

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 378.146+378.147

Е. Л. Кон,
В. И. Фрейман,
А. А. Южаков

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аннотация. Статья посвящена актуальной и недостаточно изученной проблеме измерения результатов образования в высшей школе. Описаны подходы к решению частных задач, связанных с определением уровня освоенных студентами компетенций и их составляющих – элементов дисциплинарных компетенций (ЭДК).

Предложена уровневая модель формирования компонентов компетенций и контроля качества их усвоения. Показана методика расчета весовых коэффициентов (показателей важности) ЭДК с применением интегро-дифференциального критерия для оценки результатов обучения. Приводятся примеры и даются практические рекомендации применения методики дифференциальных оценок. Использование данной методики и уровневой модели в учебном процессе в сочетании с другими инструментальными и методическими средствами позволит, по мнению авторов, повысить качество образования, базирующегося на компетентностном подходе.

Статья адресована преподавателям вузов, методистам и экспертам качества обучения в высших профессиональных учебных учреждениях.

Ключевые слова: компоненты компетенций, элементы дисциплинарных компетенций, оценка, интегро-дифференциальный критерий, показатели важности критериев.

Abstract. The paper investigates the urgent issue of education outcomes estimation in the higher school, and reveals the current approaches to solving the problem of level estimation regarding the particular competences and their components – the elements of disciplinary competences.

The level model of the competence components formation and acquisition is recommended along with the computation method for weight estimation of disciplinary components by means of integral differential criteria of education outcomes assessment.

The examples of and practical recommendations for the above method application are given. In authors' opinion, implementation of the given model combined with available instrumental and methodological means can raise the quality of education based on the competence approach.

The paper is addressed to university teachers, methodologists and education quality experts in vocational universities.

Keywords: competence components, disciplinary competence elements, assessment, integral differential criteria, criteria weight indicators.

Постановка задачи

В требованиях Федеральных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС-3) указано, что ответственность за качество обучения в высшей школе возлагается на вуз [4]. Это означает, что образовательное учреждение должно самостоятельно выбрать наиболее эффективные пути выработки у будущего специалиста необходимых для будущей профессиональной деятельности компетенций и средства проверки их освоения (т. е. средства измерения основных результатов подготовки). Указанные задачи решаются при создании учебно-методических комплексов дисциплин (УМКД) – перечня методических документов, которые предназначены для организации учебного процесса и в которых отражена компонентная структура компетенций – ЗУВ (З – знания, У – умения, В – владения), а также способы контроля их освоения.

Кроме того, в компонентной структуре необходимо сразу предусмотреть возможные приемы и методы формирования элементов каждого компонента (виды аудиторных занятий, варианты организации самостоятельной работы и т. п.) и инструменты проверки меры овладения дисциплинарной компетенцией (ДК – часть компетенции, закрепленная за конкретной дисциплиной или разделом).

Проблема оценки уровня освоения компетенций и их составляющих является актуальной и в данное время недостаточно изученной. Мы предлагаем применить к решению указанной проблемы методический и математический аппарат технической диагно-

стики и многокритериальной оценки. Он позволит обозначить задачи контроля и задачи поиска – дешифрации результатов проверки с целью определения элемента, который недостаточно усвоен.

Целью настоящей статьи является решение частных проблем, связанных с построением модели формирования и контроля элементов дисциплинарных компетенций (ЭДК), а также с возможностью применения интегро-дифференциального критерия при измерении уровня их освоения. Приводятся примеры и даются практические рекомендации для определения весовых коэффициентов (показателей важности) дифференциальных оценок в составе интегрального критерия.

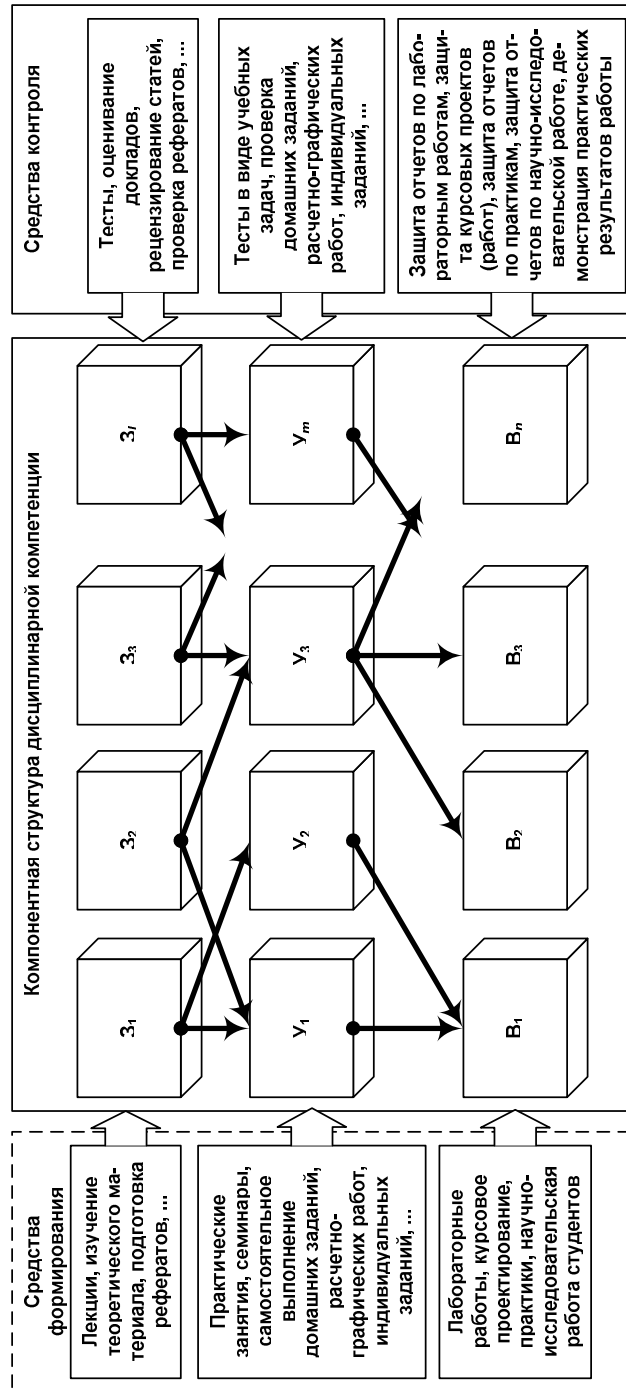
1. Модель формирования и контроля ЭДК

Для эффективного контроля уровня освоения ЭДК необходимо прежде всего сформулировать критерии оценки, а также составить перечень требований и ограничений.

Критерии оценки каждого компонента дисциплинарной компетенции и более дробных его элементов разрабатываются преподавателем индивидуально, однако с соблюдением общих рекомендаций, к которым относятся:

- интегро-дифференциальный критерий формирования оценок;
- линейность критерия;
- единая нормализованная шкала оценок и весовых коэффициентов (например, $[0÷1]$);
- в зависимости от имеющейся статистики подобранные различными способами (расчетом; эмпирически, учитывая важность дисциплины, раздела, вида занятий и др.; при помощи опроса экспертов; произвольно, равномерно и т. п.) весовые коэффициенты дифференциальных оценок с выполнением условия нормирования (сумма коэффициентов равна 1) [3].

Выбор подходящих средств формирования и контроля освоения компонентной структуры (элементов) ДК можно произвести на основе уровневой модели, которая представлена на рисунке [1]. Модель позволяет, в частности, регуляризировать структуру и обеспечить требуемые качественные характеристики тестовых заданий для проверки уровня овладения ЭДК, уменьшить вычислительную сложность и трудоемкость решения поставленной задачи.



Модель формирования и контроля освоения компонентной структуры дисциплинарной компетенции

Для оценки компетенций, составляющих их ДК и уже, в свою очередь, их элементов в соответствии с выбранными средствами контроля мы предлагаем использовать *интегро-дифференциальный критерий* (ИДК) [3]. С его помощью за счет свертки дифференциальных оценок (или линейной функции полезности) можно получить интегральную оценку измеряемого обобщенного параметра. При этом одной из ключевых задач становится выбор весовых коэффициентов.

Для формализации решения частных задач выбора средств формирования и контроля ЭДК представим структуру дисциплины в модульном виде. Организация обучения по модульному принципу наиболее рациональна с точки зрения повышения эффективности управления качеством учебного процесса [2]. В Пермском национальном исследовательском политехническом университете (ПНИПУ) в течение семестра средней длительностью 18 недель в рамках тематического плана дисциплины принято предлагать студентам освоить три модуля одинаковой длительности, каждый из которых заканчивается промежуточной аттестацией и предполагает определенную логическую завершенность. Содержательная часть дисциплины (модуля) структурируется по разделам, в которых выделяются определенные темы. В частном случае в одном модуле предполагается изучение одного раздела, хотя допустимо и другое распределение [5].

Основная содержательная единица дисциплины – тема – может осваиваться как в процессе аудиторной (АРС), так и самостоятельной работы студентов (СРС). Например, для инженерных направлений подготовки АРС складывается обычно из лекций (ЛК), практических занятий (ПЗ), лабораторных работ (ЛР); СРС – из изучения теоретического материала (ИТМ), подготовки рефератов (РФ), докладов (Д), домашних заданий по темам практических занятий (ДЗ), защиты лабораторных работ (ЗЛР), курсового проектирования (КП). Каждый из указанных видов работы может быть использован для формирования одного или нескольких компонентов компетенции. Для упрощения

дальнейшего анализа примем следующие допущения (без потери обобщения полученных результатов):

- каждый вид АРС или СРС участвует в формировании только одного компонента компетенции (З, или У, или В);
- каждое средство контроля применяется для проверки уровня освоения ЭДК, принадлежащих одному компоненту компетенции [6].

В качестве средств контроля для проверки соответствующего компонента компетенции применяются тест знаний (ТЗ), тест умений (ТУ), тест владений (ТВ) (см. рисунок).

Компонентная структура дисциплинарной компетенции (число элементов каждого компонента) тоже имеет количественные параметры. Рекомендуемое соотношение числа элементов компонентов, принятое в ПНИПУ: «знать» – 4, «уметь» – 2, «владеть» – 1. Но данное соотношение может быть изменено как в меньшую, так и в большую стороны. Так, при участии одной дисциплины в формировании трех компетенций общее число (для всех ДК) элементов «знать» может быть 12, «уметь» – 6, «владеть» – 3. Формулировка элементов подбирается преподавателем, ведущим дисциплину, в увязке с дескрипторами компетенции (требованиями к результатам ее освоения). Каждый из элементов должен быть обеспечен соответствующими видами формирования и средствами контроля.

Для анализа покрытия средствами формирования и контроля элементов дисциплинарных компетенций строится специальная таблица (или таблицы) (табл. 1), где используются следующие условные обозначения:

{ДК} – набор дисциплинарных компетенций, закрепленных за конкретной дисциплиной, и их элементов (ЭДК);

СФ – средства формирования (виды аудиторной и самостоятельной работы);

АРС – виды аудиторной работы студентов (ЛК, ПЗ, ЛР и т. д.);

СРС – виды самостоятельной работы студентов (ИТМ, ДЗ, ЗАР, КП и т. д.);

СК – средства контроля (проверки) («классические» тесты, «функциональные» («видовые») тесты, увязанные с видом занятий (например, проверка ДЗ, защита ЛР), оценивание докладов, рефератов, защита курсового проекта и т. д.);

l, m, n – количество элементов компонентов «знать», «уметь», «владеть» соответственно, суммарно по всем ДК, задаются при формировании компонентной структуры дисциплинарных компетенций;

$S_APC, S_CPC, S_СК$ – количество видов APC, CPC и СК, определяются структурой дисциплины.

Таблица 1

Покрываемость средствами формирования и контроля элементов дисциплинарных компетенций*

Набор дисциплинарных компетенций		СФ								СК			
		APC				CPC				СК			
{ДК}	ЭДК	APC ₁	APC ₂	...	APC _{S_{APC}}	CPC ₁	CPC ₂	...	CPC _{S_{CPC}}	СК ₁	СК ₂	...	СК _{S_{СК}}
	$Э_1$	+		...		+		...		+		...	
	$Э_2$	+		...		+		...		+		...	

	$Э_l$			...				...				...
{ДК}	$У_1$			...				...				...
	$У_2$		+	...			+	...			+	...	
	
	$У_m$		+	...			+	...			+	...	
{ДК}	$В_1$			...	+			...	+			...	+
	$В_2$			...				...				...
	
	$В_n$			..	+			...	+			...	+

* Пустые ячейки в таблице показывают, что данное средство не участвует в формировании или контроле данного элемента.

В табл. 1 символом «+» отмечены СФ и СК, участвующие в формировании (контроле) соответствующего элемента компетенции.

Рассмотрим далее на обобщенном примере, с учетом указанных выше допущений, применение ИДК для оценки результатов

контроля компонента «знать» с количеством элементов l , который проверяется средствами контроля количеством L . Возможны следующие варианты покрытия.

1. $l = L$, когда каждый проверяемый элемент контролируется своим тестовым заданием (заданиями). При реализации подобного подхода усложняется процедура построения тестов, но при этом достигается максимальная точность проверки, так как при локализации одного элемента другие незначительно влияют на результаты тестирования. Фрагмент таблицы покрытия представляет собой квадратную диагональную матрицу.

2. $l > L$, когда какое-то количество тестов покрывает (проверяет) более одного элемента, т. е. на результат тестирования воздействует более одного элемента. В этом случае имеет место минимальное количество тестов, поэтому выполнить задачу дешифрации результатов тестирования намного труднее. Для увеличения глубины локализации необходимо либо усложнить процедуру дешифрации, либо изменить количество и структуру тестов, сведя ситуацию к первому случаю ($l = L$).

3. $l < L$, когда какое-то количество элементов покрывается (проверяется) более чем одним тестом. При этом количество тестов максимально, а результат тестирования, как и в предыдущем случае, трудно дешифровать, поскольку неясно, какая часть элемента контролируется каждым тестом. Для решения этой проблемы можно разбить элемент на составляющие, доведя неравенство опять-таки до первого случая.

Как видим, во втором и третьем случае возникает проблема подбора значений весовых коэффициентов дифференциальных оценок при применении ИДК для оценки элементов дифференциальной компетенции.

2. Применение интегро-дифференциального критерия для оценки элементов дифференциальных компетенций

В основу ИДК положен линейный критерий оценивания, который дает достаточно точные результаты и позволяет решить частные задачи контроля («сдал – не сдал»), дифференциального оценивания

ния (согласно выбранной шкале), а также самопроверки – самостоятельного выявления студентом элементов компетенций с недостаточным уровнем освоения [3]. Одной из основных проблем является подбор значений весовых коэффициентов дифференциальных оценок в составе интегральной. Это проблема актуальна еще и потому, что ИДК применяется на всех уровнях оценки результатов обучения: видов работы (аудиторная и самостоятельная); элементов дисциплинарных компетенций (то, что студент должен знать, уметь и опытом практического применения каких навыков владеть); дисциплинарных компетенций; компетенций; при интегральной оценке уровня освоения компетенций, приобретенных за весь период обучения.

Оценка может быть использована как самостоятельный результат проверки (тестирования) или расчета ИДК либо может быть привязана к уровню шкалы. В первом случае оценка «О» может представлять собой *непрерывную* (как результат расчета) или *дискретную* (например, как процент правильно выполненных задач) величину. Во втором случае оценка « \tilde{O} » является дискретной величиной, размерность которой определяется выбранной шкалой.

Цифровой эквивалент оценки « \tilde{O} » определяется фактическим значением результата «О» путем соотнесения его с тем или иным уровнем шкалы в соответствии с принятым алгоритмом оценивания (аналогично алгоритму квантования). Выбор шкалы оценивания – отдельный важный и сложный вопрос, решаемый по-разному в различных системах образования.

Например, для условий: $O \in [0, 1]$, $\tilde{O} \in \{2, 3, 4, 5\}$ – алгоритм оценивания может быть следующий:

$$O = \begin{cases} 0 \dots 0,25 \\ 0,26 \dots 0,5 \\ 0,51 \dots 0,75 \\ 0,76 \dots 1 \end{cases}, \tilde{O} = \begin{cases} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{cases}.$$

Оценка O применяется в расчете ИДК на всех уровнях оценивания; оценка \tilde{O} – для различных видов текущей, промежуточ-

ной и итоговой аттестации. Для расчета ИДК ее использование нецелесообразно, поскольку накопленная погрешность округления может существенно повлиять на точность расчетов.

Приведем пример формирования ИДК оценки произвольного элемента дисциплинарной компетенции:

$$O(\mathcal{E}_i) = \lambda_{i1} \cdot O(\Gamma\mathcal{E}_1) + \lambda_{i2} \cdot O(\Gamma\mathcal{E}_2) + \dots + \lambda_{ij} \cdot O(\Gamma\mathcal{E}_j) + \dots + \lambda_{iN} \cdot O(\Gamma\mathcal{E}_N), \quad (1)$$

где $O(\mathcal{E}_i)$ – оценка элемента \mathcal{E}_i ; $O(\Gamma\mathcal{E}_j)$ – оценка теста элемента $\Gamma\mathcal{E}_j$, который входит в список тестов, проверяющих элемент \mathcal{E}_i ;

λ_{ij} – весовой коэффициент теста $\Gamma\mathcal{E}_j$ оценки элемента \mathcal{E}_i ;

N – количество тестов.

Оценки элементов и тестов нормализованы в диапазоне $[0; 1]$. Независимо от количества уровней шкалы оценок для весовых коэффициентов обязательно соблюдается условие нормирования – их сумма равна 1. Далее рассмотрим предлагаемый подход к расчету весовых коэффициентов ИДК.

3. Подход к расчету весовых коэффициентов интегрально-дифференциальной оценки уровня освоения элементов дисциплинарной компетенции

В качестве нулевой итерации определения весовых коэффициентов можно взять их равномерное распределение. Это означает, что все весовые коэффициенты в составе одной интегральной оценки одинаковы и равны $1/N$, где N – количество дифференциальных оценок в составе интегральной оценки. Однако часто равномерное распределение не отражает реальную важность (вклад в итоговый результат) каждого оцениваемого элемента, поэтому их вес может быть пересмотрен. Покажем пример определения весовых коэффициентов для оценки элементов дисциплинарной компетенции с учетом их реальной важности.

Для первой итерации вычисления весовых коэффициентов оценок элементов ДК ($З$, $У$, $В$) соответствующих средств контроля предлагается использовать таблицы соответствия тестов и проверяемых ими элементов ДК (см. табл. 1). Анализ таблиц соответствия позволяет при вычислении интегральной оценки элемента задать весовые коэффи-

циенты дифференциальных оценок средств контроля в зависимости от их участия в вычислении других интегральных оценок. Тем самым подчеркивается важность средства контроля – чем в большем количестве проверок он участвует, тем больше должен быть его вес в вычислении каждой из интегральных оценок элементов ДК. Однако это является причиной увеличения сложности локализации недостаточно освоенного ЭДК, поэтому такой неравномерный способ покрытия (недиагональный вид таблицы) удобен для решения задач обнаружения ЭДК с недостаточным уровнем освоения.

В табл. 1 добавляется столбец «ПЭ», который показывает покрытие элемента (Э) тестами элементов (ТЭ). Значения его ячеек должны быть больше 0 и при корректно построенных тестах иметь примерно равномерное распределение. Еще добавляется строка «ПТ», которая показывает покрытие каждым тестом определенного количества элементов. Значения его ячеек должны быть также больше 0 и при корректно построенных тестах тоже иметь примерно равномерное распределение.

Введем обобщенные характеристики предложенного метода вычисления.

1. Количество таблиц соответствия определяется числом компонентов всех формируемых ДК (в общем случае все три – знания, умения, владения).

2. Количество уравнений определяется числом элементов каждого компонента ДК (l – «знать», m – «уметь», n – «владеть»).

3. Количество переменных (весовых коэффициентов) в каждом уравнении находится в диапазоне $[1, S]$, где S – количество тестов, контролирующих данный вид элементов (L – «знать», M – «уметь», N – «владеть»).

4. Обобщенная неизвестная x означает единичное покрытие, т. е. участие одного теста в проверке одного элемента.

5. Значение переменных (весовых коэффициентов) находится в диапазоне:

- для равнозначных тестов (важность результатов теста для каждого контролируемого элемента одинакова): $[0, W_j] \cdot x$, где W_j –

количество элементов, контролируемых тестом $TЭ_j$, $W_j \in [1, r]$, r – количество элементов (l, m, n соответственно);

• для неравнозначных тестов (важность результатов теста $TЭ_j$ для каждого контролируемого элемента варьируется от 1 до Z): $[0, Z \cdot W_j] \cdot x$.

б. Уравнения для расчета весовых коэффициентов в обобщенном виде:

$$\sum_{j=1}^L \lambda_{ij} = \sum_{j=1}^L A_{ij} \cdot W_j \cdot x = 1, i \in [1, l], \quad (2)$$

где λ_{ij} – весовые коэффициенты компонентов ДК (заменяемые в ИДК на α – для «знать», β – для «уметь», γ – для «владеть»);

W_j – количество элементов, контролируемых тестом $TЭ_j$;

A_{ij} – числовое значение важности (значимости) теста $TЭ_j$ для проверки элемента $Э_i$ (0, если тест $TЭ_j$ не входит в проверку элемента $Э_i$, 1 – для равнозначных тестов, $[1, Z]$ – для неравнозначных тестов).

Ниже излагаются основные этапы методики расчета весовых коэффициентов интегро-дифференциальной оценки уровня освоения ЭДК.

1. Построить таблицы соответствия (табл. 2) для всех реализуемых в дисциплине компонентов ДК и выполнить покрытие таблиц (A_{ij}), т. е. определить участие тестов в контроле каждого элемента, и при необходимости задать важность каждого теста (вместо символа покрытия ввести число от 1 до Z).

2. Рассчитать покрытие каждого теста ПТ (W_j) и покрытие каждого элемента ПЭ (V_i).

3. Построить ИДК оценки элементов $Э_i$ в общем виде.

4. Записать в обобщенном виде систему уравнений вида (2).

5. Выполнить расчет весовых коэффициентов λ_{ij} (α , β или γ соответственно).

6. Построить ИДК с конкретными значениями весовых коэффициентов.

Рассмотрим пример вычисления весовых коэффициентов дифференциальных оценок средств контроля элементов компонента «знать».

1. Построим таблицу соответствия (см. табл. 2). В ней $l = 4$ элемента компонента «знать» $L = 3$ средствами контроля (тестами знаний – ТЗ).

Таблица 2

Соответствие компонентов ДК средствам контроля

$l \backslash L$	ТЗ ₁	ТЗ ₂	ТЗ ₃	ПЭ (V)
З ₁	+	+	+	3
З ₂	+		+	2
З ₃		+		1
З ₄		+	+	2
ПТ (W)	2	3	3	8

2. Рассчитаем покрытие каждого теста ПТ (W_j) и покрытие каждого элемента ПЭ (V_i), результаты расчета занесем в соответствующие строки и столбцы табл. 2.

3. Согласно интегро-дифференциального критерия (1), составим формулы определения интегральных оценок элементов $O(З)_i$ ($i \in [1 \div 4]$) по дифференциальным оценкам тестов $O(ТЗ)_j$ ($j \in [1 \div 3]$):

$$O(З)_1 = \alpha_{11} \cdot O(ТЗ)_1 + \alpha_{12} \cdot O(ТЗ)_2 + \alpha_{13} \cdot O(ТЗ)_3; \quad (3a)$$

$$O(З)_2 = \alpha_{21} \cdot O(ТЗ)_1 + \alpha_{23} \cdot O(ТЗ)_3; \quad (3б)$$

$$O(З)_3 = \alpha_{32} \cdot O(ТЗ)_2; \quad (3в)$$

$$O(З)_4 = \alpha_{42} \cdot O(ТЗ)_2 + \alpha_{43} \cdot O(ТЗ)_3. \quad (3г)$$

4. Для весовых коэффициентов выполняется условие нормирования

$$\sum_{j=1}^L \alpha_{ij} = 1, i \in [1, l], \quad \sum_{j=1}^3 \alpha_{ij} = 1, i \in [1, 4]. \quad (4)$$

Из анализа табл. 2 для вычисления интегральной оценки $O(З)_1$ очевидно, что веса оценок тестов $ТЗ_2$ и $ТЗ_3$ должны быть больше, чем вес оценки теста $ТЗ_1$. Это следует из того, что тесты $ТЗ_2$ и $ТЗ_3$ входят в контроль трех элементов, а тест $ТЗ_1$ – только двух.

5. Введем переменную x как значение единичного покрытия – участия теста в проверке одного элемента. Тогда записав условие нормирования (4) с учетом (3а) и приняв $\alpha_{11} = 2x$, $\alpha_{12} = 3x$, $\alpha_{13} = 3x$, получим:

$$2x + 3x + 3x = 1, x = 1/8.$$

Выполнив окончательный расчет, получим значения весовых коэффициентов дифференциальных оценок тестов для вычисления интегральной оценки элемента $З_1$: $\alpha_{11} = 1/4 = 0.25$, $\alpha_{12} = \alpha_{13} = 3/8 = 0.375$. Условие нормирования выполняется, а также соблюдается условие прямой зависимости весовых коэффициентов дифференциальных оценок от важности (участия) соответствующих тестов в формировании интегральной оценки. Аналогично определяются значения остальных весовых коэффициентов:

для $З_2$: $2 \cdot x + 3 \cdot x = 1$, $x = 1/5$, $\alpha_{21} = 2/5 = 0.4$, $\alpha_{23} = 3/5 = 0.6$;

для $З_3$: $3 \cdot x = 1$, $x = 1/3$, $\alpha_{32} = 1$;

для $З_4$: $3 \cdot x + 3 \cdot x = 1$, $x = 1/6$, $\alpha_{42} = 1/2 = 0.5$, $\alpha_{43} = 1/2 = 0.5$.

6. Система оценок (3) для ИДК может быть записана в виде:

$$O(З)_1 = 1/4 \cdot O(ТЗ)_1 + 3/8 \cdot O(ТЗ)_2 + 3/8 \cdot O(ТЗ)_3; \quad (4а)$$

$$O(З)_2 = 2/5 \cdot O(ТЗ)_1 + 3/5 \cdot O(ТЗ)_3; \quad (4б)$$

$$O(З)_3 = O(ТЗ)_2; \quad (4в)$$

$$O(З)_4 = 1/2 \cdot O(ТЗ)_2 + 1/2 \cdot O(ТЗ)_3. \quad (4г)$$

Таким образом, получается первая итерация для формирования значений весовых коэффициентов дифференциальных оценок всех уровней. На следующем этапе (второй итерации вычислений) весовые коэффициенты могут быть скорректированы, например, экспертами с учетом дополнительного фактора важности дисциплин. При этом условие (2) должно обязательно выполняться.

Заполнение таблицы покрытия (табл. 2) может быть выполнено с учетом различной важности тестов при проверке конкретных элементов. При этом в качестве значений ячеек могут фигурировать, например, цифры, которые показывают важность результатов теста $TЭ_j$ при проверке элемента $Э_i$. Это позволит увеличить вклад оценки того теста, который по каким-либо причинам (экспертом, в связи с формой теста, использованием новых технологий тестирования и т. п.) признан более важным. Например, если значение ячейки L_2l_1 табл. 2 установить равным 2, подчеркнув повышенную важность результатов теста $TЗ_1$ для расчета оценки $З_2$, то расчет весовых коэффициентов оценок тестов при проверке элемента будет выглядеть так:

$$\text{для } З_2: 2 \cdot 2 \cdot x + 3 \cdot x = 1, x = 1/7, \alpha_{21} = 4/7 = 0.57, \alpha_{23} = 3/7 = 0.43,$$

что означает перераспределение вклада весовых коэффициентов: 0.57 и 0.43 против 0.4 и 0.6 из ранее рассмотренного примера.

Параметр ПЭ может быть использован для анализа матрицы покрытия, например, полноты, равномерности либо обоснования неравномерности распределения элементов и т. д.

Предложенный подход позволит формализовать процедуру оценки уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций, а далее, с использованием интегро-дифференциального критерия, – части компетенции и самой компетенции. Например, оценка уровня освоения дисциплинарной компетенции с учетом ИДК строится следующим образом:

$$\begin{aligned} O(\text{ДК}) &= \alpha \cdot \sum_{i=1}^l \alpha_i \cdot O(Z_i) + \beta \cdot \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot O(Y_i) + \gamma \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot O(B_i) = \\ &= \alpha \cdot \sum_{i=1}^l \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^{l_i} \alpha_{ij} \cdot O(TZ_j^i) + \beta \cdot \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} \cdot O(TY_j^i) + \gamma \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \sum_{j=1}^{n_i} \gamma_{ij} \cdot O(TB_j^i), \end{aligned} \quad (2)$$

где α, β, γ – экспертные весовые коэффициенты соответствующих компонентов данной дисциплинарной компетенции;
 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ – экспертные весовые коэффициенты соответствующих элементов;

α_{ij} , β_{ij} , γ_{ij} – экспертные весовые коэффициенты определяющих дифференциальные оценки тестов элементов (средств контроля) ДК;

l_i , m_i , n_i – количество тестов (форм контроля), участвующих в формировании дифференциальной оценки i -го элемента компетенции.

При изменении компонентной структуры дисциплинарной компетенции (добавлении/удалении элемента или объединении/разделении элементов одного уровня или изменении связей между элементами уровневой модели – рисунок) происходит возврат на первую итерацию. В результате этого перестраиваются таблицы покрытия, определяются новые значения весовых коэффициентов, которые при необходимости корректируются экспертами и т. д.

Заключение

Предлагаемые в статье подходы к решению частных задач контроля и оценки уровня освоения компонентов компетенций находятся на этапе частичной апробации при разработке и внедрении методического и информационного обеспечения автоматизированной системы управления и контроля качества учебного процесса в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

Литература

1. Кон Е. А. и др. К вопросу о подготовке и оценке компетенций выпускников высшей школы с использованием модулей «Вектор развития направления» и «Квалификационные требования работодателей» // Открытое образование. 2012. № 3. С. 17–29.
2. Кон Е. А., Фрейман В. И., Южаков А. А. Оценка качества формирования компетенций студентов технических вузов при двухуровневой системе обучения // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конференции, 2–12 октября 2012 г. Одесса: Куприенко, 2012. Т. 9. С. 39–41.

3. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Проблема оценки качества обучения в вузах с системой подготовки «бакалавр-магистр» (на примере технических направлений) // Открытое образование. 2013. № 1. С. 23–31.

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 210700 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 декабря 2009 г. № 785.

5. Фрейман В. И. Разработка компетентностной модели выпускника (бакалавра) по направлению 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» («Телекоммуникации») // Вестн. Перм. национального исслед. политехн. ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2010. № 4. С. 93–98.

6. Фрейман В. И. Разработка учебно-методического комплекса дисциплины в соответствии с ФГОС нового поколения // Вестн. Перм. гос. техн. ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2009. № 3. С. 47–50.