



УДК 378.14:004.02

МЕТОД АНАЛИЗА ЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ДЕШИФРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТА УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЕТЕНЦИЙ

В.И. Фрейман^а

^а Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, 614990, Российская Федерация
Адрес для переписки: vfrey@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 07.05.15, принята к печати 06.10.15

doi:10.17586/2226-1494-2015-15-6-1169-1176

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Фрейман В.И. Метод анализа логических условий для дешифрации результатов диагностического теста уровня освоения элементов компетенций // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 6. С. 1169–1176.

Аннотация

Постановка задачи. Проанализированы особенности представления результатов обучения по компетентностно-ориентированным образовательным программам. Показана важность решения задач дешифрации и оценивания уровня освоения элементов и компонентов дисциплинарных частей компетенций. Сформулированы цель и основные задачи работы. **Методы исследования.** В работе использованы методы математической логики, аппарат булевой алгебры, а также параметрический анализ результатов реализации сложного диагностического теста, контролирующего уровень освоения нескольких элементов дисциплинарных компетенций. **Результаты.** Разработан метод анализа логических условий, который позволит сформулировать условия для определения уровня освоения каждого из проверяемых сложным диагностическим тестом элемента дисциплинарной компетенции. Нормализованный результат теста разбит на непересекающиеся зоны, для каждой из которых сформулировано логическое условие об уровне освоения контролируемых элементов. Введены обобщенные характеристики для зон, представляющих результат теста. Приведен пример формирования логических условий для диагностического теста с заданными характеристиками. **Практическая значимость.** Предлагаемый метод анализа логических условий использован в алгоритме дешифрации результатов тестового диагностирования уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций. Он позволит автоматизировать процедуру поиска элементов с недостаточным уровнем освоения, а также может быть использован для оценивания результатов изучения дисциплины или раздела компетентностно-ориентированной образовательной программы.

Ключевые слова

элемент дисциплинарной компетенции, результат обучения, тестовое диагностирование, уровень освоения, логическое условие, алгоритм дешифрации.

LOGICAL CONDITIONS ANALYSIS METHOD FOR DIAGNOSTIC TEST RESULTS DECODING APPLIED TO COMPETENCE ELEMENTS PROFICIENCY

V. I. Freyman^а

^а Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation

Corresponding author: vfrey@mail.ru

Article info

Received 07.05.15, accepted 06.10.15

doi:10.17586/2226-1494-2015-15-6-1169-1176

Article in Russian

For citation: Freyman V. I. Logical conditions analysis method for diagnostic test results decoding applied to competence elements proficiency. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2015, vol. 15, no. 6, pp. 1169–1176.

Abstract

Subject of Research. Representation features of education results for competence-based educational programs are analyzed. Solution importance of decoding and proficiency estimation for elements and components of discipline parts of competences is shown. The purpose and objectives of research are formulated. **Methods.** The paper deals with methods of mathematical logic, Boolean algebra, and parametrical analysis of complex diagnostic test results, that controls proficiency of some discipline competence elements. **Results.** The method of logical conditions analysis is created. It will give the possibility to formulate logical conditions for proficiency determination of each discipline competence element, controlled by complex diagnostic test. Normalized test result is divided into noncrossing zones; a logical condition about controlled elements proficiency is formulated for each of them. Summarized characteristics for test result zones are imposed. An example of logical conditions forming for diagnostic test with preset features is provided. **Practical Relevance.** The proposed method of

logical conditions analysis is applied in the decoding algorithm of proficiency test diagnosis for discipline competence elements. It will give the possibility to automate the search procedure for elements with insufficient proficiency, and is also usable for estimation of education results of a discipline or a component of competence-based educational program.

Keywords

discipline competence element, education result, test diagnosis, proficiency, logical condition, decoding algorithm.

Введение

Образовательные программы, построенные в соответствии с требованиями Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО и их модификации – ФГОС ВО), являются компетентностно-ориентированными [1]. Это означает, что в результате их реализации у выпускника должен быть сформирован набор компетенций, который и должен являться предметом оценивания вузом и работодателем [2, 3]. Дисциплины и разделы образовательной программы выполняют функции формирования и контроля частей компетенций (дисциплинарных компетенций – ДК). Для эффективности и управляемости указанных процедур компетенция задается на уровне компонентов «знание», «умение», «владение» (ЗУВ), а те, в свою очередь, детализируются до уровня элементов (ЭДК), в которых указывается конкретный объект или действие над объектом [4] (например, «Знать способы расчета параметров и оценки вероятностных характеристик помехоустойчивых кодов», «Уметь реализовать алгоритмы кодирования и декодирования избыточных кодов в предложенном аппаратно-программном базисе», «Владеть навыками синтеза и исследования кодирующих и декодирующих устройств в заданной среде проектирования и моделирования» и т.п.).

Инженерное образование требует применения самых современных и инновационных подходов и технологий [5]. Международный и российский опыт модернизации системы высшего образования признает важность проблемы контроля и оценивания промежуточных и итоговых результатов обучения для эффективного управления качеством образования [6–9]. Для этого привлекаются различные средства и технологии: многоуровневое и адаптивное тестирование, case-технологии, метод проектов, дистанционные образовательные технологии, портфолио и т.д. [10–16].

В дисциплине (разделе) образовательной программы необходимо предусмотреть взаимосвязанные способы формирования и средства контроля ЭДК. Это является достаточно новой, слабоформализуемой и потому актуальной проблемой системы высшего образования. Для ее решения предлагается использовать аппарат и методы технических наук, которые должны быть адаптированы к особенностям выбранных объекта (компетенция) и субъекта (студент) контроля и оценивания [17–22].

На основании результатов оценивания ЭДК определяется степень освоения вышележащих уровней (компонентов, дисциплинарных компетенций, компетенций), например, с использованием аддитивного интегро-дифференциального критерия [23, 24]. Таким образом, от точности результатов оценивания ЭДК зависит точность принятия решения по всем результатам реализации образовательной программы. Исходя из этого, важной проблемой является разработка процедуры дешифрации и оценивания результатов тестового диагностирования уровня освоения ЭДК. Предлагаемая работа является продолжением решения задач, поставленных в работе [4], которая посвящена анализу и количественной оценке результатов процедуры тестового диагностирования уровня освоения компетенций и их составляющих.

Целью настоящей работы является разработка метода дешифрации результатов реализации диагностического теста уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций, построенного с использованием аппарата математической логики и булевой алгебры.

Основные положения метода анализа логических условий

В данном разделе предлагается разработанный авторами метод анализа логических условий. Он позволяет сформулировать условия для определения уровня освоения каждого из подмножества ЭДК, проверяемых одним сложным диагностическим тестом:

1. все освоены;
2. все не освоены;
3. требуется уточнение другими тестами или повторным тестированием.

Результат позволяет определить по двухуровневой шкале, освоены все ЭДК из подмножества, контролируемых данным тестом (вариант 1) или все они не освоены (вариант 2). Если имеет место результат, не дающий возможность сделать точный вывод, то вывод об освоении или неосвоении элемента не производится, и возникает состояние неопределенности принятия решения (вариант 3). Для снятия неопределенности возможны повторная реализация того же теста (передача) или совместный анализ логического условия для данного теста с логическими условиями результатов остальных тестов, реализуемых в рамках дисциплины (модуля, раздела) и контролирующей заданную совокупность ЭДК. После совместного анализа для каждого элемента будет принято решение, освоен он или нет. Метод основан на использовании аппарата математической логики и результатах параметрического анализа, выполненных в работе [4].

Воспользуемся приведенной на рисунке [4] графической иллюстрацией зон точного принятия решения (S^- и S^+) и зоны результатов, нуждающихся в уточнении (S^*). Для одного сложного теста опреде-

лим логические условия, связанные со значениями (достаточный или недостаточный уровень освоения) контролируемых им ЭДК в зависимости от попадания результата теста в одну из указанных зон на рисунке. Предварительно введем следующие обозначения.

Обозначим контролируемые элементы через \mathcal{E}_k ($k \in [1; h]$, где h – количество контролируемых тестом ЭДК), соответственно запись « \mathcal{E}_k » означает, что элемент \mathcal{E}_k освоен (прямая форма записи), а запись « $\bar{\mathcal{E}}_k$ » – элемент \mathcal{E}_k не освоен (инверсная форма записи). Тогда при попадании нормированного результата теста в зону S^- (ни один из h контролируемых тестом ЭДК не освоен) формулируется следующее логическое условие:

$$S^- = \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_2 \cdot \dots \cdot \bar{\mathcal{E}}_k \cdot \dots \cdot \bar{\mathcal{E}}_{h-1} \cdot \bar{\mathcal{E}}_h = \prod_{k=1}^h \bar{\mathcal{E}}_k. \quad (1)$$

Аналогично при попадании нормированного результата теста в зону S^+ (все h , контролируемых тестом ЭДК, освоены) формулируется следующее логическое условие:

$$S^+ = \mathcal{E}_1 \cdot \mathcal{E}_2 \cdot \dots \cdot \mathcal{E}_k \cdot \dots \cdot \mathcal{E}_{h-1} \cdot \mathcal{E}_h = \prod_{k=1}^h \mathcal{E}_k. \quad (2)$$

Для определения логических условий для зоны S^* (требуется уточнить уровень освоения контролируемых тестом ЭДК дополнительными тестами поиска) необходимо предварительно декомпозировать ее на фрагменты (участки). Рассмотрим декомпозицию множества S^* на два подмножества, располагающиеся на рисунке по разные стороны относительно порогового значения $O_{\text{пор}}$:

1. $S^{*-} = \{S_{h,h-1}; S_{h,h-1,h-2}; \dots; S_{h,h-1,h-2,\dots,1}\}$, где индекс «*-» означает, что рассматривается диапазон $[0; O_{\text{пор}}]$;
2. $S^{*+} = \{S_{0,1}; S_{0,1,2}; \dots; S_{0,1,2,\dots,h-1}\}$, где индекс «*+» означает, что рассматривается диапазон $[O_{\text{пор}}; 1]$.

Индексы участков показывают, при каком количестве неосвоенных ЭДК (нЭДК) нормированный результат реализации теста принадлежит диапазону данного участка.

Уточним условия для перечисленных участков зоны S^{*-} (перечисление от минимальной оценки $O_{\text{min}}(h)$ слева направо, см. рисунок; индексы, обозначающие количество нЭДК, располагаются в порядке убывания):

- $S_{h,h-1}$: количество нЭДК равно h или $(h-1)$, так как результат теста $O \in [O_{\text{min}}(h-1); O_{\text{min}}(h-2)]$;
- $S_{h,h-1,h-2}$: количество нЭДК равно h или $(h-1)$ или $(h-2)$, так как результат теста $O \in [O_{\text{min}}(h-2); O_{\text{min}}(h-3)]$;
- ...
- $S_{h,h-1,h-2,\dots,1}$: количество нЭДК равно h или $(h-1)$ или $(h-2)$ или ... или 1 , так как результат теста $O \in [O_{\text{min}}(1); O_{\text{min}}(0)]$.

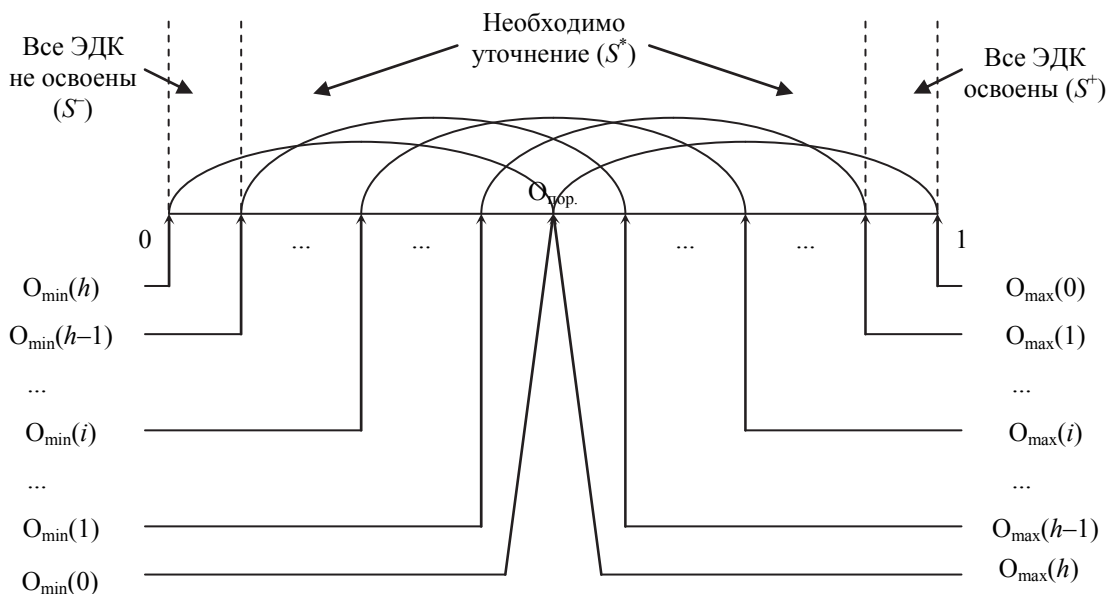


Рисунок. Графическая иллюстрация анализа результатов тестирования для h и $O_{\text{пор}}$, а также минимальной $O_{\text{min}}(i)$ и максимальной $O_{\text{max}}(i)$ оценок для заданного значения неосвоенных ЭДК $i \in [0; h]$

Уточним условия для перечисленных участков зоны S^{*+} (перечисление от максимальной оценки $O_{\text{max}}(0)$ справа налево, см. рисунок; индексы, обозначающие количество нЭДК, располагаются в порядке возрастания):

- $S_{0,1}$: количество нЭДК равно 0 или 1, так как результат теста $O \in (O_{\max}(2); O_{\max}(1)]$;
- $S_{0,1,2}$: количество нЭДК равно 0 или 1 или 2, так как результат теста $O \in (O_{\max}(3); O_{\max}(2)]$;
- ...
- $S_{0,1,2,\dots,h-1}$: количество нЭДК равно 0 или 1 или 2 или ... или $(h-1)$, так как результат теста $O \in (O_{\max}(h); O_{\max}(h-1)]$.

Определим мощность полного множества вариантов $|S|$ и мощность составляющих его подмножеств $|S^{*-}|$ и $|S^{*+}|$ для сложного теста, контролирующего h ЭДК:

$$\begin{aligned} |S| &= 2 \cdot h = |S^-| + |S^+| + |S^*| = |S^-| + |S^+| + |S^{*-}| + |S^{*+}|; \\ |S^-| &= 1; |S^+| = 1; |S^*| = |S^{*-}| + |S^{*+}|; |S^{*-}| = |S^{*+}| = h-1; |S^*| = 2 \cdot (h-1); \\ |S| &= 1 + 1 + 2 \cdot (h-1) = 2 \cdot h. \end{aligned} \tag{3}$$

Теперь можно записать логические условия для составляющих подмножеств S^{*-} и S^{*+} , каждая из которых представляет собой подмножество подозреваемых на недостаточный уровень освоения ЭДК.

Задание логических условий для подмножеств результатов дешифрации

В подмножестве S^{*-} для зоны $S_{h,h-1}$, при попадании результата теста в которую делается вывод о том, что не освоены либо h ЭДК, либо $(h-1)$ ЭДК, формулируется следующее логическое условие:

$$S_{h,h-1} = \prod_{k=1}^h \bar{\Theta}_k + \sum_{j=1}^h \left[\Theta_j \cdot \prod_{\substack{k=1, \\ k \neq j}}^h \bar{\Theta}_k \right].$$

В сформулированном логическом условии каждый терм показывает вариант распределения освоенных и неосвоенных ЭДК в зависимости от расположения на рисунке рассматриваемого участка (индексов подмножества S^{*-}). В результате минимизации логической функции получается следующий результат:

$$S_{h,h-1} = \sum_{j=1}^h \prod_{\substack{k=1, \\ k \neq j}}^h \bar{\Theta}_k.$$

Проанализировав все варианты подмножества S^{*-} , можно сделать вывод, что логическое условие для произвольного значения i $S_{h,\dots,i}$ ($i \in [1; h-1]$) записывается как дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ). Термы ДНФ представляют конъюнкцию из i неосвоенных элементов, каждый из которых обозначается инверсной формой записи ($\bar{\Theta}_k$). Число сочетаний (термов) определяется в соответствии законами комбинаторики (для принятой двухуровневой шкалы оценивания):

$$N_{h,\dots,i} = C_h^i = \binom{h}{i} = \frac{h!}{i!(h-i)!}. \tag{4}$$

Запишем логическое условие для произвольного значения i с учетом (4):

$$S_{h,\dots,i} = \sum_{j=1}^{N_{h,\dots,i}} \prod_{\substack{k=1, \\ k \in U_j}}^h \bar{\Theta}_k, \tag{5}$$

где U_j – совокупность индексов для j -го сочетания.

Пример 1. Для $h = 4$, $i = 2$ множество сочетаний U состоит из $N_{4,3,2} = C_4^2 = 6$ вариантов по $i = 2$ индекса: $U = \{U_j, j \in [1; 6]\} = \{1, 2; 1, 3; 1, 4; 2, 3; 2, 4; 3, 4\}$, а логическое условие $S_{4,3,2}$ определяется следующим образом:

$$S_{4,3,2} = \sum_{j=1}^{N_{4,3,2}} \prod_{\substack{k=1, \\ k \in U_j}}^4 \bar{\Theta}_k = \bar{\Theta}_1 \cdot \bar{\Theta}_2 + \bar{\Theta}_1 \cdot \bar{\Theta}_3 + \bar{\Theta}_1 \cdot \bar{\Theta}_4 + \bar{\Theta}_2 \cdot \bar{\Theta}_3 + \bar{\Theta}_2 \cdot \bar{\Theta}_4 + \bar{\Theta}_3 \cdot \bar{\Theta}_4.$$

В подмножестве S^{*+} для зоны $S_{0,1}$, при попадании результата теста в которую делается вывод о том, что не освоены либо 0 ЭДК, либо 1 ЭДК, формулируется следующее логическое условие:

$$S_{0,1} = \sum_{j=1}^h \prod_{k=1, k \neq j}^h \Theta_k.$$

Проанализировав все варианты подмножества S^{*+} , можно сделать вывод, что логическое условие для произвольного значения i $S_{0,\dots,i}$ ($i \in [1; h-1]$) записывается как дизъюнктивная нормальная форма.

Термы ДНФ представляют конъюнкцию из $(h-i)$ освоенных элементов, каждый из которых обозначается прямой формой записи (\mathcal{E}_k). Число сочетаний (термов) определяется в соответствии законами комбинаторики:

$$N_{0,\dots,i} = C_h^{h-i} = \frac{h!}{(h-i)!i!}. \quad (6)$$

Запишем логическое условие для произвольного значения i с учетом (6):

$$S_{0,\dots,i} = \sum_{j=1}^{N_{0,\dots,i}} \prod_{\substack{k=1, \\ k \in U_j}}^h \mathcal{E}_k, \quad (7)$$

где U_j – совокупность индексов для j -го сочетания.

Пример 2. Для $h = 4$, $i = 1$ множество сочетаний U состоит из $N_{0,1} = C_4^{4-1} = C_4^3 = 4$ вариантов по $i = 4 - 1 = 3$ индекса: $U = \{U_j, j \in [1; 4]\} = \{1, 2, 3; 1, 2, 4; 1, 3, 4; 2, 3, 4\}$, а логическое условие $S_{0,1}$ определяется следующим образом:

$$S_{0,1} = \sum_{j=1}^{N_{0,1}} \prod_{\substack{k=1, \\ k \in U_j}}^4 \mathcal{E}_k = \mathcal{E}_1 \cdot \mathcal{E}_2 \cdot \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_1 \cdot \mathcal{E}_2 \cdot \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_1 \cdot \mathcal{E}_3 \cdot \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_2 \cdot \mathcal{E}_3 \cdot \mathcal{E}_4.$$

Доказательство правильности формул (4)–(5) и (6)–(7) может быть выполнено, например, методом перебора и вследствие большого объема рутинных расчетов не приводится.

Введем обобщенные характеристики (тест T_j контролирует W_j элементов) на основании анализа графической иллюстрации зонного разбиения на рисунке:

$$N_j = N_j^{+-} + N_j^*; N = 2 \cdot W_j; N_j^{+-} = 2; N_j^* = 2 \cdot W_j - 2 = 2 \cdot (W_j - 1), \quad (8)$$

где N_j – количество вариантов результата теста (мощность множества S); N_j^{+-} – количество вариантов точного принятия решения (все контролируемые тестом элементы не освоены или все контролируемые тестом элементы освоены, т.е. суммарная мощность подмножеств S^- и S^+); N_j^* – количество вариантов, требующее уточнения дополнительными тестами, т.е. мощность подмножества $S^* = S^{*-} + S^{*+}$.

Следующей задачей является применение разработанного метода анализа логических условий в основе алгоритма дешифрации результатов реализации тестового набора (совокупности диагностических тестов поиска) для безусловного или одного (с произвольным номером) шага условного алгоритма диагностирования.

Пример формирования логических условий для диагностического теста с заданными характеристиками

Запишем логические условия для сформулированных утверждений применительно к тесту, контролирующему $h = 3$ ЭДК. Обозначим контролируемые элементы \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 и \mathcal{E}_3 . В соответствии с (3) мощность множества S и составляющих его подмножеств определяется по формуле (8):

$$\begin{aligned} |S| &= 2 \cdot h = 2 \cdot 3 = 6; \\ |S^-| &= 1; |S^+| = 1; |S^{*-}| = |S^{*+}| = h - 1 = 3 - 1 = 2; |S^*| = 2 \cdot (h - 1) = 4. \end{aligned}$$

$$\text{Укажем состав подмножеств: } S^{*-} = \{S_{h,h-1} = S_{3,2}; S_{h,h-1,h-2} = S_{3,2,1}\}.$$

Запишем логические условия для подмножеств.

1. $S^- = \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_2 \cdot \bar{\mathcal{E}}_3$ – условие уверенного принятия решения о том, что все $h = 3$ контролируемые тестом ЭДК не освоены (в соответствии с формулой (1)).

2. $S^+ = \mathcal{E}_1 \cdot \mathcal{E}_2 \cdot \mathcal{E}_3$ – условие уверенного принятия решения о том, что все $h = 3$ контролируемые тестом ЭДК освоены: (в соответствии с формулой (2)).

3. Для $S_{h,h-1} = S_{3,2}$ условие будет состоять из трех термов (в соответствии с (4) и (5) для $h = 3$ и $i = 2$ количество сочетаний $C_3^2 = 3$), каждый из которых представляет собой конъюнкцию из $i = 2$ элементов в инверсной форме записи (с учетом выполненной минимизации логической функции):

$$S_{3,2} = \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_2 + \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_3 + \bar{\mathcal{E}}_2 \cdot \bar{\mathcal{E}}_3.$$

Приведенное условие показывает: или все три контролируемые тестом элементы не освоены, или какие-либо два из трех элементов не освоены.

4. Для $S_{h,h-1,h-2} = S_{3,2,1}$ условие будет состоять из трех термов (в соответствии с (4) и (5) для $h = 3$ и $i = 1$ количество сочетаний $C_3^1 = 3$), каждый из которых представляет собой $i = 1$ элемент в инверсной форме записи (с учетом выполненной минимизации логической функции):

$$S_{3,2,1} = \bar{\mathcal{E}}_1 + \bar{\mathcal{E}}_2 + \bar{\mathcal{E}}_3.$$

Приведенное условие показывает: или все три контролируемые тестом элементы не освоены, или какие-либо два из трех элементов не освоены, или какой-либо один из трех элементов не освоен.

5. Для $S_{0,1}$ условие будет состоять из трех термов (в соответствии с (6) и (7) для $h = 3$ и $i = 1$ количество сочетаний $C_3^{3-1} = 3$), каждый из которых представляет собой конъюнкцию из $h - i = 3 - 1 = 2$ элементов в прямой форме записи (с учетом выполненной минимизации логической функции):

$$S_{0,1} = \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_2 + \bar{\mathcal{E}}_1 \cdot \bar{\mathcal{E}}_3 + \bar{\mathcal{E}}_2 \cdot \bar{\mathcal{E}}_3.$$

Приведенное условие показывает: или все три контролируемые тестом элементы освоены, или какие-либо два из трех элементов освоены (что то же самое – или нет неосвоенных элементов, или есть один неосвоенный элемент).

6. Для $S_{0,1,2}$ условие будет состоять из трех термов (в соответствии с (6) и (7) для $h = 3$ и $i = 2$ количество сочетаний $C_3^{3-2} = 3$), каждый из которых представляет собой конъюнкцию из $h - i = 3 - 2 = 1$ элемента в прямой форме записи (с учетом выполненной минимизации логической функции):

$$S_{0,1,2} = \bar{\mathcal{E}}_1 + \bar{\mathcal{E}}_2 + \bar{\mathcal{E}}_3.$$

Приведенное условие показывает: или все три контролируемые тестом элементы освоены, или какие-либо два из трех элементов освоены, или какой-либо один из трех элементов освоен (что то же самое – или нет неосвоенных элементов, или есть один неосвоенный элемент, или два неосвоенных элемента).

Варианты 3–6 не дают точной информации о результате освоения контролируемых тестом элементов и нуждаются в уточнении дополнительными тестами поиска.

Применение предлагаемого метода при решении задачи автоматизации процедуры контроля и оценивания результатов обучения по компетентностно-ориентированным образовательным программам предполагается провести в три этапа.

1 этап – Разработка и анализ подхода к количественной оценке результатов контроля уровня освоения элементов и компонентов компетенций, построенного на его основе метода анализа логических условий и алгоритма дешифрации результатов тестового диагностирования. Проводится иллюстрация на уровне примеров. В процессе реализации данного этапа разрабатывается и используется программа имитационного моделирования, которая позволяет для заданной таблицы диагностирования (совокупность результатов реализации полной группы тестов) определить вероятностные показатели выбранного варианта таблицы и определить полный список вариантов логических условий. Программа предоставляет возможность по конкретным результатам реализации тестов определить общее логическое условие для оценки уровня освоения контролируемой совокупности элементов дисциплинарной компетенции, сформировать список корректирующих воздействия и тестов для повторной реализации. Результаты и иллюстрирующие примеры приводятся в статьях. Проводится научно-методическая апробация в виде публикации в журналах и обсуждения на семинарах и конференциях.

2 этап – Апробация предлагаемого подхода к количественной оценке результатов контроля уровня освоения элементов и компонентов компетенций, метода анализа логических условий и алгоритма дешифрации результатов тестового диагностирования на примере контроля результатов обучения по конкретной дисциплине. На сегодняшний день процедуры контроля и оценивания частично автоматизируются с помощью разработанной и апробированной на практике программы имитационного моделирования, разработанной на этапе 1.

3 этап – Разработка и внедрение автоматизированной системы сопровождения учебного процесса (АССУП) и оценка ее эффективности. В составе организационного (методического), информационного, математического и программного обеспечения системы используются предложенные подход к количественной оценке, метод анализа логических условий и алгоритм дешифрации результатов тестового диагностирования. На данный момент прорабатывается ее функциональность и структура, задачи подсистем в ее составе, формат базы данных, условия применения и т.д. Полное внедрение системы и оценка ее эффективности будут проходить поэтапно в течение ближайших лет. Проектируемая система даст возможность:

1. студенту – определить необходимый объем работы и форм контроля своего уровня подготовки (компетентности) для достижения заданного результата;
2. преподавателю – разработать и применить эффективный учебно-методический комплекс и фонд оценочных средств по всем своим учебным дисциплинам, построить эффективный график своей работы с учетом системы ограничений ресурсов (временных, пространственных, технических, организационных и т.д.);
3. учебно-методическим службам вуза – управлять и контролировать учебный процесс с возможностью получения интегральных и дифференциальных оценок успеваемости студентов, деятельности педагогов и использования ресурсов образовательного учреждения.

Апробация метода анализа логических условий проводится при его применении в основе разработанного алгоритма дешифрации результатов тестового диагностирования уровня освоения ЭДК. Он дает возможность определить общее логическое условие, которое характеризует состояние (освоение или не-

освоение) по всем контролируемым элементам дисциплинарных компетенций. После этого проводится анализ общего логического условия с целью выявления, достаточно ли информации для принятия решение об уровне освоения каждого элемента дисциплинарной компетенции. При необходимости производится переход к последующим шагам алгоритма, а именно: определяется перечень тестов для повторной или дополнительной проверки, а также список корректирующих мероприятий, учебно-методической литературы для подготовки и т.п.

Предлагаемый метод анализа логических условий и построенный на его основе алгоритм дешифрации реализован в разработанной программной модели, показывающей, что его использование позволит автоматизировать процедуру оценивания результатов обучения, заданных в компетентностном формате. Указанные подходы, методы и алгоритмы планируется применить в разрабатываемой АССУП, решающей задачи управления и контроля качества обучения. Последовательность разработки и применение предлагаемого алгоритма дешифрации результатов тестового диагностирования подробно описаны в следующей работе.

Заключение

В настоящей работе представлены следующие результаты.

1. Сформулирована важность и актуальность проблемы дешифрации и оценивания результатов тестового диагностирования уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций, поставлена задача данной работы.
2. Разработан метод анализа логических условий: введены основные положения, сформулированы правила задания логических условий, определены обобщенные вероятностные характеристики. Предложенный метод позволяет выполнить дешифрацию результатов одного диагностического теста проверки уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций.
3. Рассмотрен иллюстрирующий пример формирования логических условий для диагностического теста с заданными характеристиками.
4. Описано применение предложенного метода в алгоритме дешифрации результатов реализации группы сложных диагностических тестов, контролирующей совокупность элементов компетенций дисциплины или раздела образовательной программы.

References

1. *Osnovnye Tendentsii Razvitiya Vysshego Obrazovaniya: Global'nye i Bolonskie Izmereniya* [Major Trends in Higher Education: Global and Bologna Measurements] / Ed. V.I. Baidenko. Moscow, Research Center for Problems of Quality in Specialists Publ., 2010, 352 p.
2. Vasilev V.N., Lisitsyna L.S. Planning and estimation of expected competences learning outcomes for FSES HPE. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 2 (84), pp. 142–148. (in Russian)
3. Vasilev V.N., Lisitsyna L.S., Shehonin A.A. Conceptual model for the extraction of learning outcomes from the excessive education content. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2010, no. 4 (68), pp. 104–108. (in Russian)
4. Kon E.L., Freyman V.I., Yuzhakov A.A. Analysis and quantitative assessment for results of educational programs application by means of diagnostic tests. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2015, vol.15, no. 4, pp. 756–763. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-4-756-763
5. *Engineering Education Quality Assurance: A Global Perspective* / Eds. A. Patil, P. Gray. London, Springer-Verlag, 2009, 316 p. doi: 10.1007/978-1-4419-0555-0
6. Krathwohl D., Bloom B., Masia B. *Taxonomy of Educational Objectives: the Classification of Educational Goals*. NY, Longman, 1984, 196 p.
7. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* / Eds. L.W. Anderson, D.R. Krathwohl. NY, Longman, 2000, 336 p.
8. Heywood J. *Assessment in Higher Education: Student Learning, Peaching, Programmes and Institutions*. London, Jessica Kingsley Publishers, 2000, 452 p.
9. Yorke M. Formative assessment in higher education: moves towards theory and the enhancement of pedagogic practice. *Higher Education*, 2003, vol. 45, no. 4, pp. 477–501. doi: 10.1023/A:1023967026413
10. Gulikers J., Biemans H., Mulder M. Developer, teacher, student and employer evaluations of competence-based assessment quality. *Studies in Educational Evaluation*, 2009, vol. 35, no. 2–3, pp. 110–119. doi: 10.1016/j.stueduc.2009.05.002
11. Reimann P., Kickmeier-Rust M., Albert D. Problem solving learning environments and assessment: a knowledge space theory approach. *Computers and Education*, 2013, vol. 64, pp. 183–193. doi: 10.1016/j.compedu.2012.11.024
12. Wakimoto D., Lewis R. Graduate student perceptions of eportfolios: uses for reflection, development, and assessment. *Internet and Higher Education*, 2014, vol. 21, pp. 53–58. doi: 10.1016/j.iheduc.2014.01.002

13. Rodrigues F., Oliveira P. A system for formative assessment and monitoring of students' progress. *Computers and Education*, 2014, vol. 76, pp. 30–41. doi: 10.1016/j.compedu.2014.03.001
14. Croker L., Algina J. *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. Cengage Learning, 2006, 527 p.
15. Chelyshkova M.B., Zvonnikov V.I., Davydova O.V. *Otsenivanie Kompetentsii v Obrazovanii: Uchebnoe Posobie* [Assessing Competence in Education: Textbook]. Moscow, GUU Publ., 2011, 229 p.
16. Efremova N.F. *Podkhody k Otsenivaniyu Kompetentsii v Vysshem Obrazovanii: Uchebnoe Posobie* [Approaches to Competences Evaluation in Higher Education: Textbook]. Moscow, Research Center for Problems of Quality in Specialists Publ., 2010, 216 p.
17. Kon E.L., Freyman V.A., Yuzhakov A.A. Development and research approaches to managing, monitoring and evaluating the quality of the implementation of the competence-oriented education programs. *Nauka i Obrazovanie: Elektronnoe Nauchno-Tekhnicheskoe Izdanie*, 2015, no. 3, pp. 356–372. (In Russian)
18. Freyman V.A. Application of the technical diagnostics methods and procedures to monitor and assess studying results, specified in the competency format. *Izvestiya SPbGETU LETI*, 2014, no. 6, pp. 79–85. (in Russian)
19. Kon E.L., Freyman V.A., Yuzhakov A.A. About possibility of use the technical diagnostics methods for control and an assessment the basic educational programs development results. *Izvestiya SPbGETU LETI*, 2014, no. 7, pp. 66–71. (in Russian)
20. Kon E.L., Freyman V.A., Yuzhakov A.A. Application of fuzzy logic for studying results control, specified in the competence format. *Neirokomp'yutery: Razrabotka, Primenenie*, 2014, no. 12, pp. 20–25. (in Russian)
21. Freyman V.A. Designing of decoding method of competence elements development level diagnostic results with using fuzzy logic. *Neirokomp'yutery: Razrabotka, Primenenie*, 2014, no. 12, pp. 26–30. (in Russian)
22. Freyman V.A. An algorithm of conditional search of competence elements with insufficient level of development. *Informatsionno-Upravlyayushchie Sistemy*, 2014, no. 2 (69), pp. 93–102. (in Russian)
23. Adomian G. On integral, differential, and integro-differential equations, perturbation and averaging methods. *Kybernetes*, 1995, vol. 24, no. 7, pp. 52–60.
24. Kon E.L., Freyman V.A., Yuzhakov A.A. The quantitative estimates of studying results, submitted in the competence format. *Vestnik UGATU*, 2015, vol. 19, no. 1 (67), pp. 206–212. (in Russian)

Фреyman Владимир Исаакович

– кандидат технических наук, доцент, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, 614990, Российская Федерация, vfrey@mail.ru

Vladimir I. Freyman

– PhD, Associate Professor, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation, vfrey@mail.ru