

УДК 638.562:51.65.012

В.Е. СНИТЮК

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

В статье изложен анализ причин неудовлетворительного состояния дистанционного обучения в Украине в части разработки и внедрения автоматизированных систем контроля знаний. Выполнена постановка задачи эффективного тестирования и разработаны принципы ее решения. Предложены оригинальный подход к классификации вопросов контроля и методы обработки ответов, которые базируются на синергетических процедурах.

Одним из проявлений современных информационных технологий в образовании есть внедрение дистанционного обучения. В Украине его распространение тормозится слабым развитием коммуникационной инфраструктуры и, не в последнюю очередь, отсутствием единой методологии контроля и оценки знаний студентов. Эта проблема является сложной, слабоструктурированной и, в значительной мере, субъективизированной. Идеи и принципы дистанционного образования могут быть успешно реализованными лишь при минимизации априорной неопределенности оценивания и внедрении автоматизированных систем контроля знаний (АСКЗН).

АСКЗН належат к широкому классу экспертных систем и мы, наверно, не ошибемся, если предположим, что в каждом украинском высшем учебном заведении есть не один программный модуль, с помощью которого проверяют уровень знаний студентов. Большинство из них имеет довольно простую структуру. Каждый тест состоит из определенного количества вопросов. За верный ответ на одно вопрос студент получает "1", за неверную - "0". Числовой отрезок возможных результатов разбивается на интервалы, каждому интервалу отвечает определенная оценка. В лучшем случае вопроса имеют весовые коэффициенты. Такой подход к созданию и использования АСКЗН имеет ряд важных причин:

- создают программные реализации систем контроля знаний, чаще всего, специалисты в компьютерных науках, которые имеют довольно слабые знания педагогики и ее подходов к тестированию, а педагоги не имеют возможности ни оценки тестов из-за их специализированности, ни самостоятельного создания АСКЗН из-за незнания программирования;
- динамика присутствия дисциплин в учебных планах и кадрового состава приводит к отсутствию статистики оценки знаний студентов и, как следствие, невозможности создания качественных заданий и эффективных систем контроля знаний;
- полное отсутствие единой теории построения АСКЗН, моделей и методов, на которых она должна быть основана, известные лишь отдельные подходы, которые базируются на элементарной алгебре и, в лучшем случае, элементах статистики;
- задачи АСКЗН являются неформализованными, отсутствует понятие оптимального теста, не разработанные методы самоорганизации информационной базы в процессе функционирования систем, а также, в зависимости от вида контроля, условия его прерывания.

Рассмотрим АСКЗН, которые используются для завершающего контроля. К ним входят: задача, правила ответов на них, самые ответы, в большинстве случаев, оценки выполнения задач и рекомендации по интерпретации результатов [1]. Целевая функция, которая определяет эффективность, имеет вид

$$E = F(H_1, H_2, H_3, T, K), \quad (1)$$

где T – время контроля, K – количество задач, H_1 – энтропия, которая определяется уровнем знаний студента и его интуицией, H_2 – энтропия, которая присуща преподавателям при оценке знаний студента и базируется на результатах АСКЗН, опыте и интуиции, H_3 – композиционная энтропия внешней среды, студента и преподавателя. Очевидно, что создание эффективной АСКЗН равносильно решению задачи $E \rightarrow \max$, или совокупности задач

$$H_i \rightarrow \min, i = \overline{1,3}, T \rightarrow \min, K \rightarrow \min. \quad (2)$$

Процесс решения задачи (2) должен базироваться на следующих принципах:

1. Необходимым условием эффективного функционирования АСКЗН является разработка логической схемы задач.
2. Достаточным условием является единая методология оценки знаний для разных задач.
3. Эффективное использование АСКЗН возможно лишь при наличии синергетических процедур, направленных на уменьшение времени контроля и количества вопросов.

Логическая схема задач (ЛСЗ) разрабатывается преподавателем и может быть построена аналогично [2]. ЛСЗ имеет вид графа (рис. 1). На нижнем уровне находятся вопросы, которые имеют количественную интерпретацию, и ответы на них учитываются при определении дальнейшей структуры вопросов. При контроле вопросы нижнего уровня выбираются случайным образом. В графе есть вершины, которые имеют качественное представление результата, в общем случае, в виде предикатной функции и определяют переход к группе вопросов другой темы при наборе определенного количества баллов. Среди вершин есть также такие, которые имеют логическое представление результата, формирующегося вследствие выполнения определенных конъюнктивных или дизъюнктивных условий, и предусматривают прекращение теста как в случае отсутствия знаний у студента, так и в случае отличных знаний. Правильное формирование структуры ЛСЗ и ее информационное насыщение является первым фактором, который определяет эффективное функционирование АСКЗН.

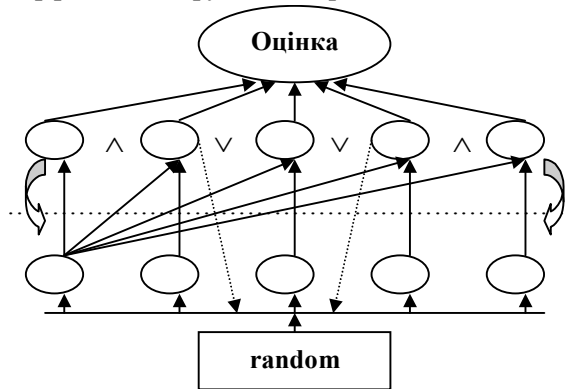


Рис.1. Логічна схема задач контролю

Разработка единой методологии оценки знаний в автоматизированной системе базируется на классификации вопросов в зависимости от вариантов ответов. Как образец, можно использовать варианты вопросов с возможными ответами, предложенными в [3], типа: "Да-Нет", "один из нескольких", "несколько из многих", "число", "интервал", "нечеткий интервал" [4], "слово", "одно или несколько предложений". На взгляд автора, такая классификация на сегодняшний день, является полной и даже несколько чрезмерной. Вопрос

первого типа можно отнести ко второму, второго - к третьему, четвертого и пятого - к шестому типу. Но для удобства расчетов и сохранения структурированности схемы контроля знаний целесообразно эти вопросы рассматривать в отдельности. Главной проблемой на этом этапе есть приведение оценок на контрольные вопросы к единой шкале. Очевидно, что ответа на вопрос типа "Да-Нет" оцениваются по $\{0, 1\}$ - шкале. Оценка ответа на вопрос других типов тоже должна принадлежать отрезку $[0; 1]$, при этом абсолютно правильный ответ имеет оценку "1", а неправильный - "0". Для вопросов второго типа "один из нескольких" (за единственно правильный ответ оценка "1", за неправильные - "0"). Рассмотрим вопрос 3-го типа "несколько из многих". Для верного оценивания каждому правильному ответу предоставим балл так, чтобы сумма всех баллов равнялась единице. Каждый балл определяется исходя из правильности и важности ответа. Все ситуации и оценки приведены в табл. 1.

Для того, чтобы адекватно оценить ответы-числа, преподаватель должен задать среднее значение результата m и среднее квадратичное отклонение σ в случае симметричного распределения возможного результата и m та σ_1 и σ_2 , если распределение асимметрично. Тогда балл за ответ рассчитывается по следующим выражениям:

$$p = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{m-x_0}^{m+x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \right) / 0,9973, \text{ если } p \in (-3\sigma, 3\sigma) \text{ и } p = 0 \text{ в противном случае.}$$

Для асимметрического распределения $p = \frac{p_1}{p_2}$, причем при $x_0 \in (m - 3\sigma_1, m)$

$$p_1 = \int_{x_0}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad p_2 = \int_{m-3\sigma}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx. \text{ Если } x_0 \in (m, m + 3\sigma_2), \text{ то } p_1 = \int_m^{x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx,$$

$$p_2 = \int_m^{m+3\sigma_2} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \text{ для } x_0 \in (m - 3\sigma_1, m) \quad p_1 = \int_{x_0}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad p_2 = \int_{m-3\sigma}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx. \text{ Для}$$

$$x_0 \in (m, m + 3\sigma_2) \quad p_1 = \int_m^{x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \quad p_2 = \int_m^{m+3\sigma_2} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx \text{ и } p = 0 \text{ в противных случаях.}$$

При определении меры правильности ответа мы пользуемся правилом 3σ , известным из теории вероятностей. Следующим видом ответов есть интервал. Если ответом студента есть интервал (α, β) , а преподаватель считает, что в качестве правильного ответа нужно выбрать (a, b) , то балл за ответ определяется следующим образом: $p = 0$, если

$$(\beta \leq a) \vee (\alpha \geq b); \quad p = 1, \quad \text{если} \quad (a \leq \alpha) \wedge (\beta \leq b); \quad p = \frac{b - \alpha}{b - a}, \quad \text{если}$$

$$(a < \alpha) \wedge (\beta > b) \wedge (\alpha < b); \quad p = \frac{\beta - a}{b - a}, \text{ если } \alpha < a < \beta < b.$$

Таблица 1

Ситуация	Балл
1. Одинаковое количество верных и неверных ответов независимо от бальности	0
2. Все выбранные ответы имеют балл "0" (по умолчанию среди ответов есть хотя бы один неверный)	0
3. Количество неверных ответов превышает количество верных	0
4. Выбраны все ответы	0
5. Количество k_1 верных ответов (сумма баллов $S_1 = b_1 + b_2 + \dots + b_{k_1}$) превышает количество k_n неверных	L
$L = S_1 - \max(b_{i_1} + \dots + b_{i_{k_n}})$	

Наиболее сложным и дискуссионным в отношении оценивания является ответ в виде нечеткого интервала [4]. Пусть студент указывает на интервал $(\underline{m}, \overline{m}, \alpha, \beta, h)$ как верный, а преподаватель считает, что верным является интервал $(\underline{M}, \overline{M}, A, B, H)$. Сделаем рациональное упрощение $h = H = 1$, которое будет свидетельствовать о том, что уверенность в некоторых значениях и у студента, и у преподавателя максимальная. Будем считать, что $p = 0$, если

$$(\overline{m} + \beta < \underline{M} - A) \vee (\overline{M} + B < \overline{m} + \beta) \text{ и } p = p_1 + p_2, \text{ где } p_1 = \frac{\text{len}([\underline{m}, \overline{m}] \cap [\underline{M}, \overline{M}])}{\text{len}([\underline{M}, \overline{M}])},$$

$$P_2 = \frac{k_1 \text{len}(\text{пр}([\underline{m} - \alpha, \underline{m}] \text{ I } [\underline{M} - A, \overline{M} + B])) + k_2 \text{len}(\text{пр}([\overline{m}, \overline{m} + \beta] \text{ I } [\underline{M} - A, \overline{M} + B]))}{\text{len}([\underline{M} - A, \underline{M}] \cup [\overline{M}, \overline{M} + B])}, \text{ в}$$

противном случае, k_1, k_2 – коэффициенты, которые отображают меры пересечения и скошенности графиков функций принадлежности, $\text{len}(\ast)$ – функция длины. Последняя формула является дискуссионной, но в первом приближении она дает непротиворечивые результаты и является открытой для внесения изменений и дополнений.

Вопрос с ответами типа "слово" оценивается по синонимическому признаку. Примером таких вопросов является такой: "Если объект имеет указанные свойства, то как он называется?" Каждому слову-синониму назначается балл – оценка семантического соответствия правильному ответу. Единый абсолютно правильный ответ оценивается "1", неправильный – "0". Правильный ответ имеет высший балл из интервала (0; 1), если он является более синонимичным абсолютно правильному ответу.

Если вопрос предусматривает расширенный ответ в виде одного или нескольких предложений, то оценить ее автоматизированной системой на современном уровне развития технических средств не представляется возможным. Он оценивается преподавателям эмпирически.

Суммарный балл подсчитываем с использованием уже известных аддитивных или мультипликативных процедур, поскольку все оценки являются приведенными к [0; 1] – шкале, и в дальнейшем определяем оценку студента. Таким образом, объединение двух формализованных схем: построения логической схемы задач и приведения к единой шкале всего разнообразия вариантов ответов, дает возможность эффективного проектирования и создания автоматизированных систем контроля знаний.

Любая АСКЗН является эффективной лишь тогда, когда она способна реагировать на конкретного студента, который отвечает на вопрос. Эта реакция должна предусматривать самоорганизацию как структуры логической схемы задач, так и наполнения информационной базы. Синергетические эффекты, которые будут достигнуты в результате этих процедур, обеспечат оптимальную работу студента и преподавателя над оцениванием знаний.

Вместе с тем, необходимо заметить, что построение эффективных АСКЗН является композицией знаний экспертов в трех предметных областях: педагогике, компьютерных науках и теории принятия решений. Сегодня объединение знаний всех трех направлений в одном специалисте является довольно редким. И именно поэтому, "канонических" систем АСКЗН в ближайшем будущем в Украине не ожидается. Но это не означает прекращения работ по созданию новых и использованию существующих АСКЗН. Страна движется, к сожалению, медленно, в направлении создания информационного общества на первом этапе и к "обществу без границ" – на втором, что будет ускорять развитие дистанционного образования и использования автоматизированных систем контроля знаний как в высшей школе, так и в средней.

Список литературы: 1. *Аванесов В.С.* Научные основы тестового контроля знаний. Г.: Иссл. центр, 1994. - 135с. 2. *Снитюк В.Е.* Методы уменьшения неопределенности на начальных этапах проектирования систем с сменной структурой. Автореф. дисс. канд. техн. наук/КНУБА. - Киев, 1999. - 18с. 3. *Снитюк В.Э., Рифат Мохаммед Али.* Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности // Вестник ЧИТИ. - №4. - 2000. - С. 121-126. 4. *Дюбуа Д., Прад А.* Теория возможностей. - Г.: Радио и связь, 1990. - 286 с.