

УДК 37.012.4

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ОБУЧЕННОСТИ С УЧЕТОМ «НЕГАУССОВСКИХ» ПРОЯВЛЕНИЙ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОНТРОЛЕ ИННОВАЦИОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ

© 2014 г.

*В.А. Гришин, А.Г. Вискарева*

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

vagrish@list.ru

*Поступила в редакцию 10.11.2014*

Рассмотрены особенности контроля в мониторинге качества компетентностно-ориентированного обучения. На основе результатов статистического анализа с помощью негауссовских законов распределения установлены группы студентов с разными формами проявления информационных компетенций.

*Ключевые слова:* компетенции, компетентностный подход, тестирование, статистический анализ, закон Ципфа-Парето.

Одной из парадигмальных установок модернизации российского высшего образования является компетентностный подход к описанию результатов обучения. На смену традиционной системе оценки инвариантных знаний, умений и навыков студентов приходит инновационная система оценки элементов компетенций, выражающихся, в общем случае, через способность выпускника применять полученные знания, умения и навыки в условиях неопределенности и нечеткости информации, способность находить требуемый способ действий даже при отсутствии специального умения.

Педагогический контроль в рамках мониторинга качества компетентностно-ориентированного образования должен выполнять как традиционные диагностическую, обучающую, воспитывающую и мотивирующую функции, так и прогностическую и интегративную функции. Таким образом, контроль призван обобщать качества, приобретенные студентом на всех предшествующих этапах обучения, и с высокой вероятностью предсказывать его успехи в дальнейшей профессиональной деятельности [1].

Следует отметить, что реализация такого подхода к качеству обучения сопряжена с рядом проблем, т.к. компетентностная ориентация основной образовательной программы (ООП) требует системного переосмысления целей, содержания, материально-технического оснащения, применяемых технологий реализации образовательного процесса, а также стратегически необходимой модернизации системы оценочных средств и системы обеспечения самостоя-

тельной работы студентов. В этом плане одной из важнейших и наитруднейших задач является выработка общепризнанной меры сформированности компетенций.

В рамках исследования с целью выявления качественных характеристик сформированности информационных компетенций для последующей коррекции содержания и управления содержанием обучения по дисциплине «Информатика и программирование» вариативной части математического цикла ООП ФГОС ВПО по направлению 080100.62 «Экономика» был разработан нормативно-ориентированный тест. Рабочие варианты тестов были апробированы в филиалах ННГУ им. Н.И. Лобачевского в течение 2012–2013 и 2013–2014 учебных годов. Проведен статистический анализ полученных экспериментальных данных с помощью программ MS Excel, Mathcad, Statistica.

Данные статистического анализа результатов показывают, что эмпирическое распределение имеет два локальных максимума (рис. 1). Такие особенности, как правило, наблюдаются, когда рассматриваемая выборка представляет смесь двух распределений [2].

В работе [3] показано, что выборочное распределение сырых баллов нормативно-ориентированного теста может быть аппроксимировано смесью двух распределений: усеченного нормального и Парето. Кластерный анализ, выполненный с учетом результатов исследования, представленного нами в работе [4], показал, что данные могут быть разбиты на два кластера. К первому кластеру могут быть отнесены все респонденты, имеющие по тесту общий бал



Рис. 1. Полигон распределения абсолютных частот сырых баллов

$x_i \leq (C-1)$ ; ко второму кластеру – респонденты с  $x_i \geq C$ , где  $i \in [1, n]$ ,  $n$  – число респондентов,  $C$  – параметр Парето (пороговый балл).

Теоретическая модель смеси экспериментального распределения сырых баллов имеет вид (1):

$$f(x) = \begin{cases} d_1 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, & x \in [0, C-1]; \\ 0, & x \in (C-1, C); \\ d_2 \frac{\alpha}{C} \left(\frac{C}{x}\right)^{\alpha+1}, & x \in [C, n] \end{cases} \quad (1)$$

где  $x$  – количество заданий теста, на которые получены положительные ответы,  $n$  – число заданий теста,  $C$  и  $\alpha$  – параметры распределения Парето,  $\sigma$  и  $a$  – параметры усеченного нормального распределения,  $d_1$  и  $d_2$  – коэффициенты пропорциональности, определенные как доля респондентов, входящих в области  $x \in [0, C-1]$  и  $x \in [C, n]$  соответственно.

В среде MathCad была составлена программа для определения параметров  $C$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $\sigma$  и проверки на соответствие распределения сырых баллов теоретической модели (1) по критерию Хи-квадрат и критерию Романовского (рис. 2). Расчетное значение  $\chi^2_{\text{расч}}=28.031$  меньше табличного  $\chi^2_{\text{таб}}=28.869$  при уровне значимости  $\alpha = 0.05$ . Значение критерия Романовского –  $K=1.672 < 3$ . Числовые характеристики экспериментальной смеси распределений приведены в табл. 1.

Особый интерес при анализе сформированности информационных компетенций по результатам тестового контроля представляют

респонденты, результаты которых попадают в область Парето.

В этой группе может иметь место ранговая корреляция, которую называют законом Ципфа – Парето, в виде функции (2)

$$m(r) = \frac{B}{r^\gamma}, r \geq 1, \quad (2)$$

где  $m(r)$  – количество респондентов, ответивших верно на число вопросов теста, соответствующих  $r$ -му рангу;  $B$  и  $\gamma$  – положительные константы, определяемые в результате регрессионного анализа.

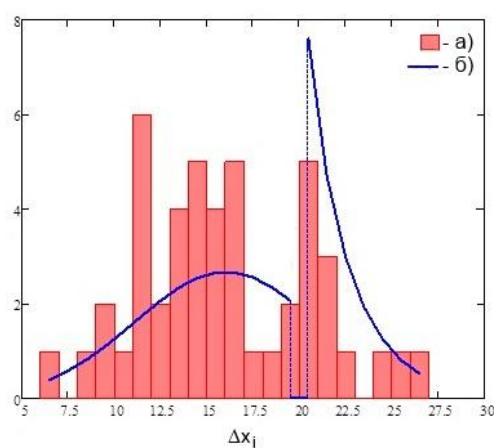


Рис. 2. Полигон распределения абсолютных частот сырых баллов: а) гистограмма распределения частот сырых баллов; б) теоретические частоты распределения сырых баллов;  $\Delta x_i$  – частичные интервалы сырых баллов

Для проверки наличия ранговой корреляции в выборке сырых баллов, попавших в область Парето, были установлены ранги (табл. 2) и проведен регрессионный анализ, для которого

Таблица 1

Параметры экспериментальной смеси распределений		
№	Параметр	Значение
1	Коэффициенты пропорциональности, $d_1$	0.7
2	Коэффициенты пропорциональности, $d_2$	0.3
3	Константа $C$	20
4	Константа $\alpha$	11.199
5	Выборочное среднее, $a$	16.319
6	Выборочное стандартное отклонение, $\sigma$	4.846

Таблица 2

Ранжированный ряд				
Балл	20–21	22–23	24–25	26–27
Число респондентов, $m(r)$	22	7	5	3
Ранг, $r$	1	2	3	4

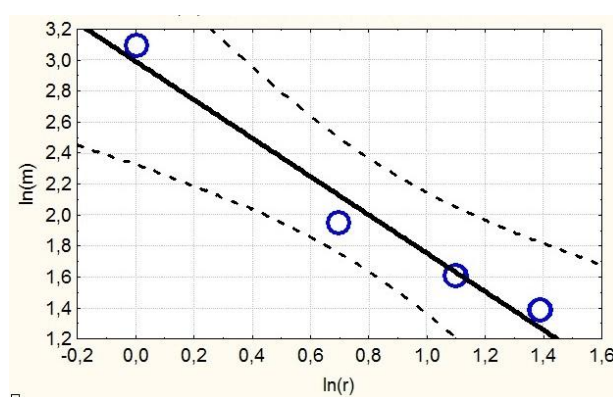


Рис. 3. График линейной зависимости (3)

выполнена линеаризация (2) и найдено решение в виде линейной функции (3)

$$\ln m(r) = 2.9926 - 1.239 \cdot \ln r. \quad (3)$$

Результаты регрессионного и корреляционного анализа линеаризованной функции (3) при установленном уровне значимости  $\alpha=0.05$  приведены в табл. 3 и на рис. 3 (точками обозначены исходные данные, сплошной линией – функция (3), штриховой линией – доверительный интервал уравнения регрессии).

Для практического применения ранговое представление определяется выражением (4):

$$m(r) = \frac{19.94}{r^{1.239}} \quad (4)$$

Полученное соотношение (4) показывает, что при тестировании обнаружена закономерность, которую принято называть законом Ципфа – Парето.

Установленный факт статистической значимости представления распределения сырых баллов смесью двух распределений дает возможность наблюдать два характерных участка сформированности информационных компетенций у респондентов. До порогового балла (константа  $C$ )

находится область «компетентностного минимума», которым в среднем владеют все студенты в пределах рассматриваемой совокупности. Область Парето характеризует поведение группы за границами «компетентностного порога». В этой области находятся респонденты, характеризующиеся выраженной положительной мотивацией к освоению элементов информационных компетенций, повышенной обучаемостью новым методам и способам деятельности в рамках данной научно-прикладной области («Информатика и программирование»), стремлением к достижению высокого уровня успешности.

Чем выше пороговый балл (параметр  $C$ ), тем больше среднестатистический групповой уровень сформированности компетенций. Параметр  $\alpha$  – обобщенная мера способности группы к усвоению компетенций. А в группе Парето эта способность к успешному освоению материала и проявлению формируемых элементов компетенций становится стратегически неоспоримой. Кроме того, параметр  $\gamma$  ранговой корреляции (2) респондентов, попавших в область Парето, характеризует потенциал группы в отношении

Результаты регрессионного анализа

№	Параметр	Значение
2	Константа $B$	19.94
3	Константа $\gamma$	1.239
4	Коэффициент множественной корреляции, $R$	0.983
5	Коэффициент детерминации, $R^2$	0.966
6	Расчетное значение уровня значимости	0.0169

профессиональной и мотивационной направленности процесса освоения компетенций.

#### Выводы

1. Путем статистического анализа подтверждено, что результаты квалиметрической оценки сформированности информационных компетенций по нормативно-ориентированному тесту могут быть представлены смесью двух распределений.

2. Разработана методика ранжирования оценки сформированности компетенций по информатике и программированию, приводящая к закону Ципфа – Парето.

3. Ранговое представление (4) является математической моделью качественной стороны результатов мониторинга инновационного содержания обучения и применимо для прогнозирования поведения групп студентов, попадающих в область «негауссовских» проявлений законов распределения, и коррекции образовательного процесса.

#### Список литературы

1. Звонников В.И., Челышкова М.Б. Оценка качества обучающихся в рамках требований ФГОС ВПО: создание фондов оценочных средств для аттестации студентов вузов при реализации компетентностно-ориентированных ООП ВПО нового поколения: Установочные организационно-методические материалы тематического семинарского цикла. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 30 с.

2. Фирстов В.Е., Иванов Р.А. Статистические закономерности и ранговые корреляции профессиональной направленности результатов ЕГЭ в Саратовской области (2009–2012 гг.) // Известия Саратовского ун-та. Нов. серия. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2013. Т. 13. Вып. 4. С. 106–115.

3. Гришин В.А., Вискарева А.Г., Косырева О.Н., Климова Н.А. К вопросу статистического оценивания результатов тестирования // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2008. Т. 15. Вып. 4. С. 663–664.

4. Гришин В.А., Вискарева А.Г. Формирование групповых оценок обученности на основе результатов тестирования // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2009. Т. 16. Вып. 5. С. 834.

### SOME FEATURES OF THE ASSESSMENT OF LEARNING OUTCOMES IN THE CONTROL OF INNOVATIVE LEARNING CONTENT BASED ON «NON-GAUSSIAN» DISTRIBUTION LAWS

V.A. Grishin, A.G. Viskareva

The article describes some features of control in monitoring the quality of competence-based learning. On the basis of the results of the statistical analysis by means of non-Gaussian distribution laws, groups of students with different manifestations of information competencies have been identified.

*Keywords:* competence, competence approach, testing, statistical analysis, Pareto-Zipf law.

#### References

1. Zvonnikov V.I., Chelyshkova M.B. Otsenka kachestva obuchaiushchikhsia v ramkakh trebovaniy FGOS VPO: sozdanie fondov otsenochnykh sredstv dlia attestatsii studentov vuzov pri realizatsii kompetentnostno-orientirovannykh OOP VPO novogo pokoleniia: Ustanovochnye organizatsionno-metodicheskie materialy tematicheskogo seminarского tsikla. M.: Issledovatel'skii tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov, 2010. 30 s.

2. Firstov V.E., Ivanov R.A. Statisticheskie zakonomernosti i rangovye korreliatsii professional'noi

napravlennosti rezul'tatov EGE v Saratovskoi oblasti (2009–2012 gg.) // Izvestiia Saratovskogo un-ta. Nov. seriia. Ser. Filosofii. Psikhologii. Pedagogika. 2013. T. 13. Vyp. 4. S. 106–115.

3. Grishin V.A., Viskareva A.G., Kosyreva O.N., Klimova N.A. K voprosu statisticheskogo otsenivaniia rezul'tatov testirovaniia // Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki. 2008. T. 15. Vyp. 4. S. 663–664.

4. Grishin V.A., Viskareva A.G. Formirovanie gruppovykh otsenok obuchennosti na osnove rezul'tatov testirovaniia // Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki. 2009. T. 16. Vyp. 5. S. 834.