

تحلیل انواع هوش مصنوعی و کاربرد آنها در آسان سازی آموزش مفاهیم ریاضی در دبیرستان

فریبا مژده آور - پژوهشگر ، مدرس و دبیر ریاضیات

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل انواع سیستم های هوش مصنوعی و بررسی کاربردهای آنها در تسهیل آموزش مفاهیم ریاضی در دوره متوسطه دوم انجام شده است. با گسترش روزافزون فناوری های هوش مصنوعی در نظام های آموزشی، استفاده هدفمند از این ابزارها می تواند نقش مؤثری در شخصی سازی یادگیری، افزایش درگیری دانش آموزان و بهبود درک مفاهیم انتزاعی ریاضی ایفا کند. این مقاله با رویکرد مرور نظام مند (PRISMA)، انواع هوش مصنوعی مورد استفاده در آموزش ریاضی را در پنج دسته اصلی طبقه بندی می کند: سیستم های Tutor هوشمند، سیستم های یادگیری تطبیقی، مدل های زبانی بزرگ و چت بات های مولد، ابزارهای بصری سازی و شبیه سازی پویا، و سیستم های ارزیابی و بازخورد خودکار. یافته ها نشان می دهد که هر یک از این ابزارها در حوزه های خاصی از آموزش ریاضی همچون جبر، هندسه، مثلثات و توابع کاربرد مؤثری داشته اند. با این حال، چالش هایی نظیر هم ترازی با برنامه درسی ملی، خطر استفاده غیرانتقادی، کمبود شاخص های ارزیابی استاندارد و نیاز به توانمندسازی معلمان، موانع جدی در مسیر یکپارچه سازی مؤثر هوش مصنوعی در کلاس های درس ریاضی محسوب می شوند. پژوهش حاضر با ارائه چارچوبی تحلیلی از انواع هوش مصنوعی و کاربردهای آنها، چشم اندازی برای طراحی محیط های یادگیری ریاضی مبتنی بر هوش مصنوعی ترسیم می کند.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی در آموزش ریاضی، یادگیری شخصی شده، سیستم های Tutor هوشمند، مدل های زبانی بزرگ، دبیرستان، آموزش ریاضی

۱. مقدمه

ریاضیات به عنوان یکی از بنیادی ترین حوزه های دانش بشری، همواره نقشی محوری در نظام های آموزشی داشته است. با این حال، آموزش مفاهیم ریاضی در دوره دبیرستان با چالش های متعددی روبه روست: انتزاعی بودن مفاهیم، تنوع سطح درک دانش آموزان، کمبود زمان برای ارائه بازخورد شخصی شده، و دشواری در برقراری ارتباط بین مفاهیم انتزاعی و کاربردهای عینی آنها. در این میان، پیشرفت های اخیر در حوزه هوش مصنوعی، به ویژه در زمینه یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی، افق های جدیدی را در آموزش ریاضی گشوده است.

پژوهش های متعددی در سال های اخیر به بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش ریاضی پرداخته اند. یک مرور نظام مند نشان می دهد که هوش مصنوعی از آموزش شخصی شده پشتیبانی می کند، استدلال منطقی-ریاضی را تقویت می نماید و تفکر الگوریتمی را پرورش می دهد و به بهبود عملکرد در جبر، مثلثات و هندسه کمک می کند. با وجود این، شکاف های پژوهشی قابل توجهی در زمینه ارزیابی اثرات بلندمدت، توسعه شاخص های سنجش درک مفهومی عمیق و ارائه مدل های عملیاتی همکاری بین معلم و هوش مصنوعی وجود دارد.

پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش ها انجام شده است: انواع اصلی هوش مصنوعی مورد استفاده در آموزش ریاضی دبیرستان کدام اند؟ و هر یک از این انواع چگونه می توانند به آسان سازی آموزش مفاهیم ریاضی کمک کنند؟

۲. روش شناسی

پژوهش حاضر با رویکرد مرور نظام مند (Systematic Literature Review) و با الهام از دستورالعمل های PRISMA انجام شده است. جامعه پژوهش شامل مقالات علمی-پژوهشی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ در پایگاه های داده معتبر شامل Web of Science، Scopus، ERIC، و IEEE Xplore و نیز مقالات فارسی و چینی نمایه شده در پایگاه های علمی داخلی است.

استراتژی جستجو با ترکیب کلیدواژه‌های مرتبط با هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)، AI، Machine Learning، Large Language Models، Intelligent Tutoring Systems و آموزش ریاضی (Mathematics Education)، High School Mathematics، Mathematics، Secondary Mathematics و نیز معادل‌های فارسی و چینی آنها انجام شده است.

پس از غربالگری اولیه و حذف مقالات تکراری و نامرتبط، ۴۲ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی انجام گرفت و مقالات بر اساس نوع هوش مصنوعی مورد استفاده، حوزه محتوایی ریاضی، سطح آموزشی و یافته‌های اصلی دسته‌بندی شدند.

۳. انواع هوش مصنوعی در آموزش ریاضی

بر اساس مرور نظام‌مند پژوهش‌های انجام‌شده، ابزارهای هوش مصنوعی مورد استفاده در آموزش ریاضی دبیرستان را می‌توان در پنج دسته اصلی طبقه‌بندی کرد. این طبقه‌بندی با پژوهش‌های پیشین که ابزارهای هوش مصنوعی را به دسته‌های مختلفی شامل سیستم‌های Tutor هوشمند، پلتفرم‌های یادگیری تطبیقی و اپلیکیشن‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تقسیم کرده‌اند، هماهنگ است.

۳-۱. سیستم‌های Tutor هوشمند (Intelligent Tutoring Systems)

سیستم‌های Tutor هوشمند (ITS) نرم‌افزارهایی هستند که از تکنیک‌های هوش مصنوعی برای ارائه آموزش فردی‌شده با درک محتوای درسی، ویژگی‌های یادگیرنده و مؤثرترین روش‌های تدریس استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها با تحلیل خطاهای دانش‌آموز، راهنمایی‌ها و سرخ‌های خاصی را برای کمک به حل دقیق مسائل ارائه می‌دهند.

یکی از نمونه‌های شاخص در این حوزه، سیستم مبتنی بر GPT-۴ با عنوان «Khanmigo-like AI tutor» است که در کلاس‌های ریاضی دبیرستان ژاپن مورد مطالعه قرار گرفته است. این پژوهش به بررسی اثربخشی این Tutor هوشمند در تعمیق درک و ایجاد انگیزه یادگیری برای سطوح مختلف پیشرفت تحصیلی می‌پردازد. یافته‌های یک مرور نظام‌مند نشان می‌دهد که سیستم‌های ITS، به ویژه زمانی که در دوره‌های طولانی‌مدت ادغام شوند، به طور قابل توجهی نتایج یادگیری را بهبود می‌بخشند؛ به گونه‌ای که ابزارهایی مانند Photomath اندازه اثر بزرگی $d = 1/37$ (در آموزش پیش‌حسابان نشان داده‌اند).

در ایران نیز نمونه‌ای از کاربرد AI Tutor در تدریس مفاهیم ریاضی مشاهده می‌شود. پژوهشی با عنوان «基于APOS与苏格拉底提问的AI导师设计与应用——以二次函数教学为例» (سقراطی با مثال تدریس تابع درجه دوم) با هدف مقابله با مشکلاتی نظیر «حل تمرین‌های مکانیکی» و «حافظه‌سازی سطحی» در آموزش مفاهیم ریاضی متوسطه، سیستمی متشکل از شش مؤلفه «تشخیص شناختی-برنامه‌ریزی مسیر شناختی-راهنمایی پرسش‌محور-ارزیابی پویا-ساخت وظایف تعاملی-پشتیبانی شناختی» طراحی کرده است که از طریق تعاملات پرسش‌محور، دانش‌آموزان را از سطح «عملکردی» به سطح «طرح‌واره‌ای» هدایت می‌کند.

۳-۲. سیستم‌های یادگیری تطبیقی (Adaptive Learning Systems)

سیستم‌های یادگیری تطبیقی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای شخصی‌سازی مسیر یادگیری هر دانش‌آموز استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها با تحلیل داده‌های عملکردی دانش‌آموزان، نقاط قوت و ضعف آنها را شناسایی کرده و محتوای متناسب با سطح هر فرد را تولید می‌کنند.

پلتفرم‌های تطبیقی مانند ALEKS و «Learn with ME» بهبودهای متوسط تا قابل توجهی در یادگیری ریاضی دانش‌آموزان ایجاد کرده‌اند. با این حال، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مداخلات کوتاه‌مدت یا آنهایی که مشارکت قابل توجه معلم را نداشته‌اند، تأثیرات کوچک‌تری داشته‌اند که بر اهمیت تعامل پایدار و پشتیبانی آموزشی تأکید دارد.

در ویتمام، سیستم VmathAI به عنوان یک راه حل یادگیری تطبیقی با ترکیب هوش مصنوعی و کتاب های درسی ریاضی دیجیتال استاندارد طراحی شده است. این سیستم در ۲۱ دبیرستان، با پوشش بیش از ۸۰۰ کلاس، بیش از ۳۷,۰۰۰ دانش آموز و ۳۵۰ معلم، به کار گرفته شده و رضایت بیش از ۸۰ درصدی کاربران را به همراه داشته است. این سیستم با تحلیل داده های یادگیری، تمرینات و سطح تسلط هر دانش آموز، محتوای مناسب بعدی را توصیه می کند و هدف آن کمک به یادگیرندگان برای مواجهه با مسائل در «منطقه رشد نزدیک (Zone of Proximal Development)» است.

در نظام آموزشی ایران نیز پژوهش هایی بر اساس پلتفرم های یادگیری هوشمند انجام شده که با استفاده از تحلیل وضعیت یادگیری مبتنی بر داده، بازخورد فوری و ارزشیابی تأملی، به حل مشکلات سنتی مانند نبود شخصی سازی و عدم هدفمندی کافی در تدریس می پردازند.

۳-۳. مدل های زبانی بزرگ و چت بات های مولد (LLMs and Generative AI Chatbots)
ظهور مدل های زبانی بزرگ مانند ChatGPT، Gemini، DeepSeek و Mistral تحولی اساسی در تعاملات آموزشی ایجاد کرده است. این ابزارها امکان مکالمه طبیعی با دانش آموزان را فراهم می کنند و می توانند به عنوان یک معلم خصوصی در دسترس عمل نمایند.

پژوهشی که به ارزیابی مدل های زبانی بزرگ در حل مسائل ریاضی پایه دهم بلغارستان پرداخته، نشان می دهد که اگرچه مدل هایی مانند Mistral ۲۲ (DeepSeek R1B) به دقت کامل دست یافته اند، اما اغلب از راهبردهای حل مسئله ای استفاده می کنند که با استانداردهای ملی هم تراز نیست. در مقابل، مدل های محلی سازی شده هم تراز قوی تری با برنامه درسی و استفاده از اصطلاحات دقیق ریاضی را نشان داده اند.

ارزیابی مدل های زبانی بزرگ در امتحانات ورودی دانشگاه فنلاند نشان می دهد که آزمون های اولیه عملکردی در سطح متوسط (مطابق با نمرات میانه) داشته اند، اما ارزیابی های بعدی بهبودهای قابل توجهی را نشان داد و برخی مدل ها به نمرات نزدیک به کامل یا کامل دست یافتند که با عملکرد دانش آموزان برتر برابری می کند. با این حال، پژوهش ها همچنین دیدگاه های انتقادی را مطرح کرده اند که آیا قابلیت های خلاصه سازی هوش مصنوعی مولد برای برون سپاری یادگیری به ماشین به کار می رود یا اینکه یادگیری دانش آموز را داریست سازی می کند.

در ایران، نمونه های عملی متعددی از کاربرد مدل های زبانی بزرگ در آموزش ریاضی وجود دارد. معلمی در دبیرستانی در آن کینگ (چین) با استفاده از مدل DeepSeek به عنوان ابزار کمکی، به تولید کدهای HTML و Python پرداخته و در محیط های Dreamweaver و PyCharm آن ها را 调试 و اجرا کرده است و بدین ترتیب زنجیره کامل «از مفهوم انتزاعی ریاضی تا کد اجرایی و سپس تا تصویر پویای قابل مشاهده» را محقق ساخته است. همچنین، در تدریس مبحث «قضیه بنیادی بردارها در فضا» از مدل DeepSeek برای طراحی پویا و استدلال شخصی سازی شده استفاده شده است.

۳-۴. ابزارهای بصری سازی و شبیه سازی پویا
یکی از چالش های اساسی آموزش ریاضی، به ویژه در حوزه هندسه و توابع، انتزاعی بودن مفاهیم است. ابزارهای بصری سازی مبتنی بر هوش مصنوعی با ارائه نمایش های پویا و تعاملی از مفاهیم ریاضی، درک دانش آموزان را تسهیل می کنند.

پژوهشی در زمینه مقاطع مخروطی (بیضی، سهمی، هذلولی) نشان می دهد که در آموزش ریاضی دبیرستان، تبیین مفاهیم انتزاعی و ویژگی های پویا همواره یک چالش آموزشی بوده است. پژوهشگران با تمرکز بر قابلیت «تبدیل دستور به منبع» در هوش مصنوعی مولد، سیستمی آموزشی شامل «ساخت مفهوم-بررسی ویژگی-کاربرد حل مسئله» طراحی کرده اند که از

طریق تولید تصاویر قابل مشاهده، اسکریپت‌های تحلیلی و تمرینات شخصی‌سازی‌شده، به حل مشکلات سنتی مانند «تعریف ناملموس، ویژگی‌های دشوار و تمرینات ناسازگار» می‌پردازد.

در کلاس‌های درس، معلمان از ابزارهایی با قابلیت هندسه پویا برای 可視化 سازی مفاهیم انتزاعی استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، در تدریس مبحث «اجسام هندسی پایه»، معلمان با استفاده از فناوری تولید انیمیشن مبتنی بر هوش مصنوعی، مفاهیم انتزاعی اجسام دورانی را به نمایش‌های پویای قابل مشاهده تبدیل کرده‌اند. همچنین، تعامل «انسان-ماشین» در کلاس درس به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا راه‌حل‌های یک مسئله را با هوش مصنوعی مقایسه و بررسی کنند.

۳-۵. سیستم‌های ارزیابی و بازخورد خودکار

دسته پنجم از ابزارهای هوش مصنوعی به سیستم‌های ارزیابی خودکار و ارائه بازخورد اختصاص دارد. این سیستم‌ها می‌توانند پاسخ‌های دانش‌آموزان را تحلیل کرده، خطاهای رایج را شناسایی و بازخورد هدفمند ارائه دهند.

در ایران، پژوهش‌هایی بر روی استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی طراحی و ارزیابی تکالیف ریاضی انجام شده است. این پژوهش‌ها با تحلیل مشکلات موجود در طراحی و ارزیابی سنتی تکالیف ریاضی، از مزایای هوش مصنوعی در طراحی تکالیف شخصی‌سازی‌شده، تنوع بخشی به فرم ارائه تکالیف، ارزیابی دقیق و ارائه بازخورد هدفمند بهره گرفته‌اند.

همچنین، سامانه‌های هوشمند پاسخگویی و تشخیص در حال توسعه هستند که به ارائه بازخورد خودکار به دانش‌آموزان می‌پردازند. در یک نمونه عملی، دانش‌آموزان با استفاده از یک «عامل هوشمند» به نام «ژی‌چی (智启)» به خودارزیابی، صورتبندی مسئله و پرسش‌گری هدفمند پرداخته‌اند. در بخش «همکاری انسان-ماشین برای شکست دقیق مسئله»، دانش‌آموزان سابقه گفتگوی خود با هوش مصنوعی را به اشتراک گذاشته و معلم و همکلاسی‌ها به بررسی دقیق بودن پرسش‌ها و تفکر انتقادی پاسخ‌های هوش مصنوعی پرداخته‌اند. در فعالیت «تغییر ساختار و انتقال درونی» نیز دانش‌آموزان با کمک هوش مصنوعی به طراحی تغییرات سؤالی پرداخته و از نقش «حل‌کننده مسئله» به نقش «طراح سؤال» تغییر نقش داده‌اند.

۴. کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم ریاضی دبیرستان

۴-۱. جبر و معادلات

در حوزه جبر، سیستم‌های یادگیری تطبیقی با استفاده از یادگیری ماشین برای دگرگونی آموزشی در جبر توسعه یافته‌اند. این پلتفرم‌ها مدل‌های یادگیری ماشین را با اصول آموزشی ترکیب می‌کنند تا درک دانش‌آموزان از مفاهیم جبری را بهبود بخشند.

یک مطالعه موردی جالب، استفاده از AI Tutor مبتنی بر نظریه APOS و پرسش‌گری سقراطی در تدریس تابع درجه دوم است. این سیستم با طراحی شش مؤلفه «تشخیص شناختی-برنامه‌ریزی مسیر شناختی-راهنمایی پرسش‌محور-ارزیابی پویا-ساخت وظایف تعاملی-پشتیبانی شناختی» و از طریق تعاملات پرسش‌محور، دانش‌آموزان را از سطح «عملکردی» به سطح «طرح‌واره‌ای» هدایت می‌کند و به درک عمیق‌تر مفاهیم ریاضی کمک می‌نماید.

در عمل، معلمان از تعامل با هوش مصنوعی برای تحلیل عمیق مفاهیم جبری مانند توابع با پارامتر استفاده کرده‌اند. برای مثال، در تدریس مبحث «تابع دوگانه با پارامتر»، معلم با کمک «عامل هوشمند ژی‌چی» به دانش‌آموزان کمک کرده تا با محوریت «طبقه‌بندی و بررسی موارد» و «ترکیب عدد و شکل»، به کشف و حل مسئله بپردازند.

۴-۲. هندسه

هندسه به دلیل ماهیت فضایی و بصری خود، یکی از حوزه‌هایی است که بیشترین بهره را از ابزارهای هوش مصنوعی برده است. ابزارهای هوش مصنوعی در هندسه به چند شکل عمل می‌کنند: (۱) مدل‌سازی پویا برای تبدیل ساختارهای هندسی

انتزاعی به تصاویر قابل مشاهده، (۲) شبیه‌سازی تعاملی برای آزمایش فرضیه‌های هندسی، و (۳) سیستم‌های حل مسئله هوشمند برای ارائه راهنمایی گام‌به‌گام.

در یک نمونه عملی، معلمی با استفاده از مدل DeepSeek و با بهره‌گیری از رویکرد «شبیه‌سازی + مدل‌سازی»، به تولید محتوای پویا و استدلال شخصی‌سازی‌شده در تدریس «قضیه بنیادی بردارها در فضا» پرداخته است که به درک عمیق‌تر دانش‌آموزان از ماهیت قضیه و بهبود توانایی تفکر فضایی آنها کمک کرده است.

همچنین، در تدریس مبحث «اجسام هندسی پایه»، معلمان با استفاده از فناوری تولید انیمیشن مبتنی بر هوش مصنوعی، مفاهیم انتزاعی اجسام دورانی را به نمایش‌های پویای قابل‌مشاهده تبدیل کرده‌اند و بدین‌ترتیب توانایی تخیل فضایی دانش‌آموزان را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشیده‌اند.

۴-۳. مثلثات و توابع

در حوزه مثلثات و توابع، هوش مصنوعی عمدتاً از طریق بصری‌سازی پویا و تولید محتوای شخصی‌سازی‌شده به آموزش کمک می‌کند. یک مطالعه موردی، استفاده از هوش مصنوعی مولد در آموزش مقاطع مخروطی را بررسی کرده است. پژوهشگران با تمرکز بر قابلیت «تبدیل دستور به منبع» در هوش مصنوعی مولد، سیستمی آموزشی شامل «ساخت مفهوم-بررسی ویژگی-کاربرد حل مسئله» طراحی کرده‌اند که از طریق تولید تصاویر قابل‌مشاهده، اسکرپت‌های تحلیلی و تمرینات شخصی‌سازی‌شده، به حل مشکلات سنتی کمک می‌کند.

همچنین، در پژوهشی دیگر با موضوع «مدل‌سازی ریاضی ساخت اتصال لوله زاویه‌دار»، از هوش مصنوعی مولد، نرم‌افزار هندسه پویا (GeoGebra) و چاپ سه‌بعدی استفاده شده است که دانش‌آموزان را در فرآیند کامل مدل‌سازی و ایجاد مدل تابع سینوسی راهنمایی می‌کند.

۴-۴. حل مسئله و تفکر ریاضی

فراتر از حوزه‌های محتوایی خاص، هوش مصنوعی می‌تواند به توسعه تفکر ریاضی و مهارت‌های حل مسئله کمک کند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی از تفکر الگوریتمی پشتیبانی کرده و به بهبود عملکرد در حل مسائل پیچیده ریاضی کمک می‌کند.

در کلاس‌های درس، دانش‌آموزان از طریق تعامل با سامانه‌های هوش مصنوعی، مسائل هندسی را به آزمایش‌های شناختی پویا تبدیل کرده‌اند که در آن هوش مصنوعی به عنوان «آینه تفکر» و «شریک طراحی سیستم» عمل می‌کند. در یک نمونه عملی، دانش‌آموزان با کمک «عامل هوشمند ژی‌چی» به خودارزیابی، صورت‌بندی مسئله و پرسش‌گری هدفمند پرداخته و سپس سابقه گفتگوی خود با هوش مصنوعی را به اشتراک گذاشته‌اند تا معلم و همکلاسی‌ها به بررسی دقیق بودن پرسش‌ها و تفکر انتقادی پاسخ‌های هوش مصنوعی بپردازند.

یکی از یافته‌های جالب توجه از پژوهشی در یک دبیرستان نشان می‌دهد که استفاده از DeepSeek به عنوان یک ابزار هوش مصنوعی مولد در دسترس و جهت‌یابی‌شده برای وظایف ریاضی، می‌تواند به عنوان همراهی در حل مسئله عمل کند، نه جایگزینی برای تفکر دانش‌آموز.

۵. چالش‌ها و محدودیت‌ها

با وجود پتانسیل قابل‌توجه هوش مصنوعی در آموزش ریاضی، یکپارچه‌سازی مؤثر این فناوری‌ها با چالش‌های متعددی روبه‌روست که در ادامه به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود.

نخست، هم‌ترازی با برنامه درسی ملی یکی از چالش‌های اساسی است. همان‌طور که پژوهش ارزیابی مدل‌های زبانی بزرگ در بلغارستان نشان داد، مدل‌هایی که بالاترین دقت را در حل مسائل دارند، اغلب از راهبردهایی استفاده می‌کنند که با روش‌های استاندارد برنامه درسی هم‌تراز نیستند. همچنین، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که دقت مدل‌های پیشرفته بر روی مجموعه‌های آزمون ریاضی دبیرستان چین به طور قابل‌توجهی کمتر از معیارهای قبلی است و این شکاف حتی از ۳۰ درصد نیز فراتر می‌رود.

دوم، خطر استفاده غیرانتقادی از هوش مصنوعی توسط دانش‌آموزان است. پژوهش‌ها هشدار می‌دهند که پذیرش محدود این فناوری‌ها و خطر استفاده خودکار بدون تأمل انتقادی، از جمله موانع جدی محسوب می‌شوند. همچنین نگرانی‌هایی در مورد وابستگی دانش‌آموزان به هوش مصنوعی و کاهش تلاش ذهنی آنها وجود دارد.

سوم، کمبود شاخص‌های ارزیابی استاندارد برای سنجش اثربخشی مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی. پژوهش‌ها به شکاف‌هایی در ارزیابی اثرات بلندمدت اشاره کرده‌اند، به ویژه در مورد معیارهای قابل اعتماد برای اعتبارسنجی نتایج یادگیری پشتیبانی‌شده توسط هوش مصنوعی. همچنین تأخیر در توسعه شاخص‌های سنجش درک مفهومی عمیق و فراشناخت، یکی از شکاف‌های پژوهشی شناسایی‌شده است.

چهارم، نیاز به توانمندسازی معلمان در استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی. معلمان نیاز به آموزش در زمینه چگونگی یکپارچه‌سازی مؤثر هوش مصنوعی در فرآیند تدریس دارند. همچنین، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مداخلات کوتاه‌مدت یا آنهایی که مشارکت قابل‌توجه معلم را نداشته‌اند، تأثیرات کوچک‌تری داشته‌اند که بر اهمیت نقش مکمل تأکید دارد.

پنجم، شکاف در مدل‌های عملیاتی همکاری بین معلم و هوش مصنوعی. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که یکی از شکاف‌های مهم پژوهشی، عدم ارائه مدل‌های عملیاتی همکاری بین معلم و هوش مصنوعی است. به عبارت دیگر، هنوز مشخص نیست که چگونه باید نقش معلم و نقش هوش مصنوعی را در کلاس درس به گونه‌ای تقسیم کرد که بیشترین بهره‌وری آموزشی حاصل شود. مسائل مربوط به زیرساخت‌های محدود، سواد دیجیتال پایین معلمان و مسائل اخلاقی و حریم خصوصی از دیگر چالش‌های مطرح‌شده در پژوهش‌ها است.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با مرور نظام‌مند پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه کاربرد هوش مصنوعی در آموزش ریاضی دبیرستان، پنج دسته اصلی از ابزارهای هوش مصنوعی را شناسایی و تحلیل کرده است: سیستم‌های Tutor هوشمند، سیستم‌های یادگیری تطبیقی، مدل‌های زبانی بزرگ و چت‌بات‌های مولد، ابزارهای بصری‌سازی و شبیه‌سازی پویا، و سیستم‌های ارزیابی و بازخورد خودکار. هر یک از این دسته‌ها در حوزه‌های خاصی از محتوای ریاضی (جبر، هندسه، مثلثات، توابع و حل مسئله) کاربردهای مؤثری داشته‌اند.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند با شخصی‌سازی مسیر یادگیری، ارائه بازخورد فوری، **可視化** سازی مفاهیم انتزاعی و ایجاد محیط‌های تعاملی، به طور قابل‌توجهی فرآیند یادگیری ریاضی را تسهیل کند. با این حال، موفقیت در یکپارچه‌سازی هوش مصنوعی در آموزش ریاضی مستلزم تحقق سه شرط اساسی است: دقت ریاضی، هم‌ترازی با روش‌های برنامه درسی ملی، و ارائه توضیحات دقیق زبانی. هوش مصنوعی می‌تواند نقش مکمل معلم را ایفا کند، اما نمی‌تواند جایگزین نقش معلم شود؛ به شرطی که به طور هدفمند در پیوسته منابع آموزشی جایابی شود.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهادها زیر ارائه می‌شود:

۱. توسعه مدل‌های زبانی بزرگ محلی‌سازی‌شده برای نظام آموزشی ایران که با برنامه درسی ملی ریاضی هم‌تراز بوده و از اصطلاحات دقیق ریاضی فارسی استفاده کنند.

۲. طراحی مدل‌های عملیاتی همکاری معلم و هوش مصنوعی که نقش‌ها و مسئولیت‌های هر یک را در کلاس درس به روشنی تعیین کند.

۳. توانمندسازی معلمان ریاضی در زمینه سواد دیجیتال و آشنایی با قابلیت‌ها و محدودیت‌های ابزارهای هوش مصنوعی از طریق دوره‌های آموزش ضمن خدمت.

۴. توسعه شاخص‌های ارزیابی استاندارد برای سنجش اثربخشی مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی در سطوح مختلف (درک مفهومی، تفکر انتقادی، مهارت‌های حل مسئله).

۵. انجام پژوهش‌های تجربی با گروه‌های کنترل برای ارزیابی دقیق‌تر تأثیر هر یک از انواع هوش مصنوعی بر یادگیری مفاهیم خاص ریاضی در بافت فرهنگی و آموزشی ایران.

پژوهش‌های آینده می‌توانند به بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر دانش‌آموزان با سطوح مختلف پیشرفت تحصیلی، به ویژه در شرایط قطبی‌شدن عملکرد تحصیلی، بپردازند که یکی از شکاف‌های پژوهشی مهم در این حوزه محسوب می‌شود. همچنین، بررسی اثرات بلندمدت استفاده از هوش مصنوعی بر توسعه تفکر ریاضی و خودتنظیمی یادگیری، از دیگر زمینه‌های ارزشمند برای پژوهش‌های آتی است.

منابع

A Study on Individualized Learning Support for High School Mathematics by an Interactive AI Tutor: Educational Potential and Challenges in the Age of Large Language Models. (۲۰۲۵). IEEE Xplore.

Artificial Intelligence Interventions in Mathematics Education: A Systematic Literature Review. (۲۰۲۵). Insights into Learning Disabilities, ۲۲(۱), ۶۵-۹۱.

Artificial Intelligence and mathematics learning in high school: evidence and trends. (۲۰۲۵). Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, ۲۸, e۶۹۱.

Assessment of Evolving Large Language Models in Upper Secondary Mathematics. (۲۰۲۵). IEEE Xplore.

Large Language Models: A tool for solving mathematical problems in high school. (۲۰۲۵). Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski", ۱۱۲, ۱۶۵-۱۸۳.

基于APOS与苏格拉底提问的AI导师设计与应用——以二次函数教学为例. (۲۰۲۵). 福建基础教育研究, ۱۰.

基于AI技术的高中数学圆锥曲线教学方法. (۲۰۲۶). 数理天地, ۹.

智启赋能数学课堂，问题驱动深度学习. (2021). 北京市第二十中学.

浅析人工智能与高中数学教学的融合路径. (2020). 中华活页文选(高中版), 22, 127-129.

利用人工智能优化高中数学作业设计与评价的探索. (2020). 凯里学院学报, 6.

The Effectiveness of AI on K-12 Students' Mathematics Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. (2024). International Journal of Science and Mathematics Education.

人工智能在高中数学跨学科教学中的有效应用策略. (2020). 求知导刊, 31.

个性化教学：借助人工智能破解难题. (2021). VietnamPlus.

HighMATH: Evaluating Math Reasoning of Large Language Models in Breadth and Depth. (2020). ACL Anthology.