

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ ВІДПОВІДІ ПРИ РЕЙТИНГУВАННІ ТЕСТІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*У ході даного дослідження було розроблено математичну модель класифікації відповіді при рейтингуванні тестів. Використання даної моделі впливає на процес рейтингування під час тестування шляхом додавання можливості калібрування системи, зниження похибки рейтингування при наданні випадково правильної відповіді, а також підвищення адаптивності системи до рівня підготовки студентів, що сприяє поліпшенню процесу рейтингування.*

**Ключові слова:** коефіцієнт класифікації відповіді, рейтинг, відхилення рейтингу, тест, відповідь, оцінка, параметр рейтингування.

## Abstract

*In the course of this study, a mathematical model of answer classification was developed when rating tests. The use of this model affects the rating process during testing by adding the possibility of calibrating the system, reducing the rating error when providing a randomly correct answer, as well as increasing the adaptability of the system to the level of student training, which contributes to the improvement of the rating process.*

**Keywords:** answer classification factor; rating; rating deviation; test; answer; score; rating parameter.

## Вступ

У сучасних умовах розвитку освіти та науки все більшого значення набувають ефективні методи оцінювання знань студентів та оптимізації навчальних процесів. Одним з основних способів контролю знань є тестування [1], яке дозволяє швидко та об'єктивно оцінити рівень засвоєння матеріалу. Проте традиційні методи рейтингування [2] часто не враховують особливості різних типів завдань та складність питань, що може вплинути на об'єктивність результатів. Відповідно, виникає потреба у вдосконаленні підходів до оцінювання тестових відповідей з метою підвищення точності та об'єктивності рейтингування.

Одним з можливих шляхів удосконалення процесу рейтингування тестів є модифікація коефіцієнту класифікації відповіді [3]. Такий підхід дозволяє більш точно враховувати різні аспекти відповідей, такі як рівень складності питання, вагомість кожної відповіді, а також інші фактори, що можуть впливати на підсумковий рейтинг студента. Модифікація коефіцієнту класифікації надає можливість створити більш точну модель оцінювання, яка буде краще відображати реальний рівень знань студента та забезпечувати більш детальну аналітику для викладачів.

У даній роботі пропонується новий підхід до розрахунку коефіцієнту класифікації відповіді, який враховує специфіку кожного питання та його внесок у загальний результат тесту. Запропонована модифікація дозволить підвищити ефективність процесу рейтингування та зробить результати тестування більш об'єктивними. Це дослідження є важливим кроком на шляху до створення досконаліших систем моніторингу навчального прогресу, які сприятимуть підвищенню якості освіти та підготовки висококваліфікованих фахівців.

Метою роботи є розширення математичної моделі коефіцієнту класифікації відповіді при рейтингуванні тестів для підвищення точності моніторингу процесу навчання.

## Результати досліджень

Будь яка система рейтингування потребує певного калібрування для первинного налаштування системи. З цією метою багато програм, що використовують рейтингову систему Glicko [4] чи її вдосконалену версію Glicko-2 [5], мають в собі сценарії тестової взаємодії з користувачем для визначення первинного рівня рейтингу. У контексті моніторингу процесу навчання при проходженні тестування це буде доречно зробити у рамках математичної моделі розрахунку коефіцієнту класифікації відповіді при першому проходженні тесту користувачем для визначення рівня вивчення матеріалу.

Для модифікації математичної моделі розрахунку коефіцієнта класифікації відповіді при рейтингуванні тестів додатково було обрано наступні параметри: час надання відповіді –  $t$ , рівень впевненості студента у виборі відповіді –  $C$ . Час надання відповіді обов'язково повинен враховувати лише конкретний час надання відповіді виключаючи час на прочитання самого питання. Рівень упевненості тестованого визначає сам учень при першому проходженні тесту. Надалі така оцінка не є потрібною, оскільки починається сам процес навчання і засвоєння матеріалу з використанням стандартних методів рейтингування тестів. Внесення таких факторів дозволить здійснювати початкове калібрування системи, більш гнучко відстежувати прогрес студента та враховувати не тільки правильність відповіді, а й інші аспекти процесу тестування, що мають важливе значення для об'єктивного рейтингування.

Коефіцієнт класифікації відповіді наразі відображає значення за якого слід відповідь вважати правильною. Відсоток відповіді на запитання  $a$  лежить у діапазоні:

$$a \in [0; 100].$$

Визначення мінімуму коефіцієнту класифікації відповіді  $k_a - k_{amin}$  відбувається згідно моделі. При чому:

$$k_{amin} \in (\min(a); \max(a)).$$

Рекомендованим значенням для  $k_{amin}$  незмінно дорівнює 50. За такого значення усі відповіді, що мають більше ніж 50% правильності, будуть вважатися правильними. При відсотку нижче ніж 50, відповідь буде вважатись неправильною. При 50% відповідь не буде зарахована і рейтинг ніяк не зміниться. Проте ці параметри можна змінити та налаштувати під кожну систему і потреби індивідуально.

Проміжне значення  $k_a$  буде обраховуватись наступним чином:

$$k_a = a - k_{amin}.$$

Тепер введемо у вищенаведену математичну модель два нові параметри для отримання модифікованого коефіцієнту класифікації відповіді  $k'$ . Час надання відповіді  $t$  – час, витрачений студентом на відповідь у секундах. Чим менше часу знадобилося студенту на правильну відповідь, тим вищий показник його впевненості та знань. Звідки очевидно, що час буде мати обернено пропорційну залежність до результату:

$$k' \sim \frac{1}{t}.$$

Якщо час більший, це може свідчити про труднощі із завданням. Не менш важливо враховувати лише час на надання відповіді, який виключає час на прочитання питання і варіантів відповіді. Рівень впевненості  $C$  – показник впевненості студента у відповіді. Нехай множина рівня впевненості  $C$  для мінімального  $c_{min}$  та максимального  $c_{max}$  визначатиметься як:

$$C \in [c_{min}, c_{max}],$$

де  $c_{min} < c_{max}$  і  $c_{min} \geq 0$ .

Важливими умовами є те, що час та рівень впевненості повинні бути більшими за нуль. Нова формула розрахунку коефіцієнту класифікації відповіді буде виглядати наступним чином:

$$k' = k_a \times \left(\frac{1}{1+t}\right) \times \frac{c}{c_{max}}.$$

Множник  $\frac{1}{1+t}$  враховує час надання відповіді. Чим більше часу витрачає студент, тим меншим буде значення цього множника (враховуючи, що час  $t$  більше нуля). Це дозволяє знижувати коефіцієнт для студентів, які потребували більше часу, тим самим враховуючи швидкість реакції як показник знань.

Множник  $\frac{c}{\max(C)}$  враховує рівень впевненості студента, масштабуючи його значення від 0 до 1. Якщо студент дуже впевнений у відповіді, множник наближається до 1, а якщо невпевнений – до 0. Це допомагає

коригувати оцінку залежно від суб'єктивного рівня впевненості та здійснювати початкове калібрування системи. Надалі після здійснення налаштування системи, даний параметр повинен ігноруватись системою.

Оскільки обрахування зміни рейтингу залежить безпосередньо від значення  $k_a$ , бо воно напряму вказує наскільки точно була надана відповідь. Маємо удосконалену математичну модель обрахування зміни рейтингу, яка включає новий комплексний коефіцієнт класифікації відповіді:

$$\Delta r = \frac{v \times k' \times rd}{2 \times (r+1)}, \text{ при } k' < 0 \text{ і } \Delta r_0 > 0,$$

$$\Delta r = \Delta r_0 + \frac{v \times k' \times rd}{r+1}, \text{ при } k' < 0 \text{ і } \Delta r_0 \leq 0,$$

$$\Delta r = \frac{v \times k' \times rd}{2 \times (r_{max} - r + 1)}, \text{ при } k' \geq 0 \text{ і } \Delta r_0 < 0,$$

$$\Delta r = \Delta r_0 + \frac{v \times k' \times rd}{r_{max} - r + 1}, \text{ при } k' \geq 0 \text{ і } \Delta r_0 \geq 0,$$

де  $\Delta r$  – значення зміни рейтингу,  $\Delta r_0$  – попереднє значення зміни рейтингу,  $v$  – значення волатильності,  $r$  – поточний рейтинг,  $rd$  – поточне відхилення рейтингу,  $r_{max}$  – максимально допустиме значення рейтингу.

### Висновки

У результаті проведених досліджень було розроблено математичну модель класифікації відповіді при рейтингуванні тестів, яка включає додаткові параметри: час надання відповіді та рівень впевненості. Це дозволить покращити процес рейтингування при проходженні тестування за рахунок додання можливості калібрування системи, знижує похибку рейтингування при наданні випадково правильної відповіді, а також підвищує адаптивність системи до рівня підготовки студентів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамова, І., Багрій, К. Тестування як форма контролю та діагностики знань студентів. Витоки педагогічної майстерності. Серія: Педагогічні науки. – 2012. – 9 – С. 3-6.
2. Бронетко, В. О., Кудін, А. П. Системи комп'ютерного тестування: огляд, аналіз, порівняння. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2009. – 15. – С. 16-18.
3. Савчук Т. О., Вишневецький А. В., Ольшанська О. В. Використання коефіцієнту класифікації відповіді при рейтингуванні тестів // Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2023. pp. 213-218.
4. Glickman M. E. The Glicko system. URL: <http://www.glicko.net/glicko/glicko.pdf>.
5. Glickman M. E. Example of the Glicko-2 system. URL: <http://www.glicko.net/glicko/glicko2.pdf>.

**Вишневецький Артур В'ячеславович** – студент групи 2КН-23м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [arci.vishnevs@gmail.com](mailto:arci.vishnevs@gmail.com).

**Іванчук Ярослав Володимирович** – д.т.н., проф. кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ivanchuck@ukr.net](mailto:ivanchuck@ukr.net).

**Artur Vyshnevskiy V.** – Faculty of intelligent information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [arci.vishnevs@gmail.com](mailto:arci.vishnevs@gmail.com).

**Ivanchuk Yaroslav V.** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ivanchuck@ukr.net](mailto:ivanchuck@ukr.net).