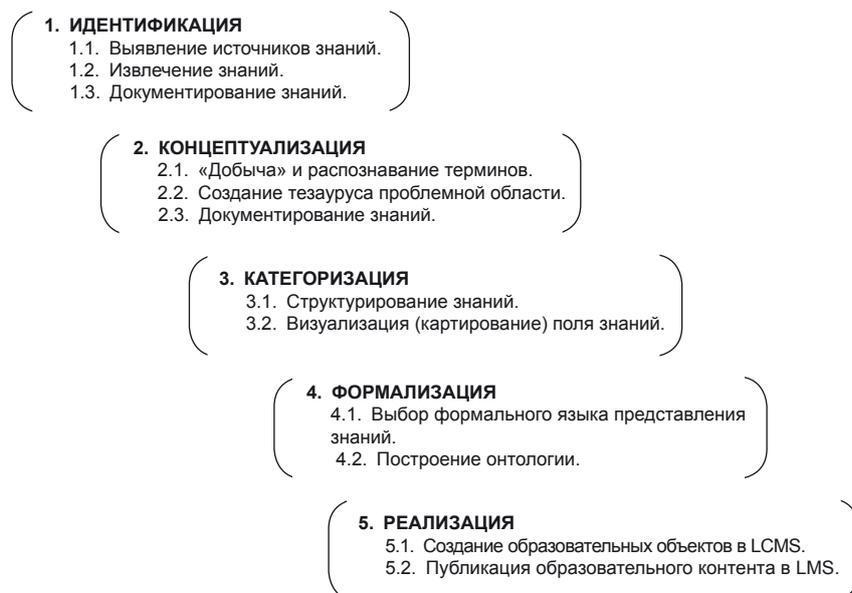


Рис. 2. Водопадная модель процесса проектирования содержания образования

цировать (knowledge identification). Для этого требуется выявить достоверные источники данных, информации и знаний (в первую очередь, это эксперты предметной области, а также специальная литература, накопленные массивы «сырых» данных, ресурсы интернет) и провести процедуру извлечения знаний из этих источников.

Извлечение знаний (knowledge elicitation) предполагает взаимодействие когнитолога (инженера по знаниям) с экспертами, в ходе которого выявляются структура их представлений о предметной области и траектории рассуждений при принятии решений в различных проблемных ситуациях. Помимо непосредственного общения с экспертами, когнитолог в процессе извлечения знаний может работать и с другими источниками информа-

ции. На рис. 3 показана классификация методов извлечения знаний, предложенная Т.А. Гавриловой [8].

В ходе документирования извлекаемых знаний осуществляется фиксация в лингвистической форме (формальной или неформальной) терминологий и нотаций, используемых в различных источниках.

На втором этапе необходима концептуализация полученного знания (knowledge conceptualization) – первичная теоретическая обработка и организация эмпирического массива данных, полученного на предыдущем этапе, с целью введения в него определенных онтологических представлений. Для этого выполняется «добыча» и распознавание терминов (terminology mining and term recognition) и создание тезауруса проблемной области, группирующего термины и концеп-



Рис. 3. Методы извлечения знаний

ты по степени сходства. Затем на основе полученного тезауруса разрабатывается базовый глоссарий, в котором формулируются определения ключевых, наиболее часто используемых в данной области знаний концептов, а также вводятся определения новых концептов, выявленных на первом этапе. В результате должны быть получены единые терминологические рамки для унификации представления и последующей формализации распределенного знания.

На третьем этапе проектирования содержания образования осуществляется категоризация знаний (knowledge categorization) – построение полуформализованного описания предметной области, т.е. формирование поля знаний в виде концептуальной и функциональной структур. В процессе категоризации осуществляется распознавание, дифференциация и осмысление идей и объектов, которые группируются в отдельные категории в соответствии с поставленной специфической задачей. Категории отражают взаимосвязи между субъектами и объектами знания.

Выделяют три подхода к категоризации знаний [9]:

- в рамках классического подхода в категории входят дискрет-

ные сущности, имеющие одинаковые наборы свойств; категории являются взаимоисключающими и взаимодополняющими, т.е. любая сущность может быть отнесена только к одной из предложенных категорий;

- концептуальная кластеризация – разбиение множества однородных сущностей, которые имеют сходный набор характеристик, на группы (кластеры) таким образом, что сущности, принадлежащие одному кластеру, имеют большую меру сходства между собой, чем с сущностями, принадлежащими другим кластерам;

- в соответствии с теорией прототипов (E. Rosch [10]) категоризация элементов осуществляется посредством их сопоставления с прототипом, т.н. эталоном, идеальным экземпляром, имеющим наиболее типичные характеристики в категории; при этом сущности, принадлежащие данной категории, могут не обладать всеми характеристиками прототипа.

На этапе категоризации выполняется структурный анализ, в ходе которого различные концепты структурируются в эпистемологические примитивы, которые представляют типы, отношения, иерархии и другие структурные свойства элементов распределенного знания.

Для получения полуформализованного описания проблемной области выполняется визуализация (картирование) полученного поля знаний средствами когнитивной графики (можно использовать, например, концептуальные графы, ментальные карты и другие информационные организеры).

Четвертый этап структурирования содержания образования – представление знаний (knowledge representation), т.е. формализованное описание концептов предметной области (объектов, их свойств и отношений), выполненное с использованием принятых синтаксических и семантических соглашений, соответствующее построенному полю знаний. На этом этапе необходимо выбрать формальный язык представления знаний и соответствующий инструментарий – редактор онтологий.

При построении онтологии моделируемой предметной области за основу можно взять формализм фреймов или семантических сетей. В качестве примера приведем фрагмент сетевой и фреймовой моделей предметной области «Образовательные объекты».

Сетевая модель построена с использованием формализма OWL 2.0 в редакторе онтологий Protege Desktop 5.0 Beta [11], распростра-

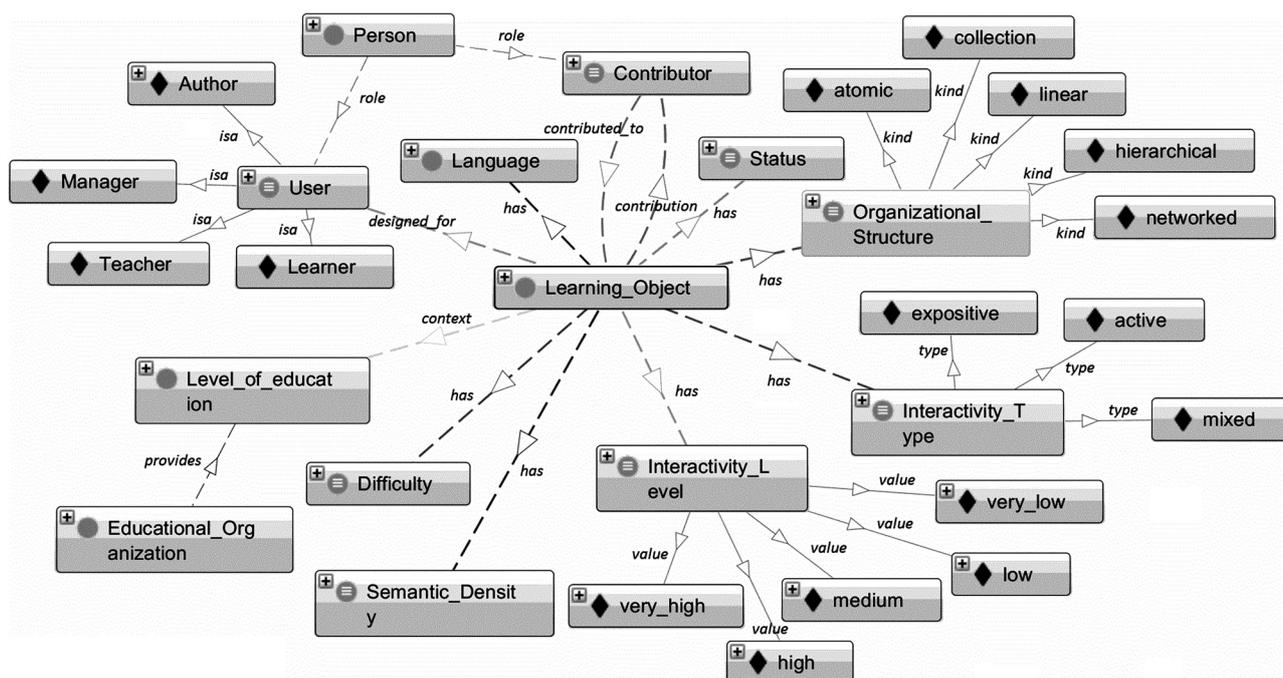


Рис. 4. Фрагмент сетевой модели «Образовательный объект»

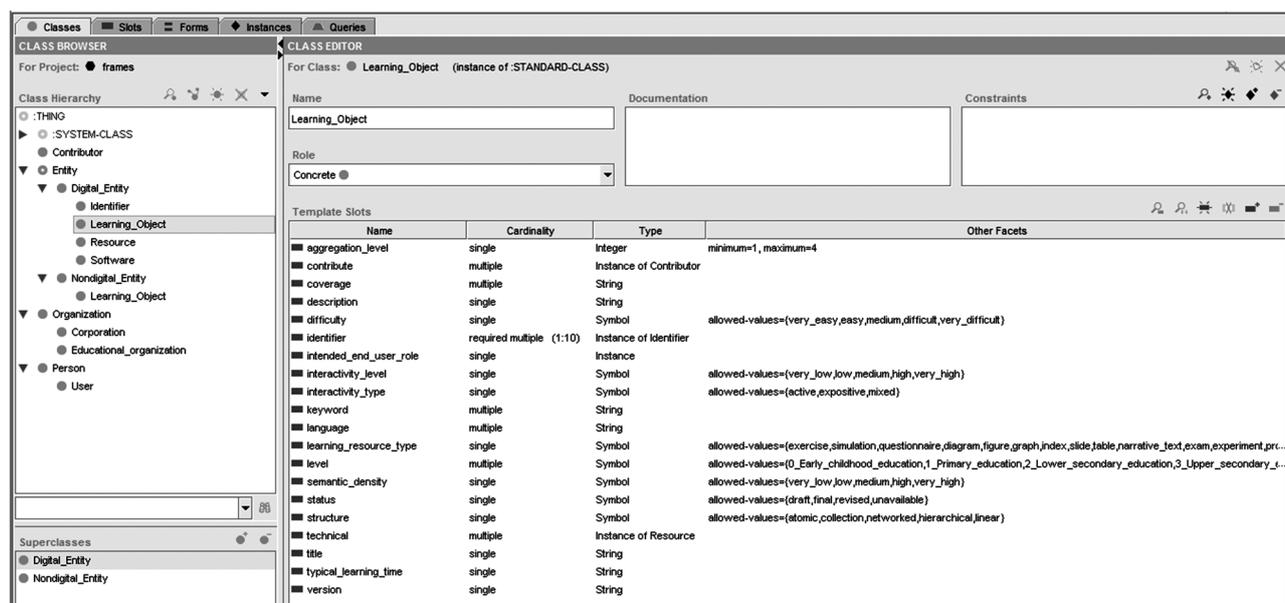


Рис. 5. Фреймовая модель предметной области «Образовательные объекты»

нением по лицензии GPL. На рис. 4 показаны классы (learning object, user, educational organization, ...), отдельные сущности – экземпляры этих классов (learner, teacher, collection, ...) и объектные свойства, задающие бинарные отношения между ними (например, isa, has, role, value, ...).

Фреймовая модель построена в редакторе онтологий Protégé-Frames версии 3.5 [121], распространяемом по лицензии GPL. В левой части окна на рис. 5 отображена иерархия фреймов – абстрактных и конкретных классов предметной области: «сущность»,

«цифровая сущность», «нецифровая сущность», «образовательный объект», «персона», «организация» и др. В правой части окна показаны названия, типы и ограничения значений для слотов класса «образовательный объект», выделенные на основании характеристик образовательного объекта, определенных стандартом [5].

На рис. 6 показан экземпляр фрейма «Образовательный объект» с конкретными значениями слотов.

На заключительном этапе проектирования содержания образования распределенное знание, представленное в онтологии предметной

области, преобразуется в образовательный контент: средствами системы управления образовательным контентом (Learning Content Management System, LCMS) создаются образовательные объекты, которые затем публикуются в системе управления обучением (Learning Management System, LMS).

## Заключение

Предлагаемая методология проектирования содержания образования с использованием методов онтологического инжиниринга позволяет:

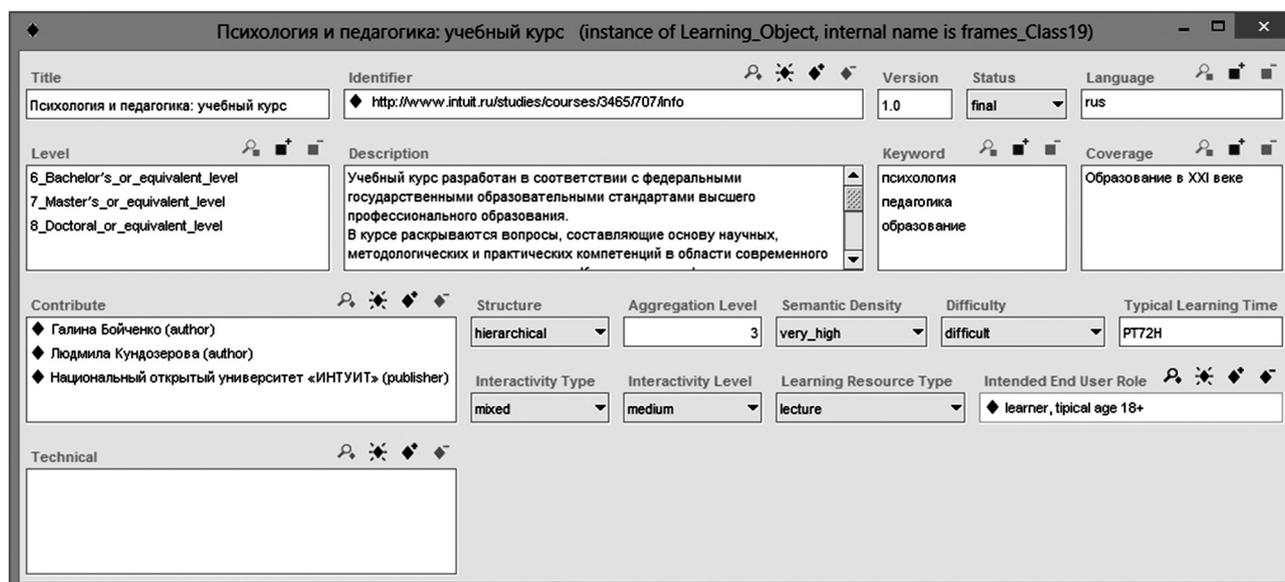


Рис. 6. Экземпляр фрейма «Образовательный объект»

- эксплицировать содержание, определение, язык и значение (семантику) рассматриваемой предметной области [12];
- выявить структуру слабоформализованных предметных областей, а также разработать глоссарии и тезаурусы, устраняющие неоднозначности контекста;
- построить иерархическую модель структуры содержания образования моделируемой предметной области и разработать свод знаний (Body of knowledge) – полный набор концептов, терминов и деятельностей, составляющих профессиональную область, определенную соответствующим научным обществом и профессиональными ассоциациями.

## Литература

1. Краевский В.В., Бережнова Е.В. Методология педагогики: новый этап / 2-е изд., стер. – М: Академия, 2008. – 393 с.
2. Hutchins E. Distributed cognition. In: The International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, pp 2068–2072, 2001.
3. Hutchins E. Cognitive artifacts // The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences, R.A. Wilson & F.C. Keil (eds), Cambridge, MA: The MIT Press. – 1999. P. 126–128.
4. The Instructional Use of Learning Objects. Edited by David A. Wiley. Agency for Instructional Technology and the Association for Educational Communications and Technology. 2002. 298 p. ISBN: 0-7842-0892-1. Online version is available at <http://reusability.org/read/>
5. 1484.12.1-2002 IEEE Standard for Learning Object Metadata. Final draft standard. 15 July 2002. URL: [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)
6. Gruber T.R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // International Journal Human-Computer Studies. – 1995. – Vol. 43(5–6). – P. 907–928.
7. Dr. Tom Gruber's (Co-founder and Chief Technical Officer of Intraspect Software) Interview For the Official Quarterly Bulletin of AIS Special Interest Group on Semantic Web and Information Systems. – 2004. – Vol. 1, Issue 3. URL: <http://tomgruber.org/writing/sigsemis-2004.pdf>
8. Gavrilova T., Leshcheva I., Rumyantseva M. Knowledge Elicitation Methods Taxonomy: Russian view // Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Lecture Notes in Computer Science. Springer. – 2011. – Vol. 6881/2011. – P. 337–346.
9. Cohen H., Lefebvre, C. Handbook of Categorization in cognitive science. Amsterdam: Elsevier Science, 2005. – 1136 p.
10. Rosch E. Prototype classification and logical classification: The two systems // E.F.Scholnick (Ed.), New trends in conceptual representation: Challenges to Piaget's theory? – Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1983. – P. 73–86.
11. Protégé. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. Official site. URL: <http://protege.stanford.edu/>
12. Reigeluth C.M., Merrill M.D. Bunderson C.V. The structure of subject matter content and its instructional design implications // Instructional Science, 1978. – Vol. 7(2). – P. 107–126.