

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЕ УРОВНИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ ЛОГИКИ ИНДИКАТОРНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Г.В.ТЕЛЬНОВ

*Кубанский государственный технологический университет
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта: tgv56@mail.ru*

Рассмотрены методики синтеза математических критериев оценки компетентностных уровней освоения материала учебной дисциплины. Получены аналитические выражения частных и общего критериев в виде булевых функций на основе индикаторных бинарных логических переменных. Реализация полученных выражений программным или аппаратным способом позволит расширить интерфейс устройств вывода информации об уровнях освоения учебного материала для принятия соответствующих управленческих решений по формированию профессионально ориентированных компетенций обучаемых.

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг знаний (компетенций), бинарная индикаторная переменная, тематическое задание, критерии уровня освоения учебного материала, булевы выражения критериев.

Мониторинг достигнутых уровней компетентностных способностей обучаемых, а также их объективных процедур оценки знаний и умений, особенно в автоматизированном режиме, остаётся по прежнему значимой проблемой для современной системы образования, несмотря на продолжительный научный интерес к ней [1, 2].

Однако однозначного ответа на вопрос, как же оценивать компетентностные способности или его уровень знаний, умений и навыков обучаемого и по каким критериям, на сегодняшний день нет.

При этом задача математического обоснования и описания критериев оценки компетентностных способностей обучающихся многими исследователями решается в общем виде, а конечные выражения итогового результата порой явно затруднены для ясного понимания.

В работе [3] рассмотрены общие подходы и сформулированы основные теоретические положения по формированию частных и общего критериев освоения учебного материала применительно к конкретному тестовому модулю.

В настоящей статье представлен взгляд на синтез частных и итоговых математических выражений, определяющих соответствующий критерий уровня освоения учебной дисциплины, что особенно важно и значимо при использовании современных средств оценивания результатов обучения – компьютерном тестировании.

Общая постановка задачи исследования.

Пусть некоторый уровень освоения материала учебной дисциплины или компетентностная способность обучаемого описывается набором бинарных индикаторных переменных X_j ($j = 1, 2, 3 \dots, N$), однозначно связанных с номерами тематических заданий тестового модуля.

Предполагается, что содержание тематического задания определяется соответствующими уровнями обученности («знать», «уметь»), которые в свою очередь регламентируются требованиями ФГОС ВПО.

Введение индикаторных переменных X_j соответствует принятому в теории тестирования [2] правилу дихотомического оценивания ответа обучаемого, которое определяется зависимостью вида.

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{если ответ тестируемого (обучаемого) на } j\text{-е} \\ & \text{тематическое задание дан правильно;} \\ 0, & \text{если ответ тестируемого (обучаемого) на } j\text{-е} \\ & \text{тематическое задание дан неправильно} \end{cases}$$

Таким образом, индикаторная переменная X_j , по существу является бинарной логической переменной, что позволяет использовать ее для формализованного описания критериев уровня освоения компетентностных способностей обучаемых на основе аппарата алгебры логики (алгебры Буля).

Требуется определить частные, промежуточный и итоговый обобщенные критерии уровня освоения учебного материала.

Выразим все тематические задания (тематические единицы) индикаторными переменными X_j , которые сгруппируем в общие структурные дидактические единицы – $ДЕ_n$ ($n = 1, 2, \dots, S$), где S характеризует число дидактических единиц тестового модуля.

Произведем разбивку всех тематических тестовых заданий, например, на шесть дидактических единиц (ДЕ) так, что

$$N = p + f + m + q + s + d, \quad (1)$$

где p, f, m, q, s, d – числа, характеризующие количество тестовых заданий, входящих в первую, вторую и т.д. ДЕ соответственно.

Тогда промежуточный обобщенный критерий уровня освоения материала учебной дисциплины, состоящей, например, из шести дидактических единиц (ДЕ) [4] на уровне не ниже 50 % (достаточный уровень освоения учебного материала по каждой из ДЕ) может быть определен на основе конъюнкции частных критериев $K_{ДЕ_n}^{\geq 0,5}$ для тестового модуля в следующем виде:

$$K_{ДЕ_\Sigma}^{\geq 0,5} = \bigwedge_{n=1}^s K_{ДЕ_n}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_1}^{\geq 0,5} \wedge K_{ДЕ_2}^{\geq 0,5} \wedge K_{ДЕ_3}^{\geq 0,5} \wedge K_{ДЕ_4}^{\geq 0,5} \wedge K_{ДЕ_5}^{\geq 0,5} \wedge K_{ДЕ_6}^{\geq 0,5}, \quad (2)$$

где $K_{ДЕ_n}^{\geq 0,5}$ – значение частного коэффициента (двоичная переменная), характеризующего уровень освоения n -й ДЕ.

В свою очередь, значения $K_{ДЕ_1}^{\geq 0,5}, K_{ДЕ_2}^{\geq 0,5}, K_{ДЕ_3}^{\geq 0,5}, K_{ДЕ_4}^{\geq 0,5}, K_{ДЕ_5}^{\geq 0,5}, K_{ДЕ_6}^{\geq 0,5}$ могут быть определены как

$$K_{ДЕ_1}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_1}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_p^{\geq p/2}} \bigwedge_{j=1}^p X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_p^{\geq p/2}} \bigwedge_{j=1}^p X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (3)$$

$$K_{ДЕ_2}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_2}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_f^{\geq f/2}} \bigwedge_{j=p+1}^{p+f} X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_f^{\geq f/2}} \bigwedge_{j=p+1}^{p+f} X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (4)$$

$$K_{ДЕ_3}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_3}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_m^{\geq m/2}} \bigwedge_{j=p+f+1}^{p+f+m} X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_m^{\geq m/2}} \bigwedge_{j=p+f+1}^{p+f+m} X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (5)$$

$$K_{ДЕ_4}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_4}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_q^{\geq q/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+1}^{p+f+m+q} X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_q^{\geq q/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+1}^{p+f+m+q} X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (6)$$

$$K_{ДЕ_5}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_5}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_s^{\geq s/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+q+1}^{p+f+m+q+s} X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_s^{\geq s/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+q+1}^{p+f+m+q+s} X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (7)$$

$$K_{ДЕ_6}^{\geq 0,5} = K_{ДЕ_6}^{\geq 50\%} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_d^{\geq d/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+q+s+1}^N X_j = 1 \\ 0, \text{ если } \bigvee_{l=1}^{C_d^{\geq d/2}} \bigwedge_{j=p+f+m+q+1}^N X_j = 0 \end{array} \right\}, \quad (8)$$

где $C_p^{\geq p/2}$, $C_f^{\geq f/2}$, $C_m^{\geq m/2}$, $C_q^{\geq q/2}$, $C_s^{\geq s/2}$, $C_d^{\geq d/2}$ – число различных комбинаций слагаемых (минтермов) булевого выражения соответствующего уровня критерия, характеризует число сочетаний не менее: $(p/2)$ элементов из p элементов, $(f/2)$ элементов из f элементов, $(m/2)$ элементов из m элементов, $(q/2)$ элементов из q элементов, $(s/2)$ элементов из s элементов, $(d/2)$ элементов из d элементов соответственно; переменная X_j в наборе записывается как X_j , если она принимает значение равное 1, в противном случае записывается ее инверсное значение \bar{X}_j .

Таким образом, основное содержание частных критериев заключается в освоении каждым обучающимся не менее половины тематических тестовых заданий, включенных в рассматриваемую ДЕ.

Дидактические единицы тестового модуля могут содержать от двух до восьми тематических тестовых заданий. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть общий подход к формированию частных

критериев уровня освоения учебной дисциплины на характерном примере. При этом уровень критерия освоения учебного материала будет зависеть от числа тематических тестовых заданий, входящих в рассматриваемую ДЕ. Качественное его выражение будет определяться числовым значением в относительных единицах или процентах, но не менее чем 0,5 или 50 %. Минимальный уровень освоения учебного материала соответствует получению обучаемым правильных ответов не менее, чем на половину всех тематических заданий из рассматриваемой ДЕ.

Пример: ДЕ содержит шесть тематических тестовых заданий – шесть индикаторных переменных ($p = 6, \rightarrow X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6$).

Решение примера.

Для учебного материала, включающего шесть тематических единиц, возможны четыре частных критерия: «не менее трех из шести» → уровень освоения не ниже 50 %; «не менее четырех из шести» → уровень освоения не ниже 66,6 %; «не менее пяти из шести» → уровень освоения не ниже 83,3 % и «шести из шести» → уровень освоения – 100 %.

Пусть $W = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, и $W^*_1 = W \setminus \{i_1\}$, $W^*_2 = W \setminus \{i_1, i_2\}$,

$W^*_3 = W \setminus \{i_1, i_2, i_3\}$,

где i_1, i_2, \dots, i_6 – попарно различные числа из множества W .

Обобщенное выражение для частного критерия (*правильный ответ получен не менее чем для трех тематических заданий из шести*) будет равно:

$$K_{ДЕ_1}^{\geq 0,5} = \bigvee_{\substack{i_1, i_2, i_3 \in W \\ i_4, i_5, i_6 \in W_3^*}} \overline{X}_{i_1} \overline{X}_{i_2} \overline{X}_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \vee \bigvee_{\substack{i_1, i_2 \in W \\ i_3, i_4, i_5, i_6 \in W_2^*}} \overline{X}_{i_1} \overline{X}_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \vee \bigvee_{\substack{i_1 \in W \\ i_2, i_3, i_4, i_5, i_6 \in W_1^*}} \overline{X}_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \vee X_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \quad (9)$$

Выражение для частного критерия (*правильный ответ получен не менее чем для четырех тематических заданий из шести*) будет равно:

$$K_{ДЕ_1}^{\geq 0,66} = \bigvee_{\substack{i_1, i_2 \in W \\ i_3, i_4, i_5, i_6 \in W_2^*}} \overline{X}_{i_1} \overline{X}_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \bigvee_{\substack{i_1 \in W \\ i_2, i_3, i_4, i_5, i_6 \in W_1^*}} \overline{X}_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \bigvee X_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \quad (10)$$

Выражение для частного критерия усвоения учебного материала на уровне освоения не ниже 83,3 % (*правильный ответ получен не менее чем для пяти тематических заданий из шести*) будет равно:

$$K_{ДЕ_1}^{\geq 0,66} = \bigvee_{\substack{i_1 \in W \\ i_2, i_3, i_4, i_5, i_6 \in W_1^*}} \overline{X}_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \bigvee X_{i_1} X_{i_2} X_{i_3} X_{i_4} X_{i_5} X_{i_6} \quad (11)$$

Для критерия освоения такой дидактической единицы на уровне 100 % (*правильный ответ получен для всех тематических единиц*):

$$K_{ДЕ_1}^{100\%} = X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 \quad (12)$$

На основании этих обобщенных выражений могут быть получены логические выражения в СДНФ, которые являются основой для схемотехнического синтеза устройств формирования соответствующих управленческих решений.

Окончательное решение об уровне освоения всего учебного материала – итоговый обобщенный критерий $K_{ОУМ_z}$ (или уровне сформированности компетентности – $K_{КС_z}$) обучаемым может быть принято на основании критерия, учитывающего индивидуальный балл при тестировании $\{ИБ_{ОБУЧ_z}\}$ и промежуточного обобщенного критерия полноту выполнения тематических заданий всех ДЕ на необходимом уровне – $K_{ДЕ_\Sigma}^{\geq 0,5}$ согласно следующему выражению:

$$K_{ОУМ_z} = K_{КС_z} = \frac{K_{ДЕ_\Sigma}^{\geq 0,5} \cdot \{ИБ_{ОБУЧ_z}\}}{N} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где – $\{ИБ_{ОБУЧ_z}\}$ – индивидуальный балл тестирования j -го обучаемого.

Уровни освоения учебного материала за учебную дисциплину (уровни сформированной компетентности) обучаемого могут соответствовать

процентному соотношению итогового обобщенного критерия, указанному в нижеприведенной таблице 1.

Таблица 1– Процентное соотношение итогового обобщенного критерия

Уровень освоения учебного материала	Уровень сформированной компетентностной способности	Процентное соотношение (математическое ожидание) диапазона индивидуальных баллов
Высокий → оценка «отлично»		81 % ... 100 % ($m_{CP} = 90\%$)
Хороший → оценка «хорошо»		66 % ... 80 % ($m_{CP} = 72\%$)
Достаточный → оценка «удовлетворительно»		50 % ... 65 % ($m_{CP} = 58\%$)
Недостаточный → оценка «неудовлетворительно»		Не выполнен критерий для достаточного уровня

Таким образом, в результате синтеза бинарных индикаторных переменных получены булевы выражения для частных, промежуточного и итогового обобщенных критериев уровня освоения учебного материала, по существу представляющие логические модели эталонных ответов обучаемого.

Полученные выражения могут быть положены в основу разработки комбинационных схем на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) или программируемых логических матриц (ПЛИМ) соответствующих устройств формирования вывода информации об уровне (уровнях) освоения учебного материала, необходимой для принятия управленческих решений и выдачи рекомендаций методического характера, способствующих формированию требуемых профессиональных качеств у обучаемого.

Если такими индикаторными переменными возможно формализовано описать составляющие компетентностной способности обучаемого, то

предлагаемый подход может быть положен и в основу синтеза оценки сформированности соответствующего компетентностного уровня.

Полученные математические выражения позволяют легко записывать логические выражения в СДНФ для частных критериев для конкретных тестовых модулей с большим или меньшим числом тематических единиц путем переименования и замены соответствующих номеров индикаторных переменных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звонников В.И., Челышкова М.Б. Контроль качества обучения при аттестации: компетентносный подход. – М.: Логос. Университетская книга. 2009. – 294 с.
2. Звонников В.И., Челышкова М.Б. Современные средства оценивания результатов обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – 3-е изд., стер. – М.: Издательский цент «Академия», 2009. – 224 с.
3. Тельнов Г.В. Тестовый модуль для автоматизированного мониторинга уровня освоения дисциплины «Электроника и схемотехника» // Вестник Адыгейского государственного университета, серия: «Естественно-математические и технические науки». Выпуск 3 (122), 2013 г. с. 90 - 97.

REFERENCES

1. Zvonnikov V.I., Chelyshkova M.B. Kontrol kachestva obucheniya pri attestatsii: kompetentnosnyy podkhod. – M.: Logos. Universitetskaya kniga. 2009. – 294 s.
2. Zvonnikov V.I., Chelyshkova M.B. Sovremennyye sredstva otsenivaniya rezultatov obucheniya: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy – 3-e izd., ster. – M.: Izdatelskiy tsent «Akademiya», 2009. – 224 s.
3. Telnov G.V. Testovyy modul dlya avtomatizirovannogo monitoringa urovnya osvoeniya distsipliny «Elektronika i skhemotekhnika» // Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta, seriya: «Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki». Vypusk 3 (122), 2013 g. s. 90 - 97.

*COMPETENCE LEVELS OF MASTERING LERNING MATERIAL ON THE BASIS
OF DINARY LOGIC OF*

G.V. TELNOV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: tgv56@mail.ru*

Synthesis techniques for mathematical criteria to estimate competence levels of mastering a discipline have been considered. Analytical expressions for particular and general criteria in the form of Boule functions on the basis of indicator binary logical have been obtained. Implementation of the obtained expressions will make it possible to expand the interface of outlets to give information about the levels of mastering the material and make the necessary management solutions to form professional competences of the students.

Key words: automated control of knowledge (competences), binary indicator, topical task, criteria for levels of mastering the material, mathematical expressions of criteria.