

УДК 371.3:681.51

Д. А. Печников, канд. техн. наук, доц., e-mail: 19pda72@bk.ru,  
Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова,  
г. Санкт-Петербург

### Модели обеспечения оперативности процесса критериально-ориентированного тестирования

*Рассматриваются модели обеспечения оперативности критериально-ориентированного оценивания в компьютерных системах тестирования, которые обеспечивают переход от точечных оценок эмпирической частоты успешного выполнения тестовых заданий к интервальным оценкам вероятности этой успешности, позволяющим определять погрешности и доверительные интервалы полученных оценок.*

**Ключевые слова:** системы тестирования, критериальный тест, интервальная оценка, доверительный интервал, тестовая задача, результаты испытаний

#### Введение

Под педагогическим контролем обычно понимается "функция управления образовательным процессом, осуществляемая с целью получения достоверной информации о ходе и результатах проводимой воспитательной и обучающей деятельности" [1]. В качестве перспективного методологического средства реализации контроля сегодня рассматриваются методы тестологии, а в качестве технического средства — компьютерные системы тестирования (КСТ).

Выделяют входной, текущий и итоговый виды педагогического контроля.

Входной и итоговый контроли предваряют и завершают учебный процесс. Их результаты могут и должны учитываться при проектировании обучения, но они не ориентированы на корректуру уже начавшегося процесса. Эти виды контроля могут быть реализованы как средствами нормативно-ориентированного, так и критериально-ориентированного тестирования.

В отличие от них текущий контроль реализуется непосредственно в процессе обучения, а его "важнейшей функцией является функция обратной связи, которая позволяет преподавателю получать сведения о ходе процесса усвоения у каждого учащегося и адаптировать процесс обучения к их потребностям" [2].

Адаптировать процесс обучения к потребностям обучаемых на основе данных нормативно-ориентированного тестирования (Петя знает лучше Вани, а Ваня — лучше Кати) невозможно. Для этого нужны оценки, идентифицирующие соотношения вида

"усвоил — не усвоил" между теми конкретными обучаемыми и теми конкретными познавательными объектами, в отношении которых реализуется рассматриваемый процесс обучения. Поэтому для решения задач текущего педагогического контроля могут использоваться только методы критериально-ориентированного тестирования.

В числе КСТ, представленных в Интернет, абсолютно преобладают программные средства, ориентированные на решение задач критериально-ориентированного тестирования (Adit Testdesk, M-Тест, EasyQuizzy, MultiTester System, RSP, The Examiner testing system, FastTEST professional, C-Quest, CONTEST, SunRav TestOfficePro, HyperTest, UniTest System, TestMaster, AVELife TestGold Studio, АСТ-Тест Plus, e-University, RichTest, Tester, Грамотей-КЛАСС, "Контроль знаний", "Система проверки знаний", "Универсальный тестовый комплекс", "Экзаменатор", "Аттестация", УСАТИК и т.д.). Преобладание критериально-ориентированных КСТ обусловлено тем, что "для педагогического контроля уровня обученности более привычной и естественной является задача, решаемая в рамках критериально-ориентированного тестирования" [3]. Однако именно этот вид тестирования не имеет развитых методов оценивания полученных результатов.

Методы классической теории тестов и современной тестовой теории IRT (*Item Response Theory*) преимущественно ориентированы на ранжировку обучаемых по уровню обученности вне зависимости от достаточности или недостаточности достигнутого ими уровня усвоения рассматриваемой предметной области. Вопросы

проектирования и оценки результатов выполнения критериально-ориентированных тестов, устанавливающих соотношение "усвоил — не усвоил" между обучаемым и конкретной совокупностью элементов содержания обучения, решаются по остаточному принципу. В результате "отсутствие стандарта или хотя бы общепринятых норм и правил создания компьютерных систем тестирования привело к тому, что практически каждая из них является "вещью в себе" и не имеет описания алгоритмов функционирования, в частности, описания реализуемых процедур оценивания результатов тестирования" [4].

Ориентированность на решение задач текущего педагогического контроля предъявляет к методам и средствам критериально-ориентированного тестирования ряд специфических требований. В числе этих требований одним из ведущих является требование оперативности.

Задачи текущего контроля имеют целью выработку адресных обучающих воздействий и в идеале должны решаться в реальном масштабе времени непосредственно в процессе обучения. Поэтому процесс критериально-ориентированного тестирования должен занимать минимум времени. Оперативность процедур обработки и отображения результатов действий обучаемых проблем не вызывает, поскольку полностью обеспечивается за счет быстрого действия аппаратно-программных средств КСТ. А вот оперативность самой процедуры тестирования в современных КСТ не обеспечивается.

Эти обстоятельства определяют необходимость разработки и внедрения в программное обеспечение КСТ методов и процедур, которые непосредственно направлены на выполнение требования обеспечения оперативности тестирования: "обязывать каждого обучаемого проходить полностью критериально-ориентированный тест не рационально, ... любой испытуемый должен продолжать тестирование до тех пор, пока не станет совершенно ясно, что его "истинный" уровень подготовленности (*true score*) выше или ниже критериального балла (стандарта оценивания)" [5].

Другими словами, для полноценного достижения целей текущего педагогического контроля необходимо минимизировать продолжительность процедуры критериально-ориентированного тестирования, обеспечивая при этом заданную достоверность получаемых результатов.

### Постановка задачи и анализ подходов к ее решению

Время выполнения теста определяется как произведение  $T = tn$  двух параметров:

- $t$  — "скорость теста (*test speededness*)" [2], оцениваемая временем выполнения одного тестово-

го задания (ТЗ), которое для заданий закрытой формы обычно составляет 30...40 с на ТЗ;

- $n$  — "длина теста (*test length*)", измеряемая числом ТЗ в тесте.

Скорость тестирования  $t$  обусловлена психофизиологическими возможностями обучаемых, а потому не может быть существенно сокращена. Сокращена может быть только длина  $n$  теста.

Поэтому выполнение требования оперативности процедур критериально-ориентированного тестирования связано, прежде всего, с "минимизацией числа тестовых заданий, которые должен выполнить испытуемый, за счет остановки процесса тестирования после выполнения очередного задания и получения текущих результатов, обеспечивающих принятие достоверного индивидуального решения "аттестован — не аттестован (зачет — не зачет)" [6].

На минимизацию числа выполняемых ТЗ ориентирован ряд методов и моделей, которые, по своей сути, базируются на двух подходах.

Суть первого подхода состоит в завершении процедуры тестирования после того, как соотношение "больше" или "меньше" между оценкой результатов тестирования и принятым критерием станет определяться с заданной (достаточной) достоверностью. В рамках этого подхода была сформулирована задача выбора такой длины теста, которая бы при сравнении достигнутой вероятности  $p$  успешного выполнения теста с критериальным значением  $p_0$  этой вероятности обеспечивала исключение заданных величин ошибок 1-го рода ( $\alpha$ ), когда знающий материал обучаемый получает отрицательный результат (незачет), и 2-го рода ( $\beta$ ), когда не знающий материал обучаемый получает зачет.

Наиболее совершенный вариант решения этой задачи был предложен в 1980—1982 гг. Р. А. Берком [7] и Ван дер Линденом [8], которые обратили внимание на то, что "в рамках принятой биномиальной модели имеет место линейная зависимость между проходным баллом и соответствующей ему длиной теста" [8] и эта зависимость "может быть использована в процедуре оптимизации длины теста в качестве нового критерия" [8]. Этими авторами было обосновано, что для такого показателя справедливо соотношение вида [8]

$$\frac{c_{1,2}}{n} = \frac{\ln \frac{1-p_1}{1-p_2}}{\ln \frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}} + \frac{\ln \lambda_{1,2}}{n \ln \frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}} \quad (1)$$

при  $\begin{cases} \lambda_1 = \frac{\beta}{1-\alpha} \text{ для } c_1; \\ \lambda_2 = \frac{1-\beta}{\alpha} \text{ для } c_2, \end{cases}$

где  $c_{1,2}$  — соответственно значения проходного балла для верхней ( $p_2$ ) и нижней ( $p_1$ ) границ зоны неопределенности (интервала безразличия),  $\alpha, \beta$  — соответственно значения значимости ошибок 1-го и 2-го рода принимаемых решений.

Как отметил Ван дер Линден, это "соотношение интересно тем, что левая его часть представляет собой относительную оценку проходного балла, а правая является константой, которая не зависит от длины теста и определяется только граничными значениями зоны безразличия. Всякий раз, когда устанавливаются границы зоны безразличия, мы получаем возможность узнать проходной балл для любой длины теста" [8]. Существо этого положения иллюстрирует рис. 1, на котором приведены зоны принятия решения вида "усвоил — не усвоил (зачет — не зачет, аттестован — не аттестован и т. п.)" для области безразличия с параметрами  $\alpha = \beta = 0,05, p_1 = 0,4, p_2 = 0,6$ .

Суть второго подхода, который частично представлен в работах [6, 8], состоит в прекращении тестирования после того, как ширина доверительного интервала (ДИ) оценки результатов тестирования станет меньше некоторого ее наперед заданного нормативного значения. Здесь задача выбора длины теста формулируется как задача прекращения тестирования после того, как фактическая ширина ДИ последней оценки  $p$  успешного выполнения теста становится меньше ее наперед заданного значения.

Если ТЗ теста формулируются в закрытой форме с единственным правильным ответом, то в соответствии с работами [8, 9] для решения задачи минимизации длины теста на основе данных о погрешности полученных оценок результатов тестирования могут быть использованы две модели.

Первая модель основана на биномиальном законе распределения и имеет вид [9]

$$\left. \begin{aligned} p_i &= \frac{i-k}{i}; \\ p_i^{\text{верх}} &= \frac{(i-k+1)F_{2(i-k+1), 2k, 1-\varepsilon/2}}{k+(i-k+1)F_{2(i-k+1), 2k, 1-\varepsilon/2}}; \\ p_i^{\text{низ}} &= \frac{(i-k)}{(i-k)+(k+1)F_{2(k+1), 2(i-k), 1-\varepsilon/2}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) — число выполненных ТЗ;  $n$  — число ТЗ в тесте;  $k$  ( $k = \overline{0, i}$ ) — число ошибок;  $1 - \varepsilon/2$  — порядок квантиля распределения;  $p_i$  ( $p \in (0, 1)$ ) — оценка вероятности успеха после выполнения  $i$ -го ТЗ;  $p_i^{\text{верх}}, p_i^{\text{низ}}$  — соответственно верхняя и нижняя границы ДИ вероятности успеха после выполнения  $i$ -го ТЗ;  $F_{f, g, \alpha}$  — квантиль порядка  $\alpha$  распределения  $F$  с  $f, g$  степенями свободы;

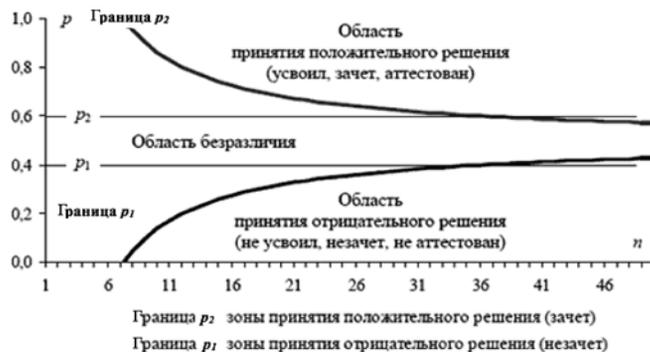


Рис. 1. Области принятия решений вида "аттестован — не аттестован"

Вторая модель базируется на геометрическом законе распределения и в работе [9] представлена в следующем виде

$$\left. \begin{aligned} p_i &= \arg \max_p \left[ p^{(i-k)+(m-l)} (1-p)^{k+l} \right]; \\ p_i^{\text{верх}} &= \hat{p}_i + u_{1-\varepsilon/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{i}}; \\ p_i^{\text{низ}} &= p_i - u_{1-\varepsilon/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{i}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $(i-k)$  ( $(i-k) = \overline{0, i}$ ) — число правильно выполненных ТЗ;  $l, (m-l)$  — соответственно число векторов непрерывного успеха и непрерывной неудачи ( $m+l \leq i$ );  $p_i$  ( $p \in (0, 1)$ ) — результат тестирования после выполнения  $i$ -го ТЗ (оценка вероятности успеха, получаемая по методу правдоподобия);  $L_i = p^{(i-k)+(m-l)} (1-p)^{k+l}$  — функция правдоподобия;  $p_i^{\text{верх}}, p_i^{\text{низ}}$  — соответственно верхняя и нижняя границы ДИ вероятности успеха после выполнения  $i$ -го ТЗ;  $u_{1-\varepsilon/2}$  — квантили стандартного нормального распределения порядка  $1 - \varepsilon/2$ .

Оценки (2), (3) в достаточной мере согласованы. Экспериментально выявленная в работе [9] динамика этих оценок в общем случае имеет вид, приведенный на рис. 2.

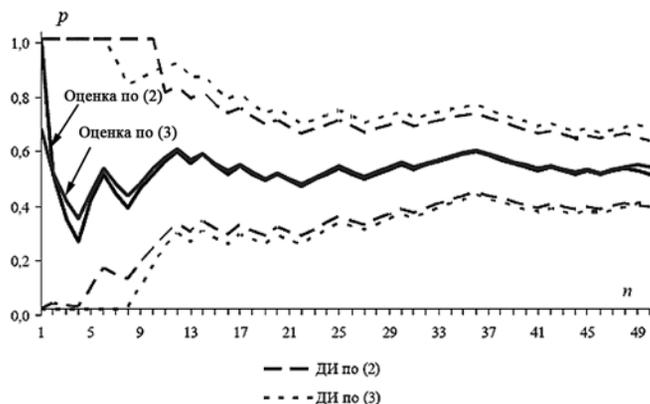


Рис. 2. Динамика изменения (ДИ) диапазона результатов среднего успешного обучающегося (результат оценивания  $0,376 < p = 0,500 < 0,624$  при  $\alpha = 0,1$ )

Кроме уже рассмотренных различий между первым и вторым подходами есть еще одно, на которое следует обратить внимание. Это различие состоит в том, что первый подход реализует процедуры измерения и оценивания, а второй подход — только процедуру измерения. Суть этого отличия требует определенного комментария.

Понятия "оценивание" и "измерение" формулируются в двух предметных областях квалитологии — в метрологии и в квалиметрии.

В метрологии измерение рассматривается как частный случай оценивания:

1) измерение — "сравнение измеряемой величины (конкретного проявления измеряемого свойства) со шкалой этого свойства в целях получения результата измерения (оценки свойства или значения величины)" [10];

2) оценивание — "аналог измерения, применяемый в тех случаях, когда невозможно выполнить измерение (не выделена величина как физическая и не определена единица измерений этой величины)".

В квалиметрии приняты другие трактовки:

1) измерение — "процедура определения единичного показателя качества" [11];

2) оценивание — "процедура определения численного значения уровня качества продукции" [11].

Единичный показатель качества — это "количественная характеристика одного из свойств продукции" [11], а уровень качества — "относительная характеристика качества, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемого объекта с базовыми значениями соответствующих показателей" [11]. Из последних дефиниций следует, что в квалиметрии понятия оценивания и измерения рассматриваются как несподчиненные.

Эталоны, используемые при измерении и оценивании, также имеют отличия: "В оценивании эталон имеет ценностный, системно-социальный характер и меняется вместе с социально-экономическим и научно-техническим прогрессом, т. е. имеет переходящее существование. В измерении же эталон постоянен и определяет шкалы измерения единичных показателей качества" [12].

Другими словами, в квалиметрии считается, что любое свойство нужно сначала измерить (получить его объективную оценку в некоторой неизменной шкале), а затем оценить полученный результат, т. е. сравнить его с тем значением рассматриваемого свойства, которое принято в качестве эталона, и сформулировать свое отношение к результатам этого сравнения.

Необходимость различения первого и второго подходов по признаку "измерение — оценивание"

определяется тем фактом, что во всех КСТ принят квалиметрический подход:

- функции измерения и оценивания разделены;
- функция измерения реализуется всегда одинаково в одной и той же шкале;
- параметры оценивания определяются разработчиком теста (преподавателем), который сам выбирает эталоны и шкалы их оценивания.

Далее следует отметить, что модели (2), (3) являются интервальными, а потому обеспечивают сравнение с эталонами как самих результатов тестирования, так и их погрешностей. Другими словами, они способны обеспечить реализацию обоих рассмотренных выше подходов. С учетом последнего всю процедуру управления критериально-ориентированным тестированием можно представить в виде, приведенном на рис. 3.

Эта процедура предполагает, что после выполнения испытуемым каждого ТЗ проводится

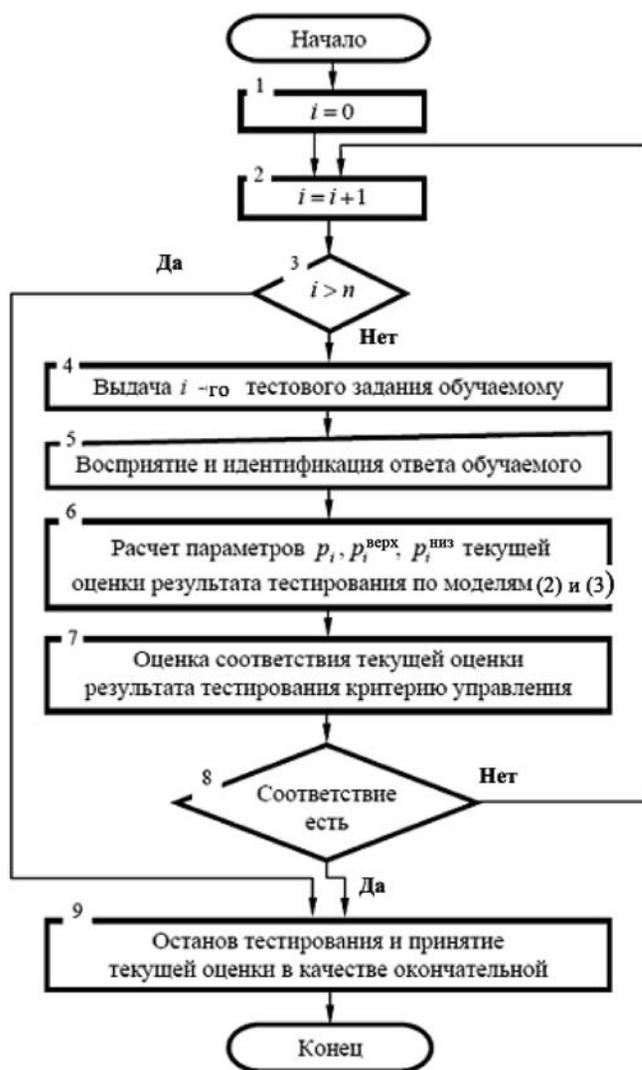


Рис. 3. Процедура управления критериально-ориентированным тестированием

проверка текущего результата тестирования на его соответствие принятому критерию управления. Если такое соответствие имеет место, то тестирование прекращается. В противном случае испытуемый вплоть до выполнения всего теста получает следующее ТЗ. В любом случае в качестве окончательного результата тестирования принимается последняя текущая оценка.

Различие в процедуре реализации рассмотренных подходов к минимизации длины теста сводится к различию в принятых критериях управления.

### Альтернативные критерии управления процессом критериально-ориентированного тестирования

Для реализации первого из рассматриваемых подходов вместо расчетов по модели (1) предлагается после выполнения обучаемым каждого ТЗ по моделям (2), (3) определять верхнюю границу  $p_i^{\text{верх}}$  и нижнюю границу  $p_i^{\text{низ}}$  ДИ оценки  $p_i$  и использовать эти данные для выработки управляющих воздействий по критерию

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{при } \begin{cases} p_i^{\text{низ}} > p_0; \\ p_i^{\text{верх}} < p_0; \end{cases} \\ 0 & \text{в ином случае,} \end{cases} \quad (4)$$

где  $I_i$  — результаты сравнения верхней  $p_i^{\text{верх}}$  и нижней  $p_i^{\text{низ}}$  границ ДИ текущей оценки  $p_i$  с нормативным значением  $p_0$  результата тестирования ( $I_i = 1$  — останов тестирования;  $I_i = 0$  — продолжение тестирования).

Критерий (4) определяет наличие у текущего результата  $p_i$  требуемой достоверности, но функцию его оценивания не реализует. Формулировка в системе предпочтений преподавателя отношения к значению  $p_i$  ("зачет — не усвоил" и т. п.) здесь не проводится, поскольку функция оценивания во всех КСТ (см. пример на рис. 4) реализуется отдельно, причем не только в дихотомической, но и в других шкалах.

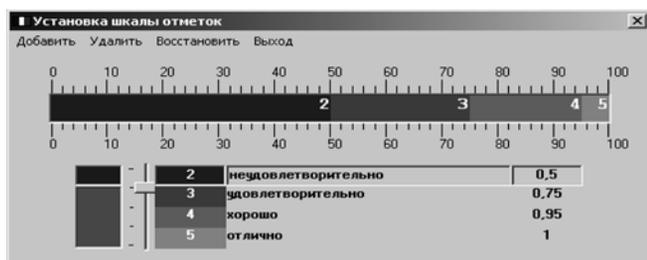


Рис. 4. Окно задания параметров процедуры оценивания в КСТ "Адаптивная система тестирования" (АСТ)

В соответствии со вторым подходом процесс тестирования должен быть остановлен после получения текущего результата  $p_i$  заданной точности  $\delta^{\text{зад}}$ , когда границы ДИ начинают располагаться внутри нормативного интервала ( $p_i \pm \delta^{\text{зад}}$ ), т. е. имеет место соотношение  $(p_i^{\text{верх}}, p_i^{\text{низ}}) \in (p_i + \delta^{\text{зад}}, p_i - \delta^{\text{зад}})$ . В этом случае остановку процесса тестирования следует осуществлять по критерию

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{при выполнении условий} \\ \begin{cases} p_i^{\text{верх}} < p_i + \delta^{\text{зад}}; \\ p_i^{\text{низ}} > p_i - \delta^{\text{зад}}, \end{cases} \\ 0 & \text{в ином случае,} \end{cases} \quad (5)$$

где  $I_i$  — результат сравнения заданной и достигнутой точности оценок тестирования ( $I_i = 1$  — останов тестирования;  $I_i = 0$  — продолжение тестирования).

### Оценка работоспособности альтернативных критериев управления

Группе из 129 испытуемых был предложен тест, который включал 50 закрытых ТЗ с выбором из пяти альтернатив единственного верного ответа. ТЗ предъявлялись в случайном порядке. Воздействия по управлению процессом тестирования по моделям (4), (5) вырабатывались и фиксировались апостериори. Для расчета управляющих воздействий были приняты следующие модели:

- модели (2), (3) с параметром  $\alpha = 0,05$ ;
- критерий (4) с параметром  $p_0 = 0,5$ ;
- критерий (5) с параметрами  $\delta_1^{\text{зад}} = 0,1$ ;  $\delta_2^{\text{зад}} = 0,15$ ;  $\delta_3^{\text{зад}} = 0,2$ . В табл. 1 приведены характеристики выработанных воздействий.

Наглядно результаты применения критериев (4), (5) представлены на рис. 5.

Таблица 1

Результаты применения критериев управления тестированием

Результаты применения способа управления	Управление по критерию (5) с допустимой погрешностью			Управление по критерию (4)
	$\delta^{\text{зад}} = 0,1$	$\delta^{\text{зад}} = 0,15$	$\delta^{\text{зад}} = 0,2$	
Число случаев останова тестирования	5	129	129	87
Процент случаев останова тестирования	3,9 %	100,0 %	100,0 %	67,4 %
Среднее отклонение результата от "истинного"	0,005	0,056	0,091	0,037

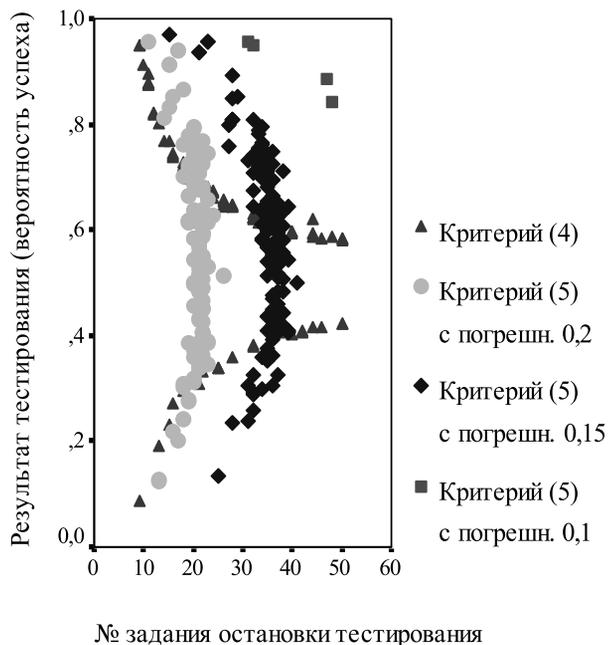


Рис. 5. Взаимосвязь результатов тестирования и длины теста при управлении по критериям (4), (5)

Для оценки эффективности альтернативных критериев управления (4), (5) использовались показатели эффективности, представляющие собой измеряемые на интервале (0, 1) показатели вида "чем больше, тем лучше":

1) частный показатель  $k_j^{(1)}$  оперативности управления

$$k_j^{(1)} = 1 - \frac{i_j^{\min}}{n}, k_j^{(1)} \in [0, 1], \quad (6)$$

где  $j (j = \overline{1, m})$  — номер испытуемого;  $i_j^{\min}$  — номер последнего ТЗ, выполненного  $j$ -м испытуемым (номер ТЗ, после выполнения которого тестирование было прекращено),  $n$  — длина теста (число ТЗ в тесте);

Таблица 2

Показатели эффективности критериев управления тестированием

Показатели эффективности	Управление по критерию (5) с допустимой погрешностью			Управление по критерию (4)
	$\delta^{\text{зад}} = 0,1$	$\delta^{\text{зад}} = 0,15$	$\delta^{\text{зад}} = 0,2$	
Оперативность управления (6)	0,007	0,313	0,593	0,313
Точности управления (7)	0,995	0,944	0,909	0,963
Интегральный (8)	0,006	0,294	0,538	0,292

2) частный показатель  $k_j^{(2)}$  точности оценки результатов тестирования

$$k_j^{(2)} = 1 - \Delta p_{i_j^{\min}} = 1 - |p_{i_j^{\min}} - p_j^*|, k_j^{(2)} \in [0, 1], \quad (7)$$

где  $j (j = \overline{1, m})$  — номер испытуемого;  $i_j^{\min}$  — номер последнего выполненного ТЗ;  $p_{i_j^{\min}}$  — окончатель-

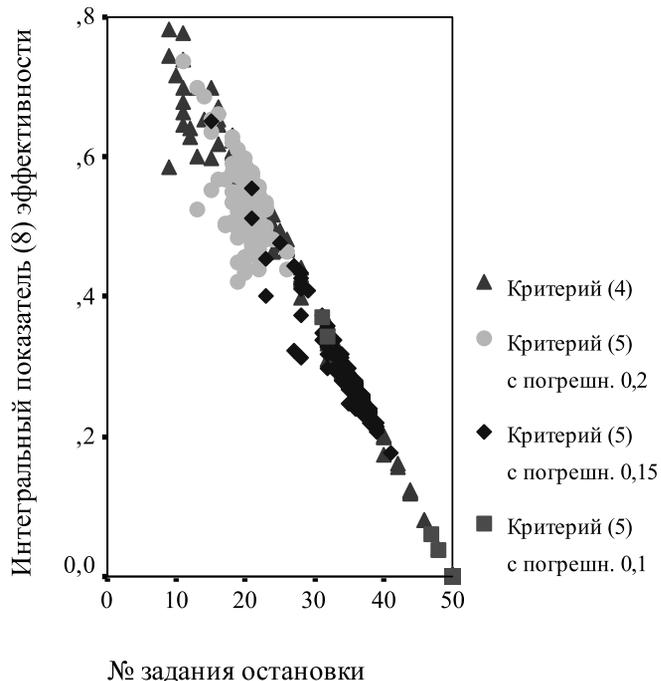


Рис. 6. Точечная диаграмма соответствия индивидуальных оценок интегральной эффективности управления тестированием длине теста

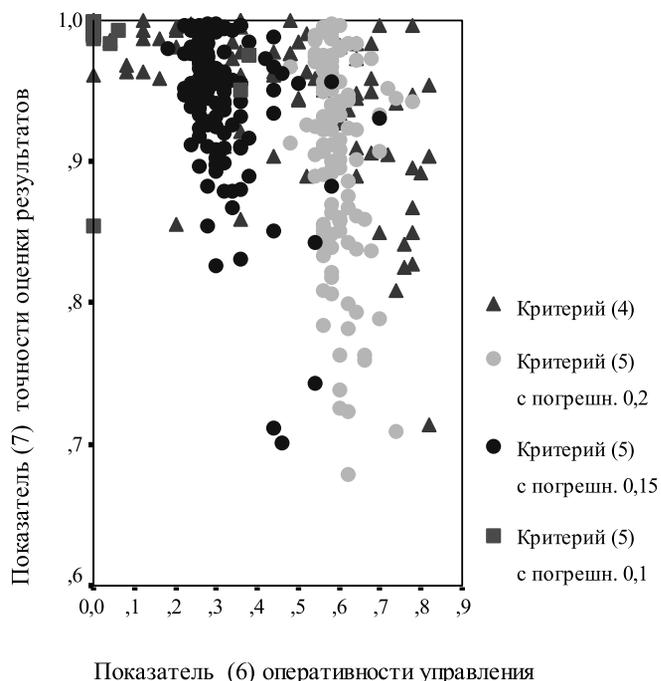


Рис. 7. Точечная диаграмма соответствия частных показателей (6), (7) эффективности управления тестированием

ный результат тестирования;  $p_j^*$  ( $p_j^* = p_{nj}$ ) — "истинный балл (*true score*)" (результат, полученный после выполнения всех ТЗ теста).

3) интегральный показатель  $K_j$  эффективности управления процессом тестирования

$$K_j = k_j^{(1)}k_j^{(2)} = \left(1 - \frac{i_j^{\min}}{n}\right) \left(1 - \Delta p_{i_j^{\min}}\right), K_j \in [0, 1]. \quad (8)$$

В табл. 2 приведены обобщенные результаты оценки эффективности критериев (4), (5) управления тестированием.

Наглядно эти результаты представлены на рис. 6 и рис. 7.

### Заключение

Критерии (4), (5) и реализующая их процедура управления критериально-ориентированным тестированием (см. рис. 1) работоспособны и обеспечивают приемлемую эффективность. Каждый из критериев (4), (5) имеет свои достоинства и недостатки, которые обусловлены общими закономерностями изменения используемых в них показателей. Последнее определяет целесообразность попытки синтеза этих критериев в один обобщенный критерий.

### Список литературы

1. Аванесова Т. П., Печников А. Н., Шиков А. Н. Электронное обучение: учебное пособие. СПб.: ВАС, 2014. 73 с. URL: [http://pedlib.ru/books.php?part=Books&dir=7/0297&num\\_page=1](http://pedlib.ru/books.php?part=Books&dir=7/0297&num_page=1) (дата обращения: 07.11.2016)
2. Коджаспирова Г. М., Коджаспиров А. Ю. Словарь по педагогике. М.: ИКЦ "МарТ"; Ростов н/Д: Изд. центр

"МарТ", 2005. 448 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/64113/> (дата обращения: 07.11.2016)

3. Тальзина Н. Ф. Педагогическая психология. М.: Изд. центр "Академия", 1998. 288 с. URL: <http://www.persev.ru/book/pedagogicheskaya-psihologiya> (дата обращения: 07.11.2016)

4. Карпов В. Э., Карпова И. П. Язык описания системы контроля знаний // Компьютеры в учебном процессе, 2000, № 4. С. 147—155.

5. Субетто А. И. Сочинения. Ноосферизм: В 13 томах. Том восьмой: Квалитативизм: философия и теория качества, квалитология, качество жизни, качество человека и качество образования. Книга 2 / Под ред. Л. А. Зеленова. Петербург—Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2009. 726 с.

6. Палкин К. С., Печников А. Н. Метод интервальной оценки результатов выполнения системы одиночных тестовых заданий закрытого типа с единственным верным ответом // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). 2014. Т. 17, № 2. С. 491—501. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html> (дата обращения: 07.11.2016).

7. Berk R. A. Criterion-referenced measurement: The state of art, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1980.

8. Wim J. van der Linden. (1982). Passing score and length of a mastery test. Evaluation in Education. 1982, Vol. 5. P. 149—164. URL: <http://doc.utwente.nl/68993/1/Linden82passing.pdf> (дата обращения: 07.11.2016)

9. Палкин К. С., Печников А. Н., Печников Д. А. Метод управления длиной системы одиночных тестовых заданий с единственным верным ответом // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). 2015. Т. 18, № 1. С. 544—560. URL: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18\\_i1/pdf/16.pdf](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18_i1/pdf/16.pdf) (дата обращения: 07.11.2016)

10. Бальхина Т. М. Словарь терминов и понятий тестологии. М.: РУДН, 2000. 86 с. URL: <http://www.psyoffice.ru/slovar-s174.htm> (дата обращения: 07.11.2016)

11. ГОСТ 15467—79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ, 2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-15467-79> (дата обращения: 07.11.2016)

12. РМГ 29—2013. Метрология. Основные термины и определения (введен с 01.01.2015). М.: Стандартинформ, 2014. 121 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154> (дата обращения: 07.11.2016)

D. A. Pechnikov, Associate Professor, e-mail: 19pda72@bk.ru,  
Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union  
N. G. Kuznetsova, St. Petersburg, Russia 197045, St. Petersburg

## Model Ensure Efficiency of Process Criteria-Oriented Testing

*The article considers models of criterially-oriented estimation in computer testing systems that provide the transition from point estimates of the empirical frequency of successful execution of test tasks to interval estimates of the probability of this success, allowing to determine the errors and confidence intervals of the estimates obtained.*

**Keywords:** criterion-based test, a test task, the test results, point estimate, interval estimate, confidence interval, the given error

### References

1. Avanesova T. P., Pechnikov A. N., Shikov A. N. *Elektronnoe obuchenie*, SPb., VAS, 2014, 73 p., available at: [http://pedlib.ru/books.php?part=Books&dir=7/0297&num\\_page=1](http://pedlib.ru/books.php?part=Books&dir=7/0297&num_page=1) (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

2. Kodzhaspirova G. M., Kodzhaspirov A. Ju. *Slovar' po pedagogike*, Moscow, IKC "MarT"; Rostov n/D: Izd. centr "MarT", 2005. 448 p., available at: <http://www.twirpx.com/file/64113/> (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

3. Talyzina N. F. *Pedagogicheskaja psihologija*, Moscow, Izd. centr "Akademija", 1998, 288 p., available at: <http://www.persev.ru>

ru/book/pedagogicheskaya-psihologiya (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

4. **Karpov V. Je., Karpova I. P.** Jazyk opisanija sistemy kontrolja znaniy, *Kompjutyery v Uchebnom Prozesse*, 2000, no. 4, pp. 147–155.

5. **Subetto A. I.** Sochinenija. Noosferizm. Tom vos'moj: Kvalitativizm: filosofija i teorija kachestva, kvalitologija, kachestvo zhizni, kachestvo cheloveka i kachestvo obrazovanija. Kniga 2 / Pod red. L. A. Zelenova S.-Peterburg—Kostroma, KGU im. N. A. Nekrasova, 2009, 726 p. (in Russian).

6. **Palkin K. S., Pechnikov A. N.** Metod interval'noj ocenki rezultatov vypolnenija sistemy odinochnyh testovyh zadaniy zakrytogo tipa s edin-stvennym vernym otvetom, *Obrazovatel'nye tehnologii i obshhestvo* (Educational Technology & Society), 2014, vol. 17, no. 2, pp. 491–501, available at: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html> (date of access: 07.11.2016).

7. **Berk R. A.** Criterion-referenced measurement: The state of art, Baltimore, MD, Johns Hopkins University Press, 1980.

8. **Wim J. van der Linden.** Passing score and length of a mastery test, *Evaluation in Education*, 1982, vol. 5, pp. 149–164,

available at: <http://doc.utwente.nl/68993/1/Linden82passing.pdf> (date of access: 07.11.2016)

9. **Palkin K. S., Pechnikov A. N., Pechnikov D. A.** Metod upravlenija dlinoj sistemy odinochnyh testovyh zadaniy s edinstvennym vernym otvetom, *Obrazovatel'nye Tehnologii i Obshhestvo* (Educational Technology & Society), 2015, vol. 18, no. 1, pp. 544–560, available at: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18\\_i1/pdf/16.pdf](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18_i1/pdf/16.pdf) (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

10. **Balyhina T. M.** *Slovar' terminov i ponjatij testologii*. Moscow, RUDN, 2000, 86 p., available at: <http://www.psyoffice.ru/slovar-s174.htm> (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

11. **GOST 15467—79.** *Upravlenie kachestvom produkcii. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija* (s Izmeneniem № 1), Moscow, Standartinform, 2009., available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-15467-79> (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

12. **RMG 29—2013.** Metrologija. Osnovnye terminy i opredelenija (vve-den s 01.01.2015), Moscow, Standartinform, 2014. 121 p., available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154> (date of access: 07.11.2016) (in Russian).

УДК 004.942

**Т. В. Тимофеева**, ст. преподаватель, e-mail: timofeeva\_tv@pfur.ru,

**М. А. Нестеренко**, ст. преподаватель, e-mail: nesterenko\_ma@pfur.ru,

Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Россия, Москва

## Параметризация кривых в AutoCAD на примере овалов Кассини

*Предложен новый подход к интегрированному изучению курсов начертательной геометрии и компьютерной графики для инженерных направлений подготовки в учебных заведениях высшего профессионального образования на основе углубленного изучения отдельных тем. Методика продемонстрирована на практическом примере, в котором рассмотрены возможности создания и исследования свойств овалов Кассини на базе создания параметрического блока по аналитической формуле в AutoCAD. В процессе исследования проанализированы особенности кривых четвертого порядка как результата пересечения тора плоскостями, параллельными оси вращения тора, зависимость формы кривых от соотношения параметров. В работе рассматривается задача воссоздания метрики торов по контурам полученных сечений методами начертательной геометрии и с помощью 3D-моделирования. На основе полученных кривых построены поверхности с образующими или направляющими, являющимися овалами Кассини.*

**Ключевые слова:** кривые четвертого порядка, овалы Кассини, лемниската Бернулли, сечения тора, фокусы, AutoCAD Autodesk, параметризация, параметрический блок, геометрические зависимости, размерные зависимости, начертательная геометрия, компьютерная графика

### Введение

Модернизация образования ставит на повестку дня вопрос поиска новых форм и методов преподавания графических дисциплин в вузах. Вопросы реорганизации учебного курса инженерной графики в вузе путем слияния или совместного изучения некоторых тем начертательной геометрии и компьютерной графики, а также инженерной и компьютерной графики активно обсуждаются последние несколько лет [1–3], написаны программы обучения, пособия и учебники [4]. Использование системы автоматизированного проектирования AutoCAD Autodesk только в качестве чертежного инструмента

при выполнении учебных заданий студентами кажется авторам непродуктивным. Более эффективно использовать AutoCAD как инструмент для студенческого исследования. При этом необходимо научить студентов активно применять эффективные возможности параметризации чертежа и параметрических блоков.

Автоматическая параметризация чертежа позволяет ускорить и облегчить процесс его создания, значительно повысить уровень сложности решаемых задач [5, 6]. Параметризация — это процесс, представляющий собой создание связей и ограничений, применяемых к группе геометрических объектов. Параметризация отчасти берет на себя функции программирования в AutoLISP,