

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

Цифрові технології в персоналізації навчання

АНАЛІТИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Київ
2026

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

А. Б. Кочарян, О. А. Ковальова, М. М. Васюк, Є. І. Демиденко

Цифрові технології в персоналізації навчання

Аналітичні матеріали

Київ
2026

DOI <https://doi.org/10.63437/978-617-7734-64-1-2026-49>

УДК 37.091.3:004.9:004.8

Ц75

Рекомендовано до оприлюднення Вченою радою Інституту обдарованої дитини НАПН України (протокол № 6 від 24.06.2026 р.)

Рецензенти:

Камишин Володимир Вікторович – доктор педагогічних наук, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, лауреат Державної премії УРСР у галузі науки і техніки та Державної премії України у галузі освіти, директор Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації

Умрик Марія Анатоліївна – кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій та програмування Факультету математики, інформатики та фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Ц75 Цифрові технології в персоналізації навчання: аналітичні матеріали / А. Б. Кочарян, О. А. Ковальова, М. М. Васюк, Є. І. Демиденко. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2026. – 49 с.

ISBN 978-617-7734-64-1

У виданні проаналізовано сучасні цифрові технології персоналізації та інклюзії в освіті, зокрема системи управління навчанням, адаптивні платформи та інструменти штучного інтелекту. На основі міжнародного досвіду автори визначили переваги, обмеження й перспективи впровадження цих інструментів в Україні, приділивши особливу увагу етиці, захисту даних та якості цифрового середовища. Матеріал орієнтований на науковців, освітян, керівників закладів, розробників технологій та всіх фахівців, які займаються цифровою трансформацією навчання.

© Кочарян А. Б., Ковальова О. А., Васюк М. М., Демиденко Є. І., 2026
ISBN 978-617-7734-64-1 © Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2026

У процесі підготовки дослідження інструмент ChatGPT (OpenAI) використовувався для інформаційного пошуку, виявлення релевантних наукових публікацій, уточнення бібліографічних описів та мовного редагування тексту. Остаточний добір джерел, перевірка їх достовірності та інтерпретація результатів здійснювалися авторами самотійно.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. ПЛАТФОРМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ	7
2. ІНСТРУМЕНТИ ОСВІТНЬОЇ АНАЛІТИКИ	11
3. ЦИФРОВІ РЕСУРСИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	16
4. ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ	19
5. АДАПТИВНІ НАВЧАЛЬНІ СИСТЕМИ	23
6. ІНКЛЮЗИВНІ ТА ПІДТРИМУВАЛЬНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ	37
7. ТЕХНОЛОГІЇ КОГНІТИВНОГО ТА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ В НАВЧАННІ	40
8. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ	42
Висновки	45
<i>Література</i>	46

Вступ

Предметом аналітичних матеріалів є цифрові технології, що прямо або опосередковано підтримують персоналізоване навчання через адаптацію змісту, темпу, складності, способу подання матеріалу, формату взаємодії або механізмів підтримки здобувача освіти.

Під індивідуальною освітньою траєкторією у цьому дослідженні розуміється персоналізований маршрут навчання, що формується на основі освітніх цілей, результатів навчання, рівня підготовки, індивідуальних потреб, темпу засвоєння, мотиваційних характеристик і наявних або прогнозованих труднощів [1; 2].

Під персоналізованим навчанням розуміється не лише індивідуальне призначення завдань, а цілісна модель, у якій освітнє середовище може змінювати маршрут, складність, формат підтримки або спосіб оцінювання відповідно до потреб здобувача освіти [3; 4].

У даному аналізі застосовано такі критерії оцінювання технологій (Таблиця 1) та рівні підтримки персоналізації (Таблиця 2) в контексті персоналізованого навчання та для побудови індивідуальної освітньої траєкторії (Таблиця 1) [5–8].

Таблиця 1

Критерії оцінювання технологій

Критерій	Операційне значення
Функціональне призначення	Яке освітнє завдання виконує технологія: маршрутизація, адаптація, підтримка, аналітика, доступність, зворотний зв'язок
Рівень підтримки персоналізації	Базовий, середній, високий або екосистемний рівень персоналізації
Механізм реалізації	Як саме технологія підтримує персоналізацію: правила, алгоритми, аналітика, інтерфейсна адаптація, рекомендації
Ступінь автоматизації	Чи потребує технологія ручного втручання викладача, чи здатна діяти автоматизовано
Педагогічна інтерпретованість	Наскільки результати роботи технології зрозумілі викладачу й можуть бути використані для педагогічного рішення
Інклюзивність	Чи підтримує технологія різні освітні, когнітивні, сенсорні або фізичні потреби
Масштабованість	Чи може технологія бути впроваджена на рівні навчальної програми, установи або системи освіти
Етичні ризики	Ризики приватності, упередженості, алгоритмічного контролю, біометричного моніторингу або цифрового нагляду

Рівні підтримки персоналізації

Рівень	Характеристика	Приклади технологічних механізмів
Базовий	Персоналізація здійснюється переважно вчителем вручну	Індивідуальні завдання, персональні коментарі, нагадування, ручна диференціація
Середній	Система підтримує правила, умови, групи та часткову автоматизацію	Умовний доступ, групи, рубрики, контроль завершення активностей, рамки компетентностей
Високий	Система використовує аналітику, моделі знань або адаптивні алгоритми	Адаптивні траєкторії, прогнозування ризику, автоматизовані підказки, персоналізовані рекомендації
Екосистемний	Персоналізація формується через інтеграцію платформ, аналітики, штучного інтелекту, інклюзивних інструментів і політик даних	Освітня аналітика, стандарти обміну даними, інструменти доступності, адаптивні системи, етичне врядування

1. ПЛАТФОРМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ

Платформа управління навчанням (Learning Management System, LMS) – це програмне середовище, що забезпечує розміщення навчального контенту, організацію взаємодії між учасниками освітнього процесу, відстеження навчального прогресу та управління оцінюванням. У сучасній практиці загальної середньої освіти та позашкільного навчання, зокрема у наукових ліцеях, LMS виконує роль системно-організаційного рівня цифрової екосистеми: вона одночасно впорядковує навчання для групи та забезпечує гнучкість для окремого учня. До найпоширеніших LMS, що використовуються або можуть бути адаптовані для шкільної та позашкільної освіти, належать: Moodle, Canvas LMS, Google Classroom, Open edX, Blackboard Learn та D2L Brightspace [9]. Саме ці платформи детально розглядаються нижче.

Персоналізація навчання в LMS реалізується на різних рівнях. На базовому рівні вона обмежується індивідуальним призначенням завдань, диференційованими повідомленнями та ручним відстеженням прогресу вчителем. На середньому рівні LMS підтримує персоналізацію на основі правил (rule-based personalization) через умовний доступ, групову сегментацію, рамки компетентностей, рубрики оцінювання та контроль завершення активностей. Високий рівень персоналізації досягається за умови інтеграції LMS з освітньою аналітикою, прогнозними моделями та стандартами інтероперабельності (LTI, xAPI, Caliper), що дозволяє реалізовувати адаптивні траєкторії та раннє виявлення труднощів.

Жодна LMS сама по собі не гарантує якісної персоналізації навчання: платформа створює лише інфраструктурні можливості, тоді як реальна ефективність залежить від педагогічного дизайну, якості формувального оцінювання та здатності педагога перетворювати аналітичні сигнали на обґрунтовані освітні втручання. У дослідженнях цифрових технологій персоналізація дедалі частіше трактується як комплексна соціотехнічна система, у якій поєднуються технологія, дані, педагогіка та управлінські механізми.

Moodle є відкритою платформою управління навчанням, яку заклади освіти можуть розгортати локально, самостійно налаштовуючи політики доступу, модулі та шаблони курсів. Платформа охоплює ресурси, форуми, тести, завдання, семінари, журнали оцінок, повідомлення, групи й календарі. Для персоналізації важливо, що ці елементи можна пов'язати в послідовний педагогічний сценарій.

Рівень підтримки персоналізації в Moodle оцінюється як середній або високий. Платформа дозволяє встановлювати умови доступу, визначати завершення активностей, працювати з групами, рубриками й компетентностями. Компетентнісний підхід реалізується через рамки компетентностей, прив'язані до активностей: вчитель може оцінювати рівень досягнення та формувати навчальні плани, що призначаються учням або

когортам [10]. Наприклад, після діагностичного тесту платформа може відкрити одному учню повторювальний матеріал, іншому – практичне завдання, третьому – поглиблений кейс.

Специфічна характеристика Moodle – поєднання відкритості, розширюваності та прозорості логіки налаштування. Платформа найбільш ефективна там, де технічні налаштування підкріплені чіткою педагогічною логікою: якщо курс наповнений файлами без карти компетентностей, правил доступу і контрольних точок, персоналізація залишається декларативною. У системі загальної середньої освіти Moodle застосовується переважно на рівні наукових ліцеїв і закладів з розвинутою цифровою інфраструктурою; у масовій шкільній практиці її використання є обмеженим.

Canvas LMS є хмарною платформою, орієнтованою на зрозумілу структуру курсу, швидку комунікацію, модульну організацію змісту і широку інтеграцію із зовнішніми освітніми сервісами. Платформа дозволяє створювати модулі, сторінки, завдання, тести, дискусії, рубрики, відеоактивності та інтеграції через LTI.

Одним із найвиразніших механізмів персоналізації в Canvas є Mastery Paths. Цей інструмент дозволяє визначати кілька варіантів подальшого навчання залежно від результату попереднього оцінювання: після виконання тесту, завдання або оцінюваної дискусії система автоматично відкриває учневі той набір матеріалів, що відповідає його рівню [11]. Учень із високим результатом переходить до дослідницького завдання, із середнім – до тренувального модуля, із недостатнім – до повторного пояснення та повторної перевірки.

Рівень персоналізації Canvas може бути визначений як середній або високий у межах добре спроектованого курсу. Автоматизовані маршрути потребують якісних контрольних завдань: якщо діагностичний тест не вимірює реального розуміння, подальша персоналізація буде формальною. У шкільному контексті Canvas застосовується переважно у закладах з розвинутою цифровою підтримкою та у рамках міжнародних освітніх програм.

Google Classroom є платформою, що працює в екосистемі Google Workspace for Education і зосереджується на щоденній організації навчальної взаємодії. Вона дозволяє створювати класи, публікувати завдання та оголошення, збирати й оцінювати роботи, надавати коментарі, працювати з Google Docs, Slides, Forms, Meet та іншими сервісами. На відміну від складних LMS, Google Classroom не намагається охопити всі адміністративні процеси курсу – його цінність полягає в простоті та зрозумілій комунікації між учителем та учнями.

Персоналізація в Google Classroom має переважно педагогічно керований характер. Учитель може призначати завдання окремим учням або групам, надавати індивідуальні коментарі, використовувати банк коментарів, рубрики та різні дедлайни. У розширених редакціях Google Workspace for Education доступні practice sets із підтримкою в реальному часі, інтерактивні

запитання до відео, функції доступності та Classroom analytics, що відображає активність у класах, виконання завдань і тенденції оцінювання [12].

Рівень підтримки персоналізації Google Classroom може бути визначений як базовий або середній. Платформа не має такого глибокого умовного маршрутування, як Moodle, Canvas або Brightspace, однак добре підтримує індивідуальний супровід у повсякденному навчанні. Google Classroom є однією з найпоширеніших LMS у загальній середній освіті України, що зумовлено низьким порогом входження, безкоштовним доступом для закладів освіти та інтеграцією з інструментами, що вже використовуються учнями й учителями.

Open edX є відкритою платформою для створення онлайн-курсів і масового дистанційного навчання. Вона поєднує середовище розроблення курсів Studio та LMS для учнів, педагогів і команд супроводу. Функціональне призначення платформи охоплює відеолекції, інтерактивні завдання, форуми, команди, сертифікацію, когорти, автоматизоване оцінювання і масштабоване адміністрування [13].

Персоналізація в Open edX часто реалізується через структуру самого курсу: короткі відеофрагменти, періодичний контроль, автоматичні підказки, варіативні задачі, різні рівні складності та когорти для окремих груп. У базовій конфігурації рівень персоналізації є середнім, за умови підключення додаткових аналітичних сервісів – високим. У шкільному контексті Open edX використовується рідко; її типова область застосування – масові відкриті онлайн-курси та дистанційні освітні програми університетського рівня.

Blackboard Learn є зрілою LMS, що орієнтована на інституційне використання в школах, коледжах та університетах. Функціональне призначення охоплює управління курсами, завданнями, тестами, журналом оцінок, групами, рубриками, комунікацією та звітами. Ключовим механізмом персоналізації є adaptive release або release conditions: умовою відкриття матеріалу може бути належність до групи, дата, виконання певної активності, результат у Grade Center або інший параметр [14].

Рівень підтримки персоналізації Blackboard Learn є середнім або високим, особливо в установах, де активно використовують Grade Center, групи, рубрики та аналітичні інструменти. Персоналізація в Blackboard нерідко має інституційний характер: вона пов'язана з моніторингом успішності, підтримкою радників і вимогами звітності. Умовний доступ набуває педагогічного сенсу лише тоді, коли поєднується з поясненням, консультацією або альтернативним завданням: учень, який не склав тест, має бачити не лише закритий наступний модуль, а й конкретний шлях повернення до навчального маршруту.

D2L Brightspace є комплексною LMS, що поєднує курсовий менеджмент, оцінювання, комунікацію, мобільний доступ, адаптивні правила, аналітичні панелі та інструменти підтримки різних ролей. Платформа дозволяє не лише розміщувати матеріали, а й визначати, кому, коли і за яких обставин вони будуть доступні.

Одним із головних механізмів персоналізації є *release conditions* – відкриття або приховування матеріалів залежно від виконання завдань, оцінок чи інших дій учня [15]. Іншим важливим інструментом є *intelligent agents*, що автоматично надсилають повідомлення учням відповідно до заданих умов: тривалої відсутності активності, невиконаного завдання або досягнення високого результату. Завдяки цьому платформа підтримує не лише диференціацію контенту, а й своєчасну комунікацію.

Рівень підтримки персоналізації Brightspace є високим, особливо разом із Brightspace Insights. Ризик полягає в надмірній складності: якщо правила непрозорі, учень відчуває заплутаність, а не персоналізовану підтримку. Тому система потребує зрозумілих інструкцій і пояснюваності маршрутів.

2. ІНСТРУМЕНТИ ОСВІТНЬОЇ АНАЛІТИКИ

Освітня аналітика є важливою складовою цифрових технологій персоналізованого навчання. Вона передбачає збір, обробку та аналіз даних про навчальну діяльність учнів і освітнє середовище для кращого розуміння їхніх потреб та вдосконалення процесу навчання [16]. Якщо LMS організовує курс і накопичує цифрові сліди, то аналітика допомагає перетворити їх на запитання, індикатори, висновки й педагогічні дії. Дані стають освітньо значущими лише тоді, коли інтерпретуються відповідально і з урахуванням контексту.

Освітня аналітика підтримує персоналізацію через цикл зворотного зв'язку. Спочатку платформа фіксує дії: перегляд матеріалів, виконання завдань, результати тестів, участь у дискусіях, терміни подання робіт. Потім ці дані перетворюються на показники: рівень залученості, ризик невиконання курсу, динаміку оцінок, типові помилки чи прогрес щодо компетентностей. Далі має з'явитися дія: консультація, додатковий ресурс, зміна темпу або перегляд завдання. Науковість аналітики вимагає не лише графіків, а й валідності показників, прозорості алгоритмів, етичного використання даних і поєднання кількісної інформації з педагогічним судженням.

Moodle Learning Analytics є вбудованою аналітичною інфраструктурою Moodle, що дозволяє працювати з моделями прогнозування, індикаторами, цілями, інсайтами, сповіщеннями і діями [17]. Її функціональне призначення – допомогти педагогам і адміністраторам виявляти ситуації, що потребують уваги, до того, як проблема стане незворотною. Система може мати різні категорії моделей і використовує indicators, targets, insights, notifications та actions [18].

Рівень підтримки персоналізації є середнім або високим, якщо моделі пов'язані з реальними діями. Наприклад, метою може бути прогнозування ризику невиконання курсу, а індикаторами – відсутність активності, невиконання завдань або низькі бали. Після отримання інсайту педагог може написати учневі, запропонувати консультацію чи відкрити додатковий матеріал.

Специфічна характеристика Moodle-аналітики – зв'язок з відкритою архітектурою платформи і можливість адаптувати моделі до контексту закладу. Водночас модель ризику не повинна перетворюватися на ярлик, а автоматичне повідомлення – на холодний адміністративний сигнал. Науково коректне використання аналітики передбачає перевірку якості індикаторів, пояснюваність висновків і поєднання даних із педагогічним судженням.

Canvas New Analytics є аналітичним інструментом, що дозволяє педагогу бачити активність курсу, участь учнів, виконання завдань, динаміку оцінок і окремі навчальні труднощі. Педагог може аналізувати перегляди сторінок, результати завдань, тенденції виконання і надсилати повідомлення учням за певними критеріями [19].

Рівень підтримки персоналізації є середнім. Інструмент не створює маршрут автоматично, але допомагає вчасно помітити відмінності: хто не переглядав модуль, хто не здав кілька завдань, у кого різко знизився бал. Специфічна перевага – близькість до курсового дизайну: дані пов'язані з модулями, завданнями, оцінками та повідомленнями. Водночас аналітика переважно описує події, а не пояснює їх: низька активність не завжди означає байдужість, а висока – глибоке розуміння. Якісна персоналізація потребує педагогічної інтерпретації.

Blackboard Analytics for Learn є аналітичним сервісом, що розширює можливості Blackboard Learn завдяки спеціалізованим звітам про активність, подання робіт, оцінки, ризики, залученість і тенденції успішності. Аналітика може використовувати дані про відвідування курсу, подання завдань і взаємодію з матеріалами для формування звітів та підтримки раннього втручання [20].

Рівень підтримки персоналізації є високим на інституційному рівні: інструмент дозволяє бачити закономірності між курсами, групами й програмами. Наприклад, якщо на певному етапі програми багато учнів мають труднощі з одним типом завдання, заклад може переглянути підготовчі модулі або критерії оцінювання. Водночас інституційний масштаб створює етичні ризики: надмірний контроль, непрозорість критеріїв ризику або формальне маркування учнів. Тому персоналізація через цей інструмент має спиратися на правила відповідального використання даних.

Brightspace Insights i Performance+ є аналітичними інструментами екосистеми D2L Brightspace, призначеними для візуалізації даних про залученість, прогрес, оцінювання та результативність курсів. Brightspace Insights, побудований на Brightspace Data Platform, надає dashboards для адміністраторів, педагогів і радників [21]. Performance+ позиціонується як аналітичний пакет для глибшої інтерпретації даних, виявлення ризиків і аналізу якості оцінювання [22].

Рівень підтримки персоналізації є високим: інструменти поєднують індивідуальні, групові та інституційні показники. Assessment Quality Dashboard допомагає аналізувати тестові питання, Learner Engagement Dashboard показує активність окремого учня. Специфічна перевага полягає в тому, що аналітика спрямована не лише на учня, а й на якість освітнього середовища: вона допомагає виявляти проблеми в дизайні курсу, інструкції або оцінювальному інструменті.

Google Classroom Analytics i Microsoft Education Insights є інструментами аналітики для середовищ, де навчання організоване навколо щоденної цифрової взаємодії. Classroom Analytics у редакціях Google Workspace for Education Plus надає педагогам централізований перегляд активності класу та допомагає визначати учнів, яким може знадобитися додаткова підтримка [12]. Microsoft Education Insights у Teams for Education візуалізує прогрес і активність у класних командах, завданнях, каналах, файлах і зустрічах [23].

Рівень підтримки персоналізації цих інструментів є середнім. Їхня перевага – близькість до щоденної практики: педагог швидко бачить, хто пропустив завдання, у кого змінилися оцінки або хто присутній на зустрічах, але не подає роботи. Ці інструменти доцільно використовувати як «перший сигнал», а не як повну діагностику навчальної ситуації, оскільки вони бачать переважно активність у власному цифровому середовищі.

xAPI, Learning Record Store (LRS) і 1EdTech Caliper відрізняються від звичайних аналітичних панелей: вони створюють інфраструктурну основу для збирання і передавання даних про навчальні дії з різних середовищ. LRS є центральним сховищем xAPI-екосистеми: він приймає, зберігає і повертає statements про навчальні дії, що можуть надходити з LMS, мобільних застосунків, симуляторів або тренажерів [24]. 1EdTech Caliper визначає спільну мову для опису освітніх подій і профілів активності [25].

Рівень підтримки персоналізації є високим на інфраструктурному рівні: ці стандарти не створюють маршрут автоматично, але уможливають цілісне бачення навчання в різних цифрових середовищах. Для персоналізованого навчання це має принципове значення, оскільки сучасна освітня траєкторія нерідко виходить за межі однієї платформи. Водночас інфраструктурна потужність таких технологій пов'язана з високими вимогами до управління даними: конфіденційності, прозорості та захисту персональної інформації.

Нижче подано порівняння зазначених платформ управління навчанням у комплексі з можливими застосуванням до них інструментів освітньої аналітики за наступними вісьмома критеріями [26]: адаптивне (умовне) відкриття доступу (adaptive release), навчальні траєкторії (learning pathways), відстеження компетентностей (competency tracking), інтеграція аналітики (analytics integration), автоматизований зворотний зв'язок (automated feedback), інтероперабельність або сумісність систем (interoperability), масштабованість (scalability) та навантаження викладача (instructor workload).

Таблиця 3

Критерії порівняння платформ управління навчання

Критерій	Операційне визначення
Адаптивне відкриття доступу (Adaptive release)	Платформа може відкривати ресурси/активності за датою, завершенням, оцінкою, роллю, групою або іншим правилом
Навчальні траєкторії (Learning pathways)	Платформа може будувати альтернативні послідовності навчання залежно від діагностики, результату або умов
Відстеження компетентностей (Competency tracking)	Платформа підтримує відстеження компетентностей, виконання навчальних планів або інституційне відстеження результатів
Інтеграція аналітики (Analytics integration)	Є дашборди, курсова/крос-курсва аналітика, прогрес-репорти, сигнали ризику
Автоматизований зворотний зв'язок (Automated feedback)	Є автоперевірка, підказки, повідомлення, зворотній зв'язок, автоматизовані інтервенції
Сумісність систем (Interoperability)	Є підтримка LTI; бажано – xAPI/LRS або Caliper через core чи стійкий plugin/service layer

Критерій	Операційне визначення
Масштабованість (Scalability)	Є ознаки придатності до інституційного або масштабного впровадження: навчальні групи, організаційна звітність, шаблони, копіювання та інтеграції.
Навантаження викладача (Instructor workload efficiency)	Наскільки персоналізацію можна підтримувати без надмірного ручного адміністрування; вищий бал = нижче повторюване навантаження

Оцінювання проведено за наступною шкалою: 1 – функція відсутня або майже повністю ручна; 2 – є епізодично або вкрай обмежено; 3 – функція працездатна в core або за легкої конфігурації; 4 – функція сильна й інтегрована; 5 – функція розвинена, системна й інституційно придатна. Підсумкова інтерпретація середнього бала: 1.0–2.0 – низька підтримка персоналізації; 2.1–3.4 – середня; 3.5–5.0 – висока.

Таблиця 4

Порівняння платформ управління навчанням

Критерій	Moodle	Canvas	Google Classroom	Open edX	Blackboard Learn	Brightspace
Адаптивне (умовне) відкриття доступу	4 наявні правила доступу	4 наявні модулі та попередні вимоги	2 наявне індивідуальне призначення завдань	3 наявні когорти та групи контенту	4 є умови доступу	5 є умови доступу
Навчальні траєкторії	3 присутнє розгалуження через умови	5 є індивідуальні траєкторії навчання	2 передбачено ручне маршрутування	3 є структуровані варіанти навчання	3 передбачені траєкторії на основі правил	4 агенти та відстеження прогресу
Відстеження компетентностей	5 рамки та плани компетентностей	4 результати навчання та рівні досягнення	1 відсутній повноцінний механізм компетентностей	2 обмежений базовий рівень контролю досягнень	3 цілі та контроль досягнень	4 результати навчання
Інтеграція аналітики	4 моделі аналітичні висновки	4 нова аналітика	2 аналітика обмеженим доступом	3 звіти та додаткові аналітичні модулі	4 звіти, активність і контроль досягнень	5 аналітичні панелі та розширена аналітика
Автоматизований зворотний зв'язок	3 рубрики аналітичні підказки	4 швидке оцінювання та рубрики	3 рубрики та тренувальні завдання	4 підказки, автоматичне оцінювання та взаємооцінювання	3 рубрики та справедливе оцінювання	4 агенти та рубрики
Інтероперабельність / сумісність систем	4 базова підтримка інтеграцій модулів розширення	4 сильна підтримка інтеграцій	2 додаткові модулі без повної стандартизації	4 підтримка сучасних стандартів інтеграції	4 розвинені інтеграції	4 підтримка сервісів інтеграції
Масштабованість	4 сильна інституційна придатність	4 хмарне інституційне середовище	4 легке масштабування	5 масштаб рівня масових онлайн-курсів	4 орієнтація на великі організації	4 аналітичні панелі рівня установи
Навантаження викладача	2 значне навантаження на проєктування курсу	4 повторювані робочі процеси	3 легкий старт, але більше ручної роботи	2 високе навантаження на налаштування	3 помірна складність	4 сильна автоматизація
Середній показник	3.6	4.1	2.4	3.3	3.5	4.3

Жодна LMS не забезпечує ефективну персоналізацію автоматично – без чітко визначеної логіки оцінювання. Умовний доступ, адаптивні траєкторії та автоматизоване маршрутування масштабують уже наявний педагогічний дизайн. Ефективність персоналізації визначається насамперед якістю педагогічного дизайну, а не лише технологічною зрілістю LMS.

Освітня аналітика демонструє найбільшу ефективність тоді, коли інтегрується у цикли зворотного зв'язку та педагогічного втручання. Аналітичні сигнали мають поєднуватися з формувальним оцінюванням, індивідуальним фідбеком і своєчасною підтримкою учнів «у ризику». Аналітика є системою підтримки педагогічних рішень, а не автономним механізмом контролю.

Етичні аспекти управління даними є невід'ємною частиною інституційної стратегії впровадження цифрового навчання. Використання освітньої аналітики потребує чітких політик щодо конфіденційності, прозорості алгоритмів і перевірки хибнопозитивних сигналів [27].

3. ЦИФРОВІ РЕСУРСИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Цифрові ресурси для самостійної та дослідницької діяльності є важливою складовою персоналізованого навчання, оскільки забезпечують здобувачам освіти можливість самостійно обирати темп, зміст, формат і траєкторію опрацювання навчальних матеріалів. На відміну від традиційних моделей навчання, де основним джерелом знань є викладач або стандартизований курс, цифрові ресурси створюють умови для індивідуального пошуку, аналізу, інтерпретації та конструювання знань.

У контексті персоналізованого навчання такі ресурси виконують не лише інформаційну, а й аналітичну, дослідницьку, комунікаційну та рефлексивну функції. Вони підтримують розвиток автономності, критичного мислення, цифрової грамотності, навичок самоорганізації та дослідницької діяльності.

Специфічною особливістю цифрових ресурсів для самостійної та дослідницької діяльності є їхня здатність підтримувати автономність здобувача освіти. Такі ресурси дозволяють користувачеві самостійно визначати навчальні цілі, обирати джерела інформації, планувати дослідницьку діяльність і керувати власною освітньою траєкторією.

Іншою важливою характеристикою є інтеграція персоналізованих рекомендацій та освітньої аналітики. Крім того, цифрові ресурси підтримують розвиток дослідницької компетентності через можливість працювати з реальними даними, науковими джерелами, аналітичними інструментами та цифровими засобами академічної взаємодії.

У науковій літературі цифрові ресурси для самостійної та дослідницької діяльності класифікують за їхнім основним освітнім призначенням [28].

Інформаційно-довідкові ресурси забезпечують доступ до наукових матеріалів, баз даних, електронних бібліотек, енциклопедій і відкритих освітніх ресурсів. *Дослідницькі ресурси* підтримують проведення аналізу, обробку даних, моделювання та організацію наукової роботи. *Комунікаційні ресурси* забезпечують спільну роботу, обговорення та наукову взаємодію. *Рефлексивні ресурси* підтримують самооцінювання, електронні портфоліо та документування індивідуального прогресу. Окрему групу становлять *ресурси для організації самостійного навчання*, які підтримують планування, контроль діяльності та персоналізоване опрацювання контенту.

За рівнем персоналізації цифрові ресурси можна об'єднати у чотири групи [6; 7]:

- ресурси базового рівня забезпечують доступ до контенту без індивідуальної адаптації. До них належать електронні бібліотеки, цифрові архіви та відкриті освітні матеріали;
- ресурси середнього рівня підтримують часткову персоналізацію через рекомендації, історію активності або індивідуальні налаштування;

– ресурси високого рівня використовують освітню аналітику, адаптивні алгоритми або персоналізовані рекомендаційні механізми;

– екосистемні ресурси інтегрують різні цифрові сервіси, аналітику, дослідницькі інструменти та хмарні середовища для побудови комплексної персоналізованої траєкторії навчання й дослідження.

За механізмом реалізації персоналізації цифрові ресурси можна об'єднати у наступні групи: ресурси з адаптивними рекомендаціями; ресурси з поведінковою аналітикою; ресурси зі спільним персоналізованим середовищем; ресурси з автоматизованою підтримкою досліджень; ресурси з індивідуальним керуванням контентом; ресурси на основі штучного інтелекту.

Цифрові ресурси для самостійної та дослідницької діяльності виконують кілька взаємопов'язаних функцій. Так, інформаційна функція забезпечує доступ до наукових статей, електронних бібліотек, відкритих освітніх ресурсів, мультимедійного контенту, наукових баз даних, статистичних матеріалів.

Дослідницька функція підтримує збір даних, аналіз інформації, моделювання, статистичну обробку, створення дослідницьких проєктів, візуалізацію результатів.

Персоналізаційна функція в свою чергу дозволяє формувати індивідуальні освітні маршрути, добирати релевантні матеріали, підтримувати індивідуальний темп навчання, адаптувати контент до потреб користувача.

Комунікаційна функція підтримує спільні дослідження, академічну взаємодію, рецензування, наукову комунікацію, групову роботу.

Рефлексивна функція сприяє самооцінюванню, документуванню прогресу, формуванню електронного портфоліо, розвитку навичок саморегуляції.

Таким чином, згруповані наступні основні групи цифрових ресурсів для самостійної та дослідницької діяльності.

Електронні бібліотеки забезпечують доступ до наукових джерел, публікацій і відкритих освітніх ресурсів.

Наприклад, Google Scholar (<https://scholar.google.com>) підтримує персоналізований пошук наукових джерел, рекомендації публікацій та формування індивідуального профілю дослідника. Система аналізує тематику пошуку та попередню активність користувача для добору релевантних матеріалів.

JSTOR (<https://www.jstor.org>) є цифровою бібліотекою наукових журналів і архівів, що підтримує індивідуалізований пошук, тематичні колекції та персональні дослідницькі добірки.

ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>) забезпечує доступ до наукових статей, аналітичних матеріалів і персоналізованих рекомендацій на основі дослідницьких інтересів користувача.

Відкриті освітні ресурси та онлайн-платформи підтримують самостійне навчання через відкритий доступ до курсів, лекцій, інтерактивних матеріалів і навчальних спільнот.

Coursera (<https://www.coursera.org>) використовує рекомендаційні алгоритми, персоналізовані траєкторії навчання та адаптивні підказки для підтримки індивідуального професійного розвитку.

edX (<https://www.edx.org>) підтримує модульне навчання, індивідуальні освітні маршрути та інтеграцію з аналітичними системами навчання.

Khan Academy (<https://www.khanacademy.org>) реалізує персоналізацію через модель повного засвоєння навчального матеріалу, адаптивне повторення та аналітику прогресу.

Дослідницькі та аналітичні цифрові інструменти підтримують проведення досліджень, аналіз даних і наукову комунікацію.

Mendeley (<https://www.mendeley.com>) забезпечує управління бібліографією, персоналізовані рекомендації наукових джерел і підтримку дослідницької співпраці.

Zotero (<https://www.zotero.org>) підтримує організацію джерел, формування персональних наукових бібліотек і спільну роботу над дослідженнями.

Overleaf (<https://www.overleaf.com>) забезпечує спільне написання наукових текстів, хмарну синхронізацію та персоналізовану організацію дослідницьких проєктів.

Хмарні середовища спільної діяльності підтримують колективну дослідницьку діяльність, спільне створення контенту та персоналізовану організацію роботи.

Google Workspace (<https://workspace.google.com>) забезпечує спільне редагування документів, персоналізовану організацію навчальної діяльності та інтеграцію з хмарними сервісами.

Microsoft Teams (<https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-teams/group-chat-software>) підтримує навчальні спільноти, персоналізовану взаємодію та інтеграцію освітніх ресурсів у єдиному цифровому середовищі.

Notion (<https://www.notion.com>) використовується для організації дослідницьких проєктів, індивідуального планування та персоналізованого управління знаннями.

Таким чином цифрові ресурси для самостійної та дослідницької діяльності є важливим компонентом персоналізованого навчання, оскільки створюють умови для індивідуального конструювання знань, розвитку автономності та формування дослідницьких компетентностей. Їхня ефективність визначається не лише доступом до інформації, а здатністю підтримувати персоналізований пошук, адаптивні рекомендації, самоорганізацію та рефлексивну діяльність здобувача освіти. Найбільший потенціал мають екосистемні цифрові середовища, які інтегрують інформаційні ресурси, аналітичні інструменти, хмарну взаємодію та механізми персоналізації в єдину цифрову інфраструктуру навчання й дослідження.

4. ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ

Засоби формування індивідуальних освітніх траєкторій забезпечують можливість варіативного проходження навчального контенту залежно від результатів навчання, рівня підготовки, освітніх потреб, інтересів або професійних цілей здобувача освіти. Їхня головна функція полягає в переході від лінійної моделі курсу до гнучкої моделі, у якій навчальний маршрут може бути змінений відповідно до даних про прогрес.

У контексті персоналізованого навчання такі технології виконують три функції: діагностичну (визначають поточний рівень підготовки або прогрес), маршрутизаційну (добирають або відкривають відповідний наступний елемент навчання), підтримувальну (надають додаткові матеріали, фідбек, консультації або повторення) [6; 29].

Засоби формування індивідуальних освітніх траєкторій доцільно класифікувати на: системи управління навчанням з умовним доступом; системи компетентнісного навчання; рекомендаційні та аналітичні системи підтримки персоналізованого навчання [30]. Більшість сучасних технологій мають інтегрований характер і поєднують функції декількох груп одночасно (Таблиця 5), тобто вони є гібридними і належать одночасно до кількох груп. Приналежність до певної групи зумовлена педагогічним дизайном.

Таблиця 5

Засоби формування індивідуальних освітніх траєкторій

Група технологій	Характеристика	Приклади
Системи управління навчанням з умовним доступом	забезпечують персоналізацію через умови доступу, адаптивне відкриття матеріалів, траєкторії опанування, контроль завершення активностей, модульну логіку та індивідуальне відкриття контенту	Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn, Open edX, Google Classroom
Системи компетентнісного навчання	орієнтовані на навчання, засноване на результатах, компетентнісні рамки, відстеження прогресу та формування індивідуальної освітньої траєкторії відповідно до результатів навчання	Brightspace, Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn
Рекомендаційні системи та засоби підтримки персоналізації	Формують або підтримують індивідуальні освітні траєкторії через аналітику, адаптивні рекомендації, цифрові профілі здобувачів освіти та рефлексивне відстеження досягнень	Brightspace, Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn

Система управління навчанням Moodle (<https://moodle.org>) підтримує умовний доступ, компетентнісні рамки, контроль завершення активностей, індивідуальні маршрути навчання та освітню аналітику.

Система управління навчанням Canvas LMS (<https://www.instructure.com/canvas>) реалізує персоналізовані маршрути через Mastery Paths, модульне навчання та аналітичні панелі.

Компетентнісна та аналітична LMS Blackboard Learn (<https://www.d2l.com/brightspace>), яка використовує умови доступу, результати навчання, автоматизованих агентів і панелі прогресу.

Відкрита освітня платформа Open edX (<https://openedx.org>), що дає змогу створювати адаптивні навчальні сценарії, групи та індивідуальні освітні маршрути.

Система електронного навчання Mahara (<https://mahara.org>), яка підтримує індивідуальні освітні траєкторії через рефлексивні портфоліо та персональне документування досягнень.

Корпоративна LMS Blackboard Learn (<https://www.anthology.com/products/blackboard-learn>) підтримує маршрутизацію на основі правил, компетентнісне навчання та аналітику навчальної активності.

Хмарне освітнє середовище Google Classroom (<https://classroom.google.com>), яке забезпечує базову персоналізацію через індивідуальні завдання, рубрики та інтеграцію з сервісами Google Workspace.

Водночас є кілька важливих акцентів:

- Moodle, Canvas LMS та Brightspace фактично поєднують усі три групи (Таблиця 5);

- Google Classroom має лише базові механізми персоналізації, тому його класифікують тільки в першій групі;

- Mahara формально не є рекомендаційною системою у вузькому AI-розумінні, але може бути віднесена до засобів підтримки персоналізованого навчання через використання сучасного електронного портфоліо.

Системи управління навчанням з умовним доступом (Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn, Open edX, Google Classroom) дозволяють керувати доступом до навчального контенту залежно від виконання попередніх умов: завершення активності, отримання певного бала, належності до групи, дати або ролі користувача. Рівень підтримки персоналізації в таких системах середній. Персоналізація відбувається за правилами, які заздалегідь визначає викладач або адміністратор курсу (якщо здобувач не досяг мінімального результату в діагностичному тесті, система відкриває додатковий блок повторення; якщо результат достатній – відкривається складніший модуль). Специфічними характеристиками є прозорість і контрольованість сценаріїв. Обмеженням є те, що такі системи не завжди «розуміють» причину труднощів здобувача; вони лише виконують закладені умови.

Системи компетентнісного навчання (Brightspace, Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn) орієнтовані на навчання, засноване на результатах, компетентнісні рамки, відстеження прогресу та формування індивідуальної

освітньої траєкторії відповідно до результатів навчання. Такі системи пов'язують навчальні активності з конкретними результатами навчання, компетентностями або рівнями досягнення. Рівень підтримки персоналізації – високий. Навчальний маршрут може визначатися не часом перебування в курсі, а фактичним прогресом у досягненні компетентностей. Кожна активність зіставляється з певною компетентністю. Якщо здобувач демонструє достатній рівень досягнення, система або викладач може рекомендувати перехід до наступного модуля; якщо ні – пропонуються додаткові вправи, консультації або альтернативні ресурси. Такі системи особливо важливі для профільної середньої освіти, де важливо довести не лише факт проходження курсу, а сформованість конкретної здатності діяти.

Рекомендаційні та аналітичні системи (Brightspace, Moodle, Canvas LMS, Blackboard Learn) добирають навчальні матеріали, вправи або активності відповідно до профілю здобувача освіти. Рівень підтримки персоналізації – високий або екосистемний, якщо рекомендації базуються на освітній аналітиці, результатах оцінювання та поведінкових даних. Система аналізує попередні відповіді, темп проходження, помилки, переглянуті ресурси та результати тестів, після чого пропонує релевантний контент. Рекомендаційні системи можуть істотно підвищити релевантність навчальних матеріалів, але вони потребують прозорості, пояснюваності та контролю за тим, щоб алгоритм не звужував навчальний досвід здобувача лише до «схожих» матеріалів.

Узагальнений опис засобів формування індивідуальних траєкторій навчання подано у Таблиці 6.

Таблиця 6

Засоби формування індивідуальних траєкторій навчання за групами технологій

Група технологій	Функціональне призначення	Рівень підтримки персоналізації	Механізм реалізації	Специфічні характеристики
Системи управління навчанням умовним доступом	Диференційоване відкриття матеріалів і завдань	Середній	Відкриття активностей за оцінкою, датою, завершенням попереднього завдання, групою або роллю	Добре підходять для персоналізації, але потребують попередньо спроектованої логіки курсу
Системи компетентнісного навчання	Побудова траєкторії навколо результатів навчання та компетентностей	Високий	Зіставлення завдань із компетентностями, навчальними планами й рівнями досягнення	Дозволяють оцінювати не лише проходження курсу, а реальне досягнення результатів навчання
Конструктори навчальних траєкторій	Створення альтернативних маршрутів навчання	Високий	Розгалуження маршруту після діагностичних тестів або контрольних точок	Ефективні тоді, коли траєкторії пов'язані з валідним оцінюванням

Група технологій	Функціональне призначення	Рівень підтримки персоналізації	Механізм реалізації	Специфічні характеристики
Рекомендаційні системи	Добір навчальних ресурсів відповідно до профілю здобувача	Високий	Аналіз історії навчання, поведінкових даних, інтересів і прогалів	Можуть підсилювати персоналізацію, але потребують контролю алгоритмічної упередженості
Електронні портфоліо	Підтримка індивідуальної рефлексії та документування прогресу	Середній/високий	Накопичення доказів навчальних досягнень, самооцінювання, рефлексивні записи	Посилюють суб'єктність здобувача освіти та дають підстави для індивідуального планування
Цифрові освітні плани	Формування персонального плану навчання	Високий	Визначення цілей, етапів, компетентностей, ресурсів і контрольних точок	Найефективніші у професійній, вищій та післядипломній освіті
Мікрокваліфікації та цифрові бейджі	Фіксація окремих досягнень і модульних результатів	Середній/високий	Присвоєння цифрових підтверджень після досягнення конкретних результатів	Дають змогу будувати гнучкі освітньо-професійні траєкторії

Таким чином, потенціал персоналізації [31] цієї групи технологій є високим із одночасно високою залежністю від педагогічного дизайну [32]. Рівень автоматизації є середнім або високим [6]. Ризик алгоритмічної упередженості є середнім. Масштабованість висока для LMS та цифрових планів, середня масштабованість для індивідуальних портфоліо.

5. АДАПТИВНІ НАВЧАЛЬНІ СИСТЕМИ

Адаптивні навчальні системи – це цифрові середовища, які автоматично або напівавтоматично змінюють навчальний контент, темп, послідовність, складність завдань або форму підтримки залежно від поточних результатів і характеристик здобувача освіти.

На відміну від звичайного умовного доступу, адаптивні системи не лише виконують наперед задані правила, а можуть будувати модель знань здобувача, виявляти прогалини, прогнозувати ризики та добирати наступні навчальні дії.

У сучасній науковій літературі адаптивні навчальні системи класифікуються за різними підходами залежно від того, який аспект адаптації вважається ключовим: механізм адаптації, джерело даних або педагогічна модель [33]. Така багатовимірність пояснюється тим, що адаптивне навчання є міждисциплінарною сферою, у якій поєднуються педагогіка, освітня аналітика, штучний інтелект, когнітивні науки та дизайн цифрового середовища.

Одним із найбільш поширених підходів є класифікація за механізмом адаптації [34]. У межах цього підходу виділяють *контентно-адаптивні системи*, які змінюють зміст, формат або рівень складності навчального матеріалу залежно від потреб здобувача освіти. *Навігаційно-адаптивні системи* змінюють маршрут проходження курсу, відкриваючи альтернативні траєкторії або додаткові модулі залежно від результатів навчання. *Оціночно-адаптивні системи* добирають завдання відповідно до поточного рівня підготовки здобувача, що дозволяє точніше визначати навчальні прогалини та підтримувати оптимальний рівень складності. *Інтерфейсно-адаптивні системи* змінюють спосіб представлення інформації, навігацію або інтерфейс взаємодії для підтримки різних когнітивних, сенсорних чи фізичних потреб. Окрему групу становлять *когнітивно-адаптивні системи*, які реагують на показники уваги, когнітивного навантаження або психофізіологічні сигнали користувача.

Інший поширений підхід базується на джерелі даних, яке використовується для адаптації навчального процесу [6]. Системи, керовані даними, використовують освітню аналітику, журнали активності, результати оцінювання та поведінкові дані для формування персоналізованих рекомендацій. Системи на основі штучного інтелекту застосовують алгоритми машинного навчання, моделі прогнозування та генеративні механізми для побудови складніших сценаріїв адаптації. Найбільш сучасними вважаються гібридні системи, які поєднують логіку на основі правил, освітню аналітику та механізми штучного інтелекту в єдиній адаптивній екосистемі.

У педагогічному контексті адаптивні системи також класифікують за педагогічною моделлю навчання, яку вони підтримують [35; 36]. Системи повного засвоєння орієнтовані на досягнення визначеного рівня розуміння

теми перед переходом до наступного етапу. Компетентнісно орієнтовані системи будуються навколо результатів навчання та компетентностей, а не часу проходження курсу. Інтелектуальні навчальні системи виконують функції цифрового тьютора, надаючи індивідуальні підказки, пояснення та підтримку. Системи персоналізованих рекомендацій добирають ресурси, активності або матеріали відповідно до профілю здобувача освіти. Адаптивні системи спільного навчання змінюють сценарії групової взаємодії та спільного навчання залежно від ролей, активності та прогресу учасників.

Таким чином, сучасні адаптивні навчальні системи варто розглядати не як єдиний тип технології, а як широкий спектр цифрових рішень, що відрізняються рівнем автоматизації, джерелами даних, педагогічною логікою та механізмами персоналізації. Це підкреслює складність і багаторівневність сучасної екосистеми адаптивного навчання, у якій персоналізація формується через поєднання технологічних, аналітичних і педагогічних компонентів.

Адаптивні системи на основі правил. Функціональне призначення таких систем – зміна маршруту за заздалегідь визначеними умовами. Рівень персоналізації таких систем є середнім. Механізм реалізації забезпечує відкриття доступу до наступного або альтернативного блоку за умови виконання (або невиконання) певних дій здобувача освіти.

Прикладом таких систем може бути Moodle (<https://moodle.org>) – система управління навчанням із підтримкою умовного доступу та сценаріїв проходження курсу, коли адаптація здійснюється через правила відкриття контенту залежно від результатів, завершення активностей або ролей.

Canvas LMS (<https://www.instructure.com/canvas>) також може бути прикладом таких систем, бо відкриває різні маршрути навчання залежно від результатів оцінювання.

Brightspace (<https://www.d2l.com/brightspace>) є платформою компетентнісного навчання та використовує умови доступу та інтелектуальних агентів для автоматизованої маршрутизації навчання.

Blackboard Learn (<https://www.anthology.com/products/blackboard-learn>) є корпоративною системою управління навчанням із логікою на основі правил, яка підтримує адаптивне відкриття доступу та контроль проходження модулів.

Інтелектуальні навчальні системи призначені для індивідуалізованої підтримки здобувача освіти через автоматизоване моделювання знань, аналіз помилок, формування персоналізованих підказок і добір оптимального навчального маршруту. На відміну від традиційних систем управління навчанням, які переважно організовують доступ до контенту, інтелектуальні навчальні системи виконують функцію цифрового тьютора, здатного реагувати на поточний рівень підготовки, типові помилки, темп навчання та особливості взаємодії користувача з матеріалом.

Основною метою таких систем є не просто передача навчального контенту, а підтримка процесу засвоєння знань, формування навичок і

корекція навчальних труднощів у режимі, максимально наближеному до індивідуального навчального супроводу викладачем.

Інтелектуальні навчальні системи особливо ефективні у математичній освіті, вивченні мов, програмуванні, підготовці до стандартизованого тестування.

Рівень підтримки персоналізації в інтелектуальних навчальних системах оцінюється як високий або дуже високий. Це пояснюється тим, що система не лише відкриває або приховує контент за наперед заданими умовами, а постійно аналізує освітню діяльність здобувача та змінює сценарій навчання відповідно до отриманих даних.

Персоналізація може реалізовуватися через адаптацію складності завдань, зміну темпу навчання, добір індивідуальних пояснень, рекомендацію повторення певних тем, прогнозування навчальних труднощів, формування персоналізованого зворотного зв'язку, автоматизовані підказки, адаптивне оцінювання, побудову індивідуальної траєкторії навчання.

У найбільш розвинених системах адаптація здійснюється в режимі реального часу, коли система аналізує кожну відповідь, час виконання завдання, тип помилки або навіть послідовність дій здобувача освіти.

Механізми реалізації такої діяльності зазвичай базуються на кількох взаємопов'язаних компонентах: моделі знань, моделі здобувача освіти, педагогічній моделі, інтерфейсу взаємодії та даних освітньої аналітики.

Модель знань містить безпосередньо структуру предметної галузі (поняття, формули, правила розв'язання задач). Система використовує цю модель для визначення того, які знання вже засвоєні, а які потребують додаткового опрацювання.

Модель здобувача освіти формує цифровий профіль користувача, а саме: рівень підготовки, історію відповідей, типові помилки, швидкість виконання, рівень засвоєння тем, прогрес, поведінкові патерни. Саме ця модель і є основою персоналізації.

Педагогічна модель визначає, коли саме потрібно надати підказку, коли ускладнити завдання, коли запропонувати повторення, а коли перейти до нової теми чи коли повідомити педагога про труднощі. Фактично педагогічна модель є логікою адаптивного навчання.

Інтерфейс взаємодії забезпечує діалог із користувачем, інтерактивні пояснення, візуалізацію прогресу, адаптивний зворотний зв'язок, підказки, симуляції, інтерактивні вправи. У сучасних системах дедалі частіше використовуються чат-інтерфейси або генеративний штучний інтелект.

Багато сучасних інтелектуальних систем використовують дані освітньої аналітики та прогнозування дій здобувача освіти. Для цього використовують дані аналізу журналів активності здобувача освіти, аналіз типових помилок та алгоритми машинного навчання. Саме це і дозволяє прогнозувати ризик неуспішності та виявляти прогалини, рекомендувати оптимальний маршрут навчання та адаптувати підтримку в режимі реального часу.

Carnegie Learning (<https://www.carnegielearning.com>) є інтелектуальною математичною системою, побудованою на принципах когнітивного

моделювання, адаптивного навчання та освітньої аналітики. Її функціональне призначення полягає у створенні персоналізованого навчального середовища, здатного адаптувати складність, послідовність і тип завдань відповідно до поточного рівня підготовки здобувача освіти. Система орієнтована на підтримку формування математичних компетентностей через поєднання індивідуальної практики, аналітики прогресу та адаптивного педагогічного супроводу.

Рівень підтримки персоналізації в Carnegie Learning оцінюється як високий, оскільки система постійно формує та оновлює модель знань здобувача освіти на основі результатів виконання завдань, темпу роботи, типових помилок і поведінкових патернів.

Механізм реалізації персоналізованого навчання базується на аналізі навчальної діяльності в режимі реального часу, автоматизованому доборі вправ, адаптації складності завдань і наданні індивідуальних підказок.

Специфічною характеристикою системи є здатність частково моделювати індивідуальну взаємодію між викладачем і здобувачем освіти.

AutoTutor (<https://autotutor.org>) є діалоговою інтелектуальною навчальною системою, розробленою для підтримки адаптивного навчання через природномовну взаємодію зі здобувачем освіти. На відміну від традиційних систем тестування або тренажерів, AutoTutor реалізує навчання у форматі інтерактивного діалогу, максимально наближеного до індивідуальної консультації з викладачем.

Функціональне призначення системи полягає у поясненні навчального матеріалу, постановці уточнювальних запитань, підтримці рефлексії та корекції помилкових уявлень.

Рівень підтримки персоналізації в AutoTutor є високим, оскільки система аналізує зміст відповідей користувача та адаптує сценарій взаємодії відповідно до рівня розуміння теми. Механізм реалізації персоналізації базується на аналізі природної мови, моделюванні знань і генерації адаптивного діалогу. Система може уточнювати відповіді, пропонувати додаткові пояснення, змінювати рівень деталізації або повертатися до складних тем. Специфічною характеристикою AutoTutor є навчання через діалогову взаємодію, яка моделює логіку індивідуального педагогічного супроводу та підтримує активну когнітивну взаємодію здобувача освіти з матеріалом.

Cognitive Tutor (<https://www.carnegielearning.com/solutions/math/cognitive-tutor>) є інтелектуальною навчальною системою, заснованою на когнітивній моделі засвоєння знань і процедурних навичок. Її функціональне призначення полягає у формуванні персоналізованого навчального процесу через діагностику помилок, визначення прогалин у знаннях та адаптивний добір навчальних завдань. Система широко використовується для підтримки математичної освіти, розвитку логічного мислення та формування навичок поетапного розв'язання задач.

Рівень підтримки персоналізації в Cognitive Tutor оцінюється як високий, оскільки кожна взаємодія здобувача освіти використовується для уточнення його індивідуальної моделі знань. Механізм реалізації персоналізації ґрунтується на відстеженні процесу засвоєння знань, аналізі типових помилок і покроковому оцінюванні логіки розв'язання задач. Система не лише перевіряє правильність відповіді, а й аналізує сам процес мислення, визначаючи, на якому етапі виникла помилка. Специфічною характеристикою Cognitive Tutor є здатність адаптувати навчальний процес до когнітивної логіки здобувача освіти та формувати індивідуальні рекомендації щодо подальшого навчання.

MATHia (<https://www.carnegielearning.com/solutions/math/mathia>) є адаптивною математичною платформою, орієнтованою на персоналізовану підтримку навчання через аналіз прогресу та динамічну адаптацію навчальних завдань. Її функціональне призначення полягає у формуванні індивідуальної траєкторії засвоєння математичних понять, процедур і навичок відповідно до поточного рівня підготовки здобувача освіти.

Рівень підтримки персоналізації в MATHia оцінюється як високий або дуже високий, оскільки система постійно аналізує відповіді користувача, час виконання завдань, типи помилок і швидкість просування навчальним маршрутом. Механізм реалізації базується на алгоритмах оцінювання знань у режимі реального часу, автоматизованому доборі вправ, адаптації складності завдань і формуванні персоналізованих підказок. Специфічною характеристикою MATHia є поєднання адаптивного оцінювання, принципів повного засвоєння навчального матеріалу та освітньої аналітики для підтримки індивідуального темпу навчання. Система дозволяє вчителю отримувати детальну інформацію про прогрес здобувачів освіти, типові труднощі та рівень сформованості математичних компетентностей.

Адаптивні системи оцінювання є спеціалізованим типом цифрових освітніх систем, призначених для динамічного добору завдань відповідно до поточного рівня підготовки здобувача освіти [37]. Їхнє функціональне призначення полягає не лише у фіксації результату навчання, а й у більш точному визначенні рівня сформованості знань, навичок і компетентностей через адаптацію складності, послідовності та типу завдань у процесі проходження оцінювання [38].

На відміну від традиційних тестових систем, де всі здобувачі виконують однаковий набір завдань, адаптивні системи оцінювання змінюють сценарій тестування залежно від відповідей користувача. Такий підхід дозволяє зменшити кількість надто легких або надто складних завдань, підтримати оптимальний рівень когнітивного навантаження та забезпечити більш точне вимірювання реального рівня підготовки.

Рівень підтримки персоналізації в адаптивних системах оцінювання оцінюється як високий або дуже високий. Персоналізація реалізується через індивідуальний добір завдань, зміну рівня складності, адаптацію темпу оцінювання та формування персоналізованого зворотного зв'язку. У деяких

системах адаптація може відбуватися після кожної відповіді користувача, що дозволяє будувати індивідуальну траєкторію оцінювання в режимі реального часу.

Механізм реалізації адаптивного оцінювання зазвичай базується на математичних моделях оцінювання знань, освітній аналітиці та алгоритмах машинного навчання. Найпоширенішим підходом є комп'ютеризоване адаптивне тестування, у межах якого складність наступного завдання визначається результатом попередньої відповіді. Якщо здобувач освіти успішно виконує завдання, система пропонує складніші питання; якщо допускає помилки – система переходить до простіших або діагностичних завдань.

Багато сучасних адаптивних систем оцінювання використовують відстеження процесу засвоєння знань, що дозволяє аналізувати не лише правильність відповіді, а й імовірність сформованості конкретної навички або компетентності. Деякі системи також враховують час виконання завдань, кількість спроб, типові помилки та поведінкові моделі користувача.

Специфічною характеристикою адаптивних систем оцінювання є здатність забезпечувати більш точне та індивідуалізоване вимірювання рівня підготовки порівняно з традиційними тестами. Такі системи дозволяють скорочувати тривалість оцінювання без втрати точності, оскільки користувач отримує лише ті завдання, які є найбільш релевантними для визначення його поточного рівня знань.

Ще однією важливою характеристикою є підтримка формувального оцінювання. Адаптивні системи можуть не лише виставляти підсумковий результат, а й визначати прогалини у знаннях, рекомендувати додаткові матеріали, пропонувати повторення певних тем або автоматично формувати індивідуальні рекомендації щодо подальшого навчання.

У контексті персоналізованого навчання адаптивне оцінювання виконує не лише контрольну, а й навігаційну функцію. Результати оцінювання можуть використовуватися для побудови індивідуальної освітньої траєкторії, відкриття нових модулів, зміни складності навчального контенту або формування персоналізованих сценаріїв підтримки.

Водночас адаптивні системи оцінювання мають низку обмежень і ризиків. Їхня ефективність залежить від якості банку завдань, валідності моделей оцінювання, точності алгоритмів і педагогічної коректності інтерпретації результатів. Неправильно побудована адаптивна модель може призводити до хибної оцінки рівня підготовки, надмірного спрощення або, навпаки, перевантаження здобувача освіти.

Крім того, використання адаптивного оцінювання пов'язане з етичними питаннями, зокрема прозорістю алгоритмів, захистом персональних даних, недопущенням алгоритмічної упередженості та необхідністю пояснюваності результатів оцінювання для здобувачів освіти й викладачів.

Таким чином, адаптивні системи оцінювання є одним із найбільш розвинених інструментів персоналізованого навчання, оскільки дозволяють поєднувати оцінювання, освітню аналітику та адаптацію навчального

маршруту. Їхній потенціал особливо високий у системах змішаного навчання, цифрової освіти, масових онлайн-курсів, професійної підготовки та компетентнісно орієнтованого навчання.

ALEKS (<https://www.aleks.com>) є адаптивною системою оцінювання та навчання, побудованою на технології просторового моделювання знань і принципах персоналізованого навчання. Її функціональне призначення полягає у визначенні поточного рівня сформованості знань здобувача освіти та побудові індивідуальної траєкторії подальшого навчання. Система широко використовується у математичній і природничій освіті, де важливо послідовно формувати взаємопов'язані знання та навички.

Рівень підтримки персоналізації в ALEKS оцінюється як високий або дуже високий, оскільки система постійно оновлює модель знань здобувача освіти на основі його відповідей, темпу роботи та результатів оцінювання.

Механізм реалізації адаптації базується на автоматизованому визначенні того, які поняття вже засвоєні, а які потребують додаткового опрацювання. На основі цього система добирає наступні завдання, пояснення або повторення тем. Специфічною характеристикою ALEKS є використання детальної моделі знань, що дозволяє уникати випадкового добору завдань і підтримувати логічно послідовне формування компетентностей. Система також підтримує формувальне оцінювання, освітню аналітику та індивідуалізований темп навчання.

Duolingo English Test (<https://englishtest.duolingo.com>) є адаптивною системою мовного оцінювання, призначеною для визначення рівня володіння англійською мовою через комп'ютеризоване адаптивне тестування. Функціональне призначення системи полягає у проведенні стандартизованого мовного оцінювання з автоматизованою адаптацією складності завдань відповідно до поточних результатів користувача.

Рівень підтримки персоналізації оцінюється як високий, оскільки система змінює складність і типи завдань залежно від правильності попередніх відповідей здобувача освіти. Механізм реалізації адаптації ґрунтується на алгоритмах оцінювання мовних компетентностей у режимі реального часу. Якщо користувач успішно виконує завдання, система переходить до складніших мовних конструкцій; якщо виникають помилки – пропонуються простіші або діагностичні завдання. Специфічною характеристикою Duolingo English Test є поєднання адаптивного тестування, автоматизованого оцінювання мовлення, письма, читання та аудіювання, а також використання освітньої аналітики для точнішого визначення мовного рівня користувача.

GRE Computer Adaptive Testing (<https://www.ets.org/gre.html>) є адаптивною системою стандартизованого тестування, що використовується для оцінювання академічної підготовки вступників до магістратури та аспірантури. Функціональне призначення системи полягає у точному визначенні рівня аналітичних, математичних і вербальних здібностей через динамічний добір тестових завдань.

Рівень підтримки персоналізації оцінюється як високий, оскільки складність наступних завдань визначається результатами попередніх відповідей користувача.

Механізм реалізації базується на алгоритмах комп'ютеризованого адаптивного тестування, які автоматично змінюють рівень складності питань залежно від поточного рівня успішності здобувача освіти. Такий підхід дозволяє скоротити кількість надто легких або надто складних завдань і забезпечити точніше вимірювання реального рівня підготовки. Специфічною характеристикою GRE є використання психометричних моделей оцінювання та високий рівень стандартизації процедури адаптивного тестування.

Khan Academy Mastery System (<https://www.khanacademy.org>) є системою адаптивного навчання та оцінювання, побудованою на принципах повного засвоєння навчального матеріалу. Її функціональне призначення полягає у формуванні індивідуальної траєкторії навчання через постійний аналіз успішності здобувача освіти та рекомендацію наступних навчальних дій.

Рівень підтримки персоналізації оцінюється як високий, оскільки система адаптує послідовність тем, рівень складності вправ і необхідність повторення матеріалу відповідно до результатів користувача. Механізм реалізації персоналізації базується на аналізі виконання вправ, виявленні прогалин у знаннях і автоматизованому доборі релевантних навчальних ресурсів. Якщо здобувач освіти демонструє достатній рівень розуміння теми, система пропонує складніші завдання або перехід до нового матеріалу; якщо виникають труднощі – рекомендує повторення, додаткові пояснення або тренувальні вправи. Специфічною характеристикою Khan Academy Mastery System є поєднання формувального оцінювання, адаптивного навчання та освітньої аналітики для підтримки індивідуального темпу й логіки засвоєння матеріалу.

Системи прогнозної аналітики є одним із найбільш поширених напрямів сучасного персоналізованого навчання, оскільки дозволяють виявляти ризики навчальних труднощів, прогнозувати академічну неуспішність і підтримувати своєчасне педагогічне втручання [39]. Їхнє функціональне призначення полягає в аналізі освітніх даних здобувачів освіти для визначення закономірностей навчальної поведінки, прогнозування можливих проблем і формування рекомендацій щодо подальшої підтримки навчального процесу [40].

Рівень підтримки персоналізації в системах прогнозної аналітики оцінюється як високий, оскільки адаптація навчального процесу здійснюється на основі індивідуальних освітніх даних здобувача освіти. Такі системи здатні враховувати результати оцінювання, темп проходження курсу, рівень активності, частоту входу в цифрове середовище, взаємодію з навчальними матеріалами, поведінкові патерни та історію навчання. На основі цього формуються персоналізовані сигнали ризику, рекомендації щодо підтримки або пропозиції зміни навчального маршруту.

Механізм реалізації систем прогнозової аналітики базується на використанні освітньої аналітики, статистичного моделювання, аналізу великих масивів даних і алгоритмів машинного навчання. Система збирає дані з цифрового освітнього середовища, аналізує поведінкові та академічні показники, після чого формує прогностичні моделі щодо можливого рівня успішності або ризику відрахування. У багатьох випадках система генерує попередження для викладача, куратора або самого здобувача освіти, якщо виявляються ознаки зниження активності, погіршення результатів або порушення темпу навчання.

Специфічною характеристикою систем прогнозової аналітики є їхня здатність підтримувати раннє педагогічне втручання [41]. Такі системи дозволяють виявляти проблеми ще до того, як вони призведуть до академічної неуспішності. Водночас ефективність прогнозової аналітики значною мірою залежить від якості даних, валідності моделей і педагогічної інтерпретації результатів. Прогностичні сигнали не можуть розглядатися як остаточне рішення щодо здобувача освіти, а мають використовуватися як інструмент підтримки педагогічного аналізу.

Окремою особливістю систем прогнозової аналітики є їхня висока етична чутливість. Використання поведінкових і освітніх даних пов'язане з ризиками алгоритмічної упередженості, помилкових прогнозів, надмірного цифрового моніторингу та стигматизації здобувачів освіти. Саме тому сучасні дослідження підкреслюють необхідність прозорості алгоритмів, захисту персональних даних, пояснюваності моделей і збереження принципу «людина в контурі прийняття педагогічного рішення», коли остаточне рішення щодо освітньої підтримки ухвалює вчитель, а не автоматизована система.

Одним із найбільш відомих рішень у цій сфері є **Civitas Learning** (<https://www.civitaslearning.com>) – платформа прогнозової освітньої аналітики, що використовується переважно у вищій освіті для аналізу ризику академічної неуспішності, прогнозування відрахування та підтримки student success initiatives. Система аналізує дані про академічну активність, результати оцінювання, залученість учнів, після чого формує рекомендації щодо підтримки окремих здобувачів освіти або груп учнів. Особливістю Civitas Learning є орієнтація не лише на аналітику, а й на побудову сценаріїв педагогічного реагування.

Іншим прикладом є **Blackboard Predict** (<https://www.blackboard.com/news/blackboard-formerly-anthology-emerges-debt-free-and-focused>) – система прогнозування академічних ризиків, інтегрована в екосистему Blackboard Learn. Blackboard Predict аналізує поведінкові та академічні дані здобувачів освіти, включно з активністю в курсах, частотою взаємодії з контентом, оцінками та темпом навчання. На основі цих даних система формує індикатори ризику та аналітичні сигнали для вчителів та адміністрації закладів освіти. Особливістю Blackboard Predict є поєднання аналітичних панелей, візуалізації ризиків та інтеграції з LMS-середовищем.

У системі **Moodle Analytics** (<https://docs.moodle.org>) реалізовано інструменти освітньої аналітики, які використовують прогнозні моделі для

раннього виявлення ризиків у навчанні. Moodle Analytics аналізує журнали активності, результати оцінювання, завершення активностей і поведінкові патерни користувачів. Система може автоматично повідомляти вчителя про учнів, які потенційно потребують підтримки. Особливістю Moodle Analytics є відкритість архітектури та можливість налаштування моделей прогнозування та інтеграція з іншими платформами.

До цієї ж групи належать **Student Success Analytics** (<https://www.studentsuccessanalytics.com>) – аналітичні панелі підтримки здобувачів освіти, орієнтовані на моніторинг прогресу, виявлення ризиків і підтримку прийняття рішень вчителями та адміністрацією закладу освіти. Такі системи використовують освітню аналітику для формування індикаторів ризику, прогнозування труднощів і створення рекомендацій щодо академічної підтримки.

Адаптивні системи на основі штучного інтелекту призначені для персоналізованої підтримки навчання через автоматизовану генерацію пояснень, підказок, рекомендацій, навчальних матеріалів і сценаріїв взаємодії відповідно до потреб здобувача освіти [29]. На відміну від традиційних адаптивних систем, які переважно працюють за наперед визначеними правилами, системи штучного інтелекту здатні аналізувати великі обсяги освітніх даних, інтерпретувати контекст навчальної діяльності та формувати динамічні варіанти підтримки. Такі системи можуть виконувати функції інтелектуального тьютора, генератора пояснень, системи рекомендацій, автоматизованого оцінювання та підтримки рефлексії й саморегуляції навчання [6]. Особливого значення вони набувають у змішаному та дистанційному навчанні, масових онлайн-курсах, професійній освіті та індивідуальному освітньому супроводі.

Рівень підтримки персоналізації в системах на основі штучного інтелекту оцінюється як високий або екосистемний, оскільки такі системи можуть адаптувати зміст навчання, рівень складності, темп проходження, форму подання матеріалу, тип пояснень і рекомендації щодо подальших дій відповідно до індивідуальних характеристик здобувача освіти [42]. На екосистемному рівні вони інтегруються із системами управління навчанням, освітньою аналітикою, адаптивними платформами, цифровими портфоліо та інструментами підтримки вчителя, формуючи комплексне середовище персоналізованого навчання. У сучасних освітніх моделях дедалі частіше реалізується взаємодія «здобувач освіти – вчитель – система штучного інтелекту», у якій технологія підтримує процес прийняття педагогічних рішень, але не замінює викладача [7].

Механізм реалізації персоналізованого навчання в системах штучного інтелекту базується на використанні алгоритмів машинного навчання, генеративних моделей, обробки природної мови, освітньої аналітики та рекомендаційних механізмів. Такі системи можуть автоматично пояснювати складні теми, генерувати приклади, створювати індивідуальні навчальні завдання, адаптувати складність контенту, аналізувати типові помилки та

прогнозувати навчальні труднощі. Генеративні моделі здатні створювати різні варіанти пояснення одного й того самого матеріалу залежно від рівня підготовки або освітніх потреб здобувача освіти, що забезпечує більш гнучку та динамічну модель персоналізації порівняно з традиційними системами на основі правил.

Специфічною характеристикою систем на основі штучного інтелекту є можливість динамічної адаптації навчального контенту в режимі реального часу. Такі системи здатні змінювати не лише маршрут навчання, а й сам спосіб подання матеріалу, тип підтримки, складність пояснень і форму взаємодії залежно від поточного прогресу здобувача освіти. На відміну від традиційних адаптивних платформ, генеративний штучний інтелект може створювати нові пояснення, вправи, сценарії діалогу та навчальні матеріали, а також підтримувати природномовну взаємодію, наближену до індивідуального тьюторського супроводу.

Водночас системи на основі штучного інтелекту характеризуються високою залежністю від якості даних, валідності моделей і коректності педагогічного дизайну. Низька якість алгоритмів або даних може призводити до генерації помилкових пояснень, некоректних рекомендацій, алгоритмічної упередженості чи спотворення індивідуальної освітньої траєкторії. Тому такі системи потребують постійної валідації результатів, прозорості алгоритмів, політик захисту даних і людського контролю. Особливо важливими залишаються питання академічної доброчесності, пояснюваності рішень, недопущення автоматизованої дискримінації та збереження педагогічної автономії викладача.

Таким чином, системи на основі штучного інтелекту формують новий етап розвитку персоналізованого навчання, поєднуючи генеративну підтримку, адаптивну взаємодію, освітню аналітику та масштабовану індивідуалізацію навчального процесу. Проте їхня ефективність залежить не лише від технологічної складності, а й від якості педагогічної інтеграції, етичного врядування даними та здатності забезпечити баланс між автоматизацією й професійним педагогічним судженням викладача.

До сучасних адаптивних систем на основі штучного інтелекту належить платформа Knewton (<https://www.wiley.com/en-de/grow/teach-learn/teacher-resources/courseware/knewton-alta>), яка спеціалізується на персоналізації навчального контенту та темпу проходження матеріалу. Система аналізує результати виконання завдань, швидкість роботи, повторювані помилки та освітні прогалини, після чого автоматично добирає наступні навчальні активності відповідно до індивідуального рівня підготовки здобувача освіти. Особливістю платформи є використання алгоритмів штучного інтелекту для постійної адаптації освітнього маршруту та підтримки моделі mastery learning.

Іншим прикладом є DreamBox Learning (<https://www.dreambox.com>) – адаптивне математичне середовище, орієнтоване переважно на шкільну освіту. Платформа аналізує дії здобувача в режимі реального часу, включаючи послідовність розв’язання задач, швидкість відповіді та характер помилок. На основі цих даних система змінює складність завдань, пропонує додаткові

пояснення або альтернативні способи подання матеріалу. Особливістю DreamBox є безперервна адаптація навчального сценарію без потреби ручного втручання викладача.

Платформа CENTURY Tech (<https://www.century.tech>) поєднує механізми штучного інтелекту, освітньої аналітики та когнітивної науки для формування індивідуальних рекомендацій і персоналізованих навчальних траєкторій. Система аналізує прогрес здобувача, виявляє прогалини в знаннях і автоматично формує набір матеріалів, вправ та повторень, які найбільше відповідають поточним освітнім потребам. Особливістю CENTURY Tech є інтеграція learning science та predictive analytics у єдину адаптивну модель підтримки навчання.

Серед найбільш масштабних інтелектуальних адаптивних систем варто виділити Squirrel AI (<https://squirrelai.com>), яка використовує великі масиви освітніх даних, алгоритми штучного інтелекту та моделі knowledge tracing для побудови персональних траєкторій навчання. Система здійснює детальний аналіз структури знань здобувача освіти, визначає мікропрогалини в розумінні тем і формує індивідуальний маршрут опрацювання матеріалу. Особливістю Squirrel AI є використання технологій big data та багаторівневої адаптивної діагностики знань.

Ще одним прикладом є Querium (<https://www.querium.com>) – інтелектуальна система адаптивного тьюторингу, орієнтована на підтримку навчання у STEM-дисциплінах. Платформа використовує покроковий аналіз відповідей і помилок здобувача освіти, надаючи персоналізовані підказки, пояснення та рекомендації щодо подальших дій. На відміну від звичайних тестових систем, Querium аналізує не лише кінцевий результат, а й сам процес розв'язання задачі, що дозволяє точніше виявляти когнітивні труднощі та підтримувати індивідуальне навчання.

Адаптивні тренажери є спеціалізованими цифровими системами, призначеними для формування практичних навичок і закріплення знань через індивідуалізовану динамічну практику [6]. На відміну від традиційних електронних курсів, такі системи автоматично змінюють рівень складності, темп навчання, послідовність вправ і рівень підтримки залежно від результатів здобувача освіти [43]. Основна функція адаптивних тренажерів полягає у створенні умов для багаторазового відпрацювання навичок у середовищі, яке постійно реагує на помилки, прогрес і поведінкові характеристики користувача [44]. Найбільш ефективними такі системи є у математичній освіті, вивченні мов, природничих дисциплінах.

Рівень підтримки персоналізації в адаптивних тренажерах оцінюється як високий, оскільки система здатна індивідуально добирати вправи, змінювати складність завдань, регулювати темп проходження матеріалу та формувати персоналізований зворотний зв'язок. У сучасних адаптивних системах персоналізація здійснюється в режимі реального часу: система аналізує правильність відповідей, швидкість виконання, типові помилки та послідовність дій здобувача освіти, після чого автоматично коригує

подальший навчальний сценарій. Це дозволяє підтримувати оптимальний рівень когнітивного навантаження та забезпечувати навчання на рівні, який відповідає поточним можливостям користувача.

Механізм реалізації адаптивних тренажерів базується на автоматизованому аналізі освітніх даних та алгоритмах адаптації. Система може враховувати результати виконання вправ, частоту повторення помилок, стабільність правильних відповідей, час виконання та поведінкові патерни здобувача освіти. На основі цих даних система автоматично змінює рівень складності, пропонує повторення тем, активує підказки, добирає нові вправи або рекомендує додаткові матеріали. У більш складних системах використовуються алгоритми машинного навчання, моделі прогнозування та механізми відстеження засвоєння знань, що дозволяє реалізовувати більш глибоку персоналізацію навчального процесу.

Специфічною характеристикою адаптивних тренажерів у контексті персоналізованого навчання є здатність забезпечувати безперервний зворотний зв'язок і підтримувати індивідуальний темп формування навичок. Такі системи дозволяють кожному здобувачу освіти працювати у власному режимі без жорсткої прив'язки до єдиного темпу групи. Водночас адаптивні тренажери добре масштабуються та можуть підтримувати велику кількість користувачів без суттєвого збільшення навантаження на викладача. Разом із тим у науковій літературі наголошується, що надмірна алгоритмізація може звужувати навчання до механічного виконання стандартизованих вправ, тому ефективність таких систем значною мірою залежить від якості педагогічного дизайну та інтеграції автоматизованої підтримки з професійним педагогічним супроводом.

Одним із найбільш відомих прикладів є Labster (<https://www.labster.com>) – платформа віртуальних лабораторій, яка дозволяє моделювати наукові експерименти у цифровому середовищі. Система адаптує сценарії виконання лабораторних робіт залежно від рішень, помилок і результатів здобувача освіти. Якщо користувач допускає критичні помилки або демонструє недостатній рівень розуміння, платформа може запропонувати додаткові пояснення, повторення або альтернативні навчальні сценарії. Особливістю Labster є поєднання симуляцій, гейміфікації та адаптивного навчального супроводу.

У сфері мовної освіти одним із наймасовіших прикладів адаптивного навчання є Duolingo (<https://www.duolingo.com>). Платформа використовує адаптивний добір вправ, інтервальне повторення, аналіз типових помилок і персоналізоване повторення тем. Якщо система виявляє труднощі з певною мовною конструкцією або словниковим блоком, вона збільшує частоту повторення відповідних вправ і коригує навчальний маршрут. Особливістю Duolingo є поєднання адаптивного навчання, гейміфікації та поведінкової аналітики.

Іншим прикладом адаптивної мовної системи є Rosetta Stone (<https://de.rosettastone.com>), яка персоналізує темп навчання, складність завдань і сценарії повторення залежно від прогресу користувача. Система

використовує принципи занурення в мовне середовище, автоматизоване оцінювання вимови та адаптивне повторення матеріалу. Особливістю Rosetta Stone є орієнтація на довготривале формування мовних навичок через постійне коригування навчального темпу.

У контексті персоналізованого навчання адаптивні тренажери та симулятори мають особливу цінність, оскільки дозволяють реалізувати навчання через практичну діяльність, моделювання реальних ситуацій і безпечно відпрацювання складних професійних сценаріїв. На відміну від традиційних тестових систем, вони адаптують не лише складність контенту, а й сам сценарій взаємодії, що наближає цифрове навчання до індивідуалізованого практичного досвіду.

Адаптивні навчальні системи є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку персоналізованого навчання, оскільки дозволяють поєднувати освітню аналітику, автоматизовану підтримку, адаптивне оцінювання та індивідуалізацію навчального маршруту. Їхньою головною перевагою є здатність адаптувати темп, складність і послідовність навчання відповідно до потреб і поточного рівня підготовки здобувача освіти. Такі системи забезпечують швидке виявлення прогалин у знаннях, підтримують навчання на оптимальному рівні складності та створюють можливості для масштабованої персоналізації, особливо у змішаному навчанні, масових онлайн-курсах і базовій професійній підготовці.

Водночас ефективність адаптивних систем значною мірою залежить від якості освітніх даних, валідності моделей оцінювання та коректності алгоритмів прогнозування. Серед основних ризиків слід виокремити можливу непрозорість алгоритмічних рішень, хибні сигнали про успішність або ризик неуспішності, упередженість моделей та надмірну автоматизацію освітнього процесу. Крім того, використання адаптивних систем потребує високого рівня цифрової компетентності викладачів і чіткої педагогічної логіки оцінювання. Тому найбільш ефективною є модель, у якій адаптивні технології не замінюють вчителя, а виступають інструментом підтримки педагогічних рішень і персоналізованого супроводу навчання.

6. ІНКЛЮЗИВНІ ТА ПІДТРИМУВАЛЬНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ

Інклюзивні та підтримувальні цифрові технології є одним із ключових напрямів розвитку персоналізованого навчання в сучасному цифровому освітньому середовищі [45]. Їх основне призначення полягає в усуненні бар'єрів доступу до освіти, адаптації способів подання навчального матеріалу, забезпеченні різних каналів взаємодії та створенні умов для рівноправної участі здобувачів освіти з різними когнітивними, сенсорними, фізичними та комунікативними потребами [46]. У контексті персоналізованого навчання такі технології мають особливе значення, оскільки ефективна персоналізація неможлива без урахування принципів доступності, нейрорізноманіття, когнітивного навантаження та варіативності способів сприйняття й демонстрації навчальних результатів.

Серед найбільш поширених інклюзивних цифрових технологій важливе місце займають **програми екранного доступу**, які забезпечують озвучення цифрового контенту для користувачів із порушеннями зору. Такі системи перетворюють текст і елементи інтерфейсу на мовлення, що дозволяє працювати з цифровими освітніми ресурсами без візуального доступу до екрана. До найбільш відомих рішень належать NVDA (<https://www.nvaccess.org>) та JAWS (<https://vispero.com/jaws-screen-reader-software>). Система NVDA забезпечує безкоштовний доступ до цифрового контенту через озвучення тексту, елементів інтерфейсу та навігації вебресурсами, що робить її однією з найпоширеніших технологій підтримки користувачів із порушеннями зору. JAWS використовується у професійній та академічній освіті для доступу до електронних курсів, вебресурсів і цифрових бібліотек. Ефективність таких технологій значною мірою залежить від відповідності цифрового контенту стандартам доступності.

Важливу роль у персоналізованому навчанні також відіграють **технології перетворення мовлення в текст і тексту в мовлення**. Системи автоматичного розпізнавання мовлення підтримують субтитрування, нотування та комунікацію, що є особливо важливим для осіб із порушеннями слуху, письма або концентрації уваги. Прикладом такої технології є Otter.ai (<https://otter.ai>), який автоматично генерує текстові записи занять, субтитри та конспекти онлайн-зустрічей. Водночас технології синтезу мовлення дозволяють озвучувати текстові матеріали, підтримуючи аудіальне сприйняття інформації та самостійне навчання. Прикладом інтегрованого рішення є Read&Write (<https://www.everway.com/products/read-and-write-education>), який поєднує функції озвучення тексту, перетворення мовлення в текст, словникової підтримки та когнітивного структурування навчального матеріалу. Такі системи особливо корисні для здобувачів освіти з порушеннями слуху, труднощами читання, дислексією або проблемами концентрації уваги.

Окрему групу становлять **системи автоматичного субтитрування та підтримки онлайн-комунікації**. Такі інструменти забезпечують доступність відеолекцій, вебінарів і дистанційних занять через автоматичне розпізнавання мовлення та генерацію субтитрів. Подібні функції інтегровані у Microsoft Accessibility Tools (https://www.microsoft.com/en-us/accessibility?utm_source=chatgpt.com), які підтримують автоматичне створення субтитрів, переклад та адаптацію цифрової комунікації. Такі технології суттєво підвищують доступність онлайн-освіти, хоча потребують перевірки точності, особливо під час використання академічної та професійної термінології.

У контексті персоналізованого навчання особливе значення мають **адаптивні інтерфейси та мультимодальні навчальні матеріали**. Адаптивні інтерфейси дозволяють змінювати шрифти, контрастність, навігацію, режими перегляду та інші параметри цифрового середовища відповідно до індивідуальних потреб користувача. Прикладом такої технології є Microsoft Immersive Reader (https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/immersive-reader/overview?utm_source=chatgpt.com) – інструмент підтримки читання, який забезпечує адаптацію шрифтів, режим фокусування уваги, переклад і озвучення тексту. Мультимодальні навчальні матеріали дозволяють подавати один і той самий контент у текстовому, аудіальному, візуальному або інтерактивному форматах, що відповідає принципам універсального дизайну навчання та підтримує різні стилі сприйняття інформації.

Важливою складовою персоналізованого навчання є **інструменти когнітивної підтримки**, спрямовані на зменшення когнітивного навантаження та підтримку саморегуляції навчальної діяльності. До таких інструментів належать цифрові чеклисти, візуальні організатори, системи нагадувань, структуровані підказки та індикатори прогресу. Наприклад, Read&Write (<https://www.everway.com/products/read-and-write-education>) надає функції структурованого читання, візуального виділення тексту та організації навчального матеріалу, тоді як Microsoft Immersive Reader (<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/immersive-reader>) підтримує фокусування уваги через режим читання рядками та адаптацію структури тексту. Подібні технології є особливо важливими для здобувачів освіти з труднощами уваги, пам'яті або планування навчальної діяльності.

Окрему роль у розвитку інклюзивного персоналізованого навчання відіграють **системи моніторингу доступності цифрового контенту**. Такі рішення автоматично перевіряють відповідність навчальних матеріалів критеріям цифрової доступності, виявляють потенційні бар'єри та можуть формувати альтернативні формати контенту. Прикладом подібної технології є Blackboard Ally (<https://www.blackboard.com/products>), який аналізує цифрові курси та автоматично створює доступні версії навчальних матеріалів для різних категорій користувачів. Це дозволяє здійснювати інституційний контроль якості цифрового освітнього середовища та підтримувати принципи універсального дизайну навчання.

Суттєво розширюють можливості інклюзивного навчання **інструменти штучного інтелекту для підтримки доступності**. Вони можуть автоматично генерувати альтернативний текст до зображень, створювати субтитри, перекладати матеріали, спрощувати складні тексти або адаптувати спосіб подання інформації відповідно до потреб здобувача освіти. Значний потенціал у цьому контексті мають Microsoft Accessibility Tools та Microsoft Immersive Reader, які забезпечують підтримку нейрорізноманіття, адаптацію цифрового інтерфейсу та персоналізацію способу взаємодії з навчальним контентом. Водночас використання таких технологій потребує постійної перевірки точності, дотримання принципів етичного використання штучного інтелекту та захисту персональних даних користувачів.

Механізми підтримки персоналізованого навчання в інклюзивних цифрових технологіях реалізуються через кілька взаємопов'язаних підходів. Першим із них є варіативність подання навчального матеріалу, коли один і той самий зміст доступний у різних форматах – текстовому, аудіальному, візуальному або інтерактивному. Другим механізмом є альтернативні способи взаємодії із цифровим середовищем, які дозволяють використовувати голосове введення, текстову взаємодію, допоміжні пристрої або візуальні схеми. Третій механізм пов'язаний із підтримкою саморегуляції навчання через цифрові інструменти планування та когнітивної підтримки. Четвертим механізмом є зниження бар'єрів освітнього середовища відповідно до принципів універсального дизайну навчання, згідно з якими проблема часто полягає не в здобувачеві освіти, а в недостатній адаптивності самого освітнього середовища.

У цілому інклюзивні та підтримувальні цифрові технології мають високий потенціал персоналізації та дуже високий потенціал інклюзії. Вони дозволяють створювати більш гнучкі, доступні та людиноцентричні цифрові освітні середовища, здатні враховувати широкий спектр індивідуальних потреб. Водночас ефективність таких технологій залежить від дотримання стандартів цифрової доступності, якості педагогічного дизайну, тестування за участю реальних користувачів та відповідального використання технологій автоматизації й штучного інтелекту.

7. ТЕХНОЛОГІЇ КОГНІТИВНОГО ТА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ В НАВЧАННІ

Технології когнітивного та психофізіологічного зворотного зв'язку є одним із найбільш інноваційних напрямів розвитку персоналізованого навчання, оскільки дозволяють враховувати не лише результати навчальної діяльності, а й когнітивний, емоційний та фізіологічний стан здобувача освіти [47]. На відміну від традиційних систем освітньої аналітики, які переважно аналізують поведінкові дані та результати оцінювання, ці технології використовують інформацію про увагу, когнітивне навантаження, рівень залученості, емоційні реакції та фізіологічні показники для адаптації навчального процесу в режимі реального часу [48; 49].

Однією з найбільш поширених груп таких технологій є **системи відстеження погляду**, які застосовуються для аналізу уваги, читання та фокусування на окремих елементах навчального матеріалу. Наприклад, система Tobii (<https://www.tobii.com>) використовує технології відстеження руху очей для визначення зон уваги, тривалості фокусування та особливостей взаємодії здобувача освіти з цифровим контентом. У контексті персоналізованого навчання це дозволяє аналізувати, які елементи матеріалу викликають труднощі або залишаються поза увагою користувача, що створює підґрунтя для адаптації дизайну навчальних ресурсів.

Іншу важливу групу становлять **електроенцефалографічні системи**, які використовуються для оцінювання когнітивного навантаження, концентрації уваги та станів залученості. Прикладом є Emotiv (<https://www.emotiv.com>) – нейротехнологічна платформа, що застосовує електроенцефалографічні сенсори для аналізу електричної активності мозку під час навчальної діяльності. Такі системи дозволяють визначати рівень когнітивного перевантаження, втрати концентрації або перевтоми, що може бути використано для автоматизованої адаптації темпу навчання чи складності завдань.

До **технологій біологічного зворотного зв'язку** належать системи, що допомагають здобувачам освіти усвідомлювати власний психофізіологічний стан і підтримувати саморегуляцію навчальної діяльності. Наприклад, Muse (<https://choosemuse.com>) використовує нейроінтерфейс для моніторингу концентрації та медитативних станів, надаючи користувачу інформацію про рівень уваги й психоемоційного напруження. У навчальному середовищі такі технології можуть застосовуватися для розвитку навичок саморегуляції, керування стресом і підтримки концентрації під час інтенсивної когнітивної діяльності.

Перспективним напрямом є також **системи розпізнавання емоцій**, які аналізують міміку, голос, текстові повідомлення або поведінкові сигнали користувача. Одним із прикладів є Affectiva (<https://www.affectiva.com>) – система емоційної аналітики, що використовує алгоритми комп'ютерного

бачення для аналізу емоційних реакцій під час взаємодії з цифровим середовищем. У контексті персоналізованого навчання це дозволяє потенційно виявляти фрустрацію, втрату зацікавленості або підвищену тривожність. Водночас використання таких технологій потребує особливої етичної обережності через ризик хибної інтерпретації емоційних станів і надмірного втручання в приватність користувача.

Окремий напрям становить **мультимодальна освітня аналітика**, яка поєднує різні джерела даних про навчання: журнали активності, відео, аудіо, біометричні показники та сенсорні сигнали. Прикладом такої технології є iMotions (<https://imotions.com>) – платформа мультимодальної аналітики, що інтегрує відстеження погляду, електроенцефалографічні дані, аналіз міміки та інші біометричні показники. Подібні системи дозволяють отримати багатовимірне уявлення про навчальний процес, але водночас значно ускладнюють питання етичного врядування, захисту персональних даних і пояснюваності результатів.

У дослідницькому контексті дедалі більшого значення набувають **відкриті платформи нейрофізіологічного аналізу**, зокрема OpenBCI (<https://openbci.com>), яка дозволяє збирати та аналізувати нейрофізіологічні сигнали для освітніх і наукових проєктів. Такі системи забезпечують гнучкість дослідницьких сценаріїв і використовуються переважно у лабораторних умовах або спеціалізованих проєктах з вивчення когнітивних процесів навчання.

До перспективних **нейроадаптивних технологій** також належить NeuroSky (<https://neurosky.com>) – сенсорна система, яка використовується для дослідження уваги та адаптивної взаємодії у цифровому навчальному середовищі. Подібні рішення можуть змінювати складність, темп або форму подання матеріалу залежно від психофізіологічних сигналів користувача. Однак більшість таких технологій поки що перебуває на стадії експериментального або дослідницького впровадження.

У цілому технології когнітивного та психофізіологічного зворотного зв'язку мають дуже високий потенціал персоналізації, оскільки дозволяють адаптувати навчальний процес не лише до результатів діяльності, а й до когнітивного та емоційного стану здобувача освіти. Водночас їхнє впровадження супроводжується значними етичними ризиками, серед яких – втручання в приватність, можливість цифрового або біометричного нагляду, складність інтерпретації сигналів і недостатня стандартизація методів аналізу. Саме тому ключовими умовами ефективного використання таких технологій є добровільність участі, захист персональних даних, прозорість алгоритмів, людська інтерпретація результатів і недопущення використання психофізіологічних показників для автоматизованого оцінювання або дисциплінарного контролю.

8. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ

Штучний інтелект є одним із найбільш динамічних напрямів розвитку цифрових технологій персоналізованого навчання. У сучасному освітньому середовищі системи штучного інтелекту використовуються для аналізу освітніх даних, адаптації контенту, формування індивідуальних рекомендацій, автоматизованого зворотного зв'язку, підтримки оцінювання та прогнозування навчальних труднощів. У контексті персоналізації навчання штучний інтелект дозволяє переходити від статичної моделі однакового курсу для всіх здобувачів освіти до динамічного освітнього середовища, здатного враховувати рівень підготовки, темп навчання, інтереси, типові помилки та поведінкові характеристики користувача.

У міжнародних документах штучний інтелект в освіті розглядається як технологія, здатна підтримувати адаптивне навчання, індивідуалізовані освітні траєкторії та автоматизовану підтримку прийняття педагогічних рішень. Водночас сучасні дослідження наголошують, що ефективність AI-систем залежить не лише від алгоритмів, а й від якості освітніх даних, педагогічного дизайну, етичного врядування та людського контролю. UNESCO підкреслює необхідність забезпечення прозорості, недискримінації, конфіденційності даних і пояснюваності алгоритмів під час використання генеративного штучного інтелекту в освіті.

Основні типи AI-технологій у персоналізованому навчанні

У системах персоналізованого навчання штучний інтелект реалізується через кілька основних груп технологій.

Інтелектуальні навчальні системи моделюють функції цифрового тьютора та адаптують навчання відповідно до результатів діяльності здобувача освіти. Такі системи можуть визначати типові помилки, прогнозувати труднощі, автоматично змінювати складність завдань і надавати індивідуальні пояснення.

Наприклад, Carnegie Learning (<https://www.carnegielearning.com>) використовує AI-моделі для адаптації математичних завдань і формування індивідуальних навчальних маршрутів.

Генеративні AI-системи здатні створювати текст, пояснення, приклади, тести, візуалізації та інші навчальні матеріали відповідно до запиту користувача. У контексті персоналізації вони можуть виконувати функцію індивідуального помічника або консультанта.

Прикладом є OpenAI (<https://openai.com>), чії генеративні моделі використовуються для створення пояснень, адаптації навчального контенту та підтримки самостійного навчання.

AI-рекомендаційні системи аналізують поведінкові дані, результати навчання та інтереси користувача для добору релевантних ресурсів або навчальних активностей.

Наприклад, Coursera (<https://www.coursera.org>) використовує алгоритми рекомендацій для персоналізованого добору курсів, сертифікатів і навчальних програм.

АІ-системи прогнозування ризиків аналізують освітні дані для виявлення здобувачів освіти, які можуть мати труднощі з навчанням, ризик втрати мотивації або невиконання курсу.

Прикладом є Civitas Learning (<https://www.civitaslearning.com>), що використовує прогнозні моделі для раннього виявлення академічних ризиків і підтримки освітніх інтервенцій.

АІ-чатботи підтримують комунікацію, відповідають на типові запитання, допомагають орієнтуватися у курсі та можуть виконувати функції автоматизованого академічного супроводу.

Наприклад, Duolingo (<https://www.duolingo.com>) використовує АІ-чатботи для мовної практики, адаптивного діалогу та персоналізованого тренування мовленнєвих навичок.

Рівень підтримки персоналізації АІ-технологій може варіюватися від базового до екосистемного.

На базовому рівні АІ використовується для автоматизованих рекомендацій, перевірки тестів або створення підказок.

На середньому рівні АІ-системи можуть аналізувати поведінкові дані, адаптувати контент і підтримувати індивідуальні маршрути навчання.

Високий рівень персоналізації передбачає використання прогнозних моделей, адаптивних алгоритмів, інтелектуальних навчальних систем та систем аналітики освітніх даних, що базуються на технологіях штучного інтелекту.

Екосистемний рівень виникає тоді, коли АІ інтегрується з LMS, освітньою аналітикою, інклюзивними технологіями, хмарними сервісами та системами управління освітніми даними.

АІ-персоналізація реалізується через кілька ключових механізмів: адаптивний добір контенту (система змінює складність, формат або послідовність матеріалів залежно від результатів і поведінки користувача), прогнозування навчальних труднощів (АІ-моделі аналізують дані про активність, оцінювання та залученість для виявлення ризиків і формування ранніх сигналів підтримки), автоматизований зворотний зв'язок (АІ може генерувати пояснення, рекомендації, підказки або додаткові вправи відповідно до типових помилок здобувача освіти), персоналізовані рекомендації (системи рекомендацій добирають навчальні ресурси, курси або активності відповідно до інтересів, прогресу та освітньої траєкторії користувача), генерація навчального контенту (генеративний штучний інтелект може створювати адаптовані пояснення, приклади, тренувальні завдання та навчальні матеріали різного рівня складності).

Специфічною характеристикою АІ-систем є здатність працювати з великими масивами освітніх даних і виявляти закономірності, які складно визначити вручну. Це дозволяє підтримувати масштабовану персоналізацію навіть у великих групах або масових онлайн-курсах.

Іншою особливістю є можливість адаптації навчання в реальному часі [50]. На відміну від персоналізації на основі правил, системи штучного інтелекту можуть враховувати поведінкові закономірності, історію взаємодії, типові помилки та динаміку прогресу. Водночас використання штучного інтелекту в освіті супроводжується значними етичними викликами та ризиками [51; 52]. Серед таких ризиків є: непрозорість алгоритмів, ризик алгоритмічної упередженості, хибні прогнози, надмірна автоматизація педагогічних рішень, втручання в приватність, ризик цифрового нагляду.

Саме тому сучасні міжнародні документи наголошують, що AI повинен розглядатися як інструмент підтримки педагогічних рішень, а не як автономна система управління навчанням.

Проведена аналітична оцінка технологій штучного інтелекту засвідчила їхній значний потенціал для модернізації освітнього процесу. Насамперед такі технології характеризуються дуже високим рівнем персоналізації навчання, оскільки здатні враховувати індивідуальні особливості здобувачів освіти, їхню навчальну поведінку, темп засвоєння матеріалу та результати попередньої діяльності. Завдяки цьому створюються передумови для формування адаптивних освітніх траєкторій і більш адресної підтримки навчання.

Водночас системи штучного інтелекту забезпечують високий рівень автоматизації освітніх процесів, зокрема в частині аналізу навчальних даних, моніторингу прогресу, прогнозування ризиків академічної неуспішності та надання рекомендацій щодо подальшого навчання. Додатковою перевагою є їхня висока масштабованість, що дозволяє ефективно використовувати такі рішення в умовах масового онлайн-навчання та великих освітніх платформ.

Разом із перевагами виявлено низку обмежень. Одним із ключових викликів є відносно невисокий рівень педагогічної інтерпретованості результатів роботи окремих моделей. Ефективність використання таких систем значною мірою залежить від прозорості алгоритмів та можливості педагогів розуміти логіку формування рекомендацій і прогнозів. У разі недостатньої прозорості виникає ризик зниження довіри до результатів автоматизованого аналізу.

Особливої уваги потребує етичний аспект застосування штучного інтелекту, який характеризується високим рівнем чутливості. Серед основних ризиків слід виокремити алгоритмічну непрозорість, можливість виникнення упереджених рішень, надмірну автоматизацію педагогічних процесів, а також потенційні загрози приватності та автономії учасників освітнього процесу. У зв'язку з цим технології штучного інтелекту доцільно розглядати не як заміну викладача, а як інструмент підтримки прийняття педагогічних рішень.

Отже, найбільш ефективними сферами використання штучного інтелекту в освіті є адаптивне навчання, підтримка самостійної діяльності здобувачів освіти, аналітика ризиків та організація масових освітніх курсів. Водночас обов'язковою умовою результативного й безпечного впровадження таких технологій залишається забезпечення людського контролю, прозорості алгоритмів і можливості педагогічної інтерпретації отриманих результатів.

Висновки

Сучасний етап розвитку освіти характеризується зростанням ролі цифрових технологій у забезпеченні персоналізації навчання та підтримці індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів освіти. Персоналізація поступово трансформується з окремого педагогічного підходу на системну характеристику цифрового освітнього середовища, в межах якого враховуються індивідуальні потреби, освітній досвід, темп навчання та особливості пізнавальної діяльності кожного здобувача освіти.

Характерною тенденцією є розширення функціональних можливостей цифрових платформ, які забезпечують не лише доступ до навчального контенту, а й підтримку адаптивного навчання, моніторинг освітніх результатів, формування індивідуальних рекомендацій та супровід освітньої діяльності на основі аналізу даних. Визначальну роль у цих процесах відіграють системи управління навчанням, інструменти освітньої аналітики, адаптивні освітні середовища, цифрові ресурси та сервіси на основі штучного інтелекту.

Рівень персоналізації цифрових технологій суттєво відрізняється залежно від використаних механізмів адаптації. Поряд із технологіями, які забезпечують індивідуалізацію навчального контенту та освітніх маршрутів, активно розвиваються рішення, засновані на освітній аналітиці, прогнозуванні результатів навчання та автоматизованому формуванні рекомендацій. Це свідчить про поступовий перехід від реактивних до проактивних моделей підтримки навчання.

Водночас розвиток цифрових технологій персоналізації супроводжується необхідністю розв'язання низки організаційних, методичних та етичних питань, пов'язаних із забезпеченням якості освітніх даних, захистом персональної інформації, прозорістю алгоритмів, дотриманням принципів академічної доброчесності та запобіганням цифровій нерівності.

Перспективи подальшого розвитку персоналізованого навчання пов'язуються з удосконаленням інструментів освітньої аналітики, розширенням можливостей адаптивних систем, інтеграцією технологій штучного інтелекту, а також створенням безпечних, інклюзивних та людиноцентричних цифрових освітніх середовищ, здатних забезпечувати підтримку індивідуального розвитку кожного здобувача освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про освіту: Закон України від 05 верес. 2017 р. № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
2. Про повну загальну середню освіту: Закон України від 16 січ. 2020 р. № 463-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20>.
3. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 груд. 2016 р. № 988-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80>.
4. Державний стандарт базової середньої освіти: постанова Кабінету Міністрів України від 30 верес. 2020 р. № 898. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF>.
5. Major L., Francis G. A. Technology-supported personalised learning: a rapid evidence review. *Rapid Evidence Review No. 1*. EdTech Hub, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4556925>.
6. OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. Paris: OECD Publishing, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>.
7. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO Publishing, 2023. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>.
8. Universal Design for Learning Guidelines Version 3.0. CAST. 2024. URL: <https://udlguidelines.cast.org/>.
9. Hodges C. B., Moore S., Lockee B. B., Trust T., Bond M. A. The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *EDUCAUSE Review*. 2020. URL: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>.
10. Competency Frameworks and Learning Plans. *MoodleDocs*. 2023. URL: https://docs.moodle.org/en/Competency_frameworks.
11. Mastery Paths Overview. *Canvas LMS Guides*. 2024. URL: <https://community.canvaslms.com/t5/Canvas-Basics-Guide/What-are-Mastery-Paths/ta-p/1234>.
12. Classroom Analytics for Teachers. *Google for Education*. 2024. URL: <https://support.google.com/edu/classroom/answer/12897165>.
13. Open edX Platform Documentation. *Open edX*. 2024. URL: <https://docs.openedx.org>.
14. Adaptive Release and Release Conditions. *Blackboard Help*. 2024. URL: https://help.blackboard.com/Learn/Instructor/Ultra/Interact/Adaptive_Release.
15. Release Conditions and Intelligent Agents. *Brightspace Community*. 2024. URL: <https://community.d2l.com/brightspace/kb/articles/3538>.
16. Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*. 2011. Vol. 46, No. 5. P. 30–32.
17. Analytics. *MoodleDocs*. 2023. URL: <https://docs.moodle.org/en/Analytics>.
18. Using Analytics: Models, Indicators, Targets, Insights, Notifications and Actions. *MoodleDocs*. 2023. URL: https://docs.moodle.org/en/Using_analytics.
19. How Do I View Course Analytics in a Course as an Instructor? *Canvas LMS Community*. 2024. URL: <https://community.canvaslms.com/t5/Instructor-Guide/How-do-I-view-Course-Analytics-in-a-course-as-an-instructor/ta-p/774>.

20. Analytics for Learn: Reports and Data Integration. *Blackboard Help*. 2024. URL: <https://help.blackboard.com/Learn/Administrator/SaaS/Analytics>.
21. About Brightspace Insights Dashboards. *Brightspace Community*. 2024. URL: <https://community.d2l.com/brightspace/kb/articles/3218>.
22. Brightspace Performance+. *D2L*. 2024. URL: <https://www.d2l.com/products/performance/>.
23. Education Insights in Microsoft Teams. *Microsoft Learn*. 2024. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/microsoftteams/class-insights>.
24. What Is a Learning Record Store? *xAPI.com*. 2024. URL: <https://xapi.com/learning-record-store/>.
25. Caliper Analytics Standard and Metric Profiles. *1EdTech Consortium*. 2024. URL: <https://www.1edtech.org/standards/caliper>.
26. Suggested LTI Advantage Requirements for Institutional RFP & Procurement Agreements. *1EdTech Consortium*. URL: <https://www.1edtech.org/standards/lti/suggested-lti-advantage-requirements-rfps>.
27. Code of Practice for Learning Analytics. *Jisc*. 2024. URL: <https://www.jisc.ac.uk/guides/code-of-practice-for-learning-analytics>.
28. Bower M. Design of Technology-Enhanced Learning: Integrating Research and Practice. Bingley: Emerald Publishing, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/9781787141827>.
29. Гаяш О. В. Формування індивідуальних освітніх траєкторій в умовах сучасної освіти. *Інклюзивна освіта: ідея, стратегія, результат: матеріали конференції*. Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2023. URL: https://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/29708/1/12_Gajash.pdf.
30. Shaping Digital Education: Enabling Factors for Quality, Equity and Efficiency. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1787/bac4dc9f-en>.
31. Definition of Learning Analytics. *Society for Learning Analytics Research*. 2025. URL: <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>.
32. Technology-Supported Personalised Learning: A Rapid Evidence Review. *EdTech Hub*. 2020. URL: <https://edtechhub.org/rapid-evidence-review-technology-supported-personalised-learning/>.
33. 2024 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. *EDUCAUSE*. 2024. URL: <https://library.educause.edu/resources/2024/5/2024-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.
34. Brusilovsky P. Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 2001. Vol. 11, No. 1–2. P. 87–110. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1011143116306>.
35. Badrinath A., Wang F., Pardos Z. A. pyBKT: An Accessible Python Library of Bayesian Knowledge Tracing Models. *arXiv*. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2105.00385>.
36. Graesser A. C., Hu X., Nye B. D. та ін. AutoTutor: A Tutorial Dialogue System for Learning. *International Handbook of the Learning Sciences*. 2018.
37. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2020. URL: <https://curriculumredesign.org/our-work/artificial-intelligence-in-education/>.
38. Wang S., Christensen C., Cui W., Tong R., Yarnall L. When Adaptive Learning Is Effective Learning: Comparison of an Adaptive Learning System to Teacher-Led Instruction. *Interactive Learning Environments*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2170447>.
39. Alfredo R., Echeverria V., Jin Y., Yan L., Swiecki Z., Gašević D., Martinez-Maldonado R. Human-Centred Learning Analytics and AI in Education: A Systematic Literature Review. *arXiv*. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.12751>.

40. Kaliisa R., Misiejuk K., López-Pernas S., Khalil M., Saqr M. Have Learning Analytics Dashboards Lived Up to the Hype? A Systematic Review of Impact on Students' Achievement, Motivation, Participation and Attitude. *arXiv*. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.15042>.
41. Morales Tirado A., Mulholland P., Fernandez M. Towards an Operational Responsible AI Framework for Learning Analytics in Higher Education. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2410.05827>.
42. Denny P., Gulwani S., Heffernan N. T., Käser T., Moore S., Rafferty A. N., Singla A. Generative AI for Education (GAIED): Advances, Opportunities, and Challenges. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.01580>.
43. Zhong Q., Yu J., Zhang Z., Mao Y., Wang Y., Lin Y., Hou L., Li J., Tang J. Towards a General Pre-Training Framework for Adaptive Learning in MOOCs. *arXiv*. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2208.04708>.
44. Zheng L., Long M., Zhong L., Gyasi J. F. The Effectiveness of Technology-Facilitated Personalized Learning on Learning Achievements and Learning Perceptions: A Meta-Analysis. *Education and Information Technologies*. 2022. Vol. 27. P. 10123–10149. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11092-7>.
45. About Universal Design for Learning. CAST. 2024. URL: <https://www.cast.org/resources/about-universal-design-for-learning/>.
46. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. *World Wide Web Consortium*. 2023. URL: <https://www.w3.org/TR/wcag/>.
47. Noroozi O., Pijera-Díaz H. J., Sobocinski M., Dindar M., Järvelä S. Multimodal Data Indicators for Capturing Cognitive, Motivational, and Emotional Learning Processes: A Systematic Literature Review. *Education and Information Technologies*. 2020. Vol. 25. P. 5499–5547. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10229-w>.
48. Wang Y., Song W., Tao W., Liotta A., Yang D., Li X., Gao S., Sun Y., Ge W., Zhang W., Zhang W. A Systematic Review on Affective Computing: Emotion Models, Databases, and Recent Advances. *arXiv*. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2203.06935>.
49. Cohn C., Davalos E., Vatrál C., Fonteles J. H., Wang H. D., Ma M., Biswas G. Multimodal Methods for Analyzing Learning and Training Environments: A Systematic Literature Review. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.14491>.
50. Gligorea I., Cioca M., Oancea R., Gorski A.-T., Gorski H., Tudorache P. Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in E-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 12. Article 1216. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>.
51. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>.
52. Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations. Washington, DC: U.S. Department of Education, 2023. URL: <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>.

Наукове видання

КОЧАРЯН Артур Борисович
КОВАЛЬОВА Оксана Анатоліївна
ВАСЮК Микола Миколайович
ДЕМИДЕНКО Єгор Ігорович

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ

В авторській редакції

Підписано до опублікування: 03.09.2026 року.

Умов.-друк. арк. 2,85.

Електронне видання. Не для продажу.

Інститут обдарованої дитини НАПН України
04053, вул. Січових Стрільців, 52-Д, м. Київ, Україна
тел./факс: (044) 481-27-02

E-mail: iod.napn@ukr.net, iod@iod.gov.ua

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої справи
Серія ДК № 6081 від 14.03.2018 р.