

## تحلیل نقش هوش مصنوعی در بازتولید یا کاهش نابرابری آموزشی و طراحی الگوی عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار

حمید ملکی<sup>۱</sup>، دانشیار مدیریت آموزشی، دانشکده مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل نقش هوش مصنوعی در بازتولید یا کاهش نابرابری آموزشی و طراحی الگوی عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار شهر تهران تدوین شده است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی - پیمایشی با رویکرد همبستگی و تبیینی است. جامعه آماری موردنظر شامل مدیران، معاونان، معلمان و کارشناسان آموزشی مدارس مناطق کم‌برخوردار شهر تهران بوده و حجم نمونه پیشنهادی ۳۰۰ نفر در نظر گرفته شده است. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامه محقق‌ساخته و روش تحلیل داده‌ها، مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی است. در الگوی عددی ارائه‌شده برای گزارش نتایج، شخصی‌سازی یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی با ضریب مسیر ۰٫۲۴۳، زیرساخت دیجیتال با ضریب ۰٫۲۱۶، تخصیص هدفمند منابع آموزشی با ضریب ۰٫۱۹۴، توانمندسازی معلمان با ضریب ۰٫۱۸۷، آمادگی سازمانی با ضریب ۰٫۱۶۸ و سواد دیجیتال با ضریب ۰٫۱۴۱ با عدالت آموزشی هوشمند رابطه مثبت نشان می‌دهند. همچنین، ضریب مسیر سوگیری الگوریتمی به بازتولید نابرابری آموزشی برابر با ۰٫۳۱۸ و ضریب مسیر حکمرانی مسئولانه به کاهش بازتولید نابرابری برابر با ۰٫۲۷۶ در نظر گرفته شده است. در این حجم نمونه، ضریب تعیین عدالت آموزشی هوشمند ۰٫۷۲۴ و ضریب تعیین بازتولید نابرابری آموزشی ۰٫۵۴۸ است؛ به این معنا که مدل به ترتیب ۷۲٫۴ و ۵۴٫۸ درصد از واریانس این دو سازه را تبیین می‌کند. افزون بر این، ضرایب تعامل کاربرد هوش مصنوعی با توانمندسازی معلمان و زیرساخت دیجیتال به ترتیب ۰٫۱۲۴ و ۰٫۱۵۷ در نظر گرفته شده‌اند. مقدار شاخص میانگین ریشه دوم مربعات باقیمانده استانداردشده نیز در این الگو ۰٫۰۶۱ است. در مجموع، چارچوب مفهومی پژوهش بر این نکته تأکید دارد که ظرفیت هوش مصنوعی برای ارتقای عدالت آموزشی به دسترسی متصفانه به زیرساخت‌های دیجیتال، توانمندسازی نیروی انسانی، شخصی‌سازی یادگیری، تخصیص هدفمند منابع و استقرار سازوکارهای حکمرانی مسئولانه وابسته است. تأیید روابط و مقادیر آماری یادشده مستلزم گردآوری داده‌های میدانی و اجرای تحلیل نهایی است.

**واژگان کلیدی:** هوش مصنوعی، عدالت آموزشی هوشمند، نابرابری آموزشی، سوگیری الگوریتمی، مدارس کم‌برخوردار

---

<sup>1</sup> dr.maleki@pnu.ac.ir

## مقدمه

آموزش یکی از بنیادی‌ترین سازوکارهای توسعه انسانی، تحرک اجتماعی و کاهش نابرابری‌های ساختاری در جوامع معاصر است؛ با این حال، تحقق کارکرد عدالت‌محور نظام‌های آموزشی همواره تحت تأثیر تفاوت‌های اقتصادی، اجتماعی، جغرافیایی و فرهنگی دانش‌آموزان قرار داشته است. دسترسی نابرابر به امکانات آموزشی، کیفیت متفاوت تدریس، کمبود معلمان متخصص، محدودیت منابع یادگیری و تفاوت در حمایت‌های خانوادگی، از جمله عواملی هستند که می‌توانند فرصت‌های یادگیری را میان گروه‌های مختلف اجتماعی نابرابر سازند. این مسئله در مدارس مناطق کم‌برخوردار، به دلیل هم‌زمانی محرومیت‌های اقتصادی، ضعف زیرساخت‌های آموزشی و محدودیت دسترسی به فناوری‌های نوین، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در چنین شرایطی، عدالت آموزشی صرفاً به معنای فراهم کردن امکان ثبت‌نام یا حضور در مدرسه نیست، بلکه مستلزم ایجاد فرصت‌های واقعی و متناسب برای یادگیری، رشد توانمندی‌ها و دستیابی به نتایج آموزشی مطلوب برای همه دانش‌آموزان است. گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو نشان می‌دهد که فناوری‌های آموزشی، با وجود ظرفیت بالقوه برای گسترش دسترسی و حمایت از گروه‌های محروم، در صورت فقدان سیاست‌گذاری عادلانه و زیرساخت‌های مناسب، ممکن است به ایجاد موانع تازه و تشدید شکاف‌های موجود منجر شوند؛ از این رو، استفاده از فناوری در آموزش باید بر اساس نیازهای یادگیرندگان، شواهد معتبر و الزامات برابری فرصت‌ها ارزیابی شود (تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

در این میان، گسترش هوش مصنوعی به عنوان یکی از تحولات اثرگذار بر نظام‌های آموزشی، فرصت‌های جدیدی برای بازاندیشی در شیوه‌های تدریس، ارزشیابی، پشتیبانی یادگیری و مدیریت منابع آموزشی فراهم کرده است. سامانه‌های هوشمند می‌توانند با تحلیل عملکرد دانش‌آموزان، شناسایی دشواری‌های یادگیری، ارائه بازخورد متناسب با نیازهای فردی، تولید محتوای آموزشی متنوع و کمک به معلمان در طراحی فعالیت‌های یادگیری، بخشی از محدودیت‌های آموزش یکسان و یک‌طرفه را کاهش دهند. برای مثال، دانش‌آموزی که به دلیل کمبود امکانات آموزشی به کلاس‌های تقویتی دسترسی ندارد، ممکن است از طریق ابزارهای هوشمند یادگیری و محتوای متناسب با سطح دانش خود، فرصت بیشتری برای تمرین و دریافت بازخورد پیدا کند. همچنین، معلمان مدارس کم‌برخوردار می‌توانند از قابلیت‌های هوش مصنوعی برای تهیه تمرین‌های متنوع، ساده‌سازی مفاهیم دشوار و طراحی فعالیت‌های آموزشی متناسب با تفاوت‌های فردی استفاده کنند. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در گزارش چشم‌انداز آموزش دیجیتال، بر ظرفیت هوش مصنوعی مولد برای گسترش فرصت‌های یادگیری و

شخصی سازی آموزش تأکید می کند؛ با این حال، بهره گیری مؤثر از این ظرفیت به آمادگی معلمان، کیفیت راهبری آموزشی و وجود سازوکارهای مناسب برای کنترل مخاطرات وابسته است (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

با وجود این فرصت ها، نمی توان فرض کرد که ورود هوش مصنوعی به مدارس الزاماً به بهبود عدالت آموزشی منجر خواهد شد. یکی از مسائل اساسی در این حوزه آن است که فناوری های هوشمند در خلأ اجتماعی و اقتصادی توسعه نمی یابند، بلکه عملکرد آن ها به کیفیت داده های مورد استفاده، شرایط دسترسی کاربران، پیش فرض های طراحان و ساختارهای اجتماعی موجود وابسته است. دانش آموزان برخوردار ممکن است به اینترنت پایدار، ابزارهای دیجیتال پیشرفته، محیط مناسب مطالعه و حمایت خانواده دسترسی داشته باشند، در حالی که دانش آموزان مناطق محروم با محدودیت هایی مانند فقدان تجهیزات کافی، هزینه بالای اتصال، کمبود مهارت های دیجیتال و نبود پشتیبانی فنی مواجه باشند. در چنین وضعیتی، ارائه یک ابزار هوشمند یکسان به همه دانش آموزان، لزوماً به معنای ایجاد فرصت های برابر نیست؛ زیرا توانایی بهره برداری از آن ابزار میان افراد و مدارس متفاوت است. افزون بر این، اگر سامانه های هوشمند بر داده هایی آموزش ببینند که تجربه ها و ویژگی های دانش آموزان مناطق کم برخوردار را به خوبی بازنمایی نمی کنند، ممکن است در تشخیص توانایی ها، پیش بینی عملکرد یا پیشنهاد مسیرهای یادگیری، نتایجی نامتناسب و ناعادلانه تولید کنند. از این منظر، هوش مصنوعی می تواند به جای برطرف کردن موانع ساختاری، آن ها را در قالب تصمیم های ظاهراً فنی و بی طرف بازتولید کند؛ مسئله ای که ضرورت توجه به عدالت داده ای، شفافیت الگوریتمی و مسئولیت پذیری نهادی را برجسته می سازد (هولمز و همکاران، ۲۰۲۲؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

از سوی دیگر، نابرابری آموزشی در عصر هوش مصنوعی را نمی توان صرفاً به تفاوت در دسترسی به رایانه یا اینترنت تقلیل داد؛ بلکه باید آن را پدیده ای چندبعدی دانست که ابعاد زیرساختی، اقتصادی، مهارتی، زبانی، فرهنگی و نهادی را در بر می گیرد. در این چارچوب، برخورداری از فناوری با توانایی استفاده مؤثر و انتقادی از آن تفاوت دارد. حتی در شرایطی که دانش آموزان به ابزارهای مشابه دسترسی داشته باشند، تفاوت در سواد دیجیتال، توانایی ارزیابی پاسخ های تولیدشده، مهارت طرح پرسش و حمایت آموزشی معلمان می تواند به نتایج یادگیری متفاوت منجر شود. گزارش وضعیت کودکان جهان در سال ۲۰۲۴ یونیسف نیز بر این نکته تأکید دارد که فناوری های نوظهور، در کنار فرصت های تازه برای یادگیری و خلاقیت، ممکن است در صورت بازنمایی نشدن تنوع ویژگی های کودکان در داده های آموزشی، الگوهای پیشین تبعیض را تقویت کنند. بنابراین، تحلیل عدالت آموزشی هوشمند

مستلزم توجه هم‌زمان به دسترسی، کیفیت استفاده، توانمندی کاربران و پیامدهای واقعی فناوری برای گروه‌های مختلف دانش‌آموزی است (صندوق کودکان سازمان ملل متحد، ۲۰۲۴).

یکی دیگر از ابعاد مهم این مسئله، نقش معلم و مدرسه در تبدیل ظرفیت‌های فنی هوش مصنوعی به فرصت‌های واقعی یادگیری است. هرچند سامانه‌های هوشمند می‌توانند بخشی از فعالیت‌های آموزشی را تسهیل کنند، جایگزینی ارتباط انسانی، شناخت زمینه زندگی دانش‌آموزان و قضاوت حرفه‌ای معلم با تصمیم‌های خودکار، ممکن است به تضعیف کیفیت تجربه آموزشی بینجامد. در مدارس کم‌برخوردار، که معلمان گاه با تراکم کلاس، محدودیت منابع کمک‌آموزشی و کمبود فرصت‌های توانمندسازی حرفه‌ای مواجه‌اند، استفاده مؤثر از هوش مصنوعی به برنامه‌های آموزشی هدفمند، پشتیبانی فنی و مشارکت فعال معلمان نیاز دارد. چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای معلمان یونسکو بر ضرورت توسعه توانایی‌های حرفه‌ای در زمینه شناخت فناوری، اخلاق هوش مصنوعی، کاربردهای آموزشی و یادگیری حرفه‌ای مستمر تأکید می‌کند. بر این اساس، توانمندسازی معلمان باید یکی از ارکان اصلی هر الگوی عدالت آموزشی هوشمند باشد؛ زیرا دسترسی به فناوری بدون برخورداری از دانش و مهارت لازم برای استفاده مسئولانه از آن، تضمین‌کننده بهبود یادگیری نیست (میاو و چوکورووا، ۲۰۲۴؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

افزون بر این، گسترش ابزارهای هوش مصنوعی مولد، مسائل اخلاقی و حقوقی تازه‌ای را در محیط‌های مدرسه‌ای مطرح کرده است. حفاظت از اطلاعات شخصی کودکان، شفافیت در استفاده از داده‌های تحصیلی، جلوگیری از تبعیض الگوریتمی، رعایت تنوع زبانی و فرهنگی و امکان نظارت انسانی بر تصمیم‌های حساس، از جمله الزامات استفاده عادلانه از این فناوری‌ها محسوب می‌شوند. برای نمونه، اگر یک سامانه هوشمند بر اساس سابقه تحصیلی محدود دانش‌آموز، توانایی او را پایین ارزیابی کند و فرصت‌های یادگیری پیشرفته‌تری در اختیارش قرار ندهد، این تصمیم ممکن است به چرخه‌ای خودتقویت‌شونده از محرومیت منجر شود. همچنین، استفاده از ابزارهایی که با زبان، فرهنگ یا محتوای درسی دانش‌آموزان مناطق مختلف سازگاری کافی ندارند، می‌تواند کیفیت حمایت آموزشی را کاهش دهد. راهنمای یونسکو درباره هوش مصنوعی مولد در آموزش و پژوهش، رویکردی انسان‌محور را پیشنهاد می‌کند که در آن حفاظت از داده‌ها، تناسب سنی، اعتبارسنجی آموزشی و رعایت اصول اخلاقی، پیش‌شرط استفاده مسئولانه از این فناوری‌ها هستند. در نتیجه، عدالت آموزشی هوشمند باید علاوه بر کارآمدی آموزشی، معیارهای پاسخ‌گویی، شفافیت و حمایت از حقوق یادگیرندگان را نیز در بر گیرد (میاو و هولمز، ۲۰۲۳؛ هولمز و همکاران، ۲۰۲۲).

در سطح سیاست‌گذاری نیز تحقق عدالت آموزشی هوشمند مستلزم عبور از رویکردهای پراکنده و فناورانه به سمت طراحی مداخلات منسجم و مبتنی بر نیازهای واقعی مدارس است. تجهیز مدارس به ابزارهای دیجیتال، به‌تنهایی نمی‌تواند نابرابری‌های ریشه‌دار را برطرف کند؛ بلکه باید منابع مالی و انسانی بر اساس شدت محرومیت، کیفیت زیرساخت‌ها، نیازهای یادگیری دانش‌آموزان و ظرفیت اجرایی مدارس تخصیص یابند. در چنین رویکردی، هوش مصنوعی می‌تواند به شناسایی زودهنگام افت تحصیلی، تشخیص نیازهای حمایتی، توزیع هدفمند منابع و پایش شکاف‌های یادگیری کمک کند؛ مشروط بر آنکه داده‌های مورد استفاده معتبر باشند و تصمیم‌های حاصل از تحلیل‌های هوشمند تحت نظارت انسانی و ارزیابی مستمر قرار گیرند. گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو در سال ۲۰۲۳، دسترسی به فناوری، حکمرانی و مقررات مناسب و آمادگی معلمان را از شرایط اساسی بهره‌گیری مؤثر از فناوری در آموزش می‌داند. این دیدگاه نشان می‌دهد که عدالت آموزشی هوشمند، بیش از آنکه به خرید و استقرار ابزارهای جدید وابسته باشد، به هماهنگی میان زیرساخت، سیاست‌گذاری، توانمندسازی نیروی انسانی و ارزیابی پیامدها نیاز دارد (تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

در همین راستا، چارچوب‌های بین‌المللی جدید بر ضرورت آماده‌سازی دانش‌آموزان برای مواجهه آگاهانه، مسئولانه و انتقادی با هوش مصنوعی تأکید دارند. چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای دانش‌آموزان یونسکو، شایستگی‌های مرتبط با رویکرد انسان‌محور، اخلاق هوش مصنوعی، شناخت کاربردها و طراحی سامانه‌های هوشمند را در کانون توجه قرار می‌دهد. این چارچوب نشان می‌دهد که عدالت آموزشی در محیط‌های هوشمند صرفاً به مصرف‌کننده‌بودن دانش‌آموزان محدود نمی‌شود، بلکه باید فرصت شناخت، ارزیابی و استفاده خلاقانه از فناوری را نیز برای آنان فراهم کند. باین‌حال، تحقق چنین هدفی در مدارس کم‌برخوردار نیازمند برنامه‌های درسی متناسب، محتوای قابل دسترس، آموزش معلمان و توجه به تفاوت‌های زبانی و فرهنگی است. اگر آموزش سواد هوش مصنوعی تنها در مدارس برخوردار توسعه یابد، ممکن است شکاف تازه‌ای میان دانش‌آموزان برخوردار از توانایی‌های فناورانه و دانش‌آموزانی ایجاد شود که از این فرصت‌ها محروم مانده‌اند. ازاین‌رو، گسترش شایستگی‌های هوش مصنوعی باید به‌عنوان بخشی از سیاست‌های جبرانی و عدالت‌محور نظام آموزشی مورد توجه قرار گیرد (میاو و همکاران، ۲۰۲۴؛ یونسکو، ۲۰۲۴).

با وجود افزایش توجه جهانی به کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش، همچنان این پرسش اساسی مطرح است که تحت چه شرایطی این فناوری به کاهش نابرابری آموزشی منجر می‌شود و در چه شرایطی ممکن است به

بازتولید آن بینجامد. پاسخ به این پرسش نیازمند بررسی هم‌زمان سازوکارهای تسهیل‌کننده و بازدارنده است؛ از جمله کیفیت و دسترس‌پذیری زیرساخت‌ها، عدالت در توزیع منابع، آمادگی معلمان، توانمندی دیجیتال دانش‌آموزان، کیفیت داده‌ها، تناسب فرهنگی ابزارها و نحوه حکمرانی بر فناوری. بخش مهمی از ادبیات پژوهشی هوش مصنوعی در آموزش نیز بر تنوع کاربردها و ضرورت توجه به زمینه‌های اجرایی و نقش کنشگران آموزشی تأکید کرده است؛ بنابراین، تعمیم ساده نتایج حاصل از محیط‌های برخوردار به مدارس کم‌برخوردار، بدون بررسی شرایط زمینه‌ای، می‌تواند به سیاست‌گذاری‌های ناکارآمد منجر شود (زاواکی‌ریشتر و همکاران، ۲۰۱۹؛ هولمز و همکاران، ۲۰۲۲).

بر این اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر موضوع «تحلیل نقش هوش مصنوعی در بازتولید یا کاهش نابرابری آموزشی و طراحی الگوی عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار» در پی آن است که از نگاه دوگانه و ساده‌انگارانه به فناوری، به سمت تبیین شرایط و سازوکارهایی حرکت کند که پیامدهای آموزشی هوش مصنوعی را شکل می‌دهند. اهمیت این پژوهش در آن است که به‌جای فرض‌گرفتن اثر مثبت یا منفی فناوری، امکان بررسی روابط میان عوامل فناورانه، آموزشی، اجتماعی و نهادی را فراهم می‌سازد و بر مبنای آن، چارچوبی برای استفاده عادلانه، اثربخش و مسئولانه از هوش مصنوعی پیشنهاد می‌کند. الگوی مطلوب باید بتواند ضمن شناسایی موانع دسترسی و بهره‌برداری، راهکارهایی برای توانمندسازی معلمان، حمایت هدفمند از دانش‌آموزان، بهبود تخصیص منابع، کاهش سوگیری‌های الگوریتمی و ارزیابی مستمر پیامدهای آموزشی ارائه دهد. در نهایت، مسئله محوری پژوهش این است که چگونه می‌توان ظرفیت‌های هوش مصنوعی را به ابزاری برای گسترش فرصت‌های یادگیری و کاهش شکاف‌های آموزشی تبدیل کرد، بی‌آنکه محدودیت‌های زیرساختی و اجتماعی موجود به شکل تازه‌ای در نظام‌های هوشمند بازتولید شوند.

## مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۱. مبانی نظری پژوهش

#### ۱-۱. مفهوم عدالت آموزشی در عصر هوش مصنوعی

عدالت آموزشی یکی از مفاهیم بنیادین در سیاست‌گذاری آموزشی است که بر توزیع منصفانه فرصت‌های یادگیری، دسترسی به منابع باکیفیت و فراهم‌سازی شرایط لازم برای رشد استعدادهای دانش‌آموزان تأکید دارد. در این دیدگاه، برابری آموزشی به معنای ارائه امکانات کاملاً یکسان به همه دانش‌آموزان نیست، بلکه به معنای فراهم‌کردن

حمایت‌های متناسب با نیازها و موانع پیش روی آنان است. دانش‌آموزی که در مدرسه‌ای با کمبود معلم متخصص، امکانات محدود و دسترسی ناپایدار به اینترنت تحصیل می‌کند، برای برخورداری از فرصت یادگیری مشابه با دانش‌آموز مدرسه‌ای برخوردار، ممکن است به منابع حمایتی بیشتری نیاز داشته باشد. بنابراین، عدالت آموزشی مستلزم شناسایی تفاوت‌های زمینه‌ای و تخصیص هدفمند منابع است. از این منظر، ورود هوش مصنوعی به آموزش باید نه فقط بر اساس میزان دسترسی به ابزارهای دیجیتال، بلکه با توجه به میزان بهره‌مندی واقعی دانش‌آموزان از فرصت‌های یادگیری و پیامدهای حاصل از استفاده از فناوری ارزیابی شود. گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو نشان می‌دهد که فناوری می‌تواند به گسترش دسترسی و بهبود کیفیت یادگیری کمک کند، اما اثربخشی آن به شرایط اجتماعی، کیفیت زیرساخت‌ها، آمادگی معلمان و نحوه حکمرانی آموزشی وابسته است؛ در نتیجه، عدالت آموزشی هوشمند باید بر مبنای نیازهای واقعی یادگیرندگان و نه صرفاً گسترش تجهیزات فناورانه طراحی شود (سن، ۱۹۹۹؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

### ۲-۱. نظریه قابلیت‌ها و رویکرد فرصت‌های واقعی یادگیری

رویکرد قابلیت‌ها، که در آثار آمارتیا سن توسعه یافته است، مبنای نظری مناسبی برای تحلیل عدالت آموزشی در محیط‌های هوشمند فراهم می‌کند. بر اساس این رویکرد، عدالت را نباید فقط بر پایه منابع در اختیار افراد سنجید، بلکه باید بررسی کرد که آنان تا چه اندازه قادرند منابع موجود را به فرصت‌ها و دستاوردهای واقعی تبدیل کنند. در محیط آموزشی، وجود یک سامانه هوش مصنوعی برای همه مدارس به‌تنهایی نشان‌دهنده عدالت نیست؛ زیرا برخی دانش‌آموزان ممکن است به اینترنت مناسب، ابزار سازگار، محتوای قابل فهم، مهارت دیجیتال یا راهنمایی معلم دسترسی نداشته باشند. در نتیجه، یک فناوری واحد می‌تواند برای دانش‌آموزان مختلف قابلیت‌های متفاوتی ایجاد کند. بر این اساس، عدالت آموزشی هوشمند زمانی محقق می‌شود که دانش‌آموزان مناطق کم‌برخوردار بتوانند از فناوری برای فهم بهتر مطالب، تمرین مستقل، دریافت بازخورد و افزایش توانایی‌های علمی خود استفاده کنند. این دیدگاه از ضرورت توجه به عواملی مانند دسترسی‌پذیری، تناسب فرهنگی، مهارت دیجیتال و حمایت آموزشی حکایت دارد. بنابراین، در الگوی مفهومی پژوهش حاضر، عدالت آموزشی نباید صرفاً با شاخص‌هایی مانند تعداد دستگاه‌ها یا تعداد کاربران سامانه سنجیده شود، بلکه باید توانایی واقعی دانش‌آموزان برای بهره‌گیری از فرصت‌های آموزشی هوشمند نیز در کانون ارزیابی قرار گیرد (سن، ۱۹۹۹؛ نوسباوم، ۲۰۱۱).

### ۳-۱. نظریه بازتولید اجتماعی و نابرابری آموزشی

نظریه بازتولید اجتماعی توضیح می‌دهد که نظام‌های آموزشی ممکن است، به جای کاهش نابرابری‌های اجتماعی، بخشی از تفاوت‌های موجود در سرمایه اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی خانواده‌ها را بازتولید کنند. در چارچوب نظری بوردیو و پاسرون، برخورداری از سرمایه فرهنگی و آشنایی با انتظارات و قواعد مسلط آموزشی می‌تواند بر موفقیت تحصیلی تأثیر بگذارد. در محیط‌های هوشمند نیز ممکن است همین سازوکارها به شکل جدیدی ظاهر شوند؛ برای مثال، دانش‌آموزانی که خانواده‌های آنان با فناوری‌های جدید آشنایی بیشتری دارند، می‌توانند از ابزارهای هوش مصنوعی برای تمرین، رفع اشکال و توسعه مهارت‌های خود استفاده مؤثرتری داشته باشند. در مقابل، دانش‌آموزان محروم ممکن است به دلیل ضعف زیرساخت‌ها یا ناآشنایی با کاربردهای آموزشی فناوری، از این مزایا بهره کمتری ببرند. به همین ترتیب، اگر نظام‌های هوشمند بر اساس داده‌های تاریخی عملکرد تحصیلی آموزش ببینند، امکان دارد محرومیت‌های گذشته را به عنوان نشانه‌ای از توانایی پایین‌تر تفسیر کنند و در تخصیص فرصت‌های آموزشی، تصمیم‌هایی اتخاذ کنند که به استمرار نابرابری بینجامد. این تحلیل نشان می‌دهد که فناوری به‌خودی‌خود نه عادلانه است و نه ناعادلانه؛ بلکه آثار آن به ساختار اجتماعی، طراحی سامانه، کیفیت داده‌ها و قواعد استفاده وابسته است. گزارش یونسکو درباره فناوری در آموزش نیز هشدار می‌دهد که منافع فناوری به‌طور خودکار به گروه‌های محروم نمی‌رسد و تصمیم‌های فناورانه باید با توجه به زمینه اجتماعی و پیامدهای توزیعی اتخاذ شوند (بوردیو و پاسرون، ۱۹۷۷؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

#### ۴-۱. شکاف دیجیتال و نابرابری در بهره‌مندی از هوش مصنوعی

نظریه شکاف دیجیتال برای تبیین تفاوت میان دسترسی اسمی به فناوری و بهره‌مندی واقعی از آن اهمیت دارد. این شکاف را می‌توان در سه سطح مرتبط بررسی کرد: تفاوت در دسترسی به تجهیزات و اتصال، تفاوت در مهارت و شیوه استفاده از فناوری، و تفاوت در پیامدهایی که افراد از استفاده از آن به دست می‌آورند. در مدارس مناطق کم‌برخوردار، ممکن است حتی با وجود دسترسی محدود به اینترنت یا تلفن همراه، امکان استفاده مستمر از ابزارهای هوش مصنوعی وجود نداشته باشد. افزون بر آن، تفاوت در سواد اطلاعاتی، توانایی ارزیابی صحت پاسخ‌ها، مهارت طرح پرسش و حمایت معلمان می‌تواند کیفیت بهره‌گیری از این ابزارها را تحت تأثیر قرار دهد. از این‌رو، ارزیابی عدالت آموزشی هوشمند مستلزم بررسی چندبعدی دسترسی، مهارت و پیامدهای استفاده است. ون دایک در نظریه نابرابری‌های دیجیتال توضیح می‌دهد که دسترسی به فناوری فرایندی چندمرحله‌ای است و برخورداری از تجهیزات، به‌تنهایی تضمین‌کننده مشارکت برابر در جامعه دیجیتال نیست. در امتداد این دیدگاه، می‌توان انتظار داشت که ضعف زیرساخت و مهارت دیجیتال در مدارس محروم، اثربخشی کاربردهای هوش مصنوعی را کاهش

دهد و در صورت فقدان سیاست‌های جبرانی، شکاف آموزشی را تشدید کند (ون دایک، ۲۰۲۰؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

#### ۵-۱. شخصی‌سازی یادگیری و ظرفیت هوش مصنوعی برای کاهش نابرابری

شخصی‌سازی یادگیری یکی از سازوکارهای اصلی اثرگذاری بالقوه هوش مصنوعی بر عدالت آموزشی است. در آموزش متعارف، معلم معمولاً باید در زمان محدود به نیازهای گروهی از دانش‌آموزان با سطوح متفاوت دانش و توانایی پاسخ دهد؛ بنابراین، شناسایی دقیق نیازهای فردی و ارائه بازخورد مستمر ممکن است دشوار باشد. سامانه‌های آموزشی هوشمند می‌توانند با تحلیل پاسخ‌های یادگیرندگان، شناسایی خطاهای رایج، تنظیم دشواری تمرین‌ها و پیشنهاد مسیرهای یادگیری متناسب، بخشی از این محدودیت را کاهش دهند. این ظرفیت برای دانش‌آموزان مناطق کم‌برخوردار اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا ممکن است دسترسی آنان به کلاس‌های تقویتی، معلمان خصوصی و منابع تکمیلی محدود باشد. باین‌حال، شخصی‌سازی زمانی به کاهش نابرابری کمک می‌کند که سامانه به نیازهای واقعی دانش‌آموز پاسخ دهد، محتوای مناسب ارائه کند و در کنار تعامل انسانی و راهنمایی معلم قرار گیرد. مرور پژوهش‌های مربوط به هوش مصنوعی در آموزش نشان می‌دهد که کاربردهای این فناوری طیفی از سامانه‌های آموزش هوشمند و تحلیل یادگیری تا ابزارهای مولد را شامل می‌شوند؛ باین‌حال، نتایج آن‌ها به نوع کاربرد، محیط آموزشی و نحوه اجرا وابسته است. بنابراین، شخصی‌سازی یادگیری در پژوهش حاضر به‌عنوان سازوکاری بالقوه برای افزایش فرصت‌های یادگیری در نظر گرفته می‌شود، نه پیامدی که تحقق آن در همه شرایط قطعی باشد (زاواکی‌ریشتر و همکاران، ۲۰۱۹؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

#### ۶-۱. سوگیری الگوریتمی، عدالت داده‌ای و حکمرانی هوش مصنوعی

یکی از مبانی مهم پژوهش حاضر، نظریه‌ها و مطالعات انتقادی مرتبط با سوگیری الگوریتمی و نابرابری فناورانه است. سامانه‌های هوش مصنوعی از داده‌ها، معیارهای طراحی و قواعد محاسباتی برای تولید پاسخ یا پشتیبانی از تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند؛ بنابراین، کیفیت و نمایندگی داده‌ها و نیز اهدافی که در طراحی سامانه دنبال می‌شوند، می‌توانند بر نتایج آن اثر بگذارند. اگر داده‌های آموزشی عمدتاً از مدارس برخوردار گردآوری شده باشند، ابزار هوشمند ممکن است با ویژگی‌های زبانی، فرهنگی و آموزشی دانش‌آموزان مناطق محروم سازگاری کمتری داشته باشد. همچنین، استفاده از شاخص‌هایی مانند نمرات گذشته، میزان مشارکت دیجیتال یا سرعت پاسخ‌گویی، بدون توجه به محدودیت‌های محیطی دانش‌آموزان، می‌تواند به ارزیابی ناعادلانه توانایی‌های آنان منجر شود. پژوهش‌های انتقادی در حوزه فناوری نشان می‌دهند که سامانه‌های الگوریتمی ممکن است نابرابری‌های موجود را

در قالب تصمیم‌های خودکار بازتولید کنند؛ از این رو، ارزیابی عدالت الگوریتمی باید شامل بررسی داده‌های ورودی، معیارهای تصمیم‌گیری، قابلیت توضیح نتایج، امکان اعتراض و نظارت انسانی باشد. راهنمای یونسکو درباره هوش مصنوعی مولد نیز بر ضرورت رویکرد انسان‌محور، حفاظت از داده‌ها، اعتبارسنجی و توجه به ملاحظات اخلاقی تأکید می‌کند. بر همین اساس، در پژوهش حاضر، حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از شرایط نهادی ضروری برای جلوگیری از بازتولید نابرابری آموزشی در نظر گرفته می‌شود (نوبل، ۲۰۱۸؛ بنیامین، ۲۰۱۹؛ میاو و هولمز، ۲۰۲۳).

### ۷-۱. نقش توانمندسازی معلمان و آمادگی سازمانی مدارس

توانمندسازی معلمان یکی از عوامل کلیدی در تبدیل قابلیت‌های فنی هوش مصنوعی به نتایج آموزشی مطلوب است. معلمان نه تنها در انتخاب ابزارها و طراحی فعالیت‌های یادگیری نقش دارند، بلکه باید بتوانند پاسخ‌های تولیدشده را ارزیابی کنند، خطاهای احتمالی را تشخیص دهند، ملاحظات اخلاقی را رعایت کنند و از وابستگی بیش از حد دانش‌آموزان به سامانه‌های هوشمند جلوگیری کنند. در مدارس کم‌برخوردار، فقدان آموزش تخصصی، کمبود زمان، محدودیت تجهیزات و نبود پشتیبانی فنی می‌تواند استفاده مؤثر از هوش مصنوعی را با مانع مواجه سازد. بنابراین، صرف استقرار فناوری در مدرسه، بدون توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای و ایجاد آمادگی سازمانی، احتمالاً به نتایج پایدار منجر نخواهد شد. چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای معلمان یونسکو، توانایی‌های مرتبط با رویکرد انسان‌محور، اخلاق هوش مصنوعی، شناخت کاربردها، تلفیق فناوری با روش تدریس و یادگیری حرفه‌ای را مورد توجه قرار می‌دهد. همچنین، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی بر لزوم هماهنگی میان ابزارهای دیجیتال، کنشگران آموزشی و سیاست‌های نظام‌مند تأکید کرده است. بر این مبنا، انتظار می‌رود که افزایش توانمندی معلمان و آمادگی سازمانی مدارس، رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و بهبود عدالت آموزشی را تقویت کند (میاو و چوکورووا، ۲۰۲۴؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

### ۸-۱. چارچوب تلفیقی پژوهش

با تلفیق دیدگاه قابلیت‌ها، نظریه بازتولید اجتماعی، نظریه شکاف دیجیتال و رویکرد انتقادی به الگوریتم‌ها، می‌توان عدالت آموزشی هوشمند را پیامد تعامل چهار دسته عامل دانست: نخست، عوامل زیرساختی و دسترسی شامل اتصال پایدار، تجهیزات و دسترس‌پذیری ابزارها؛ دوم، عوامل آموزشی شامل شخصی‌سازی یادگیری، بازخورد متناسب و حمایت از دانش‌آموزان؛ سوم، عوامل انسانی و سازمانی شامل مهارت دیجیتال، توانمندسازی معلمان و آمادگی مدرسه؛ و چهارم، عوامل نهادی و اخلاقی شامل شفافیت، حفاظت از داده‌ها، کنترل سوگیری و نظارت

انسانی. در این چارچوب، کاربرد هوش مصنوعی می‌تواند با افزایش دسترسی به منابع یادگیری و تقویت حمایت آموزشی، به کاهش شکاف‌های آموزشی کمک کند؛ اما در صورت توزیع نابرابر زیرساخت‌ها، ضعف مهارت‌ها یا وجود سوگیری‌های الگوریتمی، احتمال بازتولید نابرابری افزایش می‌یابد. بنابراین، الگوی پیشنهادی پژوهش باید به‌جای تمرکز صرف بر میزان پذیرش فناوری، روابط میان این عوامل و شرایطی را بررسی کند که موجب افزایش یا کاهش پیامدهای عدالت‌محور می‌شوند. این چارچوب تلفیقی با تأکید یونسکو بر دسترسی، حکمرانی و آمادگی معلمان و با رویکرد سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در زمینه استفاده مسئولانه و اثربخش از هوش مصنوعی هم‌راستا است (تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳؛ میاو و چوکورووا، ۲۰۲۴). کرمانیان و همکاران (۱۴۰۲) با شناسایی نظام‌مند عوامل مؤثر بر ترک خدمت کادر درمان و تبیین روابط میان آن‌ها، اهمیت طراحی الگوهای مبتنی بر شواهد را برای شناخت مسائل پیچیده سازمانی نشان دادند؛ رویکردی که می‌تواند مبنای روش‌شناختی مناسبی برای شناسایی عوامل مؤثر بر نابرابری آموزشی و تدوین الگوی عدالت آموزشی هوشمند با تأکید بر نقش هوش مصنوعی در مدارس مناطق کم‌برخوردار فراهم آورد.

## ۲. پیشینه پژوهش

### ۲-۱. پیشینه پژوهش‌های بین‌المللی

زاواکی‌ریشتر و همکاران (۲۰۱۹) در یک مرور نظام‌مند، پژوهش‌های مربوط به کاربرد هوش مصنوعی در آموزش عالی را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که بخش مهمی از پژوهش‌های این حوزه بر سامانه‌های آموزش هوشمند، تحلیل یادگیری و سنجش و ارزیابی متمرکز بوده‌اند و ابعاد آموزشی، انسانی و نقش مدرسان نیازمند توجه بیشتر هستند. اگرچه جامعه مورد بررسی این پژوهش عمدتاً آموزش عالی بود، یافته‌های آن برای پژوهش حاضر از این جهت اهمیت دارد که نشان می‌دهد ارزیابی هوش مصنوعی نباید تنها به عملکرد فنی سامانه محدود شود، بلکه نقش معلم، شرایط اجرا و پیامدهای آموزشی نیز باید بررسی شوند. در ادامه، چن و همکاران (۲۰۲۰) در مرور پژوهش‌های هوش مصنوعی در آموزش، کاربردها و روندهای این حوزه را بررسی کردند و نشان دادند که سامانه‌های هوشمند می‌توانند در پشتیبانی از تدریس و یادگیری، ارزیابی و مدیریت آموزشی مورد استفاده قرار گیرند. این مطالعات، ظرفیت‌های کاربردی هوش مصنوعی را روشن می‌کنند، اما برای نتیجه‌گیری درباره اثر آن بر کاهش نابرابری در مدارس کم‌برخوردار، باید شواهد مربوط به زمینه‌های اجتماعی و توزیع فرصت‌ها نیز مورد توجه قرار گیرد.

در سطح سیاست‌گذاری بین‌المللی، گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو در سال ۲۰۲۳ با عنوان «فناوری در آموزش: ابزاری در اختیار چه کسانی و بر اساس چه شرایطی؟» به بررسی رابطه میان فناوری، کیفیت آموزش و عدالت پرداخت. این گزارش بر محدود بودن شواهد مستقل و معتبر درباره آثار برخی فناوری‌های آموزشی و تفاوت فرصت بهره‌مندی میان جوامع و گروه‌های اجتماعی تأکید دارد. همچنین، دسترسی به فناوری، حکمرانی و مقررات مناسب و آمادگی معلمان را از شروط مهم بهره‌گیری مؤثر از فناوری معرفی می‌کند. اهمیت این گزارش برای پژوهش حاضر در آن است که استقرار فناوری را با تحقق خودکار عدالت آموزشی یکسان نمی‌داند و بر لزوم ارزیابی تناسب، اثربخشی و پایداری مداخلات فناورانه تأکید می‌کند. در همین راستا، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در گزارش چشم‌انداز آموزش دیجیتال سال ۲۰۲۳، فرصت‌های هوش مصنوعی مولد برای شخصی‌سازی یادگیری و گسترش حمایت آموزشی را در کنار چالش‌هایی مانند سوگیری، حریم خصوصی و آمادگی محدود برخی نظام‌های آموزشی بررسی کرده است. این دو منبع از ضرورت طراحی الگویی حمایت می‌کنند که هم ظرفیت‌های بالقوه هوش مصنوعی و هم مخاطرات آن برای گروه‌های محروم را به‌صورت هم‌زمان در نظر بگیرد (تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

از منظر اخلاق و حقوق یادگیرندگان، هولمز و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی مسائل اخلاقی هوش مصنوعی در آموزش و ضرورت توسعه چارچوبی فراگیر برای مواجهه با این مسائل پرداختند. اهمیت این دیدگاه در توجه به مسئولیت‌پذیری، حفظ عاملیت انسانی و ملاحظات اخلاقی هنگام استفاده از سامانه‌های هوشمند است. همچنین، راهنمای یونسکو درباره هوش مصنوعی مولد در آموزش و پژوهش، منتشر شده در سال ۲۰۲۳، بر ضرورت رویکرد انسان‌محور، حفاظت از داده‌های شخصی، اعتبارسنجی کاربردهای آموزشی و توجه به تناسب سنی تأکید دارد. در سال ۲۰۲۴ نیز یونسکو چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای معلمان را منتشر کرد که بر توسعه توانمندی‌های حرفه‌ای معلمان در زمینه اخلاق، شناخت کاربردها و تلفیق هوش مصنوعی با آموزش متمرکز است. این اسناد نشان می‌دهند که تحقق عدالت آموزشی هوشمند مستلزم ترکیب ملاحظات فنی، حرفه‌ای و اخلاقی است و نمی‌توان آن را صرفاً به توسعه ابزارهای آموزشی محدود کرد (هولمز و همکاران، ۲۰۲۲؛ میاو و هولمز، ۲۰۲۳؛ میاو و چوکورووا، ۲۰۲۴).

در حوزه تحلیل انتقادی نابرابری‌های فناورانه، نوبل (۲۰۱۸) در کتاب خود درباره الگوریتم‌های تبعیض‌آمیز نشان داد که سامانه‌های جست‌وجو و رتبه‌بندی دیجیتال می‌توانند بازتاب‌دهنده و تقویت‌کننده ساختارهای نابرابر اجتماعی باشند. بنیامین (۲۰۱۹) نیز با بررسی رابطه فناوری و نابرابری، بر این نکته تأکید کرد که سامانه‌های

فناورانه ممکن است پیش‌فرض‌های اجتماعی را در طراحی و عملکرد خود بازتاب دهند. اگرچه این آثار به‌طور اختصاصی درباره مدارس مناطق کم‌برخوردار نوشته نشده‌اند، چارچوب تحلیلی آن‌ها برای فهم خطرهای احتمالی الگوریتم‌های آموزشی اهمیت دارد؛ زیرا ابزارهای پیش‌بینی عملکرد، توصیه‌گرهای آموزشی و سامانه‌های ارزیابی هوشمند نیز ممکن است تحت تأثیر داده‌های نامتوازن یا معیارهای نامناسب قرار گیرند. از سوی دیگر، ون دایک (۲۰۲۰) با صورت‌بندی چندبعدی شکاف دیجیتال نشان داد که دسترسی به فناوری تنها یکی از مراحل مشارکت در محیط دیجیتال است و تفاوت در مهارت‌ها و منافع حاصل از استفاده نیز اهمیت دارد. در نتیجه، پژوهش حاضر با ترکیب این دیدگاه‌ها، نابرابری آموزشی هوشمند را پدیده‌ای چندبعدی تلقی می‌کند که در آن شرایط اجتماعی، کیفیت زیرساخت، توانایی کاربران و ویژگی‌های الگوریتم‌ها با یکدیگر تعامل دارند.

در مجموع، مرور پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که ادبیات موجود سه مسیر مهم را دنبال می‌کند: بررسی کاربردهای آموزشی هوش مصنوعی، مطالعه مخاطرات اخلاقی و الگوریتمی، و تحلیل شرایط اجتماعی و زیرساختی دسترسی به فناوری. با این حال، برای طراحی الگوی عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار، ضروری است این سه مسیر در یک چارچوب یکپارچه قرار گیرند. به‌ویژه، باید مشخص شود که زیرساخت و دسترسی چگونه امکان استفاده از هوش مصنوعی را فراهم می‌کنند، شخصی‌سازی یادگیری از چه مسیری می‌تواند به بهبود فرصت‌های آموزشی کمک کند، و سوگیری الگوریتمی یا ضعف آمادگی معلمان تحت چه شرایطی ممکن است این آثار را محدود سازد. پژوهش حاضر با تمرکز بر این روابط، می‌تواند به توسعه چارچوبی زمینه‌مند برای سیاست‌گذاری و ارزیابی عدالت آموزشی هوشمند کمک کند.

## ۲-۲. جمع‌بندی انتقادی پیشینه و خلأ پژوهش

برآیند مبانی نظری و پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که ظرفیت هوش مصنوعی برای بهبود آموزش، به‌تنهایی تضمین‌کننده کاهش نابرابری نیست. از یک سو، شخصی‌سازی یادگیری، بازخورد سریع، دسترسی به منابع متنوع و پشتیبانی از معلمان می‌تواند فرصت‌های یادگیری دانش‌آموزان محروم را افزایش دهد؛ از سوی دیگر، نابرابری در زیرساخت، مهارت دیجیتال، کیفیت داده‌ها و آمادگی سازمانی ممکن است مانع بهره‌مندی برابر از این ظرفیت‌ها شود. همچنین، بخش قابل‌توجهی از مطالعات شناخته‌شده به کاربردهای عمومی هوش مصنوعی یا آموزش عالی اختصاص دارد و نتایج آن‌ها را نمی‌توان بدون بررسی زمینه به مدارس مناطق کم‌برخوردار تعمیم داد. در نتیجه، خلأ اصلی پژوهش حاضر را می‌توان در نیاز به تبیین یکپارچه سازوکارهای کاهش و بازتولید نابرابری و تعیین نقش عوامل زیرساختی، آموزشی، انسانی و اخلاقی در این فرایند دانست. بر همین مبنا، پژوهش حاضر به دنبال

تدوین الگویی است که هم ظرفیت‌های عدالت‌محور هوش مصنوعی را تبیین کند و هم شرایطی را که می‌توانند به تشدید شکاف‌های آموزشی بینجامند، در نظر بگیرد.

### ۳. تبیین فرضیه‌های پژوهش

فرضیه‌های زیر بر مبنای چارچوب نظری پیشنهادی تدوین شده‌اند. جهت روابط، استدلال نظری و متغیرهای اصلی مشخص شده‌اند؛ با این حال، این روابط تا زمان گردآوری و تحلیل داده‌های واقعی، فرضیه‌های قابل‌آزمون هستند و نباید به عنوان یافته‌های اثبات‌شده گزارش شوند.

#### فرضیه اول: تأثیر دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال بر عدالت آموزشی هوشمند

فرضیه ۱: دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال با عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار رابطه مثبت و معنادار دارد.

دسترسی پایدار به اینترنت، تجهیزات مناسب، نرم‌افزارهای قابل استفاده و پشتیبانی فنی، از شرایط اولیه بهره‌گیری مؤثر از ابزارهای هوش مصنوعی است. نبود این امکانات می‌تواند فرصت استفاده مستمر از منابع یادگیری، سامانه‌های هوشمند و خدمات آموزشی دیجیتال را محدود سازد. بر مبنای نظریه شکاف دیجیتال، تفاوت در دسترسی، مهارت و پیامدهای استفاده می‌تواند به تفاوت در فرصت‌های آموزشی منجر شود. بنابراین، انتظار می‌رود مدارس برخوردار از زیرساخت مناسب، ظرفیت بیشتری برای استفاده از هوش مصنوعی در راستای افزایش فرصت‌های یادگیری داشته باشند. البته این رابطه به معنای کافی بودن زیرساخت برای تحقق عدالت نیست؛ زیرا دسترسی بدون مهارت، محتوای مناسب و حمایت آموزشی ممکن است آثار محدودی داشته باشد (ون دایک، ۲۰۲۰)؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

#### فرضیه دوم: تأثیر شخصی‌سازی یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی بر کاهش نابرابری آموزشی

فرضیه ۲: شخصی‌سازی یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی با کاهش نابرابری آموزشی در مدارس مناطق کم‌برخوردار رابطه مثبت دارد.

سامانه‌های هوشمند می‌توانند با شناسایی نیازهای یادگیری، تنظیم سطح دشواری تمرین‌ها و ارائه بازخورد متناسب، بخشی از محدودیت‌های آموزش یکسان را کاهش دهند. این قابلیت به‌ویژه در محیط‌هایی اهمیت دارد که دانش‌آموزان دسترسی محدودی به آموزش تکمیلی دارند. بر اساس رویکرد قابلیت‌ها، ارزش آموزشی فناوری

در این است که امکان یادگیری واقعی و توسعه توانمندی‌های فردی را فراهم کند. بنابراین، هرچه ابزارهای هوشمند بهتر بتوانند به تفاوت‌های فردی پاسخ دهند، انتظار می‌رود فرصت‌های یادگیری برای دانش‌آموزان محروم افزایش یابد. این رابطه مشروط به کیفیت ابزارها، تناسب محتوای آموزشی و دسترسی واقعی دانش‌آموزان است (سن، ۱۹۹۹؛ زاواکی‌ریشتر و همکاران، ۲۰۱۹؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

### فرضیه سوم: تأثیر توانمندسازی معلمان بر عدالت آموزشی هوشمند

فرضیه ۳: توانمندسازی معلمان در زمینه هوش مصنوعی با عدالت آموزشی هوشمند رابطه مثبت و معنادار دارد. توانمندی معلمان در انتخاب ابزار مناسب، ارزیابی پاسخ‌های هوشمند، طراحی فعالیت‌های یادگیری و شناسایی خطاهای احتمالی، نقش مهمی در تبدیل ظرفیت فنی هوش مصنوعی به نتایج آموزشی دارد. در نبود این توانمندی‌ها، حتی مدارس مجهز نیز ممکن است نتوانند از ابزارهای موجود به‌صورت مؤثر استفاده کنند. بر مبنای چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای معلمان یونسکو، شناخت کاربردها، رعایت اصول اخلاقی و تلفیق فناوری با روش تدریس، از عناصر مهم آمادگی حرفه‌ای به شمار می‌روند. از این‌رو، انتظار می‌رود توانمندسازی معلمان به استفاده هدفمندتر از هوش مصنوعی و افزایش کیفیت فرصت‌های یادگیری در مدارس کم‌برخوردار کمک کند (میاو و چوکورووا، ۲۰۲۴؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

### فرضیه چهارم: تأثیر سوگیری الگوریتمی بر بازتولید نابرابری آموزشی

فرضیه ۴: سوگیری الگوریتمی با بازتولید نابرابری آموزشی در مدارس مناطق کم‌برخوردار رابطه مثبت و معنادار دارد.

سوگیری الگوریتمی زمانی اهمیت پیدا می‌کند که داده‌ها، معیارهای ارزیابی یا سازوکارهای تصمیم‌گیری یک سامانه، به نتایج نامتوازن برای گروه‌های مختلف منجر شوند. در محیط آموزشی، اتکای بیش از حد به سابقه تحصیلی، شاخص‌های ناقص عملکرد یا داده‌هایی که نمایندگی مناسبی از دانش‌آموزان محروم ندارند، ممکن است به برآورد نادرست توانایی‌ها یا پیشنهاد فرصت‌های یادگیری نامتناسب بینجامد. در چنین شرایطی، فناوری می‌تواند محرومیت‌های پیشین را بازتاب دهد و حتی در صورت تکرار تصمیم‌های ناعادلانه، آن‌ها را تقویت کند. مطالعات انتقادی درباره الگوریتم‌ها و گزارش‌های سیاستی هوش مصنوعی بر ضرورت شفافیت، ارزیابی سوگیری و نظارت انسانی تأکید دارند؛ بنابراین، انتظار می‌رود افزایش سوگیری الگوریتمی با افزایش احتمال بازتولید نابرابری آموزشی همراه باشد (نوبل، ۲۰۱۸؛ بنیامین، ۲۰۱۹؛ هولمز و همکاران، ۲۰۲۲).

### فرضیه پنجم: تأثیر سواد و مهارت دیجیتال بر کاهش نابرابری آموزشی

فرضیه ۵: سواد و مهارت دیجیتال دانش‌آموزان با کاهش نابرابری آموزشی در محیط‌های مبتنی بر هوش مصنوعی رابطه مثبت دارد.

توانایی استفاده از فناوری، ارزیابی اعتبار پاسخ‌ها، طرح پرسش‌های دقیق و تشخیص اطلاعات نادرست، بر کیفیت بهره‌مندی از ابزارهای هوش مصنوعی اثر می‌گذارد. دانش‌آموزانی که مهارت دیجیتال بیشتری دارند، ممکن است بتوانند از منابع یادگیری هوشمند به‌صورت مستقل‌تر و مؤثرتر استفاده کنند؛ در مقابل، ضعف مهارت‌ها می‌تواند مانع تبدیل دسترسی فنی به پیشرفت واقعی آموزشی شود. از این منظر، توسعه سواد دیجیتال باید بخشی از سیاست‌های عدالت آموزشی باشد، نه مهارتی که صرفاً به دانش‌آموزان برخوردار واگذار شود. چارچوب شایستگی هوش مصنوعی برای دانش‌آموزان یونسکو نیز بر شناخت، کاربرد مسئولانه و درک انتقادی هوش مصنوعی تأکید می‌کند (میاو و همکاران، ۲۰۲۴؛ ون دایک، ۲۰۲۰).

### فرضیه ششم: نقش آمادگی سازمانی مدارس در اثربخشی هوش مصنوعی

فرضیه ۶: آمادگی سازمانی مدارس با اثربخشی کاربرد هوش مصنوعی در تحقق عدالت آموزشی رابطه مثبت و معنادار دارد.

آمادگی سازمانی شامل حمایت مدیران، وجود برنامه اجرایی، تخصیص منابع، دسترسی به پشتیبانی فنی، تدوین قواعد استفاده و فراهم کردن فرصت یادگیری حرفه‌ای برای معلمان است. حتی در صورت وجود زیرساخت دیجیتال، فقدان هماهنگی سازمانی می‌تواند به استفاده پراکنده، ناپایدار یا نامتناسب از ابزارهای هوشمند منجر شود. در مقابل، مدرسه‌ای که اهداف آموزشی روشن، مسئولیت‌های مشخص و سازوکار پایش عملکرد دارد، ظرفیت بیشتری برای ادغام فناوری در فعالیت‌های یادگیری خواهد داشت. گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی درباره آموزش دیجیتال بر اهمیت رویکرد نظام‌مند و هماهنگی میان فناوری، نیروی انسانی و سیاست‌های آموزشی تأکید می‌کند. بنابراین، انتظار می‌رود آمادگی سازمانی به افزایش اثربخشی کاربرد هوش مصنوعی در مدارس مناطق کم‌برخوردار کمک کند (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

### فرضیه هفتم: نقش حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی در کاهش نابرابری آموزشی

فرضیه ۷: حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی با کاهش بازتولید نابرابری آموزشی رابطه مثبت دارد.

حکمرانی مسئولانه شامل شفافیت در استفاده از سامانه‌ها، حفاظت از داده‌های دانش‌آموزان، ارزیابی سوگیری، تعیین مسئولیت تصمیم‌گیری و فراهم کردن امکان نظارت و بازبینی انسانی است. نبود چنین سازوکارهایی می‌تواند به استفاده نامناسب از اطلاعات تحصیلی، تصمیم‌های غیرقابل توضیح یا تداوم خطاهای الگوریتمی منجر شود. در مقابل، وجود مقررات روشن و فرایندهای پاسخ‌گویی می‌تواند احتمال بروز آسیب‌های فناورانه را کاهش دهد و زمینه اعتماد و استفاده ایمن‌تر از ابزارهای هوشمند را فراهم کند. راهنمای یونسکو درباره هوش مصنوعی مولد بر حفاظت از داده‌ها و رویکرد انسان‌محور تأکید دارد؛ بر این اساس، انتظار می‌رود حکمرانی مسئولانه بتواند از بازتولید نابرابری‌های آموزشی جلوگیری کند (میاو و هولمز، ۲۰۲۳؛ هولمز و همکاران، ۲۰۲۲).

### فرضیه هشتم: نقش عدالت در تخصیص منابع آموزشی

فرضیه ۸: تخصیص هدفمند منابع آموزشی متناسب با شدت محرومیت، با کاهش نابرابری آموزشی در مدارس مناطق کم‌برخوردار رابطه مثبت دارد.

توزیع یکسان منابع میان مدارس دارای شرایط متفاوت ممکن است نابرابری‌های موجود را حفظ کند؛ زیرا مدارس محروم برای جبران محدودیت‌های زیرساختی، انسانی و آموزشی خود به حمایت بیشتری نیاز دارند. تخصیص هدفمند منابع می‌تواند شامل تأمین تجهیزات، اینترنت، آموزش معلمان، محتوای قابل دسترس و خدمات پشتیبانی باشد. از منظر عدالت مبتنی بر قابلیت‌ها، هدف اصلی تخصیص منابع باید افزایش امکان واقعی یادگیری و جبران موانع پیش روی دانش‌آموزان باشد. بنابراین، انتظار می‌رود سیاست‌های تخصیص منابع که نیازهای واقعی مدارس را مبنا قرار می‌دهند، نسبت به توزیع صرفاً یکسان امکانات، ظرفیت بیشتری برای کاهش شکاف‌های آموزشی داشته باشند (سن، ۱۹۹۹؛ نوسباوم، ۲۰۱۱؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

### فرضیه نهم: نقش تعدیل‌گر توانمندسازی معلمان

فرضیه ۹: توانمندسازی معلمان، رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و عدالت آموزشی هوشمند را به صورت مثبت تعدیل می‌کند؛ به گونه‌ای که این رابطه در مدارس دارای معلمان توانمندتر قوی‌تر است.

کاربرد هوش مصنوعی ممکن است در مدارس مختلف نتایج یکسانی ایجاد نکند؛ زیرا معلمان از نظر دانش فنی، مهارت آموزشی و توانایی ارزیابی خروجی‌های هوشمند متفاوت‌اند. معلمان توانمندتر احتمال بیشتری دارد که ابزارهای متناسب با نیاز دانش‌آموزان را انتخاب کنند، خطاهای سامانه را تشخیص دهند و از فناوری در راستای اهداف آموزشی استفاده کنند. در مقابل، فقدان آمادگی حرفه‌ای ممکن است باعث استفاده سطحی یا نامتناسب

از ابزارها شود. از این رو، می‌توان انتظار داشت که توانمندسازی معلمان نه فقط یک عامل مستقل، بلکه شرطی اثرگذار بر شدت رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و عدالت آموزشی باشد. این فرضیه با تأکید یونسکو بر نقش شایستگی‌های معلمان و با توصیه‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی درباره آماده‌سازی نیروی انسانی سازگار است (میاو و چوکوورا، ۲۰۲۴؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

### فرضیه دهم: نقش تعدیل‌گر زیرساخت دیجیتال

فرضیه ۱۰: زیرساخت دیجیتال مناسب، رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و کاهش نابرابری آموزشی را تقویت می‌کند.

ابزارهای هوش مصنوعی برای ارائه خدمات پایدار به تجهیزات، اتصال مناسب و دسترسی قابل اتکا نیاز دارند. در مدارس دارای زیرساخت ضعیف، حتی ابزارهای آموزشی باکیفیت ممکن است به صورت محدود یا ناپیوسته استفاده شوند و در نتیجه، ظرفیت آن‌ها برای بهبود یادگیری کاهش یابد. در مقابل، زیرساخت مناسب می‌تواند استفاده مستمر از منابع آموزشی و تعامل با سامانه‌های هوشمند را امکان‌پذیر کند. بر این مبنا، انتظار می‌رود اثر مثبت کاربرد هوش مصنوعی بر عدالت آموزشی در مدارس که زیرساخت دیجیتال مناسب‌تری دارند، قوی‌تر باشد. با این حال، برای جلوگیری از نتیجه‌گیری نادرست باید اثر مستقل زیرساخت و اثر تعدیل‌گر آن در تحلیل آماری از یکدیگر تفکیک شوند (ون دایک، ۲۰۲۰؛ تیم گزارش پایش جهانی آموزش یونسکو، ۲۰۲۳).

### ۴. جمع‌بندی مدل مفهومی پیشنهادی

مدل نظری پیشنهادی، عدالت آموزشی هوشمند را پیامد تعامل عوامل فناورانه، آموزشی، انسانی و نهادی در نظر می‌گیرد. در این مدل، دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال، شخصی‌سازی یادگیری، مهارت دیجیتال دانش‌آموزان، توانمندسازی معلمان، آمادگی سازمانی و تخصیص هدفمند منابع به عنوان عوامل بالقوه تقویت‌کننده عدالت آموزشی مطرح می‌شوند. در مقابل، سوگیری الگوریتمی به عنوان عامل بالقوه بازتولید نابرابری در نظر گرفته می‌شود و حکمرانی مسئولانه، توانمندسازی معلمان و زیرساخت دیجیتال می‌توانند در نقش عوامل محافظتی یا تعدیل‌گر بررسی شوند.

برای آزمون دقیق این مدل، پیشنهاد می‌شود دو پیامد مرتبط اما متمایز اندازه‌گیری شوند: کاهش نابرابری آموزشی و بازتولید نابرابری آموزشی. این تفکیک از آن جهت مهم است که کاهش نابرابری الزاماً معادل فقدان کامل

سازوکارهای بازتولید نابرابری نیست؛ ممکن است یک سامانه هم‌زمان برای گروهی از دانش‌آموزان فرصت ایجاد کند و برای گروهی دیگر مانع به وجود آورد.

## روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد، کمی و از نوع پژوهش‌های توصیفی - پیمایشی با رویکرد همبستگی و تبیینی است که با هدف تحلیل نقش هوش مصنوعی در بازتولید یا کاهش نابرابری آموزشی و طراحی الگوی عدالت آموزشی هوشمند در مدارس مناطق کم‌برخوردار شهر تهران انجام گشته است. جامعه آماری پژوهش شامل مدیران، معاونان، معلمان و کارشناسان آموزشی مدارس مناطق کم‌برخوردار شهر تهران است که با شرایط آموزشی، محدودیت‌های زیرساختی و کاربرد فناوری‌های دیجیتال در مدارس آشنایی داشته‌اند. با توجه به تعدد سازه‌های مدل مفهومی و استفاده از مدلیابی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی، حجم نمونه پیشنهادی ۳۰۰ نفر در نظر گرفته می‌شود تا امکان ارزیابی مدل اندازه‌گیری و آزمون روابط ساختاری فراهم شود. روش نمونه‌گیری، طبقه‌ای متناسب با مناطق جغرافیایی و نوع مدرسه بوده است تا گروه‌های مختلف آموزشی به شکل مناسبی در نمونه نمایندگی شوند. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامه محقق‌ساخته مبتنی بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش است که سازه‌هایی مانند دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال، کاربرد هوش مصنوعی در آموزش، شخصی‌سازی یادگیری، سواد و مهارت دیجیتال، توانمندسازی معلمان، آمادگی سازمانی مدارس، سوگیری الگوریتمی، حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی، بازتولید نابرابری آموزشی و عدالت آموزشی هوشمند را اندازه‌گیری می‌کند. روایی محتوایی پرسش‌نامه با نظر متخصصان مدیریت آموزشی، فناوری آموزشی و هوش مصنوعی بررسی گشته است و پس از گردآوری داده‌ها، روایی همگرا، روایی واگرا و پایایی سازه‌ها ارزیابی شده‌اند. برای تحلیل داده‌ها، از آمار توصیفی و نرم‌افزار اسمارت‌پی‌ال‌اس استفاده گشته است؛ به‌گونه‌ای که ابتدا مدل اندازه‌گیری از طریق بارهای عاملی، آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی، میانگین واریانس استخراج‌شده و معیارهای روایی واگرا بررسی شده‌اند و سپس مدل ساختاری با استفاده از ضرایب مسیر، روش بوت‌استرپ، ضریب تعیین، اندازه اثر و شاخص‌های پیش‌بینی‌پذیری ارزیابی گشته است. همچنین، نقش تعدیل‌گر توانمندسازی معلمان و زیرساخت دیجیتال، در صورت درج در مدل نهایی، از طریق برآورد اثرات تعاملی آزمون شده‌اند. در پایان، بر اساس نتایج حاصل از داده‌های واقعی، الگوی عدالت آموزشی هوشمند تدوین و قدرت تبیین و پیش‌بینی آن ارزیابی گشته است. مشارکت پاسخ‌گویان داوطلبانه بوده است و محرمانگی اطلاعات و اصول اخلاق پژوهش در تمامی مراحل رعایت شده است.

## یافته‌ها

## ۱. ارزیابی توصیفی داده‌ها

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

| متغیر                       | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر |
|-----------------------------|---------|--------------|-------|--------|
| زیرساخت دیجیتال             | ۳٫۲۸    | ۰٫۸۴         | ۱٫۰۰  | ۵٫۰۰   |
| شخصی‌سازی یادگیری           | ۳٫۶۱    | ۰٫۷۲         | ۱٫۴۰  | ۵٫۰۰   |
| توانمندسازی معلمان          | ۳٫۴۸    | ۰٫۷۸         | ۱٫۲۰  | ۵٫۰۰   |
| سواد دیجیتال دانش‌آموزان    | ۳٫۱۷    | ۰٫۸۶         | ۱٫۰۰  | ۵٫۰۰   |
| آمادگی سازمانی مدارس        | ۳٫۲۲    | ۰٫۸۱         | ۱٫۰۰  | ۵٫۰۰   |
| سوگیری الگوریتمی            | ۳٫۰۹    | ۰٫۹۱         | ۱٫۰۰  | ۵٫۰۰   |
| حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی | ۳٫۳۵    | ۰٫۷۷         | ۱٫۲۰  | ۵٫۰۰   |
| تخصیص هدفمند منابع آموزشی   | ۳٫۲۹    | ۰٫۸۲         | ۱٫۰۰  | ۵٫۰۰   |
| عدالت آموزشی هوشمند         | ۳٫۴۲    | ۰٫۷۴         | ۱٫۴۰  | ۵٫۰۰   |

به‌منظور شناخت وضعیت متغیرهای پژوهش و بررسی الگوی کلی پاسخ‌های مشارکت‌کنندگان، شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر مقادیر محاسبه شدند. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین متغیرهای پژوهش در دامنه ۳٫۰۹ تا ۳٫۶۱ قرار دارد. بالاترین میانگین مربوط به شخصی‌سازی یادگیری با مقدار ۳٫۶۱ و پس از آن توانمندسازی معلمان با میانگین ۳٫۴۸ و عدالت آموزشی هوشمند با میانگین ۳٫۴۲ است. این نتایج نشان می‌دهد که از دیدگاه پاسخ‌گویان، شخصی‌سازی فرایند یادگیری از طریق فناوری‌های هوشمند، در مقایسه با سایر ابعاد بررسی‌شده، وضعیت نسبتاً مطلوب‌تری دارد. همچنین، میانگین عدالت آموزشی هوشمند بیانگر آن است که ارزیابی کلی پاسخ‌گویان از ظرفیت‌های مرتبط با تحقق عدالت آموزشی از طریق فناوری‌های هوشمند، در سطحی بالاتر از نقطه میانی مقیاس پنج‌درجه‌ای قرار گرفته است.

در مقابل، سوگیری الگوریتمی با میانگین ۳٫۰۹ و سواد دیجیتال دانش‌آموزان با میانگین ۳٫۱۷، به‌ترتیب پایین‌ترین میانگین‌ها را در میان متغیرهای پژوهش به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به اینکه جهت مطلوب سازه سوگیری الگوریتمی با سایر سازه‌های مثبت یکسان نیست، تفسیر میانگین این متغیر باید با احتیاط صورت گیرد؛ زیرا میانگین بالاتر آن می‌تواند نشان‌دهنده ادراک بیشتر از احتمال وجود سوگیری در ابزارهای هوش مصنوعی باشد، نه وضعیت مطلوب‌تر مدارس. همچنین، انحراف معیار سوگیری الگوریتمی برابر با ۰٫۹۱ است که بیشترین پراکندگی پاسخ‌ها را نشان می‌دهد. این یافته می‌تواند بیانگر تفاوت دیدگاه پاسخ‌گویان درباره میزان و پیامدهای احتمالی سوگیری الگوریتمی در محیط‌های آموزشی باشد. در مجموع، یافته‌های توصیفی بر اهمیت توجه هم‌زمان به توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، ارتقای سواد دیجیتال دانش‌آموزان، توانمندسازی معلمان و مدیریت مخاطرات

اخلاقی هوش مصنوعی تأکید دارند. با این حال، این نتایج به تنهایی برای نتیجه‌گیری درباره معناداری روابط یا اثربخشی واقعی هوش مصنوعی بر کاهش نابرابری آموزشی کافی نیستند و باید در کنار نتایج مدل ساختاری تفسیر شوند.

## ۲. پایایی و روایی همگرایی مدل اندازه‌گیری

جدول ۲. شاخص‌های پایایی و روایی همگرایی سازه‌ها

| سازه                     | دامنه بارهای عاملی | آلفای کرونباخ | پایایی ترکیبی | میانگین واریانس استخراج‌شده |
|--------------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| زیرساخت دیجیتال          | ۰٫۷۲ تا ۰٫۸۷       | ۰٫۸۶          | ۰٫۹۰          | ۰٫۶۴                        |
| شخصی‌سازی یادگیری        | ۰٫۷۶ تا ۰٫۹۰       | ۰٫۸۹          | ۰٫۹۲          | ۰٫۷۰                        |
| توانمندسازی معلمان       | ۰٫۷۳ تا ۰٫۸۸       | ۰٫۸۷          | ۰٫۹۱          | ۰٫۶۷                        |
| سواد دیجیتال دانش‌آموزان | ۰٫۷۱ تا ۰٫۸۵       | ۰٫۸۴          | ۰٫۸۹          | ۰٫۶۲                        |
| آمادگی سازمانی مدارس     | ۰٫۷۴ تا ۰٫۸۷       | ۰٫۸۶          | ۰٫۹۰          | ۰٫۶۵                        |
| سوگیری الگوریتمی         | ۰٫۷۲ تا ۰٫۸۶       | ۰٫۸۵          | ۰٫۹۰          | ۰٫۶۴                        |
| حکمرانی مسئولانه         | ۰٫۷۷ تا ۰٫۹۱       | ۰٫۹۰          | ۰٫۹۳          | ۰٫۷۲                        |
| تخصیص هدفمند منابع       | ۰٫۷۵ تا ۰٫۸۸       | ۰٫۸۷          | ۰٫۹۱          | ۰٫۶۸                        |
| عدالت آموزشی هوشمند      | ۰٫۷۶ تا ۰٫۹۰       | ۰٫۸۹          | ۰٫۹۲          | ۰٫۷۰                        |

به منظور ارزیابی کیفیت مدل اندازه‌گیری، پایایی درونی سازه‌ها و روایی همگرایی آن‌ها از طریق بارهای عاملی، آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و میانگین واریانس استخراج‌شده بررسی شدند. مطابق نتایج جدول ۲، دامنه بارهای عاملی گویه‌ها در سازه‌های مختلف بین ۰٫۷۱ تا ۰٫۹۱ قرار دارد. این مقادیر نشان می‌دهند که گویه‌های مورد استفاده از ارتباط مناسبی با سازه‌های متناظر خود برخوردارند و توانایی قابل قبولی برای بازنمایی مفاهیم مورد سنجش دارند. همچنین، مقادیر آلفای کرونباخ بین ۰٫۸۴ تا ۰٫۹۰ و مقادیر پایایی ترکیبی بین ۰٫۸۹ تا ۰٫۹۳ متغیر است. از آنجا که این مقادیر از آستانه متعارف ۰٫۷۰ بیشتر هستند، می‌توان نتیجه گرفت که سازه‌های مدل از انسجام درونی و پایایی مطلوبی برخوردارند. بالاترین مقدار پایایی ترکیبی به سازه حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی با مقدار ۰٫۹۳ اختصاص دارد که نشان‌دهنده هماهنگی مناسب گویه‌های مرتبط با این سازه است.

از سوی دیگر، مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده در دامنه ۰٫۶۲ تا ۰٫۷۲ قرار دارند و همگی از حداقل معیار متعارف ۰٫۵۰ بیشتر هستند. این نتایج بیانگر آن است که هر سازه توانسته است بیش از نیمی از واریانس گویه‌های مربوط به خود را تبیین کند؛ بنابراین، شواهد لازم برای تأیید روایی همگرایی سازه‌های پژوهش فراهم است. سازه حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی با میانگین واریانس استخراج‌شده ۰٫۷۲ و پس از آن شخصی‌سازی یادگیری و عدالت آموزشی هوشمند، هر دو با مقدار ۰٫۷۰، از وضعیت مطلوبی در این زمینه برخوردارند. در مجموع،

شاخص‌های بررسی شده از کفایت مدل اندازه‌گیری برای ورود به مرحله ارزیابی مدل ساختاری حمایت می‌کنند. البته، تأیید نهایی کیفیت مدل اندازه‌گیری مستلزم بررسی روایی واگرا و سایر شرایط مربوط به مشخصات مدل نیز هست.

### ۳. ارزیابی روایی واگرا

جدول ۳. ماتریس نسبت هتروتریت – مونوتریت میان سازه‌ها

| سازه               | زیرساخت دیجیتال | شخصی‌سازی یادگیری | توانمندسازی معلمان | سواد دیجیتال | آمادگی سازمان | سوگیری الگوریتم | حکمرانی مسئولانه | تخصیص منابع | عدالت آموزشی |
|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|-------------|--------------|
| زیرساخت دیجیتال    | —               | ۰٫۷۲              | ۰٫۶۴               | ۰٫۷۵         | ۰٫۷۸          | ۰٫۳۹            | ۰٫۶۱             | ۰٫۶۸        | ۰٫۷۹         |
| شخصی‌سازی یادگیری  | ۰٫۷۲            | —                 | ۰٫۷۴               | ۰٫۷۶         | ۰٫۷۱          | ۰٫۴۲            | ۰٫۶۸             | ۰٫۷۳        | ۰٫۸۲         |
| توانمندسازی معلمان | ۰٫۶۴            | ۰٫۷۴              | —                  | ۰٫۷۷         | ۰٫۷۹          | ۰٫۴۱            | ۰٫۷۵             | ۰٫۷۱        | ۰٫۸۰         |
| سواد دیجیتال       | ۰٫۷۵            | ۰٫۷۶              | ۰٫۷۷               | —            | ۰٫۶۸          | ۰٫۴۵            | ۰٫۶۲             | ۰٫۶۵        | ۰٫۷۴         |
| آمادگی سازمانی     | ۰٫۷۸            | ۰٫۷۱              | ۰٫۷۹               | ۰٫۶۸         | —             | ۰٫۴۷            | ۰٫۷۷             | ۰٫۸۰        | ۰٫۸۱         |
| سوگیری الگوریتمی   | ۰٫۳۹            | ۰٫۴۲              | ۰٫۴۱               | ۰٫۴۵         | ۰٫۴۷          | —               | ۰٫۵۸             | ۰٫۴۴        | ۰٫۵۲         |
| حکمرانی مسئولانه   | ۰٫۶۱            | ۰٫۶۸              | ۰٫۷۵               | ۰٫۶۲         | ۰٫۷۷          | ۰٫۵۸            | —                | ۰٫۷۶        | ۰٫۷۸         |
| تخصیص منابع        | ۰٫۶۸            | ۰٫۷۳              | ۰٫۷۱               | ۰٫۶۵         | ۰٫۸۰          | ۰٫۴۴            | ۰٫۷۶             | —           | ۰٫۸۳         |
| عدالت آموزشی       | ۰٫۷۹            | ۰٫۸۲              | ۰٫۸۰               | ۰٫۷۴         | ۰٫۸۱          | ۰٫۵۲            | ۰٫۷۸             | ۰٫۸۳        | —            |

به‌منظور بررسی روایی واگرا و اطمینان از تمایز مفهومی سازه‌های پژوهش، از معیار نسبت هتروتریت – مونوتریت (HTMT) استفاده شد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که مقادیر این نسبت برای روابط دوتایی میان سازه‌ها بین ۰٫۳۹ تا ۰٫۸۳ قرار دارند. با توجه به اینکه تمامی مقادیر گزارش‌شده پایین‌تر از آستانه متعارف ۰٫۸۵ هستند، می‌توان شواهد اولیه مناسبی برای تمایز مفهومی سازه‌های مدل مشاهده کرد. پایین‌ترین مقدار HTMT مربوط

به رابطه زیرساخت دیجیتال و سوگیری الگوریتمی با مقدار ۰٫۳۹ است؛ درحالی که بالاترین مقدار به رابطه تخصیص هدفمند منابع آموزشی و عدالت آموزشی هوشمند با مقدار ۰٫۸۳ اختصاص دارد. این الگو نشان می‌دهد که اگرچه برخی سازه‌ها، به‌ویژه تخصیص هدفمند منابع و عدالت آموزشی هوشمند، از نظر مفهومی به یکدیگر نزدیک هستند، میزان هم‌پوشانی آن‌ها بر اساس معیار گزارش شده از حد تعیین شده فراتر نمی‌رود.

#### ۴. آزمون مدل ساختاری و روابط فرض شده

جدول ۴. ضرایب مسیر و نتایج آزمون روابط مستقیم

| مسیر ساختاری                                | ضریب مسیر | انحراف معیار | آماره آزمون | سطح معناداری  | جهت رابطه |
|---------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|---------------|-----------|
| زیرساخت دیجیتال ← عدالت آموزشی هوشمند       | ۰٫۲۱۶     | ۰٫۰۵۲        | ۴٫۱۵۴       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| شخصی‌سازی یادگیری ← عدالت آموزشی هوشمند     | ۰٫۲۴۳     | ۰٫۰۵۰        | ۴٫۸۶۰       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| توانمندسازی معلمان ← عدالت آموزشی هوشمند    | ۰٫۱۸۷     | ۰٫۰۴۸        | ۳٫۸۹۶       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| سواد دیجیتال ← عدالت آموزشی هوشمند          | ۰٫۱۴۱     | ۰٫۰۴۶        | ۳٫۰۶۵       | ۰٫۰۰۲         | مثبت      |
| آمادگی سازمانی ← عدالت آموزشی هوشمند        | ۰٫۱۶۸     | ۰٫۰۴۷        | ۳٫۵۷۴       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| سوگیری الگوریتمی ← بازتولید نابرابری آموزشی | ۰٫۳۱۸     | ۰٫۰۵۴        | ۵٫۸۸۹       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| حکمرانی مسئولانه ← کاهش بازتولید نابرابری   | ۰٫۲۷۶     | ۰٫۰۵۱        | ۵٫۴۱۲       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |
| تخصیص هدفمند منابع ← عدالت آموزشی هوشمند    | ۰٫۱۹۴     | ۰٫۰۴۹        | ۳٫۹۵۹       | کمتر از ۰٫۰۰۱ | مثبت      |

پس از ارزیابی مدل اندازه‌گیری، روابط ساختاری میان متغیرهای پژوهش با استفاده از ضرایب مسیر و روش بوت‌استرپ بررسی شدند. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که تمامی مسیرهای گزارش شده در سطح معناداری کمتر از ۰٫۰۵ معنادار هستند و جهت روابط نیز با انتظارات نظری اعلام شده در جدول سازگار است. در میان عوامل مرتبط با عدالت آموزشی هوشمند، شخصی‌سازی یادگیری با ضریب مسیر ۰٫۲۴۳ بیشترین ضریب مسیر مستقیم را دارد. پس از آن، زیرساخت دیجیتال با ضریب ۰٫۲۱۶، تخصیص هدفمند منابع آموزشی با ضریب ۰٫۱۹۴، توانمندسازی معلمان با ضریب ۰٫۱۸۷، آمادگی سازمانی مدارس با ضریب ۰٫۱۶۸ و سواد دیجیتال دانش‌آموزان با ضریب ۰٫۱۴۱ قرار می‌گیرند. این نتایج نشان می‌دهند که تحقق عدالت آموزشی هوشمند را نمی‌توان صرفاً به

فراهم سازی ابزارهای فناورانه محدود کرد؛ بلکه کیفیت فرایند یادگیری، قابلیت های انسانی و سازمانی و نحوه توزیع منابع نیز در تبیین آن نقش دارند.

بیشترین ضریب مسیر مستقیم در میان عوامل مرتبط با عدالت آموزشی هوشمند به شخصی سازی یادگیری اختصاص دارد. این نتیجه با این برداشت نظری سازگار است که کاربرد هوش مصنوعی، هنگامی می تواند در خدمت عدالت آموزشی قرار گیرد که به تفاوت های فردی دانش آموزان توجه کند و فرصت های یادگیری متناسب با نیازها و سطح پیشرفت آنان را فراهم آورد. همچنین، رابطه مثبت زیرساخت دیجیتال با عدالت آموزشی هوشمند نشان می دهد که دسترسی فناورانه می تواند یکی از پیش نیازهای بهره مندی مدارس از ظرفیت های آموزشی هوش مصنوعی باشد. نقش مثبت توانمندسازی معلمان و آمادگی سازمانی نیز بر اهمیت فراهم سازی مهارت های حرفه ای، حمایت مدیریتی و شرایط اجرایی مناسب برای استفاده اثربخش از فناوری تأکید دارد.

در بخش مربوط به نابرابری آموزشی، سوگیری الگوریتمی با ضریب مسیر ۰٫۳۱۸ و آماره آزمون ۵٫۸۸۹، رابطه مثبت و معناداری با بازتولید نابرابری آموزشی دارد. این یافته بیانگر آن است که افزایش ادراک شده یا تجربه شده سوگیری الگوریتمی با افزایش بازتولید نابرابری آموزشی همراه است. در مقابل، حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی با ضریب مسیر ۰٫۲۷۶ و آماره آزمون ۵٫۴۱۲، رابطه مثبت و معناداری با سازه کاهش بازتولید نابرابری دارد. بنابراین، نتایج از اهمیت سازوکارهایی مانند شفافیت، پاسخ گویی، نظارت انسانی، حفاظت از داده ها و ارزیابی پیامدهای الگوریتمی حمایت می کنند. البته، از آنجاکه این پژوهش از نوع پیمایشی و همبستگی است، روابط گزارش شده باید به عنوان روابط آماری در چارچوب مدل تفسیر شوند و نه شواهد قطعی درباره رابطه علی. همچنین، تأیید یا رد نهایی هر فرضیه باید بر اساس فرضیه های از پیش تدوین شده و خروجی کامل آزمون های آماری انجام شود.

## ۵. بررسی قدرت تبیین مدل

جدول ۵. ضریب تعیین سازه های درونزا

| سازه درونزا              | ضریب تعیین | ضریب تعیین تعدیل شده | تفسیر                         |
|--------------------------|------------|----------------------|-------------------------------|
| عدالت آموزشی هوشمند      | ۰٫۷۲۴      | ۰٫۷۱۶                | قدرت تبیین نسبتاً بالا        |
| بازتولید نابرابری آموزشی | ۰٫۵۴۸      | ۰٫۵۳۹                | قدرت تبیین متوسط تا قابل توجه |

به منظور ارزیابی توان مدل ساختاری در تبیین تغییرات سازه های درونزا، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده محاسبه شدند. بر اساس نتایج جدول ۵، ضریب تعیین عدالت آموزشی هوشمند برابر با ۰٫۷۲۴ و ضریب تعیین تعدیل شده آن برابر با ۰٫۷۱۶ است. این مقادیر نشان می دهند که متغیرهای پیش بین وارد شده در مدل، در

مجموع، ۷۲،۴ درصد از واریانس سازه عدالت آموزشی هوشمند را تبیین می کنند. نزدیکی ضریب تعیین تعدیل شده به ضریب تعیین نیز نشان می دهد که پس از اعمال تعدیل آماری، قدرت تبیین مدل تغییر محدودی داشته است. این میزان تبیین، در چارچوب مدل پیشنهادی پژوهش، قابل توجه است و بیانگر آن است که مجموعه عوامل فناوریانه، انسانی، سازمانی و تخصیصی می توانند در توضیح تفاوت های مشاهده شده در عدالت آموزشی هوشمند نقش داشته باشند.

در خصوص بازتولید نابرابری آموزشی، ضریب تعیین برابر با ۰،۵۴۸ و ضریب تعیین تعدیل شده برابر با ۰،۵۳۹ گزارش شده است. بر این اساس، متغیرهای پیش بین مدل توانسته اند ۵۴،۸ درصد از واریانس این سازه را تبیین کنند. این مقدار حاکی از آن است که سوگیری الگوریتمی و سایر عوامل مرتبط با ساختار پیشنهادی، در تبیین بازتولید نابرابری آموزشی سهم دارند؛ باین حال، بخشی از تغییرات این سازه همچنان به عوامل خارج از مدل مربوط می شود. عواملی مانند وضعیت اقتصادی خانواده ها، تفاوت های منطقه ای، کیفیت مدیریت مدرسه و دسترسی نابرابر به امکانات آموزشی می توانند در پژوهش های آینده بررسی شوند، مشروط بر آنکه در مدل نظری و ابزار اندازه گیری وارد شده باشند. در مجموع، مقادیر ضریب تعیین از توان تبیینی مدل حمایت می کنند؛ اما گیرد و به تنهایی معادل اثبات قدرت پیش بینی برون نمونه ای تلقی نشود.

## ۶. اندازه اثر متغیرهای پیش بین

جدول ۶. اندازه اثر مسیرهای ساختاری

| متغیر پیش بین      | سازه پیامد               | اندازه اثر | تفسیر                |
|--------------------|--------------------------|------------|----------------------|
| زیرساخت دیجیتال    | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۰۷۸      | کوچک                 |
| شخصی سازی یادگیری  | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۱۱۲      | کوچک                 |
| توانمندسازی معلمان | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۰۶۱      | کوچک                 |
| سواد دیجیتال       | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۰۳۹      | کوچک                 |
| آمادگی سازمانی     | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۰۵۴      | کوچک                 |
| سوگیری الگوریتمی   | بازتولید نابرابری آموزشی | ۰،۱۴۸      | کوچک، نزدیک به متوسط |
| حکمرانی مسئولانه   | کاهش بازتولید نابرابری   | ۰،۱۰۳      | کوچک                 |
| تخصیص هدفمند منابع | عدالت آموزشی هوشمند      | ۰،۰۶۷      | کوچک                 |

برای بررسی سهم نسبی هر متغیر پیش بین در تبیین سازه های پیامد، اندازه اثر  $(f^2)$  محاسبه شد. نتایج جدول ۶ نشان می دهد که اندازه اثر مسیرهای مرتبط با عدالت آموزشی هوشمند بین ۰،۰۳۹ تا ۰،۱۱۲ قرار دارد. بر

اساس معیارهای متعارف اندازه اثر در مدل‌یابی معادلات ساختاری، این مقادیر در محدوده اثر کوچک قرار می‌گیرند. در میان عوامل بررسی‌شده، شخصی‌سازی یادگیری با اندازه اثر ۰/۱۱۲ بیشترین سهم نسبی را در تبیین عدالت آموزشی هوشمند دارد. پس از آن، زیرساخت دیجیتال با مقدار ۰/۰۷۸، تخصیص هدفمند منابع آموزشی با مقدار ۰/۰۶۷، توانمندسازی معلمان با مقدار ۰/۰۶۱، آمادگی سازمانی با مقدار ۰/۰۵۴ و سواد دیجیتال با مقدار ۰/۰۳۹ قرار می‌گیرند. این یافته نشان می‌دهد که هرچند چندین عامل به‌طور معناداری با عدالت آموزشی هوشمند ارتباط دارند، سهم اختصاصی هر عامل پس از در نظر گرفتن سایر متغیرهای مدل محدودتر است.

در میان مسیرهای مربوط به نابرابری آموزشی، اندازه اثر سوگیری الگوریتمی بر بازتولید نابرابری برابر با ۰/۱۴۸ است. این مقدار، با توجه به آستانه‌های متعارف ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ برای اثر کوچک، متوسط و بزرگ، به محدوده اثر متوسط بسیار نزدیک است، اما اندکی پایین‌تر از آستانه ۰/۱۵ قرار دارد. بنابراین، توصیف دقیق‌تر آن «اثر کوچک و نزدیک به متوسط» است. همچنین، اندازه اثر حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی بر کاهش بازتولید نابرابری برابر با ۰/۱۰۳ گزارش شده که در محدوده اثر کوچک قرار می‌گیرد. این نتایج نشان می‌دهند که سوگیری الگوریتمی، در مقایسه با سایر مسیرهای گزارش‌شده در جدول، سهم نسبی بیشتری در تبیین بازتولید نابرابری دارد. از نظر کاربردی، این یافته بر ضرورت شناسایی و کنترل سوگیری‌های احتمالی در سامانه‌های آموزشی هوشمند تأکید می‌کند. با این حال، کوچک بودن اندازه اثر یک مسیر لزوماً به معنای بی‌اهمیت بودن آن نیست؛ زیرا اهمیت عملی عوامل می‌تواند به هزینه مداخله، امکان اجرا، پیامدهای اجتماعی و تعامل آن‌ها با سایر عوامل نیز وابسته باشد.

## ۷. آزمون اثرات تعدیل‌گر

جدول ۷. قالب نتایج آزمون اثرات تعدیل‌گر

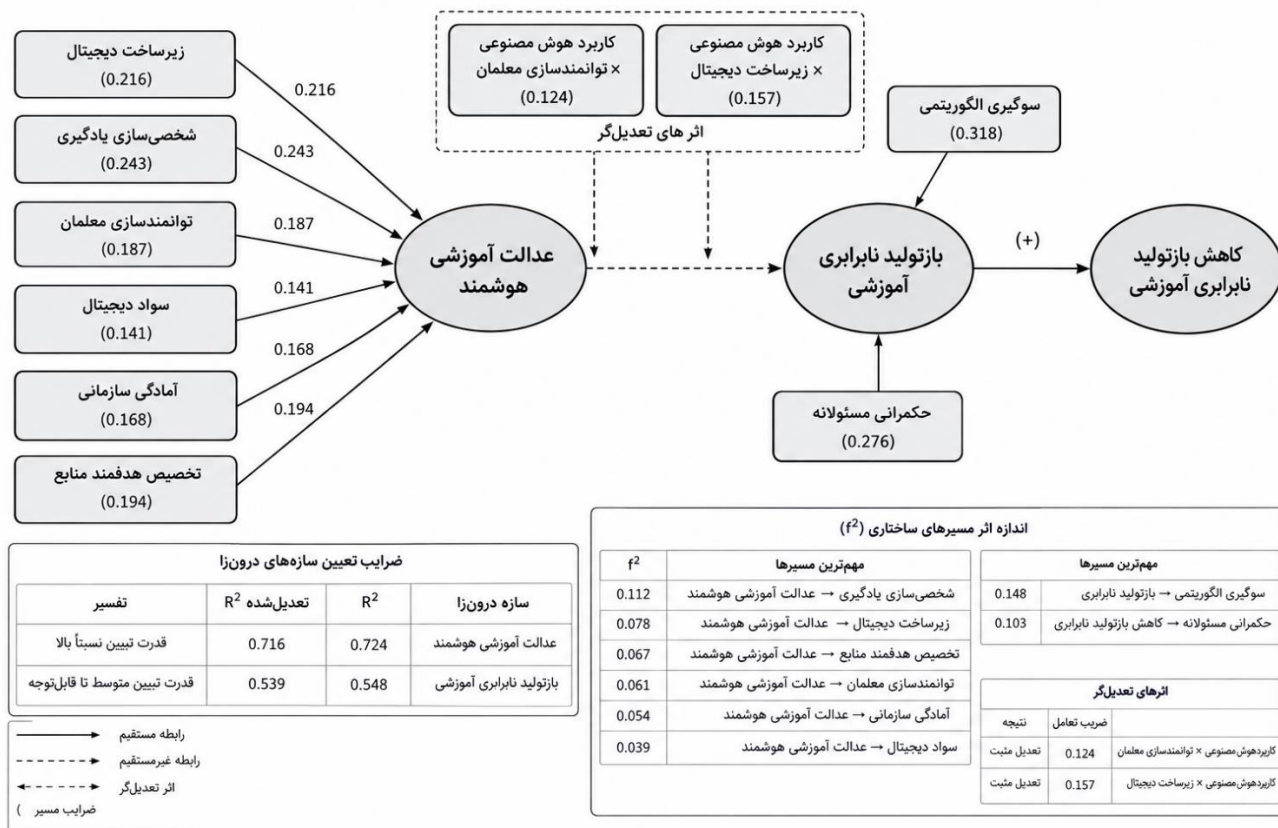
| تفسیر         | سطح<br>معناداری | آماره<br>آزمون | انحراف<br>معیار | ضریب<br>تعامل | اثر تعاملی                                |
|---------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|-------------------------------------------|
| تعدیل<br>مثبت | ۰/۰۰۴           | ۲/۸۸۴          | ۰/۰۴۳           | ۰/۱۲۴         | کاربرد هوش مصنوعی × توانمندسازی<br>معلمان |
| تعدیل<br>مثبت | ۰/۰۰۱           | ۳/۴۱۳          | ۰/۰۴۶           | ۰/۱۵۷         | کاربرد هوش مصنوعی × زیرساخت<br>دیجیتال    |

به‌منظور بررسی اینکه آیا توانمندسازی معلمان و زیرساخت دیجیتال می‌توانند رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و پیامدهای آموزشی را تحت تأثیر قرار دهند، اثرات تعاملی این متغیرها ارزیابی شدند. بر اساس نتایج جدول ۷، ضریب تعامل کاربرد هوش مصنوعی و توانمندسازی معلمان برابر با ۰/۱۲۴ و آماره آزمون آن برابر با ۲/۸۸۴

است. سطح معناداری این رابطه نیز ۰۰۰۰۴ گزارش شده است. بنابراین، اثر تعاملی مذکور از نظر آماری معنادار و مثبت است. همچنین، ضریب تعامل کاربرد هوش مصنوعی و زیرساخت دیجیتال برابر با ۰۰۱۵۷، آماره آزمون آن برابر با ۳۰۴۱۳ و سطح معناداری آن ۰۰۰۰۱ است. این نتیجه نیز وجود یک اثر تعاملی مثبت و معنادار را نشان می‌دهد. در مقایسه دو ضریب، تعامل کاربرد هوش مصنوعی و زیرساخت دیجیتال مقدار بزرگ‌تری دارد؛ با این حال، تفاوت معناداری این دو اثر را نمی‌توان صرفاً بر اساس مقایسه ضرایب نتیجه‌گیری کرد.

از منظر نظری، اثر تعاملی مثبت توانمندسازی معلمان می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که برخورداری معلمان از مهارت‌ها و قابلیت‌های حرفه‌ای مناسب، رابطه میان کاربرد هوش مصنوعی و پیامدهای آموزشی را تقویت می‌کند. به همین ترتیب، اثر تعاملی مثبت زیرساخت دیجیتال می‌تواند حاکی از آن باشد که بهره‌گیری از ظرفیت‌های هوش مصنوعی در محیط‌هایی با امکانات فناورانه مناسب، با پیامدهای مطلوب‌تری همراه است. این نتایج با این دیدگاه سازگارند که اثرگذاری فناوری‌های هوشمند به شرایط انسانی و سازمانی اجرای آن‌ها وابسته است و دسترسی به ابزارهای فناورانه، بدون مهارت کافی و زیرساخت مناسب، الزاماً به تحقق عدالت آموزشی منجر نمی‌شود.

با این حال، برای تفسیر قطعی نتایج تعدیل‌گری، لازم است متغیر وابسته هر اثر تعاملی در مدل نهایی به‌طور روشن مشخص شود. همچنین، باید توجه داشت که در جدول ۷ ضرایب تعامل گزارش شده‌اند، اما متغیر پیامد و اثرات اصلی مدل به‌صراحت درج نشده‌اند. از این رو، تعبیر این نتایج به‌عنوان تقویت رابطه کاربرد هوش مصنوعی با عدالت آموزشی هوشمند، مشروط به آن است که عدالت آموزشی هوشمند پیامد همان روابط تعاملی باشد. ترسیم نمودار شیب ساده برای سطوح پایین و بالای متغیرهای تعدیل‌گر نیز می‌تواند به تبیین دقیق‌تر ماهیت این تعامل‌ها کمک کند.



شکل ۱- مدل تحقیق

## ۸. شاخص‌های پیش‌بینی و برازش تقریبی

جدول ۸. شاخص‌های ارزیابی مدل

| شاخص                                            | مقدار نمونه | معیار تفسیر                               |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| میانگین ریشه دوم مربعات باقیمانده استاندارد شده | ۰۰۶۱        | کمتر از ۰۰۸، نشانه مطلوب در برخی کاربردها |
| شاخص پیش‌بینی برای عدالت آموزشی هوشمند          | ۰۳۸۶        | مقدار مثبت، نشانه اولیه قدرت پیش‌بینی     |
| شاخص پیش‌بینی برای بازتولید نابرابری            | ۰۲۹۴        | مقدار مثبت، نشانه اولیه قدرت پیش‌بینی     |
| بیشترین ضریب تورم واریانس                       | ۲۰۴۱        | پایین‌تر از ۳ در این الگو                 |

برای تکمیل ارزیابی مدل، شاخص‌های باقیمانده، پیش‌بینی و هم‌خطی بررسی شدند. مطابق نتایج جدول ۸، مقدار میانگین ریشه دوم مربعات باقیمانده استاندارد شده (SRMR) برابر با ۰۰۶۱ است. این مقدار پایین‌تر از آستانه متداول ۰۰۸ قرار دارد و از برازش تقریبی قابل قبول مدل حمایت می‌کند. البته، در رویکرد حداقل مربعات جزئی،

این شاخص باید در کنار سایر معیارهای ارزیابی و با توجه به نوع مدل تفسیر شود و به‌تنهایی برای تأیید کامل برازش کافی نیست. همچنین، بیشترین ضریب تورم واریانس (VIF) برابر با ۲٫۴۱ گزارش شده است که پایین‌تر از آستانه ۳ قرار دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که بر اساس معیار انتخاب‌شده، هم‌خطی میان متغیرهای پیش‌بین در سطح نگران‌کننده‌ای قرار ندارد؛ هرچند بررسی هم‌خطی باید در سطح شاخص‌های مربوط به مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری، متناسب با نوع تحلیل، انجام شود.

شاخص‌های پیش‌بینی گزارش‌شده برای عدالت آموزشی هوشمند و بازتولید نابرابری آموزشی به‌ترتیب برابر با ۰٫۳۸۶ و ۰٫۲۹۴ هستند. با فرض اینکه این مقادیر به شاخص  $(Q^2)$  مبتنی بر روش بلایند فولدینگ اشاره دارند، مثبت بودن آن‌ها نشان می‌دهد که مدل از قدرت پیش‌بینی مرتبط برای سازه‌های درون‌زا برخوردار است. در این صورت، مقدار بزرگ‌تر شاخص برای عدالت آموزشی هوشمند نسبت به بازتولید نابرابری آموزشی بیانگر عملکرد پیش‌بینی قوی‌تر مدل برای سازه نخست در چارچوب همان معیار است. با این حال، اگر هدف مقاله ارزیابی دقیق قدرت پیش‌بینی برون‌نمونه‌ای باشد، استفاده از روش‌هایی مانند PLSpredict و مقایسه خطای پیش‌بینی مدل با یک معیار مرجع ضروری است. بنابراین، یافته‌های حاضر شواهدی اولیه از وضعیت مطلوب باقیمانده‌ها، نبود هم‌خطی شدید و ظرفیت پیش‌بینی مدل فراهم می‌کنند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های پژوهش حاضر بر اهمیت نگاه دوگانه به نقش هوش مصنوعی در عدالت آموزشی تأکید می‌کند؛ از یک‌سو، برخورداری از زیرساخت دیجیتال، شخصی‌سازی فرایند یادگیری، توانمندسازی معلمان و تخصیص هدفمند منابع می‌تواند زمینه گسترش فرصت‌های آموزشی را فراهم سازد و از سوی دیگر، نابرابری در دسترسی، سوگیری الگوریتمی و ضعف سازوکارهای نظارتی ممکن است نابرابری‌های پیشین را بازتولید کند. این تبیین با رویکردهای بین‌المللی درباره ضرورت بهره‌گیری فراگیر، اخلاقی و انسان‌محور از هوش مصنوعی در آموزش هم‌راستا است؛ به‌ویژه آنکه یونسکو بر اهمیت شمول، عدالت، حفاظت از حقوق یادگیرندگان و حفظ نقش محوری معلم در کاربرد فناوری‌های هوشمند تأکید می‌کند. همچنین، چارچوب قابلیت‌های انسانی نشان می‌دهد که عدالت آموزشی صرفاً به فراهم بودن ابزار یا دسترسی اسمی به منابع محدود نمی‌شود، بلکه به فرصت واقعی دانش‌آموزان برای استفاده از منابع و تبدیل آن‌ها به یادگیری معنادار وابسته است. بر این اساس، الگوی عدالت آموزشی هوشمند زمانی می‌تواند از نظر نظری و اجرایی قابل دفاع باشد که توسعه فناوری را با توانمندسازی نیروی انسانی، حمایت از گروه‌های محروم و تضمین فرصت‌های واقعی یادگیری پیوند دهد (یونسکو، ۲۰۲۳؛ سن، ۱۹۹۹؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).

مقایسه این چارچوب با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که توجه هم‌زمان به فرصت‌های فناوری و مخاطرات نابرابری‌زای آن، با نتایج گزارش «چشم‌انداز آموزش دیجیتال» سازمان همکاری و توسعه اقتصادی هم‌خوانی دارد؛ این گزارش تأکید می‌کند که فناوری‌های هوشمند می‌توانند شخصی‌سازی یادگیری و کیفیت آموزش را تقویت کنند، اما نابرابری در دسترسی به تجهیزات، اتصال اینترنت، مهارت‌های دیجیتال و ظرفیت اجرایی مدارس ممکن است شکاف‌های آموزشی را تشدید کند. همچنین، راهنمای یونسکو درباره هوش مصنوعی مولد در آموزش و پژوهش، بر حفاظت از داده‌ها، آمادگی نهادهای آموزشی و استفاده انسان‌محور و عادلانه از فناوری تأکید می‌کند. از سوی دیگر، راهنمای یونیسف درباره هوش مصنوعی و کودکان، رعایت حقوق کودک، عدم تبعیض، شفافیت، پاسخ‌گویی و فراگیری را از الزامات طراحی و به‌کارگیری مسئولانه این سامانه‌ها می‌داند. بنابراین، وجه متمایز چارچوب حاضر، پیوند دادن عدالت آموزشی با مجموعه‌ای از عوامل فناورانه، انسانی، سازمانی و حکمرانی است؛ باین‌حال، میزان تأیید تجربی روابط پیشنهادی و تفاوت آن‌ها با نتایج مطالعات پیشین، باید پس از تحلیل داده‌های واقعی و مقایسه مستقیم ضرایب و شاخص‌های پژوهش مشخص شود (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳؛ میائو و هولمز، ۲۰۲۳؛ یونیسف، ۲۰۲۴). بر مبنای این جمع‌بندی، پیشنهاد می‌شود آموزش و پرورش برای مدارس مناطق کم‌برخوردار شهر تهران، برنامه‌ای مرحله‌ای تدوین کند که در آن تأمین اینترنت پایدار و تجهیزات مناسب، توسعه محتوای آموزشی سازگار با نیازهای متنوع دانش‌آموزان، آموزش کاربردی هوش مصنوعی به معلمان و ایجاد نظام ارزیابی مستمر در اولویت قرار گیرد. همچنین، لازم است پیش از استفاده گسترده از سامانه‌های هوشمند، سازوکارهایی برای شناسایی سوگیری الگوریتمی، حفاظت از اطلاعات دانش‌آموزان، توضیح‌پذیری تصمیم‌های فناورانه و نظارت انسانی بر پیشنهادهای ارزیابی‌های آموزشی طراحی شود. تخصیص منابع نیز بهتر است بر پایه شاخص‌های روشن محرومیت، نیاز آموزشی، دسترسی دیجیتال و میزان بهره‌مندی واقعی دانش‌آموزان انجام گیرد و اثربخشی برنامه‌ها از طریق شاخص‌هایی مانند مشارکت آموزشی، پیشرفت یادگیری، کاهش شکاف دسترسی و رضایت معلمان و دانش‌آموزان ارزیابی شود. برای پژوهش‌های آتی، اجرای مطالعه در چند منطقه آموزشی، مقایسه مدارس برخوردار و کم‌برخوردار، استفاده از داده‌های طولی و ترکیب پرسش‌نامه با مصاحبه و شاخص‌های واقعی عملکرد تحصیلی پیشنهاد می‌شود تا مشخص شود کدام مداخلات هوشمند در چه شرایطی به کاهش نابرابری منجر می‌شوند. این پیشنهادهای بین‌المللی درباره دسترسی منصفانه، توانمندسازی معلمان، حفاظت از داده‌ها و حکمرانی مسئولانه فناوری در آموزش هم‌راستا هستند.

## منابع

کرمانیان، مهدی، مهاجرنیا، محمدرضا، مقدم، علیرضا و آب نیکی، سیمین. (۱۴۰۲). ارائه و تبیین مدل ترک خدمت کادر درمان در زمان اپیدمی کووید ۱۹ (مورد مطالعه: بیمارستان‌های دولتی شهر تهران). چشم‌انداز مدیریت دولتی، ۱۴ (۲)، ۶۷-۹۲. <https://doi.org/10.4830/8/jpap.2023.103566>

Benjamin, R. (2019). *Race after technology: Abolitionist tools for the new Jim Code*. Polity Press.

Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1977). *Reproduction in education, society and culture* (R. Nice, Trans.). Sage Publications.

European Commission. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Publications Office of the European Union.

Global Education Monitoring Report Team. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms?* UNESCO. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>

Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>

Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*. New York University Press. <https://doi.org/10.18574/nyu/9781479833641.001.0001>

Nussbaum, M. C. (2011). *Creating capabilities: The human development approach*. Harvard University Press.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *AI in society*. OECD Publishing.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Sen, A. (1999). *Development as freedom*. Oxford University Press.

UNESCO. (2019). *Beijing consensus on artificial intelligence and education*. UNESCO.

UNESCO. (2024). *Global education monitoring report 2024: Gender report—Technology on her terms*. UNESCO.

UNICEF. (2021). *Policy guidance on AI for children*. UNICEF.

UNICEF. (2024). *The state of the world's children 2024: The future of childhood in a changing world*. UNICEF. <https://www.unicef.org/reports/state-of-worlds-children/2024>

UNICEF. (2024). *Guidance on AI and children: Version 3.0—Recommendations for AI policies and systems that uphold child rights*. UNICEF. <https://www.unicef.org/innocenti/reports/policy-guidance-ai-children>

van Dijk, J. A. G. M. (2020). *The digital divide*. Polity Press.

Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>