



ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВЧАННЯ

УДК 37.091.26:519.1:519.22

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20490399>

**Оцінювання якості тестових завдань методами дискретної математики
та теорії вимірювань в освіті**

Рассоха Інна Володимирівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої і прикладної математики та фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-7681-5124>

Гуда Оксана Вікторівна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри штучного інтелекту та математичного моделювання Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-3602-7892>

Григоренко Костянтин Васильович,

викладач кафедри фізико-математичних дисциплін, Навчально-науковий інститут пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна,
<https://orcid.org/0000-0003-0811-1496>

Прийнято: 17.05.2026 | Опубліковано: 30.05.2026

Анотація: Метою статті є аналіз підходів до оцінювання якості тестових завдань із використанням методів дискретної математики та теорії вимірювань, а також обґрунтування доцільності застосування



сучасних психометричних моделей у системі освіти в умовах цифровізації освітнього процесу та зростання ролі адаптивних технологій навчання. **Методологічну** основу роботи становлять теоретичний аналіз наукових джерел, методи дискретної математики, ймовірнісне моделювання та психометричні підходи. Застосовано моделі теорії відповіді на завдання (IRT), зокрема однопараметричні, багатопараметричні та багатовимірні моделі, а також когнітивно-діагностичні моделі. Особливу увагу приділено сучасним підходам, що інтегрують методи машинного навчання для підвищення точності оцінювання та обробки великих обсягів даних. **У результаті** дослідження встановлено, що використання математичних моделей дозволяє підвищити точність оцінювання якості тестових завдань, забезпечити об'єктивність результатів та врахувати індивідуальні характеристики здобувачів освіти. Доведено, що застосування багатовимірних моделей і сучасних алгоритмів сприяє більш точному визначенню параметрів складності завдань, дискримінаційної здатності та ймовірності вгадування. Визначено, що інтеграція цифрових технологій забезпечує можливість адаптивного тестування, автоматизованого аналізу результатів та підвищує ефективність навчального оцінювання. **У висновках** обґрунтовано доцільність використання методів дискретної математики та теорії вимірювань для аналізу якості тестових завдань. Визначено перспективи подальших досліджень, що полягають у вдосконаленні моделей оцінювання, розширенні можливостей адаптивного тестування, підвищенні інтерпретованості результатів та інтеграції інтелектуальних систем у процес оцінювання результатів навчання. Запропоновані підходи можуть бути використані для підвищення якості освітніх вимірювань та вдосконалення процедур оцінювання результатів навчання.



Ключові слова: психометричні моделі, оцінювання результатів навчання, адаптивне тестування, когнітивно-діагностичні моделі, аналіз тестових завдань, математичне моделювання.

Evaluation of test item quality using discrete mathematics and measurement theory in education

Inna Rassokha,

Candidate of Physical and Mathematical Science, Associate Professor of the Department of Higher and Applied Mathematics and Physics of the National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-7681-5124>

Oksana Huda,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Artificial Intelligence and Mathematical Modeling of the Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-3602-7892>

Kostiantyn Hryhorenko,

Lecturer of the Department of Physical and Mathematical Disciplines, Educational and Scientific Institute of Fire and Technogenic Safety of the National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-0811-1496>

***Abstract:** The purpose of the article is to analyze approaches to assessing the quality of test items using methods of discrete mathematics and measurement theory, as well as to substantiate the expediency of applying modern psychometric models*



*in the education system amid the digitalization of the educational process and the growing role of adaptive learning technologies. **The methodological framework** of the study comprises a theoretical analysis of scientific literature, methods of discrete mathematics, probabilistic modeling, and psychometric approaches. Item Response Theory (IRT) models, including unidimensional (one-parameter, multi-parameter) and multidimensional models, as well as cognitive diagnostic models, were applied. Special attention is paid to contemporary approaches that integrate machine learning methods to enhance assessment accuracy and handle large datasets. As a **result of the study**, it has been established that the use of mathematical models improves the accuracy of test item quality assessment, ensures the objectivity of results, and accounts for the individual characteristics of learners. It is proven that the application of multidimensional models and advanced algorithms contributes to a more precise determination of item difficulty parameters, discrimination power, and guessing probability. It is determined that the integration of digital technologies enables adaptive testing, automated analysis of results, and increases the efficiency of educational assessment. **The conclusions** substantiate the expediency of using discrete mathematics and measurement theory methods to analyze test item quality. Future research prospects are identified, focusing on improving assessment models, expanding adaptive testing capabilities, enhancing the interpretability of results, and integrating intelligent systems into the educational outcome assessment process. The proposed approaches can be utilized to improve the quality of educational measurements and enhance learning outcome evaluation procedures.*

Keywords: *psychometric models, learning outcomes assessment, adaptive testing, cognitive diagnostic models, test item analysis, mathematical modeling.*

Постановка проблеми. Проблема оцінювання якості тестових завдань є однією з основних у системі сучасної освіти, оскільки саме тестові інструменти широко використовуються для контролю знань, визначення рівня



сформованості компетентностей та прийняття управлінських рішень у сфері освіти. У сучасних умовах цифровізації освітнього процесу та впровадження дистанційних і змішаних форм навчання зростає значення об'єктивного, надійного та валідного оцінювання результатів навчання, що вимагає перегляду традиційних підходів до розроблення та аналізу тестових завдань [1].

Розвиток інструментарію оцінювання результатів навчання на сучасному етапі пов'язаний з активним упровадженням цифрових платформ, адаптивного тестування та систем автоматизованого контролю. Їх використання сприяє інтенсифікації освітнього процесу й надає нові можливості для аналізу великих масивів навчальних даних [2]. При цьому поширення інформаційних технологій та розвиток ІТ-освіти зумовлюють появу нових форматів навчання й перевірки знань, зокрема практико-орієнтованих і адаптивних підходів, що потребують удосконалення методів та моделей оцінювання [3–4].

Традиційні методи оцінювання якості тестових завдань, засновані на класичній теорії тестування, не завжди забезпечують достатній рівень точності та інформативності результатів. У зв'язку з цим особливого значення набувають сучасні психометричні підходи, зокрема теорія відповіді на завдання, яка дозволяє враховувати параметри складності завдань, дискримінаційної здатності та ймовірності вгадування, а також індивідуальні характеристики здобувачів освіти [5–7].

Аналіз практики використання тестових технологій засвідчує наявність низки проблем, зокрема недостатню обґрунтованість параметрів тестових завдань, обмежене використання сучасних математичних моделей через складність їх практичного впровадження в масових освітніх системах і значні обчислювальні витрати, а також слабку інтеграцію психометричних підходів із цифровими технологіями. Це виявляється в недосконалому алгоритмі



адаптивного тестування, обмеженій підтримці багатовимірних моделей у системах управління навчанням (LMS) та складності впровадження автоматизованого аналізу результатів навчання, що знижує якість оцінювання й ускладнює інтерпретацію результатів навчання.

Отже, виникає необхідність у застосуванні методів дискретної математики, зокрема графових моделей структури знань, комбінаторного аналізу варіантів тестових завдань, теорії множин та логічних методів діагностики, а також теорії вимірювань для оцінювання якості тестових завдань, що дозволяє формалізувати процес аналізу, підвищити точність оцінювання та забезпечити обґрунтованість отриманих результатів у сучасному освітньому середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження у сфері оцінювання якості тестових завдань характеризуються активним розвитком психометричних підходів, цифрових технологій та методів математичного моделювання. Значна увага приділяється інтеграції класичних теорій вимірювання з сучасними інформаційними технологіями, що забезпечує підвищення точності та ефективності оцінювання.

У міжнародних дослідженнях підкреслюється роль цифрових технологій в освіті та необхідність переосмислення підходів до оцінювання результатів навчання. Зокрема, у доповіді ЮНЕСКО (UNESCO) зазначається, що цифровізація освіти надає нові можливості для оцінювання, однак водночас висуває підвищені вимоги до якості тестових інструментів та валідності результатів [1]. Подібної позиції дотримуються П. Елосуа та колеги (P. Elosua et al.), які наголошують на трансформації психологічного оцінювання під впливом цифрових технологій та необхідності адаптації традиційних методів до нових умов [2].

Питання використання інформаційних технологій у навчанні та оцінюванні розглядають Г. Заволодько (G. Zavalodko), О. Харченко



(O. Kharchenko) та З. Тягунова (Z. Tiahunova), підкреслюючи значення практико-орієнтованих підходів, зокрема кейс-чемпіонатів, для формування компетентностей здобувачів освіти [3]. Питання адаптивного тестування та застосування моделей теорії відповіді на завдання у сучасних системах оцінювання розглядає Т. Бентон (T. Benton), акцентуючи на можливостях комп'ютерного адаптивного тестування для підвищення точності освітніх вимірювань [4].

Теоретичні основи сучасного оцінювання висвітлюють Р. Беннет та співавтори (R. Bennett et al.), обґрунтовуючи необхідність забезпечення валідності та надійності тестування в умовах використання цифрових технологій [5]. Концептуальні підходи до проектування оцінювання представляють Р. Міслеві (R. Mislevy) та Г. Хертел (G. Haertel), які розглядають evidence-centered design як основу побудови сучасних тестових систем [6].

Значний внесок у розвиток психометричних моделей здійснено в рамках теорії відповіді на завдання. Так, А. Робіцш (A. Robitzsch) аналізує методи оцінювання параметрів моделі Раша та їх вплив на точність результатів [7]. Узагальнену однопараметричну модель із гнучкими функціями зв'язку, що дозволяє більш точно описувати характеристики тестових завдань, пропонують С. Ван та колеги (X. Wang et al.) [8]. Асиметричні моделі IRT, які враховують складні залежності між параметрами завдань, розглядають Х. Шим (H. Shim), В. Боніфай (W. Bonifay) та В. Відерман (W. Wiedermann) [9].

Подальший розвиток отримали когнітивно-діагностичні моделі. Зокрема, М. Гірл та співавтори (M. Gierl et al.) розглядають автоматичну генерацію тестових завдань і кодування змісту як інструменти підвищення якості тестового банку та безпеки оцінювання [10], тоді як Дж. де ла Торре (J. de la Torre) та М. Соррел (M. Sorrel) систематизують сучасні підходи до



побудови когнітивних моделей [11]. Соціокогнітивний підхід до психометричного моделювання висвітлює Р. Міслеві (R. Mislevy), підкреслюючи необхідність урахування контексту навчання та процесів мислення здобувачів освіти [12].

Окремий напрям досліджень пов'язаний з автоматизацією створення тестових завдань та використанням цифрових технологій. Так, Ф. Фалькао (F. Falcão), П. Коста (P. Costa) та Ж. Пего (J. Pêgo) аналізують можливості автоматичної генерації завдань та її вплив на якість оцінювання [13]. Сучасні підходи, що поєднують психометричні моделі з методами машинного навчання, досліджують Т. Лю (T. Liu), Ч. Ван (C. Wang) та Г. Сюй (G. Xu). Науковці використовують варіаційний автокодер для оцінювання параметрів багатовимірних моделей [14]. Подібні ідеї розвиває Е. Цуцумі (E. Tsutsumi), пропонуючи інтеграцію глибинного навчання з теорією відповіді на завдання [15].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість досліджень, залишаються нерозв'язаними питання інтеграції методів дискретної математики з психометричними моделями, забезпечення інтерпретованості результатів складних моделей та адаптації підходів до умов цифрового освітнього середовища. Водночас проблема комплексного використання методів дискретної математики та теорії вимірювань у сучасній освітній практиці залишається недостатньо розробленою.

У більшості наукових праць увага зосереджується або на вдосконаленні окремих психометричних моделей, зокрема теорії відповіді на завдання та когнітивно-діагностичних підходів, або на впровадженні цифрових технологій в освітній процес, тоді як питання їх системного поєднання та практичної реалізації залишаються поза достатньою увагою.

Зокрема, потребують подальшого опрацювання такі аспекти: формалізація оцінювання якості тестових завдань із застосуванням методів



дискретної математики; інтеграція психометричних моделей (IRT, MIRT, CDM) із сучасними цифровими технологіями та алгоритмами обробки освітніх даних; підвищення інтерпретованості результатів за умови використання складних математичних і машинних моделей; урахування індивідуальних характеристик здобувачів освіти в адаптивному тестуванні; а також розроблення узагальнених підходів до оцінювання якості тестових завдань, що поєднують класичні та сучасні аналітичні методи.

Окремої уваги потребує проблема підвищення ефективності оцінювання в умовах цифровізації освіти, що супроводжується зростанням обсягів освітніх даних та необхідністю їх обробки з використанням сучасних математичних інструментів. Потребують розроблення підходи, які забезпечують узгоджене використання методів дискретної математики, теорії вимірювань та цифрових технологій для оцінювання якості тестових завдань.

Внесок статті у розв'язання окресленої проблеми полягає в обґрунтуванні комплексного підходу до оцінювання якості тестових завдань, який поєднує методи дискретної математики, теорії вимірювань, психометричне моделювання й цифрові технології. Такий підхід спрямований на формалізацію аналізу тестових завдань, підвищення точності оцінювання, забезпечення інтерпретованості результатів та адаптацію процедур тестування до умов сучасного цифрового освітнього середовища.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є аналіз підходів до оцінювання якості тестових завдань із використанням методів дискретної математики та теорії вимірювань, а також обґрунтування доцільності застосування сучасних психометричних моделей у системі освіти в умовах цифровізації освітнього процесу та зростання ролі адаптивних технологій навчання.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:



- 1) проаналізувати сучасні наукові підходи до оцінювання якості тестових завдань та використання психометричних моделей в освіті;
- 2) дослідити можливості застосування методів дискретної математики, теорії відповіді на завдання та когнітивно-діагностичних моделей для оцінювання якості тестових завдань;
- 3) обґрунтувати підходи до підвищення якості тестових завдань з урахуванням використання цифрових технологій та сучасних методів обробки навчальних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінювання якості тестових завдань із використанням методів дискретної математики та теорії вимірювань передбачає аналіз сучасних підходів до оцінювання результатів навчання та їх математичне обґрунтування. У межах роботи здійснено аналіз наявних психометричних моделей, а також досліджено можливості їх інтеграції з методами дискретної математики та сучасними цифровими технологіями.

На першому етапі дослідження здійснено аналіз сучасних підходів до оцінювання якості тестових завдань. Встановлено, що традиційні методи, засновані на класичній теорії тестування, не забезпечують достатньої точності оцінювання, оскільки не враховують індивідуальні характеристики здобувачів освіти та параметри тестових завдань. У зв'язку з цим у сучасних дослідженнях широко застосовуються моделі теорії відповіді на завдання (IRT), які дають змогу формалізувати процес оцінювання, визначати параметри тестових завдань і враховувати рівень підготовки здобувачів освіти [7–9].

Базовою моделлю є однопараметрична модель Раша, яка описує ймовірність правильної відповіді як функцію різниці між рівнем підготовки здобувача освіти та складністю завдання:

$$P(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-(\theta-b)}}$$



де θ – рівень підготовки здобувача освіти, b – параметр складності завдання.

Застосування цієї моделі дозволяє оцінити відповідність тестових завдань рівню знань здобувачів освіти, проте вона не враховує відмінність у дискримінаційній здатності завдань. Для подолання цього обмеження використовується двопараметрична модель:

$$P(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta-b)}}$$

де a – параметр дискримінаційної здатності.

Крім того, у трипараметричній моделі враховується ймовірність вгадування, що є важливим для тестів із вибором відповіді. Таким чином, застосування IRT-моделей дозволяє більш детально аналізувати якість тестових завдань, зокрема визначати їхню складність, інформативність та здатність диференціювати рівень підготовки здобувачів освіти.

На другому етапі дослідження проаналізовано можливості використання методів дискретної математики для оцінювання якості тестових завдань. Встановлено, що такі методи дозволяють формалізувати структуру тесту у вигляді дискретних множин, графів або матриць, що забезпечує можливість математичного аналізу взаємозв'язків між завданнями та відповідями. Зокрема, тест можна розглядати як множину завдань $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, а результати виконання – як бінарну матрицю відповідей здобувачів освіти. Це створює передумови для застосування алгоритмічних методів аналізу та оптимізації тестових інструментів.

Поєднання психометричних моделей із методами дискретної математики дозволяє підвищити точність оцінювання, забезпечити структурованість аналізу та створити основу для розроблення адаптивних систем тестування. У цьому контексті важливу роль відіграють цифрові технології, що забезпечують обробку великих масивів освітніх даних та автоматизацію процесу оцінювання.



З метою узагальнення сучасних тенденцій розвитку освіти та оцінювання результатів навчання було систематизовано основні інноваційні напрями (табл. 1).

Таблиця 1

Систематизація інноваційних підходів у сучасній освіті

Тип інновації	Опис
Технологічні рішення	Упровадження цифрових технологій в освітній процес
Адаптивні методи навчання	Індивідуалізація освітніх траєкторій
Глобальна експансія	Міжнародне співробітництво
Інтеграція STEM	Поєднання природничих та технічних дисциплін
Професійна підготовка	Орієнтація на ринок праці
AR/VR технології	Підвищення інтерактивності навчання
Гейміфікація	Підвищення мотивації здобувачів освіти
Екологічна освіта	Формування сталого мислення

Джерело: власна розробка авторів

Отримані результати свідчать, що сучасні підходи до оцінювання якості тестових завдань мають базуватися на комплексному використанні математичних, психометричних та цифрових методів. Особливо перспективним є поєднання IRT-моделей із методами машинного навчання, що дозволяє підвищити точність прогнозування результатів та автоматизувати процес оцінювання.

Водночас застосування складних моделей потребує забезпечення інтерпретованості результатів, що є важливим для практичного використання в освітньому процесі. У цьому контексті методи дискретної математики можуть бути інструментом спрощення та структуризації моделей оцінювання.

У результаті дослідження обґрунтовано доцільність використання методів дискретної математики й теорії вимірювань для оцінювання якості тестових завдань, що дозволяє підвищити об'єктивність, точність та ефективність освітнього оцінювання.



Подальший розвиток підходів до оцінювання якості тестових завдань передбачає використання багатовимірних моделей теорії відповіді на завдання (MIRT), які дають змогу враховувати декілька латентних характеристик здобувачів освіти та застосовуються для аналізу складних структур освітніх даних [14]. На відміну від класичних одновимірних моделей, MIRT-моделі забезпечують більш точне представлення складних когнітивних процесів, що лежать в основі виконання тестових завдань. Це особливо актуально для оцінювання компетентностей, які мають інтегрований характер та формуються в межах міждисциплінарного навчання.

У рамках MIRT-підходу ймовірність правильної відповіді визначається як функція вектора латентних змінних:

$$P(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta-b)}}$$

де θ розглядається як вектор параметрів здібностей, що дозволяє враховувати багатовимірність знань і навичок здобувачів освіти. Такий підхід значно розширює можливості аналізу якості тестових завдань та підвищує точність оцінювання.

Окрім психометричних моделей, важливу роль відіграють методи дискретної математики, які дозволяють описувати структуру тесту як систему взаємопов'язаних елементів. Зокрема, тест можна представити у вигляді графа, де вершини відповідають тестовим завданням, а ребра – логічним або змістовим зв'язкам між ними. Такий підхід дозволяє аналізувати структурну узгодженість тесту, наявність надлишкових або слабко пов'язаних завдань, оптимальність послідовності подання завдань.

Формально структуру тесту можна задати у вигляді орієнтованого графа $G = (V, E)$, де V – множина завдань, а E – множина зв'язків між ними. Аналіз такого графа дозволяє виявити кластери завдань, що перевіряють однакові компетентності, та оптимізувати структуру тесту.



Додатково результати тестування можуть бути представлені у вигляді бінарної матриці відповідей, де рядки відповідають здобувачам освіти, а стовпці – тестовим завданням. Такий спосіб подання даних створює можливість для застосування методів дискретного аналізу, зокрема кластеризації для виявлення груп здобувачів із подібними характеристиками, факторного аналізу для визначення латентних змінних, а також алгоритмів оптимізації для відбору найбільш інформативних завдань.

У зв'язку з цим одним із перспективних напрямів розвитку сучасних систем оцінювання є інтеграція психометричних моделей із методами машинного навчання. Застосування нейронних мереж і варіаційних автокодерів дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів моделей, автоматизувати процес аналізу тестових даних та ефективно працювати з великими обсягами освітньої інформації.

Водночас розширення використання складних алгоритмів актуалізує проблему інтерпретованості отриманих результатів. Саме тому методи дискретної математики набувають додаткового значення як інструмент спрощення моделей шляхом виокремлення основних структурних елементів і зв'язків між ними.

У межах зазначених тенденцій особливого значення набуває адаптивне тестування, яке ґрунтується на динамічному підборі завдань відповідно до рівня підготовки здобувача освіти. У таких системах кожне наступне завдання визначається на основі попередніх відповідей, що дає змогу скоротити тривалість тестування, підвищити точність оцінювання та мінімізувати вплив випадкових чинників.

Реалізація адаптивного тестування, відповідно, потребує використання ефективних методів вибору завдань. Одним із найбільш поширених підходів є застосування інформаційної функції завдання, яка дозволяє визначити ступінь його корисності для оцінювання рівня знань здобувача освіти. Оптимізація



такого процесу може бути забезпечена за допомогою методів дискретної оптимізації.

Таким чином, результати дослідження засвідчують, що ефективно оцінювання якості тестових завдань можливе лише за умови комплексного поєднання психометричних моделей (IRT, MIRT, CDM), методів дискретної математики, цифрових технологій та алгоритмів машинного навчання.

Запропонований підхід дозволяє не лише підвищити точність оцінювання, а й забезпечити структурованість аналізу, адаптивність тестування та можливість масштабування систем оцінювання в умовах цифрового освітнього середовища. У зв'язку з цим особливого значення набуває проблема оцінювання валідності та надійності тестових завдань у межах сучасних психометричних моделей.

Валідність у цьому контексті розглядається як відповідність результатів тестування цілям оцінювання та здатність тесту вимірювати саме ті характеристики, для яких він призначений, що узгоджується з підходами evidence-centered design до побудови сучасних систем оцінювання [6]. Надійність характеризує стабільність і відтворюваність результатів за повторного застосування тесту.

У межах теорії відповіді на завдання валідність тестових інструментів забезпечується насамперед відповідністю моделі емпіричним даним. Для цього використовуються різні статистичні критерії узгодженості, зокрема аналіз функції правдоподібності, інформаційні критерії (AIC, BIC) та показники якості підгонки моделі. Це дозволяє визначити, наскільки обрана модель адекватно описує процес виконання тестових завдань.

Водночас оцінювання надійності в психометричних моделях пов'язане з інформаційною функцією тесту, яка відображає точність оцінювання на різних рівнях підготовки здобувачів освіти. Чим вищою є інформаційна функція, тим точніше визначається рівень знань. Саме тому важливого значення набуває



добір тестових завдань таким чином, щоб забезпечити максимальну інформативність тесту в межах заданого діапазону здібностей.

У цьому контексті методи дискретної математики дозволяють суттєво розширити підходи до оцінювання валідності та надійності. Зокрема, використання графових моделей дає змогу аналізувати структуру зв'язків між завданнями та виявляти логічні залежності між ними. Завдяки цьому можна визначати надлишкові або повторювані завдання, оцінювати збалансованість тесту та забезпечувати покриття всіх необхідних компетентностей.

Крім того, перспективним напрямом є використання комбінаторного аналізу для генерації варіантів тестових завдань та оцінювання їхньої складності, що узгоджується з підходами автоматичної генерації завдань і кодування змісту тестового банку [10; 13]. Це особливо актуально в умовах масового тестування, коли виникає потреба у створенні великої кількості еквівалентних тестових форм. Використання таких підходів дозволяє мінімізувати ймовірність списування та підвищити об'єктивність оцінювання.

Поряд із цим важливу роль відіграють когнітивно-діагностичні моделі, які забезпечують детальніший аналіз структури знань здобувачів освіти. На відміну від класичних моделей, орієнтованих переважно на визначення загального рівня підготовки, когнітивні моделі дозволяють оцінювати рівень сформованості окремих навичок і компетентностей. Це створює передумови для персоналізації навчання та побудови індивідуальних освітніх траєкторій.

Інтеграція когнітивно-діагностичних моделей із методами дискретної математики дає можливість формалізувати структуру знань у вигляді логічних схем або матриць залежностей. Такий підхід забезпечує автоматизований аналіз результатів тестування та сприяє підвищенню точності діагностики навчальних досягнень.

Водночас розвиток сучасних систем оцінювання актуалізує проблему їх масштабованості. Зростання обсягів освітніх даних потребує використання



ефективних алгоритмів обробки інформації, у зв'язку з чим важливу роль починають відігравати методи машинного навчання. Їх застосування дозволяє працювати з великими масивами даних та виявляти приховані закономірності в результатах тестування.

Поєднання психометричних моделей з алгоритмами машинного навчання створює передумови для формування інтелектуальних систем оцінювання, здатних адаптуватися до індивідуальних характеристик здобувачів освіти. Зокрема, використання нейронних мереж дає змогу підвищити точність прогнозування результатів та автоматизувати процес аналізу тестових даних.

Водночас застосування складних алгоритмів машинного навчання супроводжується проблемою інтерпретованості результатів, оскільки такі моделі не завжди є достатньо прозорими для користувачів. З огляду на це, методи дискретної математики можуть бути інструментом спрощення моделей і забезпечення зрозумілості отриманих результатів.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що ефективно оцінювання якості тестових завдань має базуватися на комплексному підході, який поєднує психометричні моделі, методи дискретної математики та сучасні цифрові технології. Така інтеграція дозволяє підвищити точність, об'єктивність і адаптивність оцінювання, а також забезпечити його відповідність вимогам сучасного освітнього середовища.

Додатковим аспектом дослідження є оцінювання ефективності тестових завдань із погляду їхньої диференційної здатності. Дискримінаційна здатність завдання характеризує його можливість розрізняти здобувачів освіти з різним рівнем підготовки, тому в межах психометричних моделей цей показник розглядається як один із важливих критеріїв якості тестових інструментів.

У цьому контексті застосування моделей теорії відповіді на завдання дозволяє кількісно оцінити дискримінаційні характеристики завдань і



визначити ті з них, які не забезпечують достатнього розмежування рівнів підготовки. Завдяки цьому стає можливим відбір найбільш інформативних завдань та формування більш ефективних тестових комплексів.

При цьому можливості аналізу суттєво розширюються завдяки використанню методів дискретної математики. З позицій дискретного аналізу дискримінаційна здатність може досліджуватися через структуру множин правильних і неправильних відповідей, що дозволяє виявляти закономірності в поведінці здобувачів освіти під час виконання тестових завдань. Зокрема, застосування методів кластеризації та аналізу бінарних матриць відповідей дає змогу визначати групи завдань із подібними характеристиками та оптимізувати структуру тесту. Це сприяє не лише підвищенню точності оцінювання, а й забезпечує більш раціональний добір тестових завдань відповідно до цілей контролю знань.

Отже, урахування дискримінаційної здатності тестових завдань у поєднанні з методами дискретної математики та психометричними моделями створює умови для підвищення якості оцінювання й більш точного визначення рівня навчальних досягнень здобувачів освіти.

Зазначені підходи формують підґрунтя для подальшого розвитку інтелектуальних систем оцінювання, орієнтованих на автоматизацію аналізу результатів навчання та підвищення адаптивності освітніх технологій. Це забезпечує зростання ефективності освітнього процесу та сприяє прийняттю більш обґрунтованих педагогічних рішень.

Висновки. У процесі дослідження встановлено, що сучасні підходи до оцінювання якості тестових завдань потребують поєднання психометричних моделей, методів дискретної математики та цифрових технологій, оскільки саме така інтеграція забезпечує підвищення точності, об'єктивності й адаптивності освітнього оцінювання. Здійснений аналіз засвідчив обмеженість традиційних підходів, заснованих на класичній теорії тестування, та



підтвердив доцільність використання моделей теорії відповіді на завдання (IRT, MIRT, CDM), які дозволяють враховувати індивідуальні характеристики здобувачів освіти, параметри тестових завдань і багатовимірність когнітивних процесів.

Крім того, обґрунтовано можливості застосування методів дискретної математики для структуризації та аналізу тестових інструментів. Представлення тестів у вигляді графів, матриць або дискретних множин створює умови для виявлення логічних зв'язків між завданнями, визначення їхньої інформативності, оцінювання валідності та надійності, а також оптимізації структури тестів. З'ясовано, що використання кластеризації, комбінаторного аналізу й методів дискретної оптимізації сприяє підвищенню ефективності формування тестових комплексів і забезпечує більш точне визначення рівня навчальних досягнень.

Окрему увагу приділено інтеграції психометричних моделей із методами машинного навчання та сучасними цифровими технологіями. Встановлено, що використання нейронних мереж, адаптивних алгоритмів і автоматизованого аналізу освітніх даних дозволяє підвищити точність оцінювання, забезпечити масштабованість систем тестування та адаптацію до індивідуальних характеристик здобувачів освіти. Водночас наголошено на важливості забезпечення інтерпретованості результатів, у зв'язку з чим методи дискретної математики розглядаються як засіб спрощення та впорядкування складних моделей оцінювання.

Результати дослідження також підтвердили важливість урахування дискримінаційної здатності тестових завдань як одного з важливих показників їхньої якості. Поєднання психометричних моделей із методами аналізу бінарних матриць відповідей та кластеризації дозволяє ефективніше добирати найбільш інформативні завдання й удосконалювати структуру тестів відповідно до цілей контролю знань.



Отже, використання методів дискретної математики та теорії вимірювань у системах оцінювання створює підґрунтя для розвитку інтелектуальних і адаптивних систем тестування, орієнтованих на автоматизацію аналізу результатів навчання, підвищення об'єктивності оцінювання та підтримку прийняття обґрунтованих педагогічних рішень в умовах цифровізації освіти.

Перспективи подальших досліджень полягають у розвитку адаптивних та інтелектуальних систем оцінювання, що поєднують психометричні моделі, методи дискретної математики й алгоритми машинного навчання для автоматизованого аналізу результатів навчання.

Список використаних джерел

1. Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? Paris: UNESCO, 2023. 526 p. DOI: <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>
2. Elosua P., Aguado D., Fonseca-Pedrero E., Abad F. J., Santamaría P. New trends in digital technology-based psychological assessment. *Psicothema*. 2023. Vol. 35. № 3. P. 50–57. DOI: <https://doi.org/10.7334/psicothema2022.241>
3. Zavolodko G., Kharchenko O., Tiahunova Z. Case championships as a means of learning in IT education. *Characteristics and trends of socioeconomic development at the macro- and micro-levels: Conference Proceedings (May 5–6, 2023, Kielce, Poland)*. Riga: Baltija Publishing, 2023. P. 100–103. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-306-4-26>
4. Benton T. Item response theory, computer adaptive testing and the national reference test. *Research Matters*. 2021. № 32. P. 12–21. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1317443> (дата звернення: 10.03.2026).
5. Bennett R. E., LaMar M., Mazzeo J. Technology-based assessment: validity, modeling, and analysis issues. *Educational Measurement*. Oxford: Oxford



University Press, 2025. P. 581–654. DOI:
<https://doi.org/10.1093/oso/9780197654965.003.0009>

6. Mislevy R. J., Haertel G. D. Implications of evidence-centered design for educational testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*. 2006. Vol. 25, № 4. P. 6–20. URL: https://csaa.wested.org/wp-content/uploads/2020/01/2006_Implications_of_Evidence_Centered_Design_for_Educational_Testing.pdf (дата звернення: 10.03.2026).

7. Robitzsch A. A comprehensive simulation study of estimation methods for the Rasch model. *Stats*. 2021. Vol. 4., №4. P. 814–836. DOI: <https://doi.org/10.3390/stats4040048>

8. Wang X., Zhang J., Lu J., Cheng G., Shi N. Study and analysis of a generalized one-parameter item response model with flexible link functions. *Frontiers in Psychology*. 2023. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1248454>

9. Shim H., Bonifay W., Wiedermann W. Parsimonious asymmetric item response theory modeling with the complementary log-log link. *Behavior Research Methods*. 2023. Vol. 55. № 1. P. 200–219. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01824-5>

10. Shin J., Firoozi T., Lai H. Using content coding and automatic item generation to improve test security. *Frontiers in Education*. 2022. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.853578>

11. de la Torre J., Sorrel M. A. Cognitive diagnosis models. *New Handbook of Mathematical Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2023. P. 385–420. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108902724.010>

12. Mislevy R. J. Sociocognitive and argumentation-based perspectives on psychometric modeling in educational assessment. *Psychometrika*. 2024. Vol. 89. № 1. P. 64–83. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11336-024-09966-5>



13. Falcão F., Costa P., Pêgo J. M. Ensuring feasibility: a review of automatic item generation in medical assessment. *Advances in Health Sciences Education*. 2022. Vol. 27. P. 405–425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10459-022-10092-z>

14. Liu T., Wang C., Xu G. Estimating three- and four-parameter MIRT models using a variational autoencoder with importance-weighted sampling. *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.935419>

15. Tsutsumi E. Item response theory based on deep learning with independent student and item networks. Tokyo: The University of Electro-Communications, 2023. 71 p. URL: <http://www.ai.lab.uec.ac.jp/wp-content/uploads/2023/03/abf234eed74c770ad9a4ed85727ad3a5.pdf> (дата звернення: 10.03.2026).