

Литвинова Світлана Григорівна

доктор педагогічних наук, професор

заступник директора з наукової роботи Інституту цифровізації освіти НАПН України

м.Київ, Україна

s.h.lytvynova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5450-6635>

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ДИДАКТИЧНІ МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО НАВЧАННЯ В УМОВАХ КРИЗ ТА РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. Здійснено теоретичне обґрунтування методичних підходів та розроблення дидактичних моделей використання мобільного навчання в закладах загальної середньої освіти в умовах кризових викликів і стрімкого розвитку штучного інтелекту (2019–2026 рр.). Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення неперервності та життєстійкості освітнього процесу під час пандемії, воєнного стану, енергетичних блекаутів та вимушеної міграції учасників освітнього процесу. На основі системного аналізу наукових джерел уточнено сутність мобільного навчання як форми організації освітнього процесу, що інтегрує персональні пристрої, хмаро орієнтовані середовища, імерсивні технології та ШІ-асистентів. Систематизовано методологічні підходи (компетентнісний, діяльнісний, особистісно орієнтований, адаптивний, соціально-конструктивістський, STEM-центричний та принцип педагогічної достатності) та визначено їх трансформацію під впливом цифровізації. Запропоновано авторські макро-моделі: модель інтелектуальної адаптивності (ІАМ), що забезпечує персоналізовану підтримку й корекцію навчальної траєкторії засобами ШІ, та модель імерсивно-дослідницької конвергенції (ІРС), спрямовану на інтеграцію AR, мобільних сенсорів і соціальної співпраці у процесі дослідницького навчання. Розроблено прикладні сценарії впровадження моделей у природничо-математичній освіті з урахуванням вікових психолого-педагогічних особливостей учнів. Обґрунтовано трансформацію професійної ролі вчителя як фасилітатора адаптивного контенту та модератора взаємодії учень – вчитель – ШІ. Доведено, що впровадження стратегії BYOD та інноваційних моделей є критично важливим для збереження якості й доступності шкільної освіти за будь-яких умов, а інтеграція мобільних технологій і штучного інтелекту забезпечує персоналізацію, формування цілісної системи знань і підвищення якості освіти в умовах невизначеності.

Ключові слова: мобільне навчання, генеративний штучний інтелект, дидактичні моделі, методичні підходи, заклади загальної середньої освіти.

Вступ. Протягом останніх років (2019–2026 рр.) глобальний освітній простір зазнав фундаментальної трансформації, яку в науковому дискурсі обґрунтовано класифікують як цифровий стрибок. Якщо у 2019 році використання мобільних пристроїв у межах закладу загальної середньої освіти (ЗЗСО) розглядалося кризь призму інноваційного експерименту або як допоміжний складник дидактики, то станом на 2026 рік мобільне навчання (m-learning) еволюціонувало у фундаментальний складник сучасної освітньої системи. Ця трансформація зумовлена не лише технологічним прогресом (впровадженням 5G та хмарних обчислень), а й корінною зміною ролі та значення мобільності в житті суб'єкта навчання.

В українському контексті цей процес набув вирішального значення, ставши імпульсом для переходу від епізодичного застосування гаджетів до системної цифровізації. Пандемія COVID-19 (2020–2022) та воєнний стан (з 2022 року) змусили педагогічну спільноту переосмислити роль мобільного пристрою: від простого засобу доступу до освітнього контенту до інтелектуального інструменту дослідницької діяльності та персонального навчального середовища, що забезпечує життєстійкість освіти [16]. Особливого значення набула державна екосистема «Мрія» (2024–2026), яка інтегрувала ШІ-асистентів безпосередньо в мобільний інтерфейс учня, забезпечуючи моніторинг освітніх втрат та персоналізацію контенту в режимі реального часу. Станом на сьогодні мобільне навчання є безальтернативним інструментом забезпечення неперервності освіти в умовах блекаутів, перебування в укриттях та вимушеної міграції учасників освітнього процесу [20].

Центральним концептом сучасної дидактики m-learning є неперервність навчання. Це наукова

парадигма, що передбачає стирання меж між формальним навчанням (класно-урочна система), неформальним (самоосвіта, гуртки) та інформальним досвідом (повсякденне засвоєння даних). У цій моделі мобільний пристрій виступає освітнім містком, який дозволяє учневі переносити контекст вивчення з одного середовища в інше без втрати організаційної та змістової цілісності.

Завдяки хмарно орієнтованим середовищам процес навчальної взаємодії стає структурно цілісним та повсюдним, а саме: учень може ініціювати проєкт на смартфоні під час навчання поза межами класу (контексте навчання), продовжувати його на планшеті в шкільній лабораторії (співпраця) та завершувати аналітичну частину на домашньому ПК [14; 19]. Це створює ефект неперервного здобуття знань, де мобільність суб'єкта забезпечує синергію між теоретичними концептами та їх емпіричною верифікацією в реальному світі.

Таким чином, дослідження підходів та моделей мобільного навчання в умовах стрімкого розвитку штучного інтелекту є важливим етапом на шляху до розроблення інноваційних механізмів удосконалення освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковий дискурс навколо мобільного навчання та штучного інтелекту сформував стійку систему знань. Еволюція концептуальних засад мобільного навчання відображає перехід від фокусу на технічних характеристиках пристроїв до розбудови складних екосистем життєстійкої освіти.

На початковому етапі (2007 р.) витоки мобільної дидактики базувалися на техноцентричних дефініціях Дж. Траклера [11], який акцентував увагу на

портативності та особистісному володінні пристроями як ключових чинниках трансформації навчання. Проте з накопиченням педагогічного досвіду виникла потреба у зміщенні фокусу з апаратного забезпечення на методологію процесу.

Відповідно, у 2009 році М. Аллі [1] розширив це розуміння до процесуальності, визначивши m-learning як процес отримання знань незалежно від локації. У цей же період вітчизняна наукова думка в особі С.Семерікова [22] доповнила світовий дискурс критично важливим аспектом, а саме: необхідністю фундаменталізації знань. Це дозволило розглядати інноваційні ІКТ не як самоціль, а як засіб поглиблення змісту освіти.

Наступний якісний стрибок відбувся у 2016–2019 роках, коли акцент змістився з індивідуального пристрою на організацію системної взаємодії. Саме в цей період відбулося активне формування інфраструктурних засад у вітчизняній науці вчені обґрунтували, що надійною основою для справжньої мобільності є хмаро орієнтоване середовище [14; 19]. Такий підхід дозволив проектувати гнучкі навчальні простори в ЗЗСО, інтегруючи мобільність у загальну організацію освітнього процесу. Це підтверджується висновками Х. Гарзона [5] чий мета-аналіз засвідчив позитивний вплив мобільних технологій на успішність учнів у різних галузях знань.

Логічним продовженням розбудови хмарних просторів став перехід до глобальних стратегій. У 2020 році В.Биков зробив вагомий внесок у теорію, обґрунтувавши концепцію цифрової трансформації як системну зміну всього освітнього та наукового простору країни [20]. Це створило підґрунтя для того, щоб було деталізовано підходи до проектування цифрового середовища школи, вже адаптованого до нових екстремальних викликів та вимог дистанційної взаємодії [21].

Сьогодні цей шлях трансформації виходить на новий рівень завдяки інтелектуальним системам. Сучасні праці Ч.Юй та С.Юй [13] підсумовують десятиліття розвитку, демонструючи, як смартфон остаточно перетворюється з інструменту пасивного споживання контенту на персонального цифрового асистента.

Розвиток концепції освітньої життєстійкості освіти (резильєнтності) пройшов шлях від методологічної підготовки вчителів до екстреного впровадження мобільних рішень як єдиного способу збереження доступу до знань. Фундамент для системного використання технологій був закладений ще у докризовий період. У 2020–2024 роках О.Овчарук [23] наголошувала на важливості системності та компетентнісного підходу при впровадженні мобільних ІКТ. Саме ці методичні засади стали базою для забезпечення неперервності освіти, коли глобальні виклики змусили систему миттєво адаптуватися до дистанційної форми навчання.

Масштабна перевірка цих концепцій на практиці відбулася під час світової пандемії. Аналіз звітів UNESCO [12] та OECD [10] засвідчив, що в умовах глобальної ізоляції саме мобільні технології виявилися ключовим гарантом інклюзивності освіти під час надзвичайних ситуацій. Мобільний пристрій трансформувався з допоміжного засобу на основний канал комунікації. У цьому контексті дослідження Е.Атта та ін. [2] підкреслюють, що мобільне навчання стало вирішальним фактором подолання цифрового розриву, забезпечуючи гнучкість освітнього процесу навіть у регіонах з обмеженою інфраструктурою.

Цей глобальний освітній досвід набув специфіч-

них рис в умовах локальних криз та воєнних дій. У 2022 році, аналізуючи стан української освіти було розкрито особливості дистанційного навчання в умовах воєнного стану та підкреслено роль мобільних девайсів уже не просто як навчальних засобів, а як інструментів життєстійкості (резильєнтності), що забезпечують критично важливий зв'язок між учасниками освітнього процесу під час загроз.

Наступним кроком стало узагальнення цих екстремальних практик у стійкі методики. У 2023 році Г.Кромптон [3] підсумував уроки пандемії, остаточно ствердивши, що m-learning став фундаментом для функціонування освіти в зонах конфліктів. Логічним завершенням цієї еволюції стали роботи В.Кобисі та А.Остаповець [18], які деталізували методику організації навчання під час тривалих кризових викликів, перетворивши антикризові заходи на стабільну складову сучасної цифрової дидактики.

Сучасний етап розвитку мобільної дидактики характеризується інтелектуалізацією цифрового середовища, де фокус зміщується з доступу до інформації на персоналізовану підтримку учня за допомогою алгоритмів штучного інтелекту.

Початок цієї трансформації був закладений у концептуальних роботах Р.Лакін [8], яка обґрунтувала роль ШІ як інтелектуального помічника, де мобільний пристрій стає інтерфейсом для постійної інтелектуальної взаємодії. Це бачення отримало практичне підтвердження у фундаментальній праці Г.Хван та ін. [6], де було чітко визначено роль ШІ як адаптивного помічника, що здатен коригувати навчальну траєкторію в режимі реального часу.

Водночас впровадження таких інновацій потребувало перегляду готовності самої освітньої системи. Вітчизняні та закордонні вчені наголошували на важливості формування цифрової компетентності вчителів як базової умови для ефективної роботи в новому середовищі. Ці ідеї знайшли відображення в дослідженні Г.Кромптон та Д.Берк [3] у систематичному огляді дозволили виокремити конкретні перешкоди впровадження цих технологій саме в ЗЗСО. Подібні результати отримав С.Лауманн, аналізуючи мотивацію та готовність до використання мобільних пристроїв у контексті змішаного навчання [7].

Логічним продовженням цих напрацювань стала концепція поєднання/злиття технологій. Вчені проаналізували взаємозв'язок m-learning та ШІ, вперше детально описавши архітектуру персоналізованого навчання в умовах цифрової трансформації [6]. Це дало поштовх до розвитку прикладних аспектів, зокрема фундамент використання стратегії BYOD в українському освітньому просторі був закладений у працях Е.Бажміної ще у 2020 р. [15], яка обґрунтувала методичні засади інтеграції персональних пристроїв у навчальний процес. Сучасний етап розвитку цієї концепції характеризується поєднанням мобільних девайсів із потужними інтелектуальними інструментами; зокрема, у науковому дискурсі розглядається питання впровадження BYOD у поєднанні з неймережами та генеративним штучним інтелектом, де смартфон виступає як персональний когнітивний інтерфейс учня. Це корелює з підходами Ч.Юй та С.Юй [13], які пропонують використовувати згорткові нейромережі безпосередньо в мобільних системах навчання для підтримки відкритих стратегій освіти, а О.Естрада-Моліна та ін. [4] і Х.Пхью та Дж.Лі [9] розкривають практичний аспект автономії учня при використанні мобільних інтелектуальних систем.

Ці напрацювання стали підґрунтям для сучасних досліджень, зокрема у 2025 році І.Воротникова та ін. [17] деталізували стратегічні перспективи

практичної персоналізації навчання у вищій школі, а завершальним етапом цієї еволюції на сучасному етапі стали роботи Ч. Юй та С. Юй [13], які пропонують використання високоєфективних алгоритмів глибинного навчання (Deep Learning) для підтримки відкритих стратегій навчання. Таким чином, науковий пошук пройшов шлях від простого навчального асистента до створення складних інтелектуальних систем, що забезпечують безперервний та адаптивний розвиток особистості в мобільному середовищі. Водночас, перехід до Deep Learning та персоналізованих асистентів актуалізує питання етики використання даних та збереження суб'єктності учня в алгоритмізованому середовищі.

Системний аналіз наукових публікацій свідчить про наявність значного теоретичного базису, проте стрімкий розвиток цифрових технологій, штучного інтелекту та екстремальні умови функціонування освіти потребують цілісного переосмислення наявних інструментів. Це зумовлює необхідність синтезу вітчизняного досвіду та світових рішень у галузі генеративного ШІ для розроблення адаптивних рішень, що відповідають сучасним викликам.

Метою статті є теоретичне обґрунтування методичних підходів та розроблення дидактичних моделей використання мобільного навчання в умовах кризових викликів та стрімкого розвитку штучного інтелекту.

Методи дослідження: системний та порівняль-

ний аналіз наукової літератури, нормативних документів для з'ясування стану розвитку мобільного навчання та ідентифікації ролі штучного інтелекту в сучасній освіті; метод теоретичного узагальнення та класифікації для уточнення понятійно-категоріального апарату мобільної дидактики в умовах стрімкого розвитку хмаро орієнтованих середовищ та генеративного ШІ, а також для аналізу вікових особливостей учнів ЗЗСО; метод моделювання для побудови авторських дидактичних моделей, що інтегрують мобільні пристрої, доповнену реальність та ШІ-агентів у цілісні алгоритми навчання, адаптовані до екстремальних умов (воєнний стан, дистанційне та змішане навчання); прогностичний метод для обґрунтування етапів впровадження запропонованих моделей у практику ЗЗСО; метод дедуктивного виведення для формування методичних рекомендацій щодо підвищення освітньої життєстійкості освіти через використання персоналізованих ШІ-асистентів на мобільних платформах.

Виклад основного матеріалу. Генезис поняття «мобільне навчання» (m-learning) відображає трансформацію сприйняття цифрових технологій: від простого інструменту доступу до інформації до складної філософії навчання в русі. Сучасний науковий дискурс розглядає мобільність не лише як характеристику мобільного пристрою, а як стан суб'єкта навчання, що перебуває в інтелектуальній взаємодії з цифровим середовищем (Таблиця 1).

Таблиця 1

Генезис та дефініції поняття «мобільне навчання» у науковому дискурсі

Автор	Визначення «мобільне навчання»	Ключовий акцент дефініції
J.Traxler	Будь-який вид навчання, де єдиною або домінуючою технологією є портативні пристрої (смартфони, планшети)	Техноцентричний – акцент на мобільності самих пристроїв
M.Ally	Процес використання мобільних технологій для доступу до навчальних матеріалів і взаємодії з викладачами та учнями незалежно від часу та місця	Процесуальний – фокус на безперервності та відсутності локальної прив'язки
С.Семеріков	Використання мобільних пристроїв як засобів доступу до хмаро орієнтованого навчального середовища, що забезпечує мобільність суб'єкта та інтеграцію доповненої реальності в освітній процес	Середовищний та суб'єктний – фокус на мобільності того, хто навчається, та доступі до хмарних ресурсів незалежно від терміналу
В.Биков	Елемент цифрової трансформації освіти, що базується на використанні мобільних ІКТ для створення персонального адаптивного навчального середовища	Системний – мобільність як частина загальної цифровізації освіти
M.Sharple	Процес пізнання через контексти та соціальну взаємодію, що стає можливим завдяки персональним цифровим асистентам	Педагогічний – акцент на мобільності учня та зміні навчальних контекстів
С.Литвинова	Форма організації навчання в ЗЗСО, що забезпечує гнучкість освітнього процесу та реалізацію моделей BYOD у цифровому середовищі	Методичний – смартфон як інструмент персоналізації та агентивності учня
Н.Crompton	Навчання в декількох контекстах через соціальну та змістову взаємодію з використанням особистих електронних пристроїв	Контекстуальний – поєднання соціальної взаємодії та технологій
UNESCO	Використання мобільних технологій для підтримки навчання в кризових умовах, що забезпечує інклюзивність та стійкість освіти	Резильєнтний – мобільність як гарант безпеки та доступності в екстрених ситуаціях

Джерело: систематизовано автором

Узагальнюючи генезис поняття та виокремлені ключові акценти, сформулюємо уточнене визначення *мобільного навчання* – це сучасна форма організації освітнього процесу, яка через синергію персональних мобільних пристроїв, імерсивних застосунків та інтелектуальних технологій забезпечує персоналізацію, безперервність і життєстійкість освіти в

кризових умовах, трансформуючи мобільний пристрій у повноцінне високоєфективне дослідницьке та навчальне середовище учня.

Сучасна методологія m-learning у ЗЗСО базується на інтеграції восьми ключових підходів, кожен з яких зазнав трансформації під впливом цифрових технологій.

1. *Компетентнісний підхід* – фокусується на здатності учня застосовувати мобільні інструменти для розв’язання життєвих задач. Мобільна грамотність стає частиною загальнокультурної компетентності [23].

2. *Діяльнісний підхід* – мобільний пристрій виступає засобом дослідницького навчання. Використання вбудованих сенсорів (акселерометра, гіроскопа) перетворює смартфон на інструмент активного дослідження світу, а не лише екран для читання.

3. *Особистісно орієнтований підхід* – реалізується через динамічну індивідуалізацію. Адаптивні алгоритми підлаштовують інтерфейс, темп та складність матеріалу під психофізичні особливості конкретної дитини.

4. *Контекстний підхід* – навчання «тут і зараз». Використання технологій AR та геолокації дозволяє занурити учня в історичний або природничий контекст безпосередньо в місці перебування [5].

5. *Конструктивістський підхід* – учень виступає активним архітектором власної системи знань у цифровому просторі. Мобільні платформи для спільної роботи (Padlet тощо) стають інтерактивними майданчиками, де індивідуальний пошук трансформується у колективне створення нових знань.

6. *Соціально-комунікативний підхід* – мобільна співпраця дозволяє підтримувати соціальні зв’язки навіть в умовах фізичної ізоляції (укриття, дистанційне навчання), де месенджери стають простором для групових дискусій.

7. *Адаптивний підхід*: базується на використанні освітньої аналітики. ШІ аналізує патерни взаємодії учня з контентом і проактивно пропонує корекційні вправи, що критично для подолання освітніх втрат [6].

8. *Педагогічної достатності* – передбачає свідому відмову від технологічного надлишку на користь мінімізації «цифрового шуму». Це означає, що мобільний інструмент інтегрується лише тоді, коли його використання дає дидактичний приріст, який неможливо отримати традиційними засобами. Відмова від надмірної кількості платформ запобігає когнітивному перевантаженню та дозволяє вчителю й учню сфокусуватися на змісті, а не на функціоналі застосунків [2].

Синтез зазначених підходів дозволяє виокремити *інноваційні вектори реалізації мобільного навчання*, що визначають його сучасну дидактичну парадигму.

Адаптивно-персоналізований підхід (синтез особистісно орієнтованого, адаптивного підходів та принципу педагогічної достатності) – спрямований на подолання лінійності освітнього процесу. Завдяки інтеграції алгоритмів штучного інтелекту, мобільне середовище здатне динамічно коригувати складність та темп подачі контенту, орієнтуючись на індивідуальні когнітивні особливості учня та його поточний емоційний стан, що є критично важливим для збереження освітньої траєкторії в кризових умовах.

STEM-центричний підхід (реалізація діяльнісного, контекстного та компетентнісного підходів) – визначає мобільний пристрій не як засіб комунікації, а як портативну наукову лабораторію. Використання датчиків смартфона, технологій доповненої реальності (AR) та мультимодальних ШІ-моделей дозволяє реалізувати дослідницьке навчання поза межами школи, інтегруючи природничо-математичні знання у практичну діяльність учня.

Соціально-конструктивістський підхід (інтегра-

ція конструктивістського та комунікативного підходів) – переосмислює роль хмарних платформ для співпраці. Мобільні інструменти стають інтерактивними майданчиками для «спільного конструювання знань», де знання не транслюються вчителем, а вибудовуються (синтезуються) групою учнів у процесі розв’язання спільних завдань.

Окреслена сукупність методологічних підходів та інноваційних векторів потребують конкретних інструментів для їх втілення. Це зумовлює необхідність дидактичного моделювання освітнього процесу, яке б інтегрувало зазначені підходи в цілісну структуру.

Розвиток теорії мобільного навчання супроводжується створенням концептуальних моделей, що описували взаємодію компонентів дидактичної системи (вчителя, учня, змісту та засобів). До класичних моделей мобільного навчання, які заклали підґрунтя для сучасної дидактики, належать:

– модель FRAME (Framework for the Rational Analysis of Mobile Education, N.Koole) розглядає мобільне навчання як перетин трьох аспектів – характеристик мобільного пристрою, можливостей учня та соціальної взаємодії;

– модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition, R. Puentedura) описує рівні інтеграції технологій, від простої заміни паперових засобів до повної трансформації навчальних завдань;

– модель мобільного навчання на основі активності (G.Isaacs), що акцентує увагу на контексті використання гаджетів для виконання конкретних навчальних дій;

– модель 3-L (Life-long, Life-wide, Life-deep learning, M.Sharple) обґрунтовує безперервність навчання через мобільні технології в різних життєвих контекстах;

– модель хмаро орієнтованого навчального середовища (В.Бикова, М.Шишкіної) визначає архітектуру використання мобільних пристроїв як точок доступу до розподілених ресурсів та сервісів.

Попри свою фундаментальність, зазначені моделі потребують доповнення в умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та екстремальних умов функціонування освіти. Трансформація від класичного m-learning до інтелектуалізованого середовища зумовила появу інноваційних дидактичних моделей, що базуються на синергії ШІ, імерсивності та освітньої резильєнтності.

На основі синтезу сучасних технологічних можливостей та актуальних освітніх викликів нами виокремлено дві ключові макро-моделі:

1. *Модель інтелектуальної адаптивності (IAM – Intellectual Adaptivity Model)* – спрямована на реалізацію адаптивно-персоналізованого підходу через використання систем штучного інтелекту (рис.1).

Дидактична суть моделі. Мобільний пристрій перетворюється на інтелектуального асистента, який забезпечує динамічну підтримку учня. ШІ-агенти аналізують траєкторію навчання в реальному часі: відстежують темп засвоєння матеріалу, рівень помилок та емоційний відгук.

Механізм. У випадку виникнення когнітивного перевантаження або стресових факторів (що характерно для кризових умов), модель автоматично переформатує контент у мікромодулі, пропонує альтернативні способи пояснення або корекційні вправи. Це забезпечує безперервність освіти та подолання освітніх втрат через персоналізований супровід.

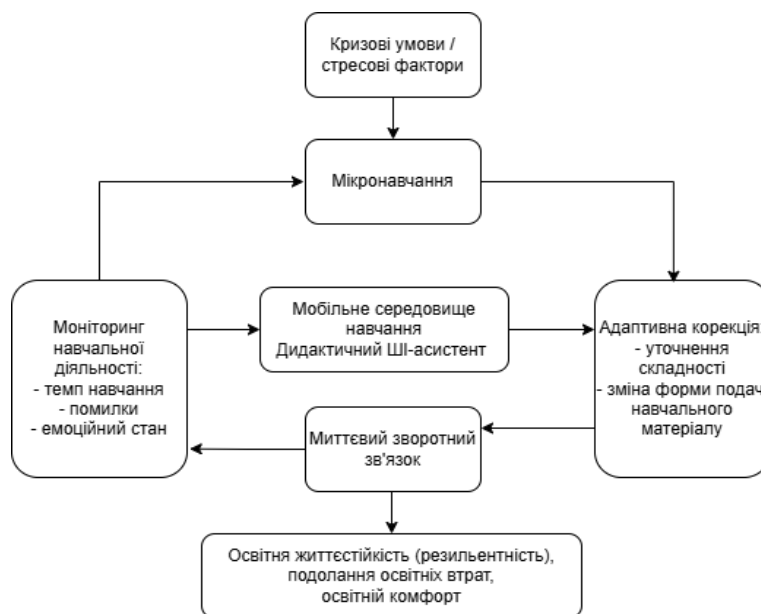


Рис.1. Дидактична модель інтелектуальної адаптивності
Джерело: систематизовано автором

II. *Модель імерсивно-дослідницької конвергенції* (IRC – Immersive Research Convergence) – інтегрує STEM-центричність із принципами соціального конструктивізму (рис.2).

Дидактична суть моделі. Спрямована на перетворення персонального мобільного засобу учня на повноцінне дослідницьке середовище. Вона поєднує можливості доповненої реальності (AR) для візуалізації абстрактних понять та використання вбудованих сенсорів смартфона/планшета для проведення

натурних експериментів.

Механізм. Навчальний процес розгортається як цикл дослідження – моделювання – співпраця. Учень збирає дані про навколишній світ за допомогою мобільних датчиків, глибше аналізує їх через AR-моделі та виносить результати на цифрові платформи (Padlet та ін.). Тут відбувається соціальне конструювання знань, де через спільне обговорення та синтез ідей група учнів формує нові знання.

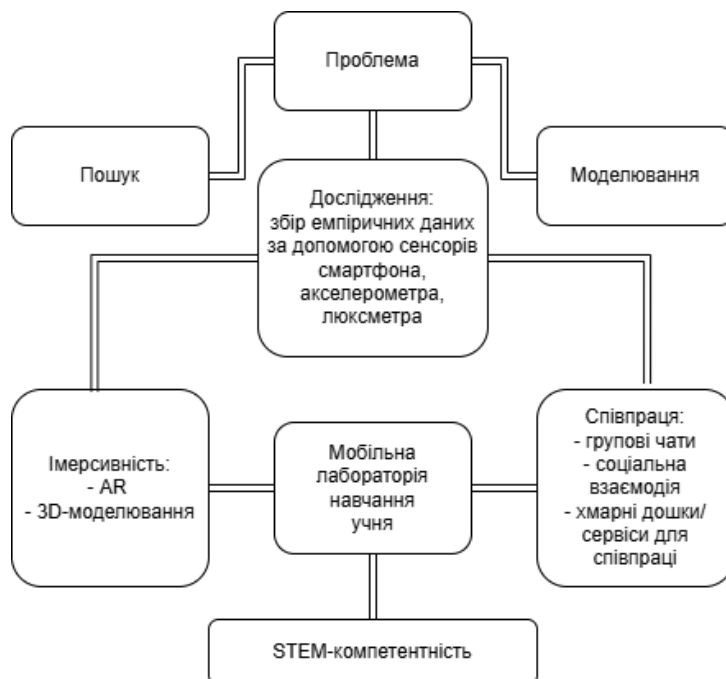


Рис.2. Дидактична модель імерсивно-дослідницької конвергенції
Джерело: систематизовано автором

Інноваційність запропонованих моделей полягає у зміні функціональної ролі технологій: від засобів доставки контенту (класичні моделі) до активних інтелектуальних агентів та дослідницьких платформ

(інноваційні моделі). Це дозволяє не лише адаптувати освітній процес до викликів сучасності, а й забезпечити високу якість знань через суб'єкту активність учня в цифровому просторі.

Ефективність впровадження авторських макро-моделей IAM та IRC безпосередньо залежить від їхньої гнучкості щодо змісту навчальних дисциплін та врахування психофізіологічних особливостей учнів. Природничо-математичний цикл обрано як такий, що надає найбільше можливостей для використання вбудованого інструментарію мобільних пристроїв (сенсорів, обчислювальних потужностей, графічних систем візуалізації).

Нижче наведено систематизацію прикладних

сценаріїв використання макро-моделей, що демонструє трансформацію мобільного пристрою з пасивного екрана на активне дослідницьке середовище (Таблиця 2).

Упровадження моделей IAM та IRC вимагає врахування когнітивної зрілості учнів. Якщо у 5–9 класах мобільне навчання фокусується на підтримці та базовому дослідженні, то в 10–12 класах воно трансформується у високотехнологічний інструментарій професійного самовизначення (Таблиця 3).

Таблиця 2

Сценарії використання макро-моделей IAM та IRC у природничо-математичній освіті

Навчальний предмет/ застосування	Модель інтелектуальної адаптивності (IAM)	Модель імерсивно-дослідницької конвергенції (IRC)
Математика / GeoGebra, Desmos, Photomath, Euclidea	III-супровід у розв’язанні задач - система ідентифікує типові помилки в алгоритмах і пропонує коригуючі підказки, адаптуючи складність наступних вправ Приклад: виявлення помилки при знаходженні площі криволінійної трапеції, обмеженої графіком функції	Побудова та дослідження стереометричних об’єктів за допомогою AR-технологій; візуалізація графіків функцій у просторі Приклад: створення динамічного перерізу куба
Фізика / PhET, Phyrhox	Адаптивне управління когнітивним навантаженням під час вивчення теоретичного матеріалу; персоналізовані траєкторії подолання освітніх втрат Приклад: аналіз коректності даних	Використання акселерометра, гіроскопа та люкметра смартфона для збору первинних даних під час лабораторних робіт та польових досліджень Приклад: вимірювання прискорення, звуку
Біологія / Seek by iNaturalist, BioDigital	Інтелектуальний аналіз засвоєння складних мікробіологічних концепцій; генерація індивідуальних візуальних опорних схем залежно від стилю сприйняття учня Приклад: прогнозування змін в екосистемі	Вивчення внутрішньої будови організмів та клітинних структур через AR-атласи; спільне документування фенологічних спостережень у хмарних сховищах Приклад: ідентифікація флори та фауни
Хімія / AR_Book, BookVAR, ChemCollective	Моделювання віртуальних хімічних реакцій з інтелектуальним підказуванням безпечних алгоритмів та поясненням молекулярних взаємодій Приклад: пояснення реакцій через чат-бота	Проектування динамічних 3D-моделей молекул; використання мобільної камери та III для ідентифікації речовин за візуальними ознаками Приклад: віртуальні лабораторні роботи

Таблиця 3

Психолого-педагогічні особливості застосування моделей у процесі мобільного навчання (1–12 класи)

Вікова категорія / Цикл навчання	Домінанта моделі IAM (Інтелектуальна адаптивність)	Домінанта моделі IRC (Імерсивно-дослідницька конвергенція)
1–2 класи (Ігровий цикл)	Емоційна підтримка та навігація – III виступає в ролі цифрового помічника, який озвучує завдання, хвалить за успіхи та скеровує увагу дитини, запобігаючи перевтомі	Сенсорна візуалізація – використання AR для «оживлення» букв та цифр у підручнику. Сприйняття інформації через рух (наприклад, малювання фігур у повітрі перед камерою)
3–4 класи (Основний цикл початкової школи)	Формування алгоритмічної впевненості – адаптивні тренажери (читання, усний рахунок), що підлаштовуються під темп дитини. III допомагає не боятися помилки» пропонує другий шанс або підказку-картинку	Цифрове спостереження – перші спроби фіксації навколишнього світу (створення цифрових гербаріїв, фотоісторій). Використання AR-моделей для розуміння природних явищ (кругообіг води, фази місяця та ін.)
5–6 класи (Адаптаційний цикл)	Ігровий супровід – III як інтерактивний персонаж, що мінімізує когнітивну напругу та стимулює інтерес через систему швидких нагород	Первинна сенсорика – ознайомлення з можливостями гаджета (фотофіксація природи, використання мікрофона для замірів звуку)
7–9 класи (Цикл базового предметного навчання)	Діагностика та корекція – автоматичне виявлення прогалин у знаннях. Система пропонує мікромодулі для надолуження випущеного матеріалу перед вибором профілю	Проектна співпраця – спільна робота на хмарних дошках (Padlet, Canva). Використання AR для візуалізації складних абстрактних понять (клітина, молекула)
10–12 класи (Профільна середня освіта: академічні ліцеї)	Академічний асистент – III як персональний помічник. Система аналізує прогрес у профільному напрямі, допомагає готувати проекти МАН, моделює сценарії національного мультипредметного тесту та пропонує поглиблений контент університетського рівня	Наукове моделювання та експертиза – перетворення смартфона на складний вимірвальний прилад. Використання AR/VR для складних інженерних та фізичних симуляцій. Інтеграція зібраних даних у хмарні обчислювальні системи для аналізу (Big Data)

Врахування психолого-педагогічних особливостей учнів 5–12 класів при реалізації дидактичних моделей дозволяє забезпечити адекватний рівень складності завдань та інтегрувати роль ІІІ-асистентів, які динамічно адаптуються до рівня освітньої автономності учня. Такий системний підхід до персоналізації освітнього досвіду учнів зумовлює трансформацію професійної ролі вчителя. Зокрема, він передбачає педагогічний супровід індивідуальної освітньої траєкторії, адаптацію складного навчального матеріалу до формату мікронавчання, підтримку комунікації в цифрових спільнотах, а також використання різних моделей штучного інтелекту для корекції та оптимізації освітнього процесу.

Висновки. Результати дослідження підтверджують, що мобільне навчання трансформує смартфон із пристрою на інтелектуальний інструмент, який забезпечує неперервність навчання та інтегрує формальне, неформальне й інформальне освітнє серед-

овище. Використання хмарних технологій і адаптивних навчальних процесів забезпечує персоналізацію навчання, підвищуючи рівень усвідомленого та рефлексивного навчання учнів. У кризових умовах, таких як пандемії, воєнний стан або енергетичні блекауті, мобільні технології довели свою ефективність як інструмент забезпечення життєстійкості та неперервності освітнього процесу. Професійна роль педагога зміщується від простого передавання знань до модерації адаптивного контенту та взаємодії учень – вчитель – ІІІ, з урахуванням принципу педагогічної достатності. Авторські моделі ІАМ та ІРС демонструють ефективність персоналізації навчання, використання АР, сенсорів і ІІІ для подолання прогалин у знаннях і розвитку дослідницьких компетенцій учнів. Перспективи розвитку пов'язані з інтеграцією мультимодальних ІІІ-моделей та аналізом емоційного стану учнів для підвищення резильєнтності та якості сучасної шкільної освіти.

Конфлікт інтересів. Автор підтверджує відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

Фінансування. Робота виконана за відсутності фінансової підтримки з боку будь-яких організацій.

Доступність даних. Це дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту не використовувались при написанні цієї роботи.

Список використаної літератури

1. Ally M. Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training. Athabasca University Press, 2009. 312 p. <https://doi.org/10.15215/aupress/9781897425435.01>
2. Attah E., Lamidi K., Tseguy S., Edino F. Mobile Devices in Student Learning: Enhancing Engagement or Contributing to Distractions? Journal of Education Method and Learning Strategy. 2025. Vol.3 (02). P.412–429. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5314898>
3. Crompton H., Burke D. Artificial intelligence in higher education: the state of the field. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2023. Vol.20. Art.22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
4. Estrada-Molina O., Mena J., López-Padrón A. The Use of Deep Learning in Open Learning: A Systematic Review (2019 to 2023). The International Review of Research in Open and Distributed Learning. 2024. Vol.25 (3). P.370–393. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v25i3.7756>
5. Garzón J. et al. Mobile learning significantly enhances student learning gains: A meta-analysis and research synthesis. Comput Educ. 2025. Vol.238. Art. 105415. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105415>
6. Hwang G. J. et al. Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. Computers and Education: Artificial Intelligence. 2020. Vol.1. Art. 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
7. Laumann D. et al. Mobile learning in the classroom – Should students bring mobile devices for learning, or should these be provided by schools? Educ Inf Technol. 2025. Vol.30. P. 9463–9496. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13213-w>
8. Luckin R. Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education. London: UCL IOE Press, 2018. URL: <https://surli.cc/gwnbln>
9. Pyo J., Lee C.H. Developing learner autonomy and EFL listening skills through mobile-assisted blended learning. Innovation in Language Learning and Teaching. 2025. Vol.19 (5). P.465–480. <https://doi.org/10.1080/17501229.2024.2372068>
10. Schleicher A. The state of education – one year into COVID. OECD Education Today. 2021. URL: <https://oecdedtoday.com/state-of-education-one-year-into-covid/> (дата звернення: 06.02.2026).
11. Traxler J. Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: The moving finger writes and having writ. The International Review of Research in Open and Distributed Learning. 2007. Vol.8, No.2. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.346>
12. UNESCO. Education in a post-COVID world: Nine ideas for public action. Paris, 2020. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717>
13. Yu C., Yu X. Application of mobile learning system based on convolutional network technology in students' open teaching strategies. Scientific Reports. 2025. Vol.15. Art. 41646. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25532-0>
14. Адаптивна хмаро орієнтована система навчання та професійного розвитку вчителів закладів загальної середньої освіти: монографія / за наук. ред. М.П.Шишкіної. Київ: Педагогічна думка, 2020. 183 с.
15. Бажміна Е. Використання BYOD технологій в освітньому процесі. Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. 2020. Вип.3. С.27–40. <https://doi.org/10.31494/2412-9208-2020-1-3-27-40>.
16. Використання хмарної платформи відкритого навчання та досліджень для співпраці у віртуальних командах / В.Биков, Д.Мікуловський, О.Моравчик, С.Светський, М. Шишкіна. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Вип.76 (2). С.304–330. <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3706>
17. Вороникова І., Дзябенко О., Морзе Н., Перспективи впровадження персоналізованого навчання з використанням штучного інтелекту у вищій освіті, Інформаційні технології і засоби навчання, 2025. Вип.105 (1). С.144–157. <https://doi.org/10.33407/itlt.v105i1.5893>
18. Кобися В., Остаповець А. Дистанційне навчання у воєнний час: перспективи впровадження змішаного навчання для здобувачів освіти що знаходяться за кордоном. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2025. Вип.18. С.40–54. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2025.184>
19. Литвинова С. Проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 354 с.
20. Литвинова С. Цифровий поступ закладів загальної середньої освіти – дистанційна форма навчання. Вісник НАПН

- України. 2020. Вип.2 (2). С.1–5. <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2020-2-2-12-3>
21. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи: наукова доповідь / В.Г.Кремень, В.Ю.Биков, О.І.Ляшенко та ін. Вісник НАПН України. 2022. Вип.4 (2). С.1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>
 22. Семеріков С. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: монографія. Кривий Ріг: Мінерал, 2009. 340 с.
 23. Цифрова компетентність вчителя нової української школи: 2024: інновації в умовах змін : монографія / за заг. ред. О.В.Овчарук. Київ: ІЦО НАПН України, 2024. 268 с. <https://doi.org/10.33407/lib.NAES.741602>

References

1. Ally, M. (2009). *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*. Athabasca University Press. <https://doi.org/10.15215/aupress/9781897425435.01>
2. Attah, E., Lamidi, K., Tsegay, S., & Edino, F. (2025, June 20). Mobile devices in student learning: Enhancing engagement or contributing to distractions? *Journal of Education Method and Learning Strategy*, 3 (02), 412–429. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5314898>
3. Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
4. Estrada-Molina, O., Mena, J., & López-Padrón, A. (2024). The use of deep learning in open learning: A systematic review (2019 to 2023). *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 25(3), 370–393. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v25i3.7756>
5. Garzón, J. et al. (2025). Mobile learning significantly enhances student learning gains: A meta-analysis and research synthesis. *Comput Educ*, 238. Art. 105415. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105415>
6. Hwang, G. J., Xie, H., Wah, W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, Article 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
7. Laumann, D. et al. (2025). Mobile learning in the classroom – Should students bring mobile devices for learning, or should these be provided by schools? *Educ Inf Technol*, 30, 9463–9496. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13213-w>
8. Luckin, R. (2018). *Machine learning and human intelligence: The future of education*. UCL IOE Press. <https://surli.cc/gwnbln>
9. Pyo, J., & Lee, C.H. (2025). Developing learner autonomy and EFL listening skills through mobile-assisted blended learning. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 19 (5), 465–480. <https://doi.org/10.1080/17501229.2024.2372068>
10. Schleicher, A. (2021). *The state of education – one year into COVID*. OECD Education Today. <https://oecdeditoday.com/state-of-education-one-year-into-covid/>
11. Traxler, J. (2007). Defining, discussing and evaluating mobile learning: The moving finger writes and having writ. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 8 (2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.346>
12. UNESCO. (2020). *Education in a post-COVID world: Nine ideas for public action*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717>
13. Yu, C., & Yu, X. (2025). Application of mobile learning system based on convolutional network technology in students' open teaching strategies. *Scientific Reports*, 15, Article 41646. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25532-0>
14. Shyshkina, M.P. (Ed.). (2020). *Adaptivna khmaro orientovana systema navchannia ta profesiinoho rozvytku vchyteliv zakladiv zahalnoi serednyoi osvity* [Adaptive cloud-oriented system of training and professional development of teachers of general secondary education institutions]. Pedahohichna Dumka. <https://surli.cc/vovszc> [in Ukrainian]
15. Bazhmina, E. (2020). Vykorystannia BYOD tekhnologii v osvithomu protsesi [The use of BYOD technologies in the educational process]. *Scientific Papers of Berdiansk State Pedagogical University. Series: Pedagogical Sciences*, 3, 27–40. <https://doi.org/10.31494/2412-9208-2020-1-3-27-40>. [in Ukrainian]
16. Bykov, V., Mikulovskiy, D., Moravchuk, O., Svetskiy, S., & Shyshkina, M. (2020). Vykorystannia khmarnoi platformy vidkrytoho navchannia ta doslidzhen dla spivpratsi u virtualnykh komandakh [Use of a cloud-based open learning and research platform for collaboration in virtual teams]. *Information Technologies and Learning Tools*, 76 (2), 304–330. <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3706> [in Ukrainian]
17. Vorotnykova, I., Dziabenko, O., & Morze, N. (2025). Perspektyvy vprovadzhennia personalizovanoho navchannia z vykorystanniam shtuchnoho intelektu u vyshchii osviti [Prospects for the implementation of personalized learning using artificial intelligence in higher education]. *Information Technologies and Learning Tools*, 105 (1), 144–157. <https://doi.org/10.33407/itlt.v105i1.5893> [in Ukrainian]
18. Kobysia, V., & Ostapovets, A. (2025). Dystantsiine navchannia u voiennyi chas: perspektyvy vprovadzhennia zmishanoho navchannia dla zdobuvachiv osvity shcho znakhodiatsia za kordonom [Distance learning in wartime: Perspectives of blended learning implementation for students abroad]. *Open Educational E-Environment of Modern University*, 18, 40–54. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2025.184> [in Ukrainian]
19. Lytvynova, S. (2016). *Proektuvannia khmaro oriientovanoho navchalnoho seredovyschcha zahalnoosvitnyoho navchalnoho zakladu* [Design of a cloud-oriented learning environment for a general secondary education institution]. Comprint. <https://surli.cc/zppgoa> [in Ukrainian]
20. Lytvynova, S. (2020). Tsyfrovyy postup zakladiv zahalnoi serednyoi osvity — dystantsiina forma navchannia: naukova dopovid [Digital progress of general secondary education institutions — distance learning: Scientific report]. *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 2 (2), 1–5. <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2020-2-2-12-3> [in Ukrainian]
21. Kremen, V., Bykov, V., Liashenko, O., Lugovyi, V., Gurzhii, A., & Zhaldak, M. (2022). Naukovo-metodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy: naukova dopovid [Scientific and methodological support for the digitalization of education in Ukraine: State, problems, prospects: Scientific report]. *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 4 (2), 1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223> [in Ukrainian]
22. Semerikov, S. (2009). *Fundamentalizatsiia navchannia informatychnykh dystsyplin u vyshchii shkoli* [Fundamentalization of teaching informatics disciplines in higher school]. Mineral. <https://lib.iitta.gov.ua/1209/> [in Ukrainian]
23. Ovcharuk, O. (Ed.). (2024). *Tsyfrova kompetentnist vchytelia novoї ukrainської shkoly: 2024: innovatsii v umovakh zmin* [Digital competence of a New Ukrainian School teacher: 2024: Innovations in conditions of change]. Institute of Digital Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. <https://doi.org/10.33407/lib.NAES.741602> [in Ukrainian]

Рукопис надійшов: 16.02.2026
 Перше рішення: 18.03.2026
 Доопрацьовано (раундів: 1): 23.03.2026
 Прийнято до друку: 21.04.2026
 Опубліковано онлайн: 30.04.2026

Lytvynova Svitlana

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Deputy Director for Research at the Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine
Kyiv, Ukraine

METHODOLOGICAL APPROACHES AND DIDACTIC MODELS OF USING MOBILE LEARNING IN CONDITIONS OF CRISIS AND DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. This paper examines the theoretical foundations of methodological approaches and develops didactic models for mobile learning implementation in general secondary education institutions amidst crisis conditions and the rapid advancement of artificial intelligence (2019–2026). The relevance of the study is determined by the need to ensure continuity and resilience of the educational process during the COVID-19 pandemic, martial law, energy blackouts, and forced migration of participants in the educational process. Based on a systematic analysis of scholarly sources, the essence of mobile learning is clarified as a form of organizing the educational process that integrates personal mobile devices, cloud-based environments, immersive technologies, and AI assistants. Key methodological approaches (competency-based, activity-based, learner-centered, adaptive, social-constructivist, STEM-centered, and the principle of pedagogical sufficiency) are systematized, and their transformation under the influence of digitalization is identified. Two original macro-models are proposed: the Intellectual Adaptivity Model (IAM), which ensures AI-driven personalized support and real-time correction of learning trajectories, and the Immersive Research Convergence Model (IRC), aimed at integrating augmented reality, mobile sensors, and social collaboration in inquiry-based learning. Practical implementation scenarios for STEM education are developed, taking into account students' age-related psychological and pedagogical characteristics. The transformation of the teacher's professional role is substantiated as that of a facilitator of adaptive content and a moderator of Student-Teacher-AI interaction. It is proven that the implementation of the BYOD strategy and innovative models is critically important for maintaining the quality and accessibility of school education under any conditions, while the integration of mobile technologies and artificial intelligence ensures personalization, the formation of a holistic system of knowledge, and the improvement of educational quality in conditions of uncertainty. The study aims to provide a theoretical substantiation of methodological approaches and to develop didactic models for utilizing mobile learning in the context of crisis challenges and the rapid advancement of artificial intelligence. Systematic and comparative analysis of scientific literature and regulatory documents have been applied to assess the state of development of mobile learning and the role of artificial intelligence in modern education. Theoretical generalization and classification to refine the conceptual and categorical framework of mobile didactics amidst the rapid growth of cloud-oriented environments and generative AI, as well as to analyze the age-related characteristics of students in general secondary education institutions. Modeling method to construct original didactic models that integrate mobile devices, augmented reality, and AI agents into holistic learning algorithms adapted to extreme conditions, such as martial law, distance, and blended learning. A prognostic method to substantiate the stages of implementing the proposed models into the practice of general secondary education institutions. Deductive reasoning to formulate methodological recommendations for enhancing educational resilience through the use of personalized AI assistants on mobile platforms.

Keywords: mobile learning, generative artificial intelligence, didactic models, methodological approaches, general secondary education institutions.