

УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА СПОРТУ

УДК 658.562.42

БАКАНОВА А. Ф.¹, ЕГОРОВ А. Б.², ЗАХВАТОВА Т. Е.², НЕКРАСОВА К. В.²¹Харьковский национальный аэрокосмический университет «ХАИ»²Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Оценивание параметров качества тестового контроля профессиональных компетенций персонала

Аннотация. *Цель:* разработать метод оценивания достоверности контроля функциональных компетенций персонала при ограниченной тестовой выборке. **Материал и методы:** методы статистического контроля, выборочного контроля по альтернативному признаку. **Результаты:** определены зависимости достоверности выборочного контроля от размеров выборки и генеральной совокупности тестовых вопросов, плана контроля, методической погрешности формирования выборки с заданной вероятностью. **Выводы:** предложен метод выбора плана тестирования, который позволяет правильно (с заданной вероятностью) выбрать критерий принятия решения при реализации процесса контроля профессиональных компетенций персонала с ограниченной тестовой выборкой.

Ключевые слова: альтернативный признак, тестирование, достоверность контроля, приемочное число, уровень качества.

Введение. Любой вид деятельности будет успешным, если им занимаются профессионалы высокого уровня, обладающие необходимыми компетенциями в своей области. В физической культуре и спорте (особенно профессиональном) требования к квалификации тренеров, арбитров не только очень жесткие (эта деятельность напрямую связана еще и со здоровьем человека), но и непрерывно растущие. Повышение квалификации здесь непереносимый атрибут. В современном мире все чаще используются компьютерные методы тестирования (оценивания компетенции). Особенно быстро это распространяется при обучении студентов в рамках кредитно-модульной системы, школьников. Причем не только при оценивании знаний в точных науках, но и при выставлении оценок по физической культуре [1; 2].

При контроле (оценивании, тестировании) профессиональных компетенций персонала путем тестирования или проведения экзамена невозможно проверить все возможные (требуемые) компетенции. Реально сотруднику (экзаменуемому) предлагается ответить на ограниченное количество (выборку) вопросов из всего массива (тестовой программы), полностью определяющего требуемую компетенцию. При этом возникает статистическая задача определения достоверности результата тестирования: принятого решения о соответствии или несоответствии компетенции экзаменуемого в условиях ограниченной тестовой выборки и реально полученного результата – доле правильных ответов (решений) из общего числа предложенных в выборке.

Такая задача возникает и при проверке знаний персонала о технике безопасности, выявлении реальной компетенции кандидата на рабочее место, оценке результатов повышения квалификации, оценивании знаний студентов и школьников и так далее [3].

Контроль – обязательный процесс любой системы менеджмента качества [4]. Стабильность качества любого процесса в значительной мере определяется выбранным методом (способом) реализации его управления: контроля параметров, критериев и достоверности принятия правильных решений.

Определение уровня достоверности при контроле качества технических изделий не является проблемной задачей и регламентируется нормативными документами [5]. В случае оценивания такого субъективного показателя, как знания (компетенции), прямое применение стандартизованных методов контроля (тестирования) невозможно. Невозможно определить закон распределения случайной величины, невозможно однозначно (одинаковым способом в пределах массива) определить источник случайной величины. Всегда не определены возможные значения и распределение методической погрешности составления вопросов (заданий) и другое [6].

Связь исследования с научными программами, планами, темами. Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательских работ Харьковского национального университета радиоэлектроники, в частности по теме «Методы, модели и информационные технологии развития социально-экономической образовательной сети с целью интеграции в европейское пространство».

Цель исследования: разработка и совершенствование методов оценивания достоверности процесса контроля (оценивания) функциональных компетенций персонала путем тестирования или проведения экзамена при ограниченной тестовой выборке.

Задачи исследования. В качестве общего показателя достоверности контроля часто используется вероятность принятия правильного решения по результатам контроля (теста). При выборе количественной меры достоверности тестирования, которое может быть выполнено различными способами, необходимо руководствоваться следующими соображениями. Достоверность тестирования должна функционально зависеть от объема и точности измерения (оценки) параметров, легко вычисляться и позволять достаточно просто решать обратную задачу – определять объем тестовой выборки и уровень качества контроля по заданной его достоверности.

В этом смысле возникает необходимость ответить на следующие вопросы:

- каков минимальный объем тестовой выборки при заданном уровне достоверности?
- каково приемочное число вопросов (заданий) для тестовой выборки (количество отрицательных

dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-3.002

© БАКАНОВА А. Ф., ЕГОРОВ А. Б., ЗАХВАТОВА Т. Е., НЕКРАСОВА К. В., 2015



ответов), позволяющее с достаточной долей уверенности принимать решение об отрицательном или положительном итоге тестирования.

Материал и методы исследования. В процессе исследований использовались общенаучные методы анализа, синтеза, сравнения, статистической обработки информации. Методы статистического контроля, процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку позволили усовершенствовать метод оценивания достоверности тестирования знаний (профессиональных компетенций) при выборочном контроле. Компьютерная обработка данных проводилась с использованием пакета Excel и Turbo Basic.

Результаты исследования и их обсуждение. Особенности статистического массива тестовых экзаменационных вопросов. Поскольку качество решений при контроле (тестировании) оценивается вероятностями ошибок, то достоверность тестирования можно определить в следующем виде:

$$D=1-\alpha-\beta, \quad (1)$$

где α , β – ошибки 1 и 2 рода.

Риск сотрудника («поставщика») α : заведомо достаточный уровень компетенции экзаменуемого ошибочно признаются за недостаточный.

Риск работодателя («потребителя») β : недостаточный уровень компетенции сотрудника ошибочно принимаются за достаточный.

Если отбросить личные характеристики экзаменуемых и представить их как носителей компетенций (знаний, умений и навыков), то при оценивании качества тестирования можно применить методы статистического выборочного контроля по альтернативному признаку.

Обозначим следующие параметры:

- общее количество вопросов в тестовой программе (размер генеральной совокупности) – N ;
- количество вопросов, составляющих тест (объем тестовой выборки), – n ;
- количество вопросов из множества N , не получивших правильного ответа (количество брака в генеральной совокупности), – M ;
- доля вопросов из множества размером N , не получивших правильного ответа (доля брака в генеральной совокупности), – q , $q=M/N$;
- максимальное число вопросов в тестовой выборке, не получивших правильного ответа, являющееся критерием для принятия решения о положительном или отрицательном результате (приемочное число), – A_c .

План контроля – совокупность требований и правил, которые следует соблюдать при принятии решения о прохождении теста. Вид плана для выборочного контроля по альтернативному признаку однозначно определяется как (N, n, A_c) [7]. ДСТУ ISO 2859-1-2001 «Плани вибіркового контролю, визначені прийнятним рівнем якості для послідовного контролю партій» в данном случае не позволяет выбрать план контроля. Существенными доводами этого являются следующие:

- возможно относительно небольшой размер генеральной совокупности;
- возможно большой (относительно генеральной совокупности) объем тестовой выборки и случайность его размера;
- в отличие от входного контроля технической

продукции, где риск поставщика α и риск потребителя β задаются непосредственно из экономических показателей и часто нормированы, при контроле знаний (компетенций) значения α и β с финансовыми затратами связаны косвенно, и, по сути, требуют определения.

Таким образом, целью исследования является определение плана тестового выборочного контроля знаний (компетенций) сотрудников в области физического воспитания и спорта, при котором вероятность ошибки принятия неправильного решения ($\alpha+\beta$) будет маловероятной.

Определение плана входного контроля. Для любого плана входного контроля справедливы уравнения для оценки вероятности принятия правильного решения о положительном прохождении теста и отрицательном соответственно [6]:

$$\begin{aligned} P(q_0) &\geq 1-\alpha \\ P(q_m) &< 1-\beta, \end{aligned} \quad (2)$$

где q_0 , q_m – приемочный и браковочный уровни качества соответственно.

Тогда ошибка 1-го рода – это отрицательное решение по результатам тестирования сотрудника с уровнем качества $q < q_0$ (достаточным). Ошибка 2-го рода – положительное решение при уровне качества $q > q_m$ (недостаточным).

Вероятность того, что количество отрицательных ответов m в тестовой выборке не превышает приемочное число A_c , равна:

$$P(q) = P_0 + P_1 + \dots + P_{A_c} = \sum_{m=0}^{A_c} P_m \quad (3)$$

Вероятность того, что в выборке объемом n , взятой из генеральной совокупности объемом N , окажется ровно m отрицательных ответов, находится из уравнения для гипергеометрического распределения:

$$P_m = \frac{C_M^m C_{N-M}^{n-m}}{C_N^n} \quad (4)$$

где $C_M^m = \frac{M!}{m!(M-m)!}$ – число сочетаний из M по m (остальные сочетания вычисляются аналогично).

Следовательно, уравнения для плана контроля имеют вид:

$$1-\alpha = \sum_{m=0}^{A_c} \frac{C_{M_0}^m C_{N-M_0}^{n-m}}{C_N^n} \quad (5)$$

$$\beta = \sum_{m=0}^{A_c} \frac{C_{M_m}^m C_{N-M_m}^{n-m}}{C_N^n} \quad (6)$$

где $M_0 = N \cdot q_0$, $M_m = N \cdot q_m$.

Определение достоверности результатов выборочного контроля. Для определения вероятности принятия правильного решения необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить минимальный объем тестовой выборки;
- 2) определить приемлемый уровень качества q_m ;
- 3) определить приемочное число A_c ;
- 4) определить зависимость достоверности тестирования от значения приемочного числа A_c для различных размеров тестовой выборки n ;
- 5) определить максимально возможное значение достоверности результатов тестирования для вы-

бранных значений уровня качества и приемочного числа.

Количество брака в генеральной совокупности – математическим ожидание доли отрицательных ответов в выборке $M\left(\frac{m}{n}\right)$.

Поэтому правило принятия решения для тестовой выборки должно было бы формулироваться следующим образом:

при $M\left(\frac{m}{n}\right) \geq q_m$ принимается отрицательное решение (тест не сдан);

при $M\left(\frac{m}{n}\right) < q_m$ тест сдан.

Однако определить $M\left(\frac{m}{n}\right)$ невозможно. Можно установить лишь долю отрицательных ответов $\frac{m'}{n'}$ в конкретной выборке объемом n' . Она отличается от $M\left(\frac{m}{n}\right)$ на величину $e \leq t \frac{m}{n}$ с некоторой доверительной вероятностью [6]. Рекомендуется задавать значение $P_{\bar{a}}=0,9$. Т. о., рекомендуемый объем выборки n' обеспечит выборочную ошибку ε меньше либо равной заданной с доверительной вероятностью 0,9.

Реальный объем выборки n равен количеству вопросов в тесте.

Если $n \geq n'$, то задается такое значение приемочного числа A_c , при котором значение достоверности D для данного объема выборки n принимает максимальное значение.

В результате тестирования определяется количество отрицательных ответов m . Если $m \leq A_c$, то принимается решение о том, что тест пройден с доверительной вероятностью $P_{\bar{a}}=0,9$ и достоверностью $D=D(n)_{max}$. В противном случае принимается решение об отрицательном итоге тестирования с доверительной вероятностью $P_{\bar{a}}=0,9$ и достоверностью $D=D(n)_{max}$.

Если $n \leq n'$, то рассчитывается доверительная вероятность положительного или отрицательного решения $P_{\bar{a}}$. При низком значении $P_{\bar{a}}$ следует увеличить размер тестовой выборки n до n' .

Нормативное значение достоверности контроля D_i рекомендуется задавать равным 0,8. Если $D(n)_{max} \leq D_i$, то принятое решение по результатам тестирования будет недостоверным и следует увеличить объем выборки n . При $D(n)_{max} \leq D_i$ значение приемочного числа A_c задается аналогично, как и для случая с $n \geq n'$.

Если правило принятия решения заменить на практически реализуемое, то при $\frac{m}{n} \geq q_i$ требуется принимать отрицательное решение, при $\frac{m}{n} < q_i$ – положительное. И это будет справедливо с вероятностью, соответствующей:

$$t = \frac{\varepsilon}{\frac{\sigma_m}{n}} \quad (7)$$

Если значение этой вероятности задана (например, $P_{\bar{a}}=0,9$) и установлена точность, с которой допускается замена $M\left(\frac{m}{n}\right)$ на $\frac{m}{n}$ (по умолчанию $\varepsilon=0,1$), то из последнего выражения можно найти необходимый объем выборки тестовой n .

Дисперсия возможной доли брака в генеральной совокупности соответствует:

$$D\left(\frac{m}{n}\right) = \frac{1}{n^2} D(m) = \frac{q(1-q)}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}. \quad (8)$$

Отсюда необходимый объем выборки находится из условия [5; 7]:

$$\varepsilon = t \sqrt{\frac{q(1-q) \cdot (N-n)}{n(N-1)}}. \quad (9)$$

И будет равным:

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + (N-1)} \quad (10)$$

$$\text{где } n_0 = \frac{t^2 q(1-q)}{e^2}.$$

Моделирование возможных ситуаций при выборочном тестировании. Если доля признака q в генеральной совокупности заранее неизвестна, для определения объема выборки следует задать $q=0,5$, чтобы исключить недооценку объема выборки, т. к. тогда достигается максимальное значение числителя.

На рис. 1 смоделированы варианты ситуаций по учебной дисциплине «Средства и способы диагностирования различных систем организма» для количества вопросов в тестовой программе $N=30$. Ком-

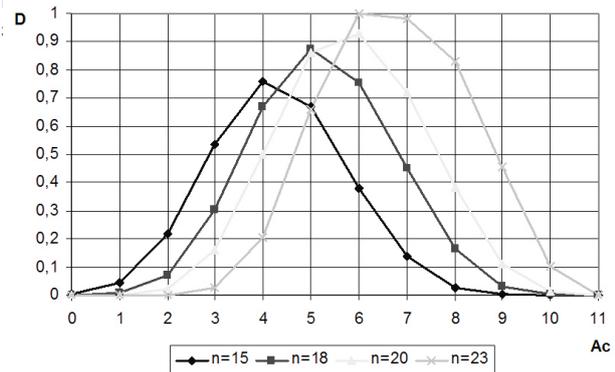


Рис. 1. Зависимость достоверности выборочного тестирования от приемочного числа для различных размеров выборки

На рис. 1 приведены рассчитанные зависимости $D(A_c)$ для различных n – размеров тестовой выборки при условии, что предельная ошибка выборки $\varepsilon \leq 0,1$ с доверительной вероятностью $P_{\bar{a}}=0,9$.

Например, достоверность (правильность) принятия решений при объеме тестовой выборки $n=20$ и приемочном числе $A_c=6$ составит $D=0,92$ – максимальное значение $D(A_c)$ для кривой $n=20$.

Выводы: Разработанный метод позволяет правильно (с заданной вероятностью) выбрать критерий принятия решения при реализации процесса тестирования профессиональных компетенций тренеров, арбитров, студентов физкультурных вузов с ограниченной тестовой выборкой. Данный метод оценки достоверности тестового контроля является достаточно гибким и открытым к адаптации под новые условия. Метод может быть использован как для компьютерной оценки знаний (компетенций), так и при реализации обычных очных экзаменов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с определением свойств и параметров тестов в целом и их отдельных составляющих (трудность и прозрачность заданий, границы абсолютной компе-

тенции, время тестирования, доля остаточных знаний и другое) для определения их влияния на достоверность реализации предлагаемых критериев принятия решения.

Список использованной литературы:

1. Філенко Л. В. Алгоритмічні основи створення комп'ютерної програми аналізу оцінок з фізичної культури учнів 5–11 класів [Текст] / Л. В. Філенко, Г. С. Полторацька, А. С. Садовий // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків. – 2014. – № 3. – С. 110–115.
2. Ашанин В. С. Технология разработки компьютерного тестирования знаний студентов в условиях кредитно-модульной системы / В. С. Ашанин, Н. С. Нестеренко // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. научн. тр. / под ред. проф. С. С. Ермакова. – Харьков : ХГАДИ (ХХПИ) 2008. – № 2. – С. 84–90.
3. Стригунова М. М. Удосконалення нормативної бази оцінювання якості освітніх послуг ВНЗ України : автореферат дис. канд. техн. наук : 05.01.02 / М. М. Стригунова. – Севастополь., 2008. – 24 с.
4. Системы менеджмента качества. Требования : ДСТУ ИСО 9001-2008. – [Чинний з 2008-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с.
5. Иванов Ю. П. Контроль и диагностика измерительно-вычислительных комплексов [Текст] / Ю. П. Иванов. – СПб. : СПбГУАП, 2004. – 98 с.
6. Малышкина Е. С. Определение достоверности входного тестирования знаний, умений и навыков студентов [Текст] / Е. С. Малышкина // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ – 2009»: Материалы 5-ой междунар. молодежной науч.-техн. конф. – Севастополь : СевНТУ, 2009. – С. 309.
7. Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 1. Плани вибіркового контролю, визначені прийнятним рівнем якості для послідовного контролю партій : ДСТУ ISO 2859-1-2001. – [Чинний з 2001-05-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2001. – 43 с.
8. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека пользователя / Р. Вадзинский. – СПб. : Питер, 2008. – 608 с.
9. Левин Д. М. Статистика для менеджеров с использованием Microsoft Excel / Д. М. Левин, Д. Стефан, Т. С. Кребель, М. Л. Беренсон. – Вильямс, 2004. – 1312 с.

Стаття надійшла до редакції: 13.02.2015 р.

Опубліковано: 30.04.2015 р.

Анотація. Баканова О. Ф., Єгоров А. Б., Захватова Т. Є., Некрасова К. В. **Оцінювання параметрів якості тестового контролю професійних компетенцій персоналу.** **Мета:** розробити метод оцінювання достовірності контролю при обмеженні тестової вибірки. **Матеріал і методи:** методи статистичного контролю, вибіркового контролю за альтернативною ознакою. **Результати:** визначено залежності достовірності вибіркового контролю від розмірів вибірки, плану контролю, методичної похибки. **Висновки:** запропоновано метод встановлення плану контролю, який дозволяє із заданою імовірністю обрати критерій прийняття рішення щодо відповідності професійної компетенції персоналу при тестуванні з обмеженою вибіркою.

Ключові слова: альтернативна ознака, тестування достовірність контролю, прийнятне число, рівень якості.

Abstract. Bakanova O., Yegorov A., Zakhvatova T., Nekrasova K. **Estimation of the parameters of quality control test of professional competence of staff.** **Purpose:** to develop a method for estimating the reliability of the control of functional competencies of staff with limited test sample. **Material and Methods:** statistical process control, sampling by attributes. **Results:** the dependence of the reliability of the sampling of the sample size and the population of test questions, the control plan, methodical error sampling with a given probability. **Conclusions:** the proposed method of selecting control plan that allows correct (with a given probability) decision criterion to choose the implementation of process control professional competencies of staff with limited test sample.

Keywords: alternative features, reliability control, the acceptance number, level of quality.

References:

1. Filenko L. V., Poltoratska G. S., Sadoviy A. S. Slobozhans'kij nauk.-sport. visn. [Slobozhanskyi science and sport bulletin], Kharkiv, 2014, vol. 3, pp. 110–115. (ukr)
2. Ashanin V. S., Nesterenko N. S. Fizicheskoye vospitaniye studentov tvorcheskikh spetsialnostey [Physical training of students of creative disciplines], Kharkov, 2008, vol. 2, pp. 84–90. (rus)
3. Strigunova M. M. Udokonalennya normativnoi bazi otsinyuvannya yakosti osvithnikh poslug vnz Ukraini : avtoreferat dis. kand. tekh. nauk [Improving the regulatory evaluation of the quality of education high school Ukraine : PhD thesis], Sevastopol., 2008, 24 p. (ukr)
4. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya : DSTU ISO 9001-2008, [Quality management system. Demands], Kyiv, 2008, 38 p. (rus)
5. Ivanov Yu. P. Kontrol i diagnostika izmeritelno-vychislitelnykh kompleksov [Monitoring and diagnostics measuring and computing systems], Saint Petersburg, 2004, 98 p. (rus)
6. Malysheva Ye. S. Sovremennyye problemy radiotekhniki i telekommunikatsiy «RT – 2009» [Modern Problems of Radio Engineering and Telecommunications "RT – 2009"], Sevastopol, 2009, p. 309. (rus)
7. Statistichniy kontrol. Vibirkoviy kontrol za alternativnoyiu oznakoyu. Chastina 1. Plani vibirkovogo kontrolyu, viznacheni priymalnim rivnem yakosti dlya poslidovnogo kontrolyu partiy : DSTU ISO 2859-1-2001, [Statistical control. Selective control of alternative characters. Part sampling plan by admission to a consistent level of quality control parties], Kyiv, 2001, 43 p. (ukr)
8. Vadzinskiy R. Statisticheskiye vychisleniya v srede Excel. Biblioteka polzovatelya [Statistical calculations among Excel. User library], Saint Petersburg, 2008, 608 p. (rus)
9. Levin D. M., Stefan D., Krebil T. S., Berenson M. L. Statistika dlya menedzherov s ispolzovaniyem Microsoft Excel [Statistics for Managers Using Microsoft Excel], Vilyams, 2004, 1312 p. (rus)

Received: 13.02.2015.

Published: 30.04.2015.



Баканова Олександра Феліксівна: к. фіз. вих., доцент; Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ»: вул. Чкалова, 17, Харків, 61000, Україна.

Баканова Александра Феликсовна: к. физ. восп., доцент; Харьковский национальный аэрокосмический университет «ХАИ»: ул. Чкалова, 17, Харьков, 61000, Украина.

Oleksandra Bakanova: PhD (Physical Education and Sport), Associate Professor; National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute": Chkalova str., 17, Kharkiv, 61070, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0003-0635-4806

E-mail: alextenn@ukr.net

Егоров Андрей Борисович: к. т. н., профессор; Харьковский национальный университет радиоэлектроники: пр. Ленина, 14, Харьков, 61164, Украина.

Егоров Андрій Борисович: к. т. н., професор; Харківський національний університет радіоелектроніки: пр. Леніна, 14, Харків, 61164, Україна.

Andriy Yegorov: PhD (Technical), Professor; Kharkiv National University of Radio Electronics: Lenin Ave. 14, Kharkiv, 61164, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0002-8528-6428

E-mail: yegorov@kture.kharkov.ua

Захватова Тетяна Євгенівна: Харківський національний університет радіоелектроніки: пр. Леніна, 14, Харків, 61164, Україна.

Захватова Татьяна Евгеньевна: Харьковский национальный университет радиоэлектроники: пр. Ленина, 14, Харьков, 61164, Украина.

Tetiana Zakhvatova: Kharkiv National University of Radio Electronics: Lenin Ave, 14, Kharkiv, 61164, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0003-4236-8631

E-mail: Tanya_virta@mail.ru

Некрасова Клавдия Валерьевна: Харьковский национальный университет радиоэлектроники: пр. Ленина 14, Харьков, 61164, Украина.

Некрасова Клавдія Валеріївна: Харківський національний університет радіоелектроніки: пр. Леніна 14, Харків, 61164, Україна.

Klavdiia Nekrasova: Kharkiv National University of Radio Electronics: Lenin Ave. 14, Kharkiv, 61164, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0003-1164-4592

E-mail: klava_137_7@mail.ru

Бібліографічний опис статті:

Оценивание параметров качества тестового контроля профессиональных компетенций персонала / [Баканова А. Ф., Егоров А. Б., Захватова Т. Е., Некрасова К. В.] // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків : ХДАФК, 2015. – № 3(47). – С. 13–17. – dx.doi.org/10.15391/snsv.2015-3.002

