

Литвинова С. Г.

доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, заступник директора з наукової роботи Інституту цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна, s.h.lytvynova@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5450-6635>

СИНЕРГІЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МОБІЛЬНОГО НАВЧАННЯ: ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНІХ ПРОЦЕСІВ

Анотація. Мета статті полягає в теоретичному обґрунтуванні трансформації мобільного навчання в умовах використання генеративного штучного інтелекту (GenAI) та розробленні концептуальної динамічної моделі інтеграції мобільних ШІ-інструментів у сучасний освітній процес. У статті проаналізовано зміну ролі смартфона від засобу споживання контенту до активного когнітивного інструмента навчання в умовах постійної доступності генеративних мовних моделей. На основі аналізу наукових праць, аналітичних даних щодо використання штучного інтелекту (ШІ) учнями на мобільних пристроях у 2025 р. і узагальнення педагогічного досвіду обґрунтовано ризики формування «нової цифрової прогалини», зумовленої нерівним доступом до його методично організованого використання. Виявлено, що значна частка учнів використовують ШІ стихійно або залишаються поза взаємодією з ним через відсутність педагогічної підтримки. Представлено оригінальну динамічну модель M-AI-L (Mobile-AI-Learning), що ґрунтується на положеннях коннективізму, теорії розподіленого пізнання, соціального конструктивізму та хьютагогіки. Модель інтерпретує мобільний пристрій із ШІ-компонентом як цифрового інтелектуального асистента й описує послідовність сенсорно-перцептивного сприйняття, диференційованого опрацювання інформації, критичної перевірки та рефлексивного синтезу знань. Особливу увагу приділено формуванню ШІ-грамотності, критичного мислення, навчальної суб'єктності й цифрової стійкості учнів, а також етичним аспектам використання GenAI в освіті. Отримані результати може бути використано для розроблення та модернізації освітніх програм і методичних рекомендацій щодо впровадження мобільного навчання з підтримкою GenAI в закладах загальної середньої й вищої освіти.

Ключові слова: мобільне навчання, генеративний штучний інтелект, ШІ-грамотність, критичне мислення, цифрова стійкість, освітні інновації, M-AI-L.

DOI: 10.32987/2617-8532-2026-2-42-60.

Вступ. Нині освітня екосистема перебуває в стані глобальних трансформацій. Традиційні методи навчання, побудовані на основі запам'ятовування та відтворення інформації, остаточно втратили свою ефективність під тиском повсюдної доступності інтелектуальних систем.

Цифрова трансформація освіти пройшла шлях від простого оцифрування підручників до створення адаптивних інтелектуальних середовищ, де мобільний пристрій перетворився на провідний засіб опрацювання знань.

Мобільне навчання, котре ще десятиліття тому сприймали як до-

© Литвинова С. Г., 2026

поміжну форму, сьогодні трансформувалось у провідну парадигму. Це зумовлено не лише портативністю гаджетів, а й їхньою здатністю інтегрувати складні алгоритми GenAI в реальному часі. Смартфон перестав бути просто «вікном в інтернет»; він перетворився на активний когнітивний інструмент, що доповнює інтелектуальні можливості людини. Цей феномен, описаний Е. Кларком і Д. Чалмерсом [1], визначають як «когнітивне розширення» (Cognitive Augmentation), де межа між власними знаннями учня або вчителя (суб'єкта) та знаннями, згенерованими штучним інтелектом, стає дедалі менш чіткою.

Основна наукова проблема, порушена в цій статті, полягає в необхідності переосмислення дидактичних принципів в освіті, де знання є миттєво доступними, мультимодальними (поєднання тексту, зображень, аудіо, відео, жестів, даних) і контекстно-залежними (від освітньої мети та завдань, рівня підготовки користувача, попередніх дій або історії взаємодії, освітнього середовища, часу, ситуації, умов). Традиційна школа зіткнулася з викликом інтелектуального суверенітету – здатності суб'єкта самостійно мислити, оцінювати інформацію та приймати рішення без автоматичної залежності від зовнішніх інструментів чи технологій. У цьому контексті проблема навчання дитини самостійного мислення набуває нового значення, адже сучасні алгоритми штучного інтелекту здатні миттєво генерувати тексти, розв'язувати складні математичні задачі і створювати 3D-моделі.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується досягненням

критичної точки, коли штучний інтелект (ШІ) перетворився з експериментальної технології на один із ключових чинників навчального процесу. Особливої актуальності ці зміни набувають в умовах мобільного навчання, яке еволюціонувало з допоміжного інтересу в одному з провідних інструментів доступу до освітніх ресурсів. Сьогодні поняття «мобільність» інтерпретується не лише як фізична портативність пристрою, а як безперервність, адаптивність та контекстуальність освітнього досвіду, що підсилюється алгоритмами машинного навчання.

Отже, сучасна освіта потребує систематичного підходу до взаємодії із ШІ, що дає змогу трансформувати потенційні загрози в інструменти підтримки й посилення когнітивних можливостей здобувачів освіти.

Актуальність дослідження зумовлена глибоким розривом між темпами технологічного прогресу та швидкістю адаптації офіційних педагогічних доктрин. Опитування 18 522 учнів України, організоване Інститутом цифровізації освіти НАПН України у 2025 р., засвідчило радикальну зміну освітньої парадигми [2].

Аналіз результатів опитування показав, що учні працюють із мобільними сервісами із ШІ з різною частотою та функціональним акцентом. Найпопулярнішим інструментом виявився **ChatGPT** (75,1 %), який забезпечує генерацію сеансів і швидке пояснення за допомогою зручного мобільного застосунку та голосового режиму. **Gemini** (35,7 %), інтегрований асистент в екосистемі Google (документи, таблиці, клас), особливо важливий для навчання на смартфонах.

Canva (15,1 %) стала стандартом візуальної грамотності, пропонуючи вбудовані ШІ-генератори (Magic Studio) для створення презентацій і проєктів на мобільних пристроях. **Copilot** (5,9 %) переважно використовується як інтегрований помічник у мобільних версіях Office 365. **Grammarly** (2,9 %) за своєю значущістю використовується рідше, що свідчить про меншу поширеність мобільного написання довгих текстів порівняно з генерацією коротких відповідей через чат-боти.

Серед інших сервісів **DeepSeek** (1,9 %) виділяється швидкістю й ефективністю в математичних обчисленнях, а група «інші» (1,2 %) включає вузькоспеціалізовані сервіси, такі як **Suno** для музики та **Midjourney** для мистецтва. Попри популярність серед підлітків сервіс **Character.ai** (0,2 %) в суто навчальних цілях використовується мінімально.

Критичним показником є 17,3 % учнів, які не мають встановлених ШІ-інструментів, що вказує на наявність цифрової нерівності або свідомої відмови від технологій через брак методичного супроводу з боку освітніх закладів. Цей сегмент характеризується не просто відсутністю інструмента (ШІ), а браком доступу до сучасних методів пошуку й опрацювання інформації. Така «нова цифрова прогалина» створює ризик посилення соціальної нерівності, коли успіх учня дедалі більше залежатиме від якості його ШІ-асистента та вміння ефективно ним користуватися.

Проблема виникає через те, що чинні освітні стандарти та навчальні програми об'єктивно не встигають за темпами розвитку й оновлення нейромереж. Як наслідок, зростає ризик

формування покоління здобувачів освіти із фрагментарними, поверхневими знаннями, які володіють інструментами для швидкої генерації контенту, але не мають достатньо розвинених навичок для його критичного аналізу, інтерпретації та перевірки достовірності.

Залучення ШІ до освітнього процесу вимагає формування цілісного освітнього контексту, який визначає межі, умови та педагогічну доцільність його використання. Заборона такого контексту означає, що штучний інтелект виконує не допоміжну, а компенсаторну функцію, замінюючи основні когнітивні процеси людини – розуміння, узагальнення, вимірювання й самостійне прийняття рішень. Це створює загрозу зниження якості фундаментальних освітніх результатів і зменшення когнітивної автономії особистості.

У цьому контексті особливо гостро постає потреба у формуванні «освітнього ядра» здобувача освіти, тобто системи компетентностей, здатної функціонувати незалежно від цифрових технологій, доступу до мережі або інструментів ШІ. Таке ядро має включати критичне й логічне мислення, сформовані ключові компетентності, здатність до командної взаємодії та вміння самостійно розв'язувати проблеми.

Актуальність цієї проблеми чітко простежується в Україні, де внаслідок військових дій часто виникають тривалі перебої з електропостачанням, зв'язком і доступом до цифрових освітніх ресурсів. У таких обставинах освітній процес здатний ефективно функціонувати лише за умови, що його учасники мають системно сформовані компетентності, достатні для

самостійного навчання незалежно від наявності технологічної інфраструктури. Такі виклики характерні не лише для воєнного стану, а й для можливих глобальних криз, зокрема масштабних кліматичних катастроф або техногенних аварій, що тимчасово обмежують функціонування цифрових систем.

Тому інтеграція штучного інтелекту в освітній процес повинна супроводжуватися не лише оновленням цифрових інструментів, а й передусім цілеспрямованим посиленням фундаментальної підготовки здобувачів освіти, що забезпечує їхню когнітивну стійкість та здатність до навчання в кризових умовах.

Актуальність дослідження підсилюється необхідністю розроблення механізмів захисту академічної доброчесності. У 2026 р. поняття «плагіат» поступово розмивається, оскільки ШІ генерує унікальний, хоч і не самостійно створений контент. Окрім того, країни, які першими інтегрують ШІ-компетентності в шкільну програму, отримають стратегічну перевагу на ринку праці 2030-х рр. У зв'язку з цим розроблення моделі M-AI-L стає першочерговим завданням сучасної дидактики.

Підходи вчених щодо інтеграції ШІ в освітній простір зазнають системних трансформацій. Так, Ф. Оуян і П. Цзяо [3] закладають фундамент для розуміння цієї трансформації, називаючи ШІ не просто допоміжним технологічним інструментом, а цифровим інтелектуальним помічником, що активно підтримує навчальний процес, адаптує матеріал під потреби учня та сприяє розвитку критичного мислення. Ця концепція набуває особливої ваги в контексті мобільно-

го навчання, де персональний пристрій стає постійним каналом зв'язку між учнем та інтелектуальним помічником. Узагальнюючі огляди, які підготували Х. Чен, Г. Хван та ін. [4; 5], підтверджують, що ШІ еволюціонує від простого програмного забезпечення до ролі інтелектуального асистента й адаптивного середовища, що забезпечує перехід до персоналізованих освітніх траєкторій.

Ключовим аспектом поєднання GenAI та мобільного навчання є радикальна зміна доступності знань. Ряд учених, зокрема Т. Чіу й У. Дж. Нзенвата [6; 7], у систематичних оглядах підкреслюють, що мобільні платформи з підтримкою ШІ дають змогу реалізувати адаптивні сценарії, які раніше були технічно неможливими в межах традиційних аудиторій. Зокрема, ChatGPT як цифровий інтелектуальний асистент, доступний 24/7 через смартфон, створює безпечне навчальне середовище, в якому учні можуть експериментувати та досліджувати освітні концепції без страху помилитися, стимулюючи активне пізнання й розвиток критичного мислення. Це особливо помітно у сфері академічного письма: праці таких авторів, як Г. Дізон і Дж. Гейд [8], а також М. Імран та Н. Альмушарраф [9], демонструють, що використання інтелектуальних помічників не лише підвищує технічну якість текстів, а й сприяє автономності учнів, перетворюючи смартфон на персонального цифрового інтелектуального асистента.

З когнітивної точки зору, ця синергія GenAI та мобільного навчання полягає в тому, що штучний інтелект бере на себе рутинні операції (пошук джерел, форматування,

структурування), звільняючи когнітивні ресурси учня для виконання складніших завдань (аналізу, критичного мислення) та креативності. Дж. Свеллер [10], Д. Ян [11] дійшли висновку, що мобільні ШІ-асистенти істотно знижують ментальне напруження через миттєвий зворотний зв'язок. Це корелює з дослідженнями Дж. Алі та ін. [12], які виявили, що учні сприймають ШІ як партнера з навчання, а це позитивно впливає на мотивацію та залученість, особливо в гуманітарних дисциплінах. Х. Ванг, Г. Панг і М. Воллес [13] додатково наголошують на важливості людиноцентричної присутності ШІ, де система не замінює вчителя, а зміцнює впевненість учня у власних силах.

Чимало наукових публікацій присвячено готовності вчителів до змін. Так, І. Джелік, І. Хунта зі співавторами [14; 15] стверджують, що вчителі розглядають ШІ як інструмент підтримки професійної діяльності, здатний зменшити рутинне навантаження. Моделювання поведінкових намірів за методикою UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), здійснене групою вчених [16], ґрунтується на інтеграції восьми попередніх моделей і враховує ключові фактори, такі як очікувана ефективність, легкість використання, соціальний вплив та наявність ресурсів для підтримки використання технології. Дослідження показало, що основними детермінантами прийняття технологій є очікувана ефективність і сумісність ШІ з мобільними платформами, які вже інтегровано в шкільний побут. Водночас актуалізується потреба в зміні формату оцінювання: учені пропонують перейти від тестування

фактів до оцінки проектної діяльності та здатності критично верифікувати відповіді ШІ [17].

Аналіз наукових публікацій засвідчив, що етичний вимір інтегрується безпосередньо в концепцію людиноцентричної освіти. С. Аггун і К. Грінхо [18], а також А. Бозкюрт та ін. [19] наголошують на важливості формування відповідального ставлення до ШІ. У своїх останніх дослідженнях С. Чай зі співавторами [20] акцентують на розвитку ШІ-грамотності (AI Literacy) як нової базової компетентності. Формування етичної та цифрової культури стає критичною умовою уникнення деградації критичного мислення й забезпечення академічної доброчесності за вільного доступу до GenAI-моделей.

Багато публікацій присвячено трансформації контрольно-оцінювальної діяльності в умовах масової доступності інтелектуальних асистентів. Зокрема, О. Сивачук [21] обґрунтовує необхідність переходу від традиційного тестування знань до моделі адаптивного оцінювання, де акцент зміщується на аналіз процесу розв'язання задач, здатність учнів критично верифікувати ШІ-генерований контент і глибину розуміння матеріалу через проектну діяльність та інтерв'ю. Авторка зазначає: оскільки понад 75 % учнів регулярно використовують GenAI-моделі, педагогічна оцінка має стимулювати академічну доброчесність, нівелювати ризики плагіату та перетворювати мобільний пристрій на засіб розвитку інтелектуальної автономії.

Водночас цей систематичний аналіз літератури виявляє певну суперечність: хоча технології GenAI (Grok, Perplexity, Claude) розвиваються екс-

поненціально, що підтверджується різноманіттям інструментів, активно використовуваних учнями, методична база й етичні регулятори [7] відстають від темпів упровадження стратегій BYOD. Таким чином, мобільне навчання з підтримкою ШІ перестає бути лише допоміжним засобом і стає основним середовищем формування академічних і практичних навичок, інтегруючи когнітивну підтримку, персоналізацію навчання та етичні орієнтири в повсякденну освітню практику.

Можна зробити висновок, що синергія GenAI та мобільного навчання створює нову освітню модель, орієнтовану на персоналізацію, інтерактивність і підтримку когнітивної й мотиваційної активності учнів. Водночас існує нагальна потреба в емпіричному дослідженні цієї синергії саме в умовах шкільної освіти, з урахуванням принципів цифрової стійкості, що зумовлює актуальність подальшого дослідження. Саме ці висновки формують теоретичне підґрунтя для розроблення моделі M-AI-L, спрямованої на інтеграцію GenAI в мобільне навчання з урахуванням когнітивних, мотиваційних та етичних аспектів освітнього процесу.

Теоретична рамка моделі M-AI-L базується на чотирьох фундаментальних концептуальних засадах, що забезпечують системний підхід до розуміння смартфонів не як засобів трансляції контенту, а як цифрових інтелектуальних асистентів (когнітивних хабів), як-от: коннективізм у мобільному вимірі, теорія розподіленого пізнання, адаптивна підтримка, а також хьютагогіка й автономія учня (рис. 1).

Згідно з теорією *коннективізму* Дж. Сіменса [22], навчання становить процес з'єднання вузлів інформації в мережу. Наше дослідження розширює цю теорію: інтегрований у смартфон ШІ – це не просто окремий вузол, а «супервузол» або динамічний мережевий агент, здатний автономно реорганізувати зв'язки та структурувати хаотичні потоки даних.

Мобільність пристрою забезпечує концепцію безшовного навчання (Seamless Learning), де освітній процес інтегрується в повсякденний контекст учня в режимі 24/7.

Повсякденний контекст ми розглядаємо як сукупність реальних умов і ситуацій, в яких навчається учень, включаючи фізичне середовище (школа, дім, громадські місця); цифрове середовище (смартфон, мо-

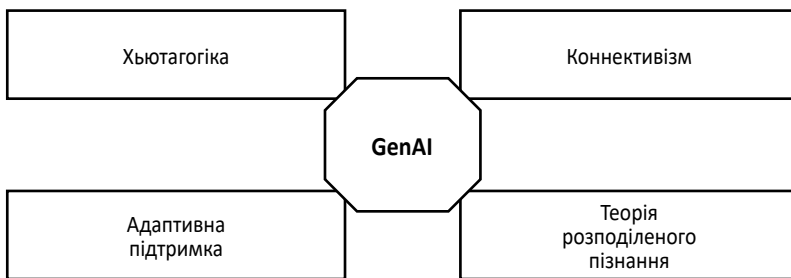


Рис. 1. Теоретична рамка моделі M-AI-L

Побудовано автором.

більні застосунки, платформи для навчання); соціальні умови (взаємодія з учителями, однокласниками, родиною); часові рамки та рутинні ситуації (будь-який момент дня, коли учень може отримати доступ до ШІ).

Як зазначає Д. Ян [11], взаємодія з GenAI-моделями через мобільний інтерфейс створює безперервний цикл зворотного зв'язку, коли учень перетворюється з пасивного споживача на диригента інформаційних потоків. Еволюція мобільного навчання фундаментально трансформувалася: від допоміжної методики використання гаджетів до домінуючої форми доступу до знань. Смартфон еволюціонував у дієвий когнітивний інструмент, що функціонує як інтелектуальне розширення можливостей людини [3].

Ми спираємося на *концепцію розподіленого пізнання* (Distributed Cognition), розроблену Е. Гатчінзом [23], відповідно до якої інтелект не обмежується внутрішніми когнітивними процесами, а розподіляється між індивідом та зовнішніми артефактами. В цьому контексті смартфон із GenAI функціонує як зовнішня пам'ять і логічна матриця, що дає змогу учням делегувати рутинні операції (пошук джерел, форматування, структурування даних) алгоритмам. Це вивільняє їхні когнітивні ресурси для синтезу, стратегічного планування та розвитку вищих мисленнєвих навичок, створюючи феномен, котрий можна визначити як «щільне розподілене пізнання», де мобільний пристрій виступає зовнішнім препроцесором складних логічних операцій.

Сучасний етап розвитку мобільного навчання із ШІ-компонентом

корелює з постулатами соціального конструктивізму [24]. Концепція зони найближчого розвитку (ЗНР) дістає нове прочитання: GenAI виступає в ролі Scaffolding, забезпечуючи тимчасову інтелектуальну підтримку на етапах, коли самостійне виконання завдання учнем є ускладненим [6].

На відміну від традиційної взаємодії з викладачем, мобільний ШІ оптимізує процес мікронавчання (Microlearning). Короткі ітерації взаємодії зі смартфоном, наприклад структурний аналіз тексту через Claude або верифікація складних обчислень у DeepSeek, дають змогу конструювати знання порційно. Такий підхід відповідає динамічній природі сучасного споживання інформації, коли смартфон стає постійним когнітивним супроводом учня, інтегруючись у його щоденне освітнє середовище в режимі 24/7.

Спираючись на фундаментальні ідеї Л. Виготського [24], ми розглядаємо штучний інтелект як цифровий інструмент-посередник, що забезпечує *підтримку* учня в межах його ЗНР. Інтегрований у смартфон ШІ здатний миттєво адаптувати навчальний контент до індивідуального темпу й актуального рівня підготовки здобувача освіти, тим самим виконуючи завдання, яке в традиційній фронтальній роботі вчителя реалізувати складно.

С. Арнаб [25] підкреслює, що мобільність пристрою трансформує межі навчальних просторів, реалізуючи концепцію «навчання тут і зараз» (Just-in-Time Learning). Це дає змогу надавати інтелектуальну підтримку безпосередньо в момент виникнення когнітивного запиту, що значно підвищує ефективність

засвоєння знань. У цьому контексті функція тимчасової інтелектуальної підтримки (Scaffolding) стає динамічною: ШІ в реальному часі коригує складність завдань, забезпечуючи плавний перехід учня від зовнішньої підтримки до самостійного виконання послідовних дій.

Такий підхід реалізує модель адаптивного навчання (Adaptive Learning), яка сприяє досягненню стану «поток» (Flow). Поняття потоку, яке запровадив М. Чіксентміхай [26], визначає стан максимальної концентрації, коли діяльність відповідає рівню здібностей учня й водночас стимулює його когнітивні ресурси, а увага повністю зосереджена на виконанні завдання. В контексті мобільного навчання із ШІ стан потоку досягається завдяки алгоритмічному балансуванню складності завдань та рівня навичок учня, що дає можливість підтримувати оптимальний когнітивний виклик, запобігаючи як психологічному дискомфорту через надмірну складність, так і втраті зацікавленості через занадто просту діяльність [26].

Отже, інтеграція ШІ в мобільне навчання забезпечує адаптивну когнітивну підтримку учня, що динамічно підлаштовується під його індивідуальні потреби та рівень підготовки, сприяючи ефективному засвоєнню знань, розвитку автономності й досягненню стану оптимальної залученості, або «поток», в освітній діяльності.

Використання смартфонів стимулює перехід до *хьютагогії* (Heutagogy) – найвищого рівня самокерованого навчання, коли учень бере на себе частину відповідальності за власний розвиток і участь у навчаль-

ному процесі. В контексті широкого доступу до великих мовних моделей LLM через мобільні застосунки здобувач освіти отримує значну автономію. Як зауважують дослідники сучасних освітніх екосистем [27], мобільний ШІ сприяє розвитку «учнівської агентності» (Student Agency), у межах якої суб'єкт самостійно визначає темп, глибину та напрям своїх досліджень і навчання, використовуючи смартфон як універсальну інтелектуальну лабораторію.

Згідно з теорією самодетермінації (Self-Determination Theory, SDT) Е. Десі та Р. Раяна [28], для ефективного навчання критично важливим є задоволення трьох базових психологічних потреб: автономії, компетентності й соціальної взаємодії. Мобільний ШІ істотно підсилює автономію учня, надаючи йому можливість самостійно обирати час і глибину занурення в тему та використовувати ШІ як цифрового інтелектуального асистента, що підтримує освітній процес без оцінювальних суджень.

Сучасні емпіричні дослідження (Т. Чіу та ін. [29], Д. Ян [11]) демонструють, що можливість безпечного експериментування в межах взаємодії «людина – ШІ» (Human-AI Interaction) значно посилює внутрішню мотивацію учнів. Відсутність страху перед соціальною оцінкою з боку вчителя чи однокласників у мобільному середовищі допомагає здобувачу освіти зосередитися на розвитку власної компетентності, що є ключовим чинником успішного й самостійного навчання.

Особливістю використання сучасних смартфонів в освіті є *мультимодальність* взаємодії, що поєднує

текст, голос і зображення. Теоретична модель M-AI-L спирається на когнітивну теорію мультимедійного навчання Р. Маєра [30], відповідно до якої одночасне залучення візуальних і вербальних каналів (наприклад, аналіз фотографії математичної задачі у Photomath із паралельним голосовим поясненням від ШІ) сприяє глибшому розумінню складних STEM-концепцій.

Сучасні наукові дослідження підтверджують ефективність цього підходу. Згідно з ними, мобільність пристроїв дає змогу інтегрувати навчання в реальний фізичний контекст, роблячи абстрактні формули та концепції більш відчутними через доповнену інтелектуальну реальність. Ці результати також підкреслюють важливість інклюзивної освіти й формування AI Literacy як ключової компетентності сучасного учня, що охоплює когнітивні, етичні та соціальні аспекти навчання [31]. Таким чином, мультимодальне навчання з підтримкою ШІ не лише підвищує ефективність опанування складних предметів, а й формує навички відповідального та компетентного використання цифрових інтелектуальних ресурсів.

Попри дедалі більший акцент на індивідуалізації через мобільні пристрої, навчання залишається соціальним процесом. У цьому контексті мобільний ШІ виступає інтелектуальним посередником соціальної взаємодії, забезпечуючи адаптивне включення учнів у спільне конструювання знань. Т. Чіу та ін. [29] підкреслюють, що мобільні платформи з підтримкою ШІ стають інклюзивними інструментами, які дають змогу учням із різними освітніми по-

требами долати когнітивні й мовні бар'єри, зберігаючи активну участь у навчальній спільноті.

Теоретична база нашого дослідження ґрунтується на ідеї, що мобільний телефон із ШІ-компонентом є не просто пристроєм для доступу до інформації, а функціонує як цифровий інтелектуальний асистент. Він трансформує структуру навчальної діяльності від пасивного споживання контенту до активного, розподіленого та самокерованого пізнання, інтегруючи індивідуальні й соціальні аспекти навчання. В межах цього соціотехнічного середовища перехід від «споживання» до «спільної творчості» можливий лише за умови засвоєння учнями принципів критичної оцінки достовірності контенту та Prompt Engineering – нових форм академічної грамотності, що забезпечують відповідальне й ефективне використання GenAI в навчальному процесі.

Під *Prompt Engineering* в освіті ми розуміємо вміння учня або вчителя формулювати точні, структуровані та стратегічно спрямовані запити до GenAI для отримання корисного, релевантного й педагогічно значимого результату. В контексті освітнього процесу це означає, що учень: чітко формулює запит відповідно до навчальної мети (наприклад, створення плану есе чи пояснення математичної концепції); організовує запит логічно, щоб ШІ міг надати максимально точну та зрозумілу відповідь; оцінює отриманий результат, зіставляючи його з власними знаннями й науковими джерелами. При цьому формулювання запитів сприяє розвитку самостійності в навчанні, оскільки учень активно керує проце-

сом генерації знань, а не пасивно отримує готовий контент.

Таким чином, Prompt Engineering стає ключовою навичкою сучасної цифрової грамотності, яка дає можливість перетворити ШІ з пасивного інструмента на активного когнітивного партнера, інтегрованого в мобільне навчальне середовище.

На основі цих теоретичних положень і емпіричних спостережень утворюється концептуальна основа моделі M-AI-L, яка систематизує взаємодію учня зі смартфоном та GenAI, поєднуючи адаптивну підтримку, мультимодальні канали навчання й розвиток когнітивної автономії.

Потреба в розробленні *динамічної моделі навчання учнів M-AI-L* (Mobile-AI-Learning) зумовлена стрімким переходом сучасної освіти на мобільно орієнтовані формати навчання, в яких пріоритетними стають миттєвий зворотний зв'язок, мультимодальні інтерфейси (Voice, Vision) та інтеграція GenAI в повсякденні освітні практики.

Сучасна навчальна діяльність дедалі більше ґрунтується на стратегічному виборі інтелектуальних інструментів: лінгвістичні асистенти (ChatGPT, Gemini) використовуються для структурування мислення й аргументації; обчислювально-логічні системи (DeerSeek, Photomath) – для точності та формалізованого розв'язання задач у STEM-сфері; візуально-креативні платформи (Canva та ін.) – для розвитку проектної й візуальної грамотності. Така функціональна спеціалізація підтверджує трансформацію смартфона з універсального гаджета в інтелектуальний когнітивний хаб, що підтримує різні типи пізнавальної діяльності (рис. 2).

Модель M-AI-L систематизує ці процеси, перетворюючи учня з пасивного споживача цифрового контенту на активного суб'єкта керування інтелектуальними ресурсами (AI Orchestrator). Через синергію мобільності та GenAI модель забезпечує перехід від простого засвоєння інформації до формування стійких компетентностей, цифрової суб'єктності, критичного мислення й освітньої автономії.

Запропонована модель M-AI-L відображає синергію мобільного навчання та штучного інтелекту в умовах контекстно-чутливого освітнього середовища, що поєднує мобільні, BYOD- та AI-орієнтовані компоненти і враховує просторові, когнітивні, соціальні й цифрові контексти навчальної діяльності.

У центрі моделі перебуває мобільний інтелектуальний засіб (Mobile AI-enabled Device), що функціонує не як канал передачі контенту, а як інтегративний когнітивний вузол навчальної екосистеми, що поєднує реальний світ, цифрові сервіси та пізнавальну діяльність учня в єдину динамічну систему.

Сенсорно-перцептивний модуль (Perceptual Input Module, PIM). На першому етапі реалізується сенсорно-перцептивний модуль, який забезпечує мультимодальне введення даних із реального світу (фотографування текстів, запис голосу, сканування об'єктів, фіксацію середовищних параметрів тощо). Цей модуль створює навчальний контекст, максимально наближений до реальних освітніх ситуацій, і забезпечує інтеграцію фізичного й цифрового досвіду.

Модуль диференційованого опрацювання даних (Differentiated Proces-

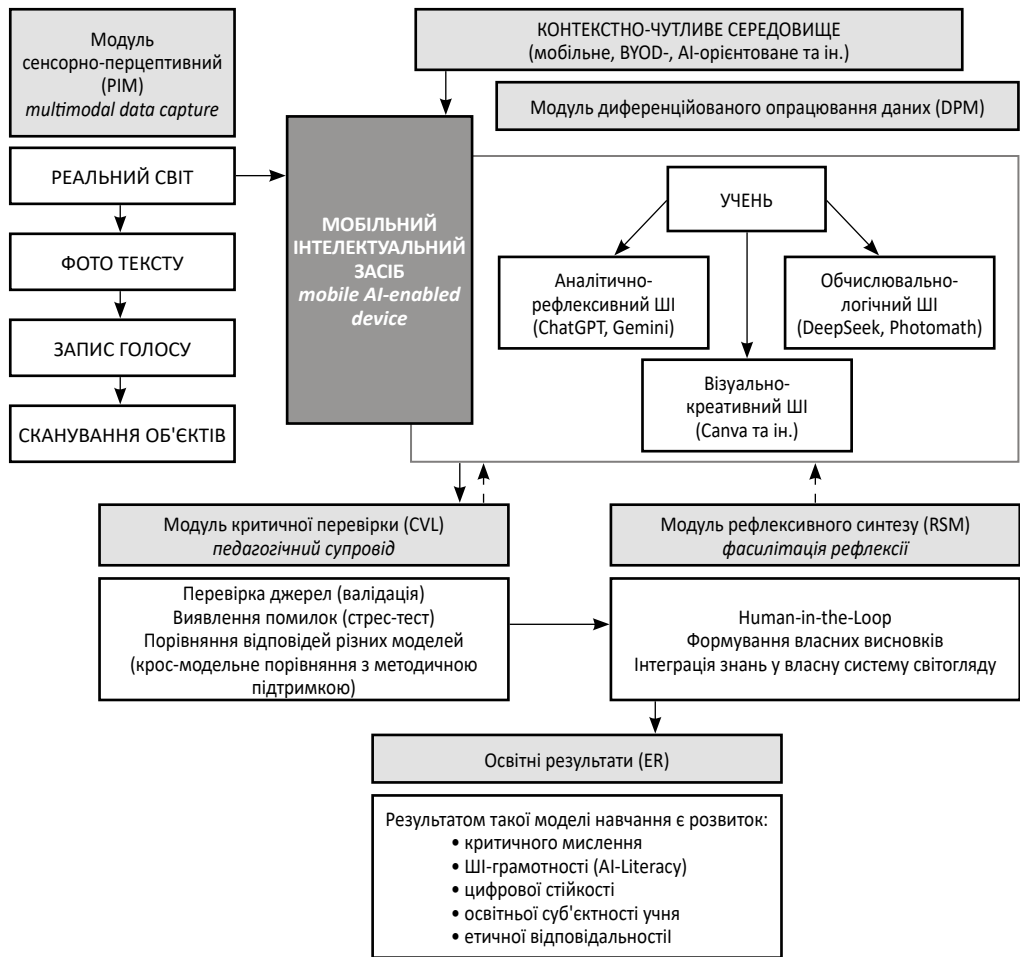


Рис. 2. Динамічна модель навчання учнів M-AI-L

Побудовано автором.

sing Module, DPM). Отримані дані надходять до модуля диференційованого опрацювання, у межах якого учень робить свідомий вибір типів ШІ-систем відповідно до навчальної мети, взаємодіючи з: *аналітично-рефлексивним ШІ* (для пояснення, узагальнення, аргументації та концептуального аналізу); *обчислювально-логічним ШІ* (для формалізованого розв'язання задач, математичних операцій і логічних процедур); *візуально-креативним ШІ* (для візуалізації, дизайну, моделювання й творчого представ-

лення результатів). У цій архітектурі учень постає як активний суб'єкт навчальної діяльності, що керує використанням інтелектуальних систем, а не як пасивний користувач цифрових сервісів.

Модуль критичної перевірки (Critical Validation Layer, CVL). Наступним рівнем є модуль критичної перевірки, який реалізує: перевірку джерел інформації, виявлення помилок і логічних суперечностей, крос-модельне порівняння результатів різних ШІ-систем за методичної підтримки

вчителя. CVL функціонує не як контрольний етап, а як інтегрований регулятор навчального процесу, що забезпечує повторні ітерації осмислення, уточнення та корекції результатів, формуючи навички критичного мислення, аналізу й відповідального використання ШІ. Цей «суперкритичний елемент» повинен бути ретельно опрацьований як учнями, так і вчителями, включаючи практичні вправи, аналіз кейсів, дискусії та рефлексивні завдання. Такий підхід дає змогу мінімізувати ризики некритичного застосування ШІ та забезпечує формування стійкого освітнього ядра знань, здатного функціонувати незалежно від технологічної інфраструктури.

Модуль рефлексивного синтезу (Reflective Synthesis Module, RSM). Завершальним компонентом є модуль рефлексивного синтезу, побудований на принципі Human-in-the-Loop, у межах якого відбувається формування власних висновків учня, інтеграція здобутих знань, інтеграція результатів навчання у власну систему світоглядних уявлень і цінностей.

Освітні результати. Реалізація моделі M-AI-L забезпечує формування низки ключових освітніх результатів, як-от:

- Розвиток критичного мислення. Базується на функціонуванні CVL. Учень розвиває навички до «алгоритмічного скептицизму», опановуючи методи стрес-тестування та крос-модельної валідації інформації.

- Формування AI-literacy як базової компетентності XXI ст. Проявляється через здатність бути AI Orchestrator. Учень не просто використовує чат-бот, а свідомо підбирає спеціалізований інструментарій (семантичний,

логічний або креативний) під конкретну когнітивну задачу).

- Підвищення цифрової стійкості. Йдеться про формування здатності ефективно діяти в умовах швидких технологічних змін та інформаційної невизначеності, сприймаючи смартфон як кероване розширення власних когнітивних можливостей.

- Становлення освітньої суб'єктності учня. Мається на увазі трансформація позиції учня з пасивного споживача в активного керівника процесу. Учень стає керівником технологічного циклу, де він керує ШІ для досягнення індивідуальних освітніх цілей.

- Розвиток етичної відповідальності у взаємодії з інтелектуальними системами. Мається на увазі глибоке розуміння меж застосування ШІ, повага до академічної доброчесності та усвідомлення власної відповідальності за фінальний інтелектуальний продукт (результат).

Таким чином, динамічна модель M-AI-L репрезентує цілісну соціотехнічну систему, у межах якої мобільне навчання з підтримкою GenAI трансформується з інструментального середовища споживання інформації в інтелектуально організований простір розвитку особистості, пізнавальної автономії й когнітивної відповідальності учня.

Для ефективного впровадження моделі та мінімізації ризиків академічної недоброчесності ми пропонуємо систему *методичних принципів*, сформовану на основі результатів нашого експерименту:

Принцип «AI-Sandwich» (метод триетапної когнітивної структури). Є системним інструментом запобігання повному когнітивному аутсорсингу та передбачає чітке розмежу-

вання *етапів роботи*, де алгоритмічна обробка обмежена інтелектуальною діяльністю учня:

– етап автономної концептуалізації (Human-Start). На цьому етапі учень самостійно, без використання технологічних засобів, формулює гіпотезу, план або концептуальну схему майбутньої роботи;

– етап технологічного збагачення (AI-Enrichment). Характеризується використанням мобільного ШІ для розширення інформаційного базису, пошуку джерел, генерації програмного коду або візуалізації даних;

– етап рефлексивного редагування (Human-Finish). Передбачає критичний аналіз і фіналізацію результату людиною. Учень має надати обґрунтування кожної зміни, внесеної штучним інтелектом.

Такий підхід забезпечує збереження учнівської суб'єктності та розвиток навичок критичного редагування. Це гарантує, що учень залишається провідним суб'єктом когнітивного процесу, тимчасом як ШІ виконує допоміжну функцію.

Принцип прозорості взаємодії (Prompt Disclosure). Пропонуємо легалізацію використання ШІ через упровадження стандарту обов'язкового ведення Prompt-Log (журналу запитів) до кожної навчальної роботи / заняття. Вчитель дістає можливість оцінювати не лише кінцевий інтелектуальний продукт, а й архітектуру запитів учня. Це робить процес мислення «видимим», даючи змогу виявляти та коригувати логічні помилки на етапі формулювання завдання.

Принцип алгоритмічного скептицизму. Процес навчання має розпочинатися з критичної демонстрації обмежень ШІ. Будь-яка відповідь,

отримана від алгоритму, розглядається як робоча гіпотеза, що потребує обов'язкової верифікації. Аналіз і корекція «галюцинацій» ШІ розвиває навички критичного аналізу ефективніше, ніж традиційні методи навчання за шаблонами. Учень переходить із позиції пасивного реципієнта інформації до позиції активного експерта-валідатора.

Зазначені принципи перетворюють смартфон на контрольований інструмент когнітивного розвитку, де технологія підсилює, а не заміщує ментальні зусилля особистості.

У результаті дослідження підтверджено, що GenAI в поєднанні з мобільними технологіями спричиняє якісну трансформацію освітніх процесів, змінюючи не лише інструментарій навчання, а й саму логіку організації пізнавальної діяльності учнів. Мобільні пристрої з інтегрованими GenAI-сервісами поступово перетворюються з каналів доступу до контенту на багатофункціональні когнітивні середовища, здатні підтримувати аналіз, рефлексію, моделювання й творчість у режимі реального часу.

Запропонована динамічна модель M-AI-L концептуалізує мобільне навчання із ШІ як складний соціотехнічний процес, у межах якого учень виступає активним суб'єктом та координатором взаємодії з інтелектуальними системами різних типів. Модель демонструє, що освітня цінність мобільного навчання в умовах використання ШІ розкривається лише за умови поетапної організації навчальної діяльності – від сенсорного захоплення реального контексту до критичної перевірки та рефлексивного синтезу результатів.

Зауважимо, що модель M-AI-L зміщує акцент із простої технологічної доступності на якісну трансформацію когнітивної діяльності, коли смартфон із ШІ стає препроцесором складних операцій. Це уможливує *персоналізовану підтримку* учня, зберігаючи при цьому необхідність розвитку фундаментальних навичок критичного мислення для верифікації згенерованих результатів (таблиця).

Теоретичне узагальнення показало, що ефективна інтеграція GenAI в мобільне навчання потребує зміщення акценту з простого отриман-

ня відповідей на формування навичок постановки запитів, крос-модельного аналізу та відповідального прийняття рішень. Саме ці практики забезпечують розвиток AI-грамотності, критичного мислення й цифрової стійкості, запобігаючи ризикам когнітивного аутсорсингу та некритичної довіри до алгоритмічних рішень.

Отримані результати мають практико орієнтоване значення для модернізації освітніх програм, розроблення критеріїв оцінювання в умовах вільного доступу до штучно-

Таблиця

Порівняльний аналіз, переваги та ризики впровадження M-AI-L

Показники	Традиційне мобільне навчання	Модель M-AI-L	Переваги	Ризики та загрози
Призначення пристрою	Інструмент для роботи з контентом і доступу до мережі Інтернет	Інтерактивний когнітивний інструмент та інтелектуальний асистент	Підсилення (розширення) інтелектуальних можливостей учасників освітнього процесу	Технологічна залежність, обмеження навчальної мобільності
Підтримка учня (Scaffolding)	Обмежена фронтальною роботою вчителя	Адаптивна підтримка 24/7 у зоні найближчого розвитку	Персоналізована підтримка – миттєва адаптація контенту під рівень навчальних досягнень учня	Некритична довіра – сприйняття «галюцинацій» ШІ як істини
Характер пізнання	Робота з цифровими копіями підручників чи електронними засобами навчання	Спільна генерація ідей, пошуку відповідей на запитання і творчість із ШІ	Делегування технічної рутини ШІ	Інтелектуальна залежність
Позиція учня	Пасивний суб'єкт педагогічного впливу та споживач інформації	Учень самостійно добирає та поєднує найкращі рішення від різних інтелектуальних систем для розв'язання своїх завдань (AI Orchestrator)	Учень сам визначає темп і глибину навчання, рівень допомоги ШІ (освітня суб'єктність)	Розрив у можливостях учня через різну якість безкоштовних або доступних ШІ-інструментів (цифрова нерівність)
Контроль якості навчання	Традиційне тестування та перевірка знань	Модуль критичної перевірки (CVL) – крос-модельний аналіз	Розвиток критичного мислення завдяки оцінюванню відповідей ШІ	Академічна недобросесність – використання результатів нейромереж без власного доопрацювання або аналізу

Складено автором.

го інтелекту та створення етичних рамок його використання в закладах освіти. Подальші дослідження доцільно спрямувати на емпіричну валідацію моделі M-AI-L у різних

предметних галузях і вікових групах, а також на вивчення довгострокового впливу мобільного ШІ на когнітивний розвиток та навчальну суб'єктність учнів.

Список використаних джерел

1. Clark A., Chalmers D. The extended mind. *Analysis*. 1998. Vol. 58, Iss. 1. P. 7–19. DOI: <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>.
2. Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі : наук.-аналіт. доп. / О. М. Спірін та ін. ; за наук. ред. В. Г. Кременя. Київ : ІЦО НАПН України, 2025. 100 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747330>.
3. Ouyang F., Jiao P. Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2021. Vol. 2, 100020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>.
4. Chen X., Xie H., Zou D., Hwang G.-J. Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2020. Vol. 1, 100002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>.
5. Hwang G.-J., Xie H., Wah B. W., Gašević D. Vision, challenges, roles and research issues of AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2020. Vol. 1, 100001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>.
6. Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of AIED / T. K. F. Chiu et al. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022. Vol. 4, 100118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>.
7. A systematic review of generative AI in education / U. J. Nzenwata et al. *Journal of Computer Sciences and Applications*. 2024. Vol. 12, Iss. 1. P. 25–30. DOI: <https://doi.org/10.12691/jcsa-12-1-4>.
8. Dizon G., Gayed J. Examining the impact of Grammarly on the quality of mobile L2 writing. *The JALT CALL Journal*. 2021. Vol. 17, Iss. 2. P. 74–92. DOI: <https://doi.org/10.29140/jaltcall.v17n2.336>.
9. Imran M., Almusharraf N. Analyzing the role of ChatGPT as a writing assistant at higher education level. *Contemporary Educational Technology*. 2023. Vol. 15, Iss. 4, ep464. DOI: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13605>.
10. Sweller J. Cognitive load during problem-solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988. Vol. 12, Iss. 2. P. 257–285. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4.
11. Yan D. Impact of ChatGPT on learners in an L2 writing practicum. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28, Iss. 11. P. 13943–13967. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11685-9>.
12. Ali J. K. M., Shamsan M. A. A., Hezam T. A., Mohammed A. A. Q. Impact of ChatGPT on learning motivation: Teachers and students' voices. *Journal of English Studies in Arabia Felix*. 2023. Vol. 2, Iss. 1. P. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>.
13. Learners' perceived AI presences in AI-supported language learning: a study of AI as a humanized agent from community of inquiry / X. Wang et al. *Computer Assisted Language Learning*. 2024. Vol. 37, Iss. 4. P. 814–840. DOI: <https://doi.org/10.1080/09588221.2022.2056203>.
14. Celik I., Dindar M., Muukkonen H., Järvelä S. The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review. *TechTrends*. 2022. Vol. 66. P. 616–630. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>.

15. Chounta I. A., Bardone E., Raudsep A., Väljataga T. Exploring teachers' perceptions of AI as a tool to support practice. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2022. Vol. 32, Iss. 3. P. 725–755. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1346938>.
16. Modeling English teachers' behavioral intention to use artificial intelligence in middle schools / X. An et al. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28, Iss. 5. P. 5187–5208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11286-z>.
17. Utami S. P. T., Aridah A., Sridata J. Utilization of AI technology in an academic writing class: How do Indonesian students perceive? *Contemporary Educational Technology*. 2023. Vol. 15, Iss. 4, ep450. DOI: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13419>.
18. Akgun S., Greenhow C. Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*. 2022. Vol. 2, Iss. 3. P. 431–440. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>.
19. Artificial intelligence and reflections from educational landscape / A. Bozkurt et al. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Iss. 2, 800. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13020800>.
20. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. Cambridge : Cambridge University Press, 2020. 3rd ed. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.
21. Сивачук О. М. Трансформація оцінювання в епоху штучного інтелекту. *Інноваційна педагогіка*. 2025. Вип. 82. Т. 1. С. 204–208. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2025/82.1.37>.
22. Siemens G., Conole G. Editorial. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2011. Vol. 12, Iss. 3. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.994>.
23. Hutchins E. *Cognition in the wild*. Cambridge, MA : MIT Press, 1995. 402 p. DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/1881.001.0001>.
24. Vygotsky L. S. *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, 1978. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>.
25. Arnab S. *Game Science in Hybrid Learning Spaces*. London : Routledge, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315295053>.
26. Csikszentmihalyi M. *Flow: The psychology of optimal experience*. New York : Harper & Row, 1990. URL: <https://files.blogs.baruch.cuny.edu/wp-content/blogs.dir/2418/files/2013/04/Mihaly-Csikszentmihalyi-Flow.pdf>.
27. Hase S., Kenyon C. *Self-determined learning: Heutagogy in action*. London : Bloomsbury Academic, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781472553232>.
28. Deci E. L., Ryan R. M. The «what» and «why» of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*. 2000. Vol. 11, Iss. 4. P. 227–268. DOI: https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01.
29. Chiu T. K. F., Ahmad Z., Ismailov M., Sanusi I. T. What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*. 2024. Vol. 6, 100171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>.
30. Mayer R. E. *Multimedia learning*. 3rd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.
31. Developing and validating measures for AI literacy tests: From self-reported to objective measures / T. K. F. Chiu et al. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 7, 100282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100282>.

Матеріал надійшов до редакції 27.01.2026 р.

Svitlana Lytvynova

Dr. Sc. (Pedagogical), Professor, Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine, s.h.lytvynova@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5450-6635>

SYNERGY OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MOBILE LEARNING: A DYNAMIC MODEL FOR THE CONCEPTUAL TRANSFORMATION OF EDUCATIONAL PROCESSES

Abstract. *The purpose of this article is to theoretically substantiate the transformation of mobile learning under the influence of generative artificial intelligence (GenAI) and to develop a conceptual dynamic model for integrating mobile AI tools into contemporary educational practice. The study examines the shift of the smartphone's role from a content consumption device to an active cognitive learning tool in conditions of ubiquitous access to generative language models. Based on an analysis of current research, analytical data on students' use of mobile AI tools in 2025, and the generalization of pedagogical experience, the study identifies the risks of a "new digital divide" caused by unequal access to methodologically supported AI-enhanced learning. It is shown that a significant proportion of students either use AI tools spontaneously or remain excluded from AI-supported learning due to the lack of pedagogical guidance. The article presents an original dynamic model, M-AI-L (Mobile-AI-Learning), grounded in the principles of connectivism, distributed cognition theory, social constructivism, and heutagogy. The model interprets a mobile device with an AI component as a digital intellectual assistant and describes a sequence of sensory-perceptual perception, differentiated processing of information, critical validation, and reflective knowledge synthesis. Special attention is given to the development of AI literacy, critical thinking, students' learning agency, and digital resilience, as well as to ethical issues related to the use of generative AI in education. The findings may be used for the modernization of educational programmes and the development of methodological guidelines for implementing mobile GenAI-supported learning in secondary and higher education institutions.*

Keywords: *mobile learning, generative artificial intelligence, AI literacy, critical thinking, digital resilience, educational innovation, M-AI-L.*

References

1. Clark, A., & Chalmers, D. J. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7-19. DOI: <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>.
2. Spirin, O. M., Liashenko, O. I., Lytvynova, S. H., Malovanyi, Yu. I., Pinchuk, O. P., & Sokoliuk, O. M. (2025). *Digital transformation of education: Artificial intelligence in the modern educational space*. Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747330> [in Ukrainian].
3. Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial Intelligence in Education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>.
4. Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G.-J. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>.
5. Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>.

6. Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of AIED. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>.

7. Nzenwata, U. J., Barn-Nzekwe, C. L., Ojelabi, E. O., Oduware, O., Atalor, P. E., Yisau, Y., ...& Osisanya, O. A. (2024). A systematic review of generative AI in education. *Journal of Computer Sciences and Applications*. 12(1), 25-30. DOI: <https://doi.org/10.12691/jcsa-12-1-4>.

8. Dizon, G., & Gayed, J. (2021). Examining the impact of Grammarly on the quality of mobile L2 writing. *The JALT CALL Journal*, 17(2), 74-92. DOI: <https://doi.org/10.29140/jaltcall.v17n2.336>.

9. Imran, M., & Almusharraf, N. (2023). Analyzing the role of ChatGPT as a writing assistant at higher education level. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep464. DOI: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13605>.

10. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem-solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4.

11. Yan, D. (2023). Impact of ChatGPT on learners in an L2 writing practicum. *Education and Information Technologies*, 28(11), 13943-13967. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11685-9>.

12. Ali, J. K. M., Shamsan, M. A. A., Hezam, T. A., & Mohammed A. A. Q. (2023). Impact of ChatGPT on learning motivation: Teachers and students' voices. *Journal of English Studies in Arabia Felix*, 2(1), 41-49. DOI: <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>.

13. Wang, X., Pang, H., Wallace, M. P., Wang, Q., & Chen, W. (2024). Learners' perceived AI presences in AI-supported language learning: a study of AI as a humanized agent from community of inquiry. *Computer Assisted Language Learning*, 37(4), 814-840. DOI: <https://doi.org/10.1080/09588221.2022.2056203>.

14. Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review. *TechTrends*, 66, 616-630. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>.

15. Chounta, I. A., Bardone, E., Raudsep, A., & Väljataga, T. (2022). Exploring teachers' perceptions of AI as a tool to support practice. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 725-755. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1346938>.

16. An, X., Chai, C. S., Li, Y., Zhou, Y., Shen, X., Zheng, C., & Chen, M. (2023). Modeling English teachers' behavioral intention to use artificial intelligence in middle schools. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5187-5208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11286-z>.

17. Utami, S. P. T., Aridah, A., & Sridata, J. (2023). Utilization of AI technology in an academic writing class: How do Indonesian students perceive? *Contemporary Educational Technology*, 15(4), eP450. DOI: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13419>.

18. Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2(3), 431-440. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>.

19. Bozkurt, A., Karadeniz, A., Baneres, D., Guerrero-Roldán, A. E., & Rodríguez, M. E. (2021). Artificial intelligence and reflections from educational landscape. *Sustainability*, 13(2), 800. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13020800>.

20. Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. 3rd ed. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.

21. Syvachuk, O. M. (2025). Transforming assessment in the age of artificial intelligence. *Innovative Pedagogy*, 82(1), 204208. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2025/82.1.37> [in Ukrainian].

22. Siemens, G., & Conole, G. (2011). Editorial. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3). DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.994>.
23. Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/1881.001.0001>.
24. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>.
25. Arnab, S. (2020). *Game Science in Hybrid Learning Spaces*. London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315295053>.
26. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row. Retrieved from <https://files.blogs.baruch.cuny.edu/wp-content/blogs.dir/2418/files/2013/04/Mihaly-Csikszentmihalyi-Flow.pdf>.
27. Hase, S., & Kenyon, C. (2013). *Self-determined learning: Heutagogy in action*. London: Bloomsbury Academic. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781472553232>.
28. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. DOI: https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01.
29. Chiu, T. K. F., Ahmad, Z., Ismailov, M., & Sanusi, I. T. (2024). What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*, 6, 100171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>.
30. Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press. 3rd ed. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.
31. Chiu, T. K. F., Chen, Y., Yau, K. W., Chai, C. S., Meng, H., King, I., ...& Yam, Y. (2024). Developing and validating measures for AI literacy tests: From self-reported to objective measures. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100282>.



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License