

نقش هوش مصنوعی در شخصی سازی یادگیری و ارائه بازخورد فوری به دانش آموزان

زهرا زراعت پیشه

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

Zahra.zaraatpisha@gmail.com

چکیده

پیشرفت های سریع در حوزه هوش مصنوعی، به ویژه ظهور مدل های زبانی بزرگ و سیستم های تطبیقی، چشم انداز آموزش را به طور بنیادین دگرگون ساخته است. این مقاله به بررسی نقش هوش مصنوعی در شخصی سازی فرآیند یادگیری و ارائه بازخورد فوری به دانش آموزان می پردازد. با بهره گیری از فناوری های نوینی همچون پردازش زبان طبیعی، یادگیری ماشین و سیستم های توصیه گر مبتنی بر هوش مصنوعی، امکان طراحی محیط های یادگیری تطبیقی فراهم شده است که محتوا، مسیر یادگیری و بازخورد را متناسب با نیازها، توانایی ها و سبک یادگیری هر دانش آموز تنظیم می کنند. یافته های پژوهش های اخیر نشان می دهد که سیستم های هوش مصنوعی می توانند با دقت بالایی (نزدیک به توافق کامل با کدگذاری انسانی) اطلاعات مربوط به خودتنظیمی یادگیری دانش آموزان را شناسایی کرده و توصیه های شخصی سازی شده ای ارائه دهند که منجر به بهبود عملکرد تحصیلی و افزایش تعامل می شود. با این حال، چالش هایی نظیر توهّمات هوش مصنوعی، وابستگی بیش از حد دانش آموزان به این سیستم ها و ملاحظات اخلاقی مرتبط با حریم خصوصی و سوگیری های الگوریتمی، نیازمند توجه جدی هستند. این مقاله با مرور نظام مند پژوهش های انجام شده بین سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶، چارچوبی جامع برای درک فرصت ها و چالش های کاربست هوش مصنوعی در آموزش شخصی سازی شده ارائه می دهد و چشم انداز آینده این حوزه را ترسیم می کند.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، شخصی سازی یادگیری، بازخورد فوری، سیستم های تدریس هوشمند

۱. مقدمه

در عصر حاضر، نظام‌های آموزشی با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه هستند. تنوع روزافزون سبک‌های یادگیری، سطوح متفاوت دانش پیشین، و نیاز به پرورش مهارت‌های قرن بیست و یکم، رویکردهای سنتی یکسان‌سازی شده را ناکارآمد ساخته است (al et Chen, ۲۰۲۴). روش‌های مرسوم تدریس که بر انتقال یکطرفه اطلاعات و ارزشیابی‌های استاندارد شده تکیه دارند، به ندرت قادر به پاسخگویی به نیازهای فردی هر دانش‌آموز هستند. این شکاف میان رویکردهای آموزشی موجود و نیازهای متنوع فراگیران، ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین را دوچندان کرده است.

هوش مصنوعی به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین فناوری‌های تحول‌آفرین در عرصه آموزش مطرح شده است. بازار هوش مصنوعی در آموزش عالی در سال ۲۰۲۲ حدود دو میلیارد دلار درآمد داشته و پیش‌بینی می‌شود نرخ رشد سالانه مرکب آن تا سال ۲۰۳۰ به ۳۶ درصد برسد (Research View Grand, ۲۰۲۲). این رشد چشمگیر نشان‌دهنده اعتماد فزاینده به توانمندی‌های هوش مصنوعی در بهبود فرآیندهای یاددهی-یادگیری است.

پتانسیل هوش مصنوعی در حوزه آموزش از جنبه‌های گوناگون قابل بررسی است. سیستم‌های تدریس هوشمند می‌توانند مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی شده ارائه دهند، بازخورد آنی و هدفمند تولید کنند، و نقاط قوت و ضعف هر دانش‌آموز را به دقت شناسایی نمایند (al et Ouyang, ۲۰۲۲). مدل‌های زبانی بزرگ مانند GPT-۴ و نسخه‌های مشابه آن، قابلیت درک پرسش‌های پیچیده و تولید توضیحات متناسب با سطح درک کاربر را دارند (al et Zhao, ۲۰۲۴). این ویژگی‌ها، هوش مصنوعی را به ابزاری کارآمد برای شخصی‌سازی یادگیری در مقیاس وسیع تبدیل کرده است.

با این حال، کاربست هوش مصنوعی در آموزش با چالش‌هایی نیز همراه است. مسائلی همچون توهمات تولیدی (Hallucination) در مدل‌های زبانی بزرگ، وابستگی بیش از حد دانش‌آموزان به سیستم‌های هوشمند، سوگیری‌های موجود در داده‌های آموزشی، و نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی، از جمله موانعی هستند که نیازمند بررسی دقیق و تدوین چارچوب‌های اخلاقی مناسب می‌باشند (al et Abbas, ۲۰۲۴; Lan, ۲۰۲۵). پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده‌اند که بسیاری از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به دلیل عدم شفافیت در فرآیند تصمیم‌گیری، به عنوان "جعبه سیاه" عمل می‌کنند و درک نحوه عملکرد آنها برای معلمان و دانش‌آموزان دشوار است (al et Bates, ۲۰۲۰).

هدف اصلی این مقاله، بررسی جامع نقش هوش مصنوعی در شخصی‌سازی یادگیری و ارائه بازخورد فوری به دانش‌آموزان است. در این راستا، پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش، به بررسی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای خودتنظیمی یادگیری، سیستم‌های تدریس هوشمند تطبیقی، و رویکردهای نوین در ارائه بازخورد پرداخته خواهد شد. همچنین چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی مرتبط با کاربست هوش مصنوعی در آموزش مورد واکاوی قرار می‌گیرد و در نهایت، چشم‌انداز آینده این حوزه ترسیم خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱.۲. تعریف هوش مصنوعی و کاربردهای آن در آموزش

هوش مصنوعی به عنوان "علم و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند" تعریف شده است (al et McCarthy, ۱۹۵۶). این حوزه در طول دهه‌های اخیر تحولات شگرفی را تجربه کرده و از سیستم‌های مبتنی بر قاعده به مدل‌های پیچیده یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی تکامل یافته است. هوش مصنوعی امروزی به دنبال توسعه "عوامل عقلانی" است که بتوانند به صورت تطبیقی با محیط خود تعامل داشته باشند و وظایف شناختی همچون حل مسئله، تصمیم‌گیری و یادگیری را انجام دهند (Norvig & Russell, ۲۰۱۰).

در حوزه آموزش، هوش مصنوعی کاربردهای متنوعی یافته است. زاوکی-ریشتر و همکاران (al et Zawacki-Richter, ۲۰۱۹) چهار کارکرد اصلی برای هوش مصنوعی در آموزش ترسیم کردند: نمایه‌سازی و پیش‌بینی، ارزشیابی و ارزیابی، سیستم‌های تطبیقی و شخصی‌سازی، و سیستم‌های تدریس هوشمند. اوینگ و همکاران (al et Ouyang, ۲۰۲۲) نیز بر توانمندی‌های هوش مصنوعی در توصیه منابع آموزشی، پیش‌بینی نتایج یادگیری، خودکارسازی ارزشیابی‌ها و بهبود تجربیات یادگیری تأکید کردند. به‌تازگی، کرامپتون و برک (Burke & Crompton, ۲۰۲۳) پنج کاربرد اصلی هوش مصنوعی را شناسایی کردند: ارزشیابی، پیش‌بینی، دستیارهای هوشمند، تدریس هوشمند و مدیریت یادگیری.

۲.۲. نظریه خودتنظیمی یادگیری

خودتنظیمی یادگیری (Learning Self-Regulated) یکی از مفاهیم کلیدی در روان‌شناسی تربیتی است که به توانایی فراگیران در مدیریت فرآیند یادگیری خود اشاره دارد. بر اساس دیدگاه زیمرمن (Zimmerman, ۲۰۰۲)، خودتنظیمی یادگیری شامل سه مرحله اصلی است: برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری، نظارت بر فرآیند یادگیری، و ارزشیابی از عملکرد. دانش‌آموزانی که از مهارت‌های خودتنظیمی بالایی برخوردارند، بهتر می‌توانند اهداف یادگیری خود را تعیین کنند، پیشرفت خود را پایش نمایند و در صورت نیاز، راهبردهای خود را تعدیل کنند.

پژوهش‌ها نشان داده است که خودتنظیمی یادگیری نقشی حیاتی در موفقیت تحصیلی، به ویژه در محیط‌های یادگیری آنلاین ایفا می‌کند (al et Barnard, ۲۰۰۹). با این حال، بسیاری از دانش‌آموزان در به کارگیری راهبردهای خودتنظیمی در محیط‌های آنلاین با مشکل مواجه می‌شوند، چرا که این محیط‌ها نیاز به خودتنظیمی بیشتری داشته و حمایت کمتری از سوی معلمان و همسالان ارائه می‌دهند (al et Broadbent, ۲۰۲۰). این شکاف، ضرورت طراحی ابزارهایی را که بتوانند از خودتنظیمی یادگیری حمایت کنند، آشکار می‌سازد.

۳.۲. شخصی‌سازی یادگیری: از نظریه تا عمل

شخصی‌سازی یادگیری به معنای تطبیق محتوا، روش و سرعت آموزش با ویژگی‌های فردی هر یادگیرنده است. این رویکرد ریشه در نظریه‌های شناختی و تربیتی دارد که بر تفاوت‌های فردی در فرآیند یادگیری تأکید می‌کنند. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های فناوری امکان پیاده‌سازی شخصی‌سازی در مقیاس وسیع را فراهم ساخته است. سیستم‌های یادگیری تطبیقی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، رفتار و عملکرد دانش‌آموزان را تحلیل کرده و محتوای مناسب را به آنها ارائه می‌دهند (al et Chen, ۲۰۲۳).

شخصی‌سازی مؤثر نیازمند درک دقیق از وضعیت دانش، سبک یادگیری، انگیزه و نیازهای عاطفی هر دانش‌آموز است. سیستم‌های هوش مصنوعی مدرن با بهره‌گیری از داده‌های چندوجهی (شامل تعاملات متنی، حالات چهره و حتی علائم فیزیولوژیک) می‌توانند تصویر جامعی از وضعیت یادگیرنده ترسیم کنند و مداخلات متناسب با شرایط او ارائه دهند (IEEE, ۲۰۲۵). این رویکرد چندوجهی به ویژه در حوزه‌های پیچیده مانند آموزش مهندسی که نیاز به درک عمیق مفاهیم و کاربرد عملی آنها دارد، بسیار مفید واقع می‌شود.

۳. هوش مصنوعی و خودتنظیمی یادگیری

۱.۳. سیستم‌های تشخیص خودتنظیمی مبتنی بر هوش مصنوعی

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که مدل‌های زبانی بزرگ می‌توانند با دقت بالایی، اطلاعات مربوط به خودتنظیمی یادگیری را از تعاملات زبانی دانش‌آموزان استخراج کنند. لو و همکاران (Luo, Wang & Hew, ۲۰۲۵) سیستمی به نام SRLAdvisor توسعه دادند که از مدل ChatGPT-4o برای تحلیل مکالمات دانش‌آموزان و ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی شده برای اقدامات خودتنظیمی استفاده می‌کند. این سیستم از سه مؤلفه اصلی تشکیل شده است: عامل وظیفه (Agent Task) که وظایف یادگیری را مدیریت می‌کند، عامل توصیه‌گر (Agent Recommendation) که توصیه‌های شخصی‌سازی شده تولید می‌کند، و ابزارک‌های خودتنظیمی (Widgets SRL) که بازخورد بصری ارائه می‌دهند.

نتایج این مطالعه نشان داد که روش نمایه‌سازی مکالمه‌ای خودتنظیمی (Self-Regulated Conversational Profiling Learning) تقریباً توافق کامل با کدگذاری انسانی داشته است (Luo, Wang & Hew, ۲۰۲۵). به عبارت دیگر، سیستم هوش مصنوعی توانست الگوهای خودتنظیمی را با دقتی هم‌تراز با ارزیابی انسانی شناسایی کند. این یافته، گامی مهم در جهت خودکارسازی تشخیص نیازهای خودتنظیمی دانش‌آموزان محسوب می‌شود.

عامل توصیه‌گر این سیستم در وظایف خودنظارتی و خودارزیابی، دقت بالاتری نسبت به سایر وظایف نشان داد. به عبارت دیگر، سیستم در ارائه توصیه‌هایی که به دانش‌آموزان کمک می‌کرد پیشرفت خود را پایش کرده و عملکرد خود را ارزشیابی نمایند،

موفق‌تر عمل کرد. دانش‌آموزانی که سیستم را بسیار مفید ارزیابی کردند، بهبود بیشتری در خودتنظیمی یادگیری نشان دادند. همچنین تحلیل خوشه‌ای نشان داد که دانش‌آموزانی که تعامل بیشتری با سیستم داشتند، بهبود قابل‌توجهی در عملکرد یادگیری خود تجربه کردند (Hew & Wang, Luo, ۲۰۲۵).

۲.۳. نقش خودکارآمدی هوش مصنوعی در پذیرش بازخورد

یکی از عوامل کلیدی در اثربخشی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، باور دانش‌آموزان به توانایی خود در تعامل با این سیستم‌هاست. تو و همکاران (Guo & Chen, Hwang, Liu, Tu, ۲۰۲۶) مفهوم خودکارآمدی هوش مصنوعی (AI Self-Efficacy) را به عنوان باور فرد به توانایی خود در درک، کاربرد و یکپارچه‌سازی ابزارهای هوش مصنوعی در بافت‌های یادگیری معرفی کردند. این مفهوم ریشه در نظریه شناختی-اجتماعی باندورا (Bandura, ۱۹۷۸) دارد.

در مطالعه تو و همکاران، سیستمی مبتنی بر گراف دانش و هوش مصنوعی مولد برای ارائه بازخورد شخصی‌سازی شده در یک دوره آنلاین توسعه یافت. نتایج نشان داد که دانش‌آموزان با خودکارآمدی هوش مصنوعی بالا، از بازخورد تولیدی به صورت راهبردی‌تر استفاده می‌کنند و مهارت‌های خودنظارتی و خودارزیابی بهتری از خود نشان می‌دهند (al et Tu, ۲۰۲۶). این دانش‌آموزان همچنین در وظایف پیچیده، بار شناختی کمتری را تجربه کردند. یافته‌های کیفی نشان‌دهنده تکامل رابطه دانش‌آموزان با سیستم هوش مصنوعی از اتکای اولیه به این سیستم به سمت همکاری تأملی با آن بود. به‌ویژه، گروه با خودکارآمدی بالا تمایل بیشتری به درک هوش مصنوعی به عنوان یک شریک یادگیری مشارکتی داشتند و توانایی‌های سطح بالاتری در ارزشیابی و یکپارچه‌سازی اطلاعات از خود نشان دادند (al et Tu, ۲۰۲۶).

این یافته‌ها بر اهمیت توسعه سواد هوش مصنوعی در کنار طراحی خود سیستم‌ها تأکید می‌کند. صرفاً ارائه ابزارهای پیشرفته هوش مصنوعی کافی نیست؛ بلکه باید مهارت‌های لازم برای استفاده مؤثر از این ابزارها را نیز در دانش‌آموزان پرورش داد.

۳.۳. گراف دانش و افزایش دقت بازخورد هوش مصنوعی

یکی از چالش‌های اصلی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مولد، پدیده توهمات تولیدی است که منجر به ارائه اطلاعات نادرست یا گمراه‌کننده می‌شود. برای مقابله با این چالش، پژوهشگران به یکپارچه‌سازی گراف دانش با مدل‌های زبانی بزرگ روی آورده‌اند (al et Tu, ۲۰۲۶). گراف دانش، نمایش ساختاریافته و بصری از دانش یک حوزه است که روابط معنایی میان مفاهیم را شفاف می‌سازد (Yu & Cui, ۲۰۱۹).

یکپارچه‌سازی گراف دانش با هوش مصنوعی مولد، مزایای متعددی دارد. نخست، با ارائه ساختاری منسجم از روابط میان مفاهیم، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا اطلاعات جدید را به ساختارهای شناختی موجود خود متصل کنند و در فرآیند

یادگیری تأملی مشارکت بیشتری داشته باشند (al et Jiang, ۲۰۲۴). دوم، با محدود کردن فضای جستجوی مدل زبانی به اطلاعات موجود در گراف دانش، دقت و قابلیت تفسیر بازخورد تولیدی افزایش می‌یابد (Alotaibi & Abu-Salih, ۲۰۲۴).

تو و همکاران (al et Tu, ۲۰۲۶) نشان دادند که سیستم مبتنی بر گراف دانش که با مدل DeepSeek v۳ بهینه‌سازی شده بود، توانست بازخوردی دقیق‌تر و مرتبط‌تر با محتوای دوره ارائه دهد. دانش‌آموزانی که از این سیستم استفاده کردند، بهبود بیشتری در خودارزیابی و عملکرد تحصیلی خود نشان دادند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیب هوش مصنوعی مولد با ساختارهای دانش سازمان‌یافته، می‌تواند راهکاری مؤثر برای افزایش دقت و قابلیت اطمینان بازخوردهای تولیدی باشد.

۴. سیستم‌های تدریس هوشمند تطبیقی

۱.۴. معماری و اجزای سیستم‌های تدریس هوشمند

سیستم‌های تدریس هوشمند (Systems Tutoring Intelligent) نسل جدیدی از سیستم‌های آموزشی هستند که با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، تجربه‌ای شخصی‌سازی شده و تطبیقی را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها از معماری مدولار تشکیل شده‌اند که امکان یکپارچه‌سازی مؤلفه‌های مختلف هوش مصنوعی را فراهم می‌سازد (Springer, ۲۰۲۵a).

یک سیستم تدریس هوشمند کارآمد شامل چندین مؤلفه اصلی است: (۱) مؤلفه پردازش زبان طبیعی که تعاملات زبانی دانش‌آموزان را درک و تحلیل می‌کند، (۲) مؤلفه توصیه‌گر محتوا که منابع آموزشی مناسب را بر اساس وضعیت دانش‌آموز انتخاب می‌کند، (۳) مؤلفه ارزشیابی بلادرنگ که عملکرد دانش‌آموز را به طور مستمر پایش می‌کند، و (۴) مؤلفه تطبیق‌پذیری که مسیر یادگیری را بر اساس عملکرد و تعامل دانش‌آموز تنظیم می‌نماید (Springer, ۲۰۲۵a). این مؤلفه‌ها توسط یک لایه کنترل مرکزی هماهنگ می‌شوند که ارتباط میان آنها را مدیریت می‌کند.

در مطالعه اسپرینگر (Springer, ۲۰۲۵a)، یک سیستم تدریس هوشمند برای آموزش STEM طراحی شد که از مدل‌های عمیق یادگیری و پردازش زبان طبیعی برای ارائه بازخورد هدفمند و تنظیم پویای مسیرهای یادگیری استفاده می‌کرد. این سیستم در یک محیط کنترل‌شده با حضور ۴۵۰ دانشجوی دانشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که گروه آزمایش که با سیستم تعامل داشتند، در برنامه‌نویسی به دقت ۸۵ درصد و در ریاضیات به دقت ۷۸ درصد دست یافتند که به طور معناداری بهتر از گروه کنترل بود. همچنین مدل رگرسیون خطی همبستگی مثبتی بین زمان تعامل با سیستم و نرخ پیشرفت در مفاهیم بنیادین شناسایی کرد ($R^2 = ۷۶.۰$) (Springer, ۲۰۲۵a).

۲.۴. شخصی‌سازی مسیرهای یادگیری با هوش مصنوعی

شخصی‌سازی مسیرهای یادگیری یکی از مهم‌ترین کارکردهای سیستم‌های تدریس هوشمند است. این سیستم‌ها با تحلیل داده‌های تعاملی دانش‌آموزان، نقاط قوت و ضعف آنها را شناسایی کرده و محتوای مناسب را در زمان مناسب ارائه می‌دهند. ونودانی و همکاران (Raghuram & Jethose, Venodhani, ۲۰۲۵) سیستم EduQuest را معرفی کردند که با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، محتوای آموزشی، آزمون‌ها و تکالیف را بر اساس عملکرد و سبک یادگیری هر دانش‌آموز به صورت پویا تولید می‌کند. این سیستم شامل یک معلم هوش مصنوعی ۲۴ ساعته است که پاسخ‌های فوری ارائه می‌دهد و مفاهیم را شفاف‌سازی می‌کند. عناصر بازی‌سازی مانند نشان‌ها، امتیازات و جدول امتیازات نیز برای افزایش انگیزه و تعامل بلندمدت در این سیستم گنجانده شده است (al et Venodhani, ۲۰۲۵).

ویژگی کلیدی سیستم‌های شخصی‌سازی شده، توانایی تطبیق با تغییرات وضعیت یادگیرنده در طول زمان است. سیستم‌های پیشرفته از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی برای تنظیم سطح دشواری بر اساس عملکرد لحظه‌ای دانش‌آموز استفاده می‌کنند (IEEE, ۲۰۲۵c). عامل یادگیری تقویتی، پیچیدگی وظایف را بر اساس میزان مشارکت و پاسخ‌های صحیح یا نادرست دانش‌آموز تنظیم می‌کند تا چالش یادگیری در حد مناسبی باقی بماند. این روش تطبیق آنلاین، مشارکت و بهره‌وری یادگیری را به حداکثر می‌رساند (IEEE, ۲۰۲۵c).

۳.۴. ارزشیابی تطبیقی در مقیاس بزرگ

یکی از چالش‌های اساسی در پیاده‌سازی سیستم‌های شخصی‌سازی شده، مقیاس‌پذیری آنهاست. سیستم‌های سنتی ارزشیابی که بر آزمون‌های استاندارد شده تکیه دارند، نه تنها بازخورد شخصی‌سازی شده محدودی ارائه می‌دهند، بلکه با محدودیت‌های مقیاس‌پذیری نیز مواجه هستند. چوی و همکاران (al et Choi, ۲۰۲۶) چارچوبی به نام (Service-Oriented) SOFIA (Assessment Intelligent for Framework) معرفی کردند که اصول معماری خدمات‌گرا را با مکانیسم‌های بازخورد تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی ترکیب می‌کند تا ارزشیابی‌های شخصی‌سازی شده بلادرنگ را در مقیاس بزرگ ارائه دهد.

معماری میکروسرویس‌های SOFIA امکان یکپارچه‌سازی بی‌درز با سیستم‌های مدیریت یادگیری (LMS) را فراهم می‌کند. این سیستم داده‌های تعاملی یادگیرنده را به صورت بلادرنگ با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مبتنی بر اولویت پردازش می‌کند و بازخورد تکراری مبتنی بر معیارهای عملکرد تولید می‌نماید (al et Choi, ۲۰۲۶). در یک مطالعه تجربی با ۲۵۰ شرکت‌کننده در یک دوره برنامه‌نویسی پایتون آنلاین، SOFIA به دقت ۹۲ درصد در شناسایی شکاف‌های یادگیری دست یافت که به طور قابل توجهی بهتر از ارزشیابی‌های ایستا (۶۵ درصد) و سیستم‌های تطبیقی مبتنی بر قاعده (۷۸ درصد) بود. تعامل یادگیرندگان ۴۰ درصد افزایش یافت و نمرات پس‌آزمون در گروه آزمایش به ۸۵ درصد در مقایسه با ۶۵ درصد در گروه کنترل بهبود یافت. آزمون‌های مقیاس‌پذیری نشان داد که این چارچوب می‌تواند به طور کارآمد از بیش از ۵۰۰ کاربر هم‌زمان پشتیبانی کند (al et Choi, ۲۰۲۶).

۵. بازخورد فوری مبتنی بر هوش مصنوعی

۱.۵. تولید بازخورد هوشمند با مدل‌های زبانی بزرگ

بازخورد فوری و شخصی‌سازی‌شده، یکی از مؤثرترین راه‌ها برای بهبود یادگیری دانش‌آموزان است. هوش مصنوعی مولد با توانایی‌های خود در درک متن و تولید پاسخ‌های متناسب با بافت، انقلابی در حوزه بازخورد آموزشی ایجاد کرده است. مدل‌های زبانی بزرگ می‌توانند به سرعت تکالیف دانش‌آموزان را تحلیل کرده، نقاط قوت و ضعف را شناسایی نمایند و توصیه‌های عملی برای بهبود ارائه دهند (al et Tu, ۲۰۲۶).

با این حال، کیفیت بازخورد تولیدی توسط هوش مصنوعی به عوامل متعددی بستگی دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بازخورد هوش مصنوعی وقتی مؤثرتر است که: (۱) مبتنی بر معیارهای ارزشیابی شفاف باشد، (۲) قابل فهم و قابل پیگیری باشد، (۳) به موقع ارائه شود، و (۴) دانش‌آموز را به تأمل وادارد (Boud & Carless, ۲۰۱۸). سیستم‌های پیشرفته با یکپارچه‌سازی گراف دانش، می‌توانند دقت و قابلیت تفسیر بازخورد را افزایش دهند (al et Tu, ۲۰۲۶).

۲.۵. سیستم‌های بازخورد قابل تفسیر و شفاف

یکی از نگرانی‌های اصلی در کاربری هوش مصنوعی در آموزش، عدم شفافیت فرآیند تصمیم‌گیری این سیستم‌هاست. سیستم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق اغلب به عنوان "جعبه سیاه" عمل می‌کنند و دلیل پشت توصیه‌های خود را توضیح نمی‌دهند. این موضوع می‌تواند اعتماد دانش‌آموزان و معلمان را به این سیستم‌ها کاهش دهد (al et Bates, ۲۰۲۰).

برای رفع این چالش، پژوهشگران به سمت توسعه سیستم‌های بازخورد قابل تفسیر (AI Explainable) روی آورده‌اند. رودریگز و همکاران (al et Rodriguez, ۲۰۲۵) یک دستیار آموزشی قابل تفسیر مبتنی بر پردازش زبان طبیعی توسعه دادند که در سیستم مدیریت یادگیری مودل یکپارچه شده است. این سیستم از مدل‌های ترانسفورمر (BERT و CodeBERT) برای تحلیل تکالیف استفاده می‌کند و با بهره‌گیری از تکنیک‌های هوش مصنوعی قابل تفسیر (LIME و SHAP)، بازخوردی قابل پیگیری تولید می‌کند. همچنین بر اساس شاخص تطبیق‌پذیری پویا، اقدامات آموزشی شخصی‌سازی‌شده را فعال می‌سازد (al et Rodriguez, ۲۰۲۵).

نتایج ارزیابی این سیستم با ۹۰ دانشجو نشان داد که خطای مطلق میانگین در ارزشیابی معنایی ۰.۳۴ و ضریب کاپای کوهن ۰.۷۸ بوده است که نشان‌دهنده دقت بالای سیستم است. شاخص پوشش تبیین معنایی به مقدار ۰.۸۵ رسید و ۹۱ درصد از فعال‌سازی‌های آموزشی مناسب تشخیص داده شدند. میانگین زمان پاسخگویی سیستم ۲.۷۸ ثانیه بود و ۹۳.۴ درصد از اقدامات در آستانه‌های فنی تعیین‌شده اجرا شدند (al et Rodriguez, ۲۰۲۵). این یافته‌ها نشان می‌دهد که پیاده‌سازی سیستم‌های بازخورد قابل تفسیر و تطبیقی در محیط‌های واقعی آموزشی امکان‌پذیر است.

۳.۵. بازخورد انسان-در-حلقه: تعامل دانش‌آموز و هوش مصنوعی

رویکرد انسان-در-حلقه (Human-in-the-Loop) یکی از رویکردهای نوین در طراحی سیستم‌های بازخورد مبتنی بر هوش مصنوعی است که در آن دانش‌آموزان به طور فعال در فرآیند تولید و اصلاح بازخورد مشارکت دارند. در این رویکرد، دانش‌آموزان پاسخ‌های تولید شده توسط هوش مصنوعی را نقد و اصلاح می‌کنند و این بازخوردها به سیستم کمک می‌کند تا پاسخ‌های خود را در زمان واقعی بهبود بخشد (IEEE, 2025d).

این رویکرد مزایای متعددی دارد: نخست، دانش‌آموزان را به جای دریافت‌کننده منفعل اطلاعات، به مشارکت‌کننده فعال در فرآیند یادگیری تبدیل می‌کند. دوم، با اصلاح پاسخ‌های هوش مصنوعی، درک عمیق‌تری از مفاهیم پیدا می‌کنند. سوم، بازخورد دانش‌آموزان به بهبود مستمر سیستم کمک می‌کند (IEEE, 2025d). یافته‌های اولیه از مطالعه‌ای با دانشجویان STEM نشان می‌دهد که رویکرد انسان-در-حلقه منجر به بهبود نتایج یادگیری و افزایش اعتماد به نفس در مقایسه با ابزارهای سنتی هوش مصنوعی می‌شود (IEEE, 2025d).

۶. چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی

۱.۶. توهمات هوش مصنوعی و قابلیت اطمینان

یکی از جدی‌ترین چالش‌های سیستم‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ، پدیده توهمات تولیدی است. این مدل‌ها گاهی اطلاعاتی تولید می‌کنند که از نظر ظاهری معتبر به نظر می‌رسند اما در واقع نادرست یا گمراه‌کننده هستند (Lan, 2025). این مسئله در بافت آموزشی که دقت اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار است، می‌تواند پیامدهای جدی داشته باشد.

برای مقابله با این چالش، راهکارهای متعددی پیشنهاد شده است. یکپارچه‌سازی گراف دانش با مدل‌های زبانی بزرگ، با محدود کردن فضای جستجو به اطلاعات معتبر، می‌تواند دقت پاسخ‌ها را افزایش دهد (al et Tu, 2026). همچنین استفاده از تکنیک‌های بازیابی-تولید (Generation Retrieval-Augmented) که در آن مدل ابتدا اطلاعات مرتبط را از پایگاه داده معتبر بازیابی کرده و سپس پاسخ خود را بر آن اساس تولید می‌کند، می‌تواند قابلیت اطمینان را بهبود بخشد (IEEE, 2025d). علاوه بر این، آموزش سواد هوش مصنوعی به دانش‌آموزان و توانمندسازی آنها در تشخیص اطلاعات نادرست، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (al et Tu, 2026).

۲.۶. وابستگی بیش از حد و کاهش مهارت‌های تفکر انتقادی

یکی دیگر از نگرانی‌های جدی در کاربست هوش مصنوعی در آموزش، احتمال وابستگی بیش از حد دانش‌آموزان به این سیستم‌هاست. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده بیش از حد از ابزارهای هوش مصنوعی می‌تواند منجر به کاهش حافظه،

تعلل در انجام وظایف، کاهش عملکرد تحصیلی و در نهایت، توقف رشد فردی شود (al et Abbas, ۲۰۲۴). همچنین ممکن است مهارت‌های تفکر انتقادی و حل مسئله دانش‌آموزان تضعیف شود، چرا که آنها به جای تلاش برای یافتن راه‌حل، به سرعت به هوش مصنوعی متکی می‌شوند.

برای مدیریت این چالش، طراحی سیستم‌هایی که دانش‌آموزان را به تفکر وادارند و نه صرفاً پاسخ‌های آماده در اختیار آنها قرار دهند، ضروری است. رویکرد انسان-در-حلقه که در آن دانش‌آموزان ملزم به نقد و اصلاح پاسخ‌های هوش مصنوعی هستند، می‌تواند به حفظ و تقویت مهارت‌های تفکر انتقادی کمک کند (IEEE, ۲۰۲۵d). همچنین تأکید بر استفاده از هوش مصنوعی به عنوان ابزار کمک‌آموزشی نه جایگزین معلم، و آموزش مهارت‌های فراشناختی به دانش‌آموزان، از جمله راهکارهای مؤثر در این زمینه است.

۳.۶. حریم خصوصی و سوگیری‌های الگوریتمی

کاربست هوش مصنوعی در آموزش، نگرانی‌های جدی در زمینه حریم خصوصی و سوگیری‌های الگوریتمی ایجاد کرده است. سیستم‌های هوش مصنوعی برای ارائه خدمات شخصی‌سازی‌شده، نیاز به جمع‌آوری و تحلیل حجم وسیعی از داده‌های دانش‌آموزان دارند که شامل اطلاعات شخصی، عملکرد تحصیلی، و حتی الگوهای رفتاری آنهاست. عدم مدیریت صحیح این داده‌ها می‌تواند حریم خصوصی دانش‌آموزان را به مخاطره اندازد (Lan, ۲۰۲۵).

علاوه بر این، الگوریتم‌های هوش مصنوعی ممکن است حاوی سوگیری‌هایی باشند که از داده‌های آموزشی نشأت گرفته است. این سوگیری‌ها می‌توانند منجر به تبعیض علیه گروه‌های خاص دانش‌آموزان شوند و نابرابری‌های آموزشی را تشدید کنند (Lan, ۲۰۲۵). پژوهشگران بر ضرورت توسعه سیستم‌های عادلانه و شفاف تأکید کرده‌اند که در آن فرآیند تصمیم‌گیری قابل پیگیری و پاسخ‌گویی باشد (al et Rodriguez, ۲۰۲۵). همچنین استفاده از تکنیک‌های ناشناس‌سازی داده‌ها و رمزنگاری، برای حفاظت از حریم خصوصی دانش‌آموزان توصیه شده است (al et Choi, ۲۰۲۵a; Springer, ۲۰۲۶).

۷. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

هوش مصنوعی پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای تحول در نظام‌های آموزشی و شخصی‌سازی یادگیری دارد. یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند با دقت بالایی، نیازهای خودتنظیمی و یادگیری دانش‌آموزان را شناسایی کرده و بازخورد شخصی‌سازی‌شده و فوری ارائه دهند که منجر به بهبود عملکرد تحصیلی، افزایش تعامل و تقویت خودتنظیمی یادگیری می‌شود (Hew & Wang, Luo, ۲۰۲۵; Springer, ۲۰۲۵a; al et Tu, ۲۰۲۵). سیستم‌های تدریس هوشمند تطبیقی با معماری مدولار خود، امکان یکپارچه‌سازی مؤلفه‌های مختلف هوش مصنوعی را فراهم کرده‌اند و می‌توانند در مقیاس بزرگ به کار گرفته شوند (al et Choi, ۲۰۲۶).

با این حال، کاربست هوش مصنوعی در آموزش با چالش‌های قابل توجهی نیز همراه است. توهّمات هوش مصنوعی، خطر وابستگی بیش از حد، کاهش مهارت‌های تفکر انتقادی، نگرانی‌های حریم خصوصی و سوگیری‌های الگوریتمی از جمله مسائلی هستند که نیازمند توجه جدی و تدوین چارچوب‌های اخلاقی مناسب می‌باشند (al et Abbas, ۲۰۲۴; Lan, ۲۰۲۵). توسعه سیستم‌های قابل تفسیر (al et Rodriguez, ۲۰۲۵) و رویکردهای انسان-در-حلقه (IEEE, ۲۰۲۵d) می‌تواند به رفع برخی از این چالش‌ها کمک کند.

چشم‌انداز آینده هوش مصنوعی در آموزش بسیار روشن و امیدوارکننده است. پیش‌بینی می‌شود که با پیشرفت مدل‌های چندوجهی (IEEE, ۲۰۲۵a) و یکپارچه‌سازی آنها در محیط‌های یادگیری، شاهد سیستم‌های هوشمندی باشیم که نه تنها عملکرد شناختی، بلکه وضعیت عاطفی دانش‌آموزان را نیز در نظر می‌گیرند و مداخلات جامع‌تری ارائه می‌دهند. همچنین توسعه سیستم‌های مبتنی بر عامل (Systems Agent-Based) که چندین عامل هوشمند با نقش‌های تخصصی مختلف با یکدیگر و با دانش‌آموز تعامل دارند (Hew & Wang, Luo, ۲۰۲۵)، می‌تواند تجربه یادگیری را به سطح جدیدی از شخصی‌سازی و کارآمدی ارتقا دهد.

با این وجود، تحقق کامل این چشم‌انداز نیازمند همکاری نزدیک پژوهشگران، معلمان، طراحان سیستم‌های آموزشی و سیاست‌گذاران است. آموزش سواد هوش مصنوعی به دانش‌آموزان و معلمان، تدوین استانداردهای اخلاقی و فنی، و توسعه سیستم‌هایی که به جای جایگزینی معلم، او را توانمندتر می‌سازند، از جمله اقدامات ضروری در این مسیر هستند. هوش مصنوعی نمی‌تواند و نباید جایگزین معلم انسانی شود، اما می‌تواند ابزاری قدرتمند در دستان او باشد تا آموزش را شخصی‌سازی‌تر، کارآمدتر و عادلانه‌تر کند. آینده آموزش، تلفیقی هوشمندانه از تخصص انسانی و توانمندی‌های محاسباتی هوش مصنوعی خواهد بود.

منابع

۱. Abbas, M, Jamal, A, & Khan, A). ۲۰۲۴. (The dark side of AI in education: Procrastination, memory erosion, and academic decline. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *۲۱*(۱), ۱-۲۴.
۲. Abu-Salih, B, & Alotaibi, S). ۲۰۲۴. (Hybrid models combining large language models with knowledge graphs: Enhancing contextual understanding and interpretability in smart learning environments. *Computers and Education Artificial Intelligence*, *۶*(۱), ۱۰۰۲۱۴.

۳. Bandura ,A) .۱۹۷۸ .(Self-efficacy :Toward a unifying theory of behavioral change .
Psychological Review ,*(۸۶)*۲ , (۱۹۱-۲۱۵.
۴. Barnard ,L ,Lan ,W .Y ,To ,Y .M ,Paton ,V .O ,& Lai ,S .L) .۲۰۰۹ .(Measuring self-regulation
in online and blended learning environments .*The Internet and Higher Education* ,
*(۱۳)*۱ , (۱-۶.
۵. Bates ,T ,Cobo ,C ,Mariño ,O ,& Wheeler ,S) .۲۰۲۰ .(Can artificial intelligence transform
higher education? *International Journal of Educational Technology in Higher Education* ,
*(۱۷)*۱ , (۱-۱۲.
۶. Broadbent ,J ,Fuller-Tyszkiewicz ,M ,& Panadero ,E) .۲۰۲۰ .(Self-regulated learning in
online learning environments :A systematic review .*Educational Psychology Review* ,
*(۳۳)*۳ , (۵۴۵-۵۷۹.
۷. Carless ,D ,& Boud ,D) .۲۰۱۸ .(The development of student feedback literacy :Enabling
uptake of feedback .*Assessment & Evaluation in Higher Education* ,*(۴۳)*۸ , (۱۳۱۵-۱۳۲۵.
۸. Chen ,X ,Zou ,D ,Cheng ,G ,& Xie ,H) .۲۰۲۳ .(A systematic review of AI-based
personalized learning systems in higher education .*Education and Information
Technologies* ,*(۲۸)*۸ , (۱۰۲۴۳-۱۰۲۶۸.
۹. Chen ,X ,Zou ,D ,Xie ,H ,& Wang ,F .L) .۲۰۲۴ .(Artificial intelligence in STEM education :
A systematic review .*Education and Information Technologies* ,*(۲۹)*۳ , (۲۷۹۱-۲۸۲۲.
۱۰. Choi ,J ,Lee ,H ,Kim ,S ,& Park ,J) .۲۰۲۶ .(Service-oriented framework for intelligent
assessment :A scalable adaptive assessment approach for collaborative eLearning .
Smart Learning Environments ,*(۱۳)*۸ , (۱-۲۸.
۱۱. Crompton ,H ,& Burke ,D) .۲۰۲۳ .(Artificial intelligence in higher education :A systematic
review .*International Journal of Educational Technology in Higher Education* ,*(۲۰)*۱ , (۱-
۲۴.

۱۲. Cui ,X ,& Yu ,L) .۲۰۱۹ .(Knowledge graph construction and application in education .
Journal of Educational Technology & Society ,*(۳۳)*, (۱۰۱-۱۱۳).
۱۳. Grand View Research) .۲۰۲۲ .(*Artificial intelligence in education market size ,share & trends analysis report* ,*(۲۰۲۲-۲۰۳۰)* .Grand View Research.
۱۴. IEEE) .۲۰۲۵a .(Assessing personalized engineering learning experience with a multi-modal AI tutoring framework .*IEEE Transactions on Education* ,*(۶۸)*, (۱-۱۲).
۱۵. IEEE) .۲۰۲۵c .(Leveraging machine learning and NLP for adaptive education systems :A personalized approach for children .*IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* ,۲۰۲۵.
۱۶. IEEE) .۲۰۲۵d .(Human-in-the-loop systems for adaptive learning using generative AI .
IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Education ,۲۰۲۵.
۱۷. Jiang ,Y ,Liu ,S ,Zhou ,X ,& Yang ,Q) .۲۰۲۴ .(Knowledge graph-enhanced generative AI for personalized learning .*Computers and Education* ,*(۱۱۵)* ,۱۰۵-۱۲۴.
۱۸. Lan ,A) .۲۰۲۵ .(Personalized learning in the age of generative artificial intelligence .In
The Routledge Handbook of AI and Education) pp .۲۴۵-۲۶۲ .(Routledge.
۱۹. Luo ,X ,Wang ,S ,& Hew ,K .F) .۲۰۲۵ .(Development and implementation of a generative AI-based personalized recommender system to improve students' self-regulated learning and academic performance .*Computers and Education* ,*(۱۱۰)* ,۱۰۵-۱۲۶.
۲۰. McCarthy ,J ,Minsky ,M .L ,Rochester ,N ,& Shannon ,C .E) .۱۹۵۶ .(A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence .*AI Magazine* ,*(۳۷)*, (۱۲-۱۴).
۲۱. Ouyang ,F ,& Xu ,W) .۲۰۲۴ .(The roles of AI in online higher education :A systematic review .*Computers and Education Artificial Intelligence* ,*(۷)* ,۱۰۰-۱۱۸.
۲۲. Ouyang ,F ,Zheng ,L ,& Jiao ,P) .۲۰۲۲ .(Artificial intelligence in online higher education : A systematic review of empirical research .*Computers and Education* ,*(۱۸۶)* ,۱۰۴-۱۱۸.

۲۳. Rodriguez ,M ,Fernandez J ,& Garcia ,A) .۲۰۲۵ .(Explainable educational assistant integrated in Moodle .Automated semantic assessment and adaptive tutoring based on NLP and XAI .*Discover Artificial Intelligence* ,*(۵*)۱۹۱ ,(۱-۲۲.
۲۴. Russell ,S J ,& Norvig ,P) .۲۰۱۰ .(*Artificial intelligence A modern approach*) ۳rd ed .(Prentice Hall.
۲۵. Springer) .۲۰۲۵a .(Adaptive intelligent tutoring systems for STEM education .Analysis of the learning impact and effectiveness of personalized feedback .*Smart Learning Environments* ,*(۱۳*)۴۱ ,(۱-۲۶.
۲۶. Tu ,Y.-F ,Liu ,G.-p ,Hwang ,G.-J ,Chen ,X.-W ,& Guo ,X.-G) .۲۰۲۶ .(AI self-efficacy and knowledge graph-integrated generative AI feedback in higher education .*Computers and Education* ,*(۱۵*)۱۰۵-۱۳۵.
۲۷. Venodhani ,A .R ,Jethose ,V ,& Raghuram ,B .N) .۲۰۲۵ .(EduQuest :Transform your learning with artificial intelligence .۲۰۲۵ *۴th International Conference on Automation , Computing and Renewable Systems*) ICACRS ,(۹۲۹-۹۳۴.
۲۸. Zawacki-Richter ,O ,Marín ,V .I ,Bond ,M ,& Gouverneur ,F) .۲۰۱۹ .(Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education-where are the educators? .*International Journal of Educational Technology in Higher Education* ,*(۱۶*)۱ ,(۱-۲۷.
۲۹. Zhao ,Y ,Zhang ,X ,& Wang ,H) .۲۰۲۴ .(Large language models for education :A comprehensive review .*Computers and Education Artificial Intelligence* ,*(۷*)۱۰۰-۱۲۳.
۳۰. Zimmerman ,B J) .۲۰۰۲ .(Becoming a self-regulated learner :An overview .*Theory into Practice* ,*(۴۱*)۲ ,(۶۴-۷۰.