



# OSTIS-2012

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.9:510

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ НОТАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ, СОХРАНЯЮЩЕЙ СЕМАНТИКУ

Вовк А.И. \*, Рубан Ю.Я. \*, Гирнык Д.А. \*\*

*\* Государственный научно-исследовательский институт  
автоматизированных систем в строительстве, г.Киев, Украина*

**vovk@ndiasb.kiev.ua**

**ruban@ndiasb.kiev.ua**

*\*\* Международный научно-учебный Центр информационных технологий и систем  
Национальной Академии наук Украины, г.Киев, Украина*

**den@girnyk.com**

В работе рассмотрена система тестирования, использующая WEB-ориентированную нотацию, реализующую естественный язык представления математических текстов и сохраняющую их семантику.

**Ключевые слова:** WEB-математика, математическая нотация, дистанционное обучение, тестирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Особенностью существенной части многих научных и образовательных ресурсов, содержащих математику, физику, экономические науки и т.п., является наличие математических формул. В частности, при разработке систем тестирования по техническим дисциплинам приходится сталкиваться с необходимостью использования математических выражений как при формулировании заданий, так и при подготовке ответов.

### 1. Математические тексты в системах тестирования

ГНИИ автоматизированных систем в строительстве проводит аттестацию ведущих работников отрасли. Одним из обязательных условий оценки знаний является прохождение специальных тестов. Используя обычные схемы тестовых заданий, например, выбор одного или нескольких правильных ответов из заданного списка предлагаемых, не всегда удается эффективно решать задачу оценки знаний субъектов тестирования. Поскольку проблемы в различных отраслях знаний аналогичные, достаточно рассмотреть этот вопрос на примере тестирования по математике. Сначала рассмотрим традиционный вариант тестового задания, который представлен на рис. 1.

### Пример тестового вопроса "Выбор многих (одного) из многих"

Укажите значение наибольшего среди действительных корней алгебраического уравнения 4-го порядка

$$x^4 - 4x^2 + 8x - 4 = 0$$

- ☐  $1 + \sqrt{7}$
- ☐  $3 + \sqrt{3}$
- ☐  $1 - \sqrt{7}$
- ☐ 2
- ☒  $-1 + \sqrt{3}$
- ☐  $2 + \frac{\sqrt{3}}{2}$

**ОТОСЛАТЬ ОТВЕТ**

Рисунок 1 - Скриншот страницы сайта <http://asdev.com.ua/do/>

При таком подходе к тестированию участник тестирования не обязан знать, как решаются подобные уравнения и что такое комплексные числа. Для подстановки представленных вариантов решений в исходное уравнение ему достаточно знать математику в пределах алгебраических преобразований, выполнив которые, он найдет нужный ответ.

Теперь предложим более сложное задание, представленное на рис. 2.

## Пример тестового вопроса "Ввод математического выражения"

Наберите (в желтом окне) с помощью клавиатуры значение наибольшего среди действительных корней алгебраического уравнения 4-го порядка

$$x^4 - 4x^2 + 8x - 4 = 0$$

$-1 + \sqrt{3}$

$-1 + \sqrt{3}$

**ОТОСЛАТЬ ОТВЕТ**

примеры оформления ответа

**ВНИМАНИЕ:** это не варианты ответа

как писать	результат
$4 + \sqrt{7}$	$4 + \sqrt{7}$
$-1/4 + \sqrt{5}/4$	$\frac{-1 + \sqrt{5}}{4}$

Рисунок 2 – Скриншот страницы сайта <http://asdev.com.ua/do/>.

В этом случае для нахождения ответа необходимо уметь решать подобные уравнения, в том числе знать, что такое комплексные решения. Для ввода, корректировки и проверки правильности ответа создан плагин, в основе которого используется нотация редактора математических формул MathTextView ([MathTextView, 2000], [Вовк и др., 2000], [Вовк и др., 2007], [Вовк и др., 2011]), которая сохраняет семантику формулы. Для чего это необходимо при создании тестовых заданий по математике, физике, экономике? Ведь существует широко распространенный язык TeX и ряд

родственных ему языков (см. Д. Кнут [Knuth, 1984]). Однако этот язык не обладает информацией о семантике формулы. Это, во-первых, затрудняет создание разумного WISIWIG-редактора (What You See Is What You Get, что видишь, то и получишь). Например, в рассматриваемом плагине все промежуточные операции завершаются "на лету". Редактор добавит отсутствующую скобку, потребует ввода недостающего операнда и т.д. Во-вторых, наличие семантики дает возможность корректно проверить правильность решения. Ведь даже в таком простом примере, представленном нами, может быть, по крайней мере, два варианта правильного ответа:  $-1 + \sqrt{3}$  и  $\sqrt{3} - 1$ , если не учитывать, что  $\sqrt{3} = 3^{1/2}$  или даже  $\sqrt{3} = 3^{0.5}$  (~~хотя последние два случая можно и исключить, заранее оговорив форму ответа или расширив соответствующим образом список правильных ответов~~). Если же попросить субъекта тестирования для рассматриваемого случая выписать все действительные решения уравнения, например, в виде массива  $(-1 + \sqrt{3}, -1 - \sqrt{3})$ , то в этом случае добавится еще одна неоднозначность, связанная с порядком записи решений в массиве. Таким образом, приходим к выводу, что без сохранения семантики, невозможно или очень затруднительно корректно оценить правильность ответа. Предлагаемый плагин по мощности символьных преобразований, конечно, уступает такому продукту, как Maple [Maple], но для тестовых заданий вполне может быть пригоден. Что касается известного редактора, использующего язык математической разметки MathML, то он отвергается нами по причине сложной нотации, которая вряд ли когда-нибудь будет реализована в системах тестирования. Язык MathML – это язык, который целесообразен при машинной обработке математических текстов. Подчеркнем, что язык разметки MathTextView основан на том, что математические выражения сами обладают строгой структурой, являющейся носителем семантики.

Для демонстрации возможностей языка MathTextView, применяемого для выполнения целей тестирования с использованием математических текстов, приведем еще пару примеров. Отметим, что нотация MathTextView позволяет отобразить около 250 математических объектов [MTV]:

- арифметические операции;
- отношения;
- элементарные функции;
- пределы;
- интервалы;
- скобки;
- логические операции;
- представление множеств;

- операции над множествами;
- произвольные функции, индексы;
- векторы, матрицы;
- производные;
- интегралы, ряды, произведения;
- кванторы;
- разное;
- греческие буквы;
- готические буквы;
- спецсимволы;
- схематические рисунки;
- графики;
- размерности.

Пример нотации логической конструкции представлен на рис. 3.

### Пример тестового вопроса "Ввод математического выражения"

Запишите (в желтом окне) решение  
нелинейного уравнения

$$\sqrt{a - \sqrt{a + x}} = x$$

$(x=0 < \text{if}-(a=0)) \& e(x=(-1 + \sqrt{4*a-3})/2 < \text{if}-(a \geq 1))$

$$\begin{cases} x=0, \text{ если } a=0 \\ x=-1 + \frac{\sqrt{4a-3}}{2}, \text{ если } a \geq 1 \end{cases}$$

ОТОСЛАТЬ ОТВЕТ

примеры оформления ответа  
**ВНИМАНИЕ:** это не вариант ответа

как писать	результат
$(x=1 < \text{if}-(a=0)) \& e$ $(x=2/\sqrt{4*a-3}) < \text{if}-(a \geq 0))$	$\begin{cases} x=1, \text{ если } a=0 \\ x=\frac{2}{\sqrt{4a-3}}, \text{ если } a \geq 0 \end{cases}$

Рисунок 3 – Скриншот страницы сайта <http://asdev.com.ua/do/>.

Особенность этого примера – использование логических операторов для отображения обычных ситуаций, возникающих при решении школьных примеров повышенной сложности.

Следующий пример, представленный на рис. 4, посвящен решению систем уравнений,

представленных в матричном виде.

### Пример тестового вопроса "Ввод математического выражения"

Запишите (в желтом окне) решение  
нелинейного уравнения

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 228 \\ 516 \\ 804 \end{pmatrix}$$

$(x(_1);x(_2);x(_3))=(14;32;50)$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 \\ 32 \\ 50 \end{pmatrix}$$

ОТОСЛАТЬ ОТВЕТ

примеры оформления ответа  
**ВНИМАНИЕ:** это не вариант ответа

как писать	результат
$(x(_1);x(_2);x(_3))=(1/4;2;\sqrt{5})$	$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/4 \\ 2 \\ \sqrt{5} \end{pmatrix}$

Рисунок 4 – Скриншот страницы сайта <http://asdev.com.ua/do/>.

Отметим здесь, что с учетом семантики, например,  $x^2$  – означает возведение в квадрат в отличие от  $x(^2)$ , где  $(^2)$  – верхний индекс.

Система тестирования, реализующая предложенные методы, построена в формате IMS QTI (Instructional Management Systems Question and Test Interoperability) на языке XML и основана на IMS ([García, 2010], [Harchay, 2010], [Gutiérrez, 2010]), одном из ключевых отраслевых стандартов в области e-Learning, который поддерживается IMS Global Learning Consortium [IMS GLC].

## 2. Плагин для тестирования по математике

Плагин имеет следующую структуру входных параметров.

```
<OBJECT classid=
"clsid:459E7323-B9AB-4887-8A6E-6318AE4F3C07">
  <param NAME="TextWIDTH" VALUE="254">
  <param NAME="TextHEIGHT" VALUE="157">
  <param NAME="TestNum" VALUE="6">
  <param NAME="Answer" VALUE="-1+sqrt(3)">
  <param NAME="CorrectAnswer"
    VALUE="a-213+4s5q6r7t8(931)">
```

</OBJECT>

Отметим, что здесь представлен “мгновенный снимок” HTML-кода, поскольку значения параметров TestNum, Answer и CorrectAnswer формируются “на лету” с помощью программного обеспечения, расположенного на сервере. Кроме того, этот плагин обладает еще одной возможностью – он отправляет вариант ответа на сервер. Значение параметра CorrectAnswer закодировано во избежание “подглядывания” правильного ответа. Конечно, здесь необходимо дополнительно также использовать системные методы защиты HTML-кода от чтения. Значение параметра Answer необходимо для предоставления возможности корректировки ответа, если есть резерв отпущенного времени. Параметры TextWIDTH и TextHEIGHT задают соответственно ширину и высоту формы, являющейся контейнером плагина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены вопросы разработки систем тестирования, использующих WEB-ориентированную нотацию, реализующую натуральный язык представления математических текстов и сохраняющую их семантику.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [MathTextView, 2000] Математика в Интернете [Электронный ресурс]. – 2000. -Режим доступа: <http://math.accent.kiev.ua>. – Дата доступа: 30.11.2011.
- [Вовк и др, 2000] Вовк А.И. и др. Язык представления математических текстов в интернете. В кн.: Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі. Збірник наукових праць. Кривий Ріг, Вид. відділ НМетАУ, 2004.
- [Вовк и др., 2007] Вовк А.И., Гирнык Д.А. Язык общения математиков в Интернете. В кн.: New Information Technologies in Education for all: State of the art and Prospects (ITEA-2007), Kiev, Ukraine, IRTC, 21-23 November 2007, p.p. 96 – 103.
- [Вовк и др., 2011] Вовк А.И., Гирнык Д.А. Web-ориентированная нотация математических текстов, сохраняющая семантику. В кн.: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Минск, 2011, с.431-434.
- [Knuth, 1984] Donald E. Knuth, The TeXbook (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley), 1984.
- [García, 2010] García, A.; Barchino, R.; de Marcos, L.; García, E.; Hilera, J.-R.; Gutiérrez, J.-M.; Otón, S.; Martínez, J.-J.; Gutiérrez, J.-A. Tool for Generation IMS-QTI v2.1 Files with Java Server Faces // IEEE 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010, pp. 627 – 628.
- [Harchay, 2010] Harchay, A.; Cheniti-Belcadhi, L.; Braham, R.; An Investigation of the Enhancement and the Formal Description of IMS/QTI Specification for Programming Courses // IEEE 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010, pp. 113 – 115.
- [Gutiérrez, 2010] Gutiérrez, I.; Kloos, C.D.; Crespo, R.M.; Assessing assessment formats: The current picture: Special session: Assessing assessment formats // IEEE 10th International Conference on Education Engineering (EDUCON), 2010, pp. 1233 – 1238.
- [IMS GLC] IMS Global Learning Consortium [Электронный ресурс]. –1997. -Режим доступа: <http://www.imsglobal.org/>. – Дата доступа: 05.12.2011.
- [MTV] Редактор математических текстов.help [Электронный ресурс]. – 2000. -Режим доступа: [http://math.accent.kiev.ua/article/04/png\\_html/04\\_00\\_png.htm](http://math.accent.kiev.ua/article/04/png_html/04_00_png.htm). – Дата доступа: 05.12.2011.
- [Maple] Maplesoft – [Электронный ресурс]. – 1990 <http://www.maplesoft.com/>. - Дата доступа: 05.12.2011.

## DEVELOPMENT OF TEST SYSTEMS USING WEB-ORIENTED NOTATION, MATHEMATICAL TEXTS, WHICH PRESERVES THE SEMANTICS

Vovk A.I. \*, Ruban Y.Y. \*, Girnyk D.A. \*\*

*\* State Scientific-Research Institute  
automated systems in the building, Kiev, Ukraine*

**vovk@ndiasb.kiev.ua**  
**ruban@ndiasb.kiev.ua**

*\*\* International Research and Training Center of  
Information Technologies and Systems  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev,  
Ukraine*

**den@girnyk.com**

The paper considers the testing system that uses a WEB-oriented notation, which realizes natural language presentation of mathematical texts and preserving their semantics.

## INTRODUCTION

Feature of a substantial part of many scientific and educational resources that contain mathematics, physics, economics, etc., is the existence of mathematical formulas. In particular, the development of test systems in technical disciplines faced with the need to use mathematical expressions, as in the formulation of tasks and the preparation of responses.

## MAIN PART

In the systems tested in mathematics using schemes with a choice of one or more correct answers from a list of possible answers is often does not lead to effective evaluation of the knowledge test subjects.

The paper proposes to use for this purpose mathematical text editor mathtextview. notation mathtextview, in contrast to the notation of tex, the semantics of a mathematical expression.

We propose specifically designed for this purpose, plug-in. we consider a number of examples of the test section of the school mathematics with the use of this plugin.

## CONCLUSION

The questions of development of test systems that use WEB-oriented notation, which realizes natural language presentation of mathematical texts and sohranyayuschnyu their semantics.