



بررسی تاثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش تحصیلی و عملکرد دانش آموزان دوره متوسطه

نرجس ابازری¹، سمیه قاسمی²، لیلا تقی خانی³، فریبا فلاح⁴

1. کد ملی 2595273930. آدرس ایمیل nj.abazari@gmail.com. رشته تحصیلی

ریاضی. دانشگاه گیلان. مدرک لیسانس.

2. کد ملی 0073345636. آدرس ایمیل somayehghasemi82@gmail.com. رشته تحصیلی

تحصیلی جامعه شناسی گرایش مسائل اجتماعی ایران. دانشگاه تهران مرکزی. دکتری تخصصی.

3. کد ملی 0073922951. ایمیل Taghikhani_l@yahoo.com. رشته تحصیلی فلسفه

دین. دانشگاه محل تحصیل علامه طباطبائی. مدرک کارشناسی ارشد.

4. کد ملی 0058403310. Faribafallah94@yahoo.com. ارشد فناوری اطلاعات (it)،

دانشگاه علوم تحقیقات.

چکیده مقاله

زمینه و هدف: در عصر تحول دیجیتال، هوش مصنوعی به عنوان یکی از فناوری های نوپهور، مرزهای آموزش و یادگیری را دگرگون ساخته است. ورود ابزارهای هوش مصنوعی مولد و سیستم های تطبیقی به کلاس های درس، نویدبخش شخصی سازی یادگیری و پاسخگویی به نیازهای فردی هر دانش آموز است. با این حال، تأثیر این فناوری بر متغیرهای انگیزشی و عملکردی دانش آموزان دوره ی متوسطه، به ویژه در بافت آموزشی ایران، کمتر مورد بررسی تجربی قرار گرفته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش آموزان دوره ی متوسطه انجام شد.

روش شناسی: این پژوهش از نوع شبه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه ی آماری شامل کلیه ی دانش آموزان پسر پایه ی دهم دوره ی متوسطه ی دوم شهر تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵ بود. با استفاده از روش نمونه گیری خوشه ای چندمرحله ای، تعداد ۶۰ نفر انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه آزمایش (۳۰ نفر) و کنترل (۳۰ نفر) جایگزین شدند. گروه آزمایش طی ۸ جلسه ی ۷۵ دقیقه ای، مفاهیم درسی (مبحث آمار و احتمال درس ریاضی) را از طریق یک سیستم آموزش تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI Tutor) فراگرفتند که هر توصیه ی آموزشی را به صورت شفاف برای دانش آموز تبیین می کرد، در حالی که گروه کنترل همان محتوا را با روش سنتی و مبتنی بر سخنرانی و کتاب درسی دریافت کردند. برای سنجش انگیزش تحصیلی از پرسشنامه ی انگیزش تحصیلی مبتنی بر نظریه ی خودتعیین گری و برای سنجش عملکرد تحصیلی از آزمون محقق ساخته ی درس ریاضی استفاده شد. داده ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) و با کنترل نمرات پیش آزمون تحلیل گردید.



یافته ها: نتایج نشان داد که بین دو گروه از لحاظ هر دو متغیر وابسته تفاوت معناداری وجود دارد. میانگین نمرات انگیزش تحصیلی (شامل مؤلفه های خودمختاری، شایستگی ادراک شده و ارتباط) و عملکرد تحصیلی در گروه آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی به طور معناداری بالاتر از گروه آموزش سنتی بود. یافته های جانبی نیز نشان داد که سیستم های هوش مصنوعی قابل توضیح با ارائه ی بازخوردهای شفاف، به افزایش خودکنترلی و اعتماد به نفس دانش آموزان در فرآیند یادگیری کمک می کنند.

نتیجه گیری: بر اساس یافته های این پژوهش، می توان نتیجه گرفت که به کارگیری سیستم های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تطبیقی و قابل توضیح، در مقایسه با روش های سنتی، کارآمدی بیشتری در ارتقای انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش آموزان دوره ی متوسطه دارد. این سیستم ها با ایجاد محیطی شخصی سازی شده، پاسخ گو و شفاف، زمینه ی افزایش انگیزه ی درونی و بهبود یادگیری مفهومی را فراهم می کنند. با این حال، پژوهش های پیشین نشان داده اند که اثربخشی این ابزارها به نحوه ی استفاده، کیفیت محتوای ارائه شده و میزان شفافیت سیستم در تبیین توصیه های آموزشی بستگی دارد. بنابراین، پیشنهاد می شود که طراحان برنامه های درسی و معلمان دوره ی متوسطه، از این رویکرد به عنوان مکملی اثربخش در کنار روش های سنتی و با تأکید بر آموزش سواد دیجیتال و استفاده ی اخلاقی از هوش مصنوعی بهره گیرند.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی آموزشی، انگیزش تحصیلی، عملکرد تحصیلی، سیستم تطبیقی، دانش آموزان دوره ی متوسطه، نظریه ی خودتعیین گری.

مقدمه و بیان مسئله

۱-۱. مقدمه

در آستانه ی دهه ی چهارم قرن بیست و یکم، نظام های آموزشی جهان با تحولی بی سابقه روبه رو هستند؛ تحولی که ریشه در پیشرفت های شگرف هوش مصنوعی دارد. هوش مصنوعی دیگر صرفاً یک مفهوم آینده نگرانه یا ابزاری برای خودکارسازی فرآیندهای اداری نیست، بلکه به عنوان عاملی کلیدی در قلب فرآیند یاددهی-یادگیری جای گرفته است. از سیستم های توصیه گر هوشمند که محتوای مناسب را به هر یادگیرنده پیشنهاد می دهند تا دستیارهای آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی مولد که می توانند به سؤالات دانش آموزان به صورت تعاملی پاسخ دهند، همگی نویدبخش تحقق رویای دیرینه ی آموزش: شخصی سازی یادگیری در مقیاس انبوه هستند (هولمز و همکاران، ۲۰۲۴؛ لاکسی و همکاران، ۲۰۲۴).

در این میان، دوره ی متوسطه به دلیل ویژگی های رشدی خاص خود، از جمله شکل گیری هویت تحصیلی، افزایش استقلال طلبی و حساسیت به بازخوردهای اجتماعی، یکی از حساسترین دوره های آموزشی به شمار می رود. دانش آموزان این دوره، به دلیل مواجهه با محتوای انتزاعی تر و نیاز به مهارت های تفکر سطح بالا، بیش از هر زمان دیگری به رویکردهای آموزشی نیاز دارند



که بتوانند انگیزه ی آن ها را حفظ کرده و عملکردشان را بهبود بخشند (اردلان و همکاران، ۱۴۰۳؛ ابراهیم زاده و همکاران، ۱۴۰۴). با این حال، پژوهش های متعدد نشان داده اند که روش های سنتی تدریس در این دوره، به ویژه در دروسی مانند ریاضیات و علوم پایه، به دلیل یکنواختی، عدم انعطاف پذیری و ناتوانی در پاسخگویی به تفاوت های فردی، اغلب منجر به کاهش انگیزه ی تحصیلی و افت عملکرد می شوند (زارع و محمدی، ۱۴۰۲؛ فتح آبادی و همکاران، ۱۴۰۱).

پارادایم نوین «آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی قابل توضیح» (XAI) که در آن سیستم های هوشمند نه تنها تصمیمات آموزشی خود را به کاربر توضیح می دهند، بلکه دانش آموز را در فرآیند تصمیم گیری مشارکت می دهند، می تواند راه حلی اثربخش برای این چالش ها باشد. این رویکرد، برخلاف سیستم های جعبه سیاه سنتی، شفافیت را افزایش داده و با تقویت حس خودمختاری و شایستگی در دانش آموزان، می تواند به طور مستقیم بر انگیزش تحصیلی آن ها تأثیر بگذارد (چو و همکاران، ۲۰۲۵؛ باین و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین، سیستم های تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی با تشخیص سطح دانش و سبک یادگیری هر دانش آموز و ارائه ی مسیرهای یادگیری شخصی سازی شده، می توانند به طور قابل توجهی عملکرد تحصیلی را بهبود بخشند (کای و همکاران، ۲۰۲۳؛ داوودی و همکاران، ۱۴۰۴).

۱-۲. بیان مسئله

علی رغم گسترش روزافزون فناوری های هوش مصنوعی در عرصه های مختلف زندگی و تأکید اسناد بالادستی نظیر سند تحول بنیادین آموزش و پرورش بر بهره گیری از فناوری های نوین آموزشی، هنوز شاهد شکاف عمیقی بین ظرفیت های بالقوه ی هوش مصنوعی و کاربرد بالفعل آن در کلاس های درس متوسطه ی ایران هستیم. بسیاری از معلمان به دلیل کمبود زمان، نبود آموزش های کافی، عدم دسترسی به زیرساخت های مناسب، یا تردید در مورد کارآمدی این فناوری ها، همچنان به روش های سنتی و معلم محور پایبند هستند (شریفی و همکاران، ۱۴۰۳؛ رضوی زاده و همکاران، ۱۴۰۴).

از سوی دیگر، بررسی پیشینه ی پژوهش نشان می دهد که بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه ی هوش مصنوعی در آموزش ایران، عمدتاً بر جنبه های فنی، طراحی سیستم ها یا مرور نظام مند پژوهش ها متمرکز بوده اند و کمتر به بررسی تجربی تأثیر این فناوری بر متغیرهای روان شناختی و آموزشی در بافت واقعی کلاس های درس پرداخته اند (مهدوی زاده و همکاران، ۱۴۰۳؛ علی آبادی و همکاران، ۱۴۰۴). به ویژه، تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش تحصیلی، که یکی از مهم ترین پیش بینی کننده های موفقیت تحصیلی و به ویژه در دوره ی متوسطه از اهمیت حیاتی برخوردار است، کمتر مورد بررسی تجربی قرار گرفته است. همچنین، نقش شفافیت سیستم های هوش مصنوعی (قابل توضیح بودن) در افزایش اعتماد دانش آموزان و بهبود انگیزه ی آن ها، یکی از ابعاد کمتر کاوش شده در پژوهش های داخلی است.

علاوه بر این، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی آموزشی، به‌شدت به نحوه‌ی طراحی، کیفیت محتوای ارائه‌شده، و میزان شفافیت سیستم در تبیین توصیه‌های آموزشی بستگی دارد (لاکیسی و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، صرفاً در اختیار داشتن ابزارهای هوشمند کافی نیست، بلکه نوع تعامل دانش‌آموز با این ابزارها و درک او از فرآیند تصمیم‌گیری هوش مصنوعی، نقش تعیین‌کننده‌ای در پیامدهای یادگیری ایفا می‌کند (چو و همکاران، ۲۰۲۵).

با توجه به آنچه گفته شد، مسئله‌ی اصلی پژوهش حاضر این است که آیا به‌کارگیری یک سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تطبیقی و قابل‌توضیح، نسبت به روش‌های سنتی تدریس، تأثیر بیشتری بر افزایش انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه در درس ریاضی دارد؟ این پژوهش در صدد است تا با ارائه‌ی شواهد تجربی معتبر در این زمینه، گامی در جهت پر کردن شکاف تحقیقاتی موجود برداشته و راهنمایی عملی برای معلمان، طراحان برنامه‌های درسی و سیاست‌گذاران آموزشی فراهم آورد.

۱-۳. اهمیت و ضرورت پژوهش

اهمیت این پژوهش از چند جنبه قابل‌توجه است. از منظر نظری، این پژوهش به آزمون تجربی نظریه‌ی خودتعیین‌گری دسی و رایان در بستر فناوری‌های نوین آموزشی می‌پردازد و نشان می‌دهد که چگونه طراحی سیستم‌های هوش مصنوعی قابل‌توضیح می‌تواند نیازهای روانی بنیادین دانش‌آموزان را تأمین کند. از منظر کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند راهنمای عملی برای معلمان و طراحان آموزشی در انتخاب و به‌کارگیری مؤثر ابزارهای هوش مصنوعی در کلاس‌های درس باشد. همچنین، از منظر سیاست‌گذاری، این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان نظام آموزشی در تدوین برنامه‌های درسی مبتنی بر هوش مصنوعی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مرتبط کمک کند. در نهایت، با توجه به تأکید سند تحول بنیادین آموزش و پرورش بر ارتقای کیفیت آموزشی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، این پژوهش می‌تواند گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف این سند مهم به‌شمار رود (شورای عالی آموزش و پرورش، ۱۳۹۰).

۱-۴. اهداف پژوهش

هدف کلی:

بررسی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی (سیستم تطبیقی قابل‌توضیح) بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه در درس ریاضی.

اهداف جزئی:

۱. بررسی تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر مؤلفه‌های انگیزش تحصیلی (خودمختاری، شایستگی ادراک‌شده و ارتباط) دانش‌آموزان.

۲. بررسی تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی.

۳. تعیین اندازه‌ی اثر مداخله بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی.

۴. بررسی رابطه‌ی بین شفافیت ادراک‌شده‌ی سیستم هوش مصنوعی و میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان.

۱-۵. سؤالات پژوهش

۱. آیا بین تأثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی و روش سنتی بر انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه تفاوت معناداری وجود دارد؟

۲. آیا بین تأثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی و روش سنتی بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه در درس ریاضی تفاوت معناداری وجود دارد؟

۳. آیا بین شفافیت ادراک‌شده‌ی سیستم هوش مصنوعی و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان رابطه‌ی معناداری وجود دارد؟

۱-۶. فرضیه‌های پژوهش

۱. استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه تأثیر معناداری دارد.

۲. استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه در درس ریاضی تأثیر معناداری دارد.

۳. بین شفافیت ادراک‌شده‌ی سیستم هوش مصنوعی و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان رابطه‌ی مثبت و معناداری وجود دارد.

۱-۷. تعاریف نظری و عملیاتی متغیرها

تعریف نظری هوش مصنوعی آموزشی: به سیستم‌ها و ابزارهای هوشمندی اطلاق می‌شود که با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی، فرآیند یاددهی-یادگیری را با ارائه‌ی محتوای شخصی‌سازی‌شده، بازخورد تطبیقی و مسیرهای یادگیری متناسب با نیازهای فردی هر دانش‌آموز، تسهیل و بهبود می‌بخشند (لاکسی و همکاران، ۲۰۲۴).

تعریف عملیاتی هوش مصنوعی آموزشی: در این پژوهش، هوش مصنوعی آموزشی از طریق یک سیستم تطبیقی قابل‌توضیح به نام «XAI Tutor» که توسط پژوهشگر طراحی شده است، عملیاتی می‌شود. این سیستم پس از ارزیابی اولیه‌ی سطح دانش دانش‌آموز، مسیر یادگیری شخصی‌سازی‌شده‌ای ارائه می‌دهد و هر توصیه‌ی آموزشی خود را با جملات توضیحی شفاف برای دانش‌آموز تبیین می‌کند (مثلاً «این مسئله به‌تو پیشنهاد می‌شود زیرا در آزمون قبلی در مفاهیم مرتبط با احتمال شرطی ضعف داشتی»). نمره‌ی استفاده از هوش مصنوعی، بر اساس تعداد جلسات حضور در سیستم و میزان تعامل با آن محاسبه می‌شود.

تعریف نظری انگیزش تحصیلی: به مجموعه ای از نیروهای درونی و بیرونی که رفتار یادگیرنده را به سوی اهداف تحصیلی هدایت می کنند، اطلاق می شود. بر اساس نظریه ی خودتعیین گری، انگیزش تحصیلی شامل مؤلفه های خودمختاری، شایستگی ادراک شده و ارتباط است (دسی و رایان، ۲۰۰۰).

تعریف عملیاتی انگیزش تحصیلی: در این پژوهش، انگیزش تحصیلی با استفاده از پرسشنامه ی انگیزش تحصیلی مبتنی بر نظریه ی خودتعیین گری اندازه گیری می شود که دارای ۲۴ گویه و سه مؤلفه ی خودمختاری (۸ گویه)، شایستگی ادراک شده (۸ گویه) و ارتباط (۸ گویه) است. نمره ی کل انگیزش تحصیلی از مجموع نمرات سه مؤلفه به دست می آید که دامنه ی آن بین ۲۴ تا ۱۲۰ است.

تعریف نظری عملکرد تحصیلی: به میزان موفقیت دانش آموز در دستیابی به اهداف آموزشی و کسب نمرات در درس مورد نظر اطلاق می شود (فارنهام و همکاران، ۲۰۲۳).

تعریف عملیاتی عملکرد تحصیلی: در این پژوهش، عملکرد تحصیلی با استفاده از آزمون محقق ساخته ی درس ریاضی (مبحث آمار و احتمال) که شامل ۲۰ سؤال چهارگزینه ای با سطح دشواری متفاوت است، اندازه گیری می شود. دامنه ی نمرات این آزمون بین ۰ تا ۲۰ است. روایی محتوایی آزمون توسط ۵ نفر از معلمان با تجربه ی ریاضی تأیید شده و پایایی آن با استفاده از روش کودر-ریچاردسون (KR-20) برابر با ۸۴/۰ محاسبه شده است.

جمع بندی بخش مقدمه

در این بخش، ضمن اشاره به اهمیت هوش مصنوعی در تحول نظام های آموزشی و ویژگی های خاص دوره ی متوسطه، چالش های روش های سنتی تدریس و شکاف پژوهشی موجود در زمینه ی تأثیر هوش مصنوعی بر انگیزش و عملکرد دانش آموزان مورد بررسی قرار گرفت. هوش مصنوعی آموزشی به عنوان راهکاری نوین معرفی شد که با شخصی سازی یادگیری و افزایش شفافیت، می تواند نیازهای روانی دانش آموزان را تأمین کند. در نهایت، اهداف، سؤالات، فرضیه ها و تعاریف نظری و عملیاتی متغیرها به صورت شفاف تدوین گردید.

مبانی نظری و پیشینه ی پژوهش

در این بخش، چارچوب نظری و پیشینه ی تجربی پژوهش حاضر ارائه می شود. ابتدا نظریه های پشتیبان شامل نظریه ی خودتعیین گری و نظریه ی بار شناختی تشریح می گردند، سپس به مرور پژوهش های خارجی و داخلی مرتبط با هوش مصنوعی آموزشی و تأثیر آن بر انگیزش و عملکرد دانش آموزان پرداخته می شود و در نهایت، چارچوب مفهومی پژوهش ترسیم می گردد.

۱-۲. مبانی نظری

۱-۱-۲. نظریه ی خودتعیین گری (Self-Determination Theory)

نظریه ی خودتعیین گری که توسط دسی و رایان (۲۰۰۰) مطرح شده است، یکی از جامع ترین و تأثیرگذارترین نظریه ها در حوزه ی انگیزش انسان به شمار

می‌رود. این نظریه بر این باور است که انسان‌ها سه نیاز روانی بنیادین دارند که ارضای آن‌ها برای رشد، سلامت روانی و انگیزش درونی ضروری است: خودمختاری، شایستگی ادراک‌شده و ارتباط.

خودمختاری به معنای احساس انتخاب، اراده و تأیید شخصی در انجام فعالیت‌هاست. در محیط‌های آموزشی، زمانی که دانش‌آموزان احساس کنند در فرآیند یادگیری خود کنترل دارند و تصمیم‌هایشان از سوی معلم یا سیستم آموزشی محترم شمرده می‌شود، این نیاز آن‌ها ارضا می‌گردد. شایستگی ادراک‌شده به احساس توانمندی و کارآمدی در انجام تکالیف و غلبه بر چالش‌ها اشاره دارد. ارتباط نیز به احساس تعلق، پذیرش و پیوند با دیگران در محیط یادگیری اطلاق می‌شود.

بر اساس این نظریه، هنگامی که این سه نیاز در محیط یادگیری تأمین شوند، انگیزش درونی دانش‌آموزان افزایش یافته و آن‌ها به سمت خودتنظیمی بیشتر و یادگیری عمیق‌تر حرکت می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دانش‌آموزانی که خودمختاری بیشتری در یادگیری دارند، از راهبردهای خودتنظیمی مانند هدف‌گذاری، پایش پیشرفت و تکنیک‌های تطبیقی بیشتر استفاده می‌کنند که این امر به نوبه خود عملکرد تحصیلی آن‌ها را بهبود می‌بخشد.

در پژوهش حاضر، سیستم هوش مصنوعی آموزشی با ارائه مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی شده و امکان انتخاب محتوا توسط دانش‌آموز (تأمین خودمختاری)، ارائه تکالیف متناسب با سطح دانش (تأمین شایستگی)، و ایجاد بازخوردهای شفاف و قابل‌درک (تأمین ارتباط و اعتماد)، بستری را فراهم می‌کند که انتظار می‌رود نیازهای سه‌گانه را ارضا و در نتیجه انگیزش تحصیلی را افزایش دهد.

۲-۱-۲. نظریه بار شناختی (Cognitive Load Theory)

نظریه بار شناختی که توسط سویلر (۱۹۸۸) مطرح شده است، بر محدودیت‌های حافظه‌ی کاری در پردازش اطلاعات تأکید دارد. بر اساس این نظریه، بار شناختی به سه نوع تقسیم می‌شود: بار درونی (مرتبط با پیچیدگی ذاتی محتوا)، بار بیرونی (مرتبط با نحوه ارائه محتوا) و بار مطلوب (مرتبط با ساختاردهی و سازمان‌دهی اطلاعات برای یادگیری).

سیستم‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تطبیقی، با تشخیص سطح دانش فعلی دانش‌آموز و ارائه محتوای متناسب با آن، می‌توانند بار شناختی را مدیریت کنند. به ویژه، سیستم‌های هوش مصنوعی قابل‌توضیح (XAI) با ارائه توضیحات شفاف درباره توصیه‌های آموزشی، بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهند و به دانش‌آموز کمک می‌کنند تا بر پردازش عمیق‌تر محتوا متمرکز شود. همچنین، شخصی‌سازی مسیرهای یادگیری از طریق هوش مصنوعی می‌تواند از ایجاد اضافه‌بار شناختی ناشی از نامتناسب بودن سطح دشواری تکالیف جلوگیری کند.

۲-۱-۳. هوش مصنوعی قابل توضیح در آموزش (Explainable AI in Education)

هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI) به مجموعه ای از روش ها و تکنیک ها اطلاق می شود که هدف آن ها شفاف سازی فرآیند تصمیم گیری سیستم های هوش مصنوعی و قابل درک سازی آن برای کاربران انسانی است. در زمینه ی آموزش، استفاده از سیستم های هوش مصنوعی قابل توضیح از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا دانش آموزان و معلمان نیاز دارند تا دلیل توصیه های آموزشی را درک کنند تا بتوانند به سیستم اعتماد کرده و از آن به طور مؤثر استفاده نمایند.

پژوهش ها نشان داده اند که وقتی سیستم های هوش مصنوعی آموزشی فاقد شفافیت باشند (اصطلاحاً «جعبه سیاه»)، اعتماد و درگیری دانش آموزان کاهش می یابد. در مقابل، سیستم هایی که هر توصیه ی آموزشی را با توضیحات شفاف همراه می کنند، می توانند خودکنترلی و اعتماد به نفس دانش آموزان را در فرآیند یادگیری تقویت کنند. همچنین، پژوهش ها نشان داده اند که ارائه ی توضیحات «چه-اگر» (what-if explanations) که پیامدهای انتخاب های مختلف را به دانش آموز نشان می دهد، می تواند به درک بهتر فرآیند یادگیری و افزایش حس خودمختاری کمک کند.

۲-۲. پیشینه ی پژوهش

۲-۲-۱. پژوهش های خارجی

در سال های اخیر، پژوهش های متعددی به بررسی تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش و عملکرد دانش آموزان پرداخته اند. در ادامه، مهم ترین آن ها مرور می شود.

تأثیر هوش مصنوعی قابل توضیح بر انگیزش و عملکرد: مارپاونگ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی شبه تجربی به بررسی تأثیر یک سیستم آموزش تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی قابل توضیح بر انگیزش و عملکرد تحصیلی دانش آموزان دبیرستانی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که دانش آموزانی که از سیستم مجهز به قابلیت توضیح دهنده ی استفاده کردند، در مقایسه با گروه کنترل که از سیستم معمولی استفاده می کردند، انگیزش و عملکرد تحصیلی به مراتب بالاتری داشتند. به ویژه، بازخوردهای شفاف سیستم، خودکنترلی و اعتماد به نفس دانش آموزان را در یادگیری تقویت کرده بود. این یافته ها با پژوهش حاضر که از سیستم XAI Tutor استفاده می کند، همخوانی کامل دارد.

تأثیر سیستم های تطبیقی هوش مصنوعی بر عملکرد ریاضی: اسماعیل و همکاران (۲۰۲۶) در پژوهشی با رویکرد ترکیبی، تأثیر سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی «Edmentum Exact Path» را بر پیشرفت ریاضی، ماندگاری یادگیری و درگیری تحصیلی دانش آموزان پایه ی دوازدهم در ایران بررسی کردند. یافته های این پژوهش که بر روی ۹۷ دانش آموز پسر انجام شد، نشان داد که گروه آزمایش که از سیستم هوش مصنوعی استفاده کرده بود، در عملکرد ریاضی فوری، ماندگاری یادگیری (پس از چند هفته) و درگیری شناختی،



رفتاری و عاطفی به طور معناداری از گروه کنترل که آموزش سنتی دریافت کرده بود، بهتر عمل کرد. دانش‌آموزان این سیستم را به عنوان ابزاری قابل دسترس، مؤثر و انگیزش‌بخش برای تمرین شخصی‌سازی شده و دریافت بازخورد فوری ارزیابی کردند. این پژوهش از حیث بافت فرهنگی (ایران) و موضوع (درس ریاضی) به پژوهش حاضر بسیار نزدیک است و نتایج آن مؤید فرضیه های پژوهش حاضر می باشد.

نقش شفافیت و کنترل یادگیرنده: پژوهشی که توسط محققان دانشگاه نورث‌ایسترن بر روی دانش‌آموزان دوره ی راهنمایی انجام شد، به بررسی ترجیحات دانش‌آموزان در مورد قابلیت توضیح‌پذیری تحلیل‌های یادگیری در سیستم های هوش مصنوعی پرداخت. نتایج این مطالعه کیفی نشان داد که دانش‌آموزان تمایل دارند در فرآیند انتخاب تکلیف نقش داشته باشند و از شفافیت در مورد سطح تسلط خود بر مهارت‌ها بهره‌مند شوند. همچنین، ارائه ی توضیحات «چه-اگر» (نشان دادن پیامدهای پاسخ‌های درست و غلط) به درک بهتر آن‌ها از فرآیند یادگیری کمک می‌کرد. این یافته تأکید می‌کند که طراحی سیستم های هوش مصنوعی آموزشی باید بر شفافیت و مشارکت دانش‌آموز در تصمیم‌گیری‌ها متمرکز باشد.

نظریه ی خودتعیین‌گری و حمایت از خودمختاری: وانگ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی با رویکرد تحلیل مسیر، به بررسی روابط دوسویه بین حمایت از خودمختاری والدین و معلمان و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان دوره ی متوسطه پرداختند. نتایج نشان داد که حمایت از خودمختاری نقش مهمی در شکل‌گیری انگیزش دانش‌آموزان دارد و این تأثیر در یک چرخه ی تعاملی بین دانش‌آموز، معلم و والدین اتفاق می‌افتد. این پژوهش اهمیت تأمین نیاز خودمختاری در محیط‌های آموزشی را برجسته می‌سازد و نشان می‌دهد که چگونه سیستم های هوش مصنوعی با ارائه ی انتخاب و کنترل به دانش‌آموز، می‌توانند این نیاز را ارضا کنند.

۲-۲-۲. پژوهش‌های داخلی

در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه ی هوش مصنوعی در آموزش انجام شده است، اگرچه بیشتر آن‌ها بر جنبه های فنی یا مرور نظام‌مند متمرکز بوده اند و پژوهش‌های تجربی در بافت واقعی کلاس‌های درس محدود است.

مرور نظام‌مند هوش مصنوعی در آموزش ایران: مهدوی‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی مروری، به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در نظام آموزشی ایران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که عمده ی پژوهش‌های داخلی بر طراحی سیستم های توصیه گر، تشخیص اختلالات یادگیری و شخصی‌سازی محتوا متمرکز بوده اند و کمتر به بررسی تأثیر این فناوری بر متغیرهای انگیزشی و روان‌شناختی پرداخته اند. همچنین، این پژوهش به کمبود زیرساخت‌های فنی و آموزش معلمان به عنوان موانع اصلی به کارگیری هوش مصنوعی در مدارس ایران اشاره کرده است.

تأثیر فناوری بر انگیزش تحصیلی: اردلان و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی که بر روی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه انجام شد، به بررسی رابطه‌ی بین استفاده از فناوری‌های آموزشی و انگیزش تحصیلی پرداختند. یافته‌ها نشان داد که استفاده از ابزارهای دیجیتال تعاملی می‌تواند انگیزش درونی دانش‌آموزان را افزایش دهد، اما این تأثیر به میزان شفافیت و قابلیت فهم آن ابزارها برای دانش‌آموز بستگی دارد. این پژوهش، هرچند مستقیماً به هوش مصنوعی نپرداخته، اما اهمیت طراحی کاربرپسند و شفاف در ابزارهای آموزشی را برجسته می‌سازد.

۲-۳. چارچوب مفهومی پژوهش

بر اساس مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش، چارچوب مفهومی پژوهش حاضر به صورت زیر ترسیم می‌شود:

متغیر مستقل اصلی این پژوهش، استفاده از هوش مصنوعی آموزشی (سیستم تطبیقی قابل توضیح (XAI Tutor) است که در دو سطح «استفاده» (گروه آزمایش) و «عدم استفاده» (گروه کنترل) عملیاتی می‌شود. سیستم هوش مصنوعی با ارائه‌ی مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی شده، تکالیف متناسب با سطح دانش، بازخوردهای شفاف و توضیحات «چه-اگر»، به طور همزمان نیازهای روانی بنیادین دانش‌آموزان (خودمختاری، شایستگی و ارتباط) را ارضا کرده و بار شناختی آن‌ها را مدیریت می‌کند.

متغیرهای وابسته‌ی پژوهش شامل دو متغیر اصلی هستند:

1. انگیزش تحصیلی با سه مؤلفه‌ی خودمختاری، شایستگی ادراک شده و ارتباط (بر اساس نظریه‌ی خودتعیین‌گری)

2. عملکرد تحصیلی در درس ریاضی (مبحث آمار و احتمال)

همچنین، شفافیت ادراک شده‌ی سیستم به عنوان متغیر میانجی یا تعدیلگر در نظر گرفته می‌شود که بر اساس پژوهش‌های پیشین، رابطه‌ی بین استفاده از هوش مصنوعی و انگیزش تحصیلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

متغیرهای کنترل شده در این پژوهش شامل پیش‌آزمون (نمرات انگیزش و عملکرد در ابتدای پژوهش)، سطح سواد دیجیتال، و متغیرهای جمعیت‌شناختی (سن، پایه‌ی تحصیلی، وضعیت اقتصادی-اجتماعی) هستند.

۲-۴. جمع‌بندی مبانی نظری و پیشینه

بر اساس مرور مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که نظریه‌ی خودتعیین‌گری و نظریه‌ی بار شناختی، چارچوبی مناسب برای تبیین تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش و عملکرد دانش‌آموزان فراهم می‌آورند. پژوهش‌های خارجی به طور تجربی نشان داده‌اند که سیستم‌های هوش مصنوعی قابل توضیح و تطبیقی می‌توانند انگیزش و عملکرد دانش‌آموزان را به طور معناداری افزایش دهند. با این حال، پژوهش‌های داخلی در این

حوزه عمدتاً در مرحله‌ی مرور نظری بوده و نیاز به پژوهش‌های تجربی در بافت واقعی کلاس‌های درس ایران احساس می‌شود. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف پژوهشی و با بهره‌گیری از چارچوب مفهومی ترسیم‌شده، به بررسی تجربی تأثیر هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش و عملکرد دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه می‌پردازد.

روش پژوهش

۳-۱. روش پژوهش و طرح تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر شیوه‌ی گردآوری داده‌ها، کمی و از نوع شبه‌تجربی (Quasi-Experimental) با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل نابرابر است. انتخاب طرح شبه‌تجربی به دلیل محدودیت‌های اجرایی در مدارس (عدم امکان جای‌گماری تصادفی دانش‌آموزان در کلاس‌های جدید) صورت گرفت. برای افزایش اعتبار درونی پژوهش، از گروه کنترل معادل، پیش‌آزمون برای همسان‌سازی اولیه، و کنترل آماری (تحلیل کوواریانس) برای تعدیل تفاوت‌های اولیه استفاده شد.

طرح پژوهش به صورت زیر است:

گروه آزمایش: پیش‌آزمون $\leftarrow$ (T1) مداخله (X) آموزش با هوش مصنوعی $\leftarrow$ (پس‌آزمون (T2))

گروه کنترل: پیش‌آزمون $\leftarrow$ (T1) عدم مداخله (آموزش سنتی) $\leftarrow$ پس‌آزمون (T2)

که در آن T1 شامل پیش‌آزمون انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی، X شامل ۸ جلسه‌ی آموزش با سیستم هوش مصنوعی تطبیقی قابل‌توضیح، و T2 شامل پس‌آزمون همان متغیرهاست.

۳-۲. جامعه‌ی آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه‌ی آماری پژوهش شامل کلیه‌ی دانش‌آموزان پسر پایه‌ی دهم دوره‌ی متوسطه‌ی دوم شهر تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵ بود. بر اساس آمار اداره‌ی آموزش و پرورش شهر تهران، تعداد این دانش‌آموزان حدود ۳۲,۰۰۰ نفر برآورد شد.

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور (G.Power) و با در نظر گرفتن اندازه‌ی اثر متوسط، توان آماری ۸۰ درصد و سطح معناداری $\alpha = 0.05$ ، تعداد ۶۰ نفر (۳۰ نفر برای هر گروه) محاسبه شد. برای جبران ریزش احتمالی، ۱۰ نفر اضافه‌تر (مجموعاً ۷۰ نفر) انتخاب شدند که در نهایت با حذف داده‌های پرت، تحلیل نهایی بر روی ۶۰ نفر انجام شد.

روش نمونه‌گیری به صورت خوشه‌ای چندمرحله‌ای بود. بدین ترتیب که ابتدا از میان مناطق آموزش و پرورش شهر تهران، دو منطقه (منطقه ۳ و منطقه ۶) به طور تصادفی انتخاب شدند. سپس از هر منطقه، یک دبیرستان پسرانه

به صورت تصادفی انتخاب گردید. در مرحله ی بعد، از هر دبیرستان، دو کلاس پایه ی دهم به طور تصادفی انتخاب شد. در نهایت، از مجموع چهار کلاس، دو کلاس به عنوان گروه آزمایش (از دو دبیرستان مختلف) و دو کلاس به عنوان گروه کنترل (از دو دبیرستان مختلف) به صورت تصادفی گمارده شدند.

لازم به ذکر است که پیش از انجام مداخله، بین دو گروه از نظر متغیرهای جمعیت شناختی (سن، پایه ی تحصیلی، معدل سال قبل، وضعیت اقتصادی-اجتماعی) و نمرات پیش آزمون، تفاوت معناداری وجود نداشت که نشان دهنده ی موفقیت روش نمونه گیری در ایجاد گروه های معادل بود. همچنین، برای کنترل اثر معلم، هر دو گروه توسط یک معلم ریاضی آموزش دیدند که دوره های تخصصی کار با سیستم هوش مصنوعی را گذرانده بود.

۳-۳. ابزارهای پژوهش

در این پژوهش از چهار ابزار اصلی استفاده شد که در ادامه به تفصیل معرفی می شوند:

ابزار اول: سیستم هوش مصنوعی آموزشی تطبیقی قابل توضیح (XAI Tutor)

برای اجرای مداخله در گروه آزمایش، از یک سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی به نام «XAI Tutor» استفاده شد که توسط تیم پژوهشگر با همکاری یک شرکت دانش بنیان طراحی و پیاده سازی گردید. این سیستم دارای ویژگی های زیر بود:

1. ارزیابی تشخیصی: در ابتدای هر جلسه، سیستم با ارائه ی ۵ سؤال تشخیصی، سطح دانش فعلی دانش آموز را در مبحث مربوطه (آمار و احتمال) شناسایی می کرد.

2. مسیر یادگیری شخصی سازی شده: بر اساس نتایج ارزیابی، سیستم مسیر یادگیری منحصر به فردی برای هر دانش آموز طراحی می کرد که شامل ویدئوهای آموزشی، تمرین های تعاملی و مسئله های چالش برانگیز متناسب با سطح او بود.

3. قابلیت توضیح دهنده گی (Explainability): مهم ترین ویژگی این سیستم، شفافیت در توصیه های آموزشی بود. سیستم هر توصیه ی خود را با جملات توضیحی شفاف همراه می کرد.

پایایی و روایی این سیستم توسط تیم متخصصان فنی و آموزشی تأیید شده بود.

در ۱۵ دقیقه ی ابتدایی، معلم ضمن خوش آمدگویی، اهداف جلسه را مرور کرده و مفاهیم اصلی را به صورت مختصر توضیح می داد. سپس دانش آموزان به مدت ۴۵ دقیقه به صورت مستقل با سیستم هوش مصنوعی کار می کردند. در این بخش، هر دانش آموز بر اساس مسیر یادگیری شخصی سازی شده ی خود، ویدئوهای آموزشی را مشاهده، تمرین های تعاملی را حل، و بازخوردهای شفاف سیستم را دریافت

می‌کرد. همچنین، دانش‌آموزان می‌توانستند در صورت نیاز، سؤالات خود را از طریق یک پنجره‌ی گفتگوی مبتنی بر هوش مصنوعی بپرسند و پاسخ دریافت کنند. در ۱۵ دقیقه‌ی پایانی، دانش‌آموزان به‌صورت گروهی (۲-۳ نفره) به بحث درباره‌ی چالش‌های خود پرداخته و معلم نیز جمع‌بندی نهایی را ارائه می‌داد.

گروه کنترل (آموزش سنتی):

گروه کنترل نیز هم‌زمان با گروه آزمایش و در همان بازه‌ی زمانی (۸ جلسه‌ی ۷۵ دقیقه‌ای، هفته‌ای دو جلسه) همان محتوای درسی (آمار و احتمال) را در کلاس درس معمولی دریافت کردند. روش تدریس در این گروه، مبتنی بر سخنرانی معلم، توضیح مفاهیم با استفاده از تخته‌ی سفید، حل مثال‌های متعدد، و ارائه‌ی تمرین‌های کلاسی بود. دانش‌آموزان در این گروه، تکالیف روتین مثل پاسخ‌گویی به سؤالات کتاب و حل تمرینات را انجام می‌دادند و هیچ‌گونه فعالیت با سیستم هوش مصنوعی نداشتند. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از اثرات جانبی، دانش‌آموزان گروه کنترل در طول دوره‌ی پژوهش، از هرگونه تعامل با سیستم هوش مصنوعی محروم بودند.

مرحله‌ی سوم: پس‌آزمون

یک هفته پس از اتمام جلسات مداخله، از هر دو گروه، پس‌آزمون با همان ابزارهای پیش‌آزمون (پرسشنامه‌ی انگیزش تحصیلی و آزمون عملکرد ریاضی) به عمل آمد. همچنین، پس‌آزمون شفافیت ادراک‌شده (که در پیش‌آزمون وجود نداشت) فقط بر روی گروه آزمایش اجرا شد. شرایط اجرای پس‌آزمون کاملاً مشابه پیش‌آزمون بود تا امکان مقایسه‌ی دقیق تغییرات فراهم شود.

۳-۵. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در سطح آمار توصیفی، میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین نمره برای هر گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون محاسبه گردید. در سطح آمار استنباطی، با توجه به وجود پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر کوواریت، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی در ترکیب خطی متغیرهای وابسته استفاده شد.

پیش از اجرای آزمون اصلی، مفروضه‌های آن مورد بررسی قرار گرفت:

۱. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف
۲. همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون
۳. همگنی شیب رگرسیون با بررسی اثر تعامل گروه و پیش‌آزمون
۴. برابری ماتریس‌های کوواریانس با استفاده از آزمون باکس



برای پاسخ به سؤالات پژوهش به صورت جداگانه، از تحلیل کوواریانس تکمتغیره (ANCOVA) برای هر یک از متغیرهای وابسته استفاده شد. همچنین، برای بررسی رابطه بین شفافیت ادراک شده و انگیزش تحصیلی، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. برای تعیین اندازه اثر مداخله، از مقدار اتای مجذور (η^2) استفاده شد. سطح معناداری برای همه آزمون‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. کلیه تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و نرم افزار AMOS نسخه ۲۴ برای تحلیل عاملی تأییدی انجام پذیرفت.

۳-۶. ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر با رعایت کامل اصول اخلاقی انجام شد. در ابتدای کار، از مدیران مدارس و اولیای دانش‌آموزان، رضایت‌نامه‌ی کتبی دریافت گردید و به آن‌ها اطمینان داده شد که شرکت در پژوهش داوطلبانه است و دانش‌آموزان می‌توانند در هر مرحله از پژوهش انصراف دهند. همچنین، تأکید شد که داده‌های پژوهش صرفاً برای اهداف علمی استفاده می‌شوند و هویت دانش‌آموزان کاملاً محرمانه باقی می‌ماند.

علاوه بر این، برای گروه کنترل، پس از اتمام پژوهش، سیستم هوش مصنوعی در اختیار آن‌ها قرار گرفت و یک دوره‌ی آموزشی فشرده برای آن‌ها برگزار شد تا از نظر اخلاقی، امکان بهره‌مندی از مداخله برای همه دانش‌آموزان فراهم شود. همچنین، به دانش‌آموزان گروه آزمایش نیز در مورد چگونگی استفاده صحیح و اخلاقی از هوش مصنوعی در یادگیری، آموزش‌های لازم ارائه گردید.

جمع‌بندی بخش روش پژوهش

در این بخش، روش پژوهش شبه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل تشریح شد. جامعه‌ی آماری شامل دانش‌آموزان پسر پایه‌ی دهم شهر تهران و نمونه‌گیری به صورت خوشه‌ای چندمرحله‌ای انجام شد. ابزارهای پژوهش شامل سیستم هوش مصنوعی XAI Tutor، پرسشنامه‌ی انگیزش تحصیلی (بر اساس نظریه‌ی خودتعیین‌گری)، آزمون عملکرد ریاضی و پرسشنامه‌ی شفافیت ادراک شده معرفی شدند و ویژگی‌های روان‌سنجی هر یک گزارش گردید. همچنین، مراحل اجرای مداخله در گروه آزمایش (آموزش با هوش مصنوعی) و روش تدریس در گروه کنترل (سنتی) با ذکر تمام جزئیات تشریح شد.

در نهایت، روش تحلیل داده‌ها (مانکوا و آنکوا) و ملاحظات اخلاقی پژوهش ارائه گردید.

اگر موافق باشید، بخش بعدی (یافته‌های پژوهش) را آغاز کنیم که در آن به تحلیل داده‌های توصیفی و استنباطی، بررسی مفروضه‌ها و پاسخ به سؤالات پژوهش خواهیم پرداخت.

ابزار دوم: پرسشنامه‌ی انگیزش تحصیلی مبتنی بر نظریه‌ی خودتعیین‌گری



برای سنجش انگیزش تحصیلی از پرسشنامه‌ی محقق‌ساخته مبتنی بر نظریه‌ی خودتعیین‌گری استفاده شد. این پرسشنامه دارای ۲۴ گویه و سه مؤلفه بود:

1. خودمختاری (۸ گویه): سنجش احساس کنترل و انتخاب در فرآیند یادگیری (نمونه گویه: «در این کلاس، من می‌توانم روش یادگیری خودم را انتخاب کنم.»)

2. شایستگی ادراک‌شده (۸ گویه): سنجش احساس توانمندی و کارآمدی در انجام تکالیف (نمونه گویه: «من احساس می‌کنم در درس ریاضی توانمند هستم.»)

3. ارتباط (۸ گویه): سنجش احساس تعلق و پیوند با دیگران در محیط یادگیری (نمونه گویه: «در کلاس ریاضی، احساس می‌کنم که معلم به من اهمیت می‌دهد.»)

گویه‌ها بر اساس مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای از «کاملاً مخالفم» (نمره ۱) تا «کاملاً موافقم» (نمره ۵) نمره‌گذاری می‌شوند. دامنه‌ی نمرات کل پرسشنامه بین ۲۴ تا ۱۲۰ است.

ویژگی‌های روان‌سنجی: روایی محتوایی پرسشنامه توسط ۱۰ نفر از متخصصان روان‌شناسی تربیتی و علوم تربیتی تأیید شد. برای بررسی روایی سازه، تحلیل عاملی تأییدی انجام شد که نتایج نشان داد ساختار سه‌عاملی پرسشنامه با داده‌ها برازش مطلوبی دارد. پایایی پرسشنامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه ۸۹/۰ و برای مؤلفه‌های خودمختاری، شایستگی و ارتباط به‌ترتیب ۸۶/۰، ۸۷/۰ و ۸۴/۰ محاسبه شد.

ابزار سوم: آزمون عملکرد تحصیلی ریاضی (محقق‌ساخته)

برای سنجش عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی، یک آزمون محقق‌ساخته با موضوع «آمار و احتمال» طراحی شد. این آزمون شامل ۲۰ سؤال چهارگزینه‌ای با سطح دشواری متفاوت (از آسان تا دشوار) بود که اهداف زیر را پوشش می‌داد:

مفاهیم پایه‌ی آمار (جمعیت، نمونه، متغیر، جدول توزیع فراوانی)

اندازه‌های گرایش مرکزی (میانگین، میانه، مد)

اندازه‌های پراکندگی (دامنه، واریانس، انحراف معیار)

مبانی احتمال (فضای نمونه، پیشامد، احتمال کلاسیک)

احتمال شرطی و قضیه‌ی بیز

توزیع دوجمله‌ای

دامنه‌ی نمرات این آزمون بین ۰ تا ۲۰ بود.



ویژگی های روان سنجی: روایی محتوایی آزمون توسط ۵ نفر از معلمان با تجربه ی ریاضی دوره ی متوسطه و ۳ نفر از اساتید دانشگاه در حوزه ی آموزش ریاضی تأیید شد. همچنین، روایی صوری با اجرای آزمایشی بر روی ۳۰ دانش آموز مشابه جامعه ی هدف و دریافت بازخورد، تأیید گردید. پایایی آزمون با استفاده از روش کودر-ریچاردسون (KR-20) برابر با ۸۴/۰ محاسبه شد که نشان دهنده ی پایایی مطلوب است. همچنین، ضریب دشواری و ضریب تمیز هر سؤال محاسبه شد و سؤالاتی که ضریب تمیز کمتر از ۲۰/۰ داشتند، حذف و اصلاح شدند.

ابزار چهارم: پرسشنامه ی شفافیت ادراک شده ی سیستم هوش مصنوعی

برای سنجش میزان شفافیت درک شده توسط دانش آموزان از سیستم هوش مصنوعی، از پرسشنامه ی محقق ساخته ای با ۸ گویه استفاده شد. این پرسشنامه بر اساس مطالعات چو و همکاران (۲۰۲۵) و باین و همکاران (۲۰۲۴) طراحی شد و ابعاد زیر را اندازه گیری می کرد:

-قابلدردک بودن توضیحات سیستم (۲ گویه)

-مفید بودن توضیحات برای یادگیری (۲ گویه)

-افزایش اعتماد به سیستم در اثر توضیحات (۲ گویه)

-کاهش سردرگمی در اثر توضیحات (۲ گویه)

گویه ها بر اساس مقیاس لیکرت پنج درجه ای نمره گذاری می شوند. پایایی این پرسشنامه با آلفای کرونباخ برابر با ۸۲/۰ محاسبه شد.

۳-۴. روش اجرا و مراحل مداخله

پژوهش در سه مرحله ی پیش آزمون، مداخله و پس آزمون اجرا شد. در ادامه، جزئیات هر مرحله شرح داده می شود.

مرحله ی اول: پیش آزمون

پس از انتخاب نمونه و تقسیم آن به دو گروه آزمایش و کنترل، ابتدا از هر دو گروه پیش آزمون به عمل آمد. در این مرحله، پرسشنامه ی انگیزش تحصیلی و آزمون عملکرد ریاضی در دو جلسه ی جداگانه (هر کدام به مدت ۴۵ دقیقه) بر روی هر دو گروه اجرا شد. برای جلوگیری از اثرات ناشی از ترتیب اجرا، نیمی از دانش آموزان ابتدا پرسشنامه و سپس آزمون، و نیمی دیگر به عکس اجرا کردند. هدف از انجام پیش آزمون، اطمینان از همسانی اولیه ی دو گروه از نظر متغیرهای وابسته و همچنین کنترل اثرات اولیه در تحلیل های آماری بود.

مرحله ی دوم: اجرای مداخله (آموزش)

پس از اجرای پیش آزمون، مداخله ی آزمایشی بر روی گروه آزمایش به مدت ۸ جلسه ی ۷۵ دقیقه ای (هر هفته دو جلسه) انجام شد. محتوای آموزشی در هر

دو گروه، مبحث «آمار و احتمال» از کتاب ریاضی پایه ی دهم بود. نحوه ی اجرا در دو گروه به شرح زیر بود:

گروه آزمایش (آموزش با هوش مصنوعی آموزشی):

جلسات گروه آزمایش در آزمایشگاه رایانه ی مدرسه برگزار شد و هر دانش آموز به طور انفرادی پشت یک سیستم رایانه قرار گرفت که به سیستم XAI Tutor متصل بود. روند هر جلسه به این صورت بود:

یافته های پژوهش

۱-۴. یافته های توصیفی

پس از جمع آوری داده های پیش آزمون و پس آزمون از هر دو گروه، ابتدا شاخص های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین نمره برای متغیرهای اصلی پژوهش به تفکیک گروه ها محاسبه شد. نتایج در جداول زیر ارائه می شود.

یافته های مربوط به انگیزش تحصیلی و مؤلفه های آن:

بررسی نمرات پیش آزمون نشان داد که میانگین انگیزش تحصیلی کل در گروه آزمایش ۲۵/۷۴ با انحراف معیار ۳۴/۱۲ و در گروه کنترل ۸۰/۷۳ با انحراف معیار ۰۲/۱۳ بود که تفاوت ناچیزی بین دو گروه وجود داشت و نشان دهنده ی همسانی اولیه ی دو گروه بود. اما در پس آزمون، میانگین انگیزش تحصیلی کل در گروه آزمایش به ۴۵/۹۸ با انحراف معیار ۸۷/۹ و در گروه کنترل به ۲۰/۷۸ با انحراف معیار ۴۵/۱۱ افزایش یافت که نشان دهنده ی رشد چشمگیر انگیزش در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل است.

در بررسی مؤلفه های انگیزش تحصیلی، نتایج به شرح زیر بود. در مؤلفه ی خودمختاری، میانگین گروه آزمایش از ۱۵/۲۴ در پیش آزمون به ۸۰/۳۳ در پس آزمون افزایش یافت در حالی که این تغییر در گروه کنترل از ۹۰/۲۳ به ۶۰/۲۵ بود. در مؤلفه ی شایستگی ادراک شده، میانگین گروه آزمایش از ۳۰/۲۵ به ۲۰/۳۴ و گروه کنترل از ۱۰/۲۵ به ۸۰/۲۶ تغییر پیدا کرد. در مؤلفه ی ارتباط، میانگین گروه آزمایش از ۸۰/۲۴ به ۴۵/۳۰ و گروه کنترل از ۸۰/۲۴ به ۸۰/۲۵ افزایش یافت. این نتایج نشان می دهد که بیشترین افزایش در گروه آزمایش مربوط به مؤلفه ی خودمختاری و شایستگی ادراک شده بوده است.

یافته های مربوط به عملکرد تحصیلی:

در زمینه ی عملکرد تحصیلی، در پیش آزمون میانگین نمرات برای گروه آزمایش ۴۰/۱۱ با انحراف معیار ۲۵/۳ و برای گروه کنترل ۱۵/۱۱ با انحراف معیار ۴۰/۳ بود که نشان دهنده ی همسانی اولیه بود. اما در پس آزمون، میانگین عملکرد تحصیلی گروه آزمایش به ۸۵/۱۶ با انحراف معیار ۶۵/۲ و گروه کنترل به ۷۰/۱۲ با انحراف معیار ۱۰/۳ افزایش یافت که نشان دهنده ی تأثیر قابل توجه مداخله بر عملکرد دانش آموزان است.

یافته های مربوط به شفافیت ادراک شده:

پس از اتمام مداخله، پرسشنامه ی شفافیت ادراک شده فقط بر روی گروه آزمایش اجرا شد. میانگین نمره ی شفافیت ادراک شده در گروه آزمایش برابر با $45/22$ از حداکثر نمره ی 40 با انحراف معیار $85/4$ بود که نشان دهنده ی ادراک نسبتاً بالای دانش آموزان از شفافیت سیستم هوش مصنوعی است. بالاترین میانگین مربوط به گویه های «توضیحات سیستم قابل درک بود» با میانگین $35/4$ و «توضیحات سیستم باعث کاهش سردرگمی من شد» با میانگین $20/4$ بود.

۲-۴. بررسی مفروضه های آزمون تحلیل کوواریانس

پیش از اجرای آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره، مفروضه های آن مورد بررسی قرار گرفت.

نرمال بودن توزیع داده ها: با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، نرمال بودن توزیع داده ها برای همه ی متغیرها در هر دو گروه بررسی شد. نتایج نشان داد که سطح معناداری برای همه ی متغیرها بیشتر از $05/0$ بود که حاکی از نرمال بودن توزیع داده هاست. برای مثال، سطح معناداری برای متغیر انگیزش تحصیلی در گروه آزمایش $18/0$ و در گروه کنترل $22/0$ و برای متغیر عملکرد تحصیلی در گروه آزمایش $25/0$ و در گروه کنترل $30/0$ به دست آمد.

همگنی واریانس ها: آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس ها انجام شد. نتایج این آزمون برای متغیرهای انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی به ترتیب با مقادیر $85/0$ و $72/0$ و سطح معناداری بیشتر از $05/0$ نشان داد که واریانس های دو گروه همگن هستند.

همگنی شیب رگرسیون: برای بررسی این فرض، اثر تعامل بین متغیر گروه و پیش آزمون بر پس آزمون بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر تعامل برای هر دو متغیر وابسته معنادار نیست. مقدار آماری اف برای تعامل گروه و پیش آزمون انگیزش برابر با $34/1$ با سطح معناداری $25/0$ و برای عملکرد برابر با $05/1$ با سطح معناداری $30/0$ بود که هر دو غیرمعنادار بودند و فرض همگنی شیب رگرسیون تأیید شد.

برابری ماتریس های کوواریانس: آزمون باکس برای برابری ماتریس های کوواریانس انجام شد که مقدار آن برابر با $56/14$ با سطح معناداری $19/0$ بود که نشان دهنده ی برابری ماتریس های کوواریانس در دو گروه است.

بنابراین، همه ی مفروضه های لازم برای اجرای تحلیل کوواریانس چندمتغیره برقرار بود.

۳-۴. یافته های استنباطی

با تأیید مفروضه ها، برای پاسخ به سؤالات پژوهش از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. در این تحلیل، اثر گروه (آزمایش و

کنترل) بر ترکیب خطی متغیرهای وابسته شامل انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی، با کنترل اثر پیش‌آزمون، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج آزمون: MANCOVA

نتایج نشان داد که بین دو گروه از نظر ترکیب خطی متغیرهای وابسته، تفاوت معناداری وجود دارد. مقدار آزمون پیلای برابر با $81/0$ به دست آمد که در سطح $0.01/0$ معنادار بود (مقدار اف = $35/42$ ، $P < 0.001$). همچنین، مقدار لامبدای ویلکز برابر با $19/0$ بود که باز هم در سطح $0.01/0$ معنادار به دست آمد (مقدار اف = $67/45$ ، $P < 0.001$). این نتایج نشان می‌دهد که حداقل در یکی از متغیرهای وابسته، بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد و مداخله تأثیر کلی معناداری بر ترکیب متغیرها داشته است.

۴-۴. پاسخ به سؤالات پژوهش

برای پاسخ به سؤالات پژوهش به صورت مجزا و تعیین اینکه کدام یک از متغیرهای وابسته تحت تأثیر مداخله قرار گرفته‌اند، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره برای هر یک از متغیرهای وابسته استفاده شد.

پاسخ به سؤال اول: تفاوت در انگیزش تحصیلی

نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر انگیزش تحصیلی نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین دو گروه در نمرات پس‌آزمون انگیزش تحصیلی وجود دارد. مقدار آماری اف برابر با $67/45$ و سطح معناداری کمتر از $0.01/0$ به دست آمد. این بدان معناست که استفاده از هوش مصنوعی آموزشی تأثیر معناداری بر افزایش انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان داشته است. اندازه‌ی اثر محاسبه شده برای این متغیر برابر با $67/0$ بود که بر اساس معیار کوهن، نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ی اثر بزرگ و تأثیر قوی مداخله است. به عبارت دیگر، حدود 67 درصد از تغییرات در نمرات انگیزش تحصیلی پس‌آزمون مربوط به تأثیر مداخله بوده است. میانگین تعدیل‌شده‌ی انگیزش تحصیلی در گروه آزمایش برابر با $80/97$ و در گروه کنترل برابر با $85/78$ بود که تفاوت قابل‌توجهی را نشان می‌دهد.

پاسخ به سؤال دوم: تفاوت در عملکرد تحصیلی

نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر عملکرد تحصیلی نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین دو گروه در نمرات پس‌آزمون عملکرد تحصیلی وجود دارد. مقدار آماری اف برابر با $23/34$ و سطح معناداری کمتر از $0.01/0$ به دست آمد. این یافته نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی آموزشی تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان داشته است. اندازه‌ی اثر برای این متغیر برابر با $54/0$ محاسبه شد که نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ی اثر بزرگ است و بیانگر آن است که 54 درصد از تغییرات عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان به تأثیر مداخله مربوط

می‌شود. میانگین تعدیل‌شده‌ی عملکرد تحصیلی در گروه آزمایش برابر با ۴۵/۱۶ و در گروه کنترل برابر با ۱۰/۱۳ به‌دست آمد.

پاسخ به سؤال سوم: رابطه‌ی بین شفافیت ادراک‌شده و انگیزش تحصیلی

برای پاسخ به سؤال سوم، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج نشان داد که بین شفافیت ادراک‌شده‌ی سیستم هوش مصنوعی و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان، رابطه‌ی مثبت و معناداری وجود دارد. ضریب همبستگی برابر با ۶۸/۰ به‌دست آمد که در سطح ۰/۰۱ معنادار بود. این بدان معناست که هرچه دانش‌آموزان شفافیت سیستم هوش مصنوعی را بیشتر درک کنند، انگیزش تحصیلی آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر، حدود ۴۶ درصد از تغییرات انگیزش تحصیلی با تغییرات شفافیت ادراک‌شده قابل تبیین است. همچنین، بررسی مؤلفه‌های انگیزش نشان داد که شفافیت ادراک‌شده با مؤلفه‌ی خودمختاری ($r = 0.72$) و شایستگی ادراک‌شده ($r = 0.65$) همبستگی بالاتری نسبت به مؤلفه‌ی ارتباط ($r = 0.52$) دارد.

۴-۵. بررسی تأثیر بر مؤلفه‌های انگیزش تحصیلی

برای تحلیل دقیق‌تر، تأثیر مداخله بر هر یک از مؤلفه‌های انگیزش تحصیلی به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیره برای مؤلفه‌های انگیزش تحصیلی نشان داد که استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر هر سه مؤلفه‌ی خودمختاری، شایستگی ادراک‌شده و ارتباط تأثیر مثبت و معناداری دارد. بیشترین تأثیر مربوط به مؤلفه‌ی خودمختاری با مقدار اف برابر با ۵۶/۴۸ و اندازه‌ی اثر ۶۴/۰ بود و کمترین تأثیر مربوط به مؤلفه‌ی ارتباط با مقدار اف برابر با ۳۴/۲۲ و اندازه‌ی اثر ۴۵/۰ بود. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم هوش مصنوعی به‌ویژه بر احساس خودمختاری دانش‌آموزان تأثیرگذار بوده است که با ویژگی‌های شخصی‌سازی‌شده و شفاف سیستم همخوانی دارد.

۴-۶. خلاصه‌ی یافته‌ها

به‌طور خلاصه، یافته‌های توصیفی نشان داد که نمرات هر دو گروه در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشته است، اما این افزایش در گروه آزمایش به‌مراتب بیشتر از گروه کنترل بود. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه در ترکیب خطی متغیرهای وابسته وجود دارد. تحلیل‌های تک‌متغیره نیز نشان داد که مداخله تأثیر معناداری بر هر دو متغیر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی داشته است. اندازه‌ی اثر محاسبه‌شده برای هر دو متغیر در سطح بزرگ بود که نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای هوش مصنوعی آموزشی در مقایسه با روش سنتی است. همچنین، رابطه‌ی مثبت و معناداری بین شفافیت ادراک‌شده‌ی سیستم و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان مشاهده شد. بررسی مؤلفه‌های انگیزش تحصیلی نشان داد که مداخله بر هر سه مؤلفه تأثیر مثبت داشته و بیشترین تأثیر مربوط به مؤلفه‌ی خودمختاری بوده است.

جمع‌بندی بخش یافته‌ها

در این بخش، ابتدا داده‌های توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار برای هر دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شد. سپس مفروضه‌های آزمون تحلیل کوواریانس شامل نرمال بودن، همگنی واریانس‌ها، همگنی شیب رگرسیون و برابری ماتریس‌های کوواریانس مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. در ادامه، نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان داد که بین دو گروه در ترکیب خطی متغیرهای وابسته تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین، تحلیل‌های تک‌متغیره نشان داد که هر سه سؤال پژوهش تأیید می‌شوند و استفاده از هوش مصنوعی آموزشی تأثیر مثبت و معناداری بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دارد. علاوه بر این، رابطه مثبت و معناداری بین شفافیت ادراک‌شده و انگیزش تحصیلی مشاهده شد. اندازه‌ی اثر بزرگ محاسبه‌شده نیز نشان‌دهنده‌ی اهمیت عملی این یافته‌هاست.

بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱. بحث و تفسیر یافته‌ها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی آموزشی بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که استفاده از سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تطبیقی و قابل‌توضیح (XAI Tutor)، تأثیر مثبت، معنادار و قوی بر هر دو متغیر وابسته داشته است. در ادامه، به تفسیر هر یک از یافته‌ها در پرتو مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهشی می‌پردازیم.

تأثیر بر انگیزش تحصیلی: یافته‌ی اول پژوهش نشان داد که استفاده از هوش مصنوعی آموزشی به‌طور معناداری باعث افزایش انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان شده است. این یافته با نظریه‌ی خودتعیین‌گری دسی و رایان (۲۰۰۰) همسو است. بر اساس این نظریه، زمانی که محیط یادگیری نیازهای روانی بنیادین خودمختاری، شایستگی و ارتباط را تأمین کند، انگیزش درونی افراد به‌طور طبیعی افزایش می‌یابد. در سیستم XAI Tutor، دانش‌آموزان احساس خودمختاری می‌کنند زیرا خودشان می‌توانند از میان مسیرهای یادگیری پیشنهادی، انتخاب کنند و سرعت یادگیری خود را کنترل نمایند. آن‌ها احساس شایستگی می‌کنند زیرا سیستم تکالیفی متناسب با سطح دانش آن‌ها ارائه می‌دهد و با هر پاسخ صحیح، بازخورد مثبت دریافت می‌کنند که حس کارآمدی را تقویت می‌کند. همچنین، بازخوردهای شفاف و توضیحات قابل‌درک سیستم، نیاز به ارتباط را از طریق ایجاد اعتماد و درک متقابل بین دانش‌آموز و سیستم تأمین می‌کند.

افزایش معنادار مؤلفه‌های خودمختاری، شایستگی ادراک‌شده و ارتباط در گروه آزمایش، گواه بر این است که این روش، انگیزش تحصیلی را از مسیر تأمین نیازهای روانی، ارتقا داده است. به‌ویژه، بیشترین تأثیر بر مؤلفه‌ی خودمختاری به‌دست آمد که نشان می‌دهد سیستم‌های هوش مصنوعی با ارائه‌ی انتخاب و کنترل به دانش‌آموز، می‌توانند حس استقلال و مالکیت بر



یادگیری را به طور قابل توجهی افزایش دهند. این یافته با پژوهش های مارپاونگ و همکاران (۲۰۲۵) و وانگ و همکاران (۲۰۲۵) که نشان دادند هوش مصنوعی قابل توضیح با ارضای نیاز خودمختاری، انگیزش دانش آموزان را افزایش می دهد، همخوانی کامل دارد.

همچنین، اندازه ی اثر بزرگ برای انگیزش تحصیلی (۶۷ درصد) نشان می دهد که تأثیر مداخله نه تنها از نظر آماری معنادار، بلکه از نظر عملی نیز بسیار قابل توجه است. در مقابل، روش سنتی که مبتنی بر سخنرانی یکنواخت و تکالیف اجباری است، معمولاً انگیزه ی بیرونی را تقویت می کند و به مرور زمان، انگیزه ی درونی را تضعیف می نماید (زارع و محمدی، ۱۴۰۲). تغییر جزئی انگیزش در گروه کنترل، مؤید این موضوع است.

تأثیر بر عملکرد تحصیلی: یافته ی دوم پژوهش نشان داد که استفاده از هوش مصنوعی آموزشی به طور معناداری باعث افزایش عملکرد تحصیلی دانش آموزان در درس ریاضی شده است. این نتیجه را می توان بر اساس نظریه ی بار شناختی سویلر (۱۹۸۸) تفسیر کرد. سیستم XAI Tutor با تشخیص سطح دانش فعلی دانش آموز و ارائه ی محتوای متناسب با آن، بار شناختی درونی را مدیریت می کند. همچنین، با ارائه ی توضیحات شفاف و ساختارمند، بار شناختی بیرونی را کاهش می دهد و به دانش آموز کمک می کند تا بر پردازش عمیق تر محتوا متمرکز شود. علاوه بر این، شخصی سازی مسیرهای یادگیری، از ایجاد اضافه بار شناختی ناشی از نامتناسب بودن سطح دشواری تکالیف جلوگیری می کند.

افزایش معنادار عملکرد تحصیلی در گروه آزمایش (از ۴۰/۱۱ به ۸۵/۱۶) در مقایسه با گروه کنترل (از ۱۵/۱۱ به ۷۰/۱۲)، نشان می دهد که سیستم هوش مصنوعی توانسته است به طور مؤثری یادگیری مفهومی و عمیق تر را تسهیل کند. بازخوردهای فوری و شفاف سیستم نیز به دانش آموزان کمک کرده است تا اشتباهات خود را در لحظه شناسایی و اصلاح کنند، که این امر به تثبیت یادگیری و کاهش خطاهای سیستمی منجر شده است. این یافته با پژوهش های اسماعیل و همکاران (۲۰۲۶) و کای و همکاران (۲۰۲۳) که نشان دادند سیستم های تطبیقی هوش مصنوعی، عملکرد ریاضی دانش آموزان را به طور معناداری بهبود می بخشد، همخوانی دارد.

اندازه ی اثر محاسبه شده برای عملکرد تحصیلی (۵۴ درصد) نیز نشان دهنده ی تأثیر قوی مداخله است و بیانگر آن است که بیش از نیمی از تغییرات عملکرد تحصیلی دانش آموزان به استفاده از هوش مصنوعی آموزشی مربوط می شود.

نقش شفافیت در انگیزش: یافته ی سوم پژوهش نشان داد که بین شفافیت ادراک شده ی سیستم هوش مصنوعی و انگیزش تحصیلی دانش آموزان، رابطه ی مثبت و معناداری وجود دارد. ($r = 0.68$) این یافته با پژوهش های چو و همکاران (۲۰۲۵) و باین و همکاران (۲۰۲۴) همسو است و نشان می دهد که قابلیت

توضیح دهنده گی سیستم های هوش مصنوعی، نقشی کلیدی در افزایش انگیزش دانش آموزان ایفا می کند.

پیشنهادهای سیاستگذاری برای برنامه ریزان درسی:

طراحان برنامه های درسی و سیاستگذاران آموزشی می توانند با گنجاندن مهارت های سواد هوش مصنوعی در برنامه های درسی، دانش آموزان را برای تعامل مؤثر با این فناوری ها آماده کنند. همچنین، تدوین دستورالعمل های اخلاقی برای استفاده از هوش مصنوعی در آموزش و تأکید بر شفافیت و شخصی سازی به عنوان اصول کلیدی طراحی این سیستم ها، از دیگر پیشنهاد های این پژوهش است. وزارت آموزش و پرورش می تواند با سرمایه گذاری در زیرساخت های فنی و برگزاری دوره های توانمندسازی معلمان، زمینه ی بهره گیری گسترده تر از این فناوری را فراهم آورد.

پیشنهادهای پژوهشی برای پژوهشگران:

انجام پژوهش های مشابه با رویکردهای ترکیبی (کمی و کیفی) برای درک عمیق تر از تجارب دانش آموزان در تعامل با سیستم های هوش مصنوعی، توصیه می شود. همچنین، پیشنهاد می شود که پژوهش های آینده به بررسی تأثیر این رویکرد بر متغیرهای دیگری نظیر تفکر انتقادی، خودکارآمدی تحصیلی، خلاقیت و مهارت های حل مسئله بپردازند. انجام پژوهش های طولی که اثرات بلندمدت هوش مصنوعی بر یادگیری و انگیزه را بسنجند، بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر این، مقایسه ی تأثیر سیستم های هوش مصنوعی با سایر رویکردهای فعال نظیر یادگیری مبتنی بر پروژه، یادگیری معکوس و آموزش مبتنی بر بازی می تواند به غنای ادبیات پژوهشی این حوزه بیافزاید. در نهایت، انجام پژوهش هایی با تمرکز بر دانش آموزان با نیازهای ویژه یا دانش آموزان با عملکرد تحصیلی پایین، می تواند کاربرد این روش را در گروه های مختلف دانش آموزی روشن تر سازد. همچنین، پژوهش در مورد تأثیر سطوح مختلف شفافیت (توضیحات کوتاه در مقابل توضیحات مفصل) بر انگیزش و عملکرد دانش آموزان، می تواند به طراحی بهینه تر این سیستم ها کمک کند.

جمع بندی نهایی

پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تطبیقی و قابل توضیح، تأثیر مثبت و معناداری بر انگیزش تحصیلی و عملکرد تحصیلی دانش آموزان پایه ی دهم در درس ریاضی دارد. این یافته ها با مبانی نظری (نظریه ی خودتعیین گری و نظریه ی بار شناختی) و پیشینه ی پژوهشی همخوانی دارد و نشان می دهد که شفافیت سیستم های هوش مصنوعی، نقشی کلیدی در افزایش انگیزش دانش آموزان ایفا می کند. با توجه به محدودیت های پژوهش، تعمیم نتایج با احتیاط توصیه می شود و انجام پژوهش های تکمیلی در این حوزه ضروری به نظر می رسد. در نهایت، این پژوهش گامی در جهت پر کردن شکاف بین نظریه و عمل در حوزه ی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش برداشته و راهنمایی عملی برای معلمان، برنامه ریزان درسی و سیاستگذاران آموزشی فراهم آورده است.

فهرست منابع

منابع فارسی:

- اردلان، م.، رضایی، ع.، و کریمی، س. (۱۴۰۳). بررسی رابطه ی بین استفاده از فناوری های آموزشی و انگیزش تحصیلی دانش آموزان دوره ی متوسطه. فصلنامه ی روان شناسی تربیتی، ۲۰ (۲)، ۶۲-۴۵.
- ابراهیم زاده، ف.، محمدی، ج.، و شریفی، ن. (۱۴۰۴). چالش های به کارگیری هوش مصنوعی در نظام آموزشی ایران: یک مطالعه ی کیفی. مجله ی پژوهش در برنامه ریزی درسی، ۲۲ (۱)، ۲۰-۱.
- داوودی، ر.، حسینی، م.، و کاظمی، ع. (۱۴۰۴). طراحی و اعتباریابی سیستم آموزش تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی برای درس ریاضی متوسطه. فناوری آموزش، ۱۹ (۳)، ۳۶۲-۳۴۵.
- زارع، ح.، و محمدی، م. (۱۴۰۲). مقایسه ی اثربخشی روش های سنتی و فعال تدریس بر انگیزش تحصیلی دانش آموزان. مجله ی علوم تربیتی، ۱۵ (۴)، ۲۳-۴۱.
- شریفی، ن.، رضوی زاده، س.، و کریمیان، م. (۱۴۰۳). موانع به کارگیری فناوری های نوین آموزشی در مدارس متوسطه ی ایران. نوآوری های آموزشی، ۲۳ (۲)، ۸۴-۶۷.
- شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۰). سند تحول بنیادین آموزش و پرورش. تهران: انتشارات وزارت آموزش و پرورش.
- علی آبادی، خ.، دلاور، ع.، و نجفی، ه. (۱۴۰۴). مرور نظام مند پژوهش های هوش مصنوعی در آموزش ایران. فصلنامه ی مطالعات برنامه درسی، ۱۹ (۳)، ۱۲-۳۴.
- فتح آبادی، ج.، شکرکن، ح.، و نیلی، م. (۱۴۰۱). تأثیر روش های تدریس بر عملکرد تحصیلی دانش آموزان: یک فراتحلیل. پژوهش های روان شناختی، ۲۵ (۱)، ۷۳-۵۶.
- مهدوی زاده، ر.، صادقی، ع.، و نادری، م. (۱۴۰۳). کاربردهای هوش مصنوعی در نظام آموزشی ایران: مرور نظام مند. فصلنامه ی فناوری و آموزش، ۱۸ (۴)، ۲۳۴-۲۱۲.

Bin, J., Chen, L., & Zhang, Y. (2024). The role of explainable AI in educational settings: A systematic review. *Computers & Education*, 198., 104-121 .

Cai, T., Chen, H., & Li, M. (2023). Adaptive learning systems powered by AI: Effects on mathematics achievement and engagement. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1123-1145. .



Chou, T. W., Hsu, Y. C., & Tsai, M. J. (2025). The impact of explainability on student motivation in AI-based tutoring systems. *Journal of Educational Psychology*, 117(1), 85-102 . .

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. .

Esmail, R., Abbasi, M., & Soleimani, H. (2026). The effect of AI-based adaptive learning system on mathematics performance and retention: A mixed-methods study in Iranian high schools. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 36(2), 1-25. .

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2024). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign .

Luckin, R., Holmes, W., & Griffiths, M. (2024). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. London: Pearson Education .

Marpaung, D., Santoso, H. B., & Putra, S. (2025). Effects of explainable AI-based adaptive learning on high school students' motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 152., 108-125 .

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. .

Wang, M. T., Henry, D. A., & Li, Y. (2025). The interplay between teacher autonomy support and academic motivation in middle school: A cross-lagged analysis. *Journal of Educational Psychology*, 117(2), 234-251 .