ilmiy-amaliy jurnal · ISSN 3093-8694

UDK: 004.8:51:37

Quchqorov Akobir,
Ashuraliyeva Saida Saibjonovna,
Tursunxo‘jayev Sherzodjon Shokirjon o‘g‘li,
Xalqaro NORDIC universiteti magistrantlari

SUN’IY INTELLEKTDA MATEMATIK TAFAKKUR: IMKONIYATLAR, CHEGARALAR VA TA’LIMIY AHAMIYATI

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun’iy intellekt tizimlarida matematik tafakkurning modellashtirilishi, uning inson matematik tafakkuridan farqli jihatlari, mavjud imkoniyatlari va cheklovlari hamda matematika ta’limidagi ahamiyati ilmiy-nazariy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida katta til modellari, neyro-simvolik tizimlar va formal isbotlash vositalariga oid 2021–2024-yillarda e’lon qilingan ilmiy tadqiqotlar natijalari qiyosiy o‘rganilgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, GSM8K testida katta til modellarining matematik masalalarni yechish aniqligi turli modellar va yondashuvlarga qarab 17,9 foizdan 92 foizgacha yetgani, olimpiada geometriyasi masalalarini yechishda esa AlphaGeometry neyro-simvolik tizimi 30 ta masaladan 25 tasini muvaffaqiyatli isbotlagani aniqlangan. Shu bilan birga, masala shartiga mazmunan ahamiyatsiz ma’lumot kiritilishi modellar natijalarining sezilarli pasayishiga olib kelishi ularning mantiqiy barqarorligi va mazmunni anglash imkoniyatlari hali cheklanganligini ko‘rsatadi. Maqolada sun’iy intellektning matematik tafakkurni modellashtirishdagi statistik, simvolik va neyro-simvolik yondashuvlari tahlil qilinib, ulardan ta’lim jarayonida samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, matematik tafakkur, katta til modellari, fikrlash zanjiri, neyro-simvolik tizim, formal isbot, AlphaGeometry, matematik modellashtirish, matematika ta’limi.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ: ВОЗМОЖНОСТИ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности моделирования математического мышления в системах искусственного интеллекта, его отличия от человеческого математического мышления, существующие возможности и ограничения, а также значение для математического образования. В рамках исследования проведён сравнительный анализ научных публикаций 2021–2024 годов, посвящённых большим языковым моделям, нейросимвольным системам и инструментам формального доказательства. Установлено, что точность решения математических задач большими языковыми моделями на тесте GSM8K в зависимости от модели и применяемого подхода варьируется от 17,9 до 92 %, а нейросимвольная система AlphaGeometry успешно доказала 25 из 30 задач олимпиадной геометрии. Вместе с тем существенное снижение результатов при добавлении в условие задачи несущественной информации свидетельствует об ограниченности логической устойчивости и возможностей моделей по глубокому пониманию содержания. В статье анализируются статистический, символьный и нейросимвольный подходы к

моделированию математического мышления, а также разработаны научно-практические рекомендации по их эффективному использованию в образовательном процессе.

Ключевые слова: искусственный интеллект, математическое мышление, большие языковые модели, цепочка рассуждений, нейросимвольная система, формальное доказательство, AlphaGeometry, математическое моделирование, математическое образование.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MATHEMATICAL THINKING: OPPORTUNITIES, LIMITATIONS AND EDUCATIONAL SIGNIFICANCE

Abstract. This article examines the modelling of mathematical thinking in artificial intelligence systems, its differences from human mathematical thinking, its current capabilities and limitations, and its significance for mathematics education. The study provides a comparative analysis of research published between 2021 and 2024 on large language models, neuro-symbolic systems and formal proof tools. The findings indicate that the accuracy of large language models on the GSM8K benchmark varies from 17.9% to 92%, depending on the model and prompting approach, while the neuro-symbolic AlphaGeometry system successfully proved 25 out of 30 International Mathematical Olympiad geometry problems. However, the substantial decline in model performance when irrelevant information is added to a problem statement demonstrates limitations in logical robustness and deep semantic understanding. The article analyses statistical, symbolic and neuro-symbolic approaches to modelling mathematical thinking and develops scientific and practical recommendations for their effective integration into educational processes.

Keywords: artificial intelligence, mathematical thinking, large language models, chain-of-thought prompting, neuro-symbolic system, formal proof, AlphaGeometry, mathematical modelling, mathematics education.

KIRISH

Matematik tafakkur inson intellektual faoliyatining eng murakkab va muhim shakllaridan biri bo‘lib, u miqdoriy munosabatlarni anglash, mantiqiy xulosalar chiqarish, umumlashtirish, abstrakt modellar yaratish va matematik qonuniyatlarni isbotlash kabi aqliy jarayonlarni qamrab oladi. Matematik tafakkurning asosiy xususiyati nafaqat hisoblash amallarini bajarish, balki muammoning mohiyatini tushunish, yechim strategiyasini ishlab chiqish va olingan natijaning mantiqiy asoslanganligini tekshirishdan iborat.

Uzoq vaqt davomida matematik masalalarni yechish sun’iy intellekt tizimlari uchun murakkab vazifalardan biri hisoblangan. Kompyuterlar murakkab hisoblashlarni yuqori tezlikda amalga oshira olgan bo‘lsa-da, masala mazmunini anglash, muammoni mustaqil tahlil qilish, yechim strategiyasini tanlash va matematik isbot yaratish imkoniyatlari cheklangan edi. So‘nggi yillarda katta til modellari va neyro-simvolik tizimlarning rivojlanishi ushbu vaziyatni sezilarli darajada o‘zgartirdi.

Xususan, katta til modellari matnli matematik masalalarni bosqichma-bosqich yechish, matematik ifodalarni tahlil qilish va muqobil yechimlarni taklif etish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Neyro-simvolik tizimlar esa neyron tarmoqlarning

moslashuvchanligi va simvolik tizimlarning qat’iy mantiqiy imkoniyatlarini birlashtirish orqali murakkab geometrik masalalarni isbotlashda muhim natijalarga erishdi [9; 10].

Mazkur rivojlanish sun’iy intellektning matematik tafakkurga qanchalik yaqinlashgani, uning inson tafakkuridan qanday farq qilishi va ta’lim jarayonida qanday imkoniyatlar yaratishi masalalarini dolzarb ilmiy muammoga aylantirdi.

O‘zbekistonda ham matematika ta’limi sifatini oshirish va sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 7-maydagi PQ-4708-son qarorida matematika sohasidagi ta’lim sifatini oshirish va ilmiy-tadqiqotlarni rivojlantirish vazifalari belgilangan [1]. Shuningdek, 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son qaror sun’iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun zarur shart-sharoitlarni yaratishga qaratilgan [2]. 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qaror bilan esa 2030-yilgacha sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish strategiyasi tasdiqlangan [3].

Ushbu hujjatlar matematik ta’lim va sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirishni o‘zaro uyg‘unlashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

Tadqiqotning maqsadi sun’iy intellekt tizimlarida matematik tafakkurni modellashtirishning asosiy yondashuvlarini, ularning imkoniyatlari va cheklovlarini ilmiy manbalar asosida tahlil qilish hamda olingan natijalardan matematika ta’limida foydalanishning samarali yo‘nalishlarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

matematik tafakkurning asosiy tarkibiy qismlarini nazariy jihatdan tavsiflash;

katta til modellari va neyro-simvolik tizimlarning matematik masalalarni yechish imkoniyatlarini tahlil qilish;

sun’iy intellektning matematik fikrlashdagi cheklovlarini aniqlash;

inson va sun’iy intellekt matematik tafakkurining o‘xshash hamda farqli jihatlarini ochib berish;

sun’iy intellektdan matematika ta’limida foydalanish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

Matematik tafakkur va masala yechish jarayonining nazariy asoslari G. Polya hamda V.A. Krutetskiy tadqiqotlarida keng yoritilgan. G. Polya matematik masalani yechish jarayonini to‘rtta asosiy bosqichga ajratadi: masala shartini tushunish, yechim rejasini tuzish, rejani amalga oshirish va natijani tekshirish [4]. Mazkur yondashuv matematik fikrlashning izchil va tizimli xarakterini ochib beradi.

V.A. Krutetskiy esa matematik qobiliyatlarning psixologik xususiyatlarini o‘rganib, matematik tafakkurda mantiqiy fikrlash, umumlashtirish, abstraksiyalash va matematik munosabatlarni anglash muhim o‘rin tutishini ta’kidlagan [13]. Ushbu

nazariy qarashlar sun’iy intellekt tizimlarining matematik imkoniyatlarini baholashda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Sun’iy intellektda matematik masalalarni yechish imkoniyatlari katta til modellarining rivojlanishi bilan yangi bosqichga ko‘tarildi. Brown va hammualliflarining tadqiqotida katta til modellarining turli vazifalarni qo‘shimcha o‘qitishsiz bajarish imkoniyatlari namoyon etilgan [22]. Wei va hammualliflari tomonidan taklif etilgan fikrlash zanjiri (Chain-of-Thought) yondashuvi esa murakkab masalalarni oraliq mantiqiy bosqichlar orqali yechish imkoniyatini kengaytirgan [6].

Wang va hammualliflari ishlab chiqqan o‘z-o‘ziga muvofiqlik (Self-Consistency) usulida bitta masala bir nechta mustaqil yo‘l bilan yechilib, eng ko‘p takrorlangan natija tanlanadi. Ushbu yondashuv katta til modellarining murakkab matematik masalalarni yechish aniqligini oshirishga xizmat qilgan [7]. Kojima va hammualliflari esa modellarni nol namunali fikrlashga undash orqali matematik va mantiqiy masalalarni yechish imkoniyatlarini namoyish etgan [14].

Matematik masalalarni yechish samaradorligini baholashda GSM8K va MATH kabi test to‘plamlari muhim ahamiyatga ega. Cobbe va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan GSM8K test to‘plami ko‘p bosqichli arifmetik fikrlashni talab qiladigan 8,5 mingga yaqin matnli masalani qamrab oladi [5]. Lewkowycz va hammualliflari Minerva modelining matematik va miqdoriy masalalarni yechish imkoniyatlarini o‘rganib, maxsus matematik ma’lumotlar asosida o‘qitish natijadorligini ko‘rsatgan [8]. Hendrycks va hammualliflari ishlab chiqqan MATH test to‘plami esa murakkab matematik muammolarni, jumladan, olimpiada darajasidagi masalalarni yechish qobiliyatini baholashga yo‘naltirilgan [15].

Matematik isbotlash sohasida neyro-simvolik yondashuvlar alohida ahamiyat kasb etmoqda. Trinh va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan AlphaGeometry tizimi til modelining intuitiv yechim taklif qilish imkoniyatlarini simvolik deduktiv mexanizm bilan birlashtirgan. Mazkur tizim xalqaro matematika olimpiadasining geometriya masalalarida yuqori natijalarni namoyish etgan [9]. Sinha va hammualliflari esa Vu usulini simvolik tizimlar bilan birlashtirish orqali geometrik masalalarni yechish samaradorligini yanada oshirish mumkinligini ko‘rsatgan [10].

Biroq sun’iy intellekt tizimlarining yuqori natijalari ularning matematik tafakkurga to‘liq ega ekanligini anglatmaydi. Mirzadeh va hammualliflarining GSM-Symbolic tadqiqotida masala shartidagi kichik o‘zgarishlar va mazmunan ahamiyatsiz qo‘shimcha ma’lumotlar katta til modellarining natijalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan [11]. Frieder va hammualliflari ham ChatGPTning matematik imkoniyatlarini o‘rganib, ayniqsa murakkab isbotlash vazifalarida mantiqan ishonchli ko‘ringan, ammo noto‘g‘ri xulosalar yuzaga kelishi mumkinligini qayd etgan [16].

Formal matematik isbotlashda Lean kabi tizimlar muhim vosita hisoblanadi. De Moura va Ullrich tomonidan ishlab chiqilgan Lean 4 formal isbotlash muhiti matematik xulosalarni qat’iy mantiqiy qoidalar asosida tekshirish imkonini beradi

[17]. Polu va Sutskever tadqiqotlari esa generativ til modellaridan avtomatik teorema isbotlashda foydalanish imkoniyatlarini namoyish etgan [24].

Sun’iy intellektning ilmiy kashfiyotlar yaratishdagi imkoniyatlari ham tadqiqotchilar e’tiborini tortmoqda. Davies va hammualliflari sun’iy intellekt inson matematik sezgisini rivojlantirish va yangi ilmiy g‘oyalarni shakllantirishda yordam berishi mumkinligini asoslagan [18]. Romera-Paredes va hammualliflari esa katta til modellari yordamida dasturiy qidiruv orqali matematik konstruksiyalar va yangi natijalarni aniqlash imkoniyatlarini ko‘rsatgan [19].

Ta’lim sohasidagi tadqiqotlarda ham sun’iy intellektning imkoniyatlari va xavflari muhokama qilinmoqda. Kasneci va hammualliflari katta til modellarining ta’limda individual yondashuv, o‘quv materiallarini ishlab chiqish va bilimlarni mustahkamlashdagi imkoniyatlari bilan birga, noto‘g‘ri ma’lumot berish va mustaqil fikrlashni susaytirish kabi xavflarini ham ta’kidlagan [20]. Zawacki-Richter va hammualliflarining tizimli sharhida esa sun’iy intellekt texnologiyalarini oliy ta’limga joriy etishda pedagogik yondashuv va o‘qituvchining faol ishtiroki muhimligi qayd etilgan [21].

Umuman olganda, mavjud ilmiy tadqiqotlar sun’iy intellektning matematik masalalarni yechish, mantiqiy xulosalar chiqarish va formal isbotlash imkoniyatlari kengayib borayotganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, mazmunni chuqur anglash, yangi vaziyatlarga moslashish va mustaqil tekshirish kabi jihatlarda cheklovlar saqlanib qolmoqda. Mazkur holat sun’iy intellektning matematik tafakkurini inson tafakkuri bilan qiyosiy o‘rganish hamda uning ta’limiy imkoniyatlarini aniqlash zaruratini yuzaga keltiradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot nazariy-tahliliy va qiyosiy metodologiyaga asoslangan bo‘lib, unda matematik tafakkur va sun’iy intellekt tizimlarining matematik masalalarni yechish imkoniyatlariga oid ilmiy manbalar o‘rganildi.

Tadqiqot materiali sifatida 2021–2024-yillarda e’lon qilingan ilmiy maqolalar, xalqaro konferensiya materiallari, empirik tadqiqotlar va sun’iy intellekt tizimlarining texnik hisobotlaridan foydalanildi. Shuningdek, matematik tafakkurning nazariy asoslarini ochib berishda G. Polya va V.A. Krutetskiyning fundamental ilmiy ishlari metodologik manba sifatida olindi.

Tadqiqotda quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi:

1. Ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish. Sun’iy intellekt, matematik tafakkur, katta til modellari va neyro-simvolik tizimlarga oid ilmiy ishlar o‘rganilib, ularning asosiy natijalari tizimlashtirildi.

2. Qiyosiy tahlil. Inson matematik tafakkurining tarkibiy qismlari sun’iy intellekt tizimlarida amalga oshiriladigan jarayonlar bilan qiyoslandi. Bunda masalani tushunish, yechim strategiyasini ishlab chiqish, yechimni amalga oshirish va natijani tekshirish bosqichlariga alohida e’tibor qaratildi.

3. Konseptual tahlil. Statistik, simvolik va neyro-simvolik yondashuvlarning ishlash tamoyillari, imkoniyatlari va cheklovlari o‘rganildi.

4. Empirik natijalarni qiyoslash. GSM8K va IMO-AG-30 kabi matematik test to‘plamlarida olingan natijalar asosida sun’iy intellekt tizimlarining matematik masalalarni yechish samaradorligi tahlil qilindi.

Tadqiqotda ikkita asosiy baholash mezonidan foydalanildi:

GSM8K testi – boshlang‘ich va o‘rta maktab darajasidagi ko‘p bosqichli arifmetik fikrlashni talab qiluvchi matnli masalalarni yechish qobiliyatini baholaydi [5].

IMO-AG-30 testi – 2000–2022-yillardagi xalqaro matematika olimpiadalarining 30 ta geometriya masalasini qamrab olib, deduktiv fikrlash va geometrik isbotlash imkoniyatlarini baholash uchun qo‘llaniladi [9; 10].

Tahlil jarayonida turli modellarning natijalari ularning arxitekturasi, o‘qitilish xususiyatlari va qo‘llanilgan yechim strategiyalarini hisobga olgan holda qiyoslandi. Shu sababli keltirilgan foiz ko‘rsatkichlari bir xil tajriba sharoitida olingan natijalar sifatida emas, balki turli ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan ko‘rsatkichlar sifatida talqin qilindi.

Tadqiqot nazariy va ikkilamchi ma’lumotlar tahliliga asoslangan. Unda mustaqil eksperimental tajriba yoki respondentlar ishtirokidagi empirik so‘rov o‘tkazilmagan.

NATIJALAR

Tadqiqot doirasida inson matematik tafakkurining tarkibiy bosqichlari va ularning zamonaviy sun’iy intellekt tizimlarida amalga oshirilish xususiyatlari tahlil qilindi.

G. Polya tomonidan taklif etilgan matematik masalani yechishning to‘rt bosqichli modeli sun’iy intellekt tizimlarining matematik imkoniyatlarini baholash uchun asos sifatida olindi [4].

1-jadval

Matematik tafakkur bosqichlari va ularning sun’iy intellekt tizimlarida amalga oshirilishi

Tafakkur bosqichi	Inson tafakkuridagi mazmuni	Sun’iy intellektdagi amalga oshirilishi	Asosiy cheklov
Masala shartini tushunish	Berilgan ma’lumotlar, noma’lumlar va shartlarni aniqlash	Matnni qayta ishlash va statistik bog‘lanishlarni aniqlash	Ahamiyatsiz ma’lumotlarni ajratishda xatolar
Yechim rejasini tuzish	Muammoni tahlil qilish va mos usulni tanlash	Fikrlash zanjiri va yechim strategiyasini generatsiya qilish	Yangi turdagi masalalarda beqarorlik
Rejani amalga oshirish	Hisoblash, almashtirish va mantiqiy xulosa chiqarish	Bosqichma-bosqich generatsiya, simvolik hisoblash va kod bajarish	Hisoblash va mantiqiy bog‘lanishlardagi xatolar

Natijani tekshirish	Yechimni boshqa usul bilan tekshirish va umumlashtirish	O‘zaro muvofiqlikni tekshirish va formal isbotlash	Mustaqil tekshiruvsiz xatoni aniqlay olmas-lik

Manba: [4; 6–9; 17] asosida mualliflar tomonidan tuzilgan.

Jadval tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy sun’iy intellekt tizimlari matematik masala yechishning barcha bosqichlarini ma’lum darajada amalga oshira oladi. Biroq masala mazmunini chuqur anglash va olingan natijaning mantiqiy to‘g‘riligini mustaqil tekshirish jarayonlari hanuz murakkabligicha qolmoqda.

Katta til modellari matnli masalalarni tahlil qilishda statistik va ehtimollik qonuniyatlariga asoslanadi. Shu sababli ular ko‘pincha masalaning mazmuniy tuzilishidan ko‘ra, o‘quv ma’lumotlarida uchraydigan tanish matematik namunalarni aniqlashga tayanadi.

Matnli matematik masalalarni yechish samaradorligini baholashda GSM8K testi muhim ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Ushbu test asosida o‘tkazilgan tadqiqotlar katta til modellarining fikrlash strategiyasiga qarab turlicha natijalar ko‘rsatishini aniqlagan.

Wei va hammualliflari tomonidan taklif etilgan fikrlash zanjiri usuli modelga yakuniy javobni berishdan oldin oraliq yechim bosqichlarini shakllantirish imkonini beradi. PaLM 540B modelida oddiy so‘rov orqali olingan 17,9 foizlik natija fikrlash zanjiri yondashuvi qo‘llanganda 56,5 foizgacha oshgan [6; 7].

Wang va hammualliflari taklif etgan o‘z-o‘ziga muvofiqlik usuli esa bir masala uchun bir nechta mustaqil yechim yo‘llarini shakllantirish va eng ko‘p takrorlangan javobni tanlashga asoslanadi. Ushbu yondashuv natijani 74,4 foizgacha oshirish imkonini bergan [7].

Lewkowycz va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan Minerva modeli matematik va ilmiy ma’lumotlar asosida maxsus o‘qitilishi natijasida GSM8K testida 78,5 foizlik natijani namoyish etgan [8]. OpenAI tomonidan e’lon qilingan GPT-4 texnik hisobotida esa mazkur test bo‘yicha 92 foizlik natija qayd etilgan [12].

Ushbu ko‘rsatkichlar turli modellar va baholash sharoitlariga tegishli bo‘lib, ularni yagona tajribadagi ketma-ket o‘sish sifatida talqin qilish to‘g‘ri emas. Shunga qaramay, natijalar matematik masalalarni yechishda model arxitekturasi, o‘qitish ma’lumotlari va fikrlash strategiyasining muhimligini ko‘rsatadi.

Matematik tafakkurning yana bir muhim jihati deduktiv isbotlash qobiliyatidir. Ushbu yo‘nalishda neyro-simvolik tizimlar sezilarli yutuqlarga erishgan.

Trinh va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan AlphaGeometry tizimi til modelining geometrik masalalar uchun yordamchi konstruksiyalarni taklif etish imkoniyatini simvolik deduktiv mexanizm bilan birlashtiradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tizim IMO-AG-30 testidagi 30 ta masaladan 25 tasini muvaffaqiyatli isbotlagan [9].

Sinha va hammualliflari tomonidan olib borilgan tadqiqotda Vu usulini boshqa simvolik mexanizmlar bilan birlashtirish orqali 30 ta masaladan 27 tasini yechish natijasiga erishilgan [10].

Mazkur natijalar matematik isbotlashda faqat statistik yondashuvga tayanishdan ko‘ra, neyron tarmoqlar va qat’iy mantiqiy qoidalarga asoslangan simvolik mexanizmlarni birlashtirish samaraliroq bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Sun’iy intellekt tizimlarining matematik fikrlashdagi imkoniyatlarini aniqlash bilan birga, ularning cheklovlarini ham o‘rganish muhimdir. Mirzadeh va hammualliflari GSM-Symbolic tadqiqotida matematik masala shartiga mazmunan ahamiyatsiz jumlalar qo‘shilishi modellar natijalarining keskin pasayishiga olib kelishini aniqlagan. Ayrim holatlarda natijadorlikdagi pasayish 65 foizgacha yetgan [11].

Bu holat sun’iy intellektning matematik masalalarni yechishda har doim ham mazmuniy va mantiqiy tahlilga tayanmasligini ko‘rsatadi.

Sun’iy intellektda matematik tafakkurni modellashtirishning asosiy yondashuvlari quyidagi jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval

Sun’iy intellektda matematik fikrlashni modellashtirish yondashuvlari

Yondashuv	Ishlash tamoyili	Namunaviy tizimlar	Kuchli jihati	Cheklovi
Simvolik	Aksiomalar va matematik qoidalar asosida xulosa chiqarish	Vu usuli, kompyuter algebrasi	Mantiqiy aniqlik va tekshiriluvchanlik	Yangi yechim g‘oyalarini mustaqil topish imkoniyati cheklangan
Statistik	O‘quv ma’lumotlari asosida ehtimoliy javob va yechimlarni generatsiya qilish	PaLM, Minerva, GPT-4	Moslashuvchanlik va matnli masalalarni qayta ishlash	Mantiqiy barqarorlik va isbot kafolatining mavjud emasligi
Neyro-simvolik	Neyron tarmoq takliflarini simvolik mexanizm orqali tekshirish	AlphaGeometry	Moslashuvchanlik va formal mantiqning uyg‘unligi	Ayrim matematik sohalar bilan cheklanganlik

Manba: [6–11] asosida mualliflar tomonidan tuzilgan.

O‘tkazilgan tahlillar sun’iy intellektdagi matematik fikrlashni ikki asosiy qatlam orqali tushuntirish mumkinligini ko‘rsatdi.

Birinchi qatlam intuitiv-generativ xarakterga ega bo‘lib, unda til modeli mavjud bilimlar va o‘quv ma’lumotlariga tayangan holda yechim g‘oyalarini taklif qiladi. Ikkinchi qatlam esa formal-mantiqiy xarakterga ega bo‘lib, unda simvolik mexanizm yoki Lean kabi formal isbotlash vositalari taklif etilgan yechimning mantiqiy asoslanganligini tekshiradi [17].

AlphaGeometry tizimining muvaffaqiyati aynan shu ikki mexanizmning o‘zaro uyg‘unlashuvi bilan izohlanadi [9].

MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt tizimlarining matematik tafakkurni modellashtirish imkoniyatlari sezilarli darajada kengayganini ko‘rsatadi. Biroq ushbu imkoniyatlarni inson matematik tafakkuriga to‘liq tenglashtirish metodologik jihatdan to‘g‘ri emas.

Inson matematik tafakkuri tushunchalarni anglash, ularning o‘zaro munosabatlarini aniqlash, yangi vaziyatlarga moslashish va mavjud bilimlardan ijodiy foydalanish xususiyatlariga ega. Sun’iy intellekt tizimlarida esa matematik yechimlarni shakllantirish ko‘pincha statistik qonuniyatlar, matematik qoidalar va algoritmik mexanizmlarga asoslanadi.

Shu jihatdan, sun’iy intellektning matematik masalalarni muvaffaqiyatli yechishi uning inson kabi tafakkur yuritayotganini anglatmaydi. Aksincha, bu holat matematik faoliyatning ayrim tarkibiy jarayonlarini algoritmik modellashtirish imkoniyati rivojlanayotganini ko‘rsatadi.

GSM8K testidagi natijalar katta til modellarining matnli matematik masalalarni yechishdagi imkoniyatlarini namoyon etsa, GSM-Symbolic tadqiqotidagi natijalar ushbu imkoniyatlarning barqarorligi bilan bog‘liq muammolarni ochib beradi [11]. Demak, matematik masalani bir marta to‘g‘ri yechish modelning mazkur masalani barcha o‘xshash sharoitlarda ham to‘g‘ri yecha olishini kafolatlamaydi.

Neyro-simvolik tizimlar esa matematik tafakkurni modellashtirishning istiqbolli yo‘nalishi sifatida namoyon bo‘lmoqda. Chunki bunday tizimlarda neyron tarmoqning moslashuvchanligi va simvolik mexanizmning qat’iyligi birlashtiriladi. Natijada yangi yechim g‘oyalarini shakllantirish bilan birga, ularning mantiqiy asoslanganligini tekshirish imkoniyati yuzaga keladi.

Ta’lim nuqtai nazaridan mazkur natijalar matematika o‘qitish metodikasini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Agar sun’iy intellekt oddiy hisoblash va standart masalalarni yechishda yuqori natijalarga erishayotgan bo‘lsa, ta’lim jarayonida faqat yakuniy javobni topishga yo‘naltirilgan yondashuvning ahamiyati nisbatan kamayadi.

Buning o‘rniga quyidagi ko‘nikmalarni rivojlantirishga ustuvor ahamiyat berish maqsadga muvofiq:

matematik muammoni mustaqil tahlil qilish;

masala shartidagi muhim va ikkinchi darajali ma’lumotlarni farqlash;

yechim strategiyasini tanlash va asoslash;

matematik xulosalarning mantiqiy to‘g‘riligini tekshirish;

muqobil yechim usullarini ishlab chiqish;

sun’iy intellekt tomonidan taqdim etilgan javoblarni tanqidiy baholash.

Sun’iy intellektdan matematika ta’limida foydalanishning samarali usullaridan biri uni tayyor javob beruvchi vosita emas, balki o‘quvchining fikrlash faoliyatini faollashtiruvchi interaktiv hamkor sifatida qo‘llashdir.

Masalan, o‘qituvchi o‘quvchilarga sun’iy intellekt tomonidan ishlab chiqilgan matematik yechimni taqdim etib, undagi mantiqiy xatolarni aniqlash vazifasini berishi mumkin. Bunda o‘quvchi nafaqat masalani yechadi, balki boshqa yechimni ham tahlil qiladi, dalillarni tekshiradi va mustaqil xulosa chiqaradi.

Shuningdek, sun’iy intellekt yordamida o‘quvchilarning bilim darajasiga mos individual topshiriqlar yaratish, murakkab matematik tushunchalarni turli usullarda tushuntirish va muqobil yechim strategiyalarini ishlab chiqish mumkin. Bu esa ta’lim jarayonining individuallashuviga yordam beradi.

Biroq bunday imkoniyatlardan foydalanishda o‘quvchilarning tayyor javoblarga ortiqcha bog‘lanib qolishi, mustaqil fikrlash faolligining pasayishi va noto‘g‘ri matematik ma’lumotlarni qabul qilishi kabi xavflarni ham hisobga olish zarur [20; 21].

Shu sababli sun’iy intellektdan foydalanish o‘qituvchining pedagogik nazorati, matematik asoslash va mustaqil tekshirish talablari bilan uyg‘unlashtirilishi lozim.

Tadqiqotning nazariy-amaliy ahamiyati shundaki, unda sun’iy intellektning matematik masalalarni yechish imkoniyatlari va cheklovlari o‘zaro bog‘liq holda tahlil qilindi. Biroq tadqiqot ikkilamchi ilmiy manbalar tahliliga asoslanganligi sababli, undagi xulosalar bevosita eksperimental samaradorlikni isbotlamaydi. Kelgusida turli ta’lim bosqichlarida sun’iy intellektdan foydalanishning matematik kompetensiyalar rivojlanishiga ta’sirini empirik tadqiqotlar orqali tekshirish maqsadga muvofiq.

XULOSA

O‘tkazilgan nazariy va qiyosiy tahlillar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Sun’iy intellekt tizimlarida matematik tafakkurni modellashtirish so‘nggi yillarda sezilarli rivojlandi. Katta til modellari matnli matematik masalalarni yechish, oraliq mantiqiy bosqichlarni shakllantirish va turli yechim strategiyalarini taklif qilish imkoniyatiga ega bo‘ldi.

2. Matematik masalalarni yechishda statistik, simvolik va neyro-simvolik yondashuvlar muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, neyron tarmoqlarning moslashuvchanligini simvolik tizimlarning qat’iy mantiqiy imkoniyatlari bilan birlashtirish murakkab matematik masalalarni yechishda istiqbolli natijalarni bermoqda.

3. Sun’iy intellekt tizimlarining matematik imkoniyatlari kengayib borayotganiga qaramay, masala mazmunini chuqur anglash, o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashish va mantiqiy xulosalarni mustaqil tekshirish bilan bog‘liq cheklovlar mavjud. Shu sababli sun’iy intellekt tomonidan yaratilgan matematik yechimlar tekshirilishi lozim bo‘lgan natija sifatida qabul qilinishi kerak.

4. Inson matematik tafakkuri va sun’iy intellektning matematik faoliyati o‘rtasida ayrim funksional o‘xshashliklar mavjud bo‘lsa-da, ularning mazmuniy va psixologik asoslari bir xil emas. Inson tafakkuri anglash, tajriba, ijodkorlik va

refleksiv nazoratga tayansa, sun’iy intellekt algoritmik va hisoblash mexanizmlari asosida faoliyat yuritadi.

5. Matematika ta’limida sun’iy intellektdan foydalanish o‘quvchilarning matematik kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qilishi mumkin. Buning uchun ta’lim jarayonida hisoblash natijasini olish bilan cheklanmasdan, muammoni modellashtirish, yechim strategiyasini asoslash, matematik isbotlash va tanqidiy fikrlash ko‘nikmalariga ustuvor ahamiyat berish zarur.

6. Sun’iy intellektni matematika ta’limiga joriy etishda uni tayyor javoblar manbai sifatida emas, balki o‘quvchining mustaqil fikrlashini faollashtiruvchi, muqobil yechimlarni taklif qiluvchi va bilimlarni mustahkamlashga yordam beruvchi vosita sifatida qo‘llash maqsadga muvofiq.

Umuman olganda, sun’iy intellekt matematik tafakkurning ayrim funksiyalarini samarali modellashtirish imkoniyatiga ega bo‘lgan zamonaviy texnologik vosita hisoblanadi. Uning ta’limdagi samaradorligi esa texnologik imkoniyatlarni pedagogik maqsadlar, tanqidiy fikrlash va mustaqil matematik faoliyat bilan uyg‘unlashtirishga bog‘liq.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Matematika sohasidagi ta’lim sifatini oshirish va ilmiy-tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4708-son qarori. 2020-yil 7-may.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Sun’iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4996-son qarori. 2021-yil 17-fevral.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2030-yilgacha sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-358-son qarori. 2024-yil 14-oktabr.

4. Polya G. How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. – 2nd ed. – Princeton: Princeton University Press, 1957. – 253 p.

5. Cobbe K., Kosaraju V., Bavarian M., et al. Training verifiers to solve math word problems // arXiv preprint. – 2021. – arXiv:2110.14168.

6. Wei J., Wang X., Schuurmans D., et al. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Vol. 35. – P. 24824–24837.

7. Wang X., Wei J., Schuurmans D., et al. Self-consistency improves chain of thought reasoning in language models // International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2023. – arXiv:2203.11171.

8. Lewkowycz A., Andreassen A., Dohan D., et al. Solving quantitative reasoning problems with language models // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Vol. 35. – P. 3843–3857.

9. Trinh T. H., Wu Y., Le Q. V., He H., Luong T. Solving olympiad geometry without human demonstrations // Nature. – 2024. – Vol. 625. – P. 476–482.

10. Sinha S., Prabhu A., Kumaraguru P., Bhat S., Bethge M. Wu’s method can boost symbolic AI to rival silver medalists and AlphaGeometry to outperform gold medalists at IMO geometry // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2404.06405.

11. Mirzadeh I., Alizadeh K., Shahrokhi H., et al. GSM-Symbolic: Understanding the limitations of mathematical reasoning in large language models // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2410.05229.

12. OpenAI. GPT-4 technical report // arXiv preprint. – 2023. – arXiv:2303.08774.

13. Крутецкий В. А. Психология математических способностей школьников. – М.: Просвещение, 1968. – 432 с.

14. Kojima T., Gu S. S., Reid M., Matsuo Y., Iwasawa Y. Large language models are zero-shot reasoners // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2022. – Vol. 35. – P. 22199–22213.

15. Hendrycks D., Burns C., Kadavath S., et al. Measuring mathematical problem solving with the MATH dataset // NeurIPS Datasets and Benchmarks Track. – 2021. – arXiv:2103.03874.

16. Frieder S., Pinchetti L., Griffiths R.-R., et al. Mathematical capabilities of ChatGPT // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2023. – Vol. 36. – arXiv:2301.13867.

17. de Moura L., Ullrich S. The Lean 4 theorem prover and programming language // Automated Deduction – CADE 28. Lecture Notes in Computer Science. – 2021. – Vol. 12699. – P. 625–635.

18. Davies A., Veličković P., Buesing L., et al. Advancing mathematics by guiding human intuition with AI // Nature. – 2021. – Vol. 600. – P. 70–74.

19. Romera-Paredes B., Barekatain M., Novikov A., et al. Mathematical discoveries from program search with large language models // Nature. – 2024. – Vol. 625. – P. 468–475.

20. Kasneci E., Seßler K., Küchemann S., et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – Art. 102274.

21. Zawacki-Richter O., Marín V. I., Bond M., Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2019. – Vol. 16. – Art. 39.

22. Brown T. B., Mann B., Ryder N., et al. Language models are few-shot learners // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020. – Vol. 33. – P. 1877–1901.

23. Lightman H., Kosaraju V., Burda Y., et al. Let's verify step by step // arXiv preprint. – 2023. – arXiv:2305.20050.

24. Polu S., Sutskever I. Generative language modeling for automated theorem proving // arXiv preprint. – 2020. – arXiv:2009.03393.