



Информационные и телекоммуникационные технологии в образовании

УДК 007:681.512.2

И.Ю. Каширин, Р.Е. Медведев

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ НАКОПЛЕНИЕ УЧЕБНЫХ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ СЕРВИСА ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

I.Yu. Kashirin, R.E. Medvedev

ONTOLOGICAL ACCUMULATION OF EDUCATIONAL KNOWLEDGE BASED ON THE SERVICE INFORMATION NETWORKS

Предложена онтологическая модель представления знаний для их накопления в системах дистанционного обучения. При сборе информации использованы WSDL и OWL-S технологии описания сервисов в глобальных информационных сетях. Полученная технология стала эффективной при практическом использовании в качестве подсистемы Internet-портала общего образования.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ. INTERNET-СЕРВИС. НАКОПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ. ДЕСКРИПТИВНАЯ ЛОГИКА.

This article discusses an ontological model of knowledge representation for their accumulation in distance learning systems. When collecting information used WSDL and OWL-S technology service descriptions in global information networks. The resulting technology has been effective in practical use as a subsystem of Internet-portal of general education.

ONTOLOGICAL MODEL. INTERNET-SERVICE. ACCUMULATION OF KNOWLEDGES. DISTANCE LEARNING. DESCRIPTION LOGICS.

Технологии, использующие в качестве одного из инструментальных средств Web-сервисы, завоевывают свою популярность за счет возможности объединения знаний специалистов одних и тех же или родственных областей знаний. Такие сервисы могут использоваться и в системах дистанционного обучения.

Возможность автоматизированного или даже автоматического накопления знаний в заданной тематической области с целью структуризации, интеграции знаний и их повторного использования в последующем обучении становится очередной задачей, требующей применения новых подходов, в частности, концепции Semantic Web [1, 5, 7].

Информационные ресурсы, содержащие необходимые знания, могут представлять собой не только интернет-сайты, но и порталы, использующие инструментарий данных CMS (Content Management System) [3], а также хранилища информации, оформленные в качестве удаленных информационных банков, доступных посредством специальных интернет-сервисов.

Информация на таких ресурсах оформлена в виде готовых единиц учебного материала (курсов, вопросов, заданий, медиа-файлов и т. д.) представленных в цифровом формате. Каждый информационный ресурс располагает своей моделью представления данных, тем самым усложняя процесс ин-

теграции накопленных знаний в информационную базу существующей системы дистанционного обучения. Решение задачи интеграции знаний целесообразно возложить на интернет-сервисы, являющиеся программными средствами, дающими возможность использования удаленных ресурсов в том виде, в котором они необходимы пользователю. Сервисы, как правило, содержат мета-описание соответствующей области знаний, которое может использоваться для автоматизированного поиска необходимой информации, а также ее накопления с целью повторного использования.

В этой связи возникает актуальная задача предварительного описания предметных областей обучения и соответствующих динамических интернет-сервисов средствами онтологических моделей для представления знаний.

Для проектирования таких моделей в настоящее время применяются языковые

средства XML, RDF, WSDL, OWL-S. Разработка новых технологий, использующих перечисленные языки, даст возможность существенно повысить надежность и эффективность механизмов накопления знаний для их применения в дистанционном обучении.

Цель работы – получение оригинальной технологии накопления знаний в системах дистанционного обучения на основе онтологической модели представления знаний, с применением инструментария OWL-S и WSDL для повышения эффективности использования Internet-ресурсов.

Теоретические исследования. Онтологическая модель знаний для систем дистанционного обучения предполагает проектирование такой прикладной онтологии, которая была бы пригодной для адекватного описания предметных областей какой-либо отрасли знаний, например, программирования. Требованием адекватности является полное соответствие модели знаний основ-

Таблица 1

Семантика дескриптивной логики SHOIN(D)

ППФ	Пример	Семантика	Наименование
C	Problem	$C(x)$	Именованный концепт
$E_1 \cap E_2$	System \cap Instrument	$E_1(x) \& E_2(x)$	Конъюнкция
$E_1 \cup E_2$	Problem \cap Subsection	$E_1(x) \vee E_2(x)$	Дизъюнкция
$\neg C$	\neg SolvedProblem	$\neg C(x)$	Отрицание
$\exists R.F$	\exists isSolved.Problem	$\exists y (R(x,y) \& F(y))$	Квантификация существования
$\forall R.F$	\forall hasElement. Subsection	$\forall y (R(x,y) \rightarrow F(y))$	Квантификация всеобщности
$\forall R.F$	\forall hasElement \neg . Problem	$\forall y (R(y,x) \rightarrow F(y))$	Обратная квантификация всеобщности
$\exists R.F$	\forall isApplied \neg .SolvedProblem	$\exists y (R(y,x) \& F(y))$	Обратная квантификация существования
$\geq n.R$	≥ 2 .hasSubsection	$\exists \geq 2y R(x,y)$	Нижнее ограничение
$\leq n.R$	≤ 12 .hasSubproblem	$\exists \leq 12y R(x,y)$	Нижнее ограничение
{o}	{ класс «стек» }	$x = o$	Индивид
{v}	{ 30 }	$x = v$	Значение
\top	\exists isSolved	Все индивиды	Истина
\perp	\forall hasLearned. \perp	Пусто	Ложь
a:F	Array_B: Array	Индивид	Представитель

ным технологическим принципам технологии. В нашем случае выбирается задачный подход, в котором структура подразделов изучаемой предметной области является изоморфной структуре тестовых примеров, задаваемых для контроля усвоения знаний.

Исходя из сказанного, спроектируем прикладную онтологию, в рамках которой можно было бы сформулировать ключевую фразу задачного подхода: «для решения задачи студент должен усвоить все понятия, которые необходимы при ее решении».

Для описания онтологии предметной области обучения студентов на множестве тестовых задач [2] воспользуемся концепцией дескриптивной логики SHOIN(D), семантика которой может быть задана табл. 1 [3], где обозначение ППФ читается как «правильно построенные формулы».

В качестве общей онтологии как системы предельно абстрактных понятий примем общую ICF-онтологию, описанную в [4]. Эта онтология графически представлена на рис. 1. В прикладной онтологической системе будем использовать следующие концепты: «Система», «Элемент», «Причина», «Следствие», «Инструмент», «Актор (Действующее лицо)», «Динамика», «Процесс».

Для конструктивной работы с формулами дескриптивной логики необходимо определить два раздела выражений: TBox и ABox [5], описывающие абстрактную и конкретную составляющие прикладной онтологии.

Разработаем основные формулы концептуального раздела дескриптивной логики TBox, адекватные цели получения абстрактной части базы знаний «Обучение». Приведем далее их описания в русской транскрипции.

Система = \forall содержатьЭлемент.Элемент, что соответствует концептуальному описанию «понятие Система в качестве всех своих составляющих содержит Элементы».

Причина = \exists иметьСледствием.Следствие, что аналогично предыдущему «Причина имеет хоть какое-нибудь следствие».

Инструмент = \exists ИметьАктора.Человек \cap

\exists Применим \neg .Задача

соответствует высказыванию «Инструмент в качестве использующего его имеет хоть какого-то Человека, этот Инструмент применим для решения хоть какой-то задачи».

Решивший = \exists ужеРешивший.Задача \cap Студент

соответствует тому, что «Решившим является Студент, у которого существует в активе уже решенная задача».

РешеннаяЗадача = \exists ужеРешивший \neg . Задача \cup \exists ужеРешивший.Решивший,

НеРешеннаяЗадача = \exists ужеРешивший \neg . \perp

представляют собой соответственно «Решенная задача имеет хотя бы одного решившего ее» и «Нерешенная задача в качестве решивших ее студентов имеет пустое множество».

Задача = РешеннаяЗадача \cup НеРешеннаяЗадача

трактуются как «Задача является представителем объединения множеств решенных и нерешенных задач».

Учебная Дисциплина \subseteq Система \cap Инструмент,

что по аналогии с предыдущим выражением означает «Учебная дисциплина является подмножеством Инструментов, рассматриваемых одновременно как сложные Системы».

Учебная Дисциплина = \forall содержатьЭлемент.Подраздел

Подраздел \subseteq Учебная Дисциплина

Задача \subseteq Учебная Дисциплина

Эти выражения соответствуют толкованиям: «Учебная дисциплина содержит подразделы», «Подраздел входит в учебную дисциплину», «Задача входит в учебную дисциплину».

Подраздел = \forall содержатьЭлемент.Задача \cap \forall содержатьЭлемент.Понятие

соответствует упрощенному пониманию того, что «Подраздел в качестве элементов

Таблица 2

Нумерация формул прикладной онтологии обучения

Понятие / Концепт	Формула
System	$= \forall \text{hasElement. Element}$
Causa	$= \exists \text{hasConsequence. Consequence}$
Instrument	$= \exists \text{hasActor. Person} \cap \exists \text{isApplied} \neg . \text{Problem}$
Solver	$= \exists \text{isSolved. Problem} \cap \text{Student}$
SolvedProblem	$= \exists \text{isSolved} \neg . \text{Problem} \cup \exists \text{isSolved. Solver}$
NotSolvedProblem	$= \exists \text{hasSolver.} \perp$
Problem	$= \exists \text{isSolved} \neg . \text{Problem} \cup \exists \text{isSolved. Solver}$
SubjectMatter	$\subseteq \text{System} \cap \text{Instrument}$
SubjectMatter	$= \forall \text{hasElement. Subsection}$
Subsection	$\subseteq \text{SubjectMatter}$
Problem	$\subseteq \text{SubjectMatter}$
Subsection	$= \forall \text{hasElement. Problem} \cap \forall \text{hasElement. Concept}$
Learned Subsection	$= \text{Subsection} \cap (\exists \text{hasLearned} \neg . \text{Subsection} \cup \exists \text{hasLearned. Student})$
Un Learned Subsection	$= \text{Subsection} \cap \exists \text{hasLearned.} \perp$
Concept	$\subseteq \text{Instrument}$
Student	$\subseteq \text{Person}$
Process	$= \text{Dynamic}$
Learning	$\subseteq \text{Process} \cap \exists \text{hasConsequence. SolvedProblem}$
Learn_the_Concept	$= \exists \text{hasLearn. Concept}$
ProblemConcepts	$= \text{Concept} \cap \forall \text{isApplied} \neg . \text{SolvedProblem}$
LearnProblemConcepts	$= \text{Learning} \cap \forall \text{hasLearn} \neg . \text{ProblemConcepts}$

содержит только Понятия и Задачи».

УсвоенныйПодраздел = Подраздел \cap
($\exists \text{ужеУсвоивший} \neg . \text{Подраздел} \cup \exists \text{ужеУсвоивший. Student}$)

НеУсвоенныйПодраздел = Подраздел \cap
 $\text{ужеУсвоивший.} \perp$

соответственно «Усвоенный подраздел относится к подразделам, для которых есть студенты, которые усвоили этот подраздел» и «Неусвоенный подраздел не имеет усвоивших его».

Студент \subseteq Человек

Понятие \subseteq Инструмент

Процесс = Динамика

— выражения, соответствующие базовым элементам родовидовой таксономии [5], сопрягаемой с общей онтологией.

Обучение \subseteq Процесс \cap \exists иметьСледствием.
РешеннаяЗадача

соответствует формуле «Обучение входит в Процесс, который имеет следствием решение хоть одной задачи».

Усвоение_понятия = \exists Усвоить.Понятие

Понятия Задачи = Понятие \cap \forall Применим \neg .
РешеннаяЗадача

УсвоениеПонятийЗадачи = Обучение \cap
 \forall Усвоить Понятие.Понятия Задачи

соответственно: «Усвоение понятия значит, что хотя бы одно понятие усвоено», «Понятия одной задачи — это Понятия, применимые в решении этой задачи», «Усвоение понятия из какой-то задачи — это процесс Обучения, в результате которого усваиваются все понятия этой задачи».

Далее для нумерации формул и графи-

Таблица 3

Раздел ABox прикладной онтологии обучения

Индивидуальная константа	Концепт (формула) онтологии
Интерфейс с TBox	
Student_122	\subseteq Student
Subsection_74	\subseteq Subsection
Problem_74	\subseteq Problem
Факты ABox	
«Васильев П.В.»	: Student_122
«Производные типы данных. Массивы»	: Subsection_74
«Цикл с параметром»	: Concept_74
«Оператор присваивания»	: Concept_74
«Арифметические выражения»	: Concept_74
«Структура программы»	: Concept_74
«Операции ввода и вывода»	: Concept_74
«Массив Одномерный»	: Concept_74
«Массив Двумерный»	: Concept_74
«Массив Многомерный»	: Concept_74
«Квадратная матрица»	: Concept_74
«Ввод Вывод Массива»	: Problem_74
«Транспонирование элементов»	: Problem_74
«Вычисление суммы главной диагонали»	: Problem_74

ческого представления онтологии введем ее англоязычный эквивалент (табл. 2).

Разработаем вторую часть прикладной онтологии ABox [5, 6], предназначенную для описания конкретных знаний. В случае с предметной областью «Обучение» можно выбрать учебный материал и задачи дисциплины «Алгоритмизация и языки программирования» из раздела «Производные типы данных. Массивы». Приведем далее лишь один из кратких фрагментов ABox, в то же время достаточный для демонстрации основных возможностей описания разделов дисциплин, а также оперирования составляющих таких разделов (табл. 3).

Экспериментальные исследования. Алгоритм унификации OWL-выражений для случая полиморфических термов был получен в 2008 г. и описан в [4]. Задача использования этого алгоритма в качестве одного из сервисов накопления знаний в качестве учебных материалов может быть решена с помощью WSDL-описания или OWL-S-описания сервиса для предметной области

«Обучение».

Далее приведем WSDL-описание, для обработки которого используется впоследствии инструментарий SOAP-протокола.

Пространство имен WSDL использует раздел <wsdl:definitions>, содержащий следующие производные подразделы для описания сервиса накопления знаний:

<wsdl:import> – ссылка на документ WSDL с описаниями, подлежащими включению в этот документ;

<wsdl:types> – определяет типы XML или элементы, используемые для обмена сообщениями;

<wsdl:message> – определяет фактическое сообщение;

<wsdl:portType> – определяет абстрактный набор операций, осуществленных сервисом;

<wsdl:binding> – определяет реализацию <wsdl:portType> с помощью конкретных протоколов и форматов;

<wsdl:service> – определяет сервис в целом, как правило, включая один или не-

сколько элементов `<wsdl:port>` с информацией доступа для элементов `<wsdl:binding>`.

В описании задействован еще элемент `<wsdl:documentation>`, который используется в целях документирования сервиса.

```
<wsdl:definitions ... xmlns:tns = «http://EduAccumulation.ru/SubSections /SearchServer»
```

```
targetNamespace= “ http://EduAccumulation.ru/SubSections /SearchServer “>
```

```
<wsdl:document> Описание сервиса выбора учебного материала.
```

```
</wsdl:document> <wsdl:types>
```

```
<xs:schema ...
```

```
targetNamespace= « http://EduAccumulation.ru/SubSections /SearchServer “>
```

```
<xs:import namespace= “ http://EduAccumulation.ru/SubSections /SearchServer /Types”
```

```
schemaLocation=“PapersTypes.xsd”/>
```

```
</xs:schema>
```

```
</wsdl:types>
```

```
<wsdl:message name=“getSubsectionMessage”>
```

```
<wsdl:part name=“part” element=“tns:getSubsection”/>
```

```
</wsdl:message>
```

```
<wsdl:message name=“getSubsectionResponseMessage”>
```

```
<wsdl:part name=“part” element=“tns:getSubsectionResponse”/>
```

```
</wsdl:message>
```

```
<wsdl:message name=“addSubsectionMessage”>
```

```
<wsdl:part name=“part” element=“tns:addSubsection”/>
```

```
</wsdl:message>
```

```
<wsdl:message name= “addSubsectionResponseMessage”>
```

```
<wsdl:part name=“part” element=“tns:addSubsectionResponse”/>
```

```
</wsdl:message>
```

```
<wsdl:message name=“addDuplicateFault”>
```

```
<wsdl:part name=“fault” element=“tns:addDuplicate”/>
```

```
</wsdl:message>
```

```
<wsdl:portType name=“SubsectionServerPortType”>
```

```
<wsdl:documentation>
```

Далее описан сервис, реализующий накопление материалов задач на специализи-

рованном сервере.

```
</wsdl:documentation>
```

```
<wsdl:operation name=»getSubsectionProblem»>
```

```
<wsdl:documentation>
```

Поиск материала задач с необходимым описанием.

```
</wsdl:documentation>
```

```
<wsdl:input message= «tns: SubsectionProblem Message»/>
```

```
<wsdl:output message= «tns:getSubsectionProblemeMessage»/>
```

```
</wsdl:operation>
```

```
<wsdl:operation name=»addSubsectionProblem»>
```

```
<wsdl:documentation>Добавление задачи.</wsdl:documentation>
```

```
<wsdl:input message= «tns:addSubsectionProblemMessage»/>
```

```
<wsdl:output message= «tns:addSubsectionProblemResponseMessage»/>
```

```
<wsdl:fault
```

```
message= «tns:addDuplicateFault» name=»addDuplicateFault»/>
```

```
</wsdl:operation>
```

```
</wsdl:portType>
```

```
</wsdl:definitions>
```

Здесь в разделе `<wsdl:definitions>` определяется пространство имен описанной ранее онтологии. Аналогичным образом может быть описан сервис накопления учебного материала подразделов дисциплин, соответствующих найденным задачам. Кроме того, предполагается, что реализация сервиса включает поисковый алгоритм, рассмотренный в [4].

Приведем более эффективное сокращенное описание сервиса накопления учебных материалов с помощью языка OWL-S:

```
<service:Service rdf:ID=»Intell SubsectionFinderService»>
```

```
<service:presents rdf:resource=»#Intell Subsection FinderProfile»/>
```

```
<service:describedBy rdf:resource=»#Intell Subsection FinderProcess»/>
```

```
<service:supports rdf:resource=»#Intell Subsection FinderGrounding»/>
```

```
</service:Service>
```

Профиль сервиса (входные и выходные данные) описываются, например, так:

```
<profile:Profile rdf:ID=»Intell Subsection
```

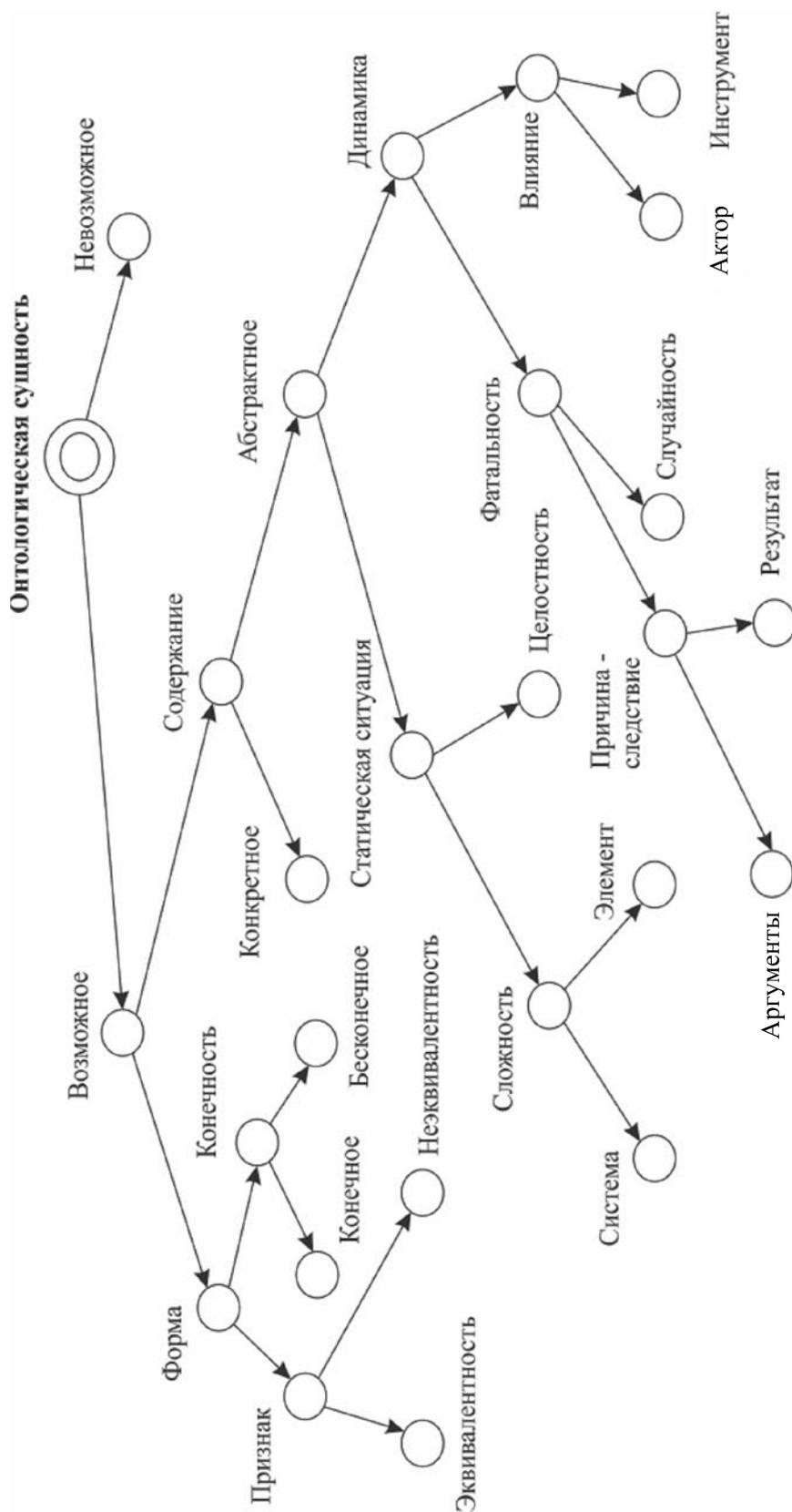


Рис. 1. Общая онтология системы ICF

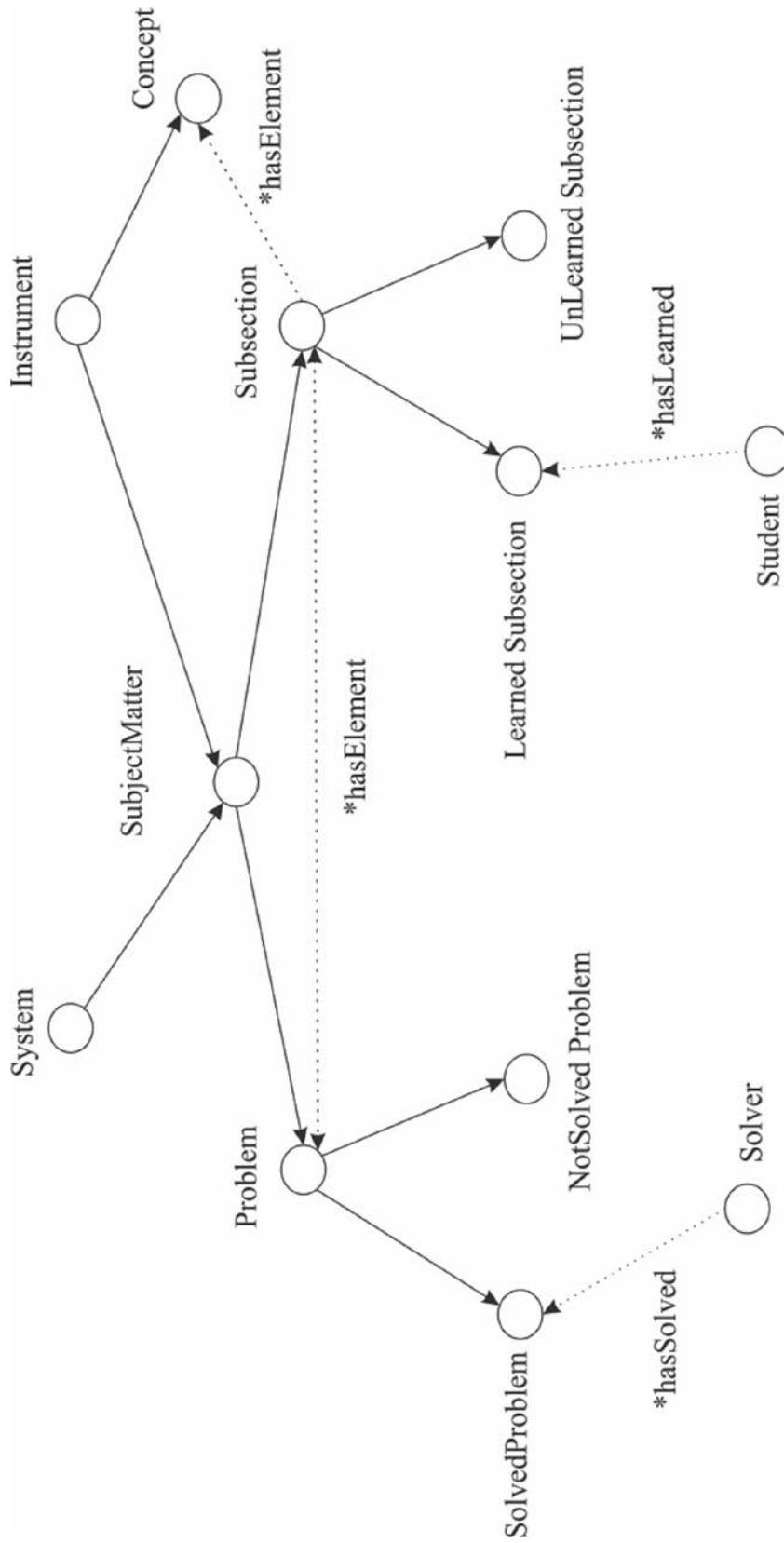


Рис. 2. Общая семантическая сеть фрагмента онтологии «Problem, Subsection»

```

FinderProfile»>
  <service:presentedBy rdf:resource=#Intell
Subsection FinderService»/>
  <profile:serviceName xml:lang=#en»>Intell
Subsection
                                Finder</profile:
serviceName>
  <profile:textDescription xml:lang=#en»>
Сервис будет возвращать информацию
о материале, заголовок которого соответ-
ствует строке, описывающей задачу, и за-
данной через Intell-сервис.
  </profile:textDescription>
  <profile:hasInput rdf:resource=# Subsec-
tion Name»/>
  <profile:hasOutput  rdf:resource=#Item-
Info»/>
  </profile:Profile>
Процесс передачи информации будет
выглядеть следующим образом:
  <process:AtomicProcess  rdf:ID=#Intell
Subsection FinderProcess»>
  <service:describes rdf:resource=#Intell
Subsection FinderService»/>
  <process:hasInput  rdf:resource=##
Subsection Name»/>
                                <process:hasOutput
rdf:resource=##ItemInfo»/>
  </process:AtomicProcess>
Теперь описание входных/выходных па-
раметров процесса накопления будет опи-
сано следующим образом:
  <process:Input  rdf:ID=# Subsection
Name»>
  <process:parameterType rdf:datatype=#&
xsd:#anyURI»>&xsd:#string>
  </process:parameterType>

```

```

<rdfs:label> Subsection Name</rdfs:label>
</process:Input>
<process:Output rdf:ID=#ItemInfo»>
  <process:parameterType rdf:datatype=#&
store;#StockItem>
  </process:parameterType>
  <rdfs:label>Item Info</rdfs:label>
</process:Output>

```

Разработанная прикладная онтология и полученные описания Web-сервисов в нотации языковых средств WSDL и OWL-S описания дают возможность использовать новую технологию для автоматического сбора и накопления знаний для современных дистанционных систем обучения.

Структура предложенной онтологии позволяет повторно использовать существующие единицы учебного материала. Более детальное описание разработанной прикладной онтологии, выходящее за рамки данной статьи, позволяет говорить о возможности выделения информационных единиц, необходимых для построения двух основных моделей, по которым строится индивидуальная траектория обучения: модели предметной области и модели обучаемого.

Практика применения предложенной технологии с соответствующим описанием сервиса показала свою эффективность при проектировании сервисов портала системы общего образования. Достигнуто повышение релевантности искомым обучающих материалов примерно на 3,7 %.

Интернет-ресурс внедрен на сервере управления образования городской администрации Рязани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bruijn, J.** OWL DL vs. OWL Flight: Conceptual modelling and reasoning on the Semantic Web [Электронный ресурс] / J. Bruijn, A. Polleres, R. Lara [et al.] / In Proc. of the 14th International World Wide Web Conf. – WWW2005. – Chiba, Japan, 2005.
2. **Морозевич, А.И.** Стратегия автоматизации управления познавательной деятельностью на основе информационной модели образовательного процесса [Текст] / А.И. Морозевич, В.Н. Комличенко, В.В. Гедранович // Информационные технологии. – 2000. – № 5. – С. 47–52.
3. **Малых, А.А.** Объектно-ориентированная

- дескриптивная логика [Текст] / А.А. Малых, А.В. Манцивода // Изв. Иркутского гос. ун-та. – Иркутск, 2011. – С. 57–72.
4. **Каширин, Д.И.** Полиморфическое представление знаний в Semantic Web: Монография [Текст] / Д.И. Каширин, И.Ю. Каширин, А.Н. Пылькин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 136 с.
5. **Рассел, С.** Искусственный интеллект: современный подход [Текст] / С. Рассел, П. Норvig. – М.: ИД «Вильямс», 2006. – 1408 с.
6. **Soergel, D.** Reengineering Thesauri for New Applications: the AGROVOC Example [Электрон-

ный ресурс] / D. Soergel, B. Lauser, A. Liang [et al.] // Article № 257. – 2004-03-17.

7. **Abdul-Ghafour, S.** A Common Design-Features Ontology for Product Data Semantics In-

teroperability [Электронный ресурс]/ S. Abdul-Ghafour, P. Ghodous, B. Shariat [et al.] // IEEE/WIC/ACM International Conf. on Web Intelligence – WI'07. – 2007. – P. 443–446.

REFERENCES

1. **Bruijn J., Polleres A., Lara R., Fensel D.** OWL DL vs. OWL Flight: Conceptual modelling and reasoning on the SemanticWeb / In Proc. of the 14th International World Wide Web Conf. (WWW2005). – Chiba, Japan, 2005.

2. **Morozevich A.I., Komlichenko V.N., Gedranovich V.V.** Strategy automation cognitive activity based information model of the educational process / Information technologies. – 2000. – № 5. – S. 47–52. (rus)

3. **Malih A.A., Mantsivoda A.V.** Object-oriented descriptive logic / News of Irkutsk State University. – Irkutsk, 2011. – S. 57–72. (rus)

4. **Kashirin D.I., Kashirin I.Y., Pylkin A.N.**

Polymorphic representation of knowledge in Semantic Web: Monograph. – Moscow: HotLine-Telecom, 2009. – 136 s. (rus)

5. **Rassel, S., Norvig, P.** Iskusstvennyy intellect: sovremennyy podhod. – Moscow: ID «Vil'yams», 2006. – 1408 s. (rus)

6. **Soergel D., Lauser B., Liang A. et al.** Reengineering Thesauri for New Applications: the AGRO-VOC Example; Article № 257 2004-03-17.

7. **Abdul-Ghafour S., Ghodous P., Shariat B. et al.** A Common Design-Features Ontology for Product Data Semantics Interoperability; IEEE/WIC/ACM International Conf. on Web Intelligence (WI'07), 2007. – P. 443–446.

КАШИРИН Игорь Юрьевич – профессор кафедры вычислительной и прикладной математики Рязанского государственного радиотехнического университета, доктор технических наук.

390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

E-mail: igor_kashirin@mail.ru

KASHIRIN, Igor Yu. – *Ryazan State Radioengineering University.*

390005, Gagarina Str. 59/1, Ryazan, Russia.

E-mail: igor_kashirin@mail.ru

МЕДВЕДЕВ Роман Евгеньевич – старший преподаватель кафедры вычислительной и прикладной математики Рязанского государственного радиотехнического университета.

390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

E-mail: roman_medvedev@inbox.ru

MEDVEDEV, Roman E. – *Ryazan State Radioengineering University*

390005, Gagarina Str. 59/1, Ryazan, Russia.

E-mail: roman_medvedev@inbox.ru