

20. Melnyk O. V., Morin O. L., Hutsan L. A., Tkachuk I.I., Parkhomenko O.M., Okhrimenko Z.V., Popova T.S., Luzan M.V. Pobudova kariery: Navchalnyi posibnyk (O. Melnyk, red.). 2014. Kirovohrad: TOV «Imeks».

21. Aliexsieieva S. V., Bazyl L. O., Hrytsenok I. A., Yershova L. M., Zakatnov D. O., Orlov V. F., Sokhatska H. V. Pidhotovka maibutnikh kvalifikovanykh kadriv do pidpriemnytskoi diialnosti v umovakh rozvytku maloho biznesu: teoriia i praktyka: monohrafiia. Zhytomyr: Polissia. 237 s. 2020. <http://lib.iitta.gov.ua/724963/>

22. Yershova L., Hrytsenok I. Metodyka konsultuvannia zdobuvachiv profesiinoi osvity z molodizhnoho pidpriemnytstva u konteksti realizatsii tsilei staloho rozvytku. Innovatsiina profesiina osvita. – Vypusk 6(19). Profesiina osvita v umovakh staloho rozvytku suspilstva: monohrafiia / [za nauk. red. V.O.Radkevych, M.A.Pryhodiia]. – 2024. Kyiv: IPO NAPN Ukrainy, 176-198. <https://conference.ivet.edu.ua/index.php/1/issue/view/21/26>



Авторське право ©2025 автори, всі права захищено. Автори погоджуються, що ця стаття залишається у відкритому доступі на умовах Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Отримано редакцією 11.02.2026 р.
Прийнято редакцією 11.03.2026 р.
Опубліковано 6.04.2026 р.

УДК 378.01

DOI: 10.31376/2410-0897-2026-1-60-106-112

ПОБУДОВА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ

Кондратенко Тетяна Володимирівна

кандидат педагогічних наук, старший викладач

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

e-mail: tetainakondratenko@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-8177-8433

У статті обґрунтовано концепцію та практичну реалізацію інтелектуальної системи адаптивного тестування для майбутніх учителів на основі моделі Раша (IRT). Розроблено ітераційний алгоритм із «нетлею адаптації», що забезпечує стабільно високу точність вимірювання (SEM) незалежно від рівня підготовки студентів. Доведено, що використання системи дає змогу оптимізувати довжину тесту на 45–60% без втрати валідності. Результати підтверджують ефективність переходу до інтелектуального супроводу індивідуальних освітніх траєкторій та сприяють розвитку цифрової компетентності педагогів.

Ключові слова: адаптивне тестування, індивідуальна освітня траєкторія, інтелектуальні інформаційні системи, педагогічні вимірювання, Item Response Theory (IRT), персоналізація навчання, цифровізація навчання, модель Раша.

Постановка проблеми. Сучасна парадигма освіти вимагає використання сучасних хмаро орієнтованих інструментів та сервісів відкритої науки, що дають змогу інтегрувати інтелектуальні системи в освітній процес, відмови від уніфікованого підходу на користь персоналізації навчання [3]. Однак під час викладання математики та інформатики вчителі стикаються з проблемою значного розриву в базовій підготовці учнів [4; 7]. Традиційні методи педагогічних вимірювань (лінійні тести) часто є малоефективними: вони або занадто складні для слабких учнів, що призводить до демотивації, або занадто прості для сильних, що не дозволяє точно визначити їхній потенціал. Проблема полягає в необхідності створення інтелектуального інструментарію, який би дав змогу автоматично адаптувати складність навчального контенту та контрольних завдань до індивідуальних особливостей студента в режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичний фундамент педагогічних вимірювань закладений у працях з теорії моделювання та параметризації тестів (IRT), зокрема моделі Раша (F. Lord, R. Hambleton) [11; 10; 9]. Питання розробки інтелектуальних навчальних систем (ITS) активно досліджуються в роботах В. Woolf [13] та А. Corbett [8]. В Україні цей напрям розвивають С. Семеріков [5], В. Биков [1; 2] та О. Співаковський [6]. Незважаючи на значну кількість наукових напрацювань, питання практичної підготовки майбутніх учителів математики та інформатики до проєктування означених систем в межах освітнього процесу залишається недостатньо розробленим.

Метою публікації є висвітлення дослідження механізмів інтеграції інтелектуальних інформаційних систем у сферу педагогічних вимірювань для створення адаптивного освітнього середовища, що дає змогу майбутнім учителям інформатики та математики автоматизувати процес моніторингу знань та реалізувати стратегію індивідуалізації навчання.

Виклад основного матеріалу. Реалізація стратегії індивідуалізації навчання в процесі підготовки майбутніх учителів математики та інформатики потребує перегляду архітектури контрольної-діагностичних систем. Традиційні засоби тестування орієнтовані на «середнього» учня, що створює когнітивний дисонанс: сильні учні втрачають мотивацію через відсутність виклику, а слабкі – через надмірну складність. Розв'язання цієї проблеми покладається на інтеграцію методології педагогічних вимірювань із можливостями інтелектуальних інформаційних систем.

В основі пропонованого підходу лежить концепція інтелектуального адаптивного тестування (Computerized Adaptive Testing – CAT), де процес вимірювання знань розглядається як динамічне управління навчальною траєкторією [9].

Розглянемо математичну модель інтелектуального оцінювання знань, де наукове обґрунтування адаптивності базується на використанні логістичних моделей Item Response Theory (IRT). Найбільш придатною для впровадження майбутніми вчителями є однопараметрична модель Раша [11] (1).

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

Означена модель Раша математично описує ймовірність P успішного виконання завдання як функцію різниці між рівнем підготовки учня (θ) та рівнем складності завдання (b). Використання запропонованої моделі дозволяє інтелектуальній системі оперувати не відсотком правильних відповідей, а латентним показником здібностей учня, що забезпечує об'єктивність незалежно від конкретного набору запитань. Для майбутніх учителів математики важливо розуміти, що цей підхід дає змогу перевести якісні показники («знає / не знає») у кількісну шкалу (логіти).

Інтелектуальна складова системи адаптивного тестування (CAT) реалізується через ітераційний алгоритм, що імітує поведінку досвідченого екзаменатора [9]. На відміну від лінійного тесту, де всі учні отримують однакові питання, CAT підлаштовується під кожну відповідь (рис. 1).

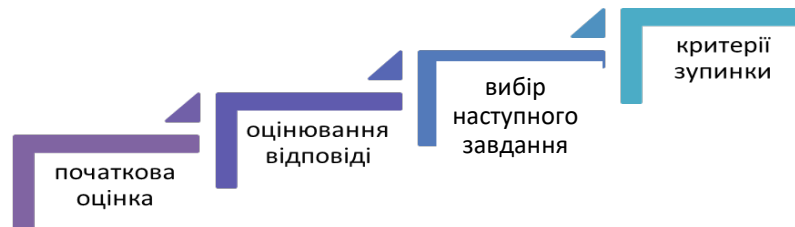


Рис. 1. Архітектура системи адаптивного тестування

За допомогою рис. 1 представлена архітектура системи адаптивного тестування, кроками алгоритму якої є:

1. Початкова оцінка: система надає перше завдання середньої складності ($b=0$).
2. Оцінювання відповіді: якщо відповідь правильна, поточна оцінка здібностей учня (θ) перераховується в бік збільшення; якщо хибна – у бік зменшення.
3. Вибір наступного завдання: система шукає в банку завдань таке питання, складність якого максимально наближена до нового рівня θ учня. Це мінімізує стандартну похибку вимірювання (SEM).
4. Критерій зупинки: тест припиняється, коли похибка вимірювання стає меншою за задане значення (наприклад, $SEM < 0,3$) або вичерпано ліміт питань.

Отже, процес побудови траєкторії вимірювання знань складається з таких етапів:

1. Ініціалізація: встановлення початкового значення здібностей θ_0 (на основі попередніх досягнень або середнього значення).
2. Селекція завдання: інтелектуальний агент обирає з банку таке завдання b_i , яке відповідає поточному рівню θ (максимізація інформаційної функції Фішера) [10].
3. Оцінювання та перерахунок: після відповіді учня система перераховує значення θ методом максимальної правдоподібності, бо цей метод забезпечує збіжність оцінки θ до істинного значення здібностей учня.
4. Валідація зупинки: перевірка умови припинення тесту (досягнення необхідної точності вимірювання або ліміту кроків).

Такий підхід дозволяє скоротити довжину тесту на 40–60% без втрати надійності результату, що є критичним для зниження когнітивного навантаження в умовах сучасного уроку [12].

У межах вивчення навчальної дисципліни «Інтелектуальні інформаційні системи» майбутні учителі інформатики та математики фокусуються на розробці бази знань (банку каліброваних завдань) та інтелектуального агента, що реалізує логіку вибору. Акцентуються на статистичній валідації завдань. Використання таких систем дає змогу майбутньому вчителю:

- уникнути ефекту «стелі» (коли сильні учні не можуть показати свій максимум через легкі тести);
- зменшити час тестування на 50–70% без втрати точності;
- реалізувати справжню персоналізацію: кожен учень рухається власною траєкторією.

Графічну інтерпретацію взаємодії параметрів учня та завдань наведено на рис. 2.

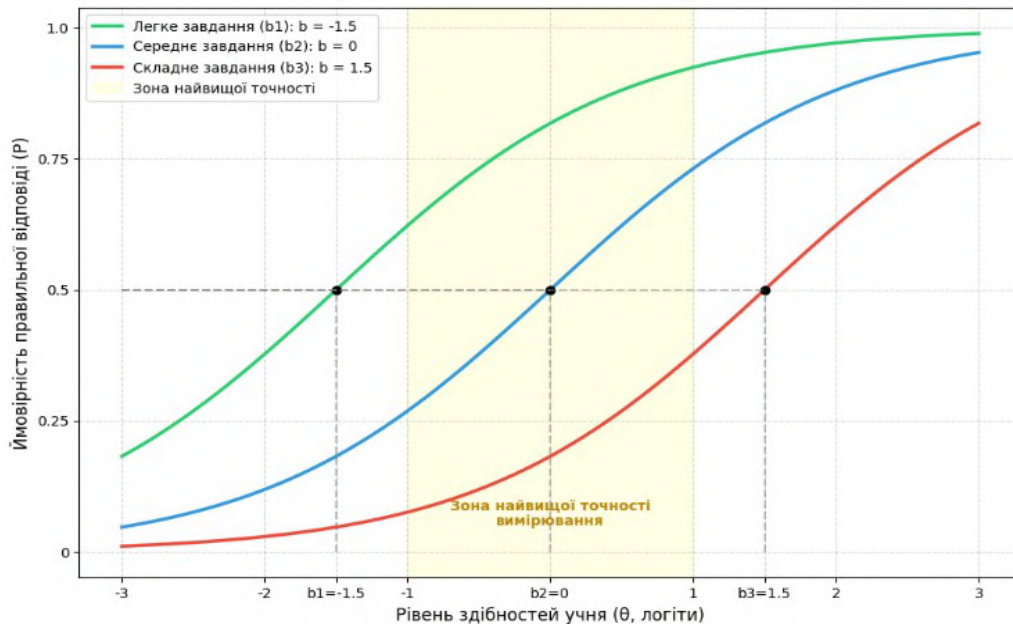


Рис. 2. Характеристичні криві завдань (ICC) за однопараметричною моделлю Раша (сформовано автором за допомогою Python)

Примітка: θ – латентний параметр рівня підготовки учня; P – ймовірність правильної відповіді; b_1, b_2, b_3 – параметри складності тестових завдань.

На рис. 2 представлено результати моделювання характеристикних кривих завдань (Item Characteristic Curves – ICC) для трьох рівнів складності (b), що є математичним фундаментом Characteristic функціонування інтелектуальної системи адаптивного тестування [10; 9].

Ключовими аспектами візуалізації є: диференціація за складністю, інформативність вимірювання та визначення зони найвищої точності.

Отже, візуалізація диференціації за складністю відбувається за допомогою кривих, кожна з яких відображає ймовірність правильної відповіді (P) залежно від латентного параметра здібностей учня (θ). Точки перегину кривих, де ймовірність успіху становить $P = 0,5$, відповідають параметрам складності завдань: $b_1 = -1,5$ (легке завдання), $b_2 = 0$ (середнє завдання) та $b_3 = 1,5$ (складне завдання).

Найбільший нахил кривих спостерігається саме в точках перегину. З точки зору теорії педагогічних вимірювань, це означає, що завдання є найбільш інформативним тоді, коли його складність (b) максимально наближена до рівня знань учня (θ). Саме в цій зоні інтелектуальний агент системи здатний найточніше диференціювати рівень підготовки, мінімізуючи вплив випадкового вгадування або помилок.

Зона найвищої точності представлена виділеною областю (від -1 до $+1$ логіта), що демонструє діапазон, у якому адаптивний алгоритм забезпечує мінімальну стандартну похибку вимірювання (SEM). Коли система добирає завдання з цієї зони, процес тестування стає найбільш ефективним, що дає змогу скоротити загальну кількість запитань на 40–60% без втрати надійності та валідності оцінювання.

Графічна інтерпретація підтверджує, що впровадження моделі Раша в інтелектуальні системи дозволяє реалізувати механізм динамічної адаптації. Якщо учень відповідає правильно, інтелектуальний агент зміщує вибір наступного завдання вправо за віссю абсцис (до кривих з вищим параметром b), якщо помиляється – вліво. Такий підхід забезпечує постійне перебування учня в зоні «актуального розвитку», що є ключовою умовою для формування результативної індивідуальної освітньої траєкторії. Використання ICC дає змогу візуалізувати процес селекції завдань інтелектуальною системою: система відсікає завдання, де ймовірність успіху занадто висока (учень не дізнається нічого нового) або занадто низька (завдання не відповідає рівню підготовки), обираючи інформативну зону в межах ± 1 логіт від поточного рівня здібностей учня.

Розглянемо алгоритм функціонування інтелектуальної системи за допомогою блок-схеми з урахуванням процесу опитування учнів та умов, за яких відбувається перехід на повторне опитування за алгоритмом (рис. 3). Блок-схема (рис. 3) візуалізує циклічну логіку роботи інтелектуального агента, що забезпечує індивідуалізацію процесу педагогічного вимірювання. На відміну від лінійних тестів, де послідовність завдань є статичною, представлений алгоритм працює за принципом **динамічного зворотного зв'язку**. Проаналізуємо механізм функціонування та умови переходу:

1. Процес розпочинається з апріорної оцінки θ_0 . Це дозволяє системі почати тестування з оптимального рівня, уникаючи пред'явлення занадто простих завдань підготовленим учням або занадто складних – слабшим.

2. На кожному кроці система аналізує банк завдань і обирає те, чий параметр складності (b) найближчий до поточного рівня θ учня. Це мінімізує когнітивне навантаження та підтримує стан «поток», де складність відповідає можливостям.

3. Після кожної відповіді відбувається миттєвий перерахунок латентного параметра θ (методом максимальної правдоподібності) – петля зворотного зв'язку (цикл адаптації).

3.1. Якщо відповідь правильна – система ініціює перехід до складнішого сегмента банку завдань (зміщення за віссю ICC праворуч).

3.2. Якщо відповідь хибна, алгоритм здійснює «корекційне повернення», пропонуючи легше завдання для точного визначення нижньої межі знань учня.

4. Фінальним етапом кожної ітерації є верифікація критерію зупинки, де система перевіряє дві ключові умови, а саме:

4.1. На точність – рівень стандартної похибки вимірювання (SEM) в порівнянні з встановленим порогом (наприклад, $SEM < 0,3$).

4.2. Дотримання ліміту: кількість зроблених кроків у порівнянні з максимально можливою кількістю кроків (N), яка передбачена протоколом.

Якщо умови не виконано, система здійснює перехід (НІ) на новий цикл вибору завдання.

Якщо умови виконано (ТАК) – відбувається фіксація остаточного балу та завершення процедури.

Запропонована блок-схема та відповідна математична модель реалізують головну мету дослідження – створення адаптивного середовища для підготовки майбутніх учителів математики та інформатики.

Наукова новизна отриманого результату полягає у:

– синтезі педагогічного та алгоритмічного підходів, тобто поєднано класичну теорію IRT з ітераційними алгоритмами інтелектуальних систем, що дає змогу автоматизувати роль досвідченого екзаменатора через цифрові інструменти;

– динамічній валідації – доведено, що використання «петлі адаптації» дає змогу підвищити надійність оцінювання в умовах обмеженого часу навчального заняття, забезпечуючи високу точність вимірювання за меншої кількості питань.

Отримані результати стають підґрунтям для розробки програмного забезпечення, яке дає змогу студентам – майбутнім учителям інформатики та математики – не лише опанувати цифрові інструменти, а й зрозуміти логіку об'єктивного вимірювання навчальних досягнень. Це забезпечує перехід від «контролю заради контролю» до «контролю заради розвитку», де кожен крок системи обґрунтований актуальним станом знань конкретного учня.

Для глибинного обґрунтування результатів було проведено порівняльне моделювання лінійного та адаптивного підходів (рис. 4).

Аналіз результатів (рис. 4) демонструє, що традиційний лінійний тест має нестабільну точність (U-подібна крива), показуючи високу похибку для сильних та слабких груп студентів. Інтелектуальна система, навпаки, підтримує стабільно низьку похибку на всьому діапазоні. Глибинний результат полягає в оптимізації ресурсу: адаптивний тест дає змогу досягти аналогічної точності за на 45–60% меншу кількість кроків.

За допомогою табл. 1 висвітлено параметри порівняння для лінійного тесту (лінійний підхід) та адаптивного тесту (інтелектуальна система).

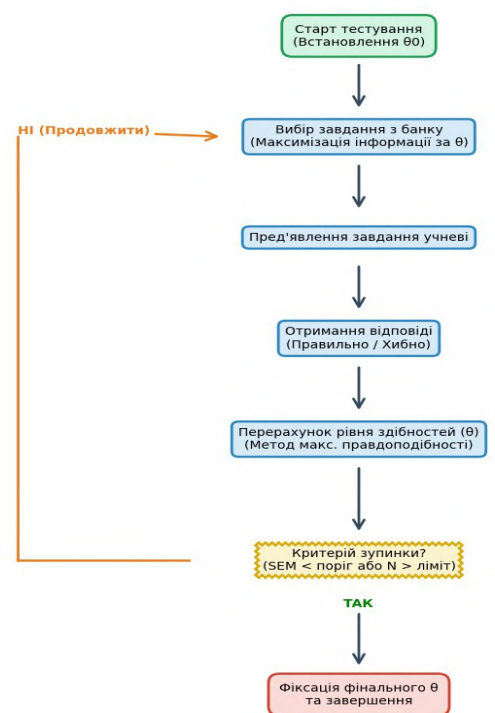


Рис. 3. Алгоритм роботи інтелектуального агента адаптивного тестування (джерело: сформовано автором за допомогою Python)

Порівняльна характеристика традиційного та інтелектуального підходів до тестування

Таблиця 1

Параметр порівняння	Лінійний підхід	Інтелектуальна система (IRT)	Практичне значення в дослідженні
Орієнтація	на «середнього» учня	на зону актуального розвитку	забезпечення персоналізованого темпу навчання
Достовірність	висока лише в центрі	стабільно висока для всіх	об'єктивне оцінювання як лідерів, так і слабких груп
Зворотний зв'язок	відсутній під час тесту	динамічна корекція траєкторії	можливість миттєвої самокорекції знань студентом
Ефективність	низька (надлишковість)	висока (мінімізація кроків)	економія до 60% навчального часу на контроль

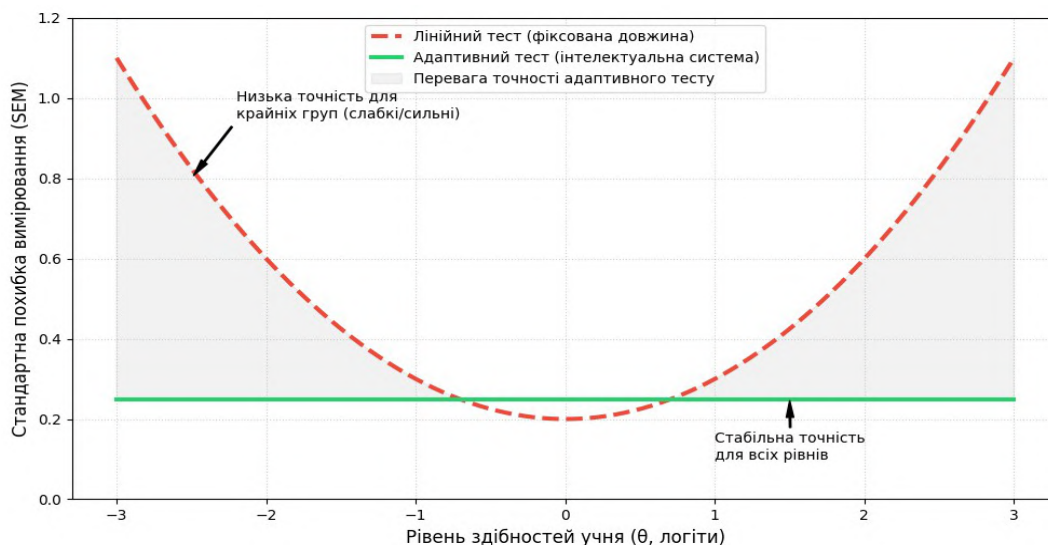


Рис. 4. Залежність точності вимірювання (SEM) від рівня здібностей учня (джерело: сформовано автором за допомогою Python)

Наукова новизна дослідження полягає в синтезі *Item Response Theory (IRT)* та ітераційних алгоритмів інтелектуальних систем для підготовки майбутніх учителів інформатики та математики. Перехід від статичного контролю до «петлі адаптації» забезпечує гуманізацію навчання: система сприймається не як інструмент цензури, а як засіб об'єктивної самодіагностики. Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості впровадження високоточних систем управління навчальною траєкторією, що є критично важливим для формування цифрової компетентності вчителя нового покоління.

Висновки. У результаті дослідження реалізовано механізми інтеграції інтелектуальних систем у педагогічні вимірювання. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні математичного апарату моделі Раша з адаптивними ітераційними циклами, що забезпечує автоматизацію складних експертних рішень щодо добору діагностичного контенту відповідно до когнітивного профілю здобувача освіти. Практична значущість одержаних результатів виявляється в оптимізації часового ресурсу на 45–60% та сприянні гуманізації освітнього процесу завдяки об'єктивному зворотному зв'язку. Подальші розвідки можуть бути зосереджені на інтеграції розробленого алгоритму в хмарні навчальні середовища (LMS).

Список використаної літератури

1. Биков В. Ю. Інформатизація освіти. *Енциклопедія освіти України* / гол. ред. В. Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. С. 360–362.
2. Биков В., Шишкіна М. Хмарні технології як імператив модернізації освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2016. № 4. С. 55–70. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tipuss_2016_4_8.
3. Використання сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки в освітньому процесі закладів вищої педагогічної і післядипломної освіти : метод. посіб. / Бруяка А. В., Коваленко В. В., Крамар С. С., Мар'єнко М. В., Носенко Ю. Г., Сухих А. С., Шишкіна М. П. / за ред. М. П. Шишкіної. Київ : ІЦО НАПН України, 2023. 142 с.
4. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навч. посіб. / В. В. Корольський, Т. Г. Крамаренко, С. О. Семеріков, С. В. Шокалюк; наук. ред. М. І. Жалдак. Кривий Ріг : Книжкове видавництво Киреєвського, 2009. 316 с.
5. Семеріков С. О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі : монографія / наук. ред. М. І. Жалдак. Кривий Ріг : Мінерал; Київ : НПУ ім. М. Драгоманова, 2009. 340 с.
6. Співаковський О. В. Теорія й практика використання інформаційних технологій у процесі підготовки студентів математичних спеціальностей : монографія. Херсон : Айлант, 2003. 229 с.
7. Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ : монографія / ред. О. М. Спірін, О. П. Пінчук. Київ, 2024. 308 с.
8. Corbett A. T., Anderson J. R. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 1994. Vol. 4, No. 4. P. 253–278.
9. Hambleton R. K., Zaal J. N., Pieters H. J. Computerized adaptive testing: theory, applications and standards. Boston, MA : Kluwer Academic Publishers, 1991. 458 p.
10. Lord F. M. Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1980. 274 p.
11. Rasch models: Foundations, recent developments, and applications / ed. by G. H. Fischer, I. W. Molenaar. New York : Springer-Verlag, 1995. 490 p.
12. Wainer H., Dorans N. J., Flaugher R., Green B. F., Mislevy R. J. Computerized Adaptive Testing: A Primer (2nd ed.). Routledge, 2000. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781410605931>.

13. Woolf B. P. Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered strategies for revolutionizing E-learning. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers / Elsevier, 2009. 467 p.

BUILDING INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORIES USING INTELLIGENT ADAPTIVE TESTING SYSTEMS

Kondratenko Tetyana

Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

Introduction. In the era of global digital transformation, the educational landscape is shifting towards extreme personalization. One of the most critical challenges in modern higher education, specifically in the training of future mathematics and computer science teachers, is the significant heterogeneity of students' initial knowledge levels. Traditional linear testing methods, characterized by a fixed set of questions for all participants, often fail to provide accurate diagnostic data. They tend to be either frustratingly difficult for low-performing students or redundantly simple for high-achieving students. This creates a barrier to the effective construction of individual educational trajectories. The necessity for intelligent systems capable of real-time adaptation to the learner's cognitive state has become an imperative for modern pedagogical measurement. Current educational trends prioritize the transition from a «one-size-fits-all» model to a student-centered approach where technology serves as a bridge between standardized requirements and individual capabilities. This approach is particularly relevant for future educators who must not only use these technologies but also understand the underlying logic of data-driven pedagogical support.

Purpose. The primary objective of this research is to substantiate the conceptual framework and demonstrate the practical implementation of an intelligent adaptive testing (CAT) system. This system is designed to facilitate the building of individual educational trajectories for future teachers by integrating Item Response Theory (IRT) and intelligent algorithmic agents, thereby optimizing the monitoring of learning outcomes and enhancing digital pedagogical competence. The study aims to bridge the gap between theoretical measurement models and practical classroom applications, providing a robust tool for educators to navigate the complexities of modern learning environments. By automating the diagnostic process, the research seeks to empower teachers to focus on creative and social aspects of education while maintaining high standards of objective assessment.

Methods. Theoretical ones. The research employs a comprehensive set of theoretical methods to achieve its goals. Firstly, mathematical modeling based on the Rasch model (IRT) was used to formalize the relationship between item difficulty and student ability levels, enabling the transformation of qualitative pedagogical observations into objective quantitative data (logits). Secondly, algorithmic synthesis was applied to develop a multi-stage intelligent agent that operates through a dynamic «adaptation loop», managing the item selection process in real-time. Thirdly, comparative analysis and statistical simulation were utilized to evaluate the measurement precision (Standard Error of Measurement – SEM) of the proposed adaptive approach against traditional linear testing models. The study also involved the synthesis of pedagogical theories regarding the «zone of proximal development» with modern data processing techniques to ensure the psychological comfort and validity of the testing process. Furthermore, systematic reviews of existing intelligent tutoring systems (ITS) were conducted to identify best practices for user-adaptive interfaces and feedback mechanisms.

Results. The study resulted in the development of a functional architecture for an intelligent adaptive testing system. The core of this system is an iterative algorithm that begins with an initial ability estimate and dynamically selects items from a calibrated item bank that ensure the highest measurement informativeness for each specific student's proficiency level. The mathematical simulation proved that the «adaptation loop» allows the system to remain within the zone of highest measurement precision (where the item difficulty b closely matches the ability level θ). Key empirical findings indicate that the intelligent system achieves the target measurement reliability ($SEM < 0,3$) using significantly fewer items than traditional tests. Specifically, the data demonstrates a reduction in test length by 45 – 60% without any loss of diagnostic validity. This optimization directly contributes to the efficient management of instructional time and prevents cognitive overload among students. Furthermore, the system provides immediate, objective feedback, which serves as a navigational tool for students to adjust their individual learning paths. The implementation of such systems in the training of future teachers not only automates assessment but also fosters a deep understanding of data-driven decision-making in their future professional activities. The results suggest that adaptive systems can effectively identify specific learning gaps that are often missed by standardized assessments, allowing for more targeted pedagogical interventions.

Originality. The scientific novelty of this work lies in the unique synthesis of the scientific foundations of the Rasch model with modern iterative algorithms for intelligent agents within the specific context of training future STEM educators. Unlike existing general-purpose testing platforms, the proposed model integrates a dynamic validation mechanism that treats the assessment process not merely as a control tool, but as a diagnostic engine for the continuous adjustment of individual educational trajectories. The study provides a refined mathematical justification for the algorithmic «correctional return» logic within the adaptive loop, ensuring high precision even for

students with extreme (very high or very low) proficiency levels. This research moves beyond simple automation of testing by introducing an intelligent agent capable of simulating the decision-making process of an experienced examiner, thereby humanizing the digital assessment environment and ensuring that the technology remains a servant to pedagogical goals.

Conclusion. The research confirms that the integration of intelligent information systems into pedagogical measurements is a fundamental requirement for the transition to truly personalized education. The developed adaptive testing system effectively bridges the gap between standardized control and individual learning needs. By optimizing the time required for assessment and providing high-precision data, the system creates a robust foundation for building individual educational trajectories. For future teachers, mastering such tools is a critical component of their digital competence, enabling them to transition from traditional «assessment of learning» to «assessment for learning». The findings underscore that the efficiency of individual trajectories is directly proportional to the accuracy of the diagnostic tools used. Future research directions will focus on the integration of these intelligent algorithms into global cloud-based Learning Management Systems (LMS) and the exploration of multi-dimensional IRT models for complex competency assessment.

Keywords: adaptive testing, individual educational trajectory, intelligent information systems, pedagogical measurements, Item Response Theory (IRT), personalization of learning, digitalization of learning, Rasch model.

References

1. Bykov, V. Yu. (2008). Informatyzatsiia osvity [Informatization of education]. In V. G. Kremen (Ed.), *Entsyklopediia osvity Ukrainy* (pp. 360–362). Yurinkom Inter.
2. Bykov, V. Yu., & Shyshkina, M. P. (2016). Khmarni tekhnologii yak imperatyv modernizatsii osvitno-naukovoho seredovyscha vyshchoho navchalnoho zakladu [Cloud technologies as an imperative of modernization of the educational and scientific environment of a higher educational institution]. *Theory and Practice of Social Systems Management*, (4), 55–70. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tipuss_2016_4_8
3. Bruyaka, A. V., Kovalenko, V. V., Kramar, S. S., Marienko, M. V., Nosenko, Yu. H., Sukhih, A. S., & Shyshkina, M. P. (2023). *Vykorystannia servisiv khmaroorientovanykh system vidkrytoi nauky v osvitnomu protsesi zakladiv vyshchoi pedahohichnoi i pisladyplomnoi osvity* [Using services of cloud-oriented open science systems in the educational process of higher pedagogical and postgraduate education institutions] (M. P. Shyshkina, Ed.). Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine.
4. Korol'skyi, V. V., Kramarenko, T. H., Semerikov, S. O., & Shokaliuk, S. V. (2009). *Innovatsiini informatsiino-komunikatsiini tekhnologii navchannia matematyky* [Innovative information and communication technologies for teaching mathematics] (M. I. Zhaldak, Ed.). Knyzhkove vydavnytstvo Kyrievskoho.
5. Semerikov, S. O. (2009). *Fundamentalizatsiia navchannia informatychnykh dystsyplin u vyshchii shkoli* [Fundamentalization of teaching computer science disciplines in higher school] (M. I. Zhaldak, Ed.). Mineral; NPU im. M. Drahomanova.
6. Spivakovskiy, O. V. (2003). *Teoriia i praktyka vykorystannia informatsiinykh tekhnologii u protsesi pidhotovky studentiv matematychnykh spetsialnosti* [Theory and practice of using information technologies in the process of training students of mathematical specialties]. Ailant.
7. Spirin, O. M., & Pinchuk, O. P. (Eds.). (2024). *Tsyfrova transformatsiia vidkrytykh naukovo-osvitnykh seredovysch* [Digital transformation of open scientific and educational environments]. Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine.
8. Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (1994). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4(4), 253–278. <https://doi.org/10.1007/BF01099821>
9. Hambleton, R. K., Zaal, J. N., & Pieters, J. P. (1991). *Computerized adaptive testing: Theory, applications and standards*. Kluwer Academic Publishers.
10. Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Lawrence Erlbaum Associates.
11. Fischer, G. H., & Molenaar, I. W. (Eds.). (1995). *Rasch models: Foundations, recent developments, and applications*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4230-7>.
12. Wainer, H., Dorans, N. J., Flaugher, R., Green, B. F., & Mislevy, R. J. (2000). *Computerized adaptive testing: A primer* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410605931>
13. Woolf, B. P. (2009). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann Publishers / Elsevier.



Авторське право ©2025 автори, всі права захищено. Автори погоджуються, що ця стаття залишається у відкритому доступі на умовах Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Отримано редакцією 27.01.2026 р.
Прийнято редакцією 27.02.2026 р.
Опубліковано 6.04.2026 р.