



УДК 378.147:373.3.011.3-051:004.8  
DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2026-114-13>

## ВІД ГОТОВОЇ ВІДПОВІДІ ДО КЕРОВАНОГО МИСЛЕННЯ: МЕТОД ТРАСУВАННЯ КОГНІТИВНОЇ ТРАЄКТОРІЇ У ВИКОРИСТАННІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Саган Олена Валеріївна,  
кандидатка педагогічних наук, доцентка,  
завідувачка кафедри теорії та методики дошкільної та початкової освіти  
*Херсонський державний університет*  
sagan@ksu.ks.ua  
orcid.org/0000-0002-3195-3686

**Мета.** Метою статті є теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка дидактичної моделі педагогічно керованого використання штучного інтелекту у формуванні математичних компетентностей майбутніх учителів початкових класів, а також розкриття сутності методу трасування когнітивної траєкторії як інструмента аналізу навчальної діяльності студентів. **Методи.** У дослідженні використано аналіз наукових і нормативно-методичних джерел, педагогічне спостереження, опитування, аналіз діалогів студентів із ШІ, квазіексперимент із констатувальним, формувальним і контрольним етапами, а також статистичну обробку результатів із застосуванням t-критерію Стьюдента. У дослідженні взяли участь 33 здобувачі другого курсу спеціальності «Початкова освіта» двох послідовних академічних наборів. **Результати.** Запропоновано дидактичну модель використання ШІ, у якій його роль змінюється від інструмента перевірки та варіювання умов до об'єкта критичного аналізу й засобу співтворчості. Обґрунтовано метод трасування когнітивної траєкторії, що дає змогу фіксувати не лише кінцевий результат, а й послідовність пізнавальних дій студента: постановку запиту, уточнення умов, вибір стратегії, перевірку, пояснення та рефлексію. Експериментальні результати засвідчили позитивну динаміку рівнів математичної компетентності, зростання частки аналітичних і рефлексивних дій, а також ознаки перенесення навчального досвіду в площину майбутньої методичної діяльності. **Висновки.** Педагогічно кероване використання ШІ може бути ефективним засобом формування математичних і методичних компетентностей майбутніх учителів за умови чіткого дидактичного дизайну, людського контролю та орієнтації на процес мислення, а не лише на правильність відповіді.

**Ключові слова:** цифрова дидактика, математична компетентність, методична компетентність, метод трасування когнітивної траєкторії, таксономія Блума, підготовка вчителів.

## FROM READY-MADE ANSWERS TO GUIDED THINKING: THE METHOD OF COGNITIVE-TRAJECTORY TRACING IN THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Sagan Olena Valeriivna,  
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Theory and Methods of Preschool and Primary Education  
*Kherson State University*  
sagan@ksu.ks.ua  
orcid.org/0000-0002-3195-3686

**Purpose.** The purpose of the article is to theoretically justify and experimentally verify a didactic model of pedagogically guided use of artificial intelligence in developing mathematical competencies of future primary school teachers, as well as to clarify the essence of the cognitive-trajectory tracing method as a tool for analysing students' learning activity. **Methods.** The study employed analysis of scholarly and policy sources, pedagogical observation, questionnaires, analysis of student–AI dialogues, and a quasi-experiment with diagnostic, formative, and control stages. Statistical processing of the results was carried out using Student's t-test. The participants were 33 second-year students majoring in Primary Education from two consecutive academic cohorts. **Results.** The article proposes a didactic model of AI use in which the role of artificial intelligence shifts from a tool for checking answers and varying task conditions to an object of critical analysis and a means of co-creation. The cognitive-trajectory tracing method is substantiated as a way to record not only the final answer but also the sequence of students' cognitive actions in interaction with AI, including prompt formulation, clarification of conditions, choice of strategy, verification, explanation, and reflection. The experimental results demonstrated positive dynamics in the levels of mathematical competence, an increase in



analytical and reflective actions, and signs of transfer from students' own learning strategies to their emerging methodological competence as future teachers. **Conclusions.** Pedagogically guided AI use can serve as an effective means of developing mathematical and methodological competencies in future primary school teachers, provided that learning is based on clear didactic design, human oversight, and a shift of emphasis from answer production to the process of thinking.

**Keywords:** digital didactics, mathematical competence, methodological competence, cognitive trajectory tracing method, Bloom's taxonomy, teacher training.

**Вступ.** Сучасна педагогічна освіта опинилася у ситуації, коли генеративний штучний інтелект уже не є периферійним технічним нововведенням, а стає постійним елементом навчального середовища. Міжнародні орієнтири наголошують, що інтеграція ШІ в освіту має бути гуманіцентричною, керованою та пов'язаною з розвитком нових компетентностей, а не з механічною заміною інтелектуальної праці здобувача освіти (Miao & Holmes, 2023; Miao & Sukhova, 2024). Українські рекомендації для закладів загальної середньої та вищої освіти так само підкреслюють педагогічну доцільність, прозорість, субсидіарність і необхідність людського контролю у використанні таких інструментів (Міністерство цифрової трансформації України, Міністерство освіти і науки України, 2024; Міністерство освіти і науки України, 2025). Усе це робить проблему не технічною, а передусім дидактичною.

Для підготовки майбутніх учителів початкових класів ця проблема має особливу вагу. По-перше, саме в їхньому навчанні математична компетентність виконує роль фундаменту для логічного аналізу, моделювання, пояснення й аргументації. По-друге, способи, у які студент навчається сам, згодом переносяться у його майбутню методичну діяльність. Якщо ШІ використовується лише як джерело готових відповідей, майбутній учитель засвоює не модель педагогічного керування мисленням, а модель швидкого отримання результату без достатнього опрацювання шляху до нього. Саме тут постає суперечність між високим дидактичним потенціалом ШІ та спонтанними практиками його використання.

**Метою статті** є теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити дидактичну модель педагогічно керованого використання ШІ у формуванні математичних компетентностей майбутніх учителів початкових класів як підґрунтя розвитку їхніх методичних компетентностей і розкрити наукову новизну методу трактування когнітивної траєкторії.

**Теоретичне обґрунтування** проблеми. Проблематика використання штучного інтелекту в освіті у 2023–2026 рр. набула статусу одного з ключових напрямів педагогічних досліджень. Сучасні наукові роботи демонструють перехід від описового аналізу можливостей ШІ до дослідження його дидактичного потенціалу, умов ефективної інтеграції та впливу на результати навчання (Саган, 2024; Саган,

2025; Palamar & Naumenko, 2024; Kutsak, 2025; UNESCO, 2023). У зазначених дослідженнях підкреслюється, що ключовим чинником ефективності є не сам факт використання ШІ, а його педагогічно обґрунтована інтеграція у структуру навчальної діяльності, зокрема через організацію активної пізнавальної взаємодії здобувачів освіти із цифровими інструментами.

У вітчизняних дослідженнях останніх років акцент зроблено на ролі штучного інтелекту як інструменту цифрової трансформації освіти, персоналізації навчання та підтримки індивідуальних освітніх траєкторій. Водночас наголошується на ризиках некритичного використання ШІ, зокрема зниженні рівня самостійності мислення та порушенні академічної доброчесності.

У міжнародних дослідженнях підкреслюється, що генеративний ШІ змінює підходи до створення навчального контенту, оцінювання та організації навчального процесу, водночас висуваючи нові вимоги до педагогічного дизайну та цифрової грамотності (UNESCO, 2023; Kasneci et al., 2023; OpenAI, 2024). Зокрема, у звітах UNESCO (2023) акцентовано на необхідності педагогічно керованого впровадження ШІ та розвитку AI-грамотності як складової частини професійної підготовки вчителя; у роботах Kasneci et al. (2023) доведено, що генеративні моделі можуть підвищувати якість навчання за умови інтеграції у структуровані навчальні сценарії; водночас у сучасних аналітичних оглядах (OpenAI, 2024) наголошується на зміні парадигми оцінювання – від перевірки результату до аналізу процесу мислення здобувача освіти. Це корелює з ідеями цифрової дидактики щодо пріоритету організації пізнавальної діяльності над простим відтворенням знань.

У сучасних дослідженнях ШІ в освіті дедалі частіше розглядається не як нейтральний інструмент, а як чинник, що змінює логіку навчального дизайну. Праці Kasneci et al. (2023) показують, що великі мовні моделі здатні підтримувати персоналізацію навчання, створення навчального контенту, зворотний зв'язок і диференціацію, але водночас вимагають від викладачів і студентів нових компетентностей: критичного мислення, фактчекінгу, розуміння обмежень системи та постійного людського нагляду. Подібний висновок підтверджується і в сучасних оглядах із математики, де потенціал ШІ пов'язується насамперед з адаптивністю, варіативністю завдань і підтримкою розуміння,



а не лише з прискоренням обчислень (Nguyen & Pham, 2025).

У цьому контексті вагомими є також наукові підходи, де штучний інтелект розглядається як інструмент моделювання складних процесів і підтримки прийняття рішень (Чумаченко, 2025; Саган & Блах, 2025). Перенесення цих підходів у площину освіти дає змогу трактувати взаємодію студента зі ШІ як процес побудови та дослідження інтелектуальних моделей вирішення завдань. Така інтерпретація узгоджується з положеннями цифрової дидактики, відповідно до яких навчання має організовуватися як діяльність з оперування моделями, а не лише засвоєння готових знань.

Методично значущим для нашого дослідження є також звернення до переглянутої таксономії Блума (Anderson & Krathwohl, 2001). Вона дає змогу вибудувати такі типи навчальних завдань, у яких ШІ не «закриває» діяльність студента, а змінює свою функцію залежно від рівня: перевіряє, пояснює, варіює умови, пропонує альтернативи, стає об'єктом критики, підтримує конструювання нового. У цьому разі головне педагогічне питання звучить так: як зафіксувати не лише правильність відповіді, а й сам процес формування розв'язку? Відповіддю на нього і стає метод трасування когнітивної траєкторії.

Під методом трасування когнітивної траєкторії у цьому дослідженні розуміємо спосіб фіксації та аналізу послідовності пізнавальних дій студента під час взаємодії з ШІ: постановку первинного запиту, уточнення умов, вибору стратегії, перевірки результату, пояснення отриманого рішення та рефлексивної корекції. На відміну від традиційної перевірки «правильно/неправильно» такий метод дає змогу бачити якість мислення, ступінь самостійності, характер помилок і глибину розуміння навчального змісту.

Особливого значення набуває визначення таких умов організації навчальної діяльності, за яких штучний інтелект виступає не джерелом готових рішень, а інструментом підтримки пізнавальної активності, розвитку рефлексії та формування здатності до самостійного вирішення завдань.

**Методологія та методи.** Дослідження мало квазіекспериментальний характер і проводилося на педагогічному факультеті за участю здобувачів II курсу спеціальності «Початкова освіта». До вибірки увійшли дві послідовні академічні групи: 17 осіб у 2024–2025 н. р. і 16 осіб у 2025–2026 н. р. Логіка дослідження включала констатувальний, формувальний і контрольний етапи.

На констатувальному етапі було використано опитування, спостереження за навчальною діяльністю та аналіз взаємодії студентів зі ШІ під час розв'язування математичних задач.

Це дало можливість визначити домінуючий характер використання інструментів ШІ, типові моделі запитів і ступінь орієнтації студентів на готовий результат або на осмислення процесу.

На формувальному етапі впроваджувалася спеціально спроектована система завдань на основі переглянутої таксономії Блума. Принципово важливо, що використання ШІ не заборонялося, натомість змінювався спосіб його включення в діяльність. Для фіксації змін застосовувався метод трасування когнітивної траєкторії. Аналізувалися такі індикатори: змістова правильність міркувань, логіка розгортання розв'язання, характер взаємодії із ШІ, наявність самоперевірки та якість пояснення. Наукова новизна методу полягає у перенесенні акценту з результату навчання на когнітивний процес його досягнення, що стає можливим завдяки цифровому середовищу та використанню ШІ. Метод забезпечує можливість кількісного та якісного аналізу навчальної діяльності, зокрема визначення рівня самостійності мислення, характеру пізнавальних дій та ступеня залученості здобувача освіти у процес розв'язання задач. Це дає змогу розглядати його як перспективний інструмент педагогічного дослідження у цифровій дидактиці.

На контрольному етапі проводилася повторна діагностика рівнів математичної компетентності та порівняння результатів «до» і «після» формувального впливу. Для перевірки статистичної значущості різниць застосовано t-критерій Стьюдента.

Результати та дискусії. Педагогічний експеримент було організовано з метою перевірки ефективності використання штучного інтелекту у формуванні математичних компетентностей здобувачів освіти.

Дослідження проводилося на педагогічному факультеті. Учасниками стали здобувачі II курсу спеціальності «Початкова освіта»: 17 осіб (2024–2025 н. р.) та 16 осіб (2025–2026 н. р.).

Експеримент тривав протягом 2024–2025 та 2025–2026 навчальних років і включав три етапи: констатувальний, формувальний та контрольний.

На констатувальному етапі проведено опитування, метою якого було з'ясування характеру використання штучного інтелекту студентами під час вивчення математики. Результати показали, що переважна більшість здобувачів використовує ШІ як інструмент для отримання готового результату (розв'язку задачі, відповіді), що супроводжується низьким рівнем аналізу та пояснення способів розв'язання. Це підтверджує домінування репродуктивного рівня навчальної діяльності та недостатню сформованість рефлексивних і аналітичних умінь.

На формувальному етапі було впроваджено систему завдань за таксономією Блума, яка обмежує можливість прямого отримання



готового результату та стимулює поетапне розгортання мислення. Принципово важливим є те, що під час навчання, зокрема в умовах онлайн-освіти, використання інструментів ШІ не заборонялося, а цілеспрямовано організовувалося. Основною зміною стало переорієнтування ролі ШІ – від джерела готової відповіді до інструмента аналізу, перевірки, варіювання умов та співтворчості.

На рівні «запам'ятовування» студенти виконували завдання на відтворення понять та формул з обов'язковим поясненням їх змісту власними словами. На рівні «розуміння» завдання передбачали інтерпретацію математичних тверджень, пояснення розв'язків, отриманих за допомогою ШІ, та виявлення помилок у готових відповідях. На рівні «застосування» студенти розв'язували задачі з варіативними умовами, де необхідно було змінювати параметри задачі та аналізувати вплив цих змін на результат. На рівні «аналізу» пропонувалися завдання на порівняння різних способів розв'язання, виділення ключових етапів та побудову структури розв'язання. На рівні «оцінювання» студенти здійснювали критичний аналіз відповідей ШІ, аргументували правильність або помилковість розв'язків, формулювали власні висновки. На рівні «створення» передбачалося

конструювання власних задач, розроблення навчальних прикладів та моделювання пояснень для учнів початкової школи.

Така система завдань забезпечувала перехід від репродуктивного використання ШІ до його використання як інструмента організації мислення. Приклад реалізації системи на прикладі вивчення теми «Множини. Операції з множинами» представлено у табл. 1.

Подана система завдань фіксує зміну функції штучного інтелекту в освітньому процесі – від інструмента отримання готової відповіді до засобу організації пізнавальної діяльності. На нижчих рівнях таксономії ШІ виконує допоміжну верифікаційну функцію (перевірка та уточнення), тоді як на вищих рівнях він стає об'єктом критичного аналізу та інструментом породження варіантів рішень. Це забезпечує зміщення акценту з результату на процес мислення та створює умови для розвитку метакогнітивних умінь. Важливо, що під час занять, зокрема в умовах онлайн-навчання, використання інструментів ШІ не обмежувалося, а цілеспрямовано організовувалося: акцент робився не на отриманні готового результату, а на усвідомленні шляхів розв'язання. ШІ використовувався як «тренажер» для виконання різних типів завдань (перевірка, варіювання

Таблиця 1

Система завдань за таксономією Блума (тема «Множини»)

Рівень	Тип завдання	Приклад завдання	Роль ШІ у виконанні завдання	Очікуваний результат
Запам'ятовування	Відтворення понять і символіки	Дайте визначення множини, підмножини, об'єднання та перетину	Використовується для перевірки правильності формулювань і доповнення визначень	Знання термінів, коректне використання символів
Розуміння	Пояснення змісту операцій	Поясніть рівність $A \cup B = B \cup A$ на конкретному прикладі; поясніть відповідь ШІ	Використовується як об'єкт аналізу: студент пояснює або критикує відповідь ШІ	Усвідомлення змісту операцій, вміння пояснювати
Застосування	Розв'язування варіативних задач	Змініть елемент у множині $A$ та проаналізуйте, як зміниться $A \cap B$	Використовується для генерації варіантів задач або перевірки отриманого результату	Застосування знань у змінених умовах
Аналіз	Порівняння способів розв'язання	Порівняйте обчислення $A \cup (B \cap C)$ через формули і діаграми Венна	Використовується для отримання альтернативних рішень, які студент порівнює і структурує	Виділення структури, розуміння логіки
Оцінювання	Критичний аналіз відповідей	Перевірте твердження $(A \cap B) \cup B = A \cup B$ , наведіть доказ або контрприклад	Використовується як «джерело помилок» або варіантів відповіді для критичного аналізу	Формування аргументованих суджень
Створення	Конструювання задач	Складіть власну задачу з використанням $\cup$ , $\cap$ , $\setminus$ та поясніть її розв'язання для учня	Використовується як інструмент співтворчості: допомога у формулюванні, але не готовий результат	Розвиток творчого мислення і методичних умінь



умов, аналіз альтернатив), що забезпечувало керуване розгортання мислення. Таким чином, таблиця репрезентує дидактичну модель інтеграції ШІ, у якій контроль доступу до «готових відповідей» поєднується з керуванням використанням ШІ як інструмента навчальної діяльності, що підтверджує її ефективність як засобу формування математичних і, опосередковано, методичних компетентностей.

Водночас саме така модель створює передумови для формування методичних компетентностей у студентів під час вивчення дисциплін методичного спрямування. Це пояснюється тим, що здобувачі не лише засвоюють математичний зміст, а й опановують способи його пояснення, трансформації та адаптації до рівня учнів. Робота із завданнями різних рівнів за таксономією Блума формує у студентів уміння проектувати навчальні ситуації, добирати адекватні методи навчання, передбачати типові помилки та організувати пізнавальну діяльність учнів. Використання ШІ як інструмента аналізу і співтворчості додатково сприяє розвитку здатності до рефлексії власної педагогічної діяльності, що є ключовим складником методичної компетентності. Таким чином, відбувається перенесення досвіду власної навчальної діяльності у площину майбутньої професійної діяльності вчителя. Зокрема, сформоване вміння вибудовувати логіку розв'язання (послідовність «умова → аналіз → вибір стратегії → перевірка → пояснення») прямо трансформується у методичні дії: проектування поетапних пояснень для учнів, конструювання завдань різних рівнів складності, діагностика типових помилок і планування корекційних кроків. Це підсилює здатність майбутнього вчителя керувати пізнавальною діяльністю учнів, забезпечувати прозорість міркувань і формувати в них аналогічні когнітивні стратегії, що узгоджується з підходами до методичної підготовки, представленими у працях О. Я. Савченко, Н. М. Бібік, С. О. Скворцової, О. І. Пометун, де акцентується значення поетапного формування навчальних дій, розвитку пояснювальної діяльності та рефлексії як ключових складників професійної компетентності вчителя.

Контрольний етап передбачав повторну діагностику рівнів сформованості математичних компетентностей у студентів з урахуванням змін у характері навчальної діяльності. Узагальнені результати за два роки представлено у табл. 2.

Таблиця 2

#### Динаміка рівнів сформованості математичних компетентностей

Рівень	До експерименту	Після експерименту
Високий	12%	35%
Достатній	24%	41%
Середній	47%	18%
Початковий	17%	6%

Кількісний аналіз результатів демонструє суттєве зростання частки здобувачів із високим і достатнім рівнями сформованості математичних компетентностей та відповідне зменшення частки студентів із середнім і початковим рівнями. Для узагальненої оцінки ефективності формувального впливу статистичні показники винесено в окрему підтаблицю (табл. 3).

Узагальнення результатів двох послідовних вимірювань дає змогу констатувати стабільність ефекту: незалежно від незначних варіацій вибірки спостерігається відтворювана тенденція зростання рівня математичних компетентностей та зменшення розкиду результатів. Це свідчить про надійність і відтворюваність запропонованої дидактичної моделі. Наведені дані підтверджують ефективність запропонованого формувального впливу та дають змогу розглядати його як стійкий педагогічний ефект.

Якісний аналіз результатів дав змогу зафіксувати принципів зміни у характері використання ШІ студентами: зменшення кількості запитів, спрямованих на отримання готового результату; зростання частки аналітичних запитів (пояснення, перевірка, порівняння); поява рефлексивних дій (самоперевірка, уточнення, корекція); підвищення якості аргументації та пояснення розв'язань.

Аналіз когнітивних траєкторій підтвердив зміну структури мислення здобувачів: якщо на початковому етапі домінували короткі запити

Таблиця 3

#### Статистичні показники результатів експерименту (2024–2025 н. р., n=17; 2025–2026 н. р., n=16)

Показник	2024–2025 н. р.		2025–2026 н. р.	
	До експерименту	Після експерименту	До експерименту	Після експерименту
Середній бал (12-бальна шкала)	6,8	8,9	6,9	8,7
Стандартне відхилення ( $\sigma$ )	1,02	0,87	1,05	0,89
t-критерій Стьюдента	–	4,27	–	3,98
Рівень значущості ( $p$ )	–	< 0,05	–	$p < 0,05$



з орієнтацією на результат, то після формувального впливу формується послідовність взаємопов'язаних дій (аналіз → уточнення → перевірка → пояснення). Це свідчить про перехід до більш глибокого рівня опрацювання навчального матеріалу та формування метакогнітивних умінь.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що запропонована дидактична модель у поєднанні з керованим використанням штучного інтелекту забезпечує зміну характеру навчальної діяльності – від репродуктивного використання до аналітичного та рефлексивного. Така трансформація є критично важливою не лише для підвищення рівня математичних компетентностей, а й для формування методичних компетентностей, оскільки сприяє перенесенню досвіду організації власної пізнавальної діяльності у майбутню професійну діяльність учителя.

Студенти почали не лише самі краще розуміти логіку розв'язання, а й частіше демонстрували готовність пояснити її «для учня», передбачити типову помилку, змінити умову задачі для диференціації та обрати прийнятний спосіб покрокового пояснення. Саме тут математична компетентність переходила у площину методичної.

Отримані результати узгоджуються з міжнародними й українськими підходами. Вони підтверджують, що ефективне використання ШІ пов'язане не так із технологічною новизною, як із якістю педагогічного дизайну, людським контролем, етичними рамками та розвитком критичного мислення (Miao & Holmes, 2023; Miao & Sukurova, 2024; Kasneci et al., 2023). Разом із висновками сучасних оглядів із математики це дає змогу трактувати запропонований підхід як перспективний для подальшого предметного розширення (Nguyen & Pham, 2025).

Водночас дослідження має обмеження. Вибірка є відносно невеликою, охоплює один інституційний контекст і не містить окремої контрольної групи. Тому отримані результати слід тлумачити як переконливі, але такі, що потребують подальшої перевірки на ширших вибірках, у різних математичних темах і форматах навчання.

**Висновки.** Проведене дослідження дає змогу зробити узагальнений висновок про доцільність переходу від стихійного до педагогічно керованого використання штучного інтелекту у підготовці майбутніх учителів початкових класів. Установлено, що ефективність застосування ШІ визначається не самим фактом його використання, а характером включення у структуру навчальної діяльності, зокрема через систему завдань, орієнтованих на поетапне розгортання мислення.

Запропонована дидактична модель демонструє потенціал як універсальний інструмент організації навчання в умовах цифрового освітнього середовища, оскільки забезпечує зміщення акценту з отримання результату на процес його досягнення. Такий підхід сприяє формуванню глибшого розуміння математичного змісту, розвитку аналітичного та рефлексивного мислення, а також створює передумови для переходу від навчальної діяльності до професійно орієнтованої.

Важливою є також можливість використання штучного інтелекту не як альтернативи мисленню, а як інструмента його розвитку. Педагогічно організоване використання ШІ у ролі засобу аналізу, перевірки та варіювання умов забезпечує формування у студентів стійких когнітивних стратегій, які надалі трансформуються у методичні вміння: здатність структурувати навчальний матеріал, проєктувати пояснення, прогнозувати труднощі учнів і організовувати їхню пізнавальну діяльність.

Отримані результати підтверджують, що запропонований підхід має відтворюваний характер і може бути застосований у межах різних математичних тем та навчальних дисциплін, що свідчить про його універсальність і потенціал для інтеграції у систему професійної підготовки майбутніх педагогів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на уточнення меж і умов ефективного використання ШІ у навчанні, зокрема: якою мірою обмеження доступу до «готових відповідей» є необхідним і де проходить межа між підтримкою та надмірною регламентацією використання ШІ; як масштабувати метод трасування когнітивної траєкторії для великих академічних груп без втрати валідності та надійності вимірювань; яким чином інтегрувати оцінювання процесу (а не лише результату) у наявні системи контролю та академічної доброчесності. Вирішення цих питань сприятиме підвищенню зовнішньої валідності отриманих результатів і розширенню сфери застосування запропонованої моделі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Anderson L. W., Krathwohl D. R. (Eds.). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman, 2001. 352 p.
2. Kasneci E., Seßler K., Küchemann S., Bannert M., Dementieva D., Fischer F. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*. 2023. Vol. 103. Article 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274
3. Miao F., Holmes W. *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO, 2023.



4. Miao F., Cukurova M. *AI competency framework for teachers*. UNESCO, 2024.

5. Miao F., Shiohira K., Lao N. *AI competency framework for students*. UNESCO, 2024.

6. Інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти/ Міністерство цифрової трансформації України, Міністерство освіти і науки України. 2024. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>

7. Штучний інтелект у закладах вищої освіти: рекомендації для викладачів, студентів і працівників ЗВО / Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf>

8. Nguyen D. T., Pham Q. V. The evolving landscape of AI integration in mathematics education: A systematic review of trends (2015–2025). *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2025. Vol. 21, No. 10. Article em2714. DOI: 10.29333/ejmste/17078

9. Саган О. В. Організація персоналізованого навчання за допомогою штучного інтелекту. *Педагогічні науки*. 2024. № 108. С. 37–43. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2024-108-6

10. Саган О. В., Блах В. С. Штучний інтелект як цифровий колега: можливості, виклики та перспективи використання в освіті. *Педагогічні науки*. 2025. № 111. С. 39–46. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2025-111-6

11. Саган О. В. Штучний інтелект як структурний складник методичної системи викладання освітньої компоненти у вищій освіті. *Педагогічні науки*. 2025. № 112. С. 20–25. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2025-112-3

## REFERENCES:

1. Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

2. Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274

3. Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.

4. Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO.

5. Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO.

6. Ministerstvo tsyfrovoyi transformatsii Ukrainy, & Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. (2024). *Instruktyvno-metodychni rekomendatsii shchodo zaprovadzhennia ta vykorystannia tekhnolohii shtuchnoho intelektu v zakladakh zahalnoi serednoi osvity* [Instructional and methodological recommendations on the implementation and use of artificial intelligence technologies in general secondary education institutions]. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf> [in Ukrainian].

7. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. (2025). *Shtuchnyi intelekt u zakladakh vyshchoi osvity: rekomendatsii dlia vykladachiv, studentiv i pratsivnykiv ZVO* [Artificial intelligence in higher education institutions: recommendations for teachers, students, and staff]. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf> [in Ukrainian].

8. Nguyen, D. T., & Pham, Q. V. (2025). The evolving landscape of AI integration in mathematics education: A systematic review of trends (2015–2025). *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(10), em2714. DOI: 10.29333/ejmste/17078

9. Sagan, O. V. (2024). Orhanizatsiia personalizovanoho navchannia za dopomohoiu shtuchnoho intelektu [Organization of personalized learning with the help of artificial intelligence]. *Pedahohichni nauky* [Pedagogical Sciences], 108, 37–43. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2024-108-6. [in Ukrainian].

10. Sagan, O. V., & Blakh, V. S. (2025). Shtuchnyi intelekt yak tsyfrovyy koleha: mozhlyvosti, vyklyky ta perspektyvy vykorystannia v osviti [Artificial intelligence as a digital colleague: opportunities, challenges, and prospects for use in education]. *Pedahohichni nauky* [Pedagogical Sciences], 111, 39–46. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2025-111-6. [in Ukrainian].

11. Sagan, O. V. (2025). Shtuchnyi intelekt yak strukturna skladova metodychnoi systemy vykladannia osvitnoi komponenty u vyshchii osviti [Artificial intelligence as a structural component of the methodological system for teaching an educational component in higher education]. *Pedahohichni nauky* [Pedagogical Sciences], 112, 20–25. DOI: 10.32999/ksu2413-1865/2025-112-3 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0



Дата першого надходження статті до видання: 13.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026