

С.А. МАХМУТОВ, С.А. МИХАЛКИН

## АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ СТРУКТУР ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ТЕСТОВОМ КОНТРОЛЕ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрена проблема математического описания алгоритма определения оптимальных областей структур тестовых заданий при систематическом тестовом контроле учебных достижений обучающихся в организации высшего профессионального образования для промежуточного и рубежного контроля. Алгоритм определения оптимальных областей структур тестовых заданий является адаптивным за счет настраиваемых весовых объемных коэффициентов. При внедрении в организации высшего профессионального образования автоматизированной системы тестирования учебных достижений обучающихся, в которой реализован алгоритм определения оптимальных областей структур тестовых заданий, решается задача оптимизации контроля учебного процесса.

При систематическом тестовом контроле результатов учебных достижений обучающихся (текущем/промежуточном/рубежном/итоговом контролях) в организациях высшего профессионального образования (ВПО) структуры тестовых заданий с учетом идентификационных признаков  $(d, i, \aleph, \{v' / j' / m'\}, \{\delta' / t' / r' / \alpha'\}, \{v / j / m / l\}, \{c_1 / c_2 / c_3 / c_4\})$  формируются экспертами на курс (семестр) обучения заранее, до проведения контроля.

При внедрении в организации ВПО автоматизированной системы тестирования учебных достижений обучающихся, в зависимости от результатов тестирования на предыдущих итерациях, появляется возможность решить задачу оптимального контроля учебного процесса через определение областей тестирования  $Z$ :

для каждой  $d$ -й группы обучающихся;

по всем  $i$ -м дисциплинам, изучаемым в организации ВПО;

по 2 ( $\aleph = [2, 3]$ ) видам контроля (промежуточному и рубежному);

на всех  $j'$ -х и  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного контролей;

по  $t', r'$ -м номерам областей тестирования.

При этом необходимо учитывать дополнительные признаки структур тестовых заданий  $Z$ :

1.  $v / j / m / l$  – порядковые номера подмножеств тестовых вопросов, из которых формиру-

ются тестовые задания, по  $i$ -й дисциплине при текущем/промежуточном/рубежном/ итоговом контролях.

2.  $c_1 / c_2 / c_3 / c_4$  – общее количество тестовых вопросов в тестовом задании при текущем, промежуточном, рубежном и итоговом тестовых контролях.

Следует отметить, что при текущем тестовом контроле ( $\aleph = 1$ ) учебных достижений обучающихся результаты тестирования на предшествующей итерации ( $v' - 1$ ) по области тестирования  $Z_{di1\{v'-1\}\delta'vc_1}$  не влияют на определение области тестирования  $Z_{di1v'\delta'vc_1}$  в настоящий момент времени. Это связано с тем, что текущий контроль учебных достижений обучающихся всегда проводится по различным разделам изучаемой дисциплины, т.е. тестовые вопросы на всех итерациях контроля являются различными и не связаны друг с другом.

Следовательно, для текущего контроля учебных достижений обучающихся область тестирования в настоящий момент времени всегда равняется структуре тестового задания на текущей итерации:

$$Z_{di1v'\delta'vc_1} = Z_{di1v'\delta'vc_1}.$$

Как было замечено ранее, итоговый контроль ( $\aleph = 4$ ), в отличие от текущего, промежуточного и рубежного контролей, проводится только один

раз: по завершению цикла изучения дисциплины. В связи с этим при итоговом контроле учебных достижений обучающихся нет возможности определения областей тестирования в зависимости от предыдущих результатов итогового контроля.

Таким образом, при систематическом контроле учебных достижений только для промежуточного и рубежного контроля ( $\aleph = 2, 3$ ) возможно определение областей тестирования в настоящий момент времени  $\mathbb{Z}_{di\{2/3\}\{j'/m'\}\{t'/r'\}\{j/m\}\{c_2/c_3\}}$  с учетом результатов учебных достижений обучающихся на  $\{j' - 1/m' - 1\}$ -х итерациях тестирования.

Рассмотрим алгоритм определения областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di\{2/3\}\{j'/m'\}\{t'/r'\}\{j/m\}\{c_2/c_3\}}$  для промежуточного и рубежного контролей при  $\aleph = 2, 3$ .

Примем за аксиому, что области тестирования  $\mathbb{Z}_{di\{2/3\}\{j'/m'\}\{t'/r'\}\{j/m\}\{c_2/c_3\}}$  на  $j', m'$ -х итерациях формируются посредством объединения областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di\{2/3\}\{j'-1/m'-1\}\{t'/r'\}\{j/m\}\{c_2/c_3\}}$  на  $\{j' - 1/m' - 1\}$ -х итерациях с учетом соответствующих коэффициентов  $A_{di2j't'}/A_{di3m'r'}$  и структуры тестового задания на  $j', m'$ -х итерациях  $\mathbb{Z}_{di\{2/3\}\{j'/m'\}\{t'/r'\}\{j/m\}\{c_2/c_3\}}$  с учетом соответствующих коэффициентов  $A_{di2j't'}^z/A_{di3m'r'}^z$ .

$$\mathbb{Z} A_{di2j't'} \cdot \mathbb{Z} A_{di2j't'}^z \cdot \mathbb{Z}_{di2j't'j_2c_2};$$

$$\mathbb{Z} A_{di3m'r'} \cdot \mathbb{Z} A_{di3m'r'}^z \cdot \mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3},$$

где  $A_{di2j't'}$  – объемный коэффициент области тестирования для  $d$ -й группы обучающихся по  $i$ -й дисциплине при промежуточном контроле ( $\aleph = 2$ ) на  $j'$ -й итерации тестирования с  $t'$ -м порядковым номером;  $A_{di3m'r'}$  – объемный коэффициент области тестирования для  $d$ -й группы обучающихся по  $i$ -й дисциплине при рубежном контроле ( $\aleph = 3$ ) на  $m'$ -й итерации тестирования с  $r'$ -м порядковым номером;  $A_{di2j't'}^z$  – объемный

коэффициент структуры тестового задания для  $d$ -й группы обучающихся по  $i$ -й дисциплине при промежуточном контроле ( $\aleph = 2$ ) на  $j'$ -й итерации тестирования с  $t'$ -м порядковым номером;

$A_{di3m'r'}^z$  – объемный коэффициент структуры тестового задания с  $r'$ -м порядковым номером для  $d$ -й группы обучающихся по  $i$ -й дисциплине при рубежном контроле ( $\aleph = 3$ ) на  $m'$ -й итерации тестирования с  $r'$ -м порядковым номером;

$$A_{di2j't'} = [0, 1], \quad A_{di2j't'}^z = [0, 1],$$

$$A_{di2j't'} + A_{di2j't'}^z = 1,$$

$$A_{di3m'r'} = [0, 1], \quad A_{di3m'r'}^z = [0, 1],$$

$$A_{di3m'r'} + A_{di3m'r'}^z = 1.$$

Для первой итерации систематического контроля учебных достижений обучающихся при промежуточном и рубежном тестировании ( $j' = 1/m' = 1$ ) область тестирования идентична первоначальной структуре тестового задания, подготовленной группой экспертов:

$$\mathbb{Z}_{di2j't'j_2c_2} = \mathbb{Z}_{di2j't'j_2c_2},$$

$$\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3} = \mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3},$$

т.е. в данном случае

$$A_{di21r'} = 0, \text{ а } A_{di21r'}^z = 1;$$

$$A_{di31r'} = 0, \text{ а } A_{di31r'}^z = 1.$$

Примем за аксиому следующие выражения:

$$A_{di2j't'} \leq A_{di2j't'}^z,$$

$$A_{di3m'r'} \leq A_{di3m'r'}^z.$$

При проведении  $j'$ -х,  $m'$ -х итераций систематического контроля учебных достижений обучающихся объемные коэффициенты  $A_{di2j't'}$ ,  $A_{di3m'r'}$  находятся в следующих пределах:

$$0 \leq A_{di2j't'} \leq \wp_{di2j't'},$$

$$0 \leq A_{di3m'r'} \leq \wp_{di3m'r'},$$

где  $\wp_{di2j't'}$  – пороговое значение объемного коэффициента  $A_{di2j't'}$ ;  $\wp_{di3m'r'}$  – пороговое значение

объемного коэффициента  $A_{di3m'r'}$ . При этом

$$\wp_{di2j't'} = 0,5,$$

$$\wp_{di3m'r'} = 0,5.$$

Если на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях систематического контроля учебных достижений объемные коэффициенты областей тестирования  $A_{di2j't'} \rightarrow 0$ ,  $A_{di3m'r'} \rightarrow 0$ , то объемные коэффициенты структур тестовых заданий  $A_{di2j't'}^z \rightarrow 1$ ,  $A_{di3m'r'}^z \rightarrow 1$ . И следовательно, области тестирования максимально приближаются к структурам тестовых заданий, т.е.

$$\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2} \rightarrow Z_{di2j't'jc_2},$$

$$\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3} \rightarrow Z_{di3m'r'mc_3}.$$

Если на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях систематического контроля учебных достижений объемные коэффициенты областей тестирования  $A_{di2j't'} \rightarrow \wp_{di2j't'}$ ,  $A_{di3m'r'} \rightarrow \wp_{di3m'r'}$ , то объемные коэффициенты структур тестовых заданий  $A_{di2j't'}^z \rightarrow 1 - \wp_{di2j't'}$ ,  $A_{di3m'r'}^z \rightarrow 1 - \wp_{di3m'r'}$ . И следовательно, области тестирования на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях приближаются до 50 % к областям тестирования на  $j'-1$ -х,  $m'-1$ -х итерациях, объединенных со структурами тестовых заданий на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях с поправкой на пороговые значения  $\wp_{di2j't'}$ ,  $\wp_{di3m'r'}$ , т.е.

$$\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \wp_{di2j't'} \cdot \mathbb{Z}_{di2\{j'-1\}t'jc_2} \cup (1 - \wp_{di2j't'}) \cdot Z_{di2j't'jc_2},$$

$$\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3} \rightarrow$$

$$\rightarrow \wp_{di3m'r'} \cdot \mathbb{Z}_{di3\{m'-1\}r'mc_3} \cup (1 - \wp_{di3m'r'}) \cdot Z_{di3m'r'mc_3}.$$

Будем считать, что количество тестовых вопросов является постоянным ( $c_2 = \text{const}$ ,  $c_3 = \text{const}$ ) для всех областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  в течение определенного курса обучения.

Введем новые переменные  $\theta_{i2jtc'_2ds_d}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d}$  – ответы на вопросы  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$ .

При проведении  $j'$ -х,  $m'$ -х итераций промежуточного и рубежного тестирования осуществляются статистическая обработка и анализ результатов (ответов)  $\theta_{i2jtc'_2ds_d}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d}$  по всем тестовым вопросам (описанным с дополнительными признаками  $c'_2, c'_3, d$ )  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$ , для каждого тестируемого  $Y_{ds_d}$  из  $d$ -й группы обучающихся.

Для  $G_d$  – количества обучающихся в  $d$ -й группе справедливо следующее выражение:

$$G_d = \bigcup_{s_d=1}^{\zeta_d} Y_{ds_d},$$

где  $d$  – порядковый номер группы обучающихся,  $d = [1, b]$ ;  $s_d$  – порядковый номер обучающегося в  $d$ -й группе ( $s_d = [1, \zeta_d]$ );  $Y_{ds_d}$  –  $s_d$ -й обучающийся в  $d$ -й группе.

Если на вопросы  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования обучающимися  $Y_{ds_d}$   $d$ -й группы даны правильные ответы ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = \text{true}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = \text{true}$ ), то  $\theta_{i2jtc'_2ds_d}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d}$  присваивается значение 1 ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = 1$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = 1$ ).

Если на вопросы  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования обучающимися  $Y_{ds_d}$   $d$ -й группы даны неправильные ответы ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = \text{false}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = \text{false}$ ), то  $\theta_{i2jtc'_2ds_d}$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d}$  присваивается значение 0 ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = 0$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = 0$ ).

Далее определяется  $A_{i2jtc'_2d}$ ,  $A_{i3mrc'_3d}$  – количество правильных ответов ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = 1$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = 1$ ) по всем тестовым вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на

$j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования для всех тестируемых  $Y_{ds_d}$  из  $d$ -й группы обучающихся:

$$A_{i2jtc'_2d} = \sum_{s_d=1}^{\zeta_d} O_{i2jtc'_2ds_d},$$

$$A_{i3mrc'_3d} = \sum_{s_d=1}^{\zeta_d} O_{i3mrc'_3ds_d}.$$

Затем определяется  $\bar{A}_{i2jtc'_2d}$ ,  $\bar{A}_{i3mrc'_3d}$  – количество неправильных ответов ( $\theta_{i2jtc'_2ds_d} = 0$ ,  $\theta_{i3mrc'_3ds_d} = 0$ ) по всем тестовым вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования для всех тестируемых  $Y_{ds_d}$  из  $d$ -й группы:

$$\bar{A}_{i2jtc'_2d} = \zeta_d - A_{i2jtc'_2d},$$

$$\bar{A}_{i3mrc'_3d} = \zeta_d - A_{i3mrc'_3d}.$$

После чего определяется степень сложности  $\bar{U}_{i2jtc'_2d}$ ,  $\bar{U}_{i3mrc'_3d}$  по всем тестовым вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования для всех тестируемых  $Y_{ds_d}$  из  $d$ -й группы:

$$\bar{U}_{i2jtc'_2d} = A_{i2jtc'_2d} : \zeta_d;$$

$$\bar{U}_{i3mrc'_3d} = A_{i3mrc'_3d} : \zeta_d.$$

Если при проведении промежуточного и рубежного тестирования по всем тестовым вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования  $d$ -я группа обучающихся правильно ответила не менее чем на 70%  $V_{i2jtc'_2}$ ,  $V_{i3mrc'_3}$ -х вопросов, то вопросам  $V_{i2jtc'_2}$ ,  $V_{i3mrc'_3}$  присваивается значение 1:

$$\exists \bar{U}_{i2jtc'_2d} \geq 0,7 \Rightarrow V_{i2jtc'_2d} = 1,$$

$$\exists \bar{U}_{i3mrc'_3d} \geq 0,7 \Rightarrow V_{i3mrc'_3d} = 1,$$

а также к идентификационным признакам тестовых вопросов  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  добавляется признак «true»:

$$V_{i2jtc'_2d} = V_{i2jtc'_2d} \{true\},$$

$$V_{i3mrc'_3d} = V_{i3mrc'_3d} \{true\}.$$

Если при проведении промежуточного и рубежного тестирования по всем тестовым вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования  $d$ -я группа обучающихся правильно ответила менее чем на 70%  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$ -х вопросов, то вопросам  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  присваивается значение 0:

$$\exists \bar{U}_{i2jtc'_2d} < 0,7 \Rightarrow V_{i2jtc'_2d} = 0,$$

$$\exists \bar{U}_{i3mrc'_3d} < 0,7 \Rightarrow V_{i3mrc'_3d} = 0,$$

а также к идентификационным признакам тестовых вопросов  $V_{i2jtc'_2d}$ ,  $V_{i3mrc'_3d}$  добавляется признак «false»:

$$V_{i2jtc'_2d} = V_{i2jtc'_2d} \{false\},$$

$$V_{i3mrc'_3d} = V_{i3mrc'_3d} \{false\}.$$

Далее определяются  $X_{i2jtc'_2d}$ ,  $X_{i3mrc'_3d}$  – количество тестовых вопросов  $V_{i2jtc'_2d} \{true\}$ ,  $V_{i3mrc'_3d} \{true\}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся:

$$X_{i2jtc'_2d} = \sum_{c'_2}^{c_2} V_{i2jtc'_2d},$$

$$X_{i3mrc'_3d} = \sum_{c'_3}^{c_3} V_{i3mrc'_3d}.$$

Также определяются  $\bar{X}_{i2jtc'_2d}$ ,  $\bar{X}_{i3mrc'_3d}$  – количество тестовых вопросов  $V_{i2jtc'_2d} \{false\}$ ,  $V_{i3mrc'_3d} \{false\}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,

$\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся:

$$\bar{X}_{i2jtc_2d} = c_2 - X_{i2jtc_2d},$$

$$\bar{X}_{i3mrc_3d} = c_3 - X_{i3mrc_3d}.$$

Затем необходимо определить  $\Delta_{i2jtc_2d}$ ,  $\Delta_{i3mrc_3d}$  – области тестовых вопросов с вопросами  $V_{i2jtc_2d} \{true\}$ ,  $V_{i3mrc_3d} \{true\}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся:

$$\Delta_{i2jtc_2d} = \bigcup_{c_2}^{X_{i2jtc_2d}} V_{i2jtc_2d} \{true\},$$

$$\Delta_{i3mrc_3d} = \bigcup_{c_3}^{X_{i3mrc_3d}} V_{i3mrc_3d} \{true\}.$$

Также следует определить  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$  – области тестовых вопросов с вопросами  $V_{i2jtc_2d} \{false\}$ ,  $V_{i3mrc_3d} \{false\}$  областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ ых,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся:

$$\bar{\Delta}_{i2jtc_2d} = \bigcup_{c_2}^{\bar{X}_{i2jtc_2d}} V_{i2jtc_2d} \{false\},$$

$$\bar{\Delta}_{i3mrc_3d} = \bigcup_{c_3}^{\bar{X}_{i3mrc_3d}} V_{i3mrc_3d} \{false\}.$$

Для областей  $\Delta_{i2jtc_2d}$ ,  $\Delta_{i3mrc_3d}$  и  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$  справедливы следующие выражения:

$$\Delta_{i2jtc_2d} \text{ I } \bar{\Delta}_{i2jtc_2d} = \emptyset,$$

$$\Delta_{i3mrc_3d} \text{ I } \bar{\Delta}_{i3mrc_3d} = \emptyset,$$

$$\Delta_{i2jtc_2d} \subset \mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}, \bar{\Delta}_{i2jtc_2d} \subset \mathbb{Z}_{di2j't'jc_2},$$

$$\Delta_{i3mrc_3d} \subset \mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}, \bar{\Delta}_{i3mrc_3d} \subset \mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3},$$

$$\Delta_{i2jtc_2d} \cup \bar{\Delta}_{i2jtc_2d} = \mathbb{Z}_{di2j't'jc_2},$$

$$\Delta_{i3mrc_3d} \cup \bar{\Delta}_{i3mrc_3d} = \mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}.$$

Будем считать, что дидактический материал тем (разделов) тестовых вопросов  $V_{i2jtc_2d}$ ,  $V_{i3mrc_3d}$ , находящихся в областях  $\Delta_{i2jtc_2d}$ ,  $\Delta_{i3mrc_3d}$ , областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  на  $j'$ -х,  $m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся достаточно освоен на текущем этапе обучения. Поэтому в областях тестирования  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  на  $\{j'+1\}$ -х,  $\{m'+1\}$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся, тестовые вопросы  $V_{i2jtc_2d}$ ,  $V_{i3mrc_3d}$  областей  $\Delta_{i2jtc_2d}$ ,  $\Delta_{i3mrc_3d}$  не будут использоваться:

$$\Delta_{i2jtc_2d} \text{ I } \mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2} = \emptyset,$$

$$\Delta_{i3mrc_3d} \text{ I } \mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3} = \emptyset.$$

При определении  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  областей допустимых значений тестовых вопросов на  $\{j'+1\}$ -х,  $\{m'+1\}$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся будут использоваться тестовые вопросы  $V_{i2jtc_2d}$ ,  $V_{i3mrc_3d}$  областей  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$ :

$$\bar{\Delta}_{i2jtc_2d} \text{ I } \mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2} \neq \emptyset,$$

$$\bar{\Delta}_{i3mrc_3d} \text{ I } \mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3} \neq \emptyset.$$

Если

$$\bar{X}_{i2jtc_2d} : c_2 \leq \wp_{di2j't'},$$

$$\bar{X}_{i3mrc_3d} : c_3 \leq \wp_{di3m'r'},$$

то в областях тестирования  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  на  $\{j'+1\}$ -х,  $\{m'+1\}$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х

групп обучающихся, тестовые вопросы  $V_{i2jtc_2d}$ ,  $V_{i3mrc_3d}$  областей  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$  входят полностью – 100%.

В этом случае области  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  вычисляются как

$$\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2} = \bar{\Delta}_{i2jtc_2d} + A_{di2\{j'+1\}t'}^z \cdot Z_{di2\{j'+1\}t'jc_2},$$

где  $A_{di2\{j'+1\}t'}^z = 1 - \bar{X}_{i2jtc_2d} : c_2$ ;

$$\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3} = \bar{\Delta}_{i3mrc_3d} + A_{di3\{m'+1\}r'}^z \cdot Z_{di3\{m'+1\}r'mc_3},$$

где  $A_{di3\{m'+1\}r'}^z = 1 - \bar{X}_{i3mrc_3d} : c_3$ .

Если

$$\bar{X}_{i2jtc_2d} : c_2 > \wp_{di2j't'},$$

$$\bar{X}_{i3mrc_3d} : c_3 > \wp_{di3m'r'},$$

то в областях тестирования  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  на  $\{j'+1\}$ -х,  $\{m'+1\}$ -х итерациях промежуточного и рубежного тестирования по  $c_2, c_3$ -м количествам тестовых вопросов для  $d$ -х групп обучающихся, тестовые вопросы  $V_{i2jtc_2d}$ ,  $V_{i3mrc_3d}$  областей  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$  входят не полностью, а в количестве  $0,5 \cdot c_2$ ,  $0,5 \cdot c_3$  (50% от  $c_2$ , 50% от  $c_3$ ).

Обозначим подобласти (усеченные области)

областей  $\bar{\Delta}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{\Delta}_{i3mrc_3d}$  как  $\bar{U}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{U}_{i3mrc_3d}$ .

Для  $\bar{U}_{i2jtc_2d}$ ,  $\bar{U}_{i3mrc_3d}$  справедливы следующие выражения:

$$\bar{U}_{i2jtc_2d} \subset \bar{\Delta}_{i2jtc_2d}, \quad \bar{U}_{i3mrc_3d} \subset \bar{\Delta}_{i3mrc_3d},$$

$$\bar{U}_{i2jtc_2d} = \bigcup_{c_2'=1}^{0,5c_2} V_{i2jtc_2d}, \quad \bar{U}_{i3mrc_3d} = \bigcup_{c_3'=1}^{0,5c_3} V_{i3mrc_3d}.$$

В этом случае области  $\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3}$  вычисляются как

$$\mathbb{Z}_{di2\{j'+1\}t'jc_2} = \bar{U}_{i2jtc_2d} + A_{di2\{j'+1\}t'}^z \cdot Z_{di2\{j'+1\}t'jc_2},$$

где  $A_{di2\{j'+1\}t'}^z = 0,5$ ;

$$\mathbb{Z}_{di3\{m'+1\}r'mc_3} = \bar{U}_{i3mrc_3d} + A_{di3\{m'+1\}r'}^z \cdot Z_{di3\{m'+1\}r'mc_3},$$

где  $A_{di3\{m'+1\}r'}^z = 0,5$ .

Таким образом, мы видим, что предлагаемый алгоритм определения областей тестирования  $\mathbb{Z}_{di2j't'jc_2}$ ,  $\mathbb{Z}_{di3m'r'mc_3}$  при систематическом контроле учебных достижений обучающихся:

для каждой  $d$ -й группы обучающихся;

по всем  $i$ -м дисциплинам, изучаемым в организации ВПО;

по 2-м  $\xi$ -м видам контроля (промежуточному и рубежному);

на всех  $j', m'$ -х итерациях промежуточного и рубежного контролей;

по  $t', r'$ -м номерам областей тестирования,

за счет настраиваемых весовых объемных коэффициентов  $A_{di2j't'}^z$ ,  $A_{di3m'r'}^z$  и  $A_{di2j't'}^z$ ,  $A_{di3m'r'}^z$  является адаптивным.

Следовательно, в организациях ВПО появляется возможность реализовать оптимальный контроль учебного процесса, а также реализовать обратную связь от результатов учебных достижений обучающихся на учебный процесс.

### Резюме

Жоғары кәсіптік білім беру мекемелерінде оқытындардың оқу жетістіктерін жүйелік тестік бақылауда аралық және мәрелік бақылауға арналған тест тапсырмалары құрылымының тиімді аймақтарын анықтау алгоритмінің математикалық сипаттамасы мәселелері қарастырылған. Тест сұрақтары құрылымының тиімді аймақтары алгоритмін анықтау келтірілген салмақтық көлемдік коэффициенттер есебінен адаптивті болып табылады. Тест сұрақтары құрылымының тиімді аймақтары алгоритмін анықтауды жүзеге асыру нәтижесінде жоғары кәсіптік білім беру мекемелерінде оқытындардың оқу жетістіктерін бақылаудың автоматтандырылған жүйесін енгізу арқылы оқу процесін бақылаудың тиімділігін арттыру мәселесі шешіледі.

### Summary

In given work author is considered problem of the mathematical description of the algorithm of the determination of the optimum areas of the structures of the test tasks under systematic test checking the scholastic achievements training in organizations of the high vocational training for intermediate and midterm of the checking. The Algorithm of the determination of the optimum areas of the structures of the test tasks is adaptive to account adjusted three-dimensional factor. When introducing in organizations of the high vocational training of the automatic system of the testing the scholastic achievements training, in which marketed algorithm of the determination of the optimum areas of the structures of the test tasks, dares the problem to optimization of the checking the scholastic process.

Казахский государственный  
женский педагогический институт,  
г. Алматы

Поступила 23.02.07г.