

УДК 51:004.738.5

А.Г. ЧУХРАЙ, Е.С. ВАГИН, С.И. ПЕДАН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИНТЕРАКТИВНЫХ WEB-ТЕСТОВ ПО МАТЕМАТИКЕ

Дана характеристика различных подходов к дистанционному обучению, перечислены их преимущества и недостатки. Предложена структурная схема комплекса. Описан процесс разработки комплекса web-тестов по математике для средней школы, основанного на реальных прототипах. Перечислены преимущества использования интерактивных элементов в обучающих программах. Описаны основные элементы разработанной программной системы, способ оценивания знаний учащихся, два режима прохождения заданий, особенности разработки. Предложены возможные области применения разработанного программного комплекса, его перспективы.

Ключевые слова: компьютерное web-ориентированное средство обучения, “Key Stages”, математическое обучение в средней школе, интерактивное средство обучения, Silverlight.

Введение

Интенсивное развитие интернет-технологий предоставило новые возможности для дистанционного обучения математике. В настоящее время функционирует множество web-сайтов, предоставляющих такие услуги. Большинство из них работают для того, чтобы привлечь желающих обучаться. Само же обучение, как правило, осуществляется посредством общения преподавателя с учениками по электронной почте или на форумах, при помощи средств специальных CMS [1 – 3]. Существенный недостаток такого способа обучения – значительная нагрузка на преподавателя. Ему необходимо формировать множество задач и проверять правильность их решения.

Перспективным научно-техническим направлением разработки систем дистанционного обучения математике является создание интерактивных и интеллектуальных web-комплексов, способных на базе собственного интеллекта генерировать и проверять различные варианты задач, а также обучать их решению с помощью развитых графических и интерактивных способностей. К настоящему времени уже создан и функционирует ряд подобных систем. Положительные оценки эффективности применения заслужили такие системы как Algebra Cognitive Tutor [4,5], ActiveMath [7], Aha!Math, FunBrain, PrimaryGames, Mathebook [3]. Вместе с тем проблема создания универсального решателя математических задач в настоящее время не может быть решена. Одним из ограничивающих факторов служит вторая теорема Геделя о неполноте. Естественный путь для разработчиков – выделение и формализа-

ция генерации и проверки ограниченного множества классов задач.

В статье описан опыт авторов по созданию программного обеспечения одной из таких систем, предназначенной для дистанционного тестирования по математике английских школьников.

1. Постановка задачи

В рамках проекта по созданию портала для обучения математике английских школьников, необходимо было разработать интерактивные параметризованные тестовые задания. Их прототипы выходят ежегодно в специальных сборниках и предоставляются школьникам в печатном виде. Ответы вносятся в бумажную брошюру, содержащую сами задания и пустые поля для ответов. После работы над тестами брошюры сдаются преподавателю, который проверяет задания и выставляет соответствующие оценки за каждое из них. При таком методе тестирования школьников существует проблема высокой нагрузки преподавателя, а также возникает возможность человеческой ошибки при проверке большого количества работ. Компьютеризация тестирования может решить эти проблемы.

Существуют тесты разных уровней для различных категорий детей, отличающихся своими способностями. В рамках поставленной задачи было решено разрабатывать тесты для уровней 3-5 и 6-8. Задания должны быть доступны для просмотра и прохождения в интернет-обозревателях, таких как IE 6.0, IE 7.0 IE 8.0, Google Chrome, Opera, Mozilla. Кроме того, каждый пользователь должен получить свой уникальный набор заданий, одинаковых по содержанию, но различных по величинам, входящих

в условия, параметров. Система также должна автоматически проверять правильность введенных ответов и генерировать страницу с результатами, включающих количество правильно решенных тестов, а также их процент от общего числа.

Задания должны выполняться в онлайн-режиме и обладать высоким уровнем интерактивности. Другими словами, учащийся должен видеть результат взаимодействия с программой на экране.

Таким образом, задачами разработки комплекса являются:

- компьютерная версия тестов должна быть подобна тестам в бумажных сборниках;
- тестовые задания должны быть интерактивны и в графическом виде отображать ввод данных пользователя;
- реализация клиент-серверной архитектуры;
- необходимо разработать подсистему оценивания ответов пользователя;
- параметры, входящие в задания, должны генерироваться автоматически, благодаря чему каждый пользователь получит свой уникальный набор тестовых заданий.

2. Структура программного комплекса

Схему работы системы опишем следующим образом. Пользователь открывает интернет-обозреватель и вводит адрес. Ему предлагается выбрать уровень, который он желает пройти и после выбора уровня на странице должен отобразиться набор заданий в виде роликов Silverlight. Внизу страницы с роликами должна располагаться функциональная кнопка, нажав которую пользователь подтверждает правильность своих ответов. После нажатия кнопки должна загрузиться страница с информацией о прохождении

тестов. Просмотрев результаты, пользователь может вернуться на главную страницу и вновь попытаться пройти тестовые задания. Структура комплекса представлена на рис.1.

На рис. 1 в виде листов бумаги с загнутым краем обозначены основные страницы, входящие в состав комплекса. Под блоками страниц находятся прямоугольные блоки, представляющие собой блоки информации и взаимодействия с пользователем, расположенные на соответствующих страницах. Прямоугольные блоки с вертикальной чертой в левой части представляют собой программные серверные модули, отвечающие за генерацию, сохранение и предоставление данных по запросу пользователя. Пунктирные линии связи показывают возможные переходы между страницами. Линии связи, обозначенные сплошными линиями, показывают направление обмена данными между структурными элементами комплекса.

Серверную часть комплекса составляют программные модули, а клиентскую часть – интернет-обозреватель, в котором открыта одна из трех основных страниц.

3. Описание программного комплекса

Разработанный программный комплекс web-тестов по математике состоит из двух основных страниц с роликами, содержащими задания (рис.2) и динамической страницы, на которой отображаются результаты прохождения заданий.

Система предусматривает два уровня сложности (4-й и 8-й уровни сложности), для каждого из которых формируется своя выборка заданий.

В качестве инструмента для решения поставленной задачи была выбрана технология Silverlight

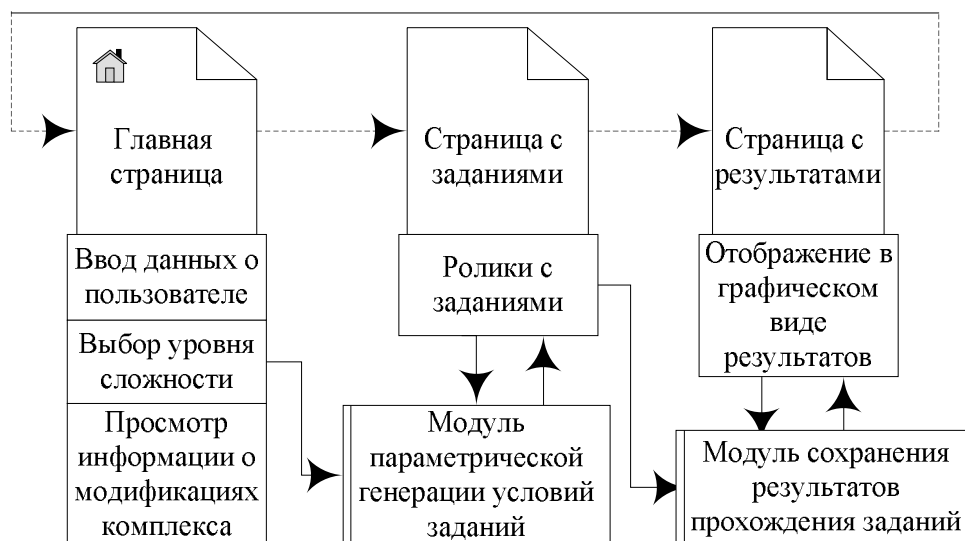


Рис. 1. Структура комплекса

компанії Microsoft. Silverlight представляє собою плагін, встраиваемый в интернет-обозреватель и позволяющий отображать на страницах мультимедийные ролики. Он удобен тем, что поведение объектов, содержащихся в ролике Silverlight можно описывать при помощи языка программирования (например, C#), а также осуществлять обмен данными с сервером, устанавливать на клиентском ПК cookies и пр.

Задания реализованы в виде отдельных мультимедийных роликов Silverlight и расположены по порядку сверху вниз на странице. Во многих заданиях кроме текстового ввода ответа с клавиатуры реализована также возможность интерактивного ввода ответа при помощи мыши. При этом изображение изменяется, реагируя на действия пользователя. Такой подход упрощает понимание некоторых математических законов, представляет их в более наглядной форме. Например, в заданиях на масштабирование и рисование фигур, эти действия можно выполнять, перетягивая точки манипулятором и наблюдать результат на экране.

Были разработаны ролики с заданиями по ра-

боте с диаграммами, на масштабирование геометрических фигур, на алгебраические действия, статистику, работу с декартовой системой координат, измерение углов, построение последовательностей, геометрические задачи, задачи по теории вероятности и др.

Предусмотрен режим, когда необходимо для группы учащихся сделать выборку одинаковых заданий. Для этого в строке запроса добавляется параметр «testvar», от значения которого зависит содержимое выборки. Например, для того чтобы все учащиеся в аудитории получили одинаковые варианты заданий, необходимо передать на сервер при открытии страницы с заданиями также параметр «testvar» с одинаковым значением. Для получения такой выборки было принято решение не разрабатывать отдельные алгоритмы генерации каждого из заданий, а расширить уже существующие для генерации заданий произвольно.

Перед программной реализацией заданий было проведено математическое моделирование каждого из них. На этом этапе были определены диапазоны, в которых необходимо генерировать величины

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://honeym-org.1gb.ua/Level8.aspx`. The page contains three math problems:

Problem 8: The diagram shows a triangle with vertices X, Y, and Z. Side XY is of length b , side XZ is of length $a-3b$, and side YZ is of length a . The triangle is isosceles, with $XY = XZ$. The perimeter of the triangle is 6. Find the values of a and b . Input fields show $a = 57$ and $b = 3$.

Problem 9: The graph shows the straight line with equation $y = -2x + 1$. This straight line passes through the point $(0, 1)$. (a) Write the equation of two different straight lines that are parallel to the given line and don't cross at $(0, 1)$. Input fields show $y = -2x + 8$ and $y = -2x + 3$.

Рис. 2. Страница с выборкой заданий для прохождения

параметров, входящих в задания. Пусть A – множество заданий, сгенерированных в выборке. Тогда элементы этого множества a_i можно представить в виде функциональной зависимости от варианта генерации условия задания d_i , множества значений параметров, входящих в задание P , связей между этими параметрами E , а также множества верных ответов R . В математической нотации это можно записать так:

$$A = \{a_1(d_1, P_1, E_1, R_1), a_2(d_2, P_2, E_2, R_2), \dots, a_n(d_n, P_n, E_n, R_n)\}, \quad (1)$$

где n – количество заданий в выборке.

При этом необходимо отметить, что значения функции a_i определены только для таких наборов P_i, E_i , при которых множество R_i будет не пустым и не будет иметь бесконечного числа элементов. Другими словами, генерируемая задача должна иметь конечное число решений. Таким образом, задачей разработчика является создание такого алгоритма генерации заданий, который бы максимизировал количество возможных значений аргументов d_i и наибольшее число различных вариантов генерации множества P_i . Для большинства заданий множество E_n неизменно. Для некоторых заданий E_n может быть сгенерировано небольшим количеством вариантов. Множества R_n для большинства заданий, требующих точного ответа, также неизменно. Это множество может быть сгенерировано в различных вариантах в тех случаях, когда ответ необходимо ввести с некоторой заданной точностью. Запишем в математической нотации для идеального случая. Аргументы E и R не влияют на увеличение количества вариантов генерации заданий. При достаточно большой мощности множества P можно достичь результата, когда число возможных вариантов генерации задания составит тысячи или даже десятки тысяч. Это значительно больше, чем, например, в случае использования фасетных таблиц. Такой подход к генерации заданий обеспечивает получение каждым студентом уникального набора заданий. Вероятность получения одинакового набора мала и ей можно пренебречь.

После прохождения всех заданий, предлагаемых пользователю, он может сбросить все данные и ответы, нажав на кнопку «Reset my answers» или подтвердить правильность их ввода, нажав на кнопку «End test». Если нажата первая кнопка, то все ролики с заданиями перезагружаются и все действия пользователя, произведенные им ранее, будут отменены. Нажатие кнопки «Reset my answers» не приводит к генерации новых параметров в заданиях, а просто отменяет все действия пользователя с ними. Это реализовано благодаря хранению на клиентском компьютере информации в файлах cookies.

Сохранение информации осуществляется при помощи скрипта, реализованного при помощи языка JavaScript. Скрипт может быть вызван из любого встроенного в страницу ролика Silverlight. Таким образом, сбор информации о решениях пользователя осуществляется не в момент окончания прохождения всего набора заданий, а в асинхронном режиме по мере прохождения каждого. В дальнейшем это может помочь реализовать функции асинхронного принятия решений о следующем шаге, предлагаемом пользователю, либо об отображении подсказки.

При нажатии кнопки «End test» интернет-обозреватель будет переадресован на страницу с результатами прохождения тестовых заданий. На этой странице отображена таблица, содержащая три колонки. В первой расположены номера заданий, вторая содержит буквы подзаданий (так как большинство тестовых заданий содержат в себе от двух до пяти подзаданий, обозначаемых буквами латинского алфавита). В третьем столбце отображаются изображения, показывающие верно ли был дан ответ. Если ответ верный, то в этой колонке будет отображено соответствующее изображение зеленого цвета, в противном случае – белое перекрестье, заключенное в красный круг. В левом нижнем углу страницы находится фиксированная панель, в которой отображена оценка, поставленная системой учащемуся, процент правильно решенных заданий и ссылка на главную страницу, с которой можно снова начать прохождение тестовых заданий.

За каждое задание учащийся может получить от одного до пяти баллов. Оценка считается как сумма баллов за каждое задание, а процент правильного прохождения – как отношение полученных баллов к максимальному числу баллов, которые возможно набрать, выраженное в процентах.

Заключение

Разработанный комплекс интерактивных web-тестов позволяет объективно оценить уровень математических знаний и умений и является удобным в использовании. Его можно применять в процессе обучения учащихся старших классов, как в целях обучения, так и в целях контроля знаний по математике. Способ генерации заданий, основанный на параметризации, позволяет проводить тестирование многократно, получая каждый раз различные выборки заданий. Также он может использоваться при обучении в англоязычных классах, так как язык интерфейса – английский. Система автоматического оценивания знаний снизит нагрузку на преподавателя, обусловленную временными затратами на проверку работ учащихся. Ориентированность на интернет-технологии позволяет проходить тестовые задания в компьютерных классах со станциями,

подключенными к интернету, либо с отдельным http-сервером, поддерживающим ASP.NET (например, IIS).

В дальнейшем планируется усложнить комплекс введением внутреннего и внешнего циклов [4 – 6] для выбора подсказки или следующего шага в текущем задании и выбора следующего задания.

Литература

1. Turrentine P. *Tutoring online: Increasing effectiveness with best practices* / P. Turrentine, L. MacDonald // *NADE Digest*. – 2006. – Vol.2, Num. 2. – P. 19-26.

2. Smith G. *Student attrition in mathematics e-learning* / G. Smith, D. Ferguson // *Australasian Journal of Educational Technology*. – 2005. – Vol. 3. – P. 323-334.

3. Junaini S.N. *Enteramath: interactive online mathematics teaching and learning through animations*

/ S.N. Junaini, J. Sidi // *Distance Collaborative and eLearning: Proceeding of the International Conference in Kuala Lumpur*. – 2006. – Volume 45. – P. 32-40.

4. VanLehn K. *The Behavior of Tutoring Systems* / K. VanLehn // *International journal of Artificial intelligence in education*. – 2006. – Volume 16, Issue 3. – P. 227-265.

5. Anderson J.R. *Cognitive Tutors: Lessons Learned* / J.R. Anderson, A.T. Corbett, K.R. Koedinger, R. Pelletier // *Journal of the Learning Sciences*. – 1995. – Volume 4, Issue 2. – P. 167-207.

6. Mitrovic A. *An intelligent SQL tutor on the web* / A. Mitrovic // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2003. – Volume 13. – P. 171-195.

7. Gogvadze G. *Interactivity of Exercises in ActiveMath. Full paper* / G. Gogvadze, A.G. Palomo, E. Melis // *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. – 2005. – Volume 133. – P. 109-115.

Поступила в редакцію 1.03.2010

Рецензент: д-р пед. наук, проф. каф. інформатики ХНПУ ім. Г.С.Сковороди, нач. отдела научного обеспечения С.А. Раков, Украинский центр оценивания качества образования.

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ІНТЕРАКТИВНИХ WEB-ТЕСТІВ З МАТЕМАТИКИ

А.Г. Чухрай, Є.С. Вагін, С.І. Педан

Дано характеристику різних підходів до дистанційного навчання, перелічені їх переваги та недоліки. Запропоновано структурну схему комплексу. Описано процес розробки комплексу web-тестів з математики для середньої школи за реальними прототипами. Приведені переваги використання інтерактивних елементів в навчальних програмах. Описані основні елементи розробленої програмної системи, спосіб оцінювання знань учнів, два режими проходження завдань, особливості розробки. Запропоновані можливі сфери застосування розробленого програмного комплексу, його перспективи.

Ключові слова: комп'ютерний web-орієнтований засіб навчання, “Key Stages”, математичне навчання в середній школі, інтерактивний засіб навчання, Silverlight.

DEVELOPING OF INTERACTIVE WEB-TESTS ON MATH COMPLEX

A.G. Chukhray, Ye.S. Vagin, S.I. Pedan

Characteristic of different distance learning approaches is given and main advantages and disadvantages of them is offered. Structure diagram of complex is proposed. Process of developing of web-tests on the mathematician complex for high school, based on real prototypes, is described. Advantages of use of interactive elements in training programs are described. Basic elements of the developed program system, knowledge of the pupils estimation system, two modes of tasks passage, software features are described. Possible areas of the developed program complex application, its feature prospect are offered.

Key words: computer web-oriented tutorial tool, “Key Stage”, mathematical learning in middle school, interactive tutoring tool, Silverlight.

Чухрай Андрей Григорьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: achukhray@gmail.com/

Вагін Евгений Сергеевич – магистр кафедры систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: TzipTwork@gmail.com/

Педан Станислав Игоревич – аспирант кафедры систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: stasickx@gmail.com/