

А.В. МАКАРОВ

**Метод автоматизированной
диагностики уровня усвоения
учебного материала на основе
семантико-логических
взаимосвязей контрольных
заданий**

УДК 004.04:004.822

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича
Столетовых», г. Муром

В статье обобщаются существующие недостатки методов автоматизированной диагностики уровня усвоения учебного материала. В качестве предлагаемого решения по их преодолению приводится разработанный метод, включая описания модели структурирования контрольно-измерительных материалов и алгоритма расчета итогового балла контрольного задания на базе взвешенных семантико-логических взаимосвязей. Рассматриваются результаты анализа состоятельности разработанного метода.

In article existing lacks of automated diagnostics methods level of mastering of a teaching material are generalized. As the offered decision on their overcoming the developed method, including descriptions of model of structuration of control and measuring materials and algorithm of calculation of a total point of the control task on the basis of the weighed semantics-logical interrelations is resulted. Results of the analysis of a solvency of the developed method are considered.

Устойчивый рост востребованности инфокоммуникационных технологий в области дополнительных форм образования вместе с

качественным повышением требований к ним рождает сегодня закономерную необходимость в совершенствовании подходов и методов, применяемых в разработке информационно-образовательных систем (ИОС). Одной из важнейших составляющих любой ИОС является диагностика уровня усвоения учащимся дидактического материала. Автоматизированная диагностика уровня усвоения учебного материала обладает наряду с неоспоримыми преимуществами оперативности, гибкости и уменьшения влияния человеческого фактора в процедуре получения результата также и серьезными недостатками, на преодоление которых направлены многие работы в области контроля знаний. Наиболее значимые недостатки существующих методов диагностики заключаются в расчете и трактовке результата оценки уровня знаний учащегося [1, 2]. К ним следует отнести:

- недостаточная достоверность конечной оценки уровня усвоения учебного материала вследствие возможности выбора случайного ответа, особенно при закрытом типе контрольных заданий;

- высокая трудоемкость разработки структуры контрольно-измерительных материалов (КИМ);

- невозможность определения причин пробелов в знаниях по итоговой оценке уровня усвоения учебного материала вследствие несовершенства подходов к структурированию КИМ;

- недостаточная мотивация учащегося к непосредственно изучению учебного материала — вместо этого ученик нацелен на освоение техники решения отдельных контрольных заданий, что, в конечном счете, нарушает смысловую цепочку «контроль как мотивация к изучению».

В настоящее время обозначенные выше недостатки автоматизированных методов диагностики степени усвоения учебного материала решены частично — применение вероятностной составляющей при значительном числе контрольных заданий в тесте позволяет несколько повысить уровень достоверности результатов диагностики, а разработка средств автоматизированного проектирования КИМ позволяет сократить время на их создание и обновление. Однако контекстная независимость вероятностной составляющей от содержания и структуры контрольных заданий сужает область применения подобного решения, в особенности при небольшом коли-

честве тестовых заданий. Важным аспектом проектирования методов автоматизированного контроля знаний, напрямую влияющим на возможную глубину анализа и достоверность результатов диагностики, является взаимная интеграция с остальными составляющими ИОС, главным образом с подсистемой формализации дидактического материала [3].

Исходя из этого, актуальной является задача разработки метода автоматизированной диагностики уровня усвоения учебного материала, направленного на повышение объективности и достоверности количественной оценки степени усвоения учебного материала, а также на обеспечение расширенных возможностей по ее причинно-следственному анализу. Для решения поставленной задачи необходимо:

- сформулировать педагогическую основу совершенствования существующих подходов к структурированию содержания КИМ;
- разработать модель представления КИМ, опираясь на сформулированную педагогическую основу о совершенствовании подходов к структурированию КИМ;
- предложить алгоритм расчета количественной оценки результата решения контрольного задания на основе его семантико-логических взаимосвязей;
- разработать на основе предложенных модели и алгоритма метод автоматизированной диагностики уровня усвоения учебного материала.

В качестве основы совершенствования подходов к структурированию КИМ выдвинута следующая гипотеза: степень объективности и достоверности количественной оценки качества решения контрольного задания будет повышена, если при ее расчете учитывать семантико-логические взаимосвязи задания с другими контрольными заданиями, входящими в состав КИМ. Применение единого подхода к структурированию содержания учебного и КИМ обеспечивают взаимную интеграцию подсистем формализации учебного материала и диагностики уровня его усвоения учащимся.

По результатам анализа существующих подходов к структурированию КИМ в рамках ИОС, а также опираясь на сформулированную гипотезу о необходимости учета семантико-логических взаимо-

связей между контрольными заданиями, была разработана следующая информационная модель представления КИМ.

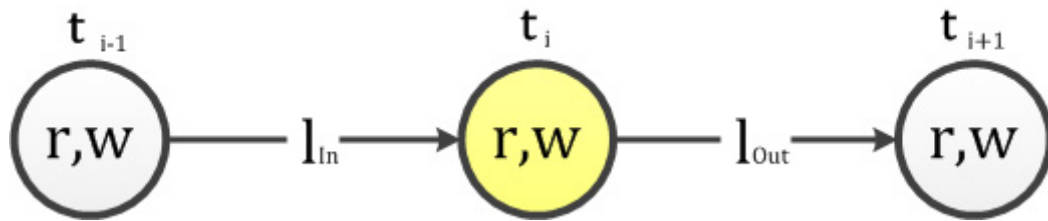


Рис. 1. Модель представления контрольно-измерительных материалов на основе семантико-логических взаимосвязей контрольных заданий

С математической точки зрения предложенная модель является взвешенным орграфом, вершины T которого — контрольные задания, а ребра L — семантико-логические взаимосвязи между ними. Контрольное задание содержит два параметра: r — индикатор верности решения задания и w — вес (балл) задания. Каждое контрольное задание может быть связано с некоторым числом других контрольных заданий. Степень взаимосвязи контрольных заданий определяется весом соответствующего ребра.

Математическое описание модели имеет следующий вид. Пусть $G = \langle T, L \rangle$ есть орграф контрольных заданий T и семантико-логических взаимосвязей L между ними. Множество контрольных заданий:

$$T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$$

Тогда числовые параметры контрольных заданий описываются следующим образом:

$$t_i = (r, w) | r \in \{0, 1\}, w \in N$$

Необходимо определить относительно выбранного контрольного задания множество смежных ему контрольных заданий, разделив по направлению связей на множество входящих вершин T_{In} и множество исходящих вершин T_{Out} :

$$T_{In} \subseteq T$$

$$T_{In} = \{t_{in_1}, t_{in_2}, t_{in_3}, \dots, t_{in_k}\}$$

$$T_{Out} \subseteq T$$

$$T_{Out} = \{t_{out_1}, t_{out_2}, t_{out_3}, \dots, t_{out_m}\}$$

Множество семантико-логических взаимосвязей L между контрольными заданиями разделяется на аналогичные множества:

$$L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_s\}$$

$$L_{in} \subseteq L$$

$$L_{in} = \{l_{in_1}, l_{in_2}, l_{in_3}, \dots, l_{in_r}\}$$

$$L_{out} \subseteq L$$

$$L_{out} = \{l_{out_1}, l_{out_2}, l_{out_3}, \dots, l_{out_m}\}$$

$$Q_L = \left\{ \frac{p}{q} \mid p \in \mathbb{N} \wedge q \in \mathbb{N} \wedge q \neq 0 \wedge p < q \right\}$$

$$l_i \in Q_L$$

Определим, что итоговый вес (балл) контрольного задания зависит от правильности его решения, правильности решения смежных ему контрольных заданий и степени их взаимосвязанности. Итоговый балл за задание рассчитывается после того как учащийся даст ответы на все задания диагностического материала. Примем, что наличие исходящей семантико-логической связи l_i от контрольного задания A к контрольному заданию B , означает — решение задания A основывается на решении задания B и количественной мерой этого отношения есть вес l_i .

На основании этого в количественной оценке правильности решения контрольного задания выделяется инвариантная (самостоятельная) часть задания и вариативная. Инвариантная составляющая не зависит от правильности решения смежных контрольных заданий, тогда как вариативная, наоборот, устанавливает зависимость итогового балла за контрольное задание от правильности решения смежных заданий. Примем сумму пропорций инвариантной и вариативной частей равной 1. Тогда необходимо установить следующее ограничение:

$$\sum_{i=1}^{r_{out}} l_{out_i} < 1$$

Графически выделение инвариантной и вариативной составляющих в итоговой количественной оценке решения контрольного задания представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Инвариантная и вариативная составляющие в итоговой количественной оценке решения контрольного задания

В ходе работы над определением характера числовых зависимостей между итоговым баллом за решение контрольного задания и количественными мерами семантико-логических взаимосвязей со смежными заданиями был предложен следующий алгоритм, реализующий снижение итогового балла пропорционально весам вариативных составляющих в случае неверного решения смежных контрольных заданий.

Опираясь на разработанную модель представления КИМ, представленных взвешенным орграфом G , для расчета количественной оценки правильности решения некоторого количества контрольных заданий n , необходимо определить числовые зависимости между параметрами контрольных заданий (вес и индикатор верности решения), а также количественными мерами их семантико-логических взаимосвязей. В общем виде совокупный количественный результат, получаемый учащимся по окончании диагностической процедуры, есть величина R :

$$R = \sum_{i=1}^n f(G, i)$$

Согласно принятому положению о необходимости пропорционального снижения итогового балла за решение контрольного задания в случае не решения смежных ему заданий определим следующие числовые зависимости:

– для расчета коэффициента пропорционального снижения итогового балла задания в зависимости от параметров элементов множеств T_{In} и L_{In} :

$$VariantIn(G, i) = \sum_{j=1}^{|T_{In}|} \left(1 - \frac{l_{Inj} * (1 - r_{t_{Inj}})}{|T_{In}|} \right)$$

– для расчета коэффициента пропорционального снижения итогового балла задания в зависимости от параметров элементов множеств T_{Out} и L_{Out} :

$$VariantOut(G, i) = \sum_{h=1}^{|T_{Out}|} \left(r_{t_{Out h}} * l_{Out h} + \left(1 - \sum_{h=1}^{|T_{Out}|} l_{Out h} \right) \right)$$

В зависимости от определяемых относительно каждого контрольного задания множеств T_{In} и T_{Out} функция $f(G, i)$ принимает вид:

$$\begin{aligned} & \text{– при } |T_{In}| = 0 \wedge |T_{Out}| = 0, \\ & r_{t_i} * w_{t_i} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} & \text{– при } |T_{In}| \neq 0 \wedge |T_{Out}| = 0, \\ & r_{t_i} * w_{t_i} * VariantIn(G, i) \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} & \text{– при } |T_{In}| = 0 \wedge |T_{Out}| \neq 0, \\ & r_{t_i} * w_{t_i} * VariantOut(G, i) \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} & \text{– при } |T_{In}| \neq 0 \wedge |T_{Out}| \neq 0, \\ & r_{t_i} * w_{t_i} * VariantIn(G, i) * VariantOut(G, i) \end{aligned} \tag{4}$$

Тогда алгоритм расчета количественной оценки результата решения контрольного задания на основе его семантико-логических взаимосвязей представлен на рисунке 3.

Основываясь на разработанных модели представления КИМ и алгоритме расчета количественной оценки результата решения контрольного задания на основе семантико-логических взаимосвязей, опишем искомый метод автоматизированной диагностики уровня усвоения учебного материала:

1. Необходимо осуществить выбор контрольных заданий, входящих в КИМ;
2. Определить вес (балл) каждого из контрольных заданий;
3. Установить семантико-логические взаимосвязи между контрольными заданиями.
4. Определить веса семантико-логических взаимосвязей в зависимости от педагогических целей проведения диагностики;
5. Сохранить результаты выбора ответов на каждое контрольное задание и определить верно, или неверно оно было решено.
6. На основе предложенного алгоритма выполнить расчет количественной оценки уровня усвоения учебного материала.

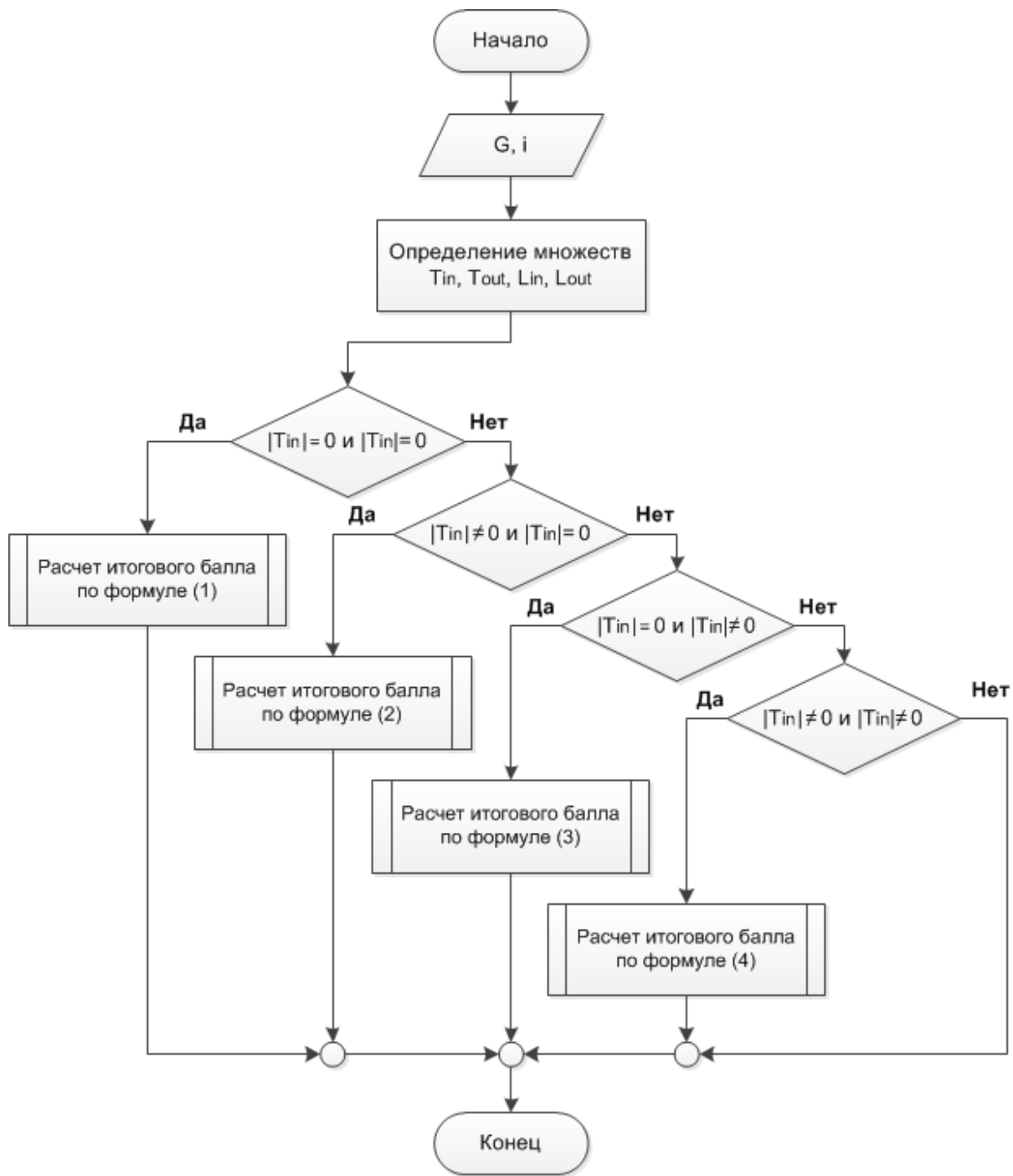


Рис. 3. Блок-схема алгоритма

Для проверки состоятельности описанного метода проведем тестовый расчет оценки усвоения учебного материала с приведением всех возможных вариантов исхода решения контрольных заданий. Для этого согласно разработанной модели выберем три произвольных контрольных задания $B-L1 \rightarrow A-L2 \rightarrow C$, затем случайным образом установим соответствующие параметры модели.

Таблица 1

#	r(A)	r(B)	r(C)	w(A)	w(B)	w(C)	L1	L2	R	S
1	0	0	0	10	20	5	0,5	0,5	0	0
2	0	0	1	10	20	5	0,5	0,5	2,5	5
3	0	1	0	10	20	5	0,5	0,5	10	20
4	0	1	1	10	20	5	0,5	0,5	12,5	25
5	1	0	0	10	20	5	0,5	0,5	2,5	10
6	1	0	1	10	20	5	0,5	0,5	10	15
7	1	1	0	10	20	5	0,5	0,5	25	30
8	1	1	1	10	20	5	0,5	0,5	35	35

Все входные данные модели, результаты расчетов согласно предложенному алгоритму R и расчета простым суммированием баллов контрольных заданий S приведены в таблице 1. Более наглядно сравнение результатов расчета представлено на рисунке.

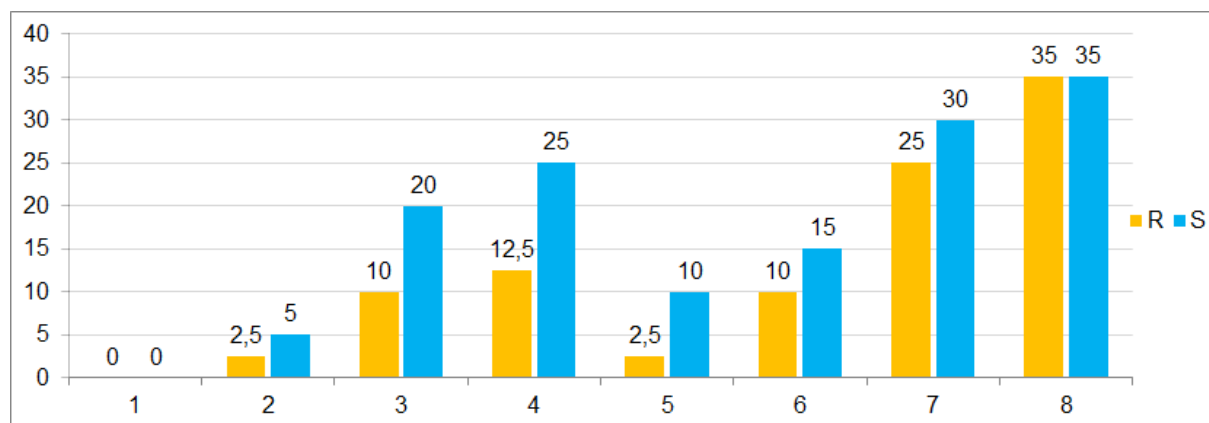


Рис. 4. Диаграмма сравнения результатов расчет итоговой оценки уровня усвоения учебного материала

Сравнение результатов, полученных в ходе проверки предложенного метода диагностики уровня усвоения учебного материала на основе семантико-логических взаимосвязей контрольных заданий показывает его состоятельность благодаря тому, что:

– появление возможности управления весами семантико-логических отношений между контрольными заданиями повысило объективированность диагностических процедур и гибкость структу-

ры КИМ, тем самым обеспечило их ориентированность на диагностику усвоения учебного материала как целостного знания;

– применение предложенного алгоритма расчета балла за решение контрольного задания повысило мотивацию учащегося к изучению учебного материала, а не совершенствованию техники решения тестовых задач;

– применение единого подхода к структурированию учебного и КИМ в рамках ИОС повысило степень интеграции соответствующих подсистем ИОС, расширив возможности по причинно-следственному анализу результатов диагностики.

Литература

1. *Шихнабиева Т.Ш.* Методические основы представления и контроля знаний в области информатики с использованием адаптивных семантических моделей // Дисс... докт.пед.наук, М.: 2009. — 302 с.

2. *Немсцверидзе З.Ш.* Модели и методы проектирования программных систем анализа и контроля знаний // Дисс... канд. техн. Наук, М.: 2010 — 192 с.

3. *Башмаков А.И. , Башмаков И. А .* Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана — 2005. — 304 с. (Информатика в техническом университете).