УДК 37.091: 004.8:514

Іван Ленчук
кандидат технічних наук, доктор педагогічних наук,
професор, професор кафедри алгебри та геометрії,
Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна
ORCID ID 0000-0003-1923-9540
lench456@gmail.com

Олександр Мосіюк
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій,
Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна
ORCID ID 0000-0003-3530-1359
mosxandrwork@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ СТАРШОЇ ШКОЛИ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ ГЕОМЕТРІЇ

Анотація. Лавиноподібний розвиток технологій штучного інтелекту став черговим викликом для сучасної освіти України на рівні з пандемією COVID-19 та безпідставною російською військовою агресією проти нашої держави. Загальна доступність відповідних технологій призвела до того, що учні, намагаючись спростити шлях вирішення завдань, які задають їм учителі, звертаються до сервісів ШІ і сприймають відповіді без належної перевірки. Як наслідок, це не тільки не сприяє дотриманню академічної доброчесності, а й знижує загальний рівень знань із шкільних предметів. Більше того, беззастережне сприйняття відповідей, які надають моделі машинного навчання, зовсім не сприяє формуванню уміння критично опрацьовувати інформацію. У цьому контексті актуальною є тема, що розглядається у представленій статті. За мету роботи взято дослідження потенційних можливостей використання технологій штучного інтелекту як важливого засобу для розвитку критичного мислення під час вивчення геометрії школярами 10 – 11 класів. Для досягнення поставленої задачі було важливим порівняти відповіді загальнодоступних і найбільш популярних сервісів штучного інтелекту при розв'язуванні геометричних задач з курсу геометрії відповідних класів. Саме тому нами завчасно було визначено запити, які можна вважати найбільш типовими. Відповідь кожної моделі ШІ детально аналізувалася та порівнювалася; визначалися правильні рішення та вказувалися на помилки. Важливою частиною було оцінити, яким чином трансформувати освітній процес, зокрема при вивченні геометрії, з огляду на результати дослідження ефективності сервісів штучного інтелекту так, щоб недоліки використання ШІ в освіті зробити перевагами та забезпечити формування у школярів навичок критичного мислення. У висновках підсумовується результати дослідження, вказуються на важливі моменти інтеграції технологій ШІ у навчальний процес вивчення курсу геометрії для 10 та 11 класу. Окремо наголошено на тому, що питання використання технологій штучного інтелекту в освіті не повністю досліджене, та вказано подальші напрями роботи.

Ключові слова: онлайн-сервіси штучного інтелекту; конструктивна стереометрія; критичне мислення.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Сучасна освіта проходить черговий етап глобальної трансформації, який пов'язаний зі швидким розвитком технологій генеративного штучного інтелекту. Загальнодоступні мовні моделі створюють в учнів спотворене уявлення про абсолютну точність інформації з різних освітніх компонент (особливо з інформатики, математики чи фізики), яку на запити школярів надають спеціалізовані

© Іван Ленчук, Олександр Мосіюк, 2025.

онлайн-сервіси. Сьогодні існуюче відповідне програмне забезпечення спроможне коректно обґрунтувати відповідь на переважно прості запитання, які не передбачають глибокого аналізу предметної ситуації, описаної в умові задачі. Фактично вони орієнтовані на відтворення певних даних, закладених в сервіс під час процесу навчання моделі. Але комплексна задача, яка вимагатиме від учня залучення знань та навичок з різних сфер математики (і не тільки) для її розв'язання, при формальному підході до її вирішення шляхом перенаправлення запиту до моделі штучного інтелекту (у подальшому також використовуватимемо абревіатуру ШІ) у більшості випадків буде матиме некоректну відповідь або ж використовуватимуться твердження та наукові факти, що не притаманні шкільному курсу. Зазвичай така ситуація не сприяє формуванню у школярів розуміння предмету та формування в них навичок критичного осмислення інформації.

Не секрет, що технології ШІ є лише інструментом, яким керує людина, однак складається враження, що школярі (й значний відсоток студентів закладів вищої освіти) сприймають відповіді, що пропонуються моделями машинного навчання, як беззаперечну істину та не підозрюють, що роблять помилки та навіть «віднаходять» нові неіснуючі факти. Як наслідок, технології розвиваються, але якість освіти не зростає, а в деяких випадках рівень сформованості компетенцій, навпаки, знижується. Більше того, ринок праці змінюється та стрімко розвивається, вбираючи нові технологічні рішення, що вимагає від фахівців адаптації до реалій, що склалися. Фактично маємо протиріччя – інструментарій модернізується, а його місце та значення в освітньому процесі у кращому випадку лише починає обговорюватись у фахових колах. У результаті цього методичні аспекти впровадження технологій штучного інтелекту тільки напрацьовуються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив сучасних цифрових програмних засобів на навчальний процес досліджують як в Україні, так і за кордоном. У роботах аналізується як позитивний, так і негативний вплив технологій ШІ на освіту. Наприклад, Щавінський Ю., Мужанова Т., Якименко Ю., Запорожченко М. [1] розкривають можливості використання мовної моделі для створення кейсів, що адаптовані для навчання кібербезпеці студентів. Автори зазначають, що поряд з позитивними моментами використання відповідних інструментів важливо враховувати особливості роботи сервісів ШІ та критично ставитися до запропонованих практичних ситуацій і перевіряти їх. Це пов'язано з тим, що використовувані моделі штучного інтелекту не завжди дають коректні відповіді чи описують реалістичні ситуації з певної визначеної тематики, а отже, мають перевірятися фахівцем чи викладачем освітньої компоненти.

Позитивне та негативне значення засобів штучного інтелекту при формуванні трансверсальних компетентностей майбутнього вчителя описує Попова Л. [2], а застосування засобів штучного інтелекту як інструменту оцінювання результатів навчання опрацьовують у своїй роботі Луценко Г., Подолян О., Гриценко В. [3].

Окремі, найбільш поширені, онлайн-сервіси штучного інтелекту та їх використання у процесі навчання окремих предметів досліджувались багатьма фахівцями. Так Покришень Д. зосереджує увагу на описі кейсів використання ChatGPT 3.5 в освіті загалом [4]. А Лукашова Т., Друшляк М. досліджують вплив цього програмного засобу на розвиток критичного мислення майбутніх учителів математики [5].

Стан впливу технологій ШІ як загалом на освіту, так і на навчання математики, активно досліджують за кордоном. Ряд науковців у своїх працях зосередились на комплексному аналізі досвіду педагогів-практиків, який пов'язаний з імплементацією в навчальний процес засобів штучного інтелекту. Наприклад, Шань Ван, Фан Ван, Чжен Чжу, Цзінсюань Ван, Там Тран та Чжао Ду у своїй роботі аналізуючи літературні наукові джерела намагаються дати відповіді на такі важливі питання: «Які основні категорії

застосування штучного інтелекту досліджуються в галузі освіти?», «Що переважає у тематиці досліджень та їхні ключові висновки з них?», «Який поточний стан ключових компонентів проєктування досліджень, включно з теоретичними засадами, методологіями та контекстами їх проведення?» [6]. Схожий підхід був використаний Олувасей Айна Гболаде Опесемово та Хабіб Омопонле Адевуйі тільки у сфері математичної освіти [7]. А Хван Г.-Дж. і Ту Ю.-Ф. [8] зосередилися на системному огляді наукової літератури, пов'язаної з поширеними трендами використання ШІ в навчанні математики. На їх думку, пріоритетними напрямами досліджень мають бути: питання персоналізованого навчання з використанням технологій штучного інтелекту; комплексна й обґрунтована оцінка впливу зазначених програмних засобів на результати навчання, зокрема з математики та окремих її розділів (алгебри, геометрії, прикладної математики, статистики тощо); значення ШІ для поглибленого вивчення математичних дисциплін у школі тощо.

Абулібдех А., Зайдан Е., Абулібдех Р. розглядають питання використання технологій штучного інтелекту в контексті четвертої промислової революції. Вони зосереджують свою увагу більшою мірою на трансформаційному потенціалі відповідних засобів, етичних міркуваннях їх використання, імперативах безперервного навчання [9]. Ряд авторів відзначають, що конфіденційність і етичне використання ШІ, важливість використання його надійних алгоритмів та рівність і справедливість у доступі до технологій також треба враховувати в освіті [10]. Вплив генеративних моделей штучного інтелекту на оцінювання розкривається в роботі [11].

Анкетування та аналіз відповідей експертів також є поширеною практикою у сфері вивчення теми використання засобів ШІ в освіті. Так, досліджуючи значення онлайн сервісу ChatGPT та провівши контент-аналіз відповідей 7 науковців та 14 аспірантів з Туреччини, Швеції, Канади і Австралії щодо впливу технології на університетську освіту, Фірат М. зробив ряд висновків – важливо формувати політику, нормативні засади і впроваджувати найкращі практики етичного та ефективного застосування технологій ШІ в освітньому процесі на основі постійного міжсекторального діалогу і співпраці між усіма зацікавленими сторонами; розвиток критичного мислення, креативності, здатності до розв'язання проблем і формування цифрової грамотності має бути концептуально закладені в структуру навчальних програм; впровадження навчальних середовищ з підтримкою штучного інтелекту має бути персоналізованим, адаптивним та забезпечувати індивідуальні потреби учнів і сприяти самокерованому навчанню [12].

Цікавий погляд на роль і значення технологій аналізу даних і штучного інтелекту представлено у роботі Кукурова М. Автор підкреслює відмінності між людським інтелектом і штучною обробкою інформації, акцентує увагу на важливості функціонування гібридних систем людина-ШІ для розширення людського пізнання та стверджує, що ШІ також може слугувати інструментом для розуміння процесу навчання [13].

Багато наукових праць стосуються використання технологій штучного інтелекту в математичній освіті. Зокрема Шин Д. [14] аналізує перспективи використання засобів штучного інтелекту з огляду на індивідуалізацію навчання математичних дисциплін та підвищення об'єктивності оцінювання навчальних досягнень. Гаданідіс Г. характеризує вплив відповідних програмних засобів на формування обчислювального мислення молодших школярів під час вивчення математики [15]. А колектив авторів Уйгун Т., Шендур А., Топ Б., Кошгун-Башегмез К. [16] висловлюють думку, що застосування засобів штучного інтелекту в поєднанні з інструментами віртуальної та доповненої реальності сприятимуть формуванню у школярів просторового мислення, геометричної уяви та уявлень.

Сучасні моделі штучного інтелекту мають можливість також розв'язувати і

математичні задачі. Так Гетенет С. порівняв здатність розв'язувати текстові математичні задачі різними способами й підходами майбутніми вчителями та онлайн-сервісом ChatGPT [17]. Звичайно, відповіді, запропоновані студентами, були більш точними порівняно з наведеними ШІ розв'язками, але автор у висновку до своєї роботи все ж зазначає, що поєднання ШІ та навчання під керівництвом педагога може сприяти формуванню компетенцій, необхідних для розв'язування математичних проблемних ситуацій, оскільки дозволяє задіяти сильні сторони особистісної взаємодії між учителем та учнями й навчання з використанням ШІ.

Отже, як показує короткий аналіз останніх наукових публікацій з тематики використання сервісів штучного інтелекту в освіті, це питання активно дискутується як науковцями, так і педагогами-практиками. Погляди на подальші перспективи використання відповідних технологій різняться, але майже однозначною є думка, що ШІ кардинально видозмінює навчальний процес, а ігнорування проблемних ситуацій лише поглиблюватиме кризові явища в освіті.

Ми певні, що розглянути всі аспекти застосування технологій штучного інтелекту в освітньому процесі в межах представленої роботи неможливо, тому зосередимось на одному з важливих питань сучасної освіти – формування критичного мислення у школярів за умов тотальної цифровізації суспільства, застосування технологій генеративних нейронних мереж та лавиноподібного поширення інформації (у більшості випадків вирваної з контексту). Як не дивно, але саме математичні освітні компоненти (для школи – це алгебра та геометрія) на рівні з інформатикою чи фізикою сприяють розвитку здатності критично сприймати школярами інформацію. Особливо варто виділити значення геометричних побудов у просторі з обов'язковим обґрунтуванням всіх етапів, а не тільки (і не стільки) строге графічне створення зображення.

Отже, **метою дослідження** є розкриття потенційних можливостей використання технологій штучного інтелекту як важливого засобу для розвитку критичного мислення під час вивчення геометрії школярами 10 – 11 класів.

Для цього було визначено такі **завдання**:

1. Розкрити сутність поняття «критичне мислення» у сучасних дослідженнях педагогічної науки.
2. Здійснити порівняльний аналіз відповідей загальнодоступних сервісів штучного інтелекту при розв'язування задач зі шкільного курсу геометрії 10 – 11 класу.
3. Оцінити можливості використання технологій ШІ як важливого інструменту вчителя для формування у школярів навичок критичного мислення.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Використовувалися такі загальнонаукові та спеціальні методи наукового пошуку: аналіз наукових джерел та літератури з теми використання технологій штучного інтелекту в освітньому процесі, зокрема при навчанні школярів математики; опрацьовувались підходи до визначення поняття «критичне мислення» у працях вітчизняних та закордонних науковців; здійснювалось порівняння можливостей загальнодоступних сервісів штучного інтелекту розв'язувати геометричні задачі шкільного курсу геометрії 10 – 11 класів.

Відповіді досліджуваних моделей ШІ систематизувалися, аналізувалися помилки, допущені ним, та їх вплив на навчальний процес. Окремо опрацьовувались завдання, які дозволять сформувати в учнів навички критичного осмислення в умовах тотального використання технологій штучного інтелекту.

Загалом дослідження відбувалося з січня по березень 2025 року, що дозволило опрацювати відповіді актуальних на вказаний період п'яти загальнодоступних версій

онлайн-сервісів штучного інтелекту: ChatGPT, Grok3, DeepSeek, Google AI Studio, Copilot.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Підходи до визначення в науковій літературі поняття «критичне мислення»

Перш ніж перейти до аналізу впливу сучасних технологій штучного інтелекту на критичне мислення школярів під час вивчення математики як однієї з ключових дисциплін для загальноосвітньої школи важливо зрозуміти сутність самого поняття – «критичне мислення». Історично сам термін походить із Сполучених Штатів Америки. Його пов'язують з ім'ям професора Метью Ліпмана. Він у 1987 році заснував Інститут Критичного мислення при Монтклерському коледжі (США). В основу його концепції покладено твердження, що метою освіти має бути «людина, яка не просто оволоділа певною сукупністю знань, а творча, самостійна вільна особистість, здатна до саморозвитку та засвоєння потрібних у житті знань, умінь і навичок» [18]. Завдяки просвітницькій роботі концепція набула популярності не тільки в США, а також у провідних країнах світу. Ряд фахівців серед 10 навичок, володіння якими дозволяє бути успішною особистістю в часи четвертої індустріальної революції, розглядають здатність критично оцінювати інформацію [19].

Для вітчизняної педагогічної науки цей термін став актуальним відносно недавно. Погляди українських науковців на сутність цього поняття різняться. Зокрема Терно С. однозначно вказує на те, що «критичне мислення – це умовна назва, яка закріпилася за науковим типом мислення для розв'язування нетривіальних практичних проблем у англо-американському освітньому просторі» [20, с. 27]. Дещо інший погляд на розглядуване поняття мають Мельничук В., Горохова Л. Вони, у контексті філософських досліджень, розглядають критичне мислення як «здатність особистості долати виключно прагматичне сприйняття світу, вміння різнобічно аналізувати проблему, використовувати різні джерела інформації, виокремлюючи об'єктивний факт від суб'єктивної позиції щодо нього…» [21, с. 8], [22, с. 420 - 421].

Важливі думки з цього питання також висловлює Кругляк М. І. Він зауважує, спираючись на ряд наукових праць, що критичне мислення варто розглядати як комплекс умінь (інтерпретація, аналіз, оцінка, умовивід, пояснення, саморегуляцію) [23, с. 8]. Більше того, автор оцінив його у співвідношенні з логікою як наукою, що найбільш сконцентрована на вивченні різновидів мислення. Зокрема він зазначає, що логіка може пропонувати взірцеві приклади раціональних умовиводів, але їх практичність в умовах реального світу може піддаватися сумнівам. Фактично критичне мислення більшою мірою орієнтоване на ефективність та результативність, ніж на побудову логічно виважених умовиводів. По суті провідною думкою Кругляка М. І. є те, що для повноцінних та ефективних міркувань важлива «…адекватна робота відчуттів і пам'яті, вміння інтерпретувати емпіричні дані, орієнтуватись у морі інформації, відрізняти надійні джерела від ненадійних, розпізнавати психологічні маніпуляції, а на сучасному етапі ще й реагувати на виклики, пов'язані з інформаційною епохою і поширенням онлайн-комунікації» [23, с. 10].

Для підтвердження своєї думки він наводить ряд прикладів, які показують помилковість тверджень, зроблених під впливом ілюзорного сприйняття, упередженого ставлення до подій, хибних уявлень про процес, підтверджувальних упереджень, упереджень доступності тощо [23, с. 10 - 51]. Усі вони частково демонструють вплив сприйняття людиною великих масивів інформації.

Звичайно, люди, які володіють навичками критичного мислення, можуть уникати помилковості суджень та розпізнавати їх в умовиводах інших. Але чи здатні це зробити непідготовлені учні? Зокрема в умовах лавиноподібного поширення «фейкової» інформації та застосування технологій, яку її генерують.

Водночас саме критичне мислення не слід вважати якимось унікальним феноменом. Його формування відбувається під час вивчення різних шкільних предметів. Так ряд науковців наводять приклади розвитку відповідної компетенції у студентів та учнів під час вивчення різних тем з математики [5], фізики [24], інформатики [25], іноземної мови [26], статистики [27], риторики [28] тощо.

Отже, резюмуючи погляди науковців на питання, пов'язані з розглядуваним поняттям, варто зауважити наступне. Критичне мислення належить до пріоритетних умінь та навичок, які учні мають здобути під час навчання в школі. Його розвиток передбачає формування у школярів ряду вмінь, що дозволяють коректно сприймати, опрацьовувати, аналізувати великі масиви інформації та виокремлювати в безперервному потоці даних істину.

3.2. Порівняльний аналіз відповідей відкритих онлайн-сервісів ШІ при їх використанні для розв'язуванні стереометричних задач

Для того, щоб зрозуміти можливості використання технологій генеративного штучного інтелекту при формуванні критичного мислення в учнів 10 – 11 класів під час вивчення математики (у нашому випадку – геометрії), важливо розуміти потенційні ризики й негативні впливи застосування відповідних технологій в освітньому процесі. Зокрема наведемо приклад кейсу, що потенційно можна вважати одним з найпоширенішим серед школярів. Водночас проаналізуємо, наскільки сучасні загальнодоступні онлайн-сервіси ШІ мають змогу розуміти контекст геометричних задач при їх розв'язанні.

Зімітуємо ситуацію, яка в науковій літературі має назву «упередження доступності». Вона полягає в тому, що яскраві приклади, які легко запам'ятовуються (особливо коли мають певне емоційне забарвлення), суттєво впливають на наше судження про частоту певної події або ж її правдивість [23, с. 25 - 31]. Багато вчителів (не тільки математики) зустрічали у своїй практиці ситуацію: учень А списав умовне домашнє завдання (самостійну або контрольну роботу) та отримав оцінку вищу в порівнянні з роботою учня Б, який виконував свою роботу чесно та самостійно. У сучасних умовах такий кейс може бути видозміненим: учень А виконав домашнє завдання із застосуванням технологій генеративного штучного інтелекту та отримав вищу оцінку в порівнянні з учнем Б.

Маємо негативні наслідки для всіх учасників навчального процесу: учень А отримав позитивну оцінку, але не засвоїв необхідні знання, учитель не має розуміння про справжній рівень знань кожного з учнів, учень Б робить висновок, що не варто докладати зусиль у навчанні, можна просто скористатися загальнодоступними технологіями ШІ для того, щоб виконати певне завдання. В останньому випадку маємо класичний випадок упередження доступності. І що важливо, некоректне та бездумне використання технологій генеративного штучного інтелекту сприяє вкоріненню судження, що відповідні засоби завжди дають правильну відповідь не тільки на питання зі шкільної програми, але й у життєвих ситуаціях. Що є неправильно в корені.

Саме тому для підтвердження вище означених тез важливо було змоделювати запити, що потенційно може подати учень до загальнодоступних моделей генеративного штучного інтелекту, та оцінити їх відповіді в контексті формування навичок критичного мислення при вивченні геометрії. Матеріал для перевірки був обраний зі шкільного

курсу геометрії для 10 – 11 класів. Рівень задач відповідав як рівню програми стандарту, так і профільного рівня. Самі запити не оптимізувались та спеціально були спрощені.

На першому етапі дослідження було важливо зрозуміти, наскільки сучасні загальнодоступні сервіси штучного інтелекту здатні віднаходити відповіді на питання, які відповідають репродуктивному рівню, тобто відтворенню відомих геометричних фактів. Аналізувалися такі ресурси як: ChatGPT, Copilot, Google AI Studio, DeepSeek, Grok3. Переліченим системам було запропоновано дати відповідь на запит.

Сформулюй теорему про три перпендикуляри.

Такий промпт (завдання або запитання, яке ставиться користувачем до генеративних мовних моделей штучного інтелекту) до системи цілком ілюструє потенційний запит учня, який шукає теоретичні інформацію з певного предмету. У нашому випадку, звичайно ж, цільовим предметом є геометрія.

Відповіді на це досить просте завдання, які були сформульовані моделями ШІ, представлено на рисунках 1*а* – 1*д* додатку.

Як видно з представлених відповідей генеративні мовні моделі штучного інтелекту всі без винятку змогли визначити сутність завдання та надали формулювання теореми про три перпендикуляри настільки точно, наскільки це було можливо відповідно до безкоштовних версій цих сервісів. Проте якість цих відповідей не можна вважати рівноцінною в контексті навчання. Звичайно, якщо школяр розуміє тему та орієнтується в матеріалі, то він, безперечно, зрозуміє матеріал, що був наданий певною системою ШІ. У випадку ж, коли учень тільки опановує таку важливу для просторової геометрії теорему про три перпендикуляри, наведені відповіді та формулювання можуть виявитися надто складними та потребуватимуть додаткових пояснень. Наприклад, це стосується відповіді, наданої мовною моделлю Grok 3. Представлене формулювання настільки складне та заплутане, що прийняти його за коректну відповідь без рисунку та додаткових пояснень досить важко.

Дещо краще висвітлене формулювання моделями Copilot (як онлайн-сервісом, так і вбудованим інструментом Copilot для браузера Microsoft Edge) та Google AI Studio. DeepSeek надали найлаконічнішу відповідь, хоча і не визначили остаточного формулювання теореми, вказаної у промпті. Ця модель більшою мірою виокремила наслідки з теореми, ніж саме її формулювання. Найоптимальнішою виявилась відповідь від ChatGPT. Звичайно, вона не була ідеальною, але, разом з тим, найбільш точно було передано формулювання теореми. Неточності були лише у символьних позначеннях визначальних точок.

Проміжний висновок, який можна зробити з цих відповідей, буде таким. Усі розглянуті загальнодоступні сервіси генеративного штучного інтелекту справилися з завданням репродуктивного характеру, але відповіді, які були наведені, не можна вважати дійсно доступними для розуміння учня, який тільки опановує певну тему. В окремих випадках, щоб зрозуміти саму відповідь, школяру варто було б виконати додаткові дії, наприклад, візуалізувати описані твердження. Допускались у відповідях огріхи в позначеннях, що також ускладнювало розуміння.

Навіть у ролі довідкових систем для пошуку відповідей на питання, що потребують відтворення певного знання, системи генеративного ШІ подають відповіді, які потребують глибокого розуміння з боку користувача і аж ніяк не допомагають у навчанні.

Якщо розглядати їх з позиції упередження доступності, то бездумне сприймання учнями запропонованих відповідей зовсім не сприятиме формуванню цілісного знання з предмету.

Ускладнимо ситуацію. Запропонуємо генеративним мовним моделям розв'язати обчислювальну задачу, яка потребує знання формул та вміння їх застосовувати. Припустимо, що учень дав наступний запит до сервісу ШІ.

Розв'язати наступну задачу.

Знайти поверхню прямокутного паралелепіпеда за трьома його вимірами: 10 см, 22 см, 16 см [29, с. 79].

Сама задача є ілюстративною та взята з підручника Погорєлова О. В. Геометрія 10 – 11 клас. Її розв'язання є простим та потребує розуміння поняття повної поверхні прямокутного паралелепіпеда й виконання елементарних обчислень.

Відповідаючи на представлений промпт, усі розглядувані генеративні мовні моделі коректно розписали етапи розв'язання і в підсумку вказали правильну відповідь – *1464 кв. см*.

І тут маємо проблемну ситуацію, що є підтвердженням ситуації, пов'язаної з упередження доступності. Оскільки сервіс ШІ цілком правильно розв'язує геометричні задачі, наприклад, з домашнього завдання, то не має потреби докладати зусиль для навчання, а можна скористатися відповідними технологіями та отримувати позитивні оцінки хоча б за домашнє завдання. Також може виникнути ситуація, коли школярі можуть більше довіряти відповіді моделі штучного інтелекту, ніж фаховому учителю, навіть якщо ця відповідь містить ґрунтовні помилки, апелюючи до твердження, що попередні обчислювальні задачі моделі штучного інтелекту розв'язали правильно.

Тепер розглянемо задачі, які потребують глибокого розуміння геометричних фактів і вміння їх застосовувати. Наприклад, розв'язок задачі з курсу геометрії 10 – 11 класів, при вирішенні якої окрім обчислень необхідно здійснювати побудови на проєкційному кресленні.

Ця перевірка також мала на меті оцінити якість умовиводів, які пропонуватиме система при вирішенні такого типу задач.

До сервісів штучного інтелекту було сформульовано також запити, у яких пропонується розв'язати наступну задачу, яку частково можна вважати як задачу підвищеної складності.

Задача.

У півкулю з радіусом R уписати куб так, щоб чотири його вершини лежали на основі півкулі, а інші чотири – розташовувалися на її сферичній поверхні. Обчисліть об'єм куба.

Вибір такої задачі не був випадковим. Шлях її розв'язання передбачає побудову рисунка у відповідності до правил проєкційного креслення та вимагає від учнів умінь оперувати просторовими фігурами в уяві, сприяє формуванню навичок рисункового моделювання, перевіряє набуті знання потрібних для цього геометричних фактів, а також володіння учнями необхідним алгебраїчним апаратом, що дозволятиме провести всі обрахунки та перетворення відповідних виразів.

Повне розв'язання задачі з усіма детальними поясненнями представлено за посиланням [30, с. 97], а приклад побудови фігур на аркуші паперу подано на рисунку 1.

Розглянемо тепер типові сценарії у використанні моделей штучного інтелекту. Очевидно, що найпростіший і найбільш можливий запит, який як учні, так і студенти сформулюють, буде прямим проханням від моделі ШІ розв'язати задачу на основі поданої умови. Припустимо, що він матиме наступний вигляд.

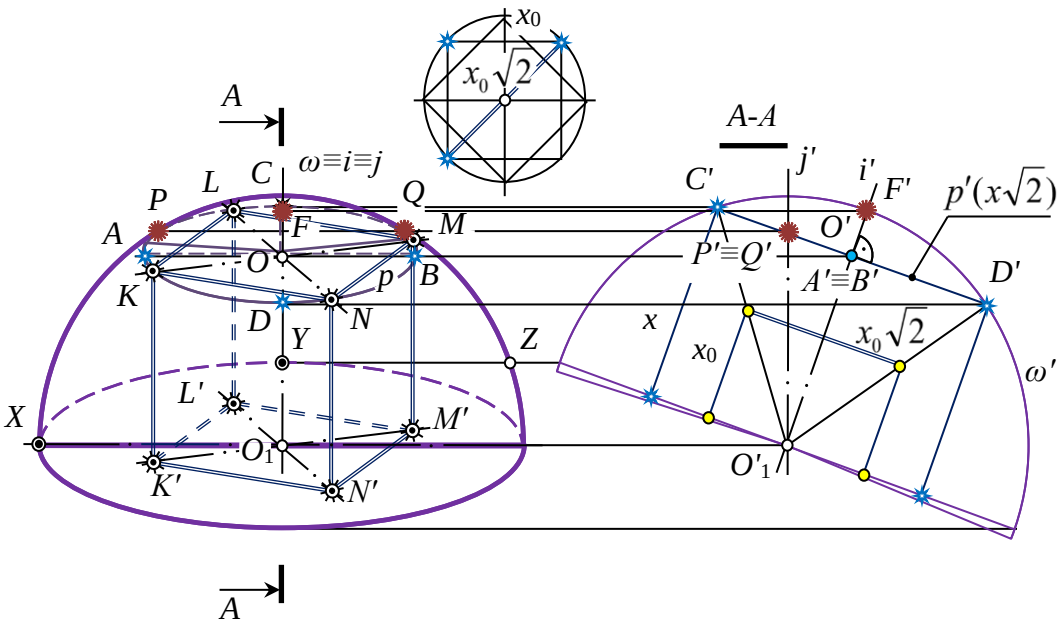

Рис. 1. Проєкційний рисунок до задачі.

Приклад запиту 1.

Розв'яжи задачу зі стереометрії.

У півкулю з радіусом R уписати куб так, щоб чотири його вершини лежали на основі півкулі, а інші чотири – розташовувалися на її сферичній поверхні. Обчисліть об'єм куба.

Результат виконання цього запиту для ChatGPT був наступним (рис. 2 додатка).

Детальний аналіз відповіді моделі ШІ дозволяє зробити ряд важливих висновків.

1. Система правильно оцінила умову задачі та коректно описала розміщення кожного з елементів даних геометричних об'єктів відносно інших.

2. Було застосовано координатний метод у розв'язуванні геометричних задач: початок системи координат був встановлений у центрі квадрата (що є також центром півсфери), який розміщений на її основі, а координатні осі паралельні до його сторін.

3. Опираючись на рівняння сфери та введені змінні *a* і *h* було розраховано сторону куба, а потім і його об'єм.

4. Всі розрахунки та алгебраїчні перетворення були виконані правильно.

5. Геометричного представлення етапів побудови не було надано, очевидно, що конструктивна складова завдання для такої моделі штучного інтелекту є ще досить складною задачею і поки не має (у загальнодоступних версіях) достатньо обчислювальних спроможностей для її вирішення.

Підтвердженням останньої тези є відповідь ChatGPT на наступні уточнюючі запити.

Приклад запиту 2.

Відобрази на рисунку етапи побудови такої комбінації фігур.

Як видно з відповіді (рис. 3 додатка), на уточнюючий запит було згенеровано зображення, яке скоріше варто інтерпретувати як художню ілюстрацію, ніж проєкційне креслення. Проте необхідно зазначити, що зображені фігури виконані досить близько до ізометричної проєкції.

Додатковий запит на відображення комбінації фігур, тільки вже з використанням епюра Г. Монжа, також не дав якісного результату. Тут варто наголосити, що учень може й не знати відповідного поняття, проте ми внесли це до переліку уточнюючих запитів для того, щоб зрозуміти, наскільки загальнодоступні мовні моделі генеративного штучного інтелекту можуть оперувати нечітко описаною графічною інформацією.

Приклад запиту 3.
Зроби креслення такої комбінації тіл на епюрі Г. Монжа.

Саме поняття епюра Г. Монжа було проінтерпретовано правильно (рис. 4 додатка), але з наведених проєкцій лише центральне зображення можна вважати правильним, оскільки за рисунком зрозуміло, що навіть було дотримано пропорцій (на вигляді можна оцінити радіус сфери – 5 відносних одиниць, а отже, звідси маємо, що сторона куба повинна бути: $a = \frac{R\sqrt{6}}{3} = \frac{5\cdot\sqrt{6}}{3} \approx 2{,}041$). Решта проєкцій вельми помилково відображають розміщення комбінації куб – півсфера. Також додається програма мовою Python, завдяки виконанню якої й будуються згенеровані відповідні зображення.

Аналогічний аналітичний розв'язок цієї задачі представили сервіси штучного інтелекту, такі як DeepSeek та Grok3. Але Grok3 представив на уточнюючі запити зображення, які абсолютно не відповідають умові задачі (рис. 5*а* – 5*б* додатка). Водночас сервіс DeepSeek наводив словесний опис побудови як на проєкційному рисунку, так і на кресленні комбінації просторових фігур на епюрі Г. Монжа.

В останніх описах проявилися вади моделі в неможливості правильно відобразити алгоритм дій для побудови проєкційного рисунку. Звичайно, в уточнюючому запиті не було вказано, що рисунок має бути таким, але така побудова запиту вибрана була не випадково. Це було зроблено навмисно, щоб продемонструвати дії школяра, який не володіє на достатньому рівні навичками розв'язування геометричних задач та коректного складання запитів до мовних моделей штучного інтелекту.

Так уже на першому кроці побудови DeepSeek запропонувала намалювати коло радіуса *R*, хоча всім відомо, що проєкцією кола у просторі на площину буде еліпс (рис. 6*а* додатка). Тож усі подальші кроки побудови вже завідомо будуть неправильними й вводитимуть учня в оману.

Якщо аналізувати відповідь розглядуваної мовної моделі ШІ на уточнюючий промпт «*Зроби креслення такої комбінації тіл на епюрі Г. Монжа»*, то тут можна зробити наступні висновки з відповіді (рис. 6*б* додатка). Система розуміє, що таке епюр Г. Монжа, визначає горизонтальну та фронтальну площини проєкції і вигляд основних фігур на них, але сам алгоритм побудови відповідної комбінації представлений повністю неправильно.

Так на другому кроці алгоритму побудови повідомляється наступне: «У горизонтальній проєкції куб буде виглядати як квадрат, вписаний у коло». Це твердження є докорінно неправильним, оскільки суперечить умові задачі. Якщо квадрат буде вписаним у нарисоване коло, то чотири інші точки куба, проєкцією якого на горизонтальну площину є пропонований квадрат, не будуть розміщуватися на поверхні півсфери.

Бачимо, що вже на початкових етапах модель помиляється і це призводить до помилкової графічної побудови.

Цікаві результати були отримані при внесенні відповідних запитів до сервісу Copilot. Якщо розглядати відповіді онлайн-ресурсу https://copilot.microsoft.com (рис. 8 додатка), то система запропонувала розв'язок, у якому вважалося, що вершини нижньої основи куба розміщені на обрисі основи півсфери – колі радіуса *R*. Це твердження повністю суперечить умові задачі, адже в такому випадку чотири інші вершини не могли

б розміщуватися на поверхні півсфери.

Усі перетворення виразів були представлені у вигляді LaTeX записів та потребували додаткового розшифрування. Відповідь була наступною - $V = \frac{8R^3\sqrt{3}}{27}$ і неправильною. Це є наслідком того, що система не може «уявити» правильне розташування комбінації просторових геометричних фігур.

Цікаві результати були отримані при аналізі запитів сервісу Copilot, але вже як вбудованого інструменту для браузера Microsoft Edge (рис. 7 додатка). Надані відповіді як на основний запит, так і додаткові промпти були неправильними повністю. Для підтвердження цього варто звернути увагу на другий етап запропонованого інструментом Copilot розв'язку: «Оскільки чотири вершини куба лежать на основі півкулі, а інші чотири на її сферичній поверхні, то висота куба дорівнює радіусу півкулі *R*». Твердження буде істинним лише тоді, коли всі вершини куба, які розміщені на поверхні півсфери, збігаються з полюсом. У такому випадку матимемо правильну піраміду, а не куб, що не відповідає умові задачі. Тобто решта подальших умовиводів уже завідомо будуть помилковими.

Важливим моментом є ще один критичний аспект. Надані відповіді на центральний запит (розв'язання задачі аналітично) відрізняються в інструменті Copilot браузера Microsoft Edge та онлайн-сервісі Copilot. Це кардинально відрізняє попередні випадки, коли відповіді були майже ідентичними або мали досить близьке формулювання.

Тепер розберемо додаткові запити, що зроблені до інструмента Copilot браузера Microsoft Edge (рис. 7 додатка).

На уточнюючий другий запит було представлено кроки побудови, які знову ж таки були помилковими. Зокрема це стосується пропозиції побудови кола з радіусом *R* на площині основи. Оскільки є відомим факт, що проєкцією кола в загальному випадку на площину буде еліпс.

На останній уточнюючий запит відповідь була також помилковою. Пропоновані 5 кроків зовсім не відповідали хоча б загальному опису зображення комбінації геометричних тіл, описаних в умові задачі, а вся проблема в побудові комбінації тіл полягала лише в неправильній інтерпретації позиціонування вершин куба (у випадку горизонтальної проєкції - квадрата) по відношенню до основи півсфери.

Відповідь, яка була надана онлайн-сервісом Copilot на уточнюючий запит №2 (рис. 9*а* додатка), є дещо подібною до тієї, яка була представлена вбудованим інструментом Copilot браузера Microsoft Edge. Помилки аналогічні, знову ж є проблеми з розумінням поняття проєкційного креслення (не враховується, наприклад, що проєкцією кола на площину є еліпс), а також спостерігається подібна помилка щодо розміщення вершин нижньої основи куба як квадрата, вписаного в коло, що є водночас основою для півкулі.

Дещо відрізняється відповіді на другий уточнюючий промпт (рис. 9*б* додатка). Якщо вбудований інструмент Copilot браузера Microsoft Edge навів повністю неправильний алгоритм побудови, то загальний опис процесу відображення комбінації на епюрі Г. Монжа можна було б сприйняти як цілком правильний. Проте, якщо звернути увагу другий та останній пункти побудови, то чітко можна побачити некоректність запропонованого алгоритму.

Твердження «Вписаний квадрат в основі півкулі накресліть в горизонтальній проєкції.» знову ж призводить до помилки, яка описувалась вище, а такий крок побудови як «Верхню основу куба у фронтальній проєкції позначте як лінію, що дотикається до дуги півкола» абсолютно суперечить умові задачі, адже за умовою саме куб має бути вписаним у півсферу.

Тепер наведемо результати опрацювання таких запитів вже Google AI Studio. Сервіс зазначає, що спроможний розв'язувати схожі геометричні задачі.

На відміну від попереднього варіанту, який запропонував Copilot, розв'язок від Google AI Studio виглядає більш правдоподібним та цілком може бути прийнятим за правильне розв'язання цієї задачі (рис. 10 додатка). Зокрема введено позначення точок: *O* – центр сфери, *A, B, C, D* – точки квадрата, який належить основі півсфери, *A*2, *B*2, *C*2, *D*2 – точки, що розміщені на поверхні сфери. Правильно також вказується, що діагональ квадрата *ABCD* буде рівна $a\sqrt{2}$, де *a* – визначається як сторона куба, а отже, й квадрата *ABCD*.

Далі вказується, що точка *M* є серединою діагоналі і, разом з тим, проєкцією центра сфери на площину основи (у контексті машинної відповіді – квадрат *ABCD*). Отже, площина квадрата *ABCD* і площина основи вважаються різними площинами, що знову ж суперечить умові задачі. Маємо хибний висновок, що призводить до абсолютно неправильних подальших міркувань й обчислень. Що цікаво, результат обчислень, запропонований сервісом Google AI Studio, був аналогічним до того, що отримали в результаті постановки першого запиту до онлайн-сервісу Copilot.

Модель від Google аналогічно до Copilot також починає побудову з відображення кола на площині проєкцій, що є докорінно неправильним підходом (рис. 11 додатка).

При описі етапів геометричної побудови на епюрі Г. Монжа є суттєва відмінність від попередніх сервісів (рис. 12 додатка). Модель штучного інтелекту дає чітке визначення поняття терміну «епюр Г. Монжа». Далі, на першому кроці, було запропоновано розбити площину аркуша горизонтальною лінією (вісь *x*). Тоді б верхня частина презентувала вид спереду, тоді як нижня – виду зверху.

На другому кроці було враховано, що на виді зверху обрисом півсфери буде коло. А далі йде суперечливе твердження – вписати в це коло квадрат. Якщо цілком дотримуватись цих інструкцій, то такого куба, як вимагає умова задачі, побудувати неможливо. Це пов'язано з тим, що вершини грані *ABCD* у дійсності не будуть належати екватору сфери, а цей квадрат повністю міститиметься в середині цього великого кола. Отже, знову приходимо до того, що решта кроків також стають неправильними. У цьому випадку коректним була б побудова обрису кола, у яке вписане буде квадрат *A*2*B*2*C*2*D*2 із вершинами, що розміщуються на поверхні сфери. Звичайно, центр цього кола співпадатиме з центром кола основи півсфери, але матиме менший діаметр – рівний діагоналі грані куба.

Аналізуючи результати порівняння відповідей, які надали загальнодоступні сервіси штучного інтелекту на запити з курсу геометрії за 10 й 11 класи, можна зробити ряд висновків.

1. Сучасні технології генеративних мовних моделей штучного інтелекту коректно оперують теоретичними фактами та розв'язують прості обчислювальні задачі, що сприяє формуванню в учнів упередження доступності, яке полягає в тому, що школярі сприйматимуть відповіді, надані моделями ШІ, як безальтернативні, навіть якщо сервіси ШІ роблять критичні помилки в задачах, де необхідно застосовувати комплексні знання та вміння аналізувати ситуацію.

2. Кардинально змінились відповіді сервісів, коли був запит на розв'язання задачі, яка вимагала нестандартних підходів до вирішення, зокрема й якісної візуалізації. Правильно цю задачу розв'язали три загальнодоступні системи штучного інтелекту (DeepSeek, ChatGPT, Grok3). Окрім цього вони коректно обґрунтували аналітичний хід розв'язання. Проте при описі ходу розв'язку використовувались твердження, які характерні для курсу аналітичної геометрії профільного закладу вищої освіти.

3. Жодна з систем не змогла навіть описати кроки побудови зображення, вказаного в умові задачі комбінації просторових геометричних фігур. Хоча в окремих аспектах відповідь на другий уточнюючий запит, який було запропоновано сервісом ChatGPT, можна частково вважати найоптимальнішою з усіх, котрі були запропоновані

досліджуваними сервісами ШІ.

4. Програми, намагаючись дати коректну відповідь, вільним чином інтерпретували умову задачі та замість того, щоб вказати, що вони не здатні розв'язати задачу такого типу, генерували відповідь, що виглядає максимально правдоподібно для недосвідченого користувача.

3.3. Технології штучного інтелекту як один з важливих інструментів формування критичного мислення в процесі вивчення конструктивної геометрії в 10 – 11 класах

Тепер розглянемо, як перетворити недоліки сучасних технологій штучного інтелекту в якісний інструмент, який сприятиме формуванню не тільки комплексної системи знань у школярів, а й сприятиме розвитку в них критичного мислення.

Маємо ситуацію, коли найбільш поширені моделі генеративного штучного інтелекту досить якісно оперують теоретичними знаннями, можуть якісно обчислювати значення в геометричних задачах на розрахунок і одночасно проявляють вільну інтерпретацію фактів при вирішенні нестандартних геометричних задач. Особливо це стосується випадків, коли графічне розв'язання є не менш важливим за обчислення. Такий стан речей є найбільш важливим та небезпечним при впровадженні інструментарію ШІ в освітній процес. Це особливо значимо в епоху, коли відповідні електронні засоби невиправдано мають високий ступінь довіри з боку учнів.

Наслідком такого бездумного використання може стати те, що у школярів не буде сформовано необхідного набору компетенцій, які забезпечують успішну реалізацію особистості в сучасному суспільстві – зокрема й здатність до критичного осмислення інформації. І цей аспект не можна ігнорувати, бо використання таких технологій тільки зростатиме, а учні будуть їх застосовувати для вирішення домашніх завдань (і не тільки), не замислюючись, наскільки правильною є відповідь. Навіть якщо припустити, що системи ШІ будуть здатні розв'язувати і такий тип задач, це не означатиме, що учні зможуть засвоїти та опанувати необхідні для подальшого життя уміння та навички.

Заборона на застосування сервісів штучного інтелекту в час, коли їх безперешкодно можна використовувати на різних сучасних гаджетах, повністю втрачає сенс, оскільки відсутні можливості забезпечити повноцінний контроль за відповідними діями школярів. Також не варто ігнорувати запити ринку праці, де роль відповідних технологій стає вже важливою частиною фахової підготовки професіонала. Фактично маємо протиріччя, коли необхідно зберегти якісний навчальний процес у школі та навчити учнів критично мислити в умовах тотального поширення як технологій ШІ, так і контенту (не завжди правдивого), створеного за його допомогою.

То чи є вихід з такої ситуації? Звичайно так. Якщо розглядати рівень можливостей учителя, то це відхід від класичного підходу передачі знань й зміщення акценту на завданнях, які вимагають від учнів розуміння предмету, а не відтворення завчасно здобутих знань. Так, звичайно, це має підтримуватися й на різних рівнях освітньої галузі, але все ж першочергово має виходити ініціатива від педагога, а особливо від батьків.

Знову ж звернемося до задачі підвищеної складності, яка розглядалась у попередній частині. Якщо вимагати від учня суто обчислювальний розв'язок, то в більшості випадків його віднайдуть у мережі Internet або скористаються ChatGPT (або іншими аналогічними онлайн-сервісами). Але доцільніше буде запропонувати учням розібрати вже готовий, створений цим сервісом, розв'язок та дати завдання перевірити, чи дійсно він правильний (певно, найбільший ефект матиме розбір некоректних розв'язків), то це вже буде зміна акценту на вміння школярами аналізувати ситуацію. Бажано віднайти інші альтернативні розв'язки цієї задачі. Більше того, формат такого завдання дозволяє

підібрати велику кількість задач та диференціювати їх за рівнями складності. Це значно зменшить ймовірність списування, а оцінка вже стосуватиметься комплексного розуміння предмету й відбуватиметься відхід від класичної орієнтації на відтворення певного алгоритму дій, що учень просто запам'ятав на занятті.

Ще один важливий момент, на який варто звернути увагу вчителя математики, – це геометричні побудови. Як показав порівняльний аналіз результатів відповідей сервісів, задачі такого типу все ще є складним завданням для відповідних технологій. Частково можна припустити, що це стосується тільки їх загальнодоступних версій або важливу роль грає правильна побудова запиту. І це не означає, що в подальшому моделі ШІ не будуть здатні розв'язувати їх, але, на відміну від обчислювальних задач, тут вже акцент зосереджується не стільки на графічному зображенні, а пріоритетом стає обґрунтування кроків, доведення існування такої фігури й дослідження кількості існуючих розв'язків. Звичайно ж, навички правильної візуалізації геометричних побудов не менш важливі для такого формату навчання.

Більш загальним та універсальним класом задач є задачі на доведення. На сьогодні вони можуть стати універсальним засобом навчання як при вивченні геометрії, так і алгебри в шкільному курсі математики. Тепер ключовим у навчанні має бути орієнтованість на розвиток умінь коректної постановки задачі, визначення заданих в умові параметрів та аргументованого доведення тверджень.

Ще одним, дещо нестандартним, підходом до того, як критично осмислювати інформацію і правильно працювати з технологіями штучного інтелекту, буде пропозиція учням самостійно сформувати запити до моделей так, щоб інструменти ШІ змогли дати найбільш коректні відповіді, та перевірити їх відповіді. Це буде важливим моментом формування у школярів ще одного набору вмінь, які забезпечать розуміння ролі та місця відповідних технологій у їхній майбутній професійній діяльності.

Отже, недоліки, які несе в собі швидке розповсюдження технологій штучного інтелекту, будуть використані на користь освітнього процесу, а учні розумітимуть, як саме коректно використовувати інформацію, яка надаватиметься за допомогою ШІ, та в такий спосіб розвиватимуть свої навички критичного мислення.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підводячи підсумки представленого вище дослідження, варто зосередитись на таких важливих моментах.

1. Уміння критично осмислювати інформацію є однією з основних навичок сучасної особистості. Фахівці вважають її однією з десяти важливих компетенцій, які потрібно освоїти людині для того, щоб мати змогу успішно здійснювати діяльність в умовах четвертої промислової революції та глобального інформаційного суспільства. Заразом варто зазначити, шо серед науковців немає єдиного визначення терміну «критичне мислення», але, узагальнюючи їх думки, зауважимо, що термін можна трактувати як здатність людини коректно сприймати, опрацьовувати, аналізувати великі масиви інформації та виокремлювати в безперервному потоці даних (не завжди правдивих) істину.

2. Сучасні технології генеративних мовних моделей штучного інтелекту, розвиток, впровадження й поширення яких в останні роки значно зросло, мають значний вплив вже й на ринок праці, а також надзвичайно сильно деформують навчальний процес. Необдумане та несвідоме використання школярами відповідних загальнодоступних засобів призводить до того, що учні можуть сприймати інформацію, яка надається відповідними системами, як безальтернативну, навіть у випадках, коли відповідь була подана абсолютно неправильно.

3. Аналізуючи відповіді, які були надані системами ШІ на промпти, пов'язані з шкільним курсом геометрії 10 – 11 класу, важливо відзначити такі важливі моменти. У простих задачах на обчислення загальнодоступні сервіси штучного інтелекту швидко й ефективно віднаходять правильну відповідь. Теоретичні питання для них також не є проблемним моментом, хоча тут уже спостерігаються у відповідях вільні інтерпретації певних геометричних фактів. І такий стан речей сприяє формуванню у школярів упереджень, щодо універсальності відповідних технологій та можливості їх застосування в різних ситуаціях, не враховуючи контекст.

Найскладніше піддаються розв'язанню відповідними інструментами комплексні геометричні задачі, у яких вимагається не тільки обчислити певне значення, а й віднайти, пояснити та довести певні додаткові твердження.

Ще одним важливим моментом, на якому варто також акцентувати увагу, варто вважати конструктивну складову геометричних задач пріоритетною. Можна припустити, що такий тип завдань найважче сприймається та розв'язується сервісами ШІ.

4. За умови правильного підбору завдань та зміщення акценту на аналіз та доведення при вивченні тем з геометрії можна значним чином нівелювати негативний вплив технологій штучного інтелекту на освітній процес шкільного курсу математики та сприяти формуванню у школярів навичок критичного мислення.

5. Уміння правильно формулювати запити до сервісів штучного інтелекту також сприятиме осмисленому застосуванню технологій ШІ та дозволить учням віднаходити відповіді на їх власні питання під час навчання.

Подальші перспективи дослідження варто зосередити на вивченні шляхів коректної інтеграції технологій штучного інтелекту в шкільну математичну освіту, оцінки можливостей сучасних моделей ШІ в роботі у вигляді помічника учня в навчанні або ж асистента вчителя в підготовці до уроку, напрацюванні методичних рекомендацій використання відповідних програмних засобів на уроках математики (геометрії) та їх впливу на візуалізацію стереометричних побудов і не тільки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Ю. Щавінський, Т. Мужанова, Ю. Якименко, та М. Запорожченко, "Застосування штучного інтелекту для удосконалення ситуативного навчання фахівців кібербезпеки", *Інформаційні технології і засоби навчання,* № 97(5), с. 215 – 226, 2023. doi: https://www.doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5424.

[2] Л. Попова, "Феномен «штучного інтелекту» у формуванні трансверсальних компетентностей майбутнього вчителя: за і проти", *Журнал Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника*, № 11(1), с. 86 – 93, 2024. doi: https://doi.org/10.15330/jpnu.11.1.86-93.

[3] Г. Луценко, О. Подолян, та В. Гриценко, "Використання можливостей штучного інтелекту платформи CLASSTIME для оцінювання результатів навчання", *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка*, № 1(54), с. 31 – 40, 2024. doi: https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-1-54-31-40.

[4] Д. Покришень, "Штучний інтелект в освіті: кейси використання ChatGPT 3.5", *Фізико-математична освіта*, № 39(1), с. 56 – 63, 2024. DOI: https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08.

[5] Т. Лукашова, та М. Друшляк, "Штучний інтелект як засіб розвитку критичного мислення майбутніх учителів математики", *Фізико-математична освіта*, № 38(5), с. 18-25, 2023. doi: https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-003.

[6] Sh. Wang, F. Wang, Zh. Zhu, J. Wang, T. Tran, and Zh. Du, "Artificial intelligence in education: A systematic literature review", *Expert Systems with Applications*, no. 252, Part A, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167.

[7] O. A. G. Opesemowo, and H. O. A Adewuyi, "Systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 20, no. 7, 2024. doi: https://doi.org/10.29333/ejmste/14762.

[8] G.-J. Hwang, and Y.-F. Tu, "Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review", *Mathematics*, vol. 9, no. 6, pp. 584 – 596, 2021. doi: https://doi.org/10.3390/math9060584 .

[9] A. Abulibdeh, E. Zaidan, and R. Abulibdeh, "Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions", *Journal of Cleaner Production*, no. 437, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140527.

[10] D. Ifenthaler, et al., "Artificial intelligence in education: Implications for policymakers, researchers, and practitioners", *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 29, no. 4, pp. 1693–1710, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s10758-024-09747-0.

[11] J. Mao, B. Chen, and J. C. Liu, "Generative artificial intelligence in education and its implications for assessment", *TechTrends*, vol. 68, no. 1, pp. 58-66, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s11528-023-00911-4.

[12] M. Firat, "What ChatGPT means for universities: Perceptions of scholars and students", *Journal of Applied Learning and Teaching*, vol. 6, no. 1, pp. 57-63, 2023. doi: https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.22.

[13] M. Cukurova, "The interplay of learning, analytics and artificial intelligence in education: A vision for hybrid intelligence", *British Journal of Educational Technology*, vol. 56, no. 2, pp. 469-488, 2024. doi: https://doi.org/10.1111/bjet.13514 .

[14] D. Shin, "An Analysis Prospective Mathematics Teachers' Perception on the Use of Artificial Intelligence(AI) in Mathematics Education", *Communications of Mathematical Education*, vol. 34, no. 3, pp. 215–234, 2020. doi: https://doi.org/10.7468/JKSMEE.2020.34.3.215.

[15] G. Gadanidis, "Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education", *International Journal of Information and Learning Technology*, vol. 34, no. 2, pp. 133 – 139, 2017. doi: https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048.

[16] T. Uygun, A. Şendur, B. Top, and K. Coşgun-Başeğmez, Facilitating the development of preservice teachers' geometric thinking through artificial intelligence (AI) assisted augmented reality (AR) activities: The case of platonic solids. Education and Information Technologies, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s10639-024-13084-1.

[17] S. Getenet, "Pre-Service Teachers and ChatGPT in Multistrategy Problem-Solving: Implications for Mathematics Teaching in Primary Schools". *International Electronic Journal of Mathematics Education*, vol. 19, no. 1, 2024. doi: https://doi.org/10.29333/iejme/14141.

[18] П. Саух, "Розвиток критичного мислення як провідний тренд сучасного освітнього процесу". *Неперервна професійна освіта: теорія і практика. Серія: Педагогічні науки*, № 2(67), с. 7-15, 2021. doi: https://doi.org/10.28925/1609-8595.2021.2.1.

[19] A. Gray, "The 10 Skills You Need to Thrive in the Fourth Industrial Revolution", 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/. Дата звернення: Березень 23, 2025.

[20] С. Терно, "Світ критичного мислення: образ та мімікрія", *Історія в сучасній школі*, № 7-8, с. 27-39, 2012.

[21] В. Мельничук, та Л. Горохова, "Критичне мислення як складова інформаційної безпеки", *Вісник Львівського університету. Серія філософські науки*, № 29, с. 7 – 13, 2022. DOI: https://doi.org/10.30970/PHS.2022.29.1

[22] *"Політологічний словник"*, за редакцією М. Ф. Головатого, О. В. Антонюка. К: МАУП, 2005.

[23] М. І. Кругляк, *Критичне мислення. Матеріали ІІІ частини онлайн-курсу "Логіка, аргументація, критичне мислення"*, Київ, 2021.

[24] С. І. Терещук, та О. С. Мартинюк, "Розвиток критичного мислення при вивченні фізики у ліцеї", *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія Педагогічна*, № 27, с. 84 – 87, 2021.

[25] А. Литвинов, та Г. Непомняща, "Розвиток критичного мислення молодших школярів на уроках інформатики", *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка*, № 2(55), с. 147 – 152, 2024. doi: https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-2-55-147-153.

[26] М. Є. Шепель, та І. Г. Новаченко, "Розвиток навичок критичного мислення у здобувачів економіко-управлінських спеціальностей на заняттях з іноземної мови", *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки,* № 213, с. 255-260, 2024. doi: https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-255-260.

[27] Y. Xing, "Exploring the use of ChatGPT in learning and instructing statistics and data analytics", *Teaching Statistics*, vol. 46, no. 2, pp. 95-104, 2024. doi: https://doi.org/10.1111/test.12367.

[28] О. М. Корчова, "Розвиток критичного мислення в студентів педагогічних закладів вищої освіти на заняттях із риторики", *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки*,

№ 1(34), с. 340 – 345, 2020. doi: https://doi.org/10.26661/2522-4360-2020-1-53.
[29] О. В. Погорєлов, *Геометрія: Стереометрія. Підручник для 10 - 11 кл.* Київ. Освіта, 2002.
[30] І. Г. Ленчук, *Конструктивна стереометрія в задачах: навчальний посібник*. Житомир, Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2010.

Матеріал надійшов до редакції 26.04.2025р.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING CRITICAL THINKING OF THE UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS WHILE TEACHING GEOMETRY

Ivan Lenchuk
PhD of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor, Professor at the Department of Algebra and Geometry
Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1923-9540
lench456@gmail.com

Oleksandr Mosiiuk
PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Computer Sciences and Information Technologies
Zhytomyr State Ivan Franko University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-3530-1359
mosxandrwork@gmail.com

Abstract. The avalanche-like development of artificial intelligence technologies has become another challenge for modern education in Ukraine, along with the COVID-19 pandemic and Russia's unjustified military aggression against our country. The general availability of relevant technologies has led students to turn to AI services to simplify how they solve tasks assigned by their teachers and accept answers without proper verification. As a result, this fails to promote academic integrity and reduces the overall level of knowledge in school subjects. Moreover, unconditional acceptance of the answers provided by machine learning models does not ensure the development of the ability to process information critically. In this context, the topic discussed in this article is relevant. This paper aims to study the potential use of artificial intelligence technologies as an essential tool for developing critical thinking in geometry by schoolchildren in grades 10-11. To carry out this task, it was important to compare the answers of publicly available and most popular artificial intelligence services when solving geometric problems from the geometry course of the corresponding classes. That is why we identified the most typical requests in advance. The response of each AI model was analyzed and compared in detail. The authors identified the correct solutions and pointed out errors. An important part was to evaluate how to transform the educational process, in particular in the study of geometry, taking into account the results of the study of the effectiveness of artificial intelligence services so that the disadvantages of using AI in education could be turned into advantages and ensure that students develop critical thinking skills. The conclusions summarize the results of the study, pointing out important aspects of integrating AI technologies into the educational process of studying geometry for grades 10 and 11. It was also noted that, in general, the issue of using artificial intelligence technologies in education has not been studied at all, and further directions for work were indicated.

Keywords: online services of artificial intelligence; constructive solid geometry; critical thinking.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] Y. V. Shchavinsky, T. M. Muzhanova, Y. M. Yakymenko, and M. M. Zaporozhchenko, “Application of artificial intelligence for improving situational training of cybersecurity specialists”, *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 97, no. 5, pp. 215–226, 2023. doi: https://www.doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5424. (in English)
[2] L. Popova, “The Phenomenon of ‘Artificial Intelligence’ in the Formation of Transversal

Competencies of the Future Teacher: Pros and Cons", *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, vol. 11, no. 1, pp. 86–93, 2024. doi: https://doi.org/10.15330/jpnu.11.1.86-93. (in English)

[3] H. Lutsenko, O. Podolian, and V. Hrytsenko, "Using classtime's AI-based testing in learning outcomes assessment", *Bulletin of Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University*, vol. 1, no. 54, pp. 31 – 40, 2024, doi: https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-1-54-31-40. (in Ukrainian).

[4] D. Pokryshen, "Artificial intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5", *Physical and Mathematical Education*, vol.39, no. 1, pp. 56 – 63, 2024. doi: https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08. (in English).

[5] T. Lukashova, and M. Drushlyak, "Artificial intelligence as a means of developing pre-service mathematics teachers' critical thinking", *Physical and Mathematical Education*, vol. 38, no. 5, pp. 18-25. doi: https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-003. (in Ukrainian).

[6] Sh. Wang, F. Wang, Zh. Zhu, J. Wang, T. Tran, and Zh. Du, "Artificial intelligence in education: A systematic literature review", *Expert Systems with Applications*, no. 252, Part A, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167. (in English).

[7] O. A. G. Opesemowo, and H. O. A Adewuyi, "Systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 20, no. 7, 2024. doi: https://doi.org/10.29333/ejmste/14762. (in English).

[8] G.-J. Hwang, and Y.-F. Tu, "Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review", *Mathematics*, vol. 9, no. 6, pp. 584 – 596, 2021. doi: https://doi.org/10.3390/math9060584. (in English).

[9] A. Abulibdeh, E. Zaidan, and R. Abulibdeh, "Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions", *Journal of Cleaner Production*, no. 437, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140527. (in English).

[10] D. Ifenthaler, et al., "Artificial intelligence in education: Implications for policymakers, researchers, and practitioners", *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 29, no. 4, pp. 1693–1710, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s10758-024-09747-0. (in English).

[11] J. Mao, B. Chen, and J. C. Liu, "Generative artificial intelligence in education and its implications for assessment", *TechTrends*, vol. 68, no. 1, pp. 58-66, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s11528-023-00911-4. (in English).

[12] M. Firat, "What ChatGPT means for universities: Perceptions of scholars and students", *Journal of Applied Learning and Teaching*, vol. 6, no. 1, pp. 57-63, 2023. doi: https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.22. (in English).

[13] M. Cukurova, "The interplay of learning, analytics and artificial intelligence in education: A vision for hybrid intelligence", *British Journal of Educational Technology*, vol. 56, no. 2, pp. 469-488, 2024. doi: https://doi.org/10.1111/bjet.13514. (in English).

[14] D. Shin, "An Analysis Prospective Mathematics Teachers' Perception on the Use of Artificial Intelligence(AI) in Mathematics Education", Communications of Mathematical Education, vol. 34, no. 3, pp. 215–234. 2020. doi: https://doi.org/10.7468/JKSMEE.2020.34.3.215. (in English).

[15] G. Gadanidis, "Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education", International Journal of Information and Learning Technology, vol. 34, no. 2, pp. 133 – 139, 2017. doi: https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048. (in English).

[16] T. Uygun, A. Şendur, B. Top, and K. Coşgun-Başeğmez, "Facilitating the development of preservice teachers' geometric thinking through artificial intelligence (AI) assisted augmented reality (AR) activities: The case of platonic solids". *Education and Information Technologies*, 2024. doi: https://doi.org/10.1007/s10639-024-13084-1. (in English).

[17] S. Getenet, "Pre-Service Teachers and ChatGPT in Multistrategy Problem-Solving: Implications for Mathematics Teaching in Primary Schools". *International Electronic Journal of Mathematics Education*, vol. 19, no. 1, 2024. doi: https://doi.org/10.29333/iejme/14141. (in English).

[18] P. Saukh, "Development of critical thinking as a leading trend in the modern educational process", *Continuing professional education: theory and practice (Series: Pedagogical sciences)*, vol. 2, no. 67, pp. 7-15, 2021 doi: https://doi.org/10.28925/1609-8595.2021.2.1. (in Ukrainian).

[19] A. Gray, "The 10 Skills You Need to Thrive in the Fourth Industrial Revolution", 2016. [Online]. Available: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/ (in English).

[20] S. Terno, "The world of critical thinking: image and mimicry", *History in the modern school*, vol. 7-8, pp. 27-39, 2012 (in Ukrainian).

[21] V. Melnychuk, and L. Horokhova, Critical thinking as a component of information security, *Visnyk of the Lviv University. Series philosophical science*, vol. 29, pp. 7 – 13, 2022. doi:

https://doi.org/10.30970/PHS.2022.29.1. (in Ukrainian).
[22] *Dictionary of Political Science*. *Edited by M. F. Holovaty, O. V. Antoniuk*. Kyiv, 2005 (in Ukrainian).
[23] M. I. Kruglyak, *Critical thinking. Materials of the third part of the online course "Logic, Argumentation, Critical Thinking"*, Kyiv, 2021 (in Ukrainian).
[24] S. I. Tereshchuk, and O. S. Martyniuk, "Development of critical thinking in the study of physics in the lyceum", *Collection of Scientific Papers Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohiienko University. Pedagogical series*, no. 27, pp. 84 – 87, 2021 (in Ukrainian).
[25] A. Lytvynov, and H. Nepomniashcha, "Development of critical thinking of junior schoolchildren in computer science lessons", *Bulletin of Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University*, vol. 2, no. 55, pp. 147 – 152, 2024. doi: https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-2-55-147-153. (in Ukrainian).
[26] M. Ye. Shepel, and I. G. Novachenko, "Critical thinking development among students of economic and managerial majors at foreign language tutorials", *Academic notes. Series: Pedagogical Sciences*, no. 213, pp. 255-260. doi: https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-255-260. (in Ukrainian).
[27] Y. Xing, "Exploring the use of ChatGPT in learning and instructing statistics and data analytics", *Teaching Statistics*, vol. 46, no. 2, pp. 95-104, 2024. doi: https://doi.org/10.1111/test.12367. (in English).
[28] O. M. Korchova, "Development of critical thinking in students of pedagogical institutions of higher education in rhetoric classes", *Herald of Zaporizhzhia National University. Pedagogical Sciences*, vol. 1, no. 34, pp. 340 – 345, 2020. doi: https://doi.org/10.26661/2522-4360-2020-1-53. (in Ukrainian).
[29] O. V. Pogorelov, *Geometry: Stereometry. Textbook for 10 - 11 grades*. Kyiv, 2002 (in Ukrainian).
[30] I. G. Lenchuk, *Constructive solid geometry in tasks: a manual for students of mathematics majors in higher pedagogical educational institutions*, Zhytomyr, Ukraine, 2010 (in Ukrainian).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.