

# СПОСОБ СОСТАВЛЕНИЯ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*Базарон Сэсэг Арсалановна*, кандидат технических наук, доцент, г. Улан-Удэ  
*Рукавичников Александр Владимирович*, г. Улан-Удэ

В работе рассматриваются вопросы распознавания ответов на вопросы открытого типа в системах автоматизированного тестирования. В современном информационном обществе автоматизированное тестирование является инструментом для мониторинга качества преподавания. Тем не менее, в современных системах автоматизированного тестирования оценивание ответов на вопросы открытого типа осуществляется сопоставлением эталонного ответа и ответа тестируемого на полную идентичность, что зачастую не совсем корректно отражает уровень знаний тестируемого. В статье предлагается способ составления спецификации предметной области дисциплины на основе онтологического подхода, который позволит проводить интеллектуальный анализ ответа испытуемого.

**Ключевые слова:** тестовые задания открытого типа, онтология, системы автоматизированного тестирования.

## METHOD SPECIFICATIONS SUBJECT AREA DISCIPLINE BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH

*Seseg Bazaron, Ph.D., Associate Professor, Ulan-Ude*  
*Aleksandr Rukavichnikov, Ulan-Ude*

The recognition of the responses to open-ended questions in the automated testing systems is considered. The automated testing tool for monitoring the quality of teaching is shown. The problem that modern systems of automated testing evaluation of answers to open-ended questions is performed by comparing the reference response and the response of the test on the complete identity, which is often not quite correctly reflects the knowledge test is discussed. The method of drawing up specifications subject area of discipline on the basis of ontological approach that will enable an intelligent analysis of the response of the subject is proposed.

**Keywords:** test items open type, ontology, automated testing system.

### Введение

Для обработки ответа на задание открытого типа его нужно вначале проанализировать, что почти невозможно без применения онтологии предметной области. Под онтологией обычно понимается спецификация некоторого объекта. Общепринятого формального описания спецификации не существует [2,8-6,11]. Каждый исследователь вводит собственные категории абстракций и концептуальные объекты. В работе используется концептуальная схема онтологии, описанная в работах [11].

**Постановка задачи.** Введем следующие обозначения:

$TЗ$  – тестовое задание открытого типа;  
 $R$  – ответ тестируемого на задание  $TЗ$ ;

$T$  – теория, по которой создано тестовое задание;

Имеем ответ тестируемого  $R$  на тестовое задание  $TЗ$ .

Необходимо выполнить анализ ответа  $R$ .

**Модель онтологии.** При решении задачи распознавания ответов на вопросы открытого типа необходимы в основном следующие знания: термины предметной области, отношения между терминами, определение терминов, синонимы, свойства, величины. Поэтому будем использовать следующую модель онтологии:

$O = \langle C, A, Pr, Q \rangle$ ,

где

$C$  – знак концептуального объекта «Понятие»;

$A$  – знак концептуального объекта «Действие»;

$Pr$  – знак концептуального объекта «Свойство»;  
 $Q$  – знак концептуального объекта «Величины».  
 Опишем словарные статьи знаков концептуальных объектов, приведенные в работах [1, 10, 11].

*Структура словарной статьи «Понятие»:*

$Concept = \langle t, D, P, A, C, S, T, M \rangle$ ,

где  $t = \langle t_1, t_2, t_3 \rangle$ :  $t_1$  – имя термина;  $t_2$  – тип концептуального объекта «Понятие»;  $t_3$  – вид сущности: материальный, нематериальный.

$D$  – множество субстанциальных дефиниций.

$P$  – множество пар  $(p_1, p_2)$ , где  $p_1$  – имя свойств,  $p_2$  – ссылка на словарную статью.

$A$  – множество пар  $(a_1, a_2)$ , где  $a_1$  – действие,  $a_2$  – ссылка на словарную статью.

$C$  – синонимы и корреляты (квантитативные отношения).

$S$  – множество состояний сущности.

$T$  – множество понятий (терминов), имеющих квалитативные отношения с термином  $t$  (родовитые отношения, отношения «часть-целое», способы представления термина и способы выражения термина).

$M$  – способы метаязыкового представления, который позволяют зафиксировать связь термина и его представления в метаязыке, а также термины других языков, которые позволяют зафиксировать связь терминов различных предметных областей.

*Структура словарной статьи «Действие»:*

$Action = \langle a, D, P, SO, C, I, A, E, M \rangle$ ,

где  $a$  – имя действия и вид действия (процесс, процедура, функция, операция, способ, метод).

$D$  – множество субстанциальных дефиниций.

$P$  – множество пар  $(p_1, p_2)$ , где  $p_1$  – имя свойств,  $p_2$  – ссылка на словарную статью.

$SO$  – субъект или объект действия и ссылка на его описание.

$C$  – синонимы и корреляты (квантитативные отношения).

$I$  – имя термина, идентифицирующего инструмент действия и ссылка на словарную статью этого термина.

$A$  – множество действий, находящихся в квалитативных отношениях с действием  $a$ .

$E$  – событие, при наступлении которого выполняется действие.

$M$  – способы метаязыкового представления и термины других языков, определяющих связь терминов различных предметных областей.

*Структура словарной статьи «Свойства»:*

$Property = \langle p, D, K, Q, C, M \rangle$ ,

где  $p = \langle p_1, p_2 \rangle$ ,  $p_1$  – имя свойства;  $p_2$  – тип концептуального объекта «Свойство».

$D, C, M$  имеют значение, аналогичное соответствующим элементам знака «понятие».

$p. p = \langle p_1, p_2 \rangle$ ,  $p_1$  – имя свойства;  $p_2$  – тип концептуального объекта «Свойство».

$K = \langle k_1, k_2 \rangle$ ,  $k_1$  – вид свойства: количественное, качественное;  $k_2$  – вид свойства: аксиомы теории  $T$ ;

$Q = \langle q_1, q_2 \rangle$ ,  $q_1$  – имя величины,  $q_2$  – ссылка на словарную статью, описывающую  $q_1$ .

К аксиомам теории  $T$  отнесем:

- 1) законы теории  $T$ ;
- 2) определения теории  $T$ ;
- 3) теоремы теории  $T$  и следствия из них.

Тогда модель теории  $T$  можно представить как совокупность множеств, образующих знания о теории  $T$ :

$T = \{A, \Omega, AC, P\}$ , где

$A = \{V, C, Z, S\}$  – алфавит теории  $T$ , в котором  $V$  – множество переменных,  $C$  – множество констант,  $Z$  – упорядоченное множество по приоритету знаков операций,  $S$  – множества разделительных символов;

$\Omega = \{\tau\}$  – множество правил построения формул теории  $T$ ;

$AC = \{ac\}$  – аксиомы теории  $T$ ;

$P$  – правила вывода (система подстановок).

В качестве правил вывода будем использовать метод систем ориентированных подстановок, который впервые предложил Э. Пост [9].

В общем виде система подстановок описывается следующим образом:

$$P = \begin{cases} x \rightarrow y \\ y \rightarrow x \end{cases}$$

Так как, аксиома по своему определению представляет собой правила преобразования одних формул в другие, то ее можно описать в виде ориентированной системы подстановок, например, аксиома  $A \cup \emptyset = A$  может быть представлена как система ориентированных подстановок:

$$ac = \begin{cases} A \cup \emptyset \rightarrow A \\ A \rightarrow A \cup \emptyset \end{cases}$$

Таким образом, каждая аксиома  $ac_i$  будет преобразовываться в систему ориентированных подстановок  $P$ . Введем индекс  $i$ , который идентифицирует номер подстановки в системе. Тогда система ориентированных подстановок будет иметь вид:

$$P = \begin{cases} (1) x \rightarrow y \\ (2) y \rightarrow x \end{cases}$$

При формировании множества аксиом  $AC$  теории  $T$  аксиома  $ac_i$  будет разбиваться на две ча-

сти правую и левую. В подстановке с индексом (1) левая часть будет приравняться значению  $x$ , а правая –  $y$ . В подстановке с индексом (2), наоборот, левая часть будет приравняться значению  $y$ , а правая –  $x$ . Из этого следует, что аксиома  $ac_i$  будет задаваться как пара:  $ac_i=(ac_{i1}, ac_{i2})$ , причем  $ac_{i2}$  может иметь значение *null*.

Структура словарной статьи «Величины»:

Quantity = <  $q$ ,  $D$ ,  $MS$ ,  $L$ ,  $U$ ,  $M$  > ,

Где  $q$  – имя термина и тип концептуального объекта «Величина».

$D$  – множество субстанциальных дефиниций.

$MS$  – шкалы измерения, качественная и количественная, с входящими в них множествами значений.

$L$  – нижнее и верхнее нормальные значения.

$U$  – единица измерений (в случае с качественной шкалой = *null*).

$M$  – способы метаязыкового представления и термины других языков, определяющих связь терминов различных предметных областей.

**Составление спецификации.** Спецификацию теории удобно описывать в виде фреймовой модели знаний, то есть все компоненты онтологии представляются в отдельных XML-файлах (фреймах), связанных между собой посредством ссылок, описанных внутри этих самых файлов. Приведем соответствие слотов фрейма-прототипа и элементов словарной статьи для знака «Понятие».

Таблица 1 – Соответствие слотов фрейма-прототипа и элементов словарной статьи для знака «Понятие»

Имена фрейма и слотов	Значение слота	Имя словарной статьи
{<Имя термина>	Значение	t1
<Тип концептуального объекта>	«Понятие»	t2
<Вид сущности>	«Матер.   Нематер.»	t3
(<Дефиниции>		$D = \{di \mid i = 1...n\}$
(<Дефиниция>))	Значение	di
(<Свойства>		$P = \{(p1,p2)i\}$
(<Имя свойства>	Значение	p1
(<Ссылка>))	Указатель	p2
(<Действия>		$A = \{(a1,a2)i\}$
(<Имя действия>	Значение	a1
(<Ссылка>))	Указатель	a2
(<Квантитативные отношения>		$C = \langle C1,C2 \rangle$
(<Синонимы>		$C1 = \{(c11,c12)i\}$
(<Синоним>	Значение	c11
(<Ссылка>))	Указатель	c12
(<Корреляты>		$C2 = \{(c21,c22)i\}$
(<Коррелят>	Значение	c21
(<Ссылка>))	Указатель	c22
(<Состояния>		$S = \{(s1,s2)i\}$
(<Состояние>	Значение	s1
(<Ссылка>))	Указатель	s2
(<Квалитативные отношения>		$T = \langle T1,T2,T3,T4 \rangle$
(<РодВид>		$T1 = \langle T11,T12 \rangle$
(<Род>	Значение	$T11 = \{(t111,t112)i\}$
(<Ссылка>	Указатель	
(<Вид>	Значение	$T12 = \{(t121,t122)i\}$
(<Ссылка>))	Указатель	
(<ЦелоеЧасть>		$T2 = \langle T21,T22 \rangle$
(<Целое>	Значение	$T21 = \{(t211,t212)i\}$
(<Ссылка>	Указатель	
(<Часть>	Значение	$T22 = \{(t221,t222)i\}$
(<Ссылка>))	Указатель	
(<Способы представления>		$T3 = \{(t31,t32)i\}$
(<Способ представления>	Значение	t31
(<Ссылка>))	Указатель	t32
(<Способы выражения>		$T4 = \{(t41,t42)i\}$
(<Способ выражения>	Значение	t41
(<Ссылка>))	Указатель	t42
(<Отношения между знак. системами>		$M = \langle M1,M2 \rangle$
(<Способы метаязык. представления>		$M1 = \{(m11,m12)i\}$
(<Способ метаязык. представления>	Значение	m11
(<Ссылка>))	Указатель	m12
(<Термин другого языка>		$M2 = \{(m21,m22)i\}$
(<Термин>	Значение	m21
(<Ссылка>)))]}	Указатель	m22

Разработаем структуру XML-описания для файлов, содержащих описание аксиом теории  $T$ . XML-документы, описывающие данные файлы, имеют одинаковую достаточно простую структуру. Все элементы документа будут иметь имя SYMBOL. Для различения элементов введем обязательный атрибут TYPE. Этот атрибут будет характеризовать контекст использования элемента. Обозначим XML-описание файла идентификатором *Axioma#.xml*. В идентификаторах символ # обозначает номер файла.

Рассмотрим структуру XML-документа *Axioma#.xml*. Определим четыре типа (TYPE) элементов SYMBOL:

- 1) операция ( $z$ );
- 2) левый часть ( $x$ ) отношения  $z(x,y)$ ;
- 3) правая часть ( $y$ ) отношения  $z(x,y)$ ;
- 4) индекс ( $i$ ), определяющий правую и левую часть аксиомы (подстановки);
- 5) формула ( $f$ ).

Четыре первых элементов имеют атрибуты TYPE и *value* и содержат вложенные элементы со

своими атрибутами TYPE и *value*.

Элемент типа TYPE="f" определяет вложенную формулу и в качестве значений содержит вложенные элементы: операцию ( $z$ ), левую часть ( $x$ ) отношения  $z(x,y)$ , правую часть ( $y$ ) отношения  $z(x,y)$ , специальные символы ( $s$ ).

Элементы типа TYPE="x" или TYPE="y" содержат вложенные элементы, у которых атрибут TYPE принимает значения:

- 1) переменная (*variable*);
- 2) обозначение термина (*sign*).

Атрибут *value* при TYPE = "variable" содержит значение «переменная» или «константа», а при TYPE = "sign" – обозначение переменной.

Элемент типа TYPE = "z" содержит вложенные элементы, у которых атрибут TYPE принимает значения:

- 1) операция (*operation*);
- 2) обозначение термина (*sign*).

Атрибут *value* при TYPE = "operation" содержит название операции, а при TYPE = "sign" – обозначение операции.

Представим XML-описание некоторых аксиом.

Аксиома алгебры высказываний:  $A \& I = A$ :

```
<ACSIOMA>
  <SYMBOL TYPE="i">VALUE="1"/>
  <SYMBOL TYPE="y">
    <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="константа"/>
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="И"/>
  </SYMBOL>
  <SYMBOL TYPE="x">
    <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="переменная"/>
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="A"/>
  </SYMBOL>
  <SYMBOL TYPE="z">
    <SYMBOL TYPE="operation" VALUE="конъюнкция"/>
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="&"/>
  </SYMBOL>
  <SYMBOL TYPE="i">VALUE="2"/>
  <SYMBOL TYPE="y">
    <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="переменная"/>
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="A"/>
  </SYMBOL>
</ACSIOMA>
```

Аксиомы исчисления высказываний:  $A \rightarrow (B \rightarrow A)$ :

```
<ACSIOMA>
  <SYMBOL TYPE="i">VALUE="1"/>
  <SYMBOL TYPE="f">
    <SYMBOL TYPE="y">
      <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="переменная"/>
      <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="A"/>
    </SYMBOL>
    <SYMBOL TYPE="x">
      <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="переменная"/>
      <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="B"/>
    </SYMBOL>
  </SYMBOL>
</ACSIOMA>
```

```

</SYMBOL>
<SYMBOL TYPE="z">
  <SYMBOL TYPE="operation" VALUE="импликация"/>
  <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="→"/>
</SYMBOL>
</SYMBOL>
<SYMBOL TYPE="x">
  <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="переменная"/>
  <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="A"/>
</SYMBOL>
<SYMBOL TYPE="z">
  <SYMBOL TYPE="operation" VALUE="импликация"/>
  <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="→"/>
</SYMBOL>
</ACSIOMA>.

```

Таким образом, структура XML – описания в общем виде может быть представлена следующим образом:

```

<ACSIOMA>
  <SYMBOL TYPE="i">VALUE="..." />
  [<SYMBOL TYPE="f">
    <SYMBOL TYPE="y">
      <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="..." />
      <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
    </SYMBOL>
    <SYMBOL TYPE="x">
      <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="..." />
      <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
    </SYMBOL>
    <SYMBOL TYPE="z">
      <SYMBOL TYPE="operation" VALUE="..." />
      <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
    </SYMBOL>
  </SYMBOL>]
  <SYMBOL TYPE="y">
    <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="..." />
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
  </SYMBOL>
  <SYMBOL TYPE="x">
    <SYMBOL TYPE="variable" VALUE="..." />
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
  </SYMBOL>
  <SYMBOL TYPE="z">
    <SYMBOL TYPE="operation" VALUE="..." />
    <SYMBOL TYPE="sign" VALUE="..." />
  </SYMBOL>*
</ACSIOMA>.

```

В квадратных скобках указаны необязательные элементы. Звездочка «\*» после элемента означает, что он может быть повторен произвольное количество раз. Символ «...» обозначает произвольные значения атрибутов.

Кроме того, структура XML-описания должна соответствовать структуре ориентированного двоичного дерева, состоящего из узлов (вершин) – записей вида  $G=(data, left, right)$ , где *data* – знаки операций и атомы, входящие в формулу, *left, right* – ссылки на узлы, являющиеся потомками данного узла. Узел *left* называется левым потомком, а узел *right* – правым потомком. Дерево *G* строится от-

носительно самой младшей по приоритету операции или относительно разделительного символа (например, знака «=»), входящей в формулу. Например, формула  $(A \cup B) \cap (A \cap B)$  и аксиома  $(A \cup B) = A \cap B$  теории множеств будут иметь вид, представленных на рисунке 1

Таким образом, аксиомы и формулы будут записываться в виде XML-описания, структура которого соответствует структуре ориентированного двоичного дерева.

**Создание онтологии.** По предложенной спецификации была построена онтология предметной области для дисциплины «Математическая логи-

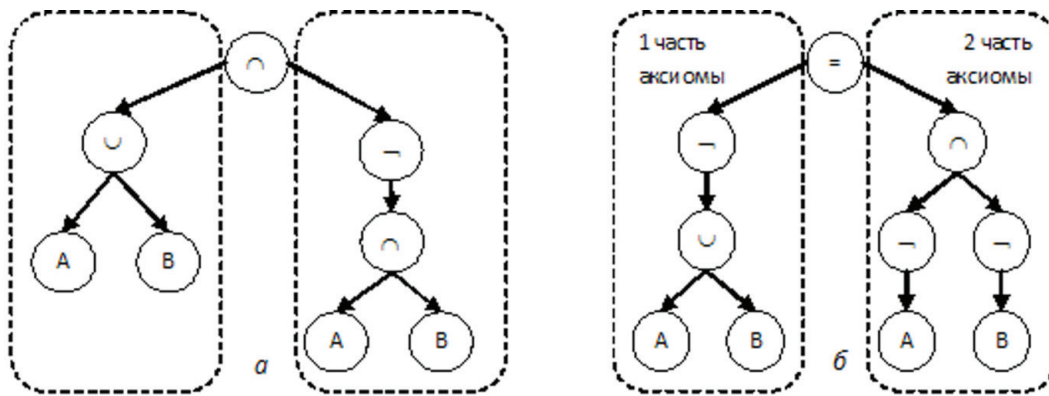


Рис.1. Двоичные деревья формул: а) –  $(A \cup B) \cap (A \cap B)$  б) –  $(A \cup B) = A \cap B$

ка». Онтология представляется в виде семантической сети знаков-фреймов, фрагмент которой приведен на рисунке 2. В соответствии с моделью онтологии, описанной выше используются четыре вида протофрейма: понятие, действие, свойства и величины. Структуры протофреймов соответствуют структурам словарных статей знаков концептуальных объектов.

К протофреймам типа «Действие» относятся следующие знаки-фреймы:

- Отрицание;
- Конъюнкция;
- Дизъюнкция;
- Импликация;
- Эквивалентность.

К протофреймам типа «Понятие» относятся знаки-фреймы:

- Высказывание;
- Простое высказывание;
- Сложное высказывание;
- Формула;
- Атом;
- Алфавит;
- Аксиома.

К протофрейму типа «Величина» относится знак-фрейм – Истинность.

К протофрейму типа «Свойство» относятся знаки-фреймы – Аксиомы №1-50, которые описаны в виде XML-документов *Axioma#.xml*

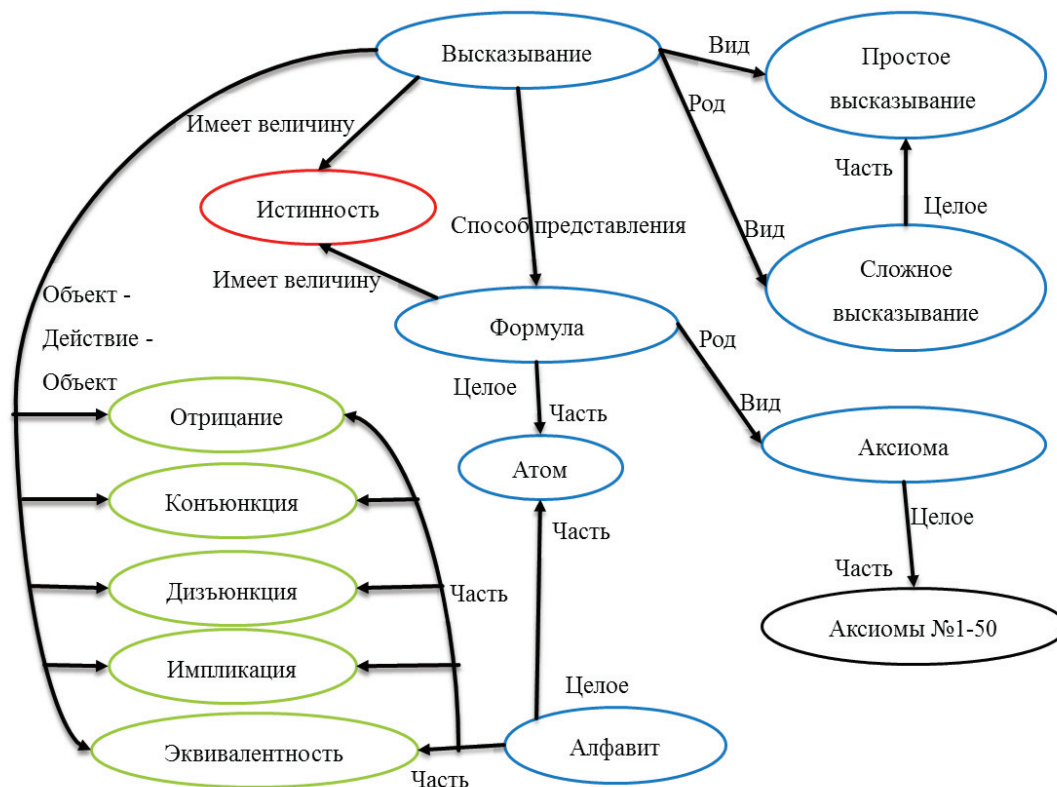


Рисунок 2. Семантическая сеть знаков-фреймов

Построенная онтология была апробирована при проведении вычислительных экспериментов по оцениванию результатов тестирования знаний учащихся по дисциплине «Математическая логика». Результаты вычислительных экспериментов показали, что распознавание ответов на тестовые задания открытого типа осуществляется корректно [3-5].

## Заключение

Приведенная концептуальная модель онтологии позволит представить знания, которые требуются для распознавания и анализа ответов на вопросы открытого типа.

### Литература:

1. Андреева Н. В., Найханова Л. В. Алгоритмы построения партитивной классификации понятий онтологии // Вестник ВСГУТУ. 2012. № 4 (39). С. 18-21.
2. Антонов И. В., Воронов М. В. Метод автоматизированного построения онтологии предметной области // Моделирование и анализ данных, 2011, № 1, С. 116-130.
3. Базарон С. А. Апробация метода нечеткого оценивания тестовых заданий типа «подстановка» // Системы управления и информационные технологии. 2009. Т. 35. № 1.1. С. 117-120.
4. Базарон С.А., Данилова С.Д. Метод оценивания тестовых заданий типа «подстановка» с учетом орфографических ошибок // Системы управления и информационные технологии. 2009. Т. 35. № 1.1. С. 113-116.
5. Базарон С. А., Рукавичников А. В. Способ распознавания и оценивания ответов на тестовые задания «Типовая задача» // Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В. А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. С. 619-630.
6. Ворожцова Т. Н., Костюченко А. П., Макагонова Н. Н., Скрипкин С. К. Применение онтологии для моделирования ИТ-инфраструктуры и описания систем энергетики // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13. № S1. С. 4-10.
7. Горленко А. М., Массель Л. В., Трипутина В. В., Макагонова Н. Н., Бахвалов С. В., Бахвалова З. А. Модель сетевого взаимодействия учреждений профессионального образования и организаций-работодателей // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2008. № 3 (35). С. 225.
8. Загоруйко Н. Г., Гусев В. Д., Завертайлов А. В., Ковалев С. П., Налетов А. М., Саломатина. Н. В. Система ONTOGRID для автоматизации процессов построения онтологий предметных областей. // Автометрия. 2005. Т. 41. № 5. С. 13-25.
9. Маслов С. Ю. Некоторые свойства аппарата канонических исчислений Э. Поста. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=tm&papered=1608&what=fullt&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=tm&papered=1608&what=fullt&option_lang=rus). (Дата обращения: 01.12.2014).
10. Найханова Л. В., Данилова С. Д. Об онтологии с активной семантикой и ее возможности в технологии всепроникающих вычислений // Информатизация образования и науки. 2010. № 6. С. 120-136.
11. Найханова Л. В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. 242 с.

### References:

1. Andreeva N. V., Naykhanova L. V. Algoritmy postroeniya partitivnoy klassifikatsii ponyatiy ontologii, Vestnik VSGUTU, 2012, No 4 (39), pp. 18-21.
2. Antonov I. V., Voronov M. V. Metod avtomatizirovannogo postroeniya ontologii predmetnoy oblasti, Modelirovanie i analiz dannykh, 2011, No 1, pp. 116-130.
3. Bazon S. A. Aprobatsiya metoda nechetkogo otsenivaniya testovykh zadaniy tipa «podstanovka», Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii, 2009, Vol. 35, No 1.1, pp. 117-120.
4. Bazon S. A., Danilova S. D. Metod otsenivaniya testovykh zadaniy tipa «podstanovka» s uchetom orfograficheskikh oshibok, Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii, 2009, Vol. 35, No 1.1, pp. 113-116.
5. Bazon S. A., Rukavichnikov A. V. Sposob raspoznavaniya i otsenivaniya otvetov na testovye zadaniya «Tipovaya zadacha», Sbornik izdannykh trudov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie», Moscow, «Liga internet-media», 2012, Vol.1, No 1(7), p. 619.
6. Vorozhtsova T. N., Kostyuchenko A. P., Makagonova N. N., Skripkin S. K. Primenenie ontologii dlya modelirovaniya IT-infrastruktury i opisaniya sistem energetiki, Vychislitel'nye tekhnologii, 2008, Vol. 13, No S1, pp. 4-10.
7. Gorlenko A. M., Massel' L.V., Triputina V. V., Makagonova N. N., Bakhvalov S.V., Bakhvalova Z. A. Model' setevogo vzaimodeystviya uchrezhdeniy professional'nogo obrazovaniya i organizatsiy-rabotodateley, Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2008, No 3 (35), pp. 225.
8. Zagoruyko N. G., Gusev V. D., Zavertaylov A. V., Kovalev S. P., Naletov A. M., Salomatina. N. V. Sistema ONTOGRID dlya avtomatizatsii protsessov postroeniya ontologii predmetnykh oblastey, Avtometriya, 2005, Vol. 41, No 5, pp. 13-25.
9. Maslov S. Yu. Nekotorye svoystva apparata kanonicheskikh ischisleniy E. Posta. [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=tm&papered=1608&what=fullt&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=tm&papered=1608&what=fullt&option_lang=rus). (Data obrashcheniya: 01.12.2014).
10. Naykhanova L. V., Danilova S. D. Ob ontologii s aktivnoy semantikoy i ee vozmozhnosti v tekhnologii vsepronikayushchikh vychisleniy, Informatizatsiya obrazovaniya i nauki. 2010, No 6, pp. 120-136.
11. Naykhanova L. V. Tekhnologiya sozdaniya metodov avtomaticheskogo postroeniya ontologii s primeneniem geneticheskogo i avtomatnogo programmirovaniya, Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2008. 242 p.