

РОЗДІЛ 6 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ

УДК 373.5:5]:004

DOI 10.32782/ped-uzhnu/2024-4-18

Гриб'юк Олена Олександрівна,

ORCID ID: 0000-0003-3402-0520

кандидат педагогічних наук, старший дослідник,

провідний науковий співробітник, доцент кафедри комп'ютерних

наук та інженерії програмного забезпечення

Інститут цифровізації освіти НАПН України

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ВЧИТЕЛЯМИ МАТЕМАТИКИ В ПРОЦЕСІ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МОТИВАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ: ВИКЛИКИ, ЗАГРОЗИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

THE UTILISATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES BY MATHEMATICS TEACHERS IN THE PROCESS OF RESEARCH-BASED LEARNING TO MOTIVATE STUDENTS' LEARNING AND COGNITIVE ACTIVITY: AN INVESTIGATION OF THE CHALLENGES, THREATS AND PROSPECTS

У дослідженні аналізується доцільність педагогічно виваженого та методично умотивованого використання технологій штучного інтелекту (ШІ), призначених для розв'язування математичних задач, пропонуючи користувачам різноманітні функції і можливості для роботи на уроках, застосовуючи методи та прийоми дослідницького навчання математики. Розглядаються переваги та недоліки використання ШІ в процесі дослідницького навчання математики, обґрунтовано приклади використання нейронних мереж в освітньому процесі. У дослідженні здійснено оцінювання правильності, повноти та швидкості обчислення математичних виразів із використанням засобів ШІ інтелектуального та спеціального призначення вчителями математики в процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу у контексті мотивації навчально-пізнавальної діяльності учнів. З використанням сервісів MathGPTPro, ChatGPT у процесі розв'язування завдань отримали незадовільний результат. Доцільно звернути увагу на те, що MathGPTPro розв'язав правильно вдвічі більше завдань у порівнянні з ChatGPT, однак точність цих засобів не відповідає необхідному і достатньому рівню роботи математичних сервісів. Акцентується увага на необхідності ґрунтовного наповнення алфавіту ШІ, оскільки в процесі виведення результатів розв'язування завдань відображалися численні незрозумілі знаки та символи. На підставі аналізу результатів дослідження можна зробити висновок про недоцільність і неефективність бездумного та невиваженого використання засобів ШІ у процесі розв'язування математичних завдань, у тому числі задач підвищеної складності. Розглядаються приклади проектування і варіанти уточнення структури уроків математики з використанням засобів ШІ. Задля покращення ефективності управління закладом освіти ШІ бере на себе виконання рутинних операцій, допомагає ухвалювати рішення і коригувати дії вчителів. Ефективність використання рекомендованої ШІ індивідуальної траєкторії дослідницького навчання учня залежить від властивостей інформації у контексті уникнення прийняття помилкових рішень.

Ключові слова: дослідницьке навчання, штучний інтелект, нейронні мережі, дидактика математики, урок математики, варіативні моделі, КОМСДН.

The study analyses the feasibility of pedagogically balanced and methodologically motivated use of artificial intelligence (AI) technologies designed to solve mathematical problems, offering users various functions and opportunities for work in the classroom, and suggests methods and techniques for research-based mathematics teaching. The advantages and disadvantages of using AI in the process of research-based mathematics education are considered, and examples of the use of neural networks in the educational process are substantiated. The study evaluates the correctness, completeness and speed of calculating mathematical expressions using intellectual and special-purpose AI tools by mathematics teachers in the process of research teaching of mathematical subjects

in the context of motivating students' learning and cognitive activity, using the MathGPTPro and ChatGPT services in the process of solving problems, we obtained an unsatisfactory result. It is worth noting that MathGPTPro solved twice as many tasks correctly as ChatGPT, but the accuracy of these tools does not correspond to the necessary and sufficient level of mathematical services. Attention is drawn to the need for a thorough filling of the AI alphabet, since numerous incomprehensible signs and symbols were displayed in the process of displaying the results of solving problems. Based on the analysis of the study results, it can be concluded that it is inexpedient and inefficient to use thoughtless and unreasonable AI tools in the process of solving mathematical problems, including problems of increased complexity. Examples of designing and options for refining the structure of mathematics lessons using AI tools are considered. To improve the efficiency of educational institution management, AI takes over routine operations, helps to make decisions and correct teachers' actions. The effectiveness of using the individual trajectory of student research learning recommended by AI depends on the properties of information in the context of avoiding false decisions.

Key words: research-based learning, artificial intelligence, neural networks, didactics of mathematics, mathematics lesson, variational models, COMSRL.

Постановка проблеми. Дослідження в галузі штучного інтелекту розпочалися 75 років тому, проте практичного застосування вони набули за півстоліття. Замість затребуваних сьогодні нейронних мереж, алгоритмів машинного навчання успішно використовувалися інші підходи – послуговуючись аналоговим способом розв'язували диференціальні рівняння. Поняття «штучний інтелект» (ШІ) відноситься до систем автоматичного управління, що ґрунтуються на технологіях опрацювання знань у процесі розв'язування задач в умовах невизначеності. Математика давно вважається складним предметом для учнів, однак із розвитком ШІ розв'язування математичних задач стає ефективнішим і доступнішим.

Сучасні засоби ШІ поділяються на три групи: 1. *Робототехніка.* 2. *Загального інтелектуального спрямування.* 3. *Сприйняття мови (в т.ч. особливості опрацювання природної мови) та зображення, імітація зору.* Безперечно, з урахуванням специфіки та можливостей використання ШІ, роль вчителя у процесі навчання математики посилюється. ШІ допомагає педагогу гнучко організувати навчальне заняття, приділяючи при цьому особливу увагу кожному учневі. Однак ШІ не здатний сформувати в дітей емоційний інтелект та емпатію, здійснити адекватне оцінювання творчих проєктів учнів, замінивши педагогів.

ШІ – це набір алгоритмів, програмних правил, методів оптимізації, машинного навчання тощо, з використанням яких комп'ютер імітує деякі когнітивні (тобто розумові) функції людини. Саме імітує (!) Доцільно звільнити деякий час вчителів, тим самим дозволивши їм сконцентрувати свою увагу безпосередньо на роботі з учнями.

Взагалі, програмою штучного інтелекту можна назвати будь-яку комп'ютерну програму, яка автоматично аналізує певні дані та ухвалює рішення. Необхідно передбачити та уникати виникнення ситуацій, коли ШІ не полегшує діяльність

учнів, а стає *електронним спостерігачем, з яким не можна домовитися.* При цьому «*власного інтелекту в «штучному інтелекті» не існує.* Просто одні люди використовують електронний ресурс із метою управління іншими людьми. Дотепер залишається не вирішеним завдання нормального діалогу природною мовою з машиною. Машина не може підтримувати зв'язного діалогу, утримувати фокус, розуміти нестандартні/творчі запитання. Хоча тема чат-ботів дотепер затребувана, оскільки, наприклад, пропонують чат-ботів, які розмовляють (зокрема завдання синтезу й аналізу мови вирішене [7, с. 17], але після обміну з ботом кількома зв'язними репліками стає зрозуміло, наскільки він усе ще залишається недосконалим.

Не розв'язане завдання щодо здійснення якісного машинного перекладу текстів, хоча завдяки нейронним мережам машинні переклади удосконалюються. Вони стали набагато кращими, ніж років тридцять тому.

Очевидно, що з урахуванням сучасних викликів необхідна реорганізація управління розвитком обчислювальних наук і технологій в Україні. При цьому доцільно критично осмислити досвід передових країн, які випереджають нас за рівнем розвитку цієї галузі. Серед державних ініціатив у цьому напрямі доцільно виокремити сформовану в 2013 р. у Німеччині Національну програму SPPEXA з суперобчислень (Strategic Priority Program 1648 «Software for Exascale Computing» [16, с. 25]), що базується на консорціумі з більш ніж 40 інститутів і трансформується у дво- і тристоронні міждисциплінарні мегапроєкти з партнерами з Франції та Японії. Аналогічні стратегічні ініціативи є у США, Китаї та інших країнах. Серед неурядових ініціатив на особливу увагу заслуговують IESP – міжнародна програма з масштабного програмування, SIAM – товариство індустріальної та прикладної математики.

Доцільно зауважити, що в контексті ефективності управління закладом освіти штучний інтелект бере на себе виконання рутинних операцій, допомагає людині знаходити правильні рішення і навіть здатний замінити її на деяких етапах роботи. Штучний інтелект – це просунута автоматизація. Раніше процесами оптимізації виробництва займалися програмісти, а тепер існують програми, які можуть навчатися самостійно. Нейронна мережа – один із видів штучного інтелекту, конкретний алгоритм або, точніше, набір алгоритмів. Машинне навчання – ширше поняття, ніж нейронна мережа. Можна примітивно учням пояснити таким чином: *існує штучний інтелект, у ньому машинне навчання, а в машинному навчанні – нейронні мережі*.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідно враховувати усі особливості використання ШІ в процесі дослідницького навчання математики. Ефективність використання індивідуальної траєкторії навчання учня залежить від властивостей повноти, актуальності та адекватності інформації, якою «наділений» ШІ, в тому числі з урахуванням технологічного, культурного та економічного розвитку. З'являється джерело/подразник, що провокує ШІ на прийняття помилкових рішень. Йдеться про відхилення роботи машинного інтелекту від оптимальних рішень. У різноманітних учнівських групах освітній процес здійснюється із використанням різних сценаріїв. У освітньому середовищі існують різні компоненти, що впливають на розвиток учнів [5, с. 47]. Наприклад, можливе використання віртуальної реальності, що сприятиме не тільки наочному уявленню про складні процеси та об'єкти, але й обмежувати добір із врахуванням досвіду роботи з реальними об'єктами.

З використання IVR [9, с. 358] можна створювати середовище з метою здійснення дослідницького навчання, наприклад, історії [3, с. 10], історії математики тощо. Безперечно, такі технології потребують неперервного накопичення і аналізу великих масивів персональних даних і безпечного використання [13, с. 1126]. Наслідки таких обмежень уже прослідковуються в суспільстві. Однак конкретних досліджень щодо впливу такої взаємодії з машинним інтелектом на емоційний розвиток учнів не існує. Довіра до комп'ютерного «помічника», який на повинен помилятися, з одного боку є необхідною умовою для ефективного використання ШІ на уроках, а з іншого боку може зашкодити учням, створивши ілюзію «розумної» машини [15, с. 217]. Саме тому обов'язкове

введення вікових обмежень учнів в процесі використання ШІ. Безперечно, коректне застосування таких засобів значною мірою залежатиме від правильного добору методів накопичення і валідації масивів даних [12, с. 587]. Здійснено ґрунтовне дослідження і проведено аналіз механізмів координації та оптимізації ШІ в процесі консультування учнів із використанням технологій BigData [11, с. 21].

Добір методів задля досягнення необхідного рівня розвитку ШІ залежить від задалегідь сформульованої мети і завдань з урахуванням моральних і етичних норм поведінки, не допускаючи виникнення ситуації відхилення від допустимих в контексті людських цінностей норм [4, с. 97], впливатиме на рівень довіри [18, с. 199].

Обережно потрібно відноситися на питання накопичення, опрацювання і збереження даних учнів. Інтелектуальний аналіз таких даних включає розроблення систем електронного навчання, педагогічного супроводу та здійснення прогнозування успішності учнів [6, с. 435], моніторингу уваги, емоцій, пам'яті школярів із метою покращення розробленого курсу та підвищення ефективності управління навчальним процесом [14, с. 19].

Мета дослідження полягає у оцінюванні правильності, повноти та швидкості обчислення математичних виразів із використанням засобів ШІ загального інтелектуального та спеціального призначення вчителями математики в процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу у контексті мотивації навчально-пізнавальної діяльності учнів. У рамках дослідження аналізується доцільність використання засобів ШІ, призначених для розв'язування математичних задач, пропонуючи користувачам різноманітні функції і можливості для роботи на уроках, дібрано методи та прийоми дослідницького навчання математики з методично умотивованим використанням ШІ.

Виклад основного матеріалу. У рамках дослідження використовувалися системи *MathGPTPro ChatGPT*, *MathCad* (див. Таблицю 1). *MathGPTPro* – нейронна мережа, з використанням якої можна розв'язувати різноманітні математичні задачі, в тому числі з алгебри, математичного аналізу, теорії ймовірностей, топології тощо. *ChatGPT* – нейронна мережа, яка здатна розуміти природну мову та відповідати на запитання, імітуючи відповіді людини. Використовується задалегідь дібраний синтаксис для уведення математичних формул і виразів, підтримуючи *LaTeX* для коректного виведення результатів обчислень.

Таблиця 1

Результати дослідження щодо ефективності розв’язування математичних завдань на уроках алгебри

| № з/п | Завдання | Відповідь | Тип математичної моделі | Math GTPro | ChatGPT | MathCad |
|-------|---|--|-------------------------|------------|-------------|---------|
| 1 | $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x-3}{\sqrt{x-2}-1}$ | {2} | Границя | + | + | + |
| | | | | 2 с. | 47 с. | 2 с. |
| 2 | $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{10x-3}{10x-1} \right)^{5x}$ | $\left\{ \frac{1}{e} \right\}$ | Границя | - | - | + |
| | | | | 3 с. | 3 хв. 12 с. | 3 с. |
| 3 | $x^2 + \frac{64}{x^2} - \frac{5x-30}{2} = \frac{25x^2}{16}$ | {-8; 4} | Рівняння | + | + | + |
| | | | | 4 с. | 1 хв. 17 с. | 3 с. |
| 4 | $\begin{cases} x^3 + xy^2 = 40y, \\ y^3 + x^2y = 10x \end{cases}$ | $\left\{ (0;0); (4;2); (-4;-2) \right\}$ | Система рівнянь | - | + | + |
| | | | | 3 с. | 1 хв. 43 с. | 5 с. |
| 5 | $\sqrt{x-1} + \sqrt[3]{2-x} = 1$ | {1; 2; 10} | Рівняння | + | + | + |
| | | | | 4 с. | 1 хв. 15 с. | 3 с. |
| 6 | $5^{2x-1} + 5^{x+1} = 250$ | {2} | Рівняння | + | + | + |
| | | | | 3 с. | 1 хв. 27 с. | 2 с. |
| 7 | $\begin{cases} \log_2 x + \log_4 y = 4, \\ \log_4 x + \log_2 y = 5 \end{cases}$ | {4; 16} | Система рівнянь | - | - | + |
| | | | | 6 с. | 2 хв. 13 с. | 5 с. |
| 8 | $\frac{\cos 4\alpha + 1}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}$ | $\frac{1}{2} \sin 4\alpha$ | Формула | + | + | + |
| | | | | 5 с. | 1 хв. 32 с. | 3 с. |
| 9 | $\frac{\sqrt{\operatorname{ctg} \alpha} + \sqrt{\operatorname{tg} \alpha}}{\sqrt{\operatorname{ctg} \alpha} - \sqrt{\operatorname{tg} \alpha}}$ | $\operatorname{ctg} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)$ | Формула | + | + | + |
| | | | | 6 с. | 1 хв. 47 с. | 3 с. |
| 10 | $1 \int \cos^5 4x \sin 4x dx$ | $-\frac{1}{24} \cos^6 4x + C$ | Інтеграл | ± | - | + |
| | | | | 6 с. | 2 хв. 17 с. | 4 с. |
| 11 | $1 \int_0^7 \sqrt{49-x^2} dx$ | $\frac{49\pi}{4}$ | Інтеграл | + | - | + |
| | | | | 7 с. | 1 хв. 32 с. | 4 с. |
| 12 | $1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{x \sin x}{1 + \cos^2 x} dx$ | $\frac{\pi^2}{4}$ | Інтеграл | + | - | + |
| | | | | 8 с. | 1 хв. 53 с. | 4 с. |
| 13 | $y = x^{\operatorname{arcsin} x}$ | $y' = x^{\operatorname{arcsin} x} \left(\frac{\operatorname{arcsin} x}{x} + \frac{\ln x}{\sqrt{1-x^2}} \right)$ | Функція | - | - | + |
| | | | | 10 с. | 2 хв. 13 с. | 3 с. |

MathCad – математична система, що використовується із метою здійснення оперативної перевірки процесу розв’язування завдань із можливостями уточнення відповідей.

Нижче наведено результати експериментального дослідження:

MathGTPro: 8 правильно розв’язаних завдань, 5 – неправильно. Отримали допустимий варіант розв’язання кожного завдання: повнота – 157 слів щодо опису розв’язання; середня швидкість розв’язування становить 5,15 с.

ChatGPT: 7 правильно розв’язаних завдань, 6 – неправильно. Отримали допустимий варіант

розв’язання кожного завдання: повнота – 229 слів щодо опису розв’язання; середня швидкість розв’язування становить 106,77 с.

MathCad: всі завдання правильно розв’язані. Варіанти розв’язання усіх завдань відсутні. Швидкість розв’язування становить 3,38 с.

У дослідженні [9, с. 355] розглядаються різноманітні приклади використання нейронних мереж на уроках математики в школі: *розпізнавання і створення геометричних фігур, обчислення їх параметрів, площ і периметрів; аналіз даних і пошук відповідних закономірностей; створення практико орієнтованих задач, дослідницьких*

задач; генерація математичних завдань різноманітної тематики і рівня складності; розпізнавання рукописного тексту тощо.

Нейромережі стали частиною нашого життя. ChatGPT пише тексти, а Midjourney генерує зображення із урахуванням конкретного запиту. Нижче пропонується порівняльна характеристика нейронних мереж, що використовуються в рамках дослідження (див. Таблицю 2).

У дослідженні [10, с. 378] використовуються також сервіси з метою уточнення логічної структури освітнього продукту: <https://aimylogic.com/>; <https://writesonic.com/botsonic>; <https://chatfuel.com/>; <https://www.chatbase.co/>, причому з'являється можливість додатково навчати ШІ. Для всіх вище описаних завдань використовується практично один і той самий набір алгоритмів – різноманітних нейронних мереж. Але найголовніше – це коректне та постійне накопичення даних. Алгоритми з плином часу можуть замінюватися, але навчальні дані завжди залишаються цінними. Саме на прикладах, на так званих «дата сетах» – наборах даних, навчаються «розумні» алгоритми. Вони вивчають приклади текстів, зображень, відео матеріалів, у яких турботлива команда фахівців завчасно помітила все, що може бути корисним алгоритму, щоб навчитися бачити, чути й розуміти, як людина. Наприклад, засоби

ШІ здійснюють переклад повідомлень учня в текстовий формат. Для цього використовується кілька нейронних мереж. Одна вмє відрізнати тишу від голосу. Інша – перетворювати голос на набір літер. Третя – перетворювати набір літер на комбінацію слів. Ще одна нейронна мережа розставить розділові знаки, окремий алгоритм відновить великі літери в іменах, назвах організацій, аббревіатурах, перекладе слова в цифри. Однак визначати емоцію людини після прослуховування аудіо матеріалів поки що ніхто, крім людини, не вмє (!).

З допомогою ШІ можна створювати не тільки навчальні курси, а й проектувати уроки математики. ChatGPT використовується як інструмент для створення наукового та змістовного математичного контенту.

ШІ – пошукова система. Вчителі можуть використовувати ШІ для здійснення добору повідомлень за запитом і знаходити навчальні матеріали, які будуть найцікавішими для учнів. Наприклад, вони можуть поставити запитання на тему прикладної математики – яке практичне застосування поліномів? І використовувати ШІ для пошуку відповіді, яка переконливо та доступно звучатиме для підлітків, у тому числі з використанням IVR.

ШІ – творець навчального матеріалу. Можна використовувати ШІ для розроблення навчальних матеріалів, які привернуть увагу учнів.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика нейронних мереж для вчителів

| Нейромережа | Опис |
|--|---|
| <i>CopyMonkey</i> (https://www.copymonkey.app/) | для роботи з текстом, причому з'являється можливість генерування тексту з урахуванням різноманітних запитів: статті, повідомлення, есе, матеріали для бесіди тощо. |
| <i>Fusion Brain</i> (https://fusionbrain.ai/) | для генерування фотографічних зображень і відеоматеріалів. З'являється можливість створювати не лише ілюстрації, але й анімації упродовж орієнтовно трьох хвилин. |
| <i>Gamma</i> (https://gamma.app/) | для створення презентацій. Із використанням нейронної мережі можна створити потрібну структуру презентації, дібрати відповідний стиль і створити необхідні зображення. |
| <i>GraphMaker</i> (https://www.graphmaker.ai/) | для створення графіків, причому в контексті використання даних можна використовувати таблиці Google, завантажені з комп'ютера файли та відповідні дані, розміщені в нейронній мережі. |
| <i>Perplexity</i> (https://www.perplexity.ai/) | використовується для можливості ознайомлення з довідковими матеріалами задля отримання висновків у контексті затребуваної навчальної теми. Наприклад, здійснити короткий переказ тексту, прочитаного перед уроком. Грунтовного опису не запропонує, однак основну структуру тексту виведе на екран. |
| <i>Synthesia</i> (https://www.synthesia.io/) | створює відео на підставі текстового повідомлення, причому аватар озвучить запропонований текст. Існує можливість добору будь якого із 140 аватарів. |
| <i>Turbo Check</i> (https://turbocheck.ru/) | використовується для здійснення перевірки необхідних матеріалів на наявність/відсутність заповнень. |

Наприклад, ШІ може допомогти у створенні тестових завдань, пов'язаних із темою уроку. Ці завдання можуть бути використані як домашні завдання або дослідницькі завдання під час уроку, щоб допомогти учням краще засвоїти матеріал. Також вчителі можуть використовувати ШІ для створення дослідницьких проєктів, визначення критеріїв оцінювання і написання рубрик. Це дає змогу створити захопливі та практичні проєкти, які допоможуть учням застосувати свої знання математики на практиці.

ШІ – конструктор уроків. ШІ може бути корисним інструментом під час планування уроків. Вчителі можуть використовувати ШІ для розроблення важливих запитань, на які потрібно відповісти на занятті, а також для створення плану уроку з урахуванням стандартів. Використовуючи ШІ, вчителі можуть створювати структуровані та цілісні уроки різних типів, що відповідатимуть освітнім стандартам.

Попри всі переваги, які надає ШІ в освіті, важливо пам'ятати, що його використання має *супроводжуватися людиною*. Вчителі мають застосовувати свої знання про учнів і необхідні вміння для створення ефективних уроків, а ШІ лише слугує *інструментом для підтримки*. Синергетичне поєднання людського інтелекту та можливостей ШІ дає змогу створювати освітні продукти, що відповідають потребам учнів.

Використання ШІ з метою покращення поведінки в класі. Штучний інтелект може стати ефективним інструментом для рефлексії та покращення здатності учнів до самоаналізу. У рамках дослідження [1, с. 61] розроблено стратегії, що допомагають вчителям розширити можливості учнів, сприяючи відновленню взаєморозуміння після критичної ситуації в класі.

Формулювання евристичного запитання для роздумів. Якщо учень переходить межі або порушує правила поведінки, рефлексія може допомогти йому висловити свої думки й осмислити те, що сталося. Використовуйте ChatGPT для створення запитань для роздумів, адаптованих до ситуації. Приклад: «Учень порушив шкільні правила. Розроби сім евристичних запитань для роздумів, які допоможуть учневі обміркувати свій вибір, покращити свою поведінку та виправити ситуацію». Чим більше подробиць ви надасте, тим більше запитань для роздумів запропонує ШІ. Це корисний спосіб залучити учнів до навчання та зростання після здійснення аналізу помилок. Однак потрібно пам'ятати про конфіденційність кожного учня.

Індивідуальні соціальні історії. Соціальні історії можуть допомогти будь-якому учневі, який переживає травми. ChatGPT може створювати соціальні історії, адаптовані до конкретної ситуації. Ось кілька прикладів запитів: «Напиши розповідь про школяра, який вступив у словесну суперечку, порушуючи дисципліну на уроці, а потім вирішив конфлікт з однокласником, на рівні читання у дев'ятому класі, довжиною 1800 знаків».

Факультативні заняття і гурткова робота. Гуртки та факультативні заняття є основним елементом математичної практики. Вони передбачають об'єднання учнів для обговорення потреб, щоб відновити гармонію в групі шляхом створення дослідницького проєкту. Щоб підготуватися до обговорення, з використанням ChatGPT необхідно сформулювати запит для обговорення математичних проблеми. Ось кілька прикладів: «Запропонуй 10 відкритих запитань, які я можу використати, щоб полегшити обговорення ефективного використання комп'ютерних ігор у процесі створення математичних проєктів».

Стимулювання навчально-пізнавальної діяльності учнів із використанням ChatGPT в контексті дослідницького навчання. Позиціонування ШІ як наставника або симулятора евристичних сценаріїв може стимулювати інтерес учнів і сприяти дослідницькому навчанню. Наприклад, на початковому етапі реалізації дослідницького проєкту учні сперечаються з приводу стратегії і тактики дослідження. Виникають розбіжності, які учні намагаються вирішити, звертаючись до ChatGPT.

Переваги щодо використання ШІ в школі полягають в *індивідуалізації дослідницького навчання*. Нейронні мережі можуть оперативно аналізувати велику кількість даних, що сприяє індивідуалізації процесу навчання і адаптації його до відповідного рівня кожного учня окремо. Алгоритми допомагають виокремити прогалини в знаннях учнів і дібрати найбільш ефективні методи та прийоми навчання. З'являється можливість адаптувати навчальний матеріал із урахування складності математичних завдань у залежності від рівня підготовки учня. Із використанням ШІ з'являється можливість уточнення структури та ґрунтовне наповнення завдань і тестів з метою перевірки рівня засвоєння учнями знань. Такий підхід забезпечує занурення учня в творчий пошук у контексті вирішення дослідницького завдання.

Аналіз рішень і пошук помилок. Із використанням нейронних мереж забезпечується можливість оперативного виявлення помилок у відповідях учнів. Програма може аналізувати кожен крок

в процесі розв'язування задачі і здійснювати перевірку на відповідність шаблонам із правильними відповідями [10, с. 379]. У разі виявлення помилки нейронна мережа пропонує розгорнуту підказку або роз'яснення, допомагаючи таким чином краще зрозуміти сутність математичної задачі.

Необхідно передбачати і унеможливити виникнення соціальних проблем, пов'язаних із цифровізацією навколишнього оточення. Наприклад, потрібно захистити приватне життя учнів і вчителів, зокрема, необхідно закріпити на законодавчому рівні неможливість використання цифрових технологій для погіршення життя людей. Не повинні системи ШІ, які працюють в автоматичному режимі, брати участь в прийнятті життєво важливих рішень. Безперечно, дотепер виникають помилки штучного інтелекту, за які ніхто не несе жодної відповідальності, оскільки відповідальність розмита (!). Щосекунди створюється людиною унікальний цифровий слід. Пошукувач знає, чим цікавиться учень, навігатор – яким чином він пересувається, банківський застосунок – що він купує тощо. Усе це дає змогу здійснити якісний крос-канальний аналіз.

У рамках дослідження [9, с. 354] у школах на уроках математики не дозволяється використовувати калькулятор. *З такої позиції видається дивною ініціатива щодо повсюдного використання ШІ для розв'язування задач.* Школярі повинні спершу навчитися розв'язувати математичні задачі, використовуючи власний мозок. Бездумне використання ШІ учнями може призвести до того, що вони перестануть самостійно розв'язувати задачі та писати грамотні тексти без використання нейронних мереж.

Беззаперечною є доцільність використання ШІ в рамках проєкту MathiSiS (<http://mathisis-project.eu>) під час роботи з дітьми з *особливими освітніми потребами*, послуговуючись у процесі навчання роботами Nao з метою фіксації відповідних результатів роботи учнів, спостерігаючи за ними.

Математичні розв'язувачі задач на базі ШІ використовують алгоритми і техніки машинного навчання для аналізу та вирішення складних математичних рівнянь і задач з математичного аналізу, алгебри, геометрії обчислення алгебраїчних виразів із високою швидкістю і точністю.

У рамках дослідження [2, с. 97] використовуються апробовані засоби ШІ, призначені для розв'язування математичних задач, пропонуючи користувачам різноманітні функції і можливості для роботи з рівняннями, задачами з математичного аналізу, алгебраїчними виразами тощо (див.

Таблицю 3). *Mathsolver.top*, що працює на основі передової технології ШІ, використовується для отримання можливостей завантажувати запитання і миттєво отримувати відповіді.

Безперечно, доцільно виокремити недоліки генеративного ШІ:

Пошук джерел інформації. З точки зору ШІ, немає жодної різниці між верифікованим джерелом (науковою статтею) і заміткою в таблоїді – усе це однаковий масив даних для роботи моделі. Отже, добір джерела для генерації відповіді непередбачуваний, а відстежити його практично неможливо з відповідними наслідками для (не) достовірності генерованої відповіді.

Факти. У комп'ютера відсутнє розуміння категорії емпіричних фактів, однак є затребуваними завдання щодо створення переконливого нарративу в заданому запитом користувача жанрі.

Теоретичний матеріал. ChatGPT не розуміє зв'язків і закономірностей між об'єктами і явищами. З точки зору ШІ не існує етично і морально неприйнятних тем. Для того, щоб генеровані відповіді не зачіпали почуттів користувачів, у моделях створюють фільтри, що регулюють виведення повідомлення. Створюється ситуація, коли один великий об'єкт обмежується іншим.

Критичний діалог. ChatGPT важливо імітувати людяність, бути в очах користувача/учня хорошим співрозмовником. Однією з принципів його цілей є «створення ілюзії розуміння людини».

Безперечно, доцільно враховувати вище зазначені недоліки в процесі дослідницького навчання шляхом калібрування моделі ChatGPT можна домогтися її роботи на основі верифікованої інформації. Можна домогтися врахування теорій і наукових законів, за умови використання дуже докладних і вивірених теоретичних визначень у масиві даних. Цей шлях вимагає наявності відповідних знань, умінь і навичок.

ChatGPT дуже корисний для генерації зворотного зв'язку з метою здійснення аналізу виконану учнем роботи. Причому, залежно від заданої на підставі запиту умови, можна отримати кілька відповідей із врахуванням фактології, відповідності теоретичній концепції, критичного аналізу тощо. Таким чином з'являється можливість уточнення та самонавчання нейронної мережі після повторної перевірки відповідей учителем.

Генерація завдань для учнів. ChatGPT використовується для генерування дослідницьких завдань. Щоправда, текст доводиться ґрунтовно перевіряти на адекватність та декілька разів редагувати.

Таблиця 3

| Засіб ШІ | Опис |
|--|---|
| <i>Algebrator</i> | математичне програмне забезпечення, що використовує алгоритми ШІ для розв'язування алгебраїчних рівнянь, спрощення виразів і виконання інших математичних завдань. Воно надає покрокові рішення, інтерактивні графіки та персоналізоване навчання. |
| <i>Alpha Geometry</i> | розв'язувач геометричних задач олімпіадного рівня, де реалізована можливість розв'язування складних абстрактних задач не лише в процесі навчання вищої математики, але й в рамках реалізації дослідницького проєкту із використанням сучасної (!) математики дослідницького рівня. |
| <i>Calculator.net</i> | пропонується колекцію безкоштовних онлайн калькуляторів, включно з математичним розв'язувачем, який може розв'язувати алгебраїчні рівняння, задачі математичного аналізу тощо. Пропонуються покрокові рішення і підтримується як числове, так і символічне введення даних. |
| <i>Cymath</i> | застосунок для розв'язування математичних задач, що використовує алгоритми ШІ для надання миттєвих рішень і покрокових пояснень щодо алгоритмів розв'язування алгебраїчних рівнянь, задач математичного аналізу тощо. Має зручний інтерфейс і підтримує як текстовий, так і рукописний варіант введення даних. |
| <i>Desmos</i> | графічний калькулятор, де використовуються алгоритми ШІ для побудови функцій, здійснення аналізу даних і розв'язування рівнянь. Він має зручний інтерфейс, гнучку систему для взаємодії, «інтерактивні» інструменти візуалізації для вивчення математичних концепцій. |
| <i>GeoGebra</i> | динамічне математичне програмне забезпечення, де об'єднується геометрія, алгебра, математичний аналіз тощо. Пропонується графічний калькулятор, розв'язувач рівнянь та «інтерактивні» геометричні інструменти на базі ШІ для ґрунтовного вивчення математичних тем. |
| <i>MathSolver.top</i> (https://www.mathsolver.top/) | безкоштовний математичний розв'язувач зі штучним інтелектом, із використанням якого можлива організація персоналізованого навчання. У режимі <i>Помічника</i> надаються покрокові рішення; у режимі <i>Учня</i> надаються підказки із добором основних понять для допомоги користувачам у вирішенні проблем самостійно. На 25% вища точність, ніж середня в галузі, завдяки затребуваним моделям (<i>ChatGPT, Gemini, LLama2</i>). Користувачі можуть завантажувати свої математичні запитання і миттєво отримувати відповіді. Завдяки своїм безкоштовним функціям <i>Mathsolver.top</i> є доступним інструментом як для учнів, так і для педагогів. Також він має високу точність обчислення різноманітних задач, пов'язаних у тому числі з математичним аналізом, алгеброю, динамічними системами, тригонометрією, комбінаторикою тощо. |
| <i>Math 42</i> | застосунок для розв'язування математичних задач, що використовує технологію ШІ для надання покрокових варіантів і пояснень для алгебраїчних рівнянь, задач математичного аналізу тощо. Має зручний інтерфейс і підтримує як текстовий, так і рукописний варіант введення даних. |
| <i>Math Solver</i> | застосунок на базі ШІ, який може розв'язувати різноманітні математичні задачі, включно з алгебраїчними рівняннями, задачами математичного аналізу та геометричними задачами. Він надає покрокові рішення, інтерактивні графіки та онлайн уроки з математики в режимі реального часу. |
| <i>Mathway</i> | універсальний розв'язувач математичних задач, який охоплює широкий спектр тем, включно з алгеброю, математичним аналізом, тригонометрією і статистикою. Його алгоритми ШІ можуть розв'язувати як різноманітні вирази, надаючи миттєві варіанти розв'язання і ґрунтовні пояснення. |
| <i>Photomath</i> (<i>Photomath.org</i>) | мобільний застосунок, що використовує технологію ШІ для розв'язування математичних задач шляхом сканування рукописних або надрукованих рівнянь за допомогою камери смартфона. Він надає миттєві розв'язки, покрокові пояснення і демонструє графіки для алгебраїчних задач, математичного аналізу тощо. |
| <i>QuickMath</i> | автоматизований розв'язувач математичних задач, який може розв'язувати алгебраїчні рівняння, задачі математичного аналізу та відповідати на різноманітні математичні запити. Пропонуються покрокові рішення, можливості побудови графіків та інтерактивні підручники для вивчення математичних концепцій. |
| <i>Socratic</i> | мобільний застосунок, що використовує технологію ШІ для надання покрокових рішень і пояснень для математичних завдань, а також інших предметів, таких як історія науки, історія та англійська мова. Він має чат-інтерфейс і підтримує як текстове, так і візуальне введення. |
| <i>Solver</i> | математичний застосунок, який об'єднує блокнот із калькулятором, надаючи можливість користувачам виконувати обчислення та розв'язувати математичні задачі у природний та інтуїтивний спосіб. Його алгоритми на базі ШІ забезпечують миттєві результати і підтримують складні математичні вирази. |
| <i>Symbolab</i> | математичний розв'язувач на базі ШІ, який пропонує покрокові рішення та інтерактивні графіки для алгебри, математичного аналізу, тригонометрії тощо. Працює як із символічними, так і з числовими виразами, що робить його затребуваним для розв'язування різноманітних математичних завдань. |

Усе перелічене вище не вирішує основної проблеми – можливості генерації відповідей учнями та підміни понять. Ймовірно, потрібно очікувати появи нейромереж, завданням яких буде виявлення ознак роботи інших нейромереж, зміни форматів завдань і занять. Безперечно, *інструменти ШІ потребують повсюдної підтримки з боку вчителя.*

Приклади використання ChatGPT в процесі дослідницького навчання математики наведено нижче. *Моделювання реальних сценаріїв.* Учні можуть використовувати стратегії та ідеї [10, с. 377], представлені в моделі ChatGPT, і застосовувати їх в процесі навчання. Приклад такого підходу – створення дослідницького проєкту (наприклад, газети або книжки) з використанням варіативних моделей КОМСДН. Пояснення рішень, які школярі мають ухвалити в рамках проєкту, дає змогу позиціонувати їх як практиків у своїй галузі та розглянути реальні проблеми. Потім учнів можна попросити використовувати ChatGPT для моделювання сценарію щодо виявлення розбіжностей між фахівцями, щоб збагатити досвід навчання.

Розвиток критичного мислення учнів. Залучення школярів до розвитку критичного мислення – важливий аспект. Процес «Я роблю, ми робимо, ви робите» дає змогу використовувати ChatGPT для можливості вирішення дослідницьких проблем. Проведення мозкового штурму, використання контрприкладів, моделювання сценаріїв з ChatGPT та аналіз помилок у відповідях допомагають учням розвивати мислення та усвідомлювати, що ChatGPT – лише інструмент, а не заміна.

Моделювання експертного досвіду. Учні можуть передати ChatGPT роль експерта, вводячи запитання й отримуючи відповіді для отримання експертного висновку. Цей досвід може застосовуватися до різних тем, від історії математики до предметів природничо-математичного циклу.

Стратегічне використання ChatGPT в освіті створює не тільки можливість ухвалювати рішення, використовуючи ШІ, а й вчить позиціонувати його як корисного наставника. Такий підхід дає змогу школярам краще зрозуміти можливості ШІ, відкриваючи нові горизонти в галузі освіти. Однак, навіть із врахуванням стрімкого розвитку ШІ, доцільно зауважити, що ШІ *не зможе замінити вчителя.* Нижче пропонуються основні причини:

Викладання і навчання, учіння – не просто передавання інформації від вчителя до учня. Освітня надають підтримку учням різними способами і можуть виступати в ролі педагогів, психологів, наставників, у кого шукають

підтримки. Роль вчителя полягає в тому, щоб бути мотиватором і тим, хто надає підтримку, адаптовану до індивідуальних потреб кожного конкретного учня. Ці характерні «людські» особливості не можуть бути замінені ШІ і саме вони мають вирішальне значення для зміцнення довіри та створення безпечного і комфортного навчального середовища для кожного учня.

Кожен учень унікальний. На відміну від комп'ютерних програм, педагогів вчать комплексно застосовувати як свої знання в предметній галузі, так і емпатію. Вчителю важливо оперувати такими поняттями, як мотивація, інтелектуальний розвиток, потреби, емоційний стан, темперамент, обмеження можливостей тощо.

Співпраця, командна робота та постійне вдосконалення. У той час як новітня програма штучного інтелекту може мати доступ до всієї бази знань Інтернету і постійно вдосконалюватися, те саме можна сказати і про вчителів, і про навчання загалом. Вчителі постійно вдосконалюються, змогу взаємодіючи з іншими колегами, обмінюються ідеями та планами уроків, взаємодіють зі своїми учнями поза межами навчальної програми, планують активності для заохочення в рамках командної роботи та прищеплюють дітям потрібні для дорослого життя навички. Такий рівень залученості ніколи не зможе бути замінений програмним забезпеченням. ШІ може стати чудовим помічником для освітян, але він не зможе замінити самих педагогів і стати основною ланкою в передачі знань.

Штучний інтелект «підкорює» математичні олімпіади. У рамках математичної олімпіади АІМО завдання розв'язували моделі ШІ, але призи отримують їхні творці. Рівень завдань можна порівняти із завданнями Міжнародної математичної олімпіади. Numina об'єднала зусилля з командою BigCode з Hugging Face, щоб дослідити можливості мовних моделей у формальній математиці. Шлях до перемоги був складним. Спочатку Numina зосередилася на створенні високоякісних даних для навчання ШІ розв'язанню олімпіадних задач, після чого команда Hugging Face зайнялася навчанням моделей на математичних і кодових даних. Вдалося навчити модель писати код, впоралися з високою варіативністю результатів, оптимізували модель під обмеження за обчислювальними ресурсами і поліпшили якість даних для навчання. Модель команди Numina і Hugging Face посіла перше місце, розв'язавши 29 завдань із 50 на фінальному етапі змагання. ШІ вже зараз здатний розв'язувати найскладніші математичні задачі, тим самим відкриваючи математичні перспективи

для прискорення наукового прогресу і вирішення глобальних проблем людства за умови вирішення різноманітних проблемних ситуацій.

Дотепер тривають дослідження [8, с. 13; 9, с. 358], що ґрунтуються на виокремленні стандартів в контексті створення даних, на основі яких і працюватимуть освітні алгоритми ШІ, в тому числі з урахуванням специфіки захисту персональних даних. Обмеженість масивів даних призводить до виникнення некоректних дій, відсутності об'єктивності в педагогічному оцінюванні, неправильних методичних рекомендацій і формулювання хибних висновків. Нижче наведено *орієнтовні причини виникнення помилок: дезорієнтація ШІ*, викликана формуванням хибних асоціацій для формування зворотного зв'язку з учнем; *недостовірність і неточність наборів даних*, що аналізуються; використання *недосконалих алгоритмів прогнозування* призводить до автоматичного прийняття рішень, зачасти помилкових і неточно прогнозованих; взаємодія людини з ШІ після створення алгоритмів може *привести формування хибної мети і завдань дослідницького навчання*, що призведе до того, що навчальний процес здійснюватиметься у неправильному напрямку.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розв'язувачі математичних задач на базі ШІ революціонізували підхід до математичного вирішення проблем, роблячи його доступнішим і зручнішим як для учнів, так і для педагогів. Від базової арифметики до просунутого математичного аналізу засоби ШІ пропонують різноманітні функції і можливості для вирішення математичних завдань. Рекомендується дібрати необхідний засіб – мобільні додатки, наприклад, *Photomath* і *Socratic*; платформи, наприклад, *Symbolab* і *Mathway* – в контексті педагогічно виваженого

використання у дослідницькому навчання. Переваги, завдяки інноваційним інструментам, таким як *Mathsolver.top*, користувачі можуть використовувати технології ШІ для швидкого та ефективного розв'язування математичних задач. З цими інструментами ШІ – за умови коректного використання – з'являються додаткові можливості щодо ефективного розв'язування найскладніших математичних задач.

Доцільно звернути особливу увагу, що з використанням сервісів *MathGPTPro*, *ChatGPT* у процесі розв'язування завдань отримали незадовільний результат. Наприклад, *MathGPTPro* розв'язав правильно вдвічі більше завдань у порівнянні з *ChatGPT*, однак точність цих засобів не відповідає необхідному і достатньому рівню роботи математичних сервісів. Доцільно зауважити також про *необхідність ґрунтовного наповнення алфавіту ШІ*, оскільки в процесі виведення результатів вирішення завдань відображалися численні незрозумілі знаки та символи. На підставі аналізу результатів дослідження можна зробити висновок про недоцільність і неефективність невваженого використання засобів ШІ у процесі розв'язування математичних завдань, у тому числі задач підвищеної складності.

Перспективи подальшого дослідження спрямовані на розроблення моделей представлення знань в контексті виваженого використання ШІ, створення баз знань, що становлять ядро експертної системи та включає моделі та методи накопичення і структуризування знань, здійснення аналізу та формалізації із метою подальшого використання в інтелектуальних системах навчального призначення у процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу в контексті неперервності навчально-виховного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Гриб'юк О. О. Форми і методи використання технологій штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів: дидактичні та психофізіологічні аспекти дослідницького навчання. *Габітус: науковий журнал*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 60. С. 55–68. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-5208.2024.60.9>.
2. Гриб'юк О. О. Педагогічне проектування варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу з використанням технологій штучного інтелекту. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах: зб. наук. пр.* [редкол.: А.В. Сущенко (голов. ред.) та ін.]. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 92. С. 93–102. URL: <https://doi.org/10.32782/1992-5786.2024.92.15>.
3. Baierle I.L.F., Gluz J.C. Programming Intelligent Embodied Pedagogical Agents to Teach the Beginnings of Industrial Revolution. In: Nkambou, R., Azevedo, R., Vassileva, J. (eds) *Intelligent Tutoring Systems. ITS 2018. Lecture Notes in Computer Science*, 2018. vol 10858. P. 3–12. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91464-0_1 (date of access: 17.04.2024).
4. Bebbington K., MacLeod C. The sky is falling: Evidence of negativity bias in the social transmission of information. *Evolution and Human Behavior*. 2017. Vol. 38 (1). P. 92–101. URL: <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2016.07.004> (date of access: 27.04.2024).

5. Cannoni E., Scalis T. G. Indagine sui bambini di 5–6 anni che usano quotidianamente i dispositivi mobili in ambito familiare: caratteristiche personali e contestuali e problematiche cognitive ed emotive. *Rassegna Italiana di Psicologia*. 2018. Vol. 35 (1). P. 41–56. URL: <https://hdl.handle.net/11573/1116494> (date of access: 07.05.2024).
6. Chakraborty B., Chakma K., Mukherjee, A. A density-based clustering algorithm and experiments on student dataset with noises using rough set theory. *IEEE International Conference on Engineering and Technology*, 2016. P. 431–436. URL: <https://doi.org/10.1109/ICETECH.2016.7569290> (date of access: 09.05.2024).
7. ChatGPT Shared Links FAQ. *Help OpenAI*. URL: <https://help.openai.com/en/articles/7925741-chatgpt-shared-links-faq/> (дата звернення: 27.05.2024).
8. Gebru T., Morgenstern J., Vecchione B., Vaughan J. W., Wallach H., Daumé H., Crawford K. Datasheets for datasets. *arXiv.org*. URL: <https://arxiv.org/abs/1803.09010/> (date of access: 25.05.2024).
9. Hrybiuk O., Kant G. S. CleverCOMSRL: Implementation of an AI Computer-Aided Design System in the Context of the Cognitive Science Paradigm for the Research Training Process. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Cham, 2024. P. 351–362. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-61575-7_32 (date of access: 05.07.2024).
10. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Cham, 2019. P. 370–382. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-18789-7_31 (date of access: 27.05.2024).
11. Yang Z., Talha M. A Coordinated and Optimized Mechanism of Artificial Intelligence for Student Management by College Counselors Based on Big Data. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2021. Vol. 2021. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/1725490> (date of access: 23.04.2024).
12. Levendowski A. How copyright law can fix artificial intelligence's implicit bias problem. *Washington Law Review*. 2018. Vol. 93 (2). P. 579–630. URL: <https://digitalcommons.law.uw.edu/wlr/vol93/iss2/2> (date of access: 23.04.2024).
13. Maselena A. Demystifying Learning Analytics in Personalised Learning. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7, no. 3. P. 1124–1129. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.9789> (date of access: 17.05.2024).
14. Nkambou R., Azevedo R., Vassileva J. Intelligent Tutoring Systems. *14th International Conference*. 2018, ITS 2018. Montreal, QC, Canada. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91464-0> (date of access: 25.05.2024).
15. Penprase B. E. The Fourth Industrial Revolution and Higher Education. *Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution*. Singapore, 2018. P. 207–229. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0_9 (date of access: 24.04.2024).
16. Software for Exascale Computing - SPPEXA 2016-2019 / ed. by H.-J. Bungartz et al. Cham : Springer International Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47956-5> (date of access: 29.04.2024).
17. Van Brummelen J., Tabunshchik V., Heng T. “Alexa, Can I Program You?”: Student Perceptions of Conversational Artificial Intelligence Before and After Programming Alexa. *IDC'21: Interaction Design and Children*, Athens Greece. New York, NY, USA, 2021. P. 305–313. URL: <https://doi.org/10.1145/3459990.3460730> (date of access: 17.05.2024).
18. Zanetti M. Prejudice and labelling: the role of the teacher in the development of deviant behaviours. *Formazione & Insegnamento*. 2018. Vol. 16 (2). P. 193–204. URL: <https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/siref/article/view/3044> (date of access: 27.05.2024).