Базиль О., Богданова О., Василишин В. Персоналізація освітнього процесу на основі моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів в умовах адаптивного змішаного навчання. *Освіта. Інноватика. Практика,* 2026. Том 14, № 8. С. 20-30. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i8-002.

Bazyl O., Bohdanova O., Vasylyshyn V. Personalizatsiia osvitnoho protsesu na osnovi modeliuvannia indyvidualnykh osvitnikh traiektorii studentiv v umovakh adaptyvnoho zmishanoho navchannia [Personalization of the educational process through modeling individual learning pathways of students in adaptive blended learning]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice,* 2026. Vol. 14, No 8. S. 20-30. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i8-002.

УДК: 378.147:004.738.5:37.091.3
DOI: 10.31110/2616-650X-vol14i8-002

Олена БАЗИЛЬ
Сумський державний університет, Україна
https://orcid.org/0000-0002-2644-5361, o.bazyl@elearning.sumdu.edu.ua
Олена БОГДАНОВА
Національний університет «Одеська політехніка», Україна
https://orcid.org/0009-0002-5578-4554, bohdanova.o.n@op.edu.ua
Віталій ВАСИЛИШИН
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0367-1198, vitalii.vasylyshyn@nung.edu.ua

ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ АДАПТИВНОГО ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлена зростанням потреби у персоналізації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації вищої освіти та поширення адаптивного змішаного навчання. Наявні цифрові платформи забезпечують накопичення значних обсягів навчальних даних, однак їх використання для побудови цілісних індивідуальних освітніх траєкторій залишається недостатньо опрацьованим. Метою статті є розроблення та наукове обґрунтування методу моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів у середовищі адаптивного змішаного навчання, орієнтованого на персоналізацію освітнього процесу та підвищення ефективності навчання. Методологічну основу дослідження становить системний підхід до аналізу адаптивного змішаного навчання. Узагальнення наукових праць використано для визначення сучасних підходів до персоналізації навчання, структурно-функціональний аналіз – для обґрунтування взаємозв'язків між складовими адаптивного освітнього середовища, а моделювання – для розроблення авторського методу формування індивідуальних освітніх траєкторій. Досліджено особливості формування індивідуальних освітніх траєкторій у середовищі адаптивного змішаного навчання, визначено його структурні складові та адаптивні механізми, що забезпечують персоналізацію змісту, послідовності й темпу навчання. Виявлено основні проблеми, які обмежують практичне впровадження адаптивних моделей, зокрема складність формалізації освітніх маршрутів, недостатню повноту навчальних даних, інтеграцію цифрової аналітики в педагогічне управління та забезпечення об'єктивності адаптивних рішень. Розроблено метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій на основі адаптивного управління освітнім процесом, що поєднує діагностичне оцінювання, навчальну аналітику, педагогічне коригування та безперервний моніторинг результатів навчання в єдиному циклі прийняття рішень. Практичне застосування запропонованого методу сприятиме підвищенню обґрунтованості персоналізації навчання, своєчасному коригуванню освітнього маршруту та ефективнішому використанню цифрових технологій у закладах вищої освіти. Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою запропонованого методу та оцінюванням його ефективності під час реалізації різних освітніх програм.*

Ключові слова: *персоналізація навчання; цифрова педагогіка; навчальна аналітика; адаптивне управління; освітні дані; педагогічне проєктування; цифрове освітнє середовище.*

Olena BAZYL
Sumy State University, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-2644-5361, o.bazyl@elearning.sumdu.edu.ua
Olena BOHDANOVA
Odessa Polytechnic National University, Ukraine
https://orcid.org/0009-0002-5578-4554, bohdanova.o.n@op.edu.ua
Vitalii VASYLYSHYN
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0367-1198, vitalii.vasylyshyn@nung.edu.ua

PERSONALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS THROUGH MODELING INDIVIDUAL LEARNING PATHWAYS OF STUDENTS IN ADAPTIVE BLENDED LEARNING

Abstract. *The relevance of the study is determined by the growing need to personalize the educational process amid the digital transformation of higher education and the expansion of adaptive blended learning. Existing digital platforms generate substantial volumes of learning data, yet their use for constructing coherent individual learning pathways remains insufficiently developed. The purpose of the article is to develop and substantiate a method for modeling students' individual learning pathways in an adaptive blended learning*

© *The Author(s) 2026*

environment, aimed at personalizing the educational process and improving learning effectiveness. The methodological framework is based on a systemic approach to adaptive blended learning. The synthesis of scholarly sources was used to identify current approaches to learning personalization; structural and functional analyses were used to determine the relationships among the components of the adaptive educational environment; modeling was applied to develop the proposed method for constructing individual learning pathways. The study examines the formation of individual learning pathways in adaptive blended learning, identifies the structural components of this environment, and specifies the adaptive mechanisms used to personalize learning content, sequence, and pace. The main barriers to implementation are identified, including the complexity of formalizing learning routes, the limited completeness of learning data, the integration of digital analytics into pedagogical management, and the need to ensure the validity of adaptive decisions. A method for modeling individual learning pathways, based on the adaptive management of the educational process, is developed. It integrates diagnostic assessment, learning analytics, pedagogical adjustment, and continuous monitoring of learning outcomes within a single decision-making cycle. The proposed method can improve the validity of personalized decisions, support timely adjustment of learning routes, and promote more effective use of digital technologies in higher education institutions. Further research should focus on experimental validation of the method and evaluation of its effectiveness across different educational programs.

Keywords: *learning personalization; digital pedagogy; learning analytics; adaptive educational management; educational data; instructional design; digital learning environment.*

Постановка проблеми. У вищій освіті дедалі помітнішою стає суперечність між масовою організацією навчання та реальною неоднорідністю студентської аудиторії. Здобувачі відрізняються не лише вихідним рівнем знань, а й темпом роботи, способом сприйняття матеріалу, здатністю до самостійного навчання, мотивацією та обставинами, у яких навчаються. Навіть за наявності електронних курсів і значного масиву цифрових ресурсів ці відмінності нерідко залишаються поза межами організації освітнього процесу.

Змішане навчання створює для індивідуалізації значно ширші можливості, однак саме по собі поєднання аудиторної та онлайн-роботи не формує індивідуальної освітньої траєкторії. Потрібна модель, яка дає змогу пов’язати дані про навчальну активність і результати студента з вибором змісту, послідовністю завдань, темпом їх опанування та формами педагогічної підтримки. Проблема набуває не лише методичного, а й прикладного значення, оскільки від якості таких моделей залежить можливість своєчасно виявляти навчальні труднощі, запобігати втраті мотивації та забезпечувати більш обґрунтовану персоналізацію навчання в цифровому освітньому середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд сучасних досліджень засвідчує, що проблематика моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів у середовищі адаптивного змішаного навчання формується на перетині педагогіки, цифрових технологій, штучного інтелекту, аналітики освітніх даних та персоналізації навчального процесу. К. І. Новік та Н. М. Кушевська досліджують можливості кейс-методу як засобу розвитку критичного мислення студентів, доводячи, що використання практикоорієнтованих завдань сприяє врахуванню індивідуальних особливостей навчальної діяльності здобувачів освіти [5]. К. Новік (K. Novik) обґрунтовує перспективність застосування технологій штучного інтелекту для персоналізації навчання іноземної мови, акцентуючи увагу на адаптивному доборі навчального контенту відповідно до індивідуальних потреб студентів [17]. Ю. Слободянюк (Y. Slobodyanyuyk) демонструє ефективність адаптивного підходу до побудови індивідуальних програм підготовки на прикладі розвитку витривалості спортсменів, підтверджуючи доцільність постійного коригування освітньої траєкторії залежно від результатів моніторингу [21]. Є. В. Тягнирядно та співавтори здійснюють порівняльний аналіз моделей дистанційної освіти європейських і українських університетів, визначаючи їх потенціал для формування індивідуальних освітніх маршрутів у цифровому середовищі [7].

Вагомий внесок у розвиток концепції персоналізації освітнього процесу зроблено у працях, присвячених змішаному навчанню. Т. М. Засєкіна та співавтори доводять, що поєднання очної та дистанційної форм організації навчання створює необхідні умови для індивідуалізації навчально-пізнавальної діяльності студентів і забезпечує гнучкість освітнього процесу [4]. О. Аніщенко та співавтори розглядають індивідуальні освітні траєкторії крізь призму андрагогічних підходів, підкреслюючи роль цифровізації у розширенні можливостей персоналізованого навчання дорослих [1]. Н. О. Арістова та М. О. Павельчук аналізують співвідношення індивідуалізації й персоналізації навчально-пізнавальної діяльності студентів у змішаному форматі навчання, наголошуючи на необхідності адаптації освітнього процесу до індивідуальних освітніх потреб кожного здобувача освіти [2]. Л. Теряєва та В. Теряєв висвітлюють організаційні особливості змішаного навчання у закладах вищої освіти, розглядаючи його як основу побудови гнучких моделей освітнього процесу [6]. О. Демчук обґрунтовує індивідуалізацію навчально-пізнавальної діяльності як важливу складову компетентнісного підходу, підкреслюючи необхідність стратегічного планування розвитку компетентностей студентів в умовах змішаного навчання [3].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із використанням аналітики освітніх даних та інтелектуальних алгоритмів для моделювання індивідуальних освітніх траєкторій. Д. Темпелаар (D. Tempelaar) доводить, що поєднання learning analytics, формувального оцінювання та змішаного навчання дає змогу своєчасно виявляти навчальні труднощі студентів і коригувати їх індивідуальні освітні траєкторії [22]. Н. Жудьє (N. Joudieh) та співавтори пропонують використовувати технологію

process mining для автоматизованого формування персоналізованих адаптивних маршрутів навчання на основі аналізу освітніх даних [14]. С. Амін (S. Amin) та співавтори розробляють інтелектуальну модель персоналізованого електронного навчання, що використовує алгоритми навчання з підкріпленням для побудови послідовних адаптивних освітніх траєкторій [9]. С. Г. Есса (S. G. Essa) та співавтори узагальнюють сучасні підходи до застосування методів машинного навчання для визначення індивідуальних стилів навчання як основи персоналізації освітнього процесу [13]. Д. Кем (D. Kem) характеризує персоналізовані адаптивні навчальні платформи як новий етап розвитку цифрової освіти, у межах якого навчальний контент автоматично змінюється відповідно до індивідуальних потреб і навчального прогресу студентів [15]. Н. С. Радж (N. S. Raj) та В. Г. Ренумол (V. G. Renumol) пропонують удосконалену модель рекомендації адаптивних освітніх траєкторій, що базується на аналізі навчальної активності студентів у режимі реального часу та забезпечує безперервне оновлення індивідуального маршруту навчання [18]. С. Шень (S. Shen) та співавтори систематизують сучасні моделі knowledge tracing, обґрунтовуючи їх значення для прогнозування навчальних результатів і динамічної адаптації індивідуальних освітніх траєкторій [20]. М. Ф. Контріно (M. F. Contrino) та співавтори експериментально підтверджують, що використання адаптивних навчальних інструментів підвищує академічні результати та задоволеність студентів як в онлайн, так і в аудиторному навчанні, що свідчить про ефективність персоналізованого підходу до організації освітнього процесу [11].

Незважаючи на активний розвиток адаптивного змішаного навчання, недостатньо опрацьованими залишаються питання комплексного моделювання індивідуальних освітніх траєкторій, у якому педагогічні механізми персоналізації, навчальна аналітика та адаптивне управління розглядаються як взаємопов'язані складові єдиної системи. Це ускладнює побудову цілісних моделей персоналізації, придатних для практичного використання у закладах вищої освіти.

Необхідність усунення зазначеної прогалини зумовила розроблення методу моделювання індивідуальних освітніх траєкторій, який забезпечує узгоджену взаємодію адаптивних механізмів, цифрової навчальної аналітики та педагогічного управління в межах єдиного циклу ухвалення освітніх рішень.

Мета дослідження: розробити та науково обґрунтувати метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів у середовищі адаптивного змішаного навчання, спрямований на персоналізацію освітнього процесу та підвищення ефективності навчання.

Завдання статті:

1. Визначити ключові характеристики, структурні компоненти та адаптивні механізми формування індивідуальних освітніх траєкторій студентів у середовищі адаптивного змішаного навчання.

2. Виявити основні проблеми моделювання та реалізації індивідуальних освітніх траєкторій у середовищі адаптивного змішаного навчання.

3. Розробити метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів на основі адаптивного управління освітнім процесом.

Методи дослідження. Дослідження виконано на основі аналізу сучасних наукових праць, присвячених персоналізації навчання, адаптивному змішаному навчанню, навчальній аналітиці та формуванню індивідуальних освітніх траєкторій студентів. До аналізу залучено публікації останніх років, індексовані в міжнародних наукометричних базах Scopus і Web of Science, а також фахові українські видання з проблем цифрової трансформації вищої освіти. Опрацювання джерел дало змогу визначити ключові характеристики індивідуальних освітніх траєкторій, узагальнити підходи до побудови адаптивного змішаного навчання та виявити проблеми їх практичної реалізації. На основі систематизації отриманих результатів розроблено метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій студентів, побудований на принципах адаптивного управління освітнім процесом. Його обґрунтування здійснювалося з урахуванням логічної узгодженості етапів моделювання, можливості інтеграції в сучасні цифрові освітні середовища та відповідності чинним підходам до організації навчання у закладах вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Індивідуальна освітня траєкторія дедалі частіше розглядається як спосіб організації навчального процесу, за якого освітній маршрут формується відповідно до реального перебігу навчання студента. Такий підхід передбачає регулярне оновлення змісту й послідовності навчальних активностей на основі інформації про академічний прогрес, характер засвоєння матеріалу та сформованість окремих компетентностей. Розвиток цифрових освітніх платформ істотно розширив можливості такого управління, оскільки дозволив використовувати навчальні дані не лише для оцінювання результатів, а й для ухвалення педагогічних рішень щодо подальшої організації навчання (табл. 1).

Найбільші зміни останніх років пов'язані з переходом від однакового навчального сценарію для всієї академічної групи до управління індивідуальним прогресом кожного студента. Це стало

можливим завдяки накопиченню великих масивів освітніх даних, які характеризують не лише підсумкові результати, а й сам процес навчання. Водночас педагогічну цінність мають далеко не всі показники. Кількість входів до електронного курсу або час перебування в ньому не дозволяють об'єктивно оцінити рівень засвоєння матеріалу. Значно інформативнішими виявляються повторні спроби виконання завдань, характер типових помилок, регулярність повернення до окремих тем, швидкість опрацювання навчальних модулів і динаміка результатів упродовж семестру.

Таблиця 1.

Ключові характеристики індивідуальних освітніх траєкторій студентів у середовищі адаптивного змішаного навчання

Характеристика	Зміст	Практичне значення
Персоналізація	Побудова навчального процесу відповідно до рівня підготовки, освітніх потреб і професійних цілей студента	Забезпечує відповідність освітнього маршруту індивідуальним особливостям здобувача освіти
Адаптивність	Коригування змісту, складності та послідовності навчальних завдань залежно від навчального прогресу	Дозволяє своєчасно усувати прогалини у знаннях і підтримувати стабільний розвиток компетентностей
Варіативність	Використання різних освітніх ресурсів, форматів навчання та способів виконання завдань	Створює декілька можливих шляхів досягнення однакових програмних результатів навчання
Освітня аналітика	Аналіз навчальних даних для оцінювання прогресу та прогнозування академічних ризиків	Підвищує обґрунтованість педагогічних рішень щодо супроводу студентів
Безперервний зворотний зв'язок	Регулярне оцінювання проміжних результатів і надання рекомендацій	Забезпечує оперативне коригування індивідуального освітнього маршруту
Саморегуляція	Залучення студента до планування й оцінювання власної навчальної діяльності	Розвиває автономність і відповідальність за результати навчання

Джерело: сформовано авторами на основі [1, с. 14; 2, с. 206; 3, с. 138; 4, с. 846; 15, p. 387; 22, p. 585].

Саме за таким принципом працює функція Mastery Paths платформи Canvas. Результати проміжного оцінювання визначають подальшу структуру навчального маршруту: для одних студентів система відкриває складніші практичні кейси, для інших – матеріали для повторного опрацювання теми або додаткові вправи [23]. Подібний механізм дозволяє підтримувати різний темп навчання без зміни вимог до кінцевих результатів дисципліни.

Іншу роль відіграє модуль Learning Analytics системи Moodle. Його призначення полягає не у формуванні індивідуального маршруту автоматично, а у виявленні студентів, для яких існує висока ймовірність академічних труднощів. Прогноз ґрунтується на аналізі навчальної активності, виконанні завдань, результатах оцінювання та інших показниках, що накопичуються в електронному курсі [10]. Остаточне рішення щодо зміни освітньої траєкторії приймає викладач, оскільки цифрова аналітика не враховує мотиваційних, психологічних чи соціальних чинників, які також впливають на результати навчання.

Подібна концепція реалізована й у Microsoft Learning Accelerators, де результати виконання окремих навчальних дій деталізуються за конкретними компонентами компетентності [16]. Це дозволяє викладачеві бачити не лише загальний рівень успішності, а й визначати, які саме вміння потребують подальшого розвитку. Отже, сучасна індивідуальна освітня траєкторія формується на перетині освітньої аналітики, професійного педагогічного супроводу та активної участі самого студента. Автоматизація значно прискорює оброблення інформації, проте не замінює педагогічного проєктування, від якого залежить якість індивідуалізації навчального процесу.

Розвиток адаптивного змішаного навчання змінив уявлення про організацію освітнього процесу у закладах вищої освіти. Індивідуальна освітня траєкторія формується в середовищі, де аудиторна діяльність, цифрові технології, самостійна робота студентів і педагогічний супровід функціонують як взаємопов'язані складові єдиної системи. Кожна з них генерує власний масив навчальної інформації, який використовується для уточнення освітнього маршруту відповідно до поточного рівня сформованості компетентностей, темпу опанування дисципліни та освітніх потреб студента (табл. 2).

Формування індивідуальної освітньої траєкторії починається із взаємодії студента з усіма складовими освітнього середовища. Під час аудиторних занять викладач визначає вихідний рівень підготовки, спостерігає за характером виконання навчальних завдань і коригує освітній процес у режимі безпосередньої взаємодії. Цифрове середовище накопичує інформацію про перебіг навчальної діяльності, дозволяє організувати самостійну роботу, підтримує комунікацію та забезпечує доступ до навчальних ресурсів. Поєднання цих джерел інформації створює цілісне уявлення про академічний поступ студента, що становить основу для подальшого уточнення індивідуального освітнього маршруту.

Таблиця 2.

Структурні складові середовища адаптивного змішаного навчання та їх значення для формування індивідуальної освітньої траєкторії

Складова середовища	Функціональне призначення	Значення для формування індивідуальної освітньої траєкторії
Аудиторна взаємодія	Проведення лекційних, практичних, лабораторних занять, консультацій	Формує професійні компетентності, забезпечує безпосередній зворотний зв'язок і педагогічну підтримку
Цифрове освітнє середовище	Електронні курси, навчальні ресурси, сервіси комунікації, засоби оцінювання	Забезпечує безперервність навчального процесу та доступ до освітніх ресурсів
Самостійна навчальна діяльність	Опрацювання матеріалів, виконання індивідуальних завдань, проєктна робота	Підтримує індивідуальний темп навчання та розвиток навичок самоорганізації
Адаптивні механізми	Зміна змісту, послідовності та складності навчальних активностей	Узгоджує освітній маршрут із навчальним прогресом студента
Педагогічний супровід	Наставництво, консультування, аналіз результатів навчання	Координує освітній процес і підтримує досягнення програмних результатів навчання

Джерело: сформовано авторами на основі [4, с. 847; 6, с. 48; 8; 10; 12; 16].

Світова практика переконує, що результативність адаптивного змішаного навчання визначається якістю проєктування всього освітнього середовища. Університет Центральної Флориди (University of Central Florida), який належить до провідних центрів розвитку blended learning, реалізує програму Digital Learning Course Redesign Initiative, у межах якої навчальні дисципліни модернізуються шляхом одночасного перегляду структури курсу, методів навчання, цифрових ресурсів і форм оцінювання [12]. Такий формат дозволяє узгодити роботу всіх складових освітнього середовища та підтримувати індивідуальний темп опанування дисципліни без зміни програмних результатів навчання.

Українські заклади вищої освіти також поступово переходять до комплексної організації змішаного навчання. Зокрема, у Національному університеті «Львівська політехніка» електронне навчальне середовище використовується як складова єдиного освітнього простору, що об'єднує навчальні курси, комунікацію, поточний контроль, самостійну роботу студентів і методичний супровід викладачів [8]. Досвід університету підтверджує, що узгоджене використання аудиторних і цифрових форм навчання сприяє підвищенню навчальної активності студентів, забезпечує гнучкішу організацію освітнього процесу та розширює можливості індивідуалізації навчання.

Аналіз сучасних моделей адаптивного змішаного навчання дозволяє узагальнити взаємозв'язки між основними складовими освітнього середовища та подати їх у вигляді структурної схеми (рис. 1).

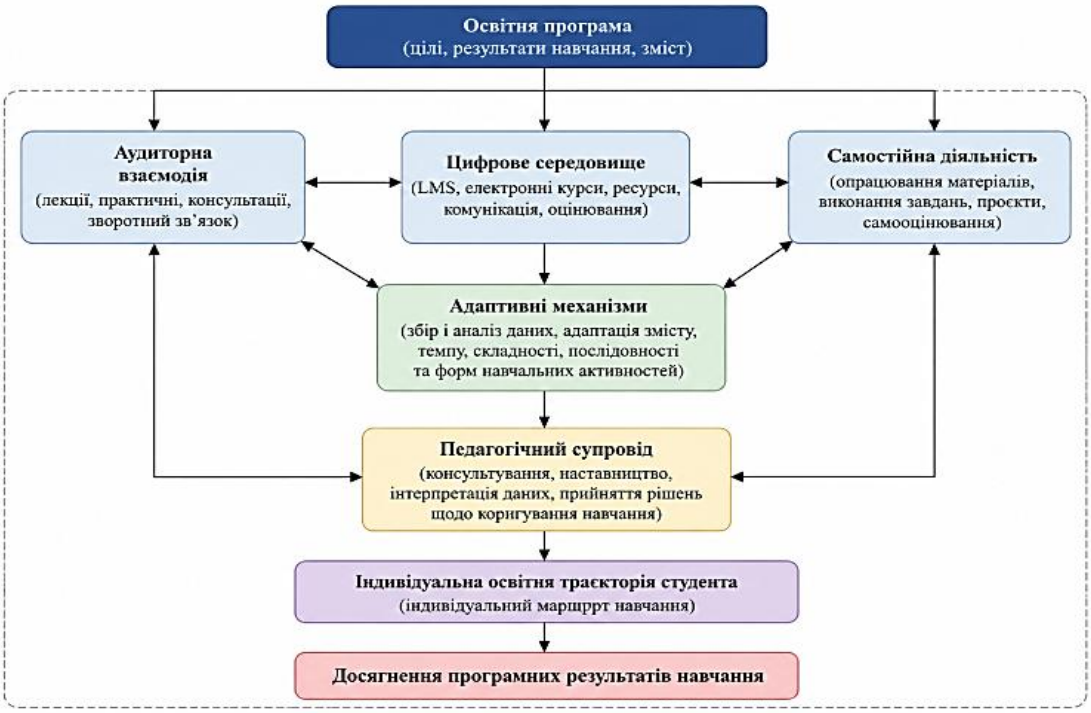


Рис. 1. Взаємозв'язок структурних складових середовища адаптивного змішаного навчання

Джерело: сформовано авторами на основі [4, с. 848; 6, с. 49; 8; 10; 12].

Взаємозв'язок складових, поданих на рисунку, відображає багаторівневу організацію адаптивного змішаного навчання. Освітня програма визначає інваріантну частину підготовки, тоді як способи її реалізації можуть змінюватися залежно від індивідуального навчального прогресу студента. За такого підходу адаптація охоплює насамперед методи навчання, послідовність виконання навчальних завдань, інтенсивність педагогічного супроводу та використання цифрових ресурсів. Зміст програмних результатів навчання при цьому залишається незмінним, що забезпечує дотримання вимог освітньої програми й академічних стандартів.

Адаптивна персоналізація охоплює ті параметри навчання, які можуть змінюватися відповідно до поточних результатів студента: обсяг і формат матеріалу, порядок опрацювання взаємопов'язаних тем, кількість тренувальних завдань та тривалість роботи з ними. Конкретний механізм обирають з урахуванням доступних навчальних даних і характеру рішення, яке має бути прийняте. Результати вхідної діагностики визначають стартову позицію, поточне оцінювання дає підстави для зміни змісту й маршруту, а накопичена динаміка виконання завдань використовується для регулювання темпу. Основні механізми такої адаптації систематизовано в табл. 3.

Таблиця 3.

Адаптивні механізми персоналізації змісту, послідовності та темпу навчання студентів

Механізм адаптації	Дані для прийняття рішення	Зміна в організації навчання
Вхідне адаптивне оцінювання	Рівень володіння базовими поняттями та сформованість пререквізитів	Визначення початкового модуля, призначення підготовчого блоку або перехід до складнішого матеріалу
Персоналізований добір контенту	Типові помилки, результати поточних завдань, рівень засвоєння окремих понять	Надання додаткового пояснення, прикладу, відеоматеріалу, тренувальної вправи чи поглибленого завдання
Адаптивна маршрутизація	Залежності між темами та виконання встановлених умов переходу	Зміна черговості навчальних модулів і формування індивідуальної гілки курсу
Регулювання темпу	Час виконання, кількість спроб, стійкість результату, потреба в повторенні	Скорочення однотипних вправ, збільшення часу на тему або введення проміжного контролю
Адресний зворотний зв'язок	Зміст відповіді, спосіб виконання та характер допущеної помилки	Надання пояснення причини помилки й рекомендації щодо наступної навчальної дії
Педагогічне коригування	Сукупність цифрових показників і спостереження викладача	Зміна формату роботи, організація консультації, уточнення навантаження та способу оцінювання

Джерело: сформовано авторами на основі [9, p. 89777; 11; 13, p. 48398; 14, p. 24; 18, p. 132; 19; 20, p. 1864; 23].

Змістова й маршрутна адаптація потребують детального поділу дисципліни на навчальні елементи та встановлення залежностей між ними. У системі ALEKS предметна область описується як множина можливих станів знань студента. Для курсу Algebra 1 структура охоплює близько 350 базових понять і мільйони емпірично можливих комбінацій їх засвоєння. Адаптивне оцінювання зазвичай встановлює поточний стан знань приблизно за 25–30 запитаннями, після чого система визначає теми, до вивчення яких студент уже підготовлений [19]. Практичне значення цього механізму полягає в обмеженні випадкових переходів між темами. Студент отримує доступ до нового елемента після формування необхідної основи, а прогалини в пререквізитах спрямовують його до конкретного блоку повторення.

Іншу функцію виконує відстеження знань (knowledge tracing). Такі моделі оцінюють зміну рівня опанування окремих умінь за послідовністю відповідей і прогнозують результат наступної взаємодії. Сучасні реалізації охоплюють марковські, логістичні та глибинні моделі. Їх застосовують для рекомендації матеріалів, побудови навчальних маршрутів і раннього виявлення труднощів [20, p. 1859]. Для курсу програмування це може означати, що серія помилок у завданнях на цикли спричиняє повернення до умовних операторів або трасування коду, якщо аналіз показує прогалину саме в цих уміннях. Одна невдала відповідь має обмежену діагностичну цінність, тоді як історія взаємодій дає змогу відрізнити випадкову помилку від стійкого нерозуміння.

Зв'язок цифрової адаптації з аудиторною роботою простежується в дослідженні використання платформи CogBooks у змішаних і очних університетських курсах. Студенти проходили початкове оцінювання, після якого система формувала персональний маршрут і пропонувала щонайменше два додаткові ресурси для тем, що викликали труднощі. Наприкінці кожної теми проводилося автоматизоване оцінювання з двома спробами. Викладач переглядав аналітику перед заняттям і зосереджував аудиторну роботу на питаннях, за якими група демонструвала слабке розуміння [11]. У цьому випадку персоналізація виходила за межі індивідуального онлайн-маршруту: дані платформи впливали на зміст наступного заняття, розподіл часу та характер пояснень. Така організація особливо придатна для адаптивного змішаного навчання, оскільки поєднує автоматизований добір матеріалів із педагогічним рішенням викладача.

Моделювання індивідуальних освітніх траєкторій потребує узгодження вимог освітньої програми з індивідуальними особливостями навчання кожного студента. Найбільші труднощі виникають під час формалізації самого освітнього процесу, адже для кожної дисципліни необхідно визначити взаємозв'язки між темами, описати пререквізити, передбачити можливі варіанти переходу між навчальними модулями та сформувати критерії, за якими система змінюватиме освітній маршрут [14, p. 24]. Спрощення цієї структури зазвичай зводить персоналізацію до автоматичного добору окремих матеріалів або тестів, не змінюючи логіки навчання.

Точність адаптивних рішень безпосередньо залежить від якості навчальних даних. Цифрові платформи накопичують великі масиви інформації про результати оцінювання, час виконання завдань, кількість спроб, активність студентів та використання навчальних ресурсів, однак ці показники відображають лише частину освітнього процессу [13, p. 48398]. Вони практично не враховують рівень критичного мислення, здатність аргументувати власну позицію, якість командної роботи чи творчих рішень. Унаслідок цього система може достатньо точно прогнозувати успішність виконання окремих завдань, але значно гірше оцінює сформованість комплексних компетентностей.

Відчутні обмеження створює й організація навчального процесу. Більшість освітніх програм побудована за лінійним принципом із фіксованою послідовністю дисциплін, єдиними календарними графіками та однаковими формами підсумкового контролю. За таких умов можливості зміни індивідуального маршруту залишаються локальними й найчастіше обмежуються окремою дисципліною [6, с. 48]. Координація адаптивної траєкторії між кількома освітніми компонентами потребує узгодження навчальних планів, цифрових платформ, систем оцінювання та роботи викладачів, що суттєво ускладнює її практичну реалізацію.

Окремої уваги потребує інтерпретація результатів навчальної аналітики. Алгоритм виявляє закономірності у цифрових даних, проте не встановлює причини їх виникнення. Однакове зниження навчальної активності може бути наслідком різного рівня підготовки, перевантаження, втрати мотивації, технічних труднощів або зовнішніх обставин. Саме тому рекомендації цифрової системи потребують педагогічної оцінки, оскільки лише викладач має можливість співвіднести отримані показники зі змістом дисципліни, особливостями академічної групи та індивідуальною ситуацією студента.

Додаткові виклики виникли у зв'язку з поширенням генеративного штучного інтелекту. Якщо навчальні завдання виконуються із суттєвою допомогою інтелектуальних сервісів, результати оцінювання перестають повною мірою характеризувати реальний рівень сформованості компетентностей. За таких умов система персоналізації отримує викривлені дані, що знижує точність прогнозування подальшого навчального маршруту. Це потребує поєднання цифрової аналітики з усними формами контролю, практичними завданнями та іншими способами перевірки, які дозволяють об'єктивніше оцінити навчальні досягнення студентів.

Запропонований метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій ґрунтується на принципах адаптивного управління освітнім процесом і призначений для безперервного коригування навчального маршруту відповідно до змін у рівні сформованості компетентностей студента. Метод розглядає індивідуальну освітню траєкторію як динамічну систему, параметри якої уточнюються після кожного завершеного циклу навчання на підставі результатів оцінювання, навчальної аналітики та педагогічної експертизи. Такий підхід дозволяє пов'язати в єдиний процес діагностику, прийняття педагогічного рішення, реалізацію адаптивних механізмів і подальший моніторинг їх результативності. На відміну від моделей, що зосереджуються на окремих інструментах персоналізації, запропонований метод визначає порядок взаємодії всіх складових адаптивного змішаного навчання та встановлює послідовність прийняття рішень щодо зміни індивідуальної освітньої траєкторії. Адаптація поширюється на зміст навчання, порядок опрацювання освітніх компонентів, темп виконання навчальних завдань і форми педагогічної підтримки, тоді як програмні результати навчання залишаються незмінними (рис. 2).

Метод реалізується як замкнений цикл, у межах якого кожне педагогічне рішення спирається на актуальні результати навчальної діяльності студента. Початковий етап забезпечує визначення рівня підготовки та формування цифрового профілю, який надалі постійно доповнюється інформацією про академічні результати, навчальну активність, темп виконання завдань і характер типових помилок. Після кожного циклу навчання ці дані аналізуються, а їх інтерпретація стає підставою для коригування освітнього маршруту. Залежно від отриманих результатів можуть змінюватися перелік навчальних матеріалів, послідовність опрацювання модулів, кількість практичних завдань, інтенсивність консультацій або тривалість окремих етапів навчання. Таким чином, індивідуальна освітня траєкторія підтримується в актуальному стані протягом усього періоду навчання, а її зміст уточнюється відповідно до реальної динаміки формування компетентностей.



Рис. 2. Метод моделювання індивідуальної освітньої траєкторії студентів на основі адаптивного управління освітнім процесом

Джерело: власна розробка авторів

Практичне впровадження методу не потребує змін у структурі освітньої програми чи створення окремого програмного забезпечення. Його реалізація можлива на базі сучасних платформ управління навчанням за умови структуризації дисциплін, визначення критеріїв переходу між навчальними модулями, використання цифрової аналітики та формалізації правил педагогічного коригування. Це дозволяє забезпечити однаковий алгоритм прийняття адаптивних рішень для різних дисциплін, скоротити час реагування на зміни навчального прогресу та підвищити обґрунтованість індивідуальної освітньої траєкторії. Запропонований метод може використовуватися під час проєктування нових освітніх програм, модернізації змішаного навчання та інтеграції інструментів штучного інтелекту в систему педагогічного управління без порушення чинних вимог до змісту вищої освіти.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті дослідження встановлено, що формування індивідуальної освітньої траєкторії в середовищі адаптивного змішаного навчання ґрунтується на безперервному використанні навчальної аналітики для прийняття педагогічних рішень. Визначено структурні складові такого середовища та обґрунтовано адаптивні механізми, які забезпечують персоналізацію змісту, послідовності й темпу навчання відповідно до індивідуальної динаміки формування компетентностей студентів.

З'ясовано, що практичне впровадження індивідуальних освітніх траєкторій стримується складністю формалізації освітніх маршрутів, обмеженістю даних для оцінювання комплексних компетентностей, недостатньою інтеграцією цифрової аналітики в педагогічне управління та необхідністю професійної інтерпретації результатів, отриманих адаптивними системами.

Запропоновано метод моделювання індивідуальних освітніх траєкторій на основі адаптивного управління освітнім процесом, який об'єднує діагностичне оцінювання, навчальну аналітику, педагогічне коригування та безперервний моніторинг у єдиний цикл управління. Практичне застосування методу сприятиме підвищенню обґрунтованості педагогічних рішень, своєчасному коригуванню освітнього маршруту та ефективнішій персоналізації навчання.

Перспективи подальших досліджень полягають в експериментальній апробації запропонованого методу в закладах вищої освіти, оцінюванні його ефективності для різних освітніх програм і розробленні моделей використання генеративного штучного інтелекту в системі адаптивного управління навчанням.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів, пов'язаного з підготовкою та публікацією цієї статті.

Джерела фінансування. Дослідження виконано без залучення зовнішнього фінансування.

Доступність даних. У межах дослідження не використовувалися окремі набори експериментальних або статистичних даних.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Під час підготовки рукопису використовувалися інструменти штучного інтелекту для мовно-стилістичного опрацювання окремих фрагментів тексту. Остаточне формулювання наукових положень, розроблення методу, аналіз результатів, перевірку достовірності інформації та відповідальність за зміст статті здійснено автором.

Список використаних джерел

1. Аніщенко О., Прийма С., Рогушина Ю., Гладун А. Індивідуальні освітні траєкторії: андрагогічні тренди в умовах цифровізації суспільства. *Освіта дорослих: теорія, досвід, перспективи*. 2024. Т. 26, № 2. С. 9–25. https://doi.org/10.35387/od.2(26).2024.9-25.
2. Арістова Н. О., Павельчук М. О. Індивідуалізація і персоналізація навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти в умовах змішаного формату організації освітнього процесу. *Перспективи та інновації науки*. 2026. Вип. 2, № 60. С. 202–211. https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-202-211.
3. Демчук О. Індивідуалізація навчально-пізнавальної діяльності студентів в умовах змішаного навчання: стратегізація компетентнісного підходу. *Український педагогічний журнал*. 2025. № 2. С. 135–142. https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-2-135-142.
4. Засекіна Т. М., Арістова Н. О., Павельчук М. О. Організація змішаного навчання в закладах вищої освіти: індивідуалізація навчально-пізнавальної діяльності. *Наука і техніка сьогодні*. Серія «Педагогіка». 2026. Вип. 2, № 56. С. 842–852. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-2(56)-842-852.
5. Новік К. І., Кушевська Н. М., Пильщик С. В. Розвиток критичного мислення через кейс-стаді на заняттях з іноземної мови в закладах вищої освіти України. *Вісник науки та освіти*. 2024. Вип. 4, № 22. С. 1237–1253. https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-4(22)-1237-1253.
6. Теряєва Л., Теряєв В. Особливості організації змішаного навчання в закладах вищої освіти. *Освітологічний дискурс*. 2024. Вип. 47, № 4. С. 44–52. https://doi.org/10.28925/2312-5829/2024.4.6.
7. Тягнирядно Є. В., Абрамов А. П., Різак Г. В. Порівняльний аналіз моделей дистанційної освіти в європейських та українських університетах. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2026. № 28. https://doi.org/10.5281/zenodo.19177509.
8. Центр інноваційних освітніх технологій. *Національний університет «Львівська політехніка»*: *вебсайт.* URL: https://lpnu.ua/ciot.
9. Amin S., Uddin M. I., Alarood A. A., Mashwani W. K., Alzahrani A., Alzahrani A. O. Smart e-learning framework for personalized adaptive learning and sequential path recommendations using reinforcement learning. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 89769–89790. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3305584.
10. Analytics. *MoodleDocs: вебсайт.* 2025. URL: https://docs.moodle.org/404/en/Analytics.
11. Contrino M. F., Reyes-Millán M., Vázquez-Villegas P., Membrillo-Hernández J. Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*. 2024. Vol. 11, № 1. Article 6. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00292-y.
12. Digital Learning Course Redesign Initiative. *University of Central Florida*: вебсайт. URL: https://digitallearning.ucf.edu/ilab/cri/.
13. Essa S. G., Celik T., Human-Hendricks N. E. Personalized adaptive learning technologies based on machine learning techniques to identify learning styles: A systematic literature review. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 48392–48409. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3276439.
14. Joudieh N., Eteokleous N., Champagnat R., Rabah M., Nowakowski S. Employing a process mining approach to recommend personalized adaptive learning paths in blended-learning environments. *Proceedings of the 12th International Conference in Open & Distance Learning (ICODL 2023)*. 2023. Vol. 12, № 6. P. 15–37. URL: https://hal.science/hal-04475779/.
15. Kem D. Personalised and adaptive learning: Emerging learning platforms in the era of digital and smart learning. *International Journal of Social Science and Human Research*. 2022. Vol. 5, № 2. P. 385–391. https://doi.org/10.47191/ijsshr/v5-i2-02.
16. Learning Accelerators. *Microsoft Learn: вебсайт.* 2025. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-365/education/guide/1-reference/baseline-reference-learning-accelerators.
17. Novik K. Leveraging artificial intelligence to enhance language acquisition: Innovations in English teaching and learning. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*. 2024. November 1. Lisbon, Portugal. P. 165–168. URL: https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/2334.
18. Raj N. S., Renumol V. G. An improved adaptive learning path recommendation model driven by real-time learning analytics. *Journal of Computers in Education*. 2024. Vol. 11, № 1. P. 121–148. https://doi.org/10.1007/s40692-022-00250-y.
19. Research Behind ALEKS – Knowledge Space Theory. *ALEKS*: *вебсайт.* 2026. URL: https://www.aleks.com/about_aleks/knowledge_space_theory
20. Shen S., Liu Q., Huang Z., Zheng Y., Yin M., Wang M., Chen E. A survey of knowledge tracing: Models, variants, and applications. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2024. Vol. 17. P. 1858–1879. https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3383325.
21. Slobodyanyuyk Y. Effectiveness of high-intensity interval training in increasing endurance in singles tennis. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 22. https://doi.org/10.5281/zenodo.17189026.
22. Tempelaar D. Supporting the less-adaptive student: The role of learning analytics, formative assessment and blended learning. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2020. Vol. 45, № 4. P. 579–593. https://doi.org/10.1080/02602938.2019.1677855.

23. What are Mastery Paths? *Instructure Community: вебсайт.* 2025. URL: https://community.instructure.com/t5/Canvas-Basics-Guide/What-is-Mastery-Paths/ta-p/404483.

References

1. Anishchenko, O., Pryima, S., Rohushyna, Yu., & Hladun, A. (2024). Indyvidualni osvitni traiektorii: andrahohichni trendy v umovakh tsyfrovizatsii suspilstva [Individual educational trajectories: Andragogical trends in the context of digitalization of society]. *Osvita doroslykh: teoriia, dosvid, perspektyvy – Adult Education: Theory, Experience, Perspectives*, 26(2), 9–25. https://doi.org/10.35387/od.2(26).2024.9-25 (in Ukrainian).
2. Aristova, N. O., & Pavelchuk, M. O. (2026). Indyvidualizatsiia i personalizatsiia navchalno-piznavalnoi diialnosti zdobuvachiv vyshchoi osvity v umovakh zmishanoho formatu orhanizatsii osvitnoho protsesu [Individualization and personalization of educational and cognitive activities of higher education students in the context of blended learning]. *Perspektyvy ta innovatsii nauky – Prospects and Innovations of Science*, 2(60), 202–211. https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-202-211 (in Ukrainian).
3. Demchuk, O. (2025). Indyvidualizatsiia navchalno-piznavalnoi diialnosti studentiv v umovakh zmishanoho navchannia: stratehizatsiia kompetentnisnoho pidkhodu [Individualization of students' educational and cognitive activities in blended learning: Strategizing the competence-based approach]. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal – Ukrainian Educational Journal*, (2), 135–142. https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-2-135-142 (in Ukrainian).
4. Zasiekina, T. M., Aristova, N. O., & Pavelchuk, M. O. (2026). Orhanizatsiia zmishanoho navchannia v zakladakh vyshchoi osvity: indyvidualizatsiia navchalno-piznavalnoi diialnosti [Organization of blended learning in higher education institutions: Individualization of educational and cognitive activities]. *Nauka i tekhnika sohodni. Seriia «Pedahohika» – Science and Technology Today. Series "Pedagogy"*, 2(56), 842–852. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-2(56)-842-852 (in Ukrainian).
5. Novik, K. I., Kushevska, N. M., & Pylshchyk, S. V. (2024). Rozvytok krytychnoho myslennia cherez keis-stadi na zaniattiakh z inozemnoi movy v zakladakh vyshchoi osvity Ukrainy [Development of critical thinking through case studies in foreign language classes in higher education institutions of Ukraine]. *Visnyk nauky ta osvity – Bulletin of Science and Education*, 4(22), 1237–1253. https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-4(22)-1237-1253 (in Ukrainian).
6. Teriaieva, L., & Teriaiev, V. (2024). Osoblyvosti orhanizatsii zmishanoho navchannia v zakladakh vyshchoi osvity [Features of the organization of blended learning in higher education institutions]. *Osvitolohichnyi dyskurs – Educational Discourse*, 47(4), 44–52. https://doi.org/10.28925/2312-5829/2024.4.6 (in Ukrainian).
7. Tiahnyriadno, Ye. V., Abramov, A. P., & Rizak, H. V. (2026). Porivnialnyi analiz modelei dystantsiinoi osvity v yevropeiskykh ta ukrainskykh universytetakh [Comparative analysis of distance education models in European and Ukrainian universities]. *Pedahohichna Akademiia: naukovi zapysky – Pedagogical Academy: Scientific Notes*, (28). https://doi.org/10.5281/zenodo.19177509 (in Ukrainian).
8. Lviv Polytechnic National University (2026). Tsentr innovatsiinykh osvitnikh tekhnolohii. Retrieved from https://lpnu.ua/ciot (in Ukrainian).
9. Amin, S., Uddin, M. I., Alarood, A. A., Mashwani, W. K., Alzahrani, A., & Alzahrani, A. O. (2023). Smart e-learning framework for personalized adaptive learning and sequential path recommendations using reinforcement learning. *IEEE Access*, 11, 89769–89790. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3305584.
10. MoodleDocs. (2025). Analytics. Retrieved from https://docs.moodle.org/404/en/Analytics
11. Contrino, M. F., Reyes-Millán, M., Vázquez-Villegas, P., & Membrillo-Hernández, J. (2024). Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*, 11(1), Article 6. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00292-y.
12. University of Central Florida. (2026). Digital Learning Course Redesign Initiative. Retrieved from https://digitallearning.ucf.edu/ilab/cri/
13. Essa, S. G., Celik, T., & Human-Hendricks, N. E. (2023). Personalized adaptive learning technologies based on machine learning techniques to identify learning styles: A systematic literature review. *IEEE Access*, 11, 48392–48409. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3276439.
14. Joudieh, N., Eteokleous, N., Champagnat, R., Rabah, M., & Nowakowski, S. (2023). Employing a process mining approach to recommend personalized adaptive learning paths in blended-learning environments. *Proceedings of the 12th International Conference in Open & Distance Learning (ICODL 2023)*, 12(6), 15–37. Retrieved from https://hal.science/hal-04475779/
15. Kem, D. (2022). Personalised and adaptive learning: Emerging learning platforms in the era of digital and smart learning. *International Journal of Social Science and Human Research*, 5(2), 385–391. https://doi.org/10.47191/ijsshr/v5-i2-02.
16. Microsoft Learn. (2025). Learning Accelerators. Retrieved from https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-365/education/guide/1-reference/baseline-reference-learning-accelerators
17. Novik, K. (2024). Leveraging artificial intelligence to enhance language acquisition: Innovations in English teaching and learning. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, November 1, 165–168. Retrieved from https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/2334
18. Raj, N. S., & Renumol, V. G. (2024). An improved adaptive learning path recommendation model driven by real-time learning analytics. *Journal of Computers in Education*, 11(1), 121–148. https://doi.org/10.1007/s40692-022-00250-y.
19. ALEKS. (2026). Research Behind ALEKS – Knowledge Space Theory. Retrieved from https://www.aleks.com/about_aleks/knowledge_space_theory
20. Shen, S., Liu, Q., Huang, Z., Zheng, Y., Yin, M., Wang, M., & Chen, E. (2024). A survey of knowledge tracing: Models, variants, and applications. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1858–1879. https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3383325.

21. Slobodyanyuyk, Y. (2025). Effectiveness of high-intensity interval training in increasing endurance in singles tennis. *Pedahohichna Akademiia: naukovi zapysky – Pedagogical Academy: Scientific Notes*, (22). https://doi.org/10.5281/zenodo.17189026.
22. Tempelaar, D. (2020). Supporting the less-adaptive student: The role of learning analytics, formative assessment and blended learning. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 45(4), 579–593. https://doi.org/10.1080/02602938.2019.1677855.
23. Instructure Community. (2025). What are Mastery Paths? Retrieved from https://community.instructure.com/t5/Canvas-Basics-Guide/What-is-Mastery-Paths/ta-p/404483

| Матеріал надійшов до редакції: 29.07.2026 р. | Прийнято до друку: 05.09.2026 р. | Опубліковано: 30.10.2026 р. |

This work is licensed under a Creative Commons License Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).