ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

УДК 37.011.3:004.89:37.091

DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.19014649

Контрольоване випробування адаптивних систем ШІ в персоналізації викладання математики в старшій школі

Бойко Оксана Юріївна,
аспірант кафедри педагогіки та психології освітньої діяльності,
Запорізький національний університет,
м. Запоріжжя, Україна, https://orcid.org/0000-0002-8850-1066

Василюк Зайцева Світлана Вікторівна,
магістр філософії в фізиці, старший викладач кафедри комп'ютерних наук
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна, https://orcid.org/0000-0002-0875-462X

Моторіна Валентина Григорівна,
доктор педагогічних наук, професор кафедри математики та методики її навчання, ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна,
https://orcid.org/0009-0003-6736-858X

Прийнято: 27.02.2026 | Опубліковано: 14.03.2026

Анотація: *Тенденції цифровізації освіти та впровадження адаптивних технологій у старшій школі зумовлюють нові підходи до організації освітнього процесу. Використання інтелектуальних цифрових платформ трансформує взаємодію між здобувачами освіти та педагогами, забезпечує*

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

диференціацію навчання та створює можливості для формування індивідуальних освітніх траєкторій. У цих умовах особливої актуальності набуває інтеграція адаптивних технологій штучного інтелекту в методику викладання математики. Це не лише підвищує ефективність засвоєння матеріалу, а й створює передумови для розвитку аналітичних здібностей і критичного мислення. ***Метою*** *дослідження є обґрунтування педагогічного потенціалу адаптивних цифрових систем у персоналізації освітнього процесу та визначення їхнього впливу на навчальні досягнення, мотивацію та аналітичні компетентності здобувачів.* ***Методи дослідження:*** *аналіз наукових джерел, узагальнення міжнародного досвіду, порівняльний аналіз освітніх моделей, педагогічне спостереження, анкетування та інтерпретація емпіричних даних із використанням елементів статистичного опрацювання. Теоретичну основу становлять компетентнісний, системний та дидактичний підходи.* ***Результати*** *дослідження засвідчили, що застосування адаптивних цифрових платформ, інтерактивних освітніх середовищ та засобів персоналізованого навчання сприяє підвищенню ефективності засвоєння математичного матеріалу, розвитку аналітичного та критичного мислення, підвищенню мотивації до навчання та формуванню індивідуальних освітніх траєкторій. Виявлено, що інтеграція адаптивних технологій в освітній процес забезпечує гнучкість організації навчання, диференціацію завдань за рівнем складності та розширює доступ здобувачів до сучасних освітніх ресурсів.* ***У висновках*** *зазначено, що використання адаптивних цифрових платформ у викладанні математики є ефективним чинником підвищення якості навчання, розвитку індивідуальних компетентностей та підготовки здобувачів освіти до успішної академічної та професійної діяльності.*

 ISSN: 2786-9458

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Ключові слова: *адаптивні системи, персоналізація навчання, цифрове навчання, математична освіта, ефективність навчання, мотивація, аналітичне мислення, інтерактивні освітні технології.*

Controlled trial of adaptive AI systems in the personalization of mathematics teaching in high school

Oksana Boiko,
PhD Student of the Department of Pedagogy and Psychology of Educational Activity, Zaporizhzhia National University,
Zaporizhia, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-8850-1066

Svitlana Vasylyuk-Zaitseva,
MPhil in Physics, Senior Lecturer of the Department of Computer Science of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-0875-462X

Valentina Motorina,
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor at the Department of Mathematics and Teaching Methodology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine, https//orcid.org/0009-0003-6736-858X

Abstract: *Trends in the digitalization of education and the integration of adaptive technologies in high school define new approaches to the organization of the learning process. The use of intelligent digital platforms transforms the interaction between students and teachers, provides opportunities for differentiated instruction, and enables the formation of individual educational trajectories. In this context, the implementation of adaptive artificial intelligence technologies in*

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

mathematics teaching becomes particularly significant, contributing to the improvement of learning efficiency and the development of students' analytical and critical thinking skills. ***Objective.*** *The aim of the study is to justify the pedagogical potential of adaptive digital systems in personalizing the learning process and to determine their impact on students' academic achievements, motivation, and analytical competencies. Methods.* ***Methods.*** *The study applied methods such as analysis of scientific sources, synthesis of international experience, comparative analysis of educational models, pedagogical observation, student surveys, and interpretation of empirical data using elements of statistical processing. The theoretical foundation is based on competence-based, systemic, and didactic approaches.* ***The results*** *of the study showed that the use of adaptive digital platforms, interactive educational environments, and tools for personalized learning contributes to improved mastery of mathematical material, development of analytical and critical thinking, increased motivation for learning, and the formation of individual educational trajectories. It was found that the integration of adaptive technologies into the learning process ensures flexibility in organizing instruction, differentiation of tasks according to complexity, and expands students' access to modern educational resources.* ***The conclusions*** *indicate that the use of adaptive digital platforms in mathematics teaching is an effective factor in enhancing the quality of learning, developing individual competencies, and preparing students for successful academic and professional activity.*

Keywords: *adaptive systems, personalized learning, digital learning, mathematics education, learning effectiveness, student motivation, analytical thinking, interactive educational technologies.*

Постановка проблеми. Персоналізація навчання в старшій школі є визначальним чинником підвищення ефективності засвоєння складних математичних концепцій, а також розвитку критичного й аналітичного

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

мислення здобувачів. В умовах цифровізації освіти традиційні методи викладання часто виявляються малоефективними й не враховують індивідуальні темпи та стилі навчання. Унаслідок цього виникає когнітивне перевантаження, знижується навчальна мотивація та нерівномірно формуються професійні компетентності здобувачів.

Застосування адаптивних цифрових платформ і технологій штучного інтелекту (далі – ШІ) пропонує нові можливості для диференціації освітнього процесу, автоматичного добору завдань за рівнем складності, темпом навчання та інтересами здобувачів. Водночас, попри зростання інтересу до впровадження таких систем, у науковій літературі існує обмежена кількість контрольованих досліджень, які оцінюють їхню ефективність у викладанні конкретних навчальних предметів, зокрема математики, а також їхній вплив на мотивацію та аналітичні навички здобувачів.

Актуальність дослідження визначається потребою системного аналізу педагогічного потенціалу адаптивних технологій, їхнього впливу на персоналізацію освітнього процесу та ефективність засвоєння математичного матеріалу. Проблема полягає у визначенні методично обґрунтованих способів інтеграції цифрових платформ в освітній процес старшої школи та оцінці їхнього впливу на індивідуальні освітні траєкторії здобувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання контрольованого випробування адаптивних систем ШІ в персоналізації викладання математики в старшій школі є предметом численних наукових дискусій в Україні та за кордоном. Дослідники зазначають, що застосування адаптивних навчальних платформ, ШІ-агентів, персоналізованих алгоритмів та інтерактивних симуляцій сприяє формуванню індивідуальних освітніх траєкторій, розвитку критичного мислення, аналітичних компетентностей та підвищенню мотивації здобувачів. Так, Д. Кіяшко (D. Kyiashko) розглядає гібридні тестові фреймворки для мультимодальних систем на основі ШІ-агентів,

 ISSN: 2786-9458

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

підкреслюючи їхню здатність адаптувати завдання відповідно до індивідуальних освітніх потреб здобувачів [1]. Моделі комп'ютерно опосередкованої англомовної письмової комунікації аналізує О. Бойко, демонструючи, як інтеграція цифрових інструментів та навчальних платформ сприяє розвитку когнітивних і предметних компетентностей здобувачів [2]. Автор розглядає педагогічне застосування психолінгвістичного аспекту віртуальної комунікації на уроках математики, наголошуючи на ефективності цифрових ресурсів для персоналізації завдань [3]. Ефективність адаптивних систем навчання в математичній освіті підкреслює Д. Махмудова (D. Maxmudova), зазначаючи, що персоналізація завдань за допомогою ШІ дає змогу оптимізувати навчальний час та покращує засвоєння матеріалу [4]. Ю. Бойко пропонує концептуальну модель практикоорієнтованої адаптивної технології повторення шкільного курсу математики, яка засвідчує високу ефективність у формуванні індивідуальних освітніх траєкторій [5]. Використання адаптивних платформ для персоналізації дистанційного навчання аналізують В. Мізюк, А. Хижняк та В. Хренова, підкреслюючи важливість урахування індивідуальних потреб та рівня підготовки здобувачів освіти [6]. Тенденції персоналізованого навчання та інтелектуальних систем наставництва в математиці досліджують Т. Інгкавара (T. Ingkavara), В. Вонгкіа (W. Wongkia) та П. Панджубурі (P. Panjaburee), акцентуючи на ролі адаптивних алгоритмів у підвищенні продуктивності здобувачів [7]. Модель адаптивних навчальних систем у відкритому освітньому інформаційному середовищі пропонує В. Дем'яненко, демонструючи можливості інтеграції ШІ для підвищення ефективності освітніх програм [8]. Застосування технологій для персоналізації навчання в середній школі аналізують Д. Ніткін (D. Nitkin), Д. Реді (D. Ready) та А. Боверс (A. Bowers), доводячи, що адаптивні системи підвищують результати з математики та стимулюють розвиток самостійності здобувачів освіти [9]. Адаптивне навчання у фаховій передвищій освіті

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

розглядає Р. Медведєв, акцентуючи на можливості ШІ для персоналізації процесу та підвищення мотивації здобувачів [10]. Системний огляд літератури щодо виявлення персональних рис здобувачів в адаптивних освітніх середовищах здійснюють Н. Нормадхі (N. Normadhi), Л. Шуїб (L. Shuib) та колеги, підкреслюючи важливість урахування індивідуальних характеристик для підвищення ефективності навчання [11]. Адаптивні алгоритми для персоналізованих освітніх систем аналізують П. Ендла (P. Endla), Н. Джаяпрія (N. Jayapriya) та співавтори, демонструючи ефективність інтеграції ШІ та педагогіки у формуванні індивідуальних траєкторій [12]. Ефективність застосування персоналізованих розмовних агентів для вивчення математики обґрунтовано в працях Б. Лю (B. Liu), Ч. Чжана (J. Zhang) та колег. Автори засвідчують здатність систем ШІ динамічно коригувати подачу матеріалу відповідно до потреб здобувача [13]. У Китаї ефективність адаптивних систем ШІ порівнюють В. Цуй (W. Cui), Цз. Сюе (Z. Xue) та К.-П. Тай (K.-P. Thai), доводячи їхню здатність підтримувати різні стилі сприйняття та підвищувати результативність навчання [14]. Методичну систему цифрової трансформації професійного розвитку вчителів природничо-математичних дисциплін у післядипломній освіті розглядає І. Воротникова, підкреслюючи роль цифрових інструментів і адаптивних платформ у підвищенні ефективності викладання та персоналізації навчання [15].

Наведені роботи формують теоретико-практичну основу для контрольованого випробування адаптивних систем ШІ в персоналізації викладання математики в старшій школі та демонструють ефективність таких систем для формування індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значне поширення цифрових освітніх платформ та інтерес до застосування адаптивних технологій у навчанні, низка важливих аспектів залишається недостатньо вивченою. Зокрема, існує обмежена кількість контрольованих

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

експериментів, які системно оцінюють ефективність інтеграції адаптивних цифрових систем у викладання математики в старшій школі. Більшість наявних досліджень зосереджується на загальних підходах до персоналізації навчання, не розглядаючи вплив технологій на конкретні навчальні предмети, рівень мотивації здобувачів та розвиток їхніх аналітичних і критичних навичок.

Недостатньо досліджено також, яким чином адаптивні платформи забезпечують індивідуальні освітні траєкторії здобувачів у різних навчальних контекстах і наскільки їхнє використання впливає на якість засвоєння матеріалу порівняно з традиційними методами навчання. Виявлено, що потребує уточнення методологія оцінювання ефективності таких систем та інструменти, що дають змогу комплексно вимірювати як академічні результати, так і мотиваційні та когнітивні показники здобувачів.

Отже, нерозв'язаними аспектами проблеми залишаються відсутність емпірично обґрунтованих даних про педагогічний потенціал адаптивних систем у конкретних навчальних дисциплінах, а також необхідність розроблення методичних підходів до їхнього впровадження для підвищення ефективності навчання та підтримки розвитку індивідуальних компетентностей здобувачів. Саме це зумовлює наукову цінність дослідження, що полягає в системному аналізі та апробації адаптивних цифрових платформ у навчанні математики. Такий підхід дає змогу емпірично оцінити їхній вплив на рівень персоналізації навчання, мотивацію та академічні досягнення здобувачів освіти.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності адаптивних цифрових платформ як інструменту персоналізації навчання математики в старшій школі, а також визначення їхнього впливу на

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

динаміку навчальних досягнень, рівень мотивації та розвиток аналітичних компетентностей здобувачів освіти.

Для досягнення цієї мети визначено такі завдання:

1) виявити педагогічні переваги та обмеження інтеграції адаптивних цифрових систем в освітній процес старшої школи;

2) розробити методику контролю ефективності впровадження адаптивних платформ з урахуванням академічних, процесуальних і мотиваційних показників та оцінити їхній вплив на розвиток аналітичного й критичного мислення здобувачів;

3) узагальнити результати дослідження та розробити рекомендації щодо оптимізації використання адаптивних цифрових платформ у викладанні математики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Персоналізація навчання в старшій школі пов’язана з необхідністю врахування індивідуальних когнітивних характеристик здобувачів, темпу засвоєння знань, рівня сформованості математичних компетентностей і особливостей навчальної мотивації. Орієнтація освітнього процесу на усереднені показники підготовки класу обмежує можливості диференціації змісту й ускладнює формування індивідуальних освітніх траєкторій, що особливо проявляється під час вивчення математики як послідовно структурованої системи понять і способів дій.

Зміст математичної освіти старшої школи характеризується підвищенням рівня абстракції, ускладненням логічних операцій та зростанням вимог до самостійності пізнавальної діяльності здобувачів. За таких умов результативність навчання визначається здатністю освітнього середовища реагувати на відмінності в рівні підготовки та стилях мислення здобувачів. Адаптивні цифрові системи відкривають можливість оперативного

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

коригування змісту й послідовності навчальних завдань відповідно до індивідуальних освітніх потреб [4, с. 125].

У практиці математичної освіти функції адаптивної персоналізації реалізуються за допомогою спеціалізованих цифрових платформ, що використовують алгоритми ШІ для аналізу навчальної діяльності учнів. До таких інструментів належать системи ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces), Khan Academy із модулем адаптивного відбору завдань, а також освітні платформи Century Tech та Carnegie Learning, які формують індивідуальні траєкторії навчання на основі результатів виконання вправ і тестових завдань. Застосування подібних систем у навчанні математики дозволяє автоматично коригувати рівень складності задач, пропонувати додаткові пояснення та формувати персоналізовані навчальні рекомендації.

Функціонування адаптивних технологій у навчанні математики ґрунтується на механізмах безперервного зворотного зв'язку між результатами діяльності здобувача та структурою навчального матеріалу. Аналіз типових помилок, швидкості виконання завдань і стійкості навчальних результатів дає змогу встановлювати рівень сформованості окремих математичних умінь і добирати завдання відповідної складності. Алгоритми адаптивних систем також фіксують кількість спроб виконання завдання, використання підказок і час розв'язування, що дозволяє більш точно оцінювати стратегію навчальної діяльності учня. Це створює умови для підтримання оптимального рівня пізнавального навантаження та поступового ускладнення освітньої діяльності.

Персоналізований добір навчальних завдань має потенціал для розвитку аналітичного та критичного мислення здобувачів. Послідовне ускладнення проблемних ситуацій, орієнтація на логічне обґрунтування розв'язків і варіативність стратегій виконання завдань сприяють формуванню здатності до узагальнення, моделювання та аргументації. У цьому контексті адаптивні

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

системи постають як засіб керування індивідуальною динамікою пізнавальної діяльності [5, с. 30].

Ефективність використання адаптивних цифрових платформ у математичній освіті пов’язана з дидактичними умовами їхньої інтеграції в освітній процес. Педагогічний супровід передбачає інтерпретацію результатів освітньої діяльності, підтримку метакогнітивних стратегій та організацію рефлексивної діяльності здобувачів, що забезпечує узгодження технологічних можливостей системи з освітніми цілями навчання математики.

Інтеграція адаптивних цифрових систем в освітній процес старшої школи відкриває низку педагогічних можливостей, пов’язаних передусім із підвищенням точності дидактичного впливу. Персоналізований добір навчальних завдань дає змогу узгоджувати зміст діяльності з актуальним рівнем підготовки здобувача. Це сприяє стабілізації пізнавальної активності та зменшенню розриву між лідерами навчання та здобувачами, які потребують додаткової підтримки. Персоналізація темпу навчання забезпечує умови для поетапного формування математичних умінь без втрати логічної цілісності навчального матеріалу [6].

Водночас використання систем ШІ в освітньому процесі пов’язане з певними педагогічними ризиками. Серед них виокремлюють можливість так званих «галюцинацій» алгоритмів, коли система може генерувати некоректні пояснення або помилкові рекомендації. Крім того, надмірна залежність від автоматизованих підказок може знижувати рівень самостійності учнів та створювати ризики порушення академічної доброчесності. У зв’язку з цим важливим елементом використання адаптивних платформ є педагогічний контроль, що передбачає перевірку коректності навчального контенту, аналіз навчальних стратегій учнів та формування відповідального ставлення до використання цифрових інструментів у процесі розв’язування математичних задач.

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Істотною перевагою є можливість оперативного діагностування типових помилок і прогалин у знаннях. Аналітичні інструменти адаптивних систем фіксують не лише правильність відповіді, а й характер мисленнєвих операцій, що дає змогу коригувати освітні стратегії на ранніх етапах формування компетентностей. Зокрема, системи типу ALEKS або Carnegie Learning аналізують послідовність кроків під час розв'язування задач, час виконання завдання, кількість повторних спроб та використання підказок. Така діагностична функція розширює педагогічний інструментарій учителя, надаючи об'єктивні дані для диференціації навчальних впливів.

Педагогічна цінність адаптивних технологій виявляється також у підтримці освітньої автономії здобувачів. Персоналізовані траєкторії роботи з матеріалом стимулюють саморегуляцію пізнавальної діяльності, формування навичок планування, контролю та оцінювання власних результатів. Посилення суб'єктної позиції здобувача в освітньому процесі пов'язане зі зростанням внутрішньої мотивації та відповідальності за результат навчання [7]. У контексті експериментального дослідження підвищення автономності проявляється в збільшенні частки самостійно виконаних завдань, скороченні часу розв'язування типових задач та зменшенні кількості повторних спроб виконання вправ.

Водночас разом із перевагами постає низка обмежень, зумовлених як дидактичними, так і організаційно-педагогічними чинниками. Одним з основних викликів є ризик редукції навчальної взаємодії до персоналізованої роботи з цифровим середовищем, що може знижувати інтенсивність колективних форм мислення та навчального діалогу. Математична освіта потребує не лише індивідуального засвоєння алгоритмів, а й спільного обговорення способів розв'язування, аргументації та критичного аналізу рішень.

ISSN: 2786-9458
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Додатковим викликом є можливість виникнення помилкових рекомендацій із боку алгоритмів ШІ. У сучасних цифрових освітніх середовищах це явище описується як «галюцинації» ШІ – ситуації, коли система формує некоректні пояснення або пропонує недоцільну послідовність навчальних дій. У математичній освіті подібні помилки можуть призводити до формування неправильних способів розв'язування задач, тому педагогічний контроль і перевірка змісту цифрових рекомендацій залишаються обов'язковою умовою використання адаптивних технологій.

Обмеженням є також залежність ефективності адаптації від якості алгоритмічних моделей оцінювання навчальних результатів. Формалізовані показники успішності не завжди відображають глибину розуміння математичних понять, здатність до перенесення знань у нові ситуації та рівень сформованості доказового мислення. Унаслідок цього виникає потреба в педагогічній інтерпретації даних, отриманих за допомогою цифрових систем.

Організаційні труднощі пов'язані з необхідністю методичної підготовки вчителя до роботи в умовах адаптивного освітнього середовища. Ефективне застосування цифрових інструментів передбачає переосмислення ролі педагога, зміну структури навчального заняття та інтеграцію аналітичних даних у процес педагогічного ухвалення рішень. Без належної методичної підтримки технологічний потенціал систем може залишатися нереалізованим.

Виявлені педагогічні переваги й обмеження засвідчують, що інтеграція адаптивних цифрових систем у викладання математики потребує збалансованого поєднання технологічних можливостей із дидактичними принципами організації навчання, орієнтованими на розвиток мислення, мотивації та навчальної самостійності здобувачів освіти старших класів.

Емпірична перевірка ефективності використання адаптивних систем здійснювалася у формі контрольованого педагогічного експерименту, у якому брали участь учні експериментальної та контрольної груп. Оцінювання

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

результатів навчання проводилося за сукупністю кількісних і поведінкових показників: рівнем правильності виконання завдань, середнім часом їх розв'язування, кількістю повторних спроб та використанням підказок цифрової системи. Порівняльний аналіз цих показників дає змогу визначити вплив адаптивного навчального середовища на динаміку формування математичних компетентностей.

Контроль ефективності використання адаптивних цифрових платформ у навчанні математики передбачає комплексне оцінювання результатів, що поєднує академічні досягнення, поведінкові характеристики навчальної діяльності та рівень залученості здобувачів до виконання навчальних завдань.

З цією метою застосовано систему критеріїв і показників оцінювання ефективності адаптивного навчання, яка дає змогу фіксувати як безпосередні результати виконання математичних завдань, так і особливості навчальної стратегії учнів.

Система оцінювання містить три взаємопов'язані вимірювальні блоки: результативний, поведінково-діяльнісний та процесуально-когнітивний. Їхня інтеграція забезпечує цілісне уявлення про педагогічний ефект використання адаптивних цифрових платформ у навчанні математики (табл. 1).

Таблиця 1

Система критеріїв і показників оцінювання ефективності адаптивного навчання математики

Критеріальний блок	**Показники (що вимірюється)**	**Інструменти вимірювання**	**Інтерпретація результатів**
Результативний	Рівень правильності виконання завдань; середній бал тестування; точність розв'язання математичних задач; здатність застосовувати знання під час	Стандартизовані тематичні тести; підсумкові діагностувальні роботи; задачі підвищеної складності; порівняння результатів	Відображає рівень сформованості математичних компетентностей та ефективність засвоєння змісту навчального матеріалу

ISSN: 2786-9458
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Критеріальний блок	Показники (що вимірюється)	Інструменти вимірювання	Інтерпретація результатів
	розв’язання нових задач	експериментальної та контрольної груп	
Поведінково-діяльнісний	Рівень залученості до виконання завдань; частка самостійно виконаних вправ; кількість повторних спроб; використання підказок; середній час виконання завдання	Аналітика навчальної активності в адаптивній платформі (ALEKS, Khan Academy тощо); журнали навчальних дій; аналіз статистики виконання вправ	Характеризує рівень навчальної активності, самостійності та стійкості навчальної поведінки учнів у процесі розв’язання задач
Когнітивно-процесуальний	Типологія помилок (обчислювальні, логічні, концептуальні); динаміка індивідуального прогресу; швидкість переходу між рівнями складності; здатність до аналітичних операцій	Аналітичні звіти адаптивних систем; протоколи розв’язування задач; педагогічне експертне оцінювання способів розв’язання	Відображає особливості пізнавальних стратегій учнів, рівень розвитку математичного мислення та здатність до логічного обґрунтування розв’язків

Джерело: власна розробка авторів

Інтеграція зазначених критеріїв у єдину систему оцінювання дає змогу відстежувати взаємозв’язок між результатами навчання та внутрішніми механізмами пізнавальної діяльності здобувачів. Поєднання академічних, поведінкових і когнітивних показників дозволяє отримати комплексну характеристику навчальної діяльності учнів у цифровому середовищі.

Особливе значення має аналіз помилок і навчальних стратегій учнів. Якісний аналіз результатів дозволяє встановити причини неправильних відповідей: обчислювальні неточності, помилки логічного міркування або

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

нерозуміння умов задачі, яка може бути спеціально ускладнена для перевірки глибини засвоєння матеріалу

Контроль навчальної діяльності також передбачає спостереження за поведінковими характеристиками роботи учня в адаптивній системі, зокрема часом виконання завдання, використанням повторних спроб, зверненням до підказок або пояснень. Сукупність цих показників свідчить про рівень сформованості навичок, ступінь самостійності та системність знань у межах певної теми.

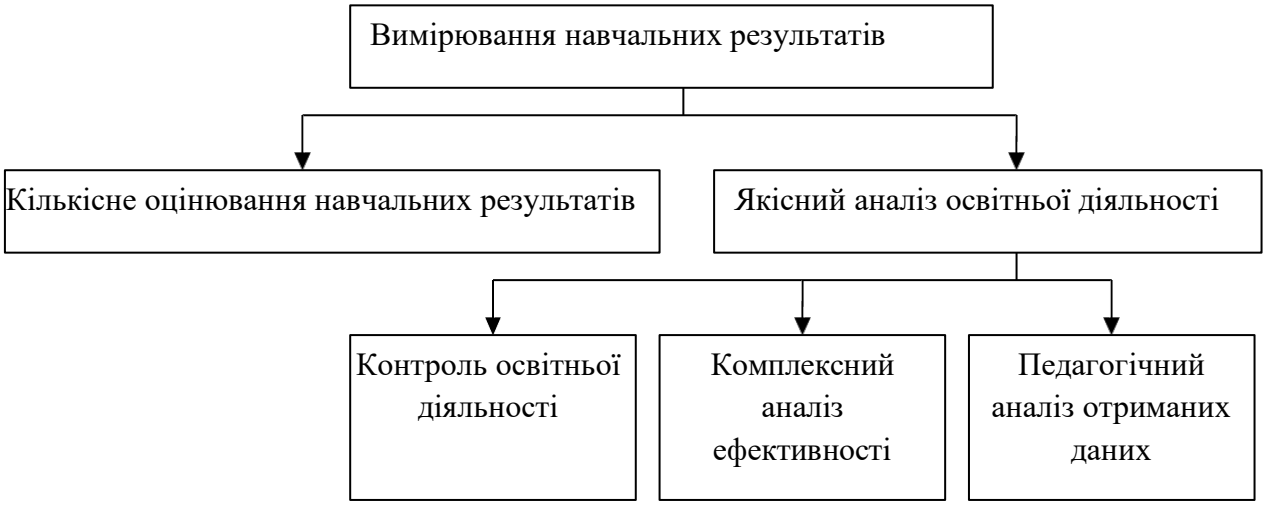
Отриману інформацію використовують для педагогічного коригування змісту та організації навчання, уточнення індивідуальних освітніх траєкторій і підвищення обґрунтованості управлінських рішень у процесі викладання математики.

Для узагальнення логіки оцінювання та відображення взаємозв’язків між вимірювальними процедурами й аналітичними компонентами контролю запропоновано поетапну структурно-функціональну модель аналізу ефективності адаптивного навчання математики. Вона систематизує послідовність збору кількісних показників, аналітичного опрацювання даних та педагогічної інтерпретації результатів, що дозволяє переходити від первинних результатів навчальної діяльності учнів до інтегрованої оцінки ефективності використання адаптивних цифрових систем у навчанні математики (рис. 1).

ISSN: 2786-9458
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Рисунок 1

Структурно-функціональна модель контролю ефективності адаптивного навчання математики



Джерело: власна розробка авторів

Взаємодія зазначених етапів забезпечує цілісну систему контролю результативності адаптивного навчання. Послідовний перехід від кількісного вимірювання результатів до якісного аналізу помилок і педагогічної інтерпретації даних дозволяє отримати комплексне уявлення про динаміку формування математичних компетентностей.

Особливе значення має аналіз логіки помилок учнів. У процесі дослідження встановлюється, чи пов’язана неправильна відповідь з обчислювальною неточністю, неправильним застосуванням математичного правила або нерозумінням умов задачі, яка може бути спеціально сформульована з підвищеним рівнем складності для перевірки глибини засвоєння матеріалу.

Контроль навчальних стратегій передбачає також аналіз поведінкових характеристик діяльності учнів у цифровій системі, зокрема часу розв’язування задачі, використання повторних спроб і звернення до підказок. Сукупність цих показників відображає рівень сформованості навчальних

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

навичок, ступінь самостійності та системність знань у межах певної математичної теми.

Інтерпретація отриманих результатів уможливлює коригування індивідуальних освітніх траєкторій, оптимізацію використання адаптивної платформи та підвищення ефективності персоналізованого підходу в навчанні математики.

Отримані дані з системи контролю формують основу для здійснення емпіричного аналізу впливу адаптивних технологій на освітній процес. У дослідженні брали участь 64 учні 10-х класів, поділені на експериментальну (32 учні) та контрольну (32 учні) групи. В експериментальній групі навчання здійснювалося з використанням адаптивної цифрової платформи, що забезпечувала персоналізований добір математичних завдань, тоді як у контрольній групі застосовувалася традиційна методика викладання.

Порівняльний аналіз результатів навчання проводився на основі показників тематичного тестування до початку експерименту та після завершення експериментального періоду. Середній результат підсумкового тестування в експериментальній групі підвищився з 68,4 % до 82,7 %, тоді як у контрольній групі зростання становило з 69,1 % до 74,3 %. Отримані дані свідчать про більш виражену позитивну динаміку навчальних результатів у групі, де використовувалися адаптивні технології.

Емпірична оцінка впливу адаптивних технологій передбачає вивчення не лише результатів навчання, а й процесу формування когнітивних та мотиваційних компетентностей здобувачів освіти. У межах дослідження об’єктом аналізу були три взаємопов’язані аспекти, зокрема розвиток аналітичного й критичного мислення, рівень засвоєння навчального матеріалу та зміни в навчальній мотивації.

 ISSN: 2786-9458

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Розвиток аналітичного й критичного мислення оцінювався за допомогою завдань, що потребують узагальнення, класифікації, побудови логічних моделей та аргументації власних рішень. Особлива увага приділялася здатності здобувачів визначати основні закономірності, виявляти помилки в умовах задач та пропонувати альтернативні способи розв'язання. Використання адаптивної платформи дало змогу формувати індивідуальні траєкторії ускладнення завдань, що стимулювало системне мислення та підвищує гнучкість когнітивних стратегій.

Результати виконання завдань підвищеної складності показали, що частка учнів, які успішно виконали логіко-аналітичні задачі, в експериментальній групі зросла з 41 % до 63 %, тоді як у контрольній групі цей показник зріс лише з 43 % до 50 %. Це свідчить про позитивний вплив адаптивного підбору задач на розвиток аналітичного мислення.

Рівень засвоєння навчального матеріалу визначався через порівняння показників успішності до та після впровадження адаптивних технологій. Для цього застосовувалися стандартизовані тематичні тести, контрольні роботи та завдання підвищеної складності, що дало змогу оцінити не лише фактичне засвоєння знань, а й здатність до перенесення навчального досвіду в нові контекстні ситуації.

Аналіз динаміки виконання завдань у цифровій системі також показав скорочення середнього часу розв'язання задач в експериментальній групі на 18 %, а кількість повторних спроб виконання вправ зменшилася на 22 %. У контрольній групі подібні зміни були менш вираженими (відповідно 7 % та 9 %).

Зміни в навчальній мотивації аналізувалися шляхом застосування опитувальників внутрішньої мотивації, шкал саморегуляції, а також фіксації поведінкових показників у цифровому середовищі. Особливу увагу приділено

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

рівню залученості здобувачів до освітньої діяльності, готовності до самостійного опрацювання матеріалу та стійкості до труднощів.

За результатами опитування рівень навчальної залученості учнів експериментальної групи зріс на 16 %, тоді як у контрольній групі цей показник збільшився на 6 %. Крім того, аналітика цифрової платформи зафіксувала зростання частки самостійно виконаних завдань з 54 % до 72 %, що свідчить про підвищення навчальної автономії учнів.

Системне поєднання аналізу когнітивних, академічних і поведінкових показників забезпечило цілісне розуміння педагогічного ефекту адаптивних технологій, дало змогу визначити умови їхньої максимальної ефективності та сформувало підґрунтя для розроблення рекомендацій щодо оптимізації персоналізованого навчання математики в старшій школі [10, с. 109]

Отримані дані дослідження вказують на необхідність інтеграції адаптивних цифрових платформ в освітній процес таким чином, щоб автоматизований добір завдань відповідав навчальним цілям і потребам кожного здобувача. Результати експерименту показали, що використання адаптивної платформи сприяло підвищенню середнього показника успішності учнів експериментальної групи з 68,4 % до 82,7 %, що свідчить про позитивний вплив персоналізованого підходу на засвоєння математичного матеріалу. Особливу увагу необхідно приділяти поєднанню індивідуальної роботи з платформою та групових інтерактивних завдань, що підтримує розвиток комунікативних умінь і колективного мислення.

Інформаційна структура курсів має бути модульною, що дає змогу коригувати послідовність вивчення тем і темп опанування матеріалу відповідно до здібностей здобувачів. Платформи з можливістю адаптивного регулювання складності завдань сприятимуть формуванню гнучких освітніх траєкторій та підтримуватимуть системне мислення. Практичний досвід використання адаптивних платформ (ALEKS, Khan Academy та ін.) показує,

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

що автоматизоване коригування складності вправ допомагає уникати перевантаження учнів і підтримує оптимальний рівень навчальної складності.

Значущим аспектом є розвиток метакогнітивних умінь здобувачів освіти через аналіз власних стратегій розв'язання завдань, оцінку ефективності підходів і планування наступних дій, що дає змогу розширювати їхній когнітивний потенціал за межі автоматизованих вправ та стимулює формування критичного мислення. Аналіз поведінкових показників у цифровому середовищі показав зростання частки самостійно виконаних завдань в експериментальній групі з 54 % до 72 %, що свідчить про підвищення навчальної автономії здобувачів.

Педагогічне забезпечення інтеграції платформ охоплює використання даних про освітню діяльність для персоналізації освітнього процесу, організації додаткових консультацій і корекції освітніх траєкторій. Учителі можуть аналізувати ефективність конкретних алгоритмів платформи та модифікувати завдання з урахуванням особливостей класу або окремих здобувачів. Поєднання автоматизованої аналітики платформи з педагогічною інтерпретацією результатів створює умови для більш обґрунтованого ухвалення дидактичних рішень.

Важливим елементом упровадження адаптивних освітніх технологій є систематичний збір зворотного зв'язку від здобувачів освіти щодо сприйняття платформи, рівня мотивації та зручності користування. Отримана інформація дає змогу вдосконалювати як зміст навчальних завдань, так і їхній інтерфейс, забезпечуючи ефективнішу персоналізацію освітнього процесу. Результати проведеного дослідження показали, що опитування учнів зафіксувало підвищення рівня навчальної залученості на 16 % в експериментальній групі, що підтверджує доцільність використання адаптивного навчального середовища та врахування зворотного зв'язку під час його подальшого вдосконалення.

 ISSN: 2786-9458

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Реалізація окреслених організаційних і методичних підходів створює умови для підвищення якості математичної підготовки здобувачів, сприяє розвитку логічного й аналітичного мислення та підтриманню стійкої пізнавальної активності в освітньому процесі. Узгодження технологічних можливостей адаптивних систем із педагогічними стратегіями персоналізації забезпечує більш гнучке управління освітніми траєкторіями та підсилює мотиваційний компонент навчальної діяльності здобувачів освіти.

Висновки. Результати дослідження засвідчують, що інтеграція адаптивних цифрових платформ в освітній процес навчання математики в старшій школі здатна підвищувати ефективність засвоєння навчального матеріалу та сприяти розвитку аналітичного й критичного мислення здобувачів. Порівняльний аналіз результатів контрольної та експериментальної груп показав більш виражену позитивну динаміку навчальних досягнень у групі, де використовувалися адаптивні технології, що підтверджує доцільність їх інтеграції в освітній процес.

Аналіз академічних, когнітивних та поведінкових показників підтвердив, що адаптивні технології впливають не лише на результати тестових завдань, а й на здатність здобувачів самостійно планувати освітню діяльність, оцінювати ефективність власних стратегій і підтримувати мотивацію до опанування складних тем. Упровадження платформ з адаптивним добором завдань сприяє формуванню гнучких освітніх стратегій і розвитку навичок рефлексії.

Водночас відкритими залишаються питання довгострокового впливу адаптивного навчання на формування стійких компетентностей і самостійності здобувачів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на порівняльний аналіз різних адаптивних платформ, оцінювання їх ефективності у змішаних і дистанційних форматах навчання, а також на дослідження

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

взаємозв'язку між персоналізацією освітнього процесу та розвитком метакогнітивних умінь учнів.

Список використаних джерел

1. Kyiashko D. Development of a hybrid testing framework for multimodal systems based on AI agents. *Наука і техніка сьогодні*. 2025. № 11(52). С. 1774–1788. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52)-1774-1788

2. Бойко О. Ю. Моделі навчання комп'ютерно-опосередкованої англомовної письмової комунікації учнів 5–9 класів закладів загальної середньої освіти. *Нова педагогічна думка*. 2024. Т. 118. № 2. С. 42–51. DOI: https://doi.org/10.37026/2520-6427-2024-118-2-42-51

3. Бойко О. Ю. Педагогічне застосування психолінгвістичного аспекту віртуальної комунікації на уроках англійської мови. *Вісник студентського наукового товариства Горлівського інституту іноземних мов:* матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених «Мовна комунікація і сучасні технології у форматі різнорівневих систем». Вип. 11. Дніпро: Вид-во ГІІМ ДВНЗ ДДПУ, 2023. С. 48–49. https://edu.forlan.org.ua/doc/nauk/ (дата звернення: 21.02.2026).

4. Maxmudova D. Adaptive Learning Systems in Mathematics Education. *International Journal of Pedagogics*. 2025. Vol. 5. №10. P. 122–127. DOI: https://doi.org/10.37547/ijp/Volume05Issue10-29

5. Бойко Ю. В. Концептуальна модель практико-орієнтованої адаптивної технології повторення шкільного курсу математики. *ScienceRise: Pedagogical Education.* 2025. № 3(64). С. 27–32. DOI: https://doi.org/10.15587/2519-4984.2025.337529

6. Мізюк В. А., Хижняк А. В., Хренова В. В. Використання адаптивних навчальних платформ для персоналізації дистанційного навчання.

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Педагогічна Академія: наукові записки. 2025. № 14. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14605125

7. Ingkavara T., Wongkia W., Panjaburee P. Trends of Adaptive/Personalized Learning and Intelligent Tutoring Systems in Mathematics: A Review of Academic Publications from 2010 to 2022. *Eng. Proc.* 2023. Vol. 55. № 1. Article 34. DOI: https://doi.org/10.3390/engproc2023055034

8. Дем'яненко В. М. Модель адаптивної навчальної системи інформаційного простору відкритої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2020. Т. 77, № 3. С. 27–38. DOI: https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3603

9. Nitkin D., Ready D. D., Bowers A. J. Using Technology to Personalize Middle School Math Instruction: Evidence From a Blended Learning Program in Five Public Schools. *Front. Educ.* 2022. Vol. 7. Article 646471. DOI: https://doi.org/10.3389/feduc.2022.646471

10. Медведєв Р. П. Адаптивне навчання у фаховій передвищій освіті в умовах інклюзії та цифровізації. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems.* 2025. № 76. С. 105–113. DOI: https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-76-105-113

11. Normadhi N. B. A., Shuib L., Md Nasir H. N., Bimba A., Idris N., Balakrishnan V. Identification of Personal Traits in Adaptive Learning Environment: Systematic Literature Review. *Computers & Education*. 2019. Vol. 130. P. 168–190. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.005

12. Endla P., Jayapriya N., Savitha P., Amarnath M. A., Kumar M., Margarat G. S. Adaptive Learning Algorithms for Personalized Education Systems: Bridging Artificial Intelligence and Pedagogy. *ITM Web of Conferences*. 2025. Vol. 76. Article 05007. DOI: https://doi.org/10.1051/itmconf/20257605007

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

13. Liu B., Zhang J., Lin F., Jia X., Peng M. One Size Doesn’t Fit All: A Personalized Conversational Tutoring Agent for Mathematics Instruction. *arXiv Preprint.* 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.12633

14. Cui W., Xue Z., Thai K.-P. Performance Comparison of an AI-Based Adaptive Learning System in China. *arXiv Preprint.* 2019. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.10268.

15. Воротникова І. Методична система цифрової трансформації професійного розвитку вчителів природничо-математичних дисциплін у післядипломній освіті. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2025. Т. 85, № 4. С. 122–135. DOI: https://doi.org/10.28925/2412-0774.2025.4.9

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license