

УДК 378.1:004.4

Ю.К. ТАРАНЕНКО, доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник, завідувач кафедри  
Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля

Н.О. РІЗУН, кандидат технічних наук, доцент  
Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОСВІТИ

Наведено інноваційні технології контролю якості освіти шляхом удосконалення теорії комп'ютерного тестування студентів. Введено методику визначення коефіцієнта складності тестових завдань як чистого (без урахування технологічного) часу, витраченого на правильну відповідь. Запропоновано алгоритм поетапної актуалізації коефіцієнта складності за допомогою первинного (експертного) шкалювання складності тестових завдань та ітераційних (визначення відносного вагового коефіцієнта складності тестових завдань) етапів. Розроблено методику визначення рівня стійкості знань студентів із використанням коефіцієнта кореляції як залежності між значеннями величин, пропорційних відповідно нормативному та фактично витраченому часу на кожну відповідь. Обґрунтовано доцільність обчислення рейтингу студента шляхом коригування фактично набраної кількості балів за правильні відповіді залежно від визначеного у ході тестового сеансу коефіцієнта кореляції між рядами нормативного та фактично витраченого на кожну відповідь часу.

**Ключові слова:** *інноваційні технології, коефіцієнт складності, технологічний час, стійкість знань, коефіцієнт кореляції, рейтинг.*

**Вступ.** Сьогодні загально визнано, що з кінця ХХ ст. відбуваються кардинальні зміни в умовах розвитку людської цивілізації, серед яких можна виділити: значне підвищення ролі знань в економіці; вихід на новий рівень інформаційних і телекомунікаційних технологій; наявність глобального інформаційного простору, що забезпечує вільний доступ кожного індивідуума до накопиченого обсягу інформації та знань.

Головним фактором приросту громадського багатства в інформаційному суспільстві є збільшення накопиченого обсягу знань. Освоєння знань людиною, що призводить до зростання людського капіталу, здійснюється в основному в освітньому комплексі, результатом діяльності якого є новий обсяг знань як додатковий продукт економіки знань. У цьому полягає соціально-економічна сутність освітнього комплексу в інформаційному суспільстві.

В умовах інформаційного постіндустріального суспільства і значного підвищення ролі освітнього комплексу системі освіти слід розглядати як єдиний поліфункціональний комплекс, що ви-

конує цілий ряд найважливіших функцій, головні з яких: забезпечення різних галузей економіки кваліфікованими кадрами, створення нових технологій, проведення наукових досліджень тощо.

Приєднання України до Болонського процесу передбачає зближення якісного рівня української і загальноєвропейської освіти. Реформування національної освітньої системи має включати реформування контролю її якості. У цих умовах застосування інноваційних технологій для контролю якості освіти стає об'єктивною необхідністю. Усяка система управління якістю в освіті має ґрунтуватися на об'єктивних показниках, що впливають на якість та характеризують процес навчання.

Технології комп'ютерного тестування студентів при правильній організації аналізу отриманих результатів можуть стати дієвим інструментом у підвищенні якості освітніх послуг, що надаються ВНЗ. У цьому зв'язку розробка інноваційних технологій контролю якості освіти, що покликані забезпечувати об'єктивною та актуальною інформацією про поточний рівень якості на-

вчання, а також сприяти розвитку критичного ставлення до отриманих результатів, стимулювати студентів до отримання стійких та впевнених знань, є актуальним завданням, а пошук ефективних шляхів його вирішення являє собою важливу наукову проблему.

Аналіз наукових розробок у галузі вдосконалення методики рейтингового тестування дозволив виявити ряд невіршених проблем.

1. Важливим напрямом підвищення об'єктивності оцінки рівня знань при комп'ютерному тестуванні є розробка методик ідентифікації ступеня складності завдань. Основні методики зосереджені на одержанні середньозваженого значення цього показника на підставі масиву статистичних даних про відповіді студентів усіх рівнів знань або на експертній оцінці складності кожного питання тесту [1–3]. Серед недоліків цього методу головним виступає неможливість у реальних обставинах залучення до опитування достатньої кількості експертів, що дозволить забезпечити необхідну точність визначення вагового коефіцієнта.

3 точки зору авторів, подальшим розвитком цього напрямку досліджень може стати розробка методики підвищення точності та об'єктивності вимірювання вагового коефіцієнта тестового завдання шляхом коригування первинного (визначеного певною кількістю експертів) вагового коефіцієнта із урахуванням показників рівня знань та специфіки сприйняття навчального матеріалу визначеними групами студентів, результати оцінки знань яких доцільно використовувати як «додаткову експертну інформацію».

2. Показник часу, витраченого на правильну відповідь на тестове завдання, поступово вводиться у методику тестування не тільки як фактор, що контролює час закінчення тестового сеансу, а і як інструмент підвищення адекватності ідентифікації результатів тестування реальному рівню знань студентів. Так, цей показник використовується як ваговий коефіцієнт завдання виходячи з часу, який витрачає кваліфіко-

ваний спеціаліст на успішне виконання завдання [4], або як коригуючий множник до суми набраних балів при тестуванні [5].

Як одну з невіршених проблем у цьому напрямі можливо відзначити складність отримання достовірної інформації про нормативний час, який витрачається на правильну відповідь, що пов'язано із можливістю виникнення помилок при розрахуванні фактичного часу, витраченого на відповідь, пов'язаних із технологічними збоями при поданні інформації на екран, а також у зв'язку з обмеженою кількістю викладачів-експертів, яких можна залучити до експерименту.

3. Крім того, у наукових розробках, що проаналізовано, не повною мірою використовується інформаційний та мотиваційний потенціал показника часу, фактично витраченого на правильну відповідь [6, 7, 8], який дозволяє отримати та використати у ході ідентифікації рівня освоєння навчального матеріалу дані про специфіку як окремої особистості, що тестується, так й середовища вимірювання знань взагалі; вірогідність угадування правильної відповіді; ступінь стійкості на надійності знань студента; об'єктивність встановлення нормативного часу на надання правильної відповіді; якість тестового завдання.

Вирішенням цієї проблеми може стати розробка мотиваційних інструментів аналізу та прийняття рішень щодо коригування результатів вимірювання кількісних та якісних показників рівня знань на підставі статистичного масиву часових характеристик відповідей студентів.

**Метою статті** є розробка інноваційних технологій контролю якості освіти шляхом удосконалення теорії комп'ютерного тестування студентів, що передбачає використання чистого (без урахування технологічного) часу, витраченого на правильну відповідь, як ідентифікатора складності тестового завдання та інструмента мотивації студентів до стійких та впевнених знань, а також реалізацію алгоритму актуалізації цього показника на базі статистичного матеріа-

лу про результати правильних відповідей студентами із високим ступенем стійкості знань.

**Результати досліджень.** Методологічний підхід до вдосконалення теорії комп'ютерного тестування студентів базується на таких концепціях:

*Концепція 1.* З метою зменшення технологічної похибки при розрахуванні часу, витраченого на відповідь, запам'ятовується час очищення кешу відеопам'яті при повному завантаженні зображення  $i$ -го ( $i = \overline{1, M}$ ) тестового завдання  $Start_i^j$  та час натиснення кнопки завершення роботи із  $i$ -м тестовим завданням  $Finish_i^j$   $j$ -ю особою, що тестується.

*Концепція 2.* Визначення складності тестових завдань виконується виходячи з чистого (без урахування технологічного часу) часу  $T_i^j$ , витраченого на правильну відповідь на  $i$ -е ( $i = \overline{1, M}$ ) тестове завдання кожною  $j$ -ю особою, що тестується:

$$T_i^j = Start_i^j - Finish_i^j. \quad (1)$$

*Концепція 3.* Із метою урахування особливостей рівня знань та специфіки сприйняття навчального матеріалу середовища, в якому виконується вимірювання знань, та підвищення точності вагових коефіцієнтів, що використовуються у тестовому сеансі, завдяки поступовому досягненню достатньої з точки зору вірогідності та надійності кількості вибіркового даних, визначення вагового коефіцієнта виконується за допомогою:

1) первинного етапу (експертне шкалювання складності тестових завдань) на підставі інформації про середній нормативний час на вирішення тестового завдання  $\overline{T}_i$  викладачами-експертами, який буде використовуватися як первісний ваговий коефіцієнт складності завдання:

$$L_{Di}^0 = \overline{T}_i + \Delta E, \quad (2)$$

де  $\Delta E$  – похибка, що коригує нормативно встановлений середній час на вирішення тестового завдання  $\overline{T}_i$  викладачем-експертом із поправкою на студентів, що будуть тестуватися (найчастіше приймається рівною 10%).

2) ітераційних етапів на підставі алгоритму актуалізації із відносного вагового коефіцієнта складності тестових завдань використанням статистичного матеріалу про результати правильних відповідей студентами із високим ступенем стійкості знань.

Евристичний алгоритм визначення груп студентів, стійкі знання яких доцільно використовувати для актуалізації значення відносного вагового коефіцієнта, базується на результатах проведених авторами експериментів [6]:

– якщо студент впевнений у своїх знаннях, він буде практично на усі питання відповідати у стабільному темпі. Це буде виражатися у достатньо високому значенні показника  $K_i(T_j^i, L_{Di}^s) \geq 0,5$ . Причому, що стосується «тугодумів» або так званих «швидких» студентів, якщо це є їх специфічні психологічні особливості або склад розуму, коефіцієнт кореляції все одно буде високим, оскільки ця поведінка буде закономірною;

– якщо студент не дуже впевнений у своїх знаннях, його поведінка іноді буде не зовсім логічною. У крайніх випадках він буде намагатися відповідати на питання дуже швидко, оскільки все одно буде розуміти, що витрати часу на відповідь марні. А на деякі тестові завдання він буде витрачати надмірно багато часу, причому не на найскладніші питання, тому що правильна відповідь на них поки для нього не досить прозора. Коефіцієнт кореляції як дуже тонкий інструмент аналізу взаємостосунків між показниками зреагує на таку поведінку зниженням його значення у межах  $0,3 \leq K_i(T_j^i, L_{Di}^s) < 0,5$ ;

– у випадку, коли знання студента дуже нестійкі, він буде намагатися вгадати правильну відповідь, тому витрати його часу, скоріше, будуть пов'язані тільки із часом на прочитання самого тексту тестового завдання та не будуть стосуватися складності розв'язання самого питання. Саме тому нелогічність його поведінки буде виявлятися у зниженні показника коефіцієнта кореляції до  $K_i(T_j^i, L_{Di}^s) < 0,3$ .

Виходячи з цих положень, у процесі реалізації алгоритму актуалізації: ви-

значаються та зберігаються середні фактичні значення часу на правильне вирішення тестового завдання  $\bar{T}_i^s$  студентами із досить стійкими знаннями  $K_i(T_j^i, L_{Di}^1) \geq 0,5$ ; визначаються поточні значення вагового коефіцієнта складності завдань тестового сеансу  $L_{Di}^s$  за таким адаптивним алгоритмом актуалізації вагового коефіцієнта складності:

– на першій ітерації:

$$L_{Di}^1 = \left( \frac{1}{N + ST_R^1} \right) \cdot \left( N \cdot L_{Di}^0 + ST_R^1 \cdot \bar{T}_i^1 \right) + \ln \left( \frac{ST_H^1}{ST_L^1} \right), \quad (3)$$

де  $N$  – кількість викладачів-експертів;

$ST_R^1$  – кількість студентів із  $K_i(T_j^i, L_{Di}^1) \geq 0,5$ , що на першій ітерації дали на  $i$ -те тестове завдання правильну відповідь;

$L_{Di}^0$  – складність питання, встановлена на первинному етапі із використанням знань викладачів-експертів;

$\bar{T}_i^1$  – середній фактичний час на правильне вирішення тестового завдання студентами із досить стійкими знаннями на першій ітерації;

$ST_H^1$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що на першій ітерації дали правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із перевищенням нормативного часу;

$ST_L^1$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що на першій ітерації дали правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із часом, що дорівнює або менше нормативного.

– на  $s$ -й ітерації:

$$L_{Di}^s = \left( \frac{1}{ST_R^{s-1} + ST_R^s} \right) \cdot \left( ST_R^{s-1} \cdot L_{Di}^{s-1} + ST_R^s \cdot \bar{T}_i^s \right) + \ln \left( \frac{ST_H^{s-1} + ST_H^s}{ST_L^{s-1} + ST_L^s} \right), \quad (4)$$

де  $ST_R^{s-1}$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що на усіх попередніх ітераціях дали на  $i$ -те тестове завдання правильну відповідь;

$ST_R^s$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що на поточній  $s$ -й ітерації попередніх ітераціях дали на  $i$ -те тестове завдання правильну відповідь;

$L_{Di}^{s-1}$  – складність питання, встановлена із урахуванням усіх попередніх ітерацій;

$\bar{T}_i^s$  – середній фактичний час на правильне вирішення тестового завдання студентами із досить стійкими знаннями на поточній  $s$ -й ітерації;

$ST_H^{s-1}$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що дали на усіх попередніх ітераціях правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із перевищенням нормативного часу;

$ST_L^{s-1}$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що дали на усіх попередніх ітераціях правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із часом, що дорівнює або менше нормативного;

$ST_H^s$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що дали на поточній  $s$ -й ітерації правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із перевищенням нормативного часу;

$ST_L^s$  – кількість студентів із досить стійкими знаннями, що дали на поточній  $s$ -й ітерації правильну відповідь на  $i$ -те тестове завдання із часом, що дорівнює або менше нормативного.

*Концепція 4.* Із метою мотивації студентів до стійких знань та зменшення ефекту «вгадування» рейтинг визначається із урахуванням вагового коефіцієнта складності тестового завдання та значення коефіцієнта кореляції як залежності між значеннями величин, пропорційних відповідно нормативному та

фактично витраченому часу на кожну відповідь.

Виходячи з цієї концепції при визначенні рейтингу студента розраховується фактичне значення коефіцієнта кореляції  $K_i(T_j^i, L_{Di}^s)$ , який свідчить про залежність між послідовностями часу, фактично витраченого на підготовку відповіді  $T_i^j$  та встановленої на відповідь норми часу  $L_{Di}^1$ ; визначається абсолютний  $R^j$  та відносний  $R_{\%}^j$  рейтинг

студента, а також його місце у рейтингу порівняно із іншими студентами групи  $Rank_j$ , шляхом коригування фактично набраної кількості балів  $Bal_i^{L_{Di}}$  за правильне вирішення тестових завдань за таким алгоритмом адаптивної ідентифікації результатів тестування (табл. 1).

показника чистого (без урахування технологічного) часу, витраченого на його правильне вирішення; розробки методики оцінки ступеня стійкості знань на підставі інформації про фактичне значення коефіцієнтів кореляції між числовими рядами фактично витраченого на

Таблиця 1

Алгоритм адаптивної ідентифікації результатів тестування

Нормована ділянка $K_i(T_j^i, L_{Di}^S)$	Умова	Формула визначення $R^j$	
		так	ні
$K_i(T_j^i, L_{Di}^S) \geq 0,5$	—	$R^j = \sum_{i=1}^n Bal_i^{L_{Di}}$	
$0,3 \leq K_i(T_j^i, L_{Di}^S) < 0,5$	$\sum_{i=1}^n T_j^i < \sum_{i=1}^n L_{Di}^S$	$R^j = \sum_{i=1}^n Bal_i^{L_{Di}} * \frac{\sum_{i=1}^n L_{Di}^S}{\sum_{i=1}^n T_j^i}$	$R^j = \sum_{i=1}^n Bal_i^{L_{Di}} * \frac{\sum_{i=1}^n T_j^i}{\sum_{i=1}^n L_{Di}^S}$
$K_i(T_j^i, L_{Di}^S) < 0,3$	$T_j^i < L_{Di}^S$	$R^j = \sum_{i=1}^n (Bal_i^{L_{Di}} \cdot V_i)$	
		$V_i = \frac{T_j^i}{L_{Di}^S}$	$V_i = \frac{L_{Di}^S}{T_j^i}$

За результатами поточного етапу та усіх попередніх кроків тестування визначаються показники розсіювання значень фактичного часу на вирішення тестових завдань  $T_j^i$  та аналізується закон розподілення показника середнього часу на правильне вирішення тестового завдання, який по досягненні достатньої кількості студентів, що опитувались (100–150), має наближатися до нормального. Саме цей фактор буде використовуватися як підтвердження об'єктивності адаптивної методики, що використовується.

**Висновки.** Таким чином, запропоновано інноваційну технологію контролю якості освіти шляхом вдосконалення теорії комп'ютерного тестування студентів методики рейтингової контрольно-оціночної системи ВНЗ, що дозволяє:

1. Підвищити рівень достовірності вимірювання рівня знань студентів за рахунок: введення як показника складності тестового завдання комплексного

підготовку відповіді часу і норм часу на відповідь.

2. Забезпечити об'єктивність та точність визначення рейтингу студента через його формування залежно від: ступеня незбігу фактичного та нормативного часу на правильне вирішення тестового завдання; співвідношення між розрахованими у процесі тестування коефіцієнтами кореляції між числовими рядами фактично витраченого на підготовку відповіді часу і норм часу на відповідь та встановленими за результатами обробки та його граничними значеннями;

3. Забезпечити демократичність та прозорість процедури проведення тестування завдяки реалізації технології адаптації системи тестового контролю до середовища, у якому виконується вимірювання знань, завдяки розробці алгоритму актуалізації вагового коефіцієнта складності за рахунок статистичного матеріалу про результати правильних від-

повідей студентами із високим ступенем стійкості знань.

Система комп'ютерного тестування студентів, що втілює методологію авторів, реалізована на кафедрі економічної кібернетики і математичних методів в економіці Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля. Апробація цієї системи шляхом організації навчального процесу за профільними дисциплінами студентів II–IV курсів на пряму 6.030502 – «Економічна кібернетика», дозволила отримати зниження показника розсіювання результатів тестування на 20–30%, що сприяє зростанню об'єктивності процесу оцінки рівня засвоєння матеріалу, що викладається, та в цілому – підвищенню якості підготовки студентів.

### Список використаної літератури

1. Мелехин В.Б. Автоматизированная система контроля знаний студентов в ВУЗе / В.Б. Мелехин, Е.И. Павлюченко // Транспортное дело России. – 2009. – № 1. – С. 23–25.
2. Патент № 43616 Україна: МПК G09B 7/00. Автоматизована система тестування, навчання та моніторингу / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук, В.В. Шведова; Замовник та патентовласник: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № 200902620, заявл. 23.03.2009, опубл. 25.08.2009, бюл. № 16, 2009. – 5 с.
3. Аванесов В.С. Применение тестовых форм в Rasch Measurement / В.С. Аванесов // Педагогические изменения. – 2005. – № 4. – С. 3–20.
4. Крылов Ю.Н. Абсолютная временная шкала оценки знаний при компьютерном тестировании / Ю.Н. Крылов // Тверской государственный университет (ТвГУ). – Тверь, 2000. – С. 13–15.
5. Патент 61415 Україна: МПК 7G06F7/00. Спосіб виміру рівня знань учнів при комп'ютерному тестуванні; Винахідник: Велігура А.В., Лехцієр Л.Р., Ткаченко В.П.; Замовник та патентовласник: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № 003010849, заявл. 31.01.2003, опубл. 17.11.2003, бюл. № 11, 2003.
6. Патент № 97149 Україна: МПК G06F 7/00 (2006.01). Спосіб виміру рівня знань учнів при комп'ютерному тестуванні; Винахідник: Холод Б.І., Тараненко Ю.К., Ризун Н.О.; Замовник та патентовласник: ЗАТ «Дніпропетровський університет економіки та права». – № a200912950, заявл. 14.12.2009, опубл. 10.01.2012, бюл. № 1, 2012. – 11 с.
7. Морев И.А. Образовательные информационные технологии. Часть 1. Обучение: уч. пособие / И.А. Морев. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2004. – 158 с.
8. Сметанюк Л.В. Методические и организационные проблемы использования программных средств учебного назначения в высших учебных заведениях при проведении контроля знаний студентов в виде тестирования / Л.В. Сметанюк // Інформаційні технології в освіті: зб. наук. праць. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2008. – Вип. 1. – С. 141–145.

Предложены инновационные технологии контроля качества образования путем усовершенствования теории компьютерного тестирования. Введена методика определения коэффициента сложности тестовых заданий как чистого (без учета технологического) времени, затраченного на правильный ответ. Предложен алгоритм поэтапной актуализации коэффициента сложности с помощью первичного (экспертного) шкалирования сложности тестовых заданий и итерационных (определение относительного весового коэффициента сложности тестовых заданий) этапов. Разработана методика определения уровня устойчивости знаний студентов с помощью коэффициента корреляции как зависимости между значениями величин, пропорциональных соответственно нормативному и фактически затраченному времени на каждый ответ. Обоснована целесообразность вычисления рейтинга студента путем корректировки фактически набранного количества баллов за правильные ответы в зависимости от

определенного в ходе тестового сеанса коэффициента корреляции между рядами нормативного и фактически затраченного времени на каждый ответ.

**Ключевые слова:** *инновационные технологии, коэффициент сложности, технологическое время, устойчивость знаний, коэффициента корреляции, рейтинг.*

Innovation technologies of the control of the education quality via improving the theory of computer testing are given. The methodology of defining the complexity index of test tasks as a pure time (without taking technological time into account), spent on a correct answer, is introduced. The algorithm of phased actualization of the complexity index with the help of initial (expert scaling of test tasks complexity) and iterative (defining the relative weighting coefficient of test tasks complexity) stages is suggested. The methodology of defining the level of students' knowledge stability with the help of correlation index is developed. The correlation index is a dependence between values, which are analogical to normative time and the time, actually spent on every answer. The appropriateness of calculating students' rating by means of correcting the actual score for correct answers, depending on the correlation index that is defined between the rows of normative time and the time, actually spent on each answer during the test session, is justified.

**Key words:** *innovation technologies, complexity index, technological time, knowledge stability, correlation index, rating.*

*Надійшло до редакції 14.02.2012.*