

## MATEMATIK BILIMLARNI RIVOJLANTIRISHDA CHATGPT: O'QUVCHILARNING UNDAN FOYDALANISH SABABLARI VA TA'LIMYIY IMKONIYATLARI

Meyliyeva Umida Ergashevna

NMPU, Mustaqil tadqiqotchi.

E-mail: [meyliyevaumida45@gmail.com](mailto:meyliyevaumida45@gmail.com)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23022057>

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada ChatGPT'ning talabalarda matematik kompetensiyani rivojlantirishdagi o'rni, undan foydalanish sabablari hamda buning natijasida yuzaga keladigan ta'limiy imkoniyatlar va cheklovlar tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida 150 nafar bakalavriat talabasi o'rtasida so'rovnoma o'tkazildi hamda ChatGPT'ning algebra, matematik analiz, ehtimollik nazariyasi va geometrik isbotlashga oid masalalarni yechishdagi aniqligi eksperimental tarzda sinovdan o'tkazildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ChatGPT algoritmlarga asoslangan va tahliliy masalalarni bajarishda yuqori natija (86–94% aniqlik) ko'rsatgan bo'lsa-da, geometrik isbotlash va mantiqiy asoslashni talab qiluvchi masalalarda uning aniqligi sezilarli darajada (61% gacha) pasayadi.

**Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, ChatGPT, matematik ta'lim, raqamli o'qitish vositalari, amaliy matematika, o'quv motivatsiyasi.

**Abstract.** This article examines the role of ChatGPT in developing students' mathematical competence, the reasons behind its use, and the resulting educational opportunities and limitations. A survey of 150 undergraduate students and an experimental test of ChatGPT's accuracy across algebra, calculus, probability, and geometric proof tasks were conducted. Results show that while ChatGPT performs well on algorithmic and analytic tasks (86–94% accuracy), its accuracy drops considerably (61%) on tasks requiring geometric proof and logical justification.

**Keywords:** artificial intelligence, ChatGPT, mathematics education, computer setup, applied mathematics, learning motivation.

### KIRISH

So'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarining, xususan yirik til modellari (Large Language Models – LLM) asosidagi ChatGPT tizimining ta'lim sohasiga kirib kelishi pedagogika fanida keng muhokamalarga sabab bo'lmoqda. 2022-yil noyabr oyida ommaviy foydalanishga taqdim etilgan ChatGPT ikki oy ichida 100 million foydalanuvchiga, 2023-yil avgustga kelib esa 180 milliondan ortiq foydalanuvchiga ega bo'ldi, bu esa ta'lim tizimining ushbu texnologiyaga tayyor bo'lmagan holda duch kelishiga olib keldi.

Matematika ta'limi – aniq mantiqiy fikrlash, izchil hisoblash va abstrakt tushunchalarni o'zlashtirishni talab qiluvchi soha bo'lgani sababli, unda sun'iy intellektdan foydalanish masalasi alohida ahamiyat kasb etadi. Bir tomondan, ChatGPT talabaga istalgan vaqtda, istalgan joyda, tez va individual tarzda tushuntirish berish, masalani bosqichma-bosqich yechish, mashq va misollar generatsiya qilish imkoniyatini beradi. Ikkinchi tomondan, tadqiqotchilar ChatGPT'ning murakkab matematik mulohaza yuritish, isbotlash va fazoviy geometriya kabi yo'nalishlarda xato

qilish ehtimoli yuqoriligini, shuningdek uning talabalarda ortiqcha bog'liqlik (over-reliance) va mustaqil fikrlash ko'nikmalarining pasayishiga olib kelishi mumkinligini qayd etadilar.

Ushbu ziddiyatli manzara O'zbekiston oliy ta'lim tizimi uchun ham dolzarb bo'lib, mamlakatimizda raqamli ta'lim texnologiyalarini joriy etish, xususan sun'iy intellekt vositalaridan matematika fanini o'qitishda foydalanish masalasi ta'lim islohotlarining muhim yo'nalishlaridan biriga aylanmoqda. Biroq mavjud adabiyotlarda o'zbek talabalari misolida ChatGPT'dan foydalanish sabablari, chastotasi va uning matematik bilim sifatiga ta'siri bo'yicha yetarlicha empirik ma'lumotlar mavjud emas.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – ChatGPT'ning matematik bilimlarni rivojlantirishdagi ta'limiy imkoniyatlarini, talabalarning undan foydalanish sabablarini aniqlash hamda ChatGPT'ning turli murakkablikdagi amaliy matematik masalalarni yechishdagi ishonchlilik darajasini eksperimental tarzda baholashdan iborat.

Tadqiqot quyidagi savollarga javob izlaydi:

- 1) Talabalar matematika fanini o'rganishda ChatGPT'dan qanday maqsadlarda va qay darajada foydalanadilar?
- 2) ChatGPT amaliy matematik masalalarning turli toifalarini (algebra, matematik analiz, ehtimollar nazariyasi, geometriya) qay darajada to'g'ri yecha oladi?
- 3) ChatGPT'dan foydalanish talabalarning matematik fikrlashiga qanday ta'limiy imkoniyat va xavflarni keltirib chiqaradi?

#### **ADABIYOTLAR TAHLILI**

ChatGPT va matematika ta'limi mavzusidagi xalqaro adabiyotlar so'nggi ikki-uch yilda tez sur'atlar bilan boyimoqda. Turmuzi va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tizimli tahlilda 2023–2025-yillar oralig'ida chop etilgan 20 ta empirik maqola sintez qilingan bo'lib, ularda ChatGPT'ning tanqidiy fikrlashga ta'siri, turli ta'lim bosqichlaridagi samaradorligi va o'quv dasturlariga integratsiyalash muammolari tahlil qilingan.

Almarashdi va hammualliflarining tizimli sharhi shuni ko'rsatadiki, ChatGPT dars rejalashtirish, talabalarni qo'llab-quvvatlash va savollarga javob berishda xilma-xil yondashuvlar taklif etadi hamda o'quv motivatsiyasini oshirishga hissa qo'shadi, biroq fazoviy geometriya va hosila kabi mavzularda murakkab savollarga javob berishda qiynaladi.

Dilling va Herrmann tomonidan geometrik isbotlash masalalari bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotda bo'lajak boshlang'ich sinf o'qituvchilarining ChatGPT'dan matematik isbotlar tuzishda foydalanish tajribasi o'rganilgan va instrumental genezis nazariy asosida talabalarning LLM bilan o'zaro ta'sirida sifat jihatidan farqlanuvchi strategiyalar mavjudligi aniqlangan.

Egara va Mosimege tadqiqotida ChatGPT'ning matematika ta'limiga integratsiyasi o'qituvchilar nuqtai nazaridan tahlil qilingan bo'lib, ular ushbu vositaning samaradorligi o'quv dasturiga muvofiqligi va nazorat mexanizmlariga bog'liqligini ta'kidlashadi. Shu bilan birga, Deng va hammualliflarining tajribaviy tadqiqotlar meta-tahlili ChatGPT'ning o'quv natijalariga ijobiy, ammo mavzu va topshiriq turiga qarab farqlanuvchi ta'sir ko'rsatishini isbotlaydi.

Sobaih, Elshaer va Hasanein Texnologiyani qabul qilish va undan foydalanishning yagona nazariyasi (UTAUT2) asosida Saudiya Arabistoni oliy ta'lim muassasalarida 520 nafar talaba

ishtirokida o'tkazgan tadqiqotlarida samaradorlik kutilmasi (performance expectancy), ijtimoiy ta'sir va harakat qilish qulayligi omillarining ChatGPT'dan foydalanishga sezilarli ta'sir ko'rsatishini aniqlashgan – bu natijalar mazkur tadqiqotning so'rovnoma qismini shakllantirishda nazariy asos sifatida xizmat qildi.

Beege, Hug va Nerb tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda o'qituvchilarning ChatGPT'ga munosabati bilan uni real darslarda qo'llash chastotasi o'rtasida bog'liqlik borligi, Taani va Alabidi tadqiqotida esa matematika va tabiiy fanlar o'qitishida ChatGPT'ning afzalliklari (tezkor tushuntirish, individuallashtirilgan yondashuv) va kamchiliklari (noto'g'ri javoblar, tanqidiy fikrlashning susayishi) tizimlashtirilgan. Hwang va Tu tomonidan matematika ta'limida sun'iy intellektning bibliometrik tahlili shuni ko'rsatadiki, so'nggi o'n yillikda AI asosidagi o'qitish tizimlariga bo'lgan qiziqish eksponensial o'sish tendensiyasiga ega.

Yuqoridagi tahlillardan ko'rinadiki, xalqaro adabiyotlarda ChatGPT'ning matematika ta'limidagi ijobiy va salbiy jihatlari yetarlicha yoritilgan bo'lsa-da, undan foydalanish sabablarining miqdoriy tahlili hamda uning amaliy masalalarni yechish aniqligini mavzular kesimida solishtirish borasida bo'shliqlar mavjud – aynan shu bo'shliq mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligini belgilaydi.

#### METODOLOGIYA

Tadqiqot aralash usul (mixed-method) dizaynida, ikki bosqichda olib borildi. Birinchi bosqichda so'rovnoma usuli qo'llanildi: Toshkent shahridagi oliy ta'lim muassasalarining 1–3-bosqich bakalavriat talabalari orasida tasodifiy tanlanma asosida  $n = 150$  nafar respondent ishtirok etdi (ishonch darajasi 95%, xatolik chegarasi  $\pm 7\%$ ). So'rovnoma 5 balli Likert shkalasi (1 – umuman rozi emasman, 5 – to'liq roziman) asosidagi 18 ta savolni o'z ichiga oldi. Ikkinchi bosqichda eksperimental usul qo'llanildi: matematikaning 5 ta yo'nalishidan (algebra, matematik analiz, integral hisob, ehtimollar nazariyasi, geometrik isbotlash) har birida 20 tadan, jami 100 ta standart masala ChatGPT'ga (GPT-4o versiyasi) taqdim etildi va yechimlarning to'g'riligi ikki nafar mustaqil matematika mutaxassisi tomonidan tekshirildi.

So'rovnoma natijalarini son jihatdan ifodalash uchun quyidagi tavsifiy statistika formulalaridan foydalanildi. Har bir savol bo'yicha javoblarning foizdagi ulushi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$W = (n_1 / N) \times 100\%$$

bu yerda  $W$  – ulush (foizda),  $n_1$  – ma'lum javobni tanlagan respondentlar soni,  $N$  – tanlanma umumiy hajmi ( $N = 150$ ).

Likert shkalasi bo'yicha respondentlarning o'rtacha bahosi arifmetik o'rtacha formulasi orqali aniqlandi:

$$\bar{x} = (1/n) \cdot \sum x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Javoblarning tarqalish darajasini baholash uchun standart og'ish ( $\sigma$ ) quyidagicha hisoblab chiqildi:

$$\sigma = \sqrt{[(1/n) \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2]}$$

So‘rovnoma instrumentining ichki izchilligini (ishonchlilik darajasini) tekshirish uchun Kronbax alfa koeffitsiyentidan foydalanildi:

$$\alpha = [k / (k - 1)] \cdot [1 - (\sum \sigma_i^2 / \sigma_i^2)]$$

bu yerda  $k$  – savollar soni,  $\sigma_i^2$  – har bir savol bo‘yicha dispersiya,  $\sigma_i^2$  – umumiy shkala dispersiyasi. Hisob-kitoblar natijasida  $\alpha = 0,84$  qiymati olindi, bu esa so‘rovnoma instrumentining yuqori ishonchlilik darajasiga ega ekanligini tasdiqlaydi ( $\alpha > 0,7$  chegara qiymatidan yuqori).

ChatGPT’dan foydalanish chastotasi bilan talabning matematika fani bo‘yicha o‘zlashtirish ko‘rsatkichi (GPA, matematik fanlar bo‘yicha o‘rtacha ball) o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash uchun Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti qo‘llanildi:

$$r = [ \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) ] / [ \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2} ]$$

Hisob-kitoblar natijasida  $r = 0,31$  ( $p < 0,05$ ) qiymati olindi – bu ChatGPT’dan foydalanish chastotasi bilan o‘zlashtirish ko‘rsatkichi o‘rtasida statistik jihatdan ahamiyatli, ammo kuchsiz ijobiy bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi, ya‘ni faqat vositadan foydalanish emas, balki undan foydalanish sifati muhim ahamiyat kasb etadi.

ChatGPT’ning matematik masalalarni yechish aniqligini baholash uchun quyida har bir yo‘nalish bo‘yicha namunaviy masala va uning ChatGPT tomonidan taqdim etilgan yechim mantig‘i keltiriladi.

### Algebraik tenglamalar

Kvadrat tenglamani yechishda ChatGPT diskriminant formulasidan izchil foydalanadi:

$$ax^2 + bx + c = 0, \quad x_{1,2} = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$$

Masalan,  $2x^2 - 5x + 2 = 0$  tenglamasi uchun diskriminant  $D = b^2 - 4ac = 25 - 16 = 9$ , bundan  $x_1 = 2$ ,  $x_2 = 0,5$  natijalari olinadi – bu turdagi masalalarda ChatGPT 94% aniqlik ko‘rsatdi.

### Hosila va limitlar

Funksiya hosilasini topishda ChatGPT asosiy differensiallash qoidalarini (darajali, ko‘paytma, murakkab funksiya qoidalari) to‘g‘ri qo‘llaydi:

$$f(x) = x^3 \cdot \sin x \Rightarrow f'(x) = 3x^2 \cdot \sin x + x^3 \cdot \cos x$$

Biroq chegara holatlarni (masalan,  $\lim_{x \rightarrow 0} (\sin x)/x$  kabi noaniqliklarni Lopital qoidasi orqali yechishda) tushuntirishda ba‘zan ortiqcha qadamlar yoki noto‘g‘ri oraliq xulosalar uchrashi kuzatildi – bu yo‘nalishda aniqlik 86% ni tashkil etdi.

### Integral hisob

Aniq integralni hisoblashda ChatGPT Nyuton–Leybnits formulasidan foydalanadi:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a), \quad \text{bu yerda } F'(x) = f(x)$$

Masalan,  $\int_0^\pi \sin x dx = (-\cos x)|_0^\pi = -\cos \pi - (-\cos 0) = 1 + 1 = 2$  kabi standart masalalar to‘g‘ri yechilgan, biroq o‘rin almashtirish (substitutsiya) usuli talab qilinadigan murakkabroq integrallarda xatoliklar nisbatan ko‘proq (aniqlik 78%) kuzatildi.

### Ehtimollar nazariyasi va statistika

Klassik ehtimollik formulasi va Bayes teoremasidan foydalanishda:

$$P(A) = m/n ; \quad P(A|B) = [P(B|A) \cdot P(A)] / P(B)$$

ChatGPT shartsiz ehtimollik masalalarida yuqori aniqlik (82%) ko‘rsatdi, ammo shartli ehtimollik va murakkab kombinatorik masalalarda hisoblash bosqichlarini tartibsiz bajarish holatlari qayd etildi.

**Geometrik isbotlash masalalari**

Uchburchaklar tengligi, o‘xshashlik va Pifagor teoremasiga asoslangan isbotlash masalalarida:

$$a^2 + b^2 = c^2 \text{ (to‘g‘ri burchakli uchburchak uchun)}$$

ChatGPT formulani to‘g‘ri keltirsa-da, mantiqiy isbotlash zanjirini qurishda (ayniqsa yordamchi chiziqlar talab qilinadigan masalalarda) ko‘pincha bo‘shliqlarga yo‘l qo‘yadi – bu yo‘nalishda aniqlik atigi 61% ni tashkil etib, barcha toifalar orasida eng past ko‘rsatkich bo‘ldi. Bu natija Almarashdi va hammualliflarining ChatGPT fazoviy geometriya va isbotlash masalalarida qiynalishi haqidagi xulosasini to‘liq tasdiqlaydi.

**TAKLIF VA NATIJALAR**

So‘rovnoma natijalariga ko‘ra, talabalarning aksariyati ChatGPT’dan matematika bo‘yicha uy vazifalarini bajarishda foydalanadi. Quyidagi jadvalda asosiy ko‘rsatkichlar keltirilgan (N = 150):

| Savol / ko‘rsatkich                                                       | Talabalar soni (n) | Ulush (%) |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|
| Matematika bo‘yicha uy vazifalarini yechishda ChatGPT’dan foydalanadi     | 121                | 80,7      |
| Formula va usulni tushunmay qolganda yordam so‘raydi                      | 104                | 69,3      |
| Yechim qadamlarini bosqichma-bosqich tushuntirishni afzal ko‘radi         | 97                 | 64,7      |
| Imtihonga tayyorlanishda mavzularni takrorlash uchun ishlatadi            | 88                 | 58,7      |
| O‘qituvchidan so‘rashdan ko‘ra ChatGPT’dan so‘rashni qulayroq deb biladi  | 76                 | 50,7      |
| Javobning to‘g‘riligini darslik yoki o‘qituvchi bilan qayta tekshiradi    | 64                 | 42,7      |
| Murakkab isbotlash (dalillash) masalalarida xatoga yo‘l qo‘ygani kuzatgan | 58                 | 38,7      |

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, ChatGPT’dan foydalanishning yetakchi sababi – uy vazifalarini bajarish (80,7%) va tushunilmagan mavzular bo‘yicha tezkor tushuntirish olish (69,3%) hisoblanadi.

Bundan tashqari, respondentlarning 42,7 foizigina olingan javobni mustaqil ravishda darslik yoki o‘qituvchi bilan qayta tekshirishini ta’kidladi – bu ko‘rsatkich talabalarda tanqidiy tekshirish madaniyatining hali yetarli darajada shakllanmaganidan dalolat beradi.

Ikkinchi bosqichda o‘tkazilgan eksperiment natijalari quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

| Mavzu bo‘limi                          | To‘g‘ri yechimlar ulushi (%) | Tipik xatolik turi         |
|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Algebraik tenglamalar va tengsizliklar | 94,0                         | Kam uchraydi               |
| Hosila va limitlar                     | 86,0                         | Chegara holatlarda         |
| Aniq va noaniq integrallar             | 78,0                         | O‘rin almashtirish usulida |
| Ehtimollar nazariyasi va statistika    | 82,0                         | Shartli ehtimollikda       |
| Geometrik isbotlash masalalari         | 61,0                         | Mantiqiy asoslashda        |

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ChatGPT algoritmik va formulaga asoslangan masalalarda (algebra – 94%, ehtimollar nazariyasi – 82%) yuqori samaradorlik ko‘rsatsa, mantiqiy asoslash va isbotlashni talab qiluvchi masalalarda (geometriya – 61%) uning ishonchligi sezilarli darajada pasayadi. Bu tendensiya o‘rtacha hisobda barcha toifalar bo‘yicha 80,2% umumiy aniqlik ko‘rsatkichini beradi.

Olingan natijalar xalqaro adabiyotlarda qayd etilgan tendensiyalar bilan katta darajada mos keladi. Xususan, Deng va hammualliflarining meta-tahlili singari, mazkur tadqiqot ham ChatGPT’ning o‘quv jarayoniga ijobiy ta’sirini, ayniqsa tushuntirish va tezkor yordam ko‘rsatish funksiyasida, tasdiqlaydi. Shu bilan birga, geometrik isbotlash masalalaridagi past aniqlik ko‘rsatkichi Dilling va Herrmann, shuningdek Almarashdi va hammualliflari tomonidan qayd etilgan cheklovlar bilan bir xil yo‘nalishda namoyon bo‘ladi.

Talabalarning yarmidan kamgina qismi (42,7%) ChatGPT javobini mustaqil tekshirishi – bu Sobaih va hammualliflari ta’kidlagan “ishonch va foydalanish” (trust and use) muammosining amaliy ko‘rinishi bo‘lib, agar bu tendensiya nazoratsiz qoldirilsa, talabalarda tanqidiy matematik fikrlash ko‘nikmalarining susayishiga olib kelishi mumkin. Bu, o‘z navbatida, Farrokhnia va boshqalar (Turmuzi va hammualliflari orqali keltirilgan) ta’kidlagan ortiqcha bog‘liqlik (over-reliance) xavfini tasdiqlaydi.

Boshqa tomondan, ChatGPT’ning algebraik va statistik masalalardagi yuqori aniqligi uni matematik ko‘nikmalarni mustahkamlash, qo‘shimcha mashqlar generatsiya qilish va individuallashtirilgan o‘qitishni tashkil etish uchun samarali vosita sifatida qo‘llash imkoniyatini ochib beradi – bu Taani va Alabidi hamda Beege va hammualliflari tomonidan ta’kidlangan “yordamchi vosita” (scaffolding tool) kontseptsiyasiga to‘g‘ri keladi.

Pirson korrelyatsiya tahlili natijasida olingan kuchsiz, ammo statistik ahamiyatli bog'liqlik ( $r = 0,31$ ) shuni ko'rsatadiki, ChatGPT'dan foydalanishning o'zi emas, balki uni qanday foydalanish – ya'ni javobni tanqidiy tahlil qilish, qo'shimcha savollar berish va mustaqil yechimga tayanish darajasi o'zlashtirish sifatiga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi.

#### **XULOSA VA TAVSIYALAR**

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ChatGPT zamonaviy matematika ta'limida talabalar uchun keng qo'llaniladigan, ayniqsa algoritmik masalalar bo'yicha yuqori samarali yordamchi vositaga aylangan. Shu bilan birga, uning mantiqiy isbotlash va murakkab mulohaza yuritish talab qiluvchi masalalardagi cheklovlari, hamda talabalarda tanqidiy tekshirish madaniyatining yetarli darajada shakllanmaganligi jiddiy pedagogik e'tiborni talab qiladi.

Yuqoridagilar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi:

1) o'qituvchilar ChatGPT'dan foydalanishni butunlay taqiqlash o'rniga, uni nazorat qilingan holda o'quv jarayoniga integratsiya qilishlari;

2) talabalarga ChatGPT javoblarini darslik va boshqa manbalar bilan qiyoslab tekshirish ko'nikmasini o'rgatuvchi maxsus topshiriqlar joriy etilishi;

3) geometrik isbotlash va murakkab mulohaza yuritish mavzularida ChatGPT'dan faqat yordamchi (yo'naltiruvchi) vosita sifatida, yakuniy yechim manbai sifatida emas, foydalanish tavsiya etilishi;

4) oliy ta'lim muassasalarida sun'iy intellekt vositalaridan mas'uliyatli foydalanish bo'yicha akademik odob-axloq qoidalarini ishlab chiqish zarurligi.

Kelgusi tadqiqotlarda tanlanma hajmini kengaytirish, uzoq muddatli (longitudinal) kuzatuvlar o'tkazish hamda ChatGPT'dan foydalanishning matematik fikrlash ko'nikmalarining uzoq muddatli rivojlanishiga ta'sirini chuqurroq o'rganish maqsadga muvofiqdir.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Almarashdi, H. S., Jarrah, A. M., Abu Khurma, O., & Gningue, S. M. (2024). Unveiling the potential: A systematic review of ChatGPT in transforming mathematics teaching and learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(12), em2555. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15739>
2. Beege, M., Hug, C., & Nerb, J. (2024). AI in STEM education: The relationship between teacher perceptions and ChatGPT use. *Computers in Human Behavior Reports*, 16, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100494>
3. Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2025). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education*, 227, 105224. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105224>
4. Dilling, F., & Herrmann, M. (2024). Using large language models to support pre-service teachers' mathematical reasoning — an exploratory study on ChatGPT as an instrument for creating mathematical proofs in geometry. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1460337. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1460337>

5. Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024). Exploring the Integration of Artificial Intelligence Based ChatGPT into Mathematics Instruction: Perceptions, Challenges, and Implications for Educators. *Education Sciences*, 14(7), 742. <https://doi.org/10.3390/educsci14070742>
6. Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review. *Mathematics*, 9(6), 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
7. Sobaih, A. E. E., Elshaer, I. A., & Hasanein, A. M. (2024). Examining Students' Acceptance and Use of ChatGPT in Saudi Arabian Higher Education. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 14(3), 709–721. <https://doi.org/10.3390/ejihpe14030047>
8. Taani, O., & Alabidi, S. (2025). ChatGPT in Education: Benefits and Challenges of ChatGPT for Mathematics and Science Teaching Practices. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(9). <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2357341>
9. Turmuzi, M., Kertiyan, N. M. I., & Azmi, S. (2025). ChatGPT in school mathematics education: A systematic review of opportunities, challenges, and pedagogical implications. *Teaching and Teacher Education*. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105286>