

УДК 004.9

## МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ НАБУТТЯ КОМПЕТЕНЦІЙ СТУДЕНТІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

М. Пасека<sup>1</sup>, Н. Пасека<sup>2</sup>, В. Бандура<sup>1</sup>, Р. Храбатин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76000, Україна

<sup>2</sup>Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника,  
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна

*Розглянуто емпіричний метод визначення оптимального часу тестування знань студентів. Цей час визначається статистично за методом Д. Хіммельблау, тобто виключення аномальних значень. Установлено час проведення тестування для студентів різного рівня підготовки. З огляду на те, що час, виділений на тестування, впливає не лише на саме тестування, а й на коректність оцінювання знань студента, було розроблено власний тест для вдосконалення обчислень оптимального часу тестування, висунуто певну гіпотезу, проведено статистичне дослідження, створено математичну модель. Після корегування програмного продукту було визначено та математично обґрунтовано оптимальний час роботи студента.*

**Ключові слова:** час тестування, дослідження, освіта, оцінка компетенції, знання.

**Постановка проблеми.** Тест, незважаючи на деякі хиби, є єдиним відомим сьогодні технологічним інструментом оцінювання знань студентів. Без кількісного контролю жоден процес — чи то науковий, чи виробничий, чи навчальний — не має сенсу існування.

Важливим показником валідності тесту є час тестування, який насамперед залежить від кількості та рівня складності завдань. Точність його встановлення визначає якість проведення тесту, адже неправильно встановлений час тестування не дає змоги точно перевірити знання студента з певної теми навчальної дисципліни. Теоретично розрахувати цей час досить складно, тому ми пропонуємо використати математичну модель і програмний продукт для реалізації поставленого завдання. Попередньо було проведено статистичне дослідження, у якому вибрано генеральну сукупність зі ста осіб.

**Мета статті** — математичне обґрунтування тривалості проведення тестування.

**Методи дослідження гіпотези.** Гіпотеза полягає у тому, що відтинок виділеного часу, який становить 20 хв, є недостатнім. Усі учасники проходили однаковий тест із двадцяти запитань. Часових обмежень не встановлювали, але закликали пройти тест якнайшвидше.

Під час обробки даних використано стандартні статистичні методи (дисперсію, математичне очікування й ін.), а також метод виключення аномальних значень (метод Д. Хіммельблау). Провівши експериментальне дослідження у вигляді тестування студентів, було виявлено, що навіть ретельно спланований і правильно виконаний експеримент дає неоднорідні дані. Якщо зроблені аномальні вимірювання, вони призведуть до неправильних значень, що містять грубі помилки. Такі значення часто називають «викидами». Їх треба відкинути, бо вони можуть зіпсувати правильні дані. З іншого боку, «викид» може насправді виявитися просто одним з екстремальних значень розподілу ймовірності випадкової величини, яке, природно, хоч і зрідка, з'являється, і його не треба відкидати. Щоб не залишилося сумнівів, які спостереження варто відкидати, потрібно відповісти на питання: яка ймовірність того, що спостережувані різниці є наслідком лише випадкових помилок у вибірці?

Умовою виникнення аномальних значень під час проведення тестування є:

- форма побудови питання (відкрита, закрита форма);
- кількість запитань;
- кількість варіантів відповіді.

Для відкидання аномальних значень використаємо метод Д. Хіммельблау. За цим методом для відкидання аномальних значень, тобто значень, які істотно відрізняються від середнього значення вибірки, виконують такі дії. Знаходять значення  $\Delta_{max}$ , що являє собою різницю максимуму між значеннями  $x_i$  та середнього значення

$$\Delta_{max} = |x_{max} - \bar{x}|, \quad (1)$$

де  $x_{max}$  — аномальне значення у вибірці чинників;  $\bar{x}$  — середнє значення чинника. Оцінюють

$$|\Delta_{max}| > CS_x, \quad (2)$$

де  $C$  — стала, яку обчислюють через  $t$ -критерій Стьюдента з рівняння

$$\left[ \frac{NC^2 (f + f_0 - 1)}{f \left( f + f_0 - \frac{NC^2}{f} \right)} \right]^{-0.5} = (t_{q=0.05}^f)^{f_0+f}, \quad (3)$$

$N$  — кількість чинників, що залишилися після відкидання аномального;  $f = N - 1$  — кількість ступенів свободи;  $f_0$  — кількість додаткових ступенів свободи;  $q$  — рівень значущості свободи, що характеризує ступінь ймовірності (в технічних розрахунках приймають 0,05).

Середньоквадратичне відхилення за вибіркою, що залишилася після відкидання аномального чинника:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^i (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

Аномальне значення  $x_{max}$  відкидається, якщо виконується нерівність (2).

Щоб математично обґрунтувати тривалість проведення тестування, для визначення часу було використано такий алгоритм обчислення:

$$T_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (5)$$

$T_c$  — час середнього проходження тесту;  $N$  — кількість елементів множини часу;  $t_i$  —  $i$ -тий елемент множини часу.

$$D_\delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - T_c)^2. \quad (6)$$

У кінцевому результаті необхідно:

$$T = T_c \pm \sqrt{D_\delta}. \quad (7)$$

Отже, під час проведення дослідження було виявлено:

Таблиця 1

### Множина часу результатів тестування

52.27	51.31	48.2	46.38	46.34	46.18	44.12	41.54	41.3	39.3
38.27	37.1	36.46	36.3	36.19	35.23	33.5	33.4	33.34	32.43
31.31	31.26	29.42	29.18	28.32	27.22	26.2	26.11	25.34	25.21
24.54	24.5	24.2	23.12	23.0	22.36	22.28	22.2	21.39	21.3
21.28	20.47	20.37	20.11	19.4	19.2	18.59	18.33	18.3	18.29
18.27	17.11	16.38	16.3	16.28	16.24	16.0	15.4	15.4	15.36
15.32	15.2	15.12	14.41	14.2	13.48	13.4	13.22	12.41	12.2
12.13	11.5	11.5	11.5	11.46	11.27	11.1	10.4	10.36	10.34
10.32	10.3	10.2	10.12	9.4	9.3	9.11	9.1	8.51	8.51
8.4	8.29	8.27	8.24	8.19	7.31	7.29	7.24	6.4	5.41

При першому проході аномального елемента не виявлено.

Максимальне значення: 52.27.

Індекс максимального: 92 — фіксуємо його місце серед множини. Ступінь свободи: 99 — вираховуємо ступінь свободи за формулою  $f = N - 1$ . Критерій Стьюдента: 2.0 — оскільки критерій Стьюдента величина апроксимована, вона визначається таблично згідно зі ступенем свободи. Стала С: 9.9 — стала С вираховується згідно з формулою, що виводиться з формули (3). Сума елементів ряду: 2042.859 — сумуються всі елементи множини, не включаючи максимальний елемент. Середнє значення  $x$ : 20.634 — середнє значення елементів без урахування максимального. Різниця максимального і середнього значень: 31.635 — за формулою (1). Різниця значення елемента та середнього значення: - 0.264. Сума різниці піднесена до квадрата: 12819.94.

$$V = 0.010 - 1/N; \sigma^2 = 130.815.$$

Дисперсія: 11.437.

Дисперсія помножена на коефіцієнт: 113.230.

Для порівняння дельта max: 31.635 > 113.230.

Таким чином проведено близько 99 ітерацій, і перший аномальний елемент було виявлено на 96 ітерації.

Після відкидань аномальних значень вибірка скоротилася на три елементи. Далі було застосовано статистичні методи, відповідно до яких ми об'єктивно визначили оптимальний час проведення тестування.

Таблиця 2

### Результат першої вдалої ітерації

Назва змінної	Значення
Максимальне значення	7.24
Індекс максимального	2
Ступінь свободи	2
Критерій Стьюдента	2
Стала С	1.088
Сума елементів ряду	11.81
Середнє значення x	5.905
Різниця максимального і середнього значень	1.335
Різниця значення елемента та середнього значення	- 0.495
Сума різниці, піднесена до квадрата	0.490
1/N	1.0
Сигма квадрат	0.4902
Дисперсія	0.700
Дисперсія, помножена на коефіцієнт	0.762
Для порівняння дельта max: 1.335 > 0.762	

Таблиця 3

### Оптимальний час проведення тестування

Назва змінної	Значення
1/N	0.01
Сума всіх елементів	2076.07
Сума різниці піднесена до квадрата	13149.66
$T_c$	21.40
$D_\delta$	135.56
$T$	21.40 ± 11.43

Для порівняння правильності визначення дисперсії також був використаний статистичний метод, алгоритм якого подано нижче:

1) Знаходження розмаху варіації  $W = t_{\max} - t_{\min}$

2) Розбиття варіаційного ряду на  $\sqrt{N}$  рівних частин

3) Знаходження довжини інтервалу:  $\frac{W}{\sqrt{N}}$

4) Визначення середнього вибіркового:  $\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{z_i n_i}{n}$

5) Визначення дисперсії:  $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{x})^2 n_i$

6) Визначення кореня з дисперсії:  $\sqrt{D}$

Таблиця 4

Таблиця середніх значень інтервалів і кількості елементів у них

$x_i;$ $x_{i+1}$	[7.29; 11.86]	[11.86; 16.43]	[16.43; 21]	[21; 25.57]	[25.57; 30.14]	[30.14; 34.71]	[34.71; 39.28]	[39.28; 43.85]	[43.85; 48.42]	[48.42; 52.99]
$n_i$	25	19	11	13	5	5	5	3	5	2
$z_i$	9.575	14.145	18.715	23.285	27.855	34.425	36.995	41.565	46.135	50.705

$$W = 52.27 - 7.29 = 44.98;$$

$$N = \sqrt{97} = 9.84;$$

$$W / N = \frac{44.98}{9.84} = 4.57;$$

$$\bar{x} = \frac{1}{97} (25 \cdot 9.575 + 19 \cdot 14.145 + \dots + 5 \cdot 46.135 + 2 \cdot 50.705) = 20.205;$$

$$D = \frac{1}{97} ((9.575 - 20.205)^2 \cdot 25 + \dots + (50.705 - 20.205)^2 \cdot 2) = 132.06;$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{132.06} = 11.491.$$

Остаточна відповідь становить  $20,205 \pm 11,491$ .

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження встановлено та математично обґрунтовано оптимальний час проведення тестування. Визначений час є

оптимальним для середньостатистичного студента, проте важливо зважати на індивідуальні особливості кожної людини. Описаний метод розрахунку часу тестування можна використовувати для тестування будь-якої складності, але потрібно враховувати цю складність. Якщо брати до уваги всі складності, то математична модель стане універсальною, тож ми збираємо додаткову інформацію для створення універсального програмного продукту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грицюк Ю. І. Модель процесу формування компетентності персоналу ДСНС України для реалізації IT-проектів з інформаційної безпеки / Ю. І. Грицюк, З. П. Сташевський // Науковий вісник НЛТУ України. — 2015. — Вип. 25.9. — С. 373–390.
2. Дурняк Б. В. Проектування та використання сховищ даних для опрацювання результатів оцінювання знань студентів / Б. В. Дурняк, Н. М. Пасека, М. С. Пасека, О. В. Ерстенюк // Науковий вісник НЛТУ України. — 2015. — Вип. 25.9. — С. 365–373.
3. Пасека Н. М. Методи оцінки якості набуття компетенцій студентами дистанційної форми навчання / Н. М. Пасека, М. Пасека, Р. Храбатин, В. Юрчишин, В. Бандура // IV Всеукраїнський науково-практичний семінар «Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті», 21–23 верес. 2015 р. — Івано-Франківськ. — С. 22–25.
4. Пасека Н. М. Використання когнітивних методів для набуття компетентності педагогів у галузі інформатики / Н. М. Пасека // Науковий вісник НЛТУ України. — 2015. — Вип. 25.6. — С. 359–364.
5. Pasyeka M. Mathematical Model of Adaptive Knowledge Testing / M. Pasyeka, T. Sviridova, I. Kozak // Proceedings of the Vth Interna «Perspective technologies and methods in mems design», 22-24 April 2009. — Lviv-Polyana, Ukraine. — P. 96–97.

### REFERENCES

1. Hrytsiuk, Iu. I., & Stashevskiy, Z. P. (2015). Model protsesu formuvannia kompetentnosti personalu DSNS Ukrainy dlia realizatsii IT-proektiv z informatsiinoi bezpeky. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 25.9, 373–390 (in Ukrainian).
2. Durniak, B. V., Pasiaka, N. M., Pasiaka, M. S., & Ersteniuk, O. V. (2015). Proektuvannia ta vykorystannia skhovyshch danykh dlia opratsiuvannia rezultativ otsiniuvannia znan studentiv. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 25.9, 365–373 (in Ukrainian).
3. Pasiaka, N. M., Pasiaka, M., Khrabatyn, R., Yurchyshyn, V., & Bandura, V. (2015). Metody otsinky yakosti nabuttia kompetentsii studentamy dystantsiinoi formy navchannia: IV Vseukrainskyi naukovo-praktychnyi seminar «Suchasni informatsiini tekhnolohii v dystantsiinii osviti» (21–23 veres. 2015 r.) (pp. 22–25). Ivano-Frankivsk (in Ukrainian).
4. Pasiaka, N. M. (2015). Vykorystannia kohnityvnykh metodiv dlia nabuttia kompetentnosti pedahohiv u haluzi informatyky. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 25.6, 359–364 (in Ukrainian).
5. Pasyeka, M. (2009). Mathematical Model of Adaptive Knowledge Testing. Proceedings of the Vth Interna «Perspective technologies and methods in mems design» (22–24 April, 2009) (pp. 96–97). Lviv-Polyana (in English).

## METHODS OF ASSESSING THE ACQUISITION OF COMPETENCES OF DISTANCE LEARNING STUDENTS

M. Pasyeka<sup>1</sup>, N. Pasyeka<sup>2</sup>, V. Bandura<sup>1</sup>, R. Khrabatyn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,  
15, Karpatska St., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine,  
pzas@pzas.inf.ua*

<sup>2</sup>*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University  
57, Shevchenko St., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine,  
leuro@list.ru*

*This paper considers an empirical method of determining the optimum time for testing of students' knowledge. It is determined statistically using the method of Himmelblau, that is, the exclusion of anomalous values. The time of testing for students of different levels of training has been determined. After all, the time given for testing, affects not only testing itself but the correctness of evaluation of a student in a particular discipline, our own test has been developed for the improvement of the testing time calculation. Some hypothesis has been put forward, the statistical study has been conducted, a mathematical model has been developed. After the correction of software the optimal time of the student's work has been defined and mathematically proved.*

**Keywords:** *testing time, research, education, assessment of competence, knowledge.*

*Стаття надійшла до редакції 06.07.2016.*

*Received 06.07.2016.*