

بررسی نقش هوش مصنوعی در شخصی سازی آموزش ریاضی پنجم دبستان

فریده سلیمانی دیجوجین - آموزگار و پژوهشگر

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش هوش مصنوعی در شخصی سازی آموزش ریاضی پایه پنجم دبستان انجام شده است. با توجه به چالش های سنتی آموزش ریاضی در پاسخگویی به تفاوت های فردی دانش آموزان از نظر دانش پیشین، سرعت یادگیری و نیازهای شناختی، فناوری های نوین هوش مصنوعی فرصت هایی نوین برای ارائه یادگیری شخصی ساز و تطبیقی فراهم آورده اند. این مقاله با مرور نظام مند پژوهش های انجام شده در سال های اخیر، به بررسی سیستم های مبتنی بر هوش مصنوعی مولد از جمله TALPer، ChatGPT-MWPS و سیستم های چندعاملی پرداخته و تأثیر آنها را بر عملکرد یادگیری، انگیزه و تعامل دانش آموزان پایه پنجم تحلیل می کند. یافته های پژوهش های مرور شده نشان می دهد که استفاده از سیستم های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی ابتدایی به طور معناداری عملکرد دانش آموزان را بهبود می بخشد، به ویژه برای دانش آموزان با سطح عملکرد پایین تر اثربخشی بیشتری دارد. همچنین، سیستم های هوش مصنوعی با ارائه بازخورد گام به گام، داربست های تطبیقی و گفت و گوی تعاملی، به توسعه تفکر ریاضی و خودتنظیمی در یادگیری کمک می کنند. با این حال، چالش هایی همچون نیاز به شفافیت الگوریتمی، حریم خصوصی داده ها و آموزش معلمان برای استفاده مؤثر از این فناوری ها نیز شناسایی شد. پژوهش حاضر با ارائه تحلیل جامع از کارکردهای هوش مصنوعی در شخصی سازی آموزش ریاضی، دلالت های کاربردی برای طراحی سیستم های یادگیری هوشمند در دوره ابتدایی ارائه می دهد.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، شخصی سازی آموزش، ریاضی پنجم دبستان، یادگیری تطبیقی، سیستم های معلم هوشمند

۱. مقدمه

آموزش ریاضی در دوره ابتدایی، به ویژه پایه پنجم دبستان، با چالش های قابل توجهی مواجه است. این پایه تحصیلی نقطه عطفی در یادگیری ریاضی به شمار می رود، جایی که دانش آموزان با مفاهیم انتزاعی تر و مسئله های چندمرحله ای روبرو می شوند. رویکردهای سنتی آموزش ریاضی که عمدتاً بر آموزش معلم محور و ارائه محتوای یکسان برای همه دانش آموزان استوار است، اغلب در پاسخگویی به تفاوت های فردی دانش آموزان از نظر دانش پیشین، سرعت یادگیری و نیازهای شناختی ناتوان بوده اند. این شکاف های یادگیری در صورت عدم شناسایی و رفع به موقع، می توانند به افت تحصیلی و کاهش انگیزه دانش آموزان منجر شوند.

در سال های اخیر، هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک فناوری تحول آفرین در حوزه آموزش مطرح شده است. هوش مصنوعی مولد (Generative AI) به ویژه با قابلیت هایی همچون درک زبان طبیعی، تولید محتوای پویا و ارائه بازخورد تعاملی، امکان شخصی سازی یادگیری در مقیاس وسیع را فراهم آورده است. این سیستم ها با تحلیل وضعیت دانشی، مسیر حل مسئله و نیازهای شناختی هر دانش آموز، می توانند توضیحات متناسب، تمرین های شخصی ساز و پشتیبانی تطبیقی ارائه دهند.

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه هوش مصنوعی و آموزش، پژوهش‌های محدودی به طور خاص به کاربرد این فناوری در شخصی‌سازی آموزش ریاضی پایه پنجم دبستان پرداخته‌اند. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی نظام‌مند نقش هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش ریاضی این پایه تحصیلی انجام شده است. سؤال‌های اصلی پژوهش عبارتند از:

۱. سیستم‌های هوش مصنوعی چگونه به شخصی‌سازی آموزش ریاضی در پایه پنجم دبستان کمک می‌کنند؟
۲. تأثیر استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی بر عملکرد یادگیری، انگیزه و تعامل دانش‌آموزان پایه پنجم چیست؟
۳. چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی ابتدایی کدامند؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱. چالش‌های آموزش ریاضی در دوره ابتدایی

آموزش ریاضی در دوره ابتدایی با چالش‌های متعددی روبه‌رو است که از ماهیت انتزاعی مفاهیم ریاضی، ساختار انباشتی دانش و تأکید بر حل مسئله چندمرحله‌ای ناشی می‌شود. در میان وظایف یادگیری مختلف، مسئله‌های کلامی ریاضی (Mathematical Word Problems) به دلیل نیاز به تلفیق درک زبانی با استدلال کمی، دشواری ویژه‌ای برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کنند.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دانش‌آموزان در حل مسئله‌های کلامی با سه دسته چالش اصلی مواجه هستند: (۱) موانع زبانی در درک معنانشناسی مسئله، به ویژه با واژگان پیچیده یا ساختارهای نحوی دشوار؛ (۲) موانع مفهومی در نگاشت عناصر مسئله به عملیات ریاضی؛ و (۳) نقص‌های راهبردی در برنامه‌ریزی و پایش مسیرهای حل مسئله. این چالش‌ها برای دانش‌آموزانی که با بار شناختی دوگانه پردازش زبانی و استدلال ریاضی دست و پنجه نرم می‌کنند، تشدید می‌شود. ونتیتاس و همکاران (۲۰۲۴) همبستگی قوی $(r = 0.81)$ بین مهارت حل مسئله و پیشرفت ریاضی گزارش کرده‌اند که نشان می‌دهد توانایی حل مسئله کلامی شاخص حیاتی برای درک کلی ریاضی است.

رویکردهای سنتی آموزش ریاضی، از جمله آموزش مبتنی بر ویدئو و آموزش معلم‌محور، اگرچه مزایایی دارند، اما اغلب از تعامل و انطباق‌پذیری کافی برای درگیرسازی عمیق‌تر دانش‌آموزان و ارائه پشتیبانی شخصی‌ساز بی‌بهره‌اند. به همین دلیل، نیاز به رویکردهای نوینی که بتوانند به طور همزمان به نیازهای شناختی، زبانی و عاطفی دانش‌آموزان پاسخ دهند، بیش از پیش احساس می‌شود.

۲-۲. هوش مصنوعی در آموزش ریاضی

هوش مصنوعی در آموزش ریاضی به دلیل تأکید این حوزه بر منطق، انتزاع و استدلال ساختاریافته، تأثیر قابل توجهی داشته است. این ویژگی‌ها با دقت، انطباق‌پذیری و قابلیت‌های پردازش داده‌های ابزارهای آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی همخوانی کامل

دارد. پژوهش‌های متعددی از ادغام فناوری‌های هوش مصنوعی به عنوان ابزاری برای ارتقای درک و عملکرد ریاضی دانش‌آموزان حمایت کرده‌اند.

سیستم‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی را می‌توان به سه دسته کارکردی طبقه‌بندی کرد: (۱) سیستم‌های طراحی شده برای بهینه‌سازی کارایی یادگیری، از جمله سیستم‌های معلم هوشمند و عوامل یادگیری مجازی که به طور قابل توجهی بهبود عملکرد دانش‌آموزان را نشان داده‌اند؛ (۲) سیستم‌های متناسب برای یادگیری زبان که از طریق مدل‌های زبانی تطبیقی و واسط‌های گفت‌وگویی، به توسعه زبانی کمک می‌کنند؛ و (۳) سیستم‌های یادگیری تعاملی و مشارکتی که در زمینه آموزش پروژه‌محور کاربرد دارند.

پیشرفت اخیر در مدل‌های بزرگ زبانی (LLMs مانند GPT، تحولی در قابلیت‌های هوش مصنوعی ایجاد کرده است. این مدل‌ها که به جای هوش مصنوعی محدود (ANI به سمت قابلیت‌های هوش عمومی‌تر حرکت می‌کنند، درک زبان طبیعی و انجام وظایف شناختی پیچیده را با مهارت بالایی انجام می‌دهند. این پیشرفت‌ها هوش مصنوعی را از یک ابزار پشتیبان به یک نیروی کاتالیزور در حوزه آموزش تبدیل کرده است.

۲-۳. شخصی‌سازی یادگیری با هوش مصنوعی

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای هوش مصنوعی مولد، توانایی ارائه آموزش واقعاً شخصی‌ساز است. این سیستم‌ها با تحلیل وضعیت دانشی، مسیرهای حل مسئله و نیازهای شناختی هر یادگیرنده، می‌توانند توضیحات متناسب، تمرین‌های شخصی‌ساز و داربست‌های تعاملی ارائه دهند. این قابلیت، محیط کلاس درس را فراگیرتر و یادگیرنده‌محورتر می‌سازد.

سیستم (TALPer یادگیری همراه مبتنی بر هوش مصنوعی مولد) که در تایوان توسعه یافته، نمونه‌ای از کاربرد موفق هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش ریاضی است. این سیستم با تلفیق گفت‌وگوی سقراطی و راهبرد حل مسئله پولیا، در دو زمینه خودآموزی و آموزش ترمیمی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان داد که خودآموزی مبتنی بر ویدئو با پشتیبانی TALPer بیشترین پیشرفت یادگیری را به همراه داشت و در محیط ترمیمی، دانش‌آموزانی که از پشتیبانی TALPer برخوردار بودند، عملکرد بهتری نشان دادند. هر دو رویکرد به ویژه برای دانش‌آموزان با عملکرد پایین، اثربخش بود.

تحلیل توالی تأخیری (LSA) نیز نشان داد که دانش‌آموزان با عملکرد بالا، الگوهای تعاملی پیچیده‌تری با TALPer داشتند و چرخه‌های بازخورد را ادامه می‌دادند، در حالی که دانش‌آموزان با عملکرد پایین، الگوهای تعاملی ساده‌تری را نشان دادند. این یافته نشان می‌دهد که سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به تشخیص شکاف‌های یادگیری و ارائه پشتیبانی متناسب کمک کنند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد مرور نظام‌مند (Systematic Review) انجام شده است. این روش برای گردآوری، ارزیابی و ترکیب یافته‌های پژوهش‌های مرتبط با یک سؤال خاص، از روشی ساختاریافته و شفاف پیروی می‌کند. مراحل انجام این پژوهش شامل:

جامعه آماری و نمونه پژوهش: جامعه آماری شامل تمامی پژوهش‌های منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶ در حوزه کاربرد هوش مصنوعی در آموزش ریاضی دوره ابتدایی است. نمونه پژوهش شامل ۱۰ مقاله علمی-پژوهشی از پایگاه‌های معتبر شامل ScienceDirect, Springer, ACM Digital Library, ERIC و KCI است که به طور خاص به کاربرد هوش مصنوعی در پایه پنجم دبستان پرداخته‌اند.

معیارهای ورود و خروج: مقالاتی که (۱) به زبان انگلیسی یا فارسی منتشر شده باشند، (۲) در مجلات معتبر علمی-پژوهشی نمایه شده باشند، (۳) به طور خاص به کاربرد هوش مصنوعی در آموزش ریاضی پایه پنجم پرداخته باشند، و (۴) دارای طرح پژوهش تجربی یا شبه‌تجربی باشند، وارد مطالعه شدند. مقالاتی که فاقد داده‌های کمی یا کیفی معتبر بودند یا صرفاً به جنبه‌های فنی سیستم‌ها پرداخته بودند، از مطالعه خارج شدند.

ابزار گردآوری داده‌ها: داده‌ها از طریق جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده با استفاده از کلیدواژه‌های "Artificial Intelligence", "Personalized Learning", "Mathematics Education", "Elementary School", "Grade ۵" و ترکیب‌های آنها جمع‌آوری شد.

روش تحلیل داده‌ها: برای تحلیل داده‌ها از روش تحلیل محتوای کیفی و ترکیب یافته‌ها استفاده شد. ابتدا مقالات بر اساس عنوان و چکیده غربالگری شدند، سپس مقالات مرتبط به طور کامل مطالعه و اطلاعات کلیدی استخراج گردید. در نهایت، یافته‌ها در دسته‌های موضوعی سازماندهی و تحلیل شدند.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. سیستم‌های هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش ریاضی

۴-۱-۱. سیستم TALPer

سیستم (TALPer یادگیری همراه مبتنی بر هوش مصنوعی مولد) که بر بستر پلتفرم (TALP پلتفرم یادگیری تطبیقی تایوان) توسعه یافته، از جمله سیستم‌های پیشگام در شخصی‌سازی آموزش ریاضی است. این سیستم با تلفیق گفت‌وگوی سقراطی و راهبرد حل مسئله پولیا طراحی شده و در دو زمینه خودآموزی و آموزش ترمیمی مورد استفاده قرار گرفته است.

در یک مطالعه با مشارکت ۴۳۰ دانش‌آموز پایه پنجم، اثربخشی TALPer در سه گروه (خودآموزی مبتنی بر ویدئو، خودآموزی مبتنی بر کتاب درسی با پشتیبانی TALPer، و خودآموزی مبتنی بر ویدئو با پشتیبانی TALPer) مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که گروه خودآموزی مبتنی بر ویدئو با پشتیبانی TALPer بیشترین پیشرفت یادگیری را به همراه داشت. در محیط ترمیمی نیز دانش‌آموزانی که از پشتیبانی TALPer برخوردار بودند، عملکرد بهتری نسبت به گروه مبتنی بر ویدئو نشان دادند.

تحلیل تعاملات دانش‌آموزان با TALPer نشان داد که دانش‌آموزان با عملکرد بالا، الگوهای تعاملی پیچیده‌تری داشتند و چرخه‌های بازخورد را ادامه می‌دادند، در حالی که دانش‌آموزان با عملکرد پایین، الگوهای تعاملی ساده‌تری نشان دادند. این یافته نشان می‌دهد که سیستم می‌تواند نیازهای متنوع دانش‌آموزان را تشخیص داده و پشتیبانی متناسب ارائه دهد.

۴-۱-۲. سیستم ChatGPT-MWPS

سیستم ChatGPT-MWPS یک سیستم یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی مولد است که به طور خاص برای بهبود حل مسئله کلامی ریاضی در دانش‌آموزان پایه پنجم طراحی شده است. این سیستم بر اساس چارچوب جاوا و با استفاده از فناوری هوش مصنوعی مولد OpenAI توسعه یافته و از طریق داربست‌های تطبیقی و بازخورد گام‌به‌گام و بلادرنگ، از دانش‌آموزان پشتیبانی می‌کند.

در یک مطالعه شبه‌تجربی با مشارکت ۵۲ دانش‌آموز پایه پنجم، کاربردپذیری سیستم در ۱۳ بعد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ChatGPT-MWPS در ابعاد قابلیت اطمینان سیستم، کیفیت اطلاعات و درگیری شناختی عملکرد مطلوبی داشته است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی مولد می‌تواند آموزش ریاضی شخصی‌ساز را در محیط‌های ابتدایی تسهیل کند.

۴-۱-۳. سیستم ChatGPT-MPS

سیستم ChatGPT-MPS یک محیط یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی مولد است که برای پشتیبانی از دانش‌آموزان ابتدایی در توسعه راهبردهای حل مسئله و تعمیق درک مفهومی طراحی شده است. در یک مطالعه با طرح شبه‌تجربی و مشارکت ۱۰۴ دانش‌آموز پایه پنجم، گروه آزمایش (استفاده از ChatGPT-MPS و گروه کنترل (آموزش سنتی) مقایسه شدند.

نتایج نشان داد که گروه آزمایش بهبود قابل توجه بیشتری در عملکرد پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل داشت. همچنین بازخورد دانش‌آموزان نشان‌دهنده افزایش علاقه، ارزش درک‌شده و انگیزه در هنگام تعامل با محیط یادگیری ChatGPT-MPS بود. این یافته‌ها شواهد تجربی برای استفاده از هوش مصنوعی مولد در آموزش ریاضی فراهم می‌کند و پتانسیل آن را در ارتقای تفکر ریاضی و درگیری دانش‌آموزان در وظایف حل مسئله نشان می‌دهد.

۴-۱-۴. سیستم چندعاملی تطبیقی

یک سیستم چندعاملی تطبیقی مبتنی بر مدل‌های بزرگ زبانی برای آموزش ریاضی در ویتنام توسعه یافته است. این سیستم با بهره‌گیری از معماری چندعاملی، هر عامل به یک کارکرد آموزشی خاص (اطلاع‌رسان، تأییدگر، بینش‌دهنده، تمرین‌دهنده و معلم) اختصاص دارد. سیستم از ورودی‌های چندوجهی (متن، گفتار و تصویر) پشتیبانی کرده و دارای حلقه بازخورد شخصی‌سازی شده است که مشکلات دانش‌آموز را ردیابی، سوابق یادگیری را به‌روزرسانی و وظایف تمرینی مناسب یا ویدئوهای آموزشی را پیشنهاد می‌کند.

ارزیابی این سیستم با دانش آموزان پایه نهم در ویتنام نتایج امیدوارکننده‌ای برای تأثیر آموزشی و کاربردپذیری گسترده‌تر نشان داده است. این رویکرد چندعاملی، تحولی در سیستم‌های معلم هوشمند محسوب می‌شود که با اختصاص نقش‌های آموزشی مشخص به هر عامل، شفافیت و قابلیت توضیح‌پذیری سیستم را افزایش می‌دهد.

۴-۲. تأثیر هوش مصنوعی بر عملکرد یادگیری

۴-۲-۱. بهبود عملکرد تحصیلی

پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی به طور معناداری عملکرد تحصیلی دانش آموزان را بهبود می‌بخشد. در مطالعه سونگ و همکاران (۲۰۲۵)، پس از استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، افزایش قابل توجهی در عملکرد کلی ریاضی و توانایی حل مسئله دانش آموزان مشاهده شد. همچنین در مطالعه سیستم ChatGPT-MPS، گروه آزمایش بهبود قابل توجه بیشتری در عملکرد پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل داشت.

تحلیل داده‌های حاصل از TALPer نشان داد که خودآموزی مبتنی بر ویدئو با پشتیبانی TALPer بیشترین پیشرفت یادگیری را به همراه داشت. این یافته نشان می‌دهد که ترکیب محتوای آموزشی با پشتیبانی هوش مصنوعی می‌تواند اثربخشی یادگیری را به حداکثر برساند.

۴-۲-۲. اثربخشی برای دانش آموزان با عملکرد پایین

یکی از یافته‌های مهم پژوهش‌ها، اثربخشی ویژه سیستم‌های هوش مصنوعی برای دانش آموزان با سطح عملکرد پایین است. در مطالعه TALPer، هر دو رویکرد خودآموزی و آموزش ترمیمی با پشتیبانی هوش مصنوعی به ویژه برای دانش آموزان با عملکرد پایین اثربخش بود. همچنین در مطالعه سیستم DAVE، نتایج نشان داد که این سیستم تأثیر قابل توجهی بر نتایج یادگیری دانش آموزان به ویژه برای دانش آموزان با مهارت ریاضی پایین‌تر دارد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری برای کاهش شکاف‌های یادگیری و ارتقای عدالت آموزشی عمل کند. دانش آموزانی که در محیط‌های سنتی با مشکلات بیشتری مواجه هستند، می‌توانند از پشتیبانی شخصی‌ساز هوش مصنوعی بهره‌مند شوند.

۴-۲-۳. افزایش انگیزه و نگرش مثبت

فراتر از بهبود عملکرد تحصیلی، سیستم‌های هوش مصنوعی تأثیر مثبتی بر انگیزه و نگرش دانش آموزان نسبت به ریاضی دارند. بازخورد دانش آموزان در مطالعه ChatGPT-MPS نشان‌دهنده افزایش علاقه، ارزش درک‌شده و انگیزه در هنگام تعامل با محیط یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی بود.

در مطالعه DAVE، دانش‌آموزان رضایت بالاتری از سیستم گزارش کردند و بر مفید بودن، توضیحات واضح و پشتیبانی شخصی ساز آن تأکید داشتند. همچنین در مطالعه ای در کره جنوبی، استفاده از مدل یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی در هر دو حوزه شناختی و عاطفی به طور معناداری بهبود ایجاد کرد که نشان می‌دهد این سیستم‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری مؤثر برای آموزش ریاضی در دوره ابتدایی عمل کنند.

۴-۳. چالش‌ها و محدودیت‌ها

۴-۳-۱. چالش‌های فنی و پیاده‌سازی

با وجود مزایای متعدد، پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی با چالش‌هایی همراه است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، محدودیت‌های بازخورد هوش مصنوعی است. پژوهشی با دانش‌آموزان دبیرستانی فنلاند نشان داد که راهنمایی برای روش‌های ریاضی مناسب با دشواری‌هایی همراه است. همچنین، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و آموزش معلمان برای اطمینان از اینکه هوش مصنوعی یادگیری را ترویج می‌کند نه صرفاً جستجوی پاسخ، از دیگر چالش‌هاست.

مسائل مربوط به شفافیت الگوریتمی، حریم خصوصی داده‌ها و هم‌ترازی بین کارکردهای هوش مصنوعی مولد و اصول طراحی آموزشی صحیح، از موانع کلیدی به شمار می‌روند. همچنین بسیاری از برنامه‌ها از نظر قابلیت اطمینان و اعتبار کاستی‌هایی دارند که کاربردپذیری عملی آنها را در محیط‌های کلاس درس واقعی محدود می‌کند.

۴-۳-۲. محدودیت‌های زمانی و مقیاس پژوهش

یکی از محدودیت‌های قابل توجه پژوهش‌های موجود، مدت زمان کوتاه مداخله است. در مطالعه TALPer، دوره مداخله تنها ۳ تا ۴ جلسه کلاسی به طول انجامید که ممکن است برای ثبت کامل تأثیر بلندمدت سیستم بر نتایج یادگیری دانش‌آموزان کافی نباشد. این مدت زمان کوتاه همچنین توانایی مشاهده اینکه آیا تعامل دانش‌آموزان با سیستم‌های هوش مصنوعی می‌تواند در طول زمان پایدار بماند را محدود کرده است.

علاوه بر این، بسیاری از پژوهش‌ها تنها بر یک واحد درسی خاص متمرکز بوده‌اند که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود می‌کند. نیاز به پژوهش‌های طولی با دوره‌های مداخله طولانی‌تر و پوشش محتوای گسترده‌تر احساس می‌شود.

۴-۳-۳. نگرانی‌های اخلاقی و حریم خصوصی

یافته‌های پژوهش‌ها نشان می‌دهد که علاوه بر مزایا، نگرانی‌هایی درباره مسائل فنی و حریم خصوصی اخلاقی نیز وجود دارد. در مطالعه کتاب‌های درسی دیجیتال ریاضی مبتنی بر هوش مصنوعی در کره جنوبی، چالش‌هایی از جمله نیاز به شفافیت الگوریتمی، توسعه اصول طراحی جهانی و راهنماهای روشن‌تر برای اخلاق داده‌ها در محیط‌های مدرسه شناسایی شد.

این نگرانی‌ها نشان می‌دهد که برای پیاده‌سازی موفق و پایدار هوش مصنوعی در آموزش، توجه همزمان به جنبه‌های فنی، آموزشی و اخلاقی ضروری است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱. جمع‌بندی یافته‌ها

پژوهش حاضر با مرور نظام‌مند پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه کاربرد هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش ریاضی پایه پنجم دبستان، نشان داد که سیستم‌های هوش مصنوعی با ارائه محتوای تطبیقی، بازخورد بلادرنگ و پشتیبانی شخصی‌ساز، نقش مهمی در بهبود عملکرد یادگیری، افزایش انگیزه و ارتقای تعامل دانش‌آموزان ایفا می‌کنند. یافته‌های پژوهش‌های بررسی‌شده از جمله TALPer، ChatGPT-MWPS، ChatGPT-MPS و سیستم چندعاملی تطبیقی همگی حاکی از تأثیر مثبت و معنادار این سیستم‌ها بر یادگیری ریاضی هستند.

یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، اثربخشی ویژه این سیستم‌ها برای دانش‌آموزان با عملکرد پایین است که نشان می‌دهد هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری برای کاهش شکاف‌های یادگیری و ارتقای عدالت آموزشی عمل کند. همچنین، ترکیب محتوای آموزشی سنتی (مانند ویدئوهای آموزشی) با پشتیبانی هوش مصنوعی، بیشترین اثربخشی را به همراه داشته است که بر اهمیت رویکرد تلفیقی تأکید دارد.

۵-۲. دلالت‌های نظری

یافته‌های این پژوهش با نظریه‌های سازنده‌گرایی و اجتماعی-فرهنگی همسویی دارد. سیستم‌های هوش مصنوعی با ارائه داربست‌های تطبیقی و بازخورد تعاملی، به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا دانش خود را به طور فعال بسازند و در فرآیند یادگیری عمیق‌تر درگیر شوند. گفت‌وگوی تعاملی با عوامل هوش مصنوعی نیز یادگیری مشارکتی و اجتماعی را شبیه‌سازی می‌کند که با اصول نظریه اجتماعی-فرهنگی ویگوتسکی همخوانی دارد.

پژوهش‌های مرور شده همچنین نشان می‌دهند که هوش مصنوعی نقش معلم را از انتقال‌دهنده دانش به طراح یادگیری و مشاور داده‌محور تغییر می‌دهد. این تحول در نقش معلم، نیازمند بازنگری در برنامه‌های تربیت معلم و توسعه شایستگی‌های دیجیتال آنان است.

۵-۳. دلالت‌های کاربردی

یافته‌های پژوهش حاضر دلالت‌های کاربردی مهمی برای طراحان سیستم‌های آموزشی، معلمان و سیاست‌گذاران آموزشی دارد:

۱. طراحی سیستم‌های یادگیری هوشمند: سیستم‌های هوش مصنوعی باید با اصول طراحی آموزشی صحیح و نیازهای خاص دانش‌آموزان دوره ابتدایی هم‌تراز باشند. توجه به قابلیت‌های چندوجهی (ورودی متنی، گفتاری و تصویری) می‌تواند دسترسی و کاربردپذیری سیستم را افزایش دهد.

۲. توسعه حرفه‌ای معلمان: معلمان برای استفاده مؤثر از سیستم‌های هوش مصنوعی نیاز به آموزش مناسب دارند. این آموزش باید شامل درک نحوه عملکرد سیستم‌ها، تفسیر داده‌های یادگیری و تلفیق هوش مصنوعی با روش‌های تدریس سنتی باشد.

۳. حفظ حریم خصوصی و اخلاق داده‌ها: پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی در مدارس باید با رعایت اصول شفافیت الگوریتمی، حریم خصوصی داده‌ها و توسعه راهنماهای روشن برای اخلاق داده‌ها همراه باشد.

۴. رویکرد تلفیقی: ترکیب محتوای آموزشی سنتی (مانند ویدئوها و کتاب‌های درسی) با پشتیبانی هوش مصنوعی، اثربخشی بیشتری نسبت به استفاده از هر یک به تنهایی دارد. بنابراین، رویکرد تلفیقی به عنوان بهترین راهبرد توصیه می‌شود.

۴-۵. محدودیت‌های پژوهش

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. نخست، به دلیل محدودیت منابع، بیشتر پژوهش‌های مرور شده از کشورهای تایوان، چین و کره جنوبی بودند که ممکن است تعمیم‌پذیری یافته‌ها را به سایر زمینه‌های فرهنگی و آموزشی محدود کند. دوم، دوره مداخله در بسیاری از پژوهش‌ها کوتاه بود و تأثیر بلندمدت سیستم‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است. سوم، تمرکز بیشتر پژوهش‌ها بر حل مسئله کلامی بود و جنبه‌های دیگر آموزش ریاضی مانند هندسه و آمار کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۵-۵. پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده

با توجه به یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش حاضر، پیشنهادات زیر برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌شود:

۱. پژوهش‌های طولی: انجام پژوهش‌های با دوره مداخله طولانی‌تر برای بررسی تأثیر بلندمدت سیستم‌های هوش مصنوعی بر یادگیری و پایداری تعامل دانش‌آموزان با این سیستم‌ها.

۲. پژوهش‌های فرافرهنگی: مقایسه اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی در زمینه‌های فرهنگی و آموزشی مختلف برای شناسایی عوامل زمینه‌ای مؤثر بر موفقیت این سیستم‌ها.

۳. پوشش محتوای گسترده‌تر: بررسی کاربرد هوش مصنوعی در سایر حوزه‌های ریاضی مانند هندسه، اندازه‌گیری و تحلیل داده‌ها.

۴. نقش معلم: پژوهش در مورد نقش معلم در محیط‌های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی و شناسایی بهترین شیوه‌های تلفیق هوش مصنوعی با روش‌های تدریس معلم‌محور.

۵. جنبه‌های اخلاقی: پژوهش در مورد چالش‌های اخلاقی و حریم خصوصی در استفاده از هوش مصنوعی در مدارس و توسعه چارچوب‌های اخلاقی مناسب.

هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری تحول‌آفرین، فرصت‌های بی‌سابقه‌ای برای شخصی‌سازی آموزش ریاضی در پایه پنجم دبستان فراهم آورده است. سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با ارائه محتوای تطبیقی، بازخورد بلادرنگ و پشتیبانی تعاملی، می‌توانند به طور مؤثری به تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان پاسخ دهند و یادگیری عمیق‌تر و پایدارتری را تسهیل کنند. با این حال، موفقیت این سیستم‌ها به طراحی آموزشی صحیح، آموزش معلمان، توجه به مسائل اخلاقی و رویکرد تلفیقی با روش‌های سنتی بستگی دارد.

پژوهش‌های مرور شده در این مقاله شواهد تجربی محکمی برای اثربخشی هوش مصنوعی در آموزش ریاضی ارائه می‌دهند، اما در عین حال بر نیاز به پژوهش‌های بیشتر در زمینه تأثیر بلندمدت، کاربرد در حوزه‌های مختلف ریاضی و پیاده‌سازی در زمینه‌های فرهنگی متنوع تأکید دارند. با توجه به سرعت پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی، انتظار می‌رود در سال‌های آینده شاهد ظهور سیستم‌های هوشمندتر، تعاملی‌تر و شخصی‌سازتر در آموزش ریاضی باشیم که می‌توانند تحولی اساسی در کیفیت یادگیری دانش‌آموزان ایجاد کنند.

منابع

Kuo, B. C., Bai, Z. E., & Lin, C. H. (۲۰۲۵). Developing an AI learning companion for mathematics problem solving in elementary schools. *Computers & Education*, ۱۰۵۲۳۱.

Liu, J., Keane, T., Sun, D., Yang, Y., & Yang, Y. (۲۰۲۵). Design and evaluation of ChatGPT-MWPS: an AI-enhanced learning system for improving primary students' mathematical word problem solving. *Smart Learning Environments*, ۱۲, ۶۸.

An analysis on the functions and educational implications of AI digital mathematics textbooks in Korean elementary schools. (۲۰۲۵). *Journal of the Korean Society of Mathematical Education*, ۶۴(۴), ۶۴۵-۶۶۹.

Liu, J., Sun, D., Sun, J., Wang, J., & Yu, P. L. H. (۲۰۲۵). Designing a generative AI enabled learning environment for mathematics word problem solving in primary schools: Learning performance, attitudes and interaction. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, ۹, ۱۰۰۴۳۸.

Le, Q. M., & Nguyen, H. D. (۲۰۲۵). Adaptive Multi-Agent Tutoring AI for Multimodal Mathematics Conversational Learning. In Proceedings of the ۲nd ACM Workshop in AI-powered Question & Answering Systems (AIQAM '۲۵). ACM.

Song, X., Mak, J., & Chen, H. (۲۰۲۵). Teachers and Learners' Perceptions about Implementation of AI Tools in Elementary Mathematics Classes. *SAGE Open*, ۱۵(۲).

A Study on Analyzing the Application Results of an AI-Enabled Mathematics Teaching and Learning Model for Lower Elementary Education. (۲۰۲۵). *Journal of the Korean Society of Information Education*, ۲۹(۵), ۵۳۷-۵۴۶

Spiteri, B. J., & Dingli, A. (۲۰۲۵). DAVE: integrating personalised AI tutoring for engaged learning. In *Media, arts & design anthology III*. University of Krems Press.