

3. **Хацкевич, Г. А.** Эконометрическое моделирование развития человеческого капитала в контексте повышения конкурентоспособности региона / Г. А. Хацкевич // Теоретические и прикладные вопросы экономики : сб. научных работ, г. Киев, 2015 / ВПЦ «Киевский университет»; редкол.: В. Д. Базилевич [и др.]. – Киев, 2015. – С. 184–195.

4. **Human development report 2016 UNDP** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://report.hdr.undp.org>. – Дата доступа: 21.02.2017.

5. **OECD.Science, Technology and Scoreboard** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oecd.org/science/sci-tech/35467636.pdf>. – Дата доступа: 21.02.2017.

## **ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

**Шемаров Александр Иванович**

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск  
[al\\_shemarov@mail.ru](mailto:al_shemarov@mail.ru)

**Гриневич Елена Георгиевна**

Белорусский государственный университет,  
Институт бизнеса и менеджмента технологий, Минск  
[e\\_grinevich@mail.ru](mailto:e_grinevich@mail.ru)

В настоящее время масштабное внедрение в учебный процесс современных информационных технологий является важнейшим условием конкурентоспособности учебного заведения. Актуальные проблемы в этой сфере развития образования связаны с применением компьютерных технологий при проведении аттестации обучаемых. Устранение из этого процесса прямого участия преподавателя устраняет фактор субъективности оценивания результатов и уменьшает психологическое напряжение у обучаемого. Однако формальный подход к постановке задачи и методике получения итоговой оценки не учитывает индивидуальные особенности обучаемого, которые напрямую не характеризуют уровень знаний, но часто значительным образом снижают результаты аттестации. Одним из возможных путей решения данной проблемы является применение компьютерного адаптивного тестирования, которое дает возможности для индивидуализации контрольно-корректировочных воздействий на обучаемого.

Для организации адаптивного тестирования необходимо по каждому заданию теста получать дифференцированную оценку его прохождения, то есть пытаться оценить уровень знаний испытуемого вне зависимости от правильности получения ответа. При выполнении сложных тестовых заданий незначительная с точки зрения логики ответа ошибка, иногда вызванная чисто механическими причинами, не позволяет объективно оценить уровень знаний испытуемого. В работе делается попытка создания тестового задания по дисциплине «Технические средства информационных систем» и обсуждаются методики формирования адаптивного (индивидуализированного) тестового задания, оценки результатов прохождения задания, определения случайного формирования ответа (угадывания) и генерация дополнительных тестовых заданий.

Предположим, что необходимо выполнить комплексное задание из теста по дисциплине «Технические средства информационных систем» для слушателей специальности «Программное обеспечение информационных систем». Предлагаемое задание позволяет осуществить проверку междисциплинарных связей дисциплины, по которой осуществляется тест, и других базовых дисциплинами специальности. В данном примере, в качестве такой дисциплины, выступает дисциплина «Основы алгоритмизации и программирования на языках высокого уровня».

Задание теста формулируется следующим образом (рис. 1).

Однако при выполнении такого сложного теста, если мы используем простую проверку на соответствие, мы не можем объективно оценить знания слушателя, по вполне понятным причинам, включающим такие факторы как сложность и комплексность теста, сложность внесения результатов в поля ответа, эмоциональное напряжение слушателя при выполнении задания. Поэтому любая техническая ошибка, вне зависимости от подготовки слушателя, приводит к получению, в результате простого сравнения ответа слушателя с эталонным ответом, неверного результата. Оценка слушателя будет нулевой вне зависимости на каком этапе задания она произошла и каковы при этом реальные знания испытуемого.

```

...
Представить операнды a, b и результат выполнения операции над ними в
разрядной сетке тридцати двух разрядного компьютера.
...
unsigned int      a = 2597411126;
unsigned int      b = 1457835180;
unsigned int      c;
c = a & b;
...

```

	31 30292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100	
a		
	31 30292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100	
b		
-----		
	31 30292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100	
c= a&b		
c = _____		

Рисунок 1. Пример задания теста по дисциплине «Технические средства информационных систем»

Представить операнды **a**, **b** и результат выполнения операции над ними в разрядной сетке тридцати двух разрядного компьютера.

В результате выполнения теста испытуемым, мы ожидаем получить данные (рис. 2), которые будут соответствовать правильному выполнению задания теста, то есть подтверждению гипотезы о соответствии полученных слушателем навыков сложности выполняемого теста.

	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
a	100110101101000101011001101100100110110
	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
b	01010101101101110010010011001100110101101100
	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
c= a&b	00010010110000000001001000000100100100100
	c = 314591268

Рисунок 2. Пример правильного результата выполнения задания теста по дисциплине «Технические средства информационных систем»

Конечно, существуют задачи, связанные с обеспечением безопасности и жизнедеятельности человека, для которых результат теста любой сложности должен однозначно соответствовать эталонному результату, но такие случаи в практике «стандартного» обучения встречаются достаточно редко. Даже если рассматривать теоретические экзамены, осуществляемые для получения водительского удостоверения, то не все вопросы можно отнести к этой категории.

Поэтому, с точки зрения обеспечения достоверности тестирования на базе введения функций адаптации его к реальным знаниям испытуемого и «интеллектуализации» этого процесса, необходимо изменять парадигму тестирования. Необходимо переходить от констатации предоставления правильного результата испытуемым, к интеллектуальному анализу причин возможных ошибок, приводящих к появлению возможных расхождений реального и эталонного результатов тестирования.

По результатам анализа, отсеив статистическими методами ошибки, связанные с угадыванием результата тестируемым, в случае проявления системных ошибок, система тестирования может предложить испытуемому дополнительные, уточняющие его знания, тесты. Это и будет, по нашему мнению, путь к созданию адаптируемых «интеллектуальных тестов». По результатам тестирования система может не только дать дифференцированную оценку, но и предложить испытуемому, в идеальном случае, рекомендации по устранению выявленных несоответствий в знаниях требованиям, которые предполагает стандарт обучения.

В качестве иллюстрирующего примера рассмотрим проект создания адаптивного интеллектуализированного анализа задания теста, представленного на рис. 1. Коэффициенты, представленные в примере, также будут носить чисто иллюстративный характер.

Предлагаемый тест разбивается на три этапа (по предоставляемым испытуемым данным):

1. Перевод исходных операндов в двоичную систему счисления из десятичной системы счисления и представление полученных данных в разрядной сетке компьютера, согласно типу данных примера.

2. Выполнение операции поразрядного «логического умножения И» с последующим представлением результата в разрядной сетке компьютера.

3. Перевод результата из двоичной системы счисления в десятичную систему счисления данных, представленных в разрядной сетке компьютера согласно типу данных примера.

Коэффициенты по каждому этапу можно распределить на основе метода экспертных оценок. Сумма всех коэффициентов должна соответствовать формуле представленной ниже:

$$\sum_{i=1}^N \xi_i = 1$$

где  $i$  – номер этапа теста,

$N$  – количество этапов теста,

$\xi_i$  – весовой коэффициент (уровень сложности) этапа теста  $\in [0..1]$ .

Например, мы можем их установить следующим образом:

$$\xi_1 = 0,3; \xi_2 = 0,5; \xi_3 = 0,2.$$

При проверке каждого этапа теста необходимо анализировать типовые ошибки, которые может допустить слушатель при прохождении этапа задания теста. Список ошибок формируется на базе, создаваемой за счет экспертных оценок преподавателей, согласно их опыту и компетенции в решении данных вопросов. В дальнейшем база может пополняться за счет интеллектуального анализа больших данных.

В качестве иллюстрации по первому этапу можно анализировать следующие типовые ошибки:

1. Испытуемый заполняет разрядную сетку в противоположном порядке, так как использование классического метода «цифра за цифрой» перевода из одной системы счисления в другую, результат получается в порядке от младшего значащего разряда к старшему значащему разряду.

2. Испытуемый делает техническую ошибку в арифметических вычислениях, в результате которой все следующие значащие разряды, получаемые в переводимом числе, будут ошибочными.

3. Испытуемый пропускает цифру при переносе результата, при этом результат будет состоять из двух частей: – младшей части, полностью соответствующей предполагаемому результату; – старшей части, соответствующей сдвинутому предполагаемому результату.

4. Пункты 2 и 3 могут также присутствовать, если испытуемый выполнил задание с ошибкой в случае, обусловленном ошибкой, описанной в п. 1.

Для проверки полученного результата на соответствие эталонному (ожидаемому), для приведенного выше списка ошибок, можно вычислить корреляционные функции несмещенной и смещенных на определенное количество разрядов последовательностей по формуле представленной ниже:

$$R_k = \frac{1}{M-k} \sum_{j=k}^{M-1} \frac{c_{et\ j-k} \oplus c_j}{M-k},$$

где  $j$  – номер разряда анализируемой последовательности;

$c_{et}$  – эталонная последовательность;

$c$  – анализируемая последовательность;



В случае, когда испытуемый при прохождении теста, представил код числа в порядке противоположном естественному порядку следования разрядов в разрядной сетке, как это показано на рисунке 5. Ему, для уточнения уровня знаний, в этом случае может быть предложено новое задание, один из возможных вариантов которого представлен на рисунке 6.

	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
a	011011001001001001100110010010001010110110110110011
	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
b	0001110110101010011100111001001001001110110110110110110
<hr/>	
	3130292827262524232221201918171615141312111009080706050403020100
c = a&b	000110001000000100100000000000011011011000100010000
	c = <u>605160264</u>

Рисунок 5. Пример результата выполнения задания теста по дисциплине «Технические средства информационных систем» с цифрами, записанными в разрядной сетке в противоположном порядке

<p>В каком порядке следования формируются разряды числа при использовании для преобразования целого числа из одной системы счисления в другую систему счисления при использовании классического алгоритма формирования числа «цифра за цифрой» (путем получения остатков от деления на основание системы счисления в которую осуществляется преобразование):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - в естественном порядке следования (сначала старший разряд, затем младший разряд);</li> <li>• - в порядке следования, определяемом следующим образом - сначала четные разряды, затем нечетные разряды;</li> <li>• - в инверсном порядке следования (сначала младший разряд, затем старший разряд);</li> <li>• - в порядке следования, определяемом следующим образом - сначала нечетные разряды, затем четные разряды.</li> </ul>
--

Рисунок 6. Пример уточняющего задания по первому этапу задания теста по дисциплине «Технические средства информационных систем» при возникновении ошибки представления разрядов кода числа в разрядной сетке компьютера в противоположном порядке следования

Сформировав дифференцированную оценку по первому этапу задания теста  $\delta_i$  в определенном диапазоне, например [0..100], осуществляется переход ко второму этапу задания теста. Тактика оценки этапа задания будет изменена в соответствии с алгоритмом выполнения этапа задания. Она будет заключаться в следующем. Во-первых, при оценке результата не будет учитываться результат предыдущего этапа. Выполнение операции «логическое И» будет рассматриваться над данными, полученными при выполнении первого этапа задания теста. Поэтому эталонный результат будет скорректирован.

Согласно алгоритму вычисления функции R, подробно описанного выше, осуществляется определение функции  $R_0$ . Функции с другими значениями индекса не имеют определяющего значения, так как описанная выше операция

предполагает побитное ее выполнение. Смещенные функции, в принципе, могут нести информацию о технических ошибках, получаемых при заполнении разрядной сетки компьютера. Полученные оценки функции  $R_0$  могут предоставить достаточную информацию о знаниях, полученных испытуемым в области выполнения логических бинарных операций. Необходимо, исходя из теории определения логических функций двух переменных, проанализировать попадания функции в следующие числовые диапазоны:

- $[1..1-\sigma]$  функция определяется однозначно точно, при отклонении  $\sigma = 0$  получен точный результат, при отклонении  $\sigma$  не равном нулю определяется количество технических ошибок ( $\sigma \leq 0,03125$  произошла одиночная ошибка, при  $\sigma \leq 0,0625$  произошла двойная ошибка, и т. д. при других значениях  $\sigma$ );

- $[0,75-\sigma..0,75+\sigma]$  функция не определяется однозначно точно – возможно испытуемый выполнил логическую функцию равнозначность (инвертированная функция исключающее ИЛИ), при отклонении  $\sigma = 0$  получен точный результат, соответствующий другой логической функции, при отклонении  $\sigma$  не равном нулю на результат накладываются технические ошибки;

- $[0,5-\sigma..0,5+\sigma]$  функция не определяется однозначно точно – возможно испытуемый выполнил логическую функцию ИЛИ, при отклонении  $\sigma = 0$  получен точный результат, соответствующий другой логической функции, при отклонении  $\sigma$  не равном нулю на результат накладываются технические ошибки;

- $[0,25-\sigma..0,25+\sigma]$  функция не определяется однозначно точно – возможно испытуемый выполнил логическую функцию исключающее ИЛИ, при отклонении  $\sigma = 0$  получен точный результат, соответствующий другой логической функции, при отклонении  $\sigma$  не равном нулю на результат накладываются технические ошибки;

- $[0..0+\sigma]$  функция не определяется однозначно точно – возможно испытуемый выполнил логическую функцию И-НЕ (штрих Шеффера), при отклонении  $\sigma = 0$  получен точный результат, соответствующий другой логической функции, при отклонении  $\sigma$  не равном нулю на результат накладываются технические ошибки.

Остальные значения, не вошедшие в диапазон, скорее всего свидетельствуют об угадывании результата.

Предположим, что испытуемый предоставил следующий результат выполнения предложенного на рисунке 1 теста (рисунок 7).

Для предложенного результата на рис. 7 вычисленная функция  $R_0 = 0,25$ . Отсюда может быть выдвинута гипотеза о том, что испытуемый путает либо сами логические функции, либо обозначения операторов языка высокого уровня (для нашего задания теста это язык C++).

Для уточнения этих предположений испытуемому могут быть предложены два теста. Первый проверяет знание испытуемых логических функций (рисунок 8), второй определяет знания испытуемым обозначения логических операторов языка (рис. 9).

- Третий этап задания, заключающийся в оценке правильности обратного перевода, может быть оценен по следующему алгоритму. Полученный испытуе-



Необходимо записать условное обозначение побитовых логических операторов языка С:
побитовое логическое И;
побитовое логическое ИЛИ;
побитовое логическое исключающее ИЛИ;
побитовая инверсия (инвертирование) или функция НЕ.

Рисунок 9. Пример уточняющего задания по второму этапу задания теста по дисциплине «Технические средства информационных систем» при возникновении ошибки выполнения другой логической функции (гипотеза о неправильной интерпретации условных обозначений языка)

Далее осуществляется вычисление дифференцированной интегральной оценки по результатам выполнения задания теста по формуле, представленной ниже:

$$G = \sum_{i=1}^N \sigma_i \xi_i ,$$

где  $i$  – номер этапа теста,

$N$  – количество этапов теста,

$\xi_i$  – весовой коэффициент (уровень сложности) этапа теста  $\in [0..1]$ ,

$\sigma_i$  – оценка прохождения этапа теста  $\in [0..100]$ .

В работе была предпринята попытка создания адаптивного интеллектуализированного теста. Полученная дифференцированная оценка позволяет получить основание для формирования комплексных адаптивных тестов. Необходимо отметить, что создание подобных тестов требует кропотливого труда преподавателей-экспертов. Процесс формирования теста достаточно дорогостоящий и трудоемкий, но для поддержки процессов дистанционного обучения обладает существенными достоинствами, так как позволяет оценивать результаты в комплексных тестах на фоне искажения результатов теста различного рода ошибками. Существенным подспорьем для автоматизации создания подобных тестов могут стать технологии работы с большими данными (Big Data).

## КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОБУЧЕНИЯ КАДРОВ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ

**Шибут Марина Станиславовна**

Академия управления при Президенте Республики Беларусь, Минск  
m\_shi@tut.by

Отличительные характеристики современного мира – высокая интенсивность перемен, резкое расширение информационного пространства и увеличение объемов информации, которую должен воспринять, хранить и использовать