Vol. 6, No. 1, Spring 2026, pp 57- 68

Journal of Research in Mathematics Education

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Transition from Traditional Instruction to Adaptive Learning in Mathematics Education through the Use of Intelligent Technologies

Asiyeh Ebrahimzadeh [*] [1]

[1] *Department of Mathematics Educationt, Farhangian University, Tehran, Iran.*

Keywords
Mathematics Education
Adaptive Learning
Teacher Empowerment
Personalized Learning
Intelligent Technologies
Artificial Intelligence in Education

1. Corresponding author:
a.ebrahimzadeh@cfu.ac.ir

Received: 2025/10/18
Reviewed: 2025/12/21
Accepted: 2025/12/27

ABSTRACT

Background and Objectives: With the expansion of intelligent technologies in educational systems, mathematics education has been shifting from traditional approaches toward adaptive and personalized learning. Previous studies indicate that tools such as adaptive learning systems and intelligent instruction can improve the quality of teaching and learning; however, practical and professional challenges still remain. The aim of this study is to examine the role of intelligent technologies in the transition of mathematics education from traditional instruction to adaptive learning, with an emphasis on teacher empowerment and the improvement of student learning. **Methods:** This study was conducted using a systematic review method. Relevant scientific articles published in recent years were identified, screened, and analyzed through content analysis based on established scientific frameworks. **Findings:** The results showed that intelligent technologies enhance teaching effectiveness, provide immediate feedback, increase student motivation, and improve academic performance. **Conclusion:** The findings highlight the need to revise educational policies, invest in teachers' professional development, and promote the ethical use of intelligent technologies. The digital divide, infrastructure limitations, and insufficient technological skills are among the main barriers to the effective implementation of this approach.

ISSN (Online): 2783- 4379 **DOI:** 10.48310/rme.2025.21238.1128

Citation (APA): Ebrahimzadeh, A. (2026). Transition from Traditional Instruction to Adaptive Learning in Mathematics Education through the Use of Intelligent Technologies. *Research in Mathematics Education*, 6 (1), 57- 68 .
https://doi.org/10.48310/rme.2025.21238.1128

گذار از آموزش سنتی به یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی با بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند

مقاله پژوهشی/ مروری

آسیه ابراهیم زاده [*] [۱]

۱ گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران.

چکیده

پیشینه و اهداف: با گسترش فناوری‌های هوشمند در نظام‌های آموزشی، آموزش ریاضی از الگوهای سنتی به سوی یادگیری تطبیقی و شخصی‌شده حرکت کرده است. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که ابزارهایی مانند سامانه‌های یادگیری تطبیقی و آموزش هوشمند می‌توانند کیفیت تدریس و یادگیری را بهبود بخشند، اما چالش‌های اجرایی و حرفه‌ای همچنان پابرجاست. هدف این پژوهش بررسی نقش فناوری‌های هوشمند در گذار آموزش ریاضی از رویکرد سنتی به یادگیری تطبیقی، با تمرکز بر توانمندسازی معلمان و بهبود یادگیری دانش‌آموزان است. **روش‌ها:** این مطالعه با روش مرور نظام‌مند انجام شد. مقالات علمی مرتبط منتشرشده در سال‌های اخیر بر اساس چارچوب‌های معتبر علمی شناسایی، غربال و تحلیل محتوایی شدند. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد فناوری‌های هوشمند موجب افزایش اثربخشی تدریس، ارائه بازخورد فوری، تقویت انگیزه و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان می‌شوند. **نتیجه‌گیری:** یافته‌ها بر ضرورت بازنگری در سیاست‌های آموزشی، توسعه حرفه‌ای معلمان و بهره‌گیری اخلاق‌مدار از فناوری‌ها تأکید دارد. شکاف دیجیتال، محدودیت زیرساخت‌ها و کمبود مهارت فناورانه از مهم‌ترین موانع اجرای مؤثر این رویکرد هستند.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید.

واژه‌های کلیدی

آموزش ریاضی

یادگیری تطبیقی

توانمندسازی معلمان

آموزش شخصی‌شده

فناوری‌های هوشمند

هوش مصنوعی در آموزش

۱. نویسنده مسئول

a.ebrahimzadeh.@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶

شماره صفحات: ۶۸- ۵۷

شاپا الکترونیکی: ۴۳۷۹- ۲۷۸۳

DOI: 10.48310/rme.2025.21238.1128

OPYRIGHTS

©2026 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

مقدمه

گسترش فناوری‌های دیجیتال در سال‌های اخیر، فضای آموزش را دگرگون ساخته و زمینه‌ساز تحولی مفهومی در روش‌های تدریس و یادگیری شده است. در این میان، فناوری‌های هوشمند، به‌ویژه ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، نقش برجسته‌ای در بازتعریف نقش معلمان، ساختار کلاس درس، و شیوه‌های یادگیری ایفا کرده‌اند. آموزش ریاضی نیز با ورود این ابزارها، از الگوی ایستا و سنتی فاصله گرفته و به‌سوی آموزش انطباق‌پذیر، تعاملی و شخصی‌شده حرکت کرده است؛ فرآیندی که از آن با عنوان گذار به «یادگیری تطبیقی» یاد می‌شود (زاواکی-ریشتر و همکاران، ۲۰۱۹؛ لاکین و هولمز، ۲۰۱۶؛ وولف، ۲۰۱۰).

بررسی پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که فناوری‌های هوشمند می‌توانند ضمن ارتقای کیفیت تدریس، ابزارهایی کارآمد برای توانمندسازی حرفه‌ای معلمان فراهم کنند (میلانی، ۲۰۲۴، هوانگ و تو، ۲۰۲۱). همچنین این ابزارها با فراهم‌سازی امکانات آموزش شخصی، تطبیق محتوا با سبک یادگیری، و ارائه بازخورد فوری، در افزایش مشارکت دانش‌آموزان و بهبود انگیزه یادگیری مؤثرند (پدرو و همکاران، ۲۰۱۹؛ هولمز، بیالیک و فادل، ۲۰۱۹؛ زاواکی-ریشتر و همکاران، ۲۰۱۹؛ چن، چن و لین، ۲۰۲۰).

با این حال، چالش‌هایی نظیر نبود زیرساخت‌های فناورانه، نابرابری در دسترسی، ملاحظات مربوط به امنیت داده‌ها و حریم خصوصی، و فاصله بین طراحی نظری ابزارها و واقعیت کلاس درس، هم‌چنان مانعی در مسیر به‌کارگیری گسترده و مؤثر این فناوری‌ها به شمار می‌رود (ادیر، ۲۰۲۳؛ شریواستاوا، ۲۰۲۳؛ رجبیان ده زیره، ۱۴۰۳). افزون بر این، اغلب مطالعات انجام‌شده در این حوزه، تمرکز محدودی بر آموزش ریاضی داشته و عمدتاً ناظر بر آموزش علوم یا زبان بوده‌اند (پاشچنکو و همکاران، ۲۰۲۴، گیگر و همکاران، ۲۰۱۲).

از سوی دیگر، پژوهش‌هایی مانند بررسی نظام‌مند پپین و همکاران (۲۰۲۵) و مرور گسترده روزلیانا و همکاران (۲۰۲۵) بر این نکته تأکید دارند که گذار موفق از آموزش سنتی به یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی، مستلزم نگاه جامع به نقش معلمان، بازآموزی حرفه‌ای آنان، و طراحی نظام‌مند محیط‌های یادگیری مبتنی بر فناوری‌های هوشمند است.

با توجه به این پیش‌زمینه، پژوهش حاضر با هدف مرور نظام‌مند مطالعات انجام‌شده در زمینه کاربرد فناوری‌های هوشمند در آموزش ریاضی انجام شده است. تمرکز این مطالعه بر بررسی فرصت‌ها و چالش‌های این فناوری‌ها در دو محور اساسی است: توانمندسازی معلمان و آموزش شخصی دانش‌آموزان. این پژوهش می‌کوشد با واکاوی مطالعات بین‌المللی منتخب، تصویری جامع از نقش ابزارهای هوشمند در تحول آموزش ریاضی ارائه دهد و مسیرهایی برای استفاده مسئولانه، مؤثر و هدفمند از این فناوری‌ها در بسترهای آموزشی پیشنهاد کند.

در دهه‌های اخیر، آموزش ریاضی با ظهور فناوری‌های هوشمند، به‌ویژه ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، دستخوش تحولات بنیادینی شده است. این ابزارها نه‌تنها شیوه‌های سنتی تدریس را به چالش کشیده‌اند، بلکه فرصت‌هایی تازه برای طراحی محیط‌های یادگیری تطبیقی، تعاملی و شخصی‌شده فراهم آورده‌اند. مطالعات متعدد در این حوزه حاکی از آن است که به‌کارگیری فناوری‌های نوین در آموزش ریاضی می‌تواند به ارتقای کیفیت تدریس، بهبود مشارکت دانش‌آموزان، و تسهیل فرآیند یاددهی-یادگیری منجر شود)هاراهپ و همکاران، ۲۰۲۴؛ پپن و همکاران، ۲۰۲۵؛ لیستیانینگرو و همکاران، ۲۰۲۴.)

مطالعه میلانی (۲۰۲۴) نشان داد که فناوری‌های هوشمند به‌عنوان ابزارهایی مکمل در برنامه‌ریزی درسی، تحلیل عملکرد دانش‌آموزان، و ایجاد مسیرهای یادگیری متنوع برای فراگیران عمل می‌کنند. آن‌ها تأکید کردند که معلمان می‌توانند با بهره‌گیری از تحلیل‌های داده‌محور، فرآیند تدریس را هدفمندتر و متناسب با نیازهای واقعی دانش‌آموزان طراحی کنند. از سوی دیگر، لی و همکاران (۲۰۲۵) با تمرکز بر آموزش معلمان ریاضی، بر این باورند که هوش مصنوعی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای بازآموزی تخصصی معلمان، و ارتقاء تفکر بازتابی آن‌ها در مورد شیوه تدریس به‌کار رود. آن‌ها نشان دادند که معلمان با استفاده از سامانه‌های بازخوردی هوشمند، می‌توانند نقاط ضعف تدریس خود را تشخیص داده و بر اساس آن

بازطراحی آموزشی انجام دهند. در پژوهشی کیفی، اکبری و گویا (۱۴۰۴) نشان دادند که اگرچه معلمان ریاضی استفاده از هوش مصنوعی را به‌عنوان یک ابزار آموزشی می‌پذیرند، اما نسبت به تلفیق آن با ریاضی مدرسه‌ای نگرانی‌هایی دارند و آن را شمشیری دولبه می‌دانند که نیازمند آموزش تخصصی معلمان و بازنگری در برنامه درسی است.

پانکوبان و هوییینکاهو (۲۰۲۴) در مرور نظام‌مند خود به کاربرد مدل‌های زبانی در شخصی‌سازی آموزش ریاضی پرداختند. آن‌ها تأکید کردند که ابزارهایی مانند چت‌بات‌ها و مدل‌های مولد می‌توانند محتوای درسی را بر اساس سطح پیشرفت، علایق و سبک‌های یادگیری دانش‌آموزان تنظیم کرده و در نتیجه باعث افزایش تعامل، مشارکت و انگیزش آن‌ها شوند. این نتایج با یافته‌های پپین، بوخولتس و سالیناس هرناندز (۲۰۲۵) نیز همخوان است؛ آن‌ها معتقدند که استفاده از ابزارهایی نظیر ChatGPT و سیستم‌های گفت‌وگومحور، باعث تقویت تفکر محاسباتی، حل مسئله و درک مفاهیم انتزاعی در ریاضی می‌شود. آن‌ها گزارش دادند که دانش‌آموزان در کلاس‌هایی که از این ابزارها بهره می‌گیرند، عملکرد تحلیلی بهتری دارند و کمتر دچار اضطراب ریاضی می‌شوند.

مطالعه گو، دو و ژنگ (۲۰۲۳) نشان داد که طراحی محیط‌های یادگیری بر پایه تعامل انسانی-ماشینی، باعث افزایش خودتنظیمی و درگیری شناختی دانش‌آموزان شده است. این ابزارها با ارائه بازخورد فوری، پیشنهاد منابع یادگیری مکمل، و امکان تمرین تکرارشونده، محیطی پویا و یادگیرنده‌محور را فراهم می‌آورند. هم‌چنین لوزانو (۲۰۲۴) تأکید دارد که در بستر آموزش ریاضی، ابزارهای ارزیابی هوشمند می‌توانند با شناسایی دقیق سطح مفهومی دانش‌آموزان، به معلمان در برنامه‌ریزی مجدد، تقویت نقاط ضعف و ارائه آموزش هدفمند کمک کنند. او هشدار می‌دهد که بدون به‌کارگیری این تحلیل‌های دقیق، بخش زیادی از نیازهای پنهان یادگیرندگان نادیده گرفته می‌شود.

محمد زلحلمی، هیدایات و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مطالعه‌ای تجربی دریافتند که ترکیب روبوتیک آموزشی، یادگیری ماشین و ابزارهای دیجیتال تعاملی می‌تواند جذابیت آموزش ریاضی را افزایش دهد. آن‌ها به این نکته اشاره کردند که این ابزارها با فراهم‌سازی آموزش خارج از کلاس، ۲۴ ساعته، و مبتنی بر نیاز فردی، موجب افزایش تسلط مفهومی و کاهش فاصله یادگیری بین دانش‌آموزان می‌شود. در همین راستا، یافتیان و نیکنام (۲۰۲۵) بر ضرورت آماده‌سازی معلمان برای پذیرش و به‌کارگیری مؤثر فناوری‌های هوشمند تأکید دارند و خاطرنشان می‌کنند که نبود آموزش تخصصی برای معلمان، می‌تواند منجر به کاربرد سطحی یا حتی گمراه‌کننده این ابزارها شود.

از منظر ترکیب روش‌های سنتی و فناوری‌محور، آبرامز و هیفنر (۲۰۰۲)نشان دادند که مدل‌های تلفیقی موجب افزایش اعتماد به نفس ریاضی، مشارکت فعال، و توانایی حل مسئله در دانش‌آموزان می‌شود. آن‌ها به‌ویژه به اثر مثبت آموزش تطبیقی در درک مفاهیم انتزاعی مانند حد، مشتق و معادلات جبری اشاره کردند. در تکمیل این رویکرد، روزلیانا، سافری و همکاران (۲۰۲۵) تأکید کردند که آموزش تطبیقی زمانی مؤثر است که محتوای آموزشی بر اساس داده‌های واقعی یادگیرنده به‌روزرسانی شود و مسیر یادگیری هر دانش‌آموز بر اساس آن بازتعریف گردد.

در کنار این یافته‌های مثبت، برخی مطالعات نیز به چالش‌ها و موانع اشاره کرده‌اند. اپسموو و آدوی (۲۰۲۴) از نبود زیرساخت مناسب، شکاف دیجیتال، و نابرابری دسترسی به ابزارهای فناورانه به‌عنوان موانع اساسی یاد می‌کنند. آن‌ها هشدار می‌دهند که اجرای ناعادلانه این فناوری‌ها ممکن است باعث تعمیق نابرابری آموزشی شود. همچنین لوزانو (۲۰۲۴) بر لزوم رعایت ملاحظات اخلاقی مانند امنیت داده، حفظ حریم خصوصی و شفافیت الگوریتم‌ها در محیط آموزشی تأکید دارد.

جمع‌بندی مطالعات نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در آموزش ریاضی دارای ظرفیت‌های گسترده‌ای در حوزه‌های آموزش شخصی، تحلیل عملکرد، بازطراحی آموزشی و توانمندسازی معلمان است. با این حال، این ظرفیت زمانی بالفعل می‌شود که استفاده از این ابزارها در چارچوبی دقیق، آموزش‌دیده، اخلاق‌محور و متناسب با بستر بومی آموزش صورت گیرد. پژوهش حاضر در همین راستا، با مرور نظام‌مند مطالعات معتبر، در پی شناسایی الگوهای اثربخش و چالش‌های عملیاتی در مسیر گذار از آموزش سنتی به یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی است.

روش

پژوهش حاضر با رویکرد مرور نظام‌مند و مبتنی بر چارچوب مراحل پیشنهادی در مطالعات مروری علمی انجام شده است. مرور نظام‌مند به‌عنوان یکی از روش‌های نوین در پژوهش‌های آموزشی، با رویکردی شفاف، ساختاریافته و تکرارپذیر، امکان بررسی هدفمند، انتقادی و جامع ادبیات پژوهشی را فراهم می‌سازد (اسنایدر،۲۰۱۹). در این مطالعه، هدف اصلی شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های فناوری‌های هوشمند در گذار از آموزش سنتی به یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی، با تمرکز ویژه بر دو حوزه توانمندسازی معلمان و آموزش شخصی دانش‌آموزان بوده است.

در آغاز فرایند مرور نظام‌مند، ابتدا پرسش اصلی پژوهش با دقت مشخص شد تا مسیر انتخاب منابع و تحلیل داده‌ها بر اساس آن هدایت شود. این پرسش چنین تعریف شد: «فناوری‌های هوشمند چه فرصت‌ها و چالش‌هایی را در گذار از آموزش سنتی به یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی، به‌ویژه در زمینه توانمندسازی معلمان و آموزش شخصی‌شده دانش‌آموزان، فراهم می‌کنند؟». این سؤال، چارچوب تحلیل مطالعات و فرایند انتخاب منابع را جهت داد. در ادامه، راهبرد جست‌وجوی نظام‌مند منابع علمی طراحی و اجرا شد. جست‌وجو در منابع فارسی و انگلیسی، عمدتاً در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ و با تمرکز ویژه بر مطالعات منتشرشده پس از سال ۲۰۱۷ صورت گرفت. برای شناسایی مقالات انگلیسی از پایگاه‌هایGoogle Scholar ، Web of Scienceو Scopus و برای مقالات فارسی از پایگاه‌هایSID ، Magiranو IranDoc استفاده شد. واژگان کلیدی در زبان انگلیسی شامل ترکیب‌هایی همچون ChatGPT AND (language ،mathematics education AND review systematic review AND mathematics education AND models OR ChatGPT OR artificial intelligence) ،AI AND mathematics learning AND adaptive learning intelligent tutoring systems AND math education ،OR opportunities وteacher empowerment AND AI AND mathematics educationبود. در جست‌وجوی فارسی نیز از عبارت‌هایی مانند «هوش مصنوعی در آموزش ریاضی»، «چت‌بات در آموزش ریاضی»، «مدل‌های زبانی در آموزش ریاضی»، «یادگیری تطبیقی در آموزش ریاضی»، «توانمندسازی معلمان در آموزش ریاضی با هوش مصنوعی» و «فناوری هوشمند در آموزش ریاضی» بهره گرفته شد. جست‌وجوها به‌صورت پیشرفته و با اعمال فیلترهای موضوعی انجام شد تا از میان منابع موجود، تنها مطالعات مرتبط با آموزش ریاضی که مستقیماً به کاربست فناوری‌های هوشمند در زمینه‌های موردنظر پژوهش پرداخته‌اند، انتخاب شوند.

پس از گردآوری منابع اولیه، مقالات تکراری حذف شدند و سپس عنوان و چکیده آثار با دقت بررسی شد. در این مرحله، فقط آن دسته از مطالعات انتخاب شدند که به‌طور مستقیم به آموزش ریاضی و کاربرد فناوری‌های هوشمند در آن پرداخته بودند. مقالاتی که تمرکز آن‌ها بر رشته‌های دیگر، یا صرفاً اشاره گذرا به هوش مصنوعی داشتند، کنار گذاشته شدند. معیارهای شمول در انتخاب منابع شامل این موارد بود: تمرکز پژوهش بر آموزش ریاضی در هر سطح (مدرسه تا دانشگاه)، تمرکز بر نقش هوش مصنوعی یا فناوری هوشمند در یادگیری یا تدریس، زبان نگارش فارسی یا انگلیسی، و داشتن ساختار پژوهشی معتبر. در مقابل، مطالعات غیرمرتبط با موضوع، مقالات غیرپژوهشی یا منتشرنشده، و آثاری که در مرحله داوری یا تهیه بودند، از تحلیل حذف شدند.

اطلاعات پژوهش‌های انتخاب‌شده در نرم‌افزار Mendeley ثبت و مدیریت شدند. دو پژوهشگر حوزه آموزش ریاضی به‌صورت مستقل به بررسی کیفیت مقالات پرداختند و اعتبار روش‌شناختی، وضوح هدف، روایی یافته‌ها و انسجام نظری مورد توجه قرار گرفت. فقط آثاری که دارای کفایت علمی و روش‌شناسی قوی بودند در مرحله تحلیل نهایی گنجانده شدند.

تحلیل داده‌ها با استفاده از رویکرد تحلیل محتوای کیفی انجام شد. مفاهیم کلیدی هر مقاله استخراج، کدگذاری و در قالب مقولات اصلی و فرعی دسته‌بندی شد. تحلیل بر اساس دو محور کلیدی صورت گرفت: نخست، توانمندسازی معلمان در زمینه طراحی تدریس هوشمند، استفاده از ابزارهای فناورانه، بازخورددهی و تصمیم‌سازی آموزشی؛ دوم، آموزش شخصی دانش‌آموزان، شامل یادگیری تطبیقی، تنظیم محتوا با سبک‌های یادگیری، ایجاد انگیزه، و ارائه مسیرهای یادگیری متنوع.

در نهایت، نتایج تحلیل با هدف ارائه تصویری یکپارچه و عمیق از وضعیت پژوهش‌های موجود گزارش شد. مرور مطالعات نشان داد که فناوری‌های هوشمند در صورت استفاده صحیح، می‌توانند آموزش ریاضی را به تجربه‌ای پویا، تطبیقی و معنادار تبدیل کنند. با این حال، در کنار این فرصت‌ها، چالش‌هایی همچون ضعف زیرساخت، نبود آموزش کافی برای معلمان، و ملاحظات اخلاقی نیز مطرح است که باید در فرایند سیاست‌گذاری آموزشی به‌شکلی جدی مدنظر قرار گیرد.

یافته‌ها

بررسی نظام‌مند مطالعات انجام‌شده درباره استفاده از فناوری‌های هوشمند در آموزش ریاضی نشان می‌دهد که این حوزه در حال گذار از مرحله نظریه‌پردازی به مرحله طراحی عملیاتی و اجراست. مطالعات در این زمینه عمدتاً در دو حوزه کلان «توانمندسازی معلمان» و «آموزش شخصی و یادگیری تطبیقی دانش‌آموزان» متمرکز هستند. با تحلیل عمیق محتوای مقالات منتخب، می‌توان به مجموعه‌ای از الگوهای تکرارشونده، فرصت‌های جدید و همچنین چالش‌های ساختاری اشاره کرد که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود (گلیم‌اللینا و همکاران، ۲۰۲۱) .

در محور نخست، یعنی توانمندسازی معلمان، یافته‌ها نشان دادند که فناوری‌های هوشمند به‌عنوان ابزارهایی تحلیلی، تعاملی و راهبردی، نقش تازه‌ای را برای معلمان تعریف کرده‌اند. این ابزارها به معلمان اجازه می‌دهند تا بر مبنای داده‌های واقعی کلاس درس، فرآیند تدریس خود را بازطراحی کرده، بازخورد بلادرنگ ارائه دهند و تدریسی متناسب با سطح و نیاز یادگیرندگان ارائه کنند. برای مثال، استفاده از سامانه‌هایی مانندGeoGebra ، Khan Academy، Squirrel AIو MathE در برخی مطالعات موجب شده است معلمان بتوانند تحلیل دقیقی از عملکرد دانش‌آموزان داشته و محتوای آموزشی را به‌صورت لحظه‌ای تطبیق دهند(همس و همکاران،۲۰۱۵ ، ریس ،۲۰۱۹).

مطالعات متعدد، از جمله پژوهش‌های انجام‌شده توسط میلانی (۲۰۲۴) و لی و همکاران (۲۰۲۵) حاکی از آن هستند که ابزارهای هوشمند می‌توانند از طریق تحلیل عملکرد، شناسایی الگوهای یادگیری، و ارائه پیشنهادهای راهبردی، قدرت تصمیم‌گیری آموزشی معلمان را افزایش دهند. این قابلیت‌ها به‌ویژه در محیط‌هایی با تنوع یادگیرنده بالا، ارزشمند تلقی شده‌اند. افزون بر این، برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که استفاده از فناوری در محیط‌های یادگیری، باعث افزایش انگیزه، اعتمادبه‌نفس حرفه‌ای و پذیرش نوآوری در میان معلمان، به‌ویژه معلمان جوان‌تر و خلاق‌تر شده است (اینان و لووتر، ۲۰۱۰؛ شرررو همکاران، ۲۰۱۹).

در عین حال، چالش‌هایی نیز در این مسیر شناسایی شده‌اند. عدم آموزش رسمی معلمان برای بهره‌گیری از فناوری، نبود زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری کافی، و نگرانی از جایگزینی انسان با ماشین از جمله مواردی است که در چندین مطالعه برجسته شده‌اند. برخی منابع حتی به شکاف میان معلمان نسل‌های مختلف اشاره کرده‌اند؛ جایی که معلمان جوان‌تر علاقه و آشنایی بیشتری با ابزارهای فناورانه دارند، در حالی که برخی معلمان با تجربه نسبت به این ابزارها تردید دارند یا استفاده از آن‌ها را تهدیدی برای نقش انسانی خود تلقی می‌کنند(ارتمر، ۱۹۹۹؛ وندلاینـد و ون براک، ۲۰۱۰؛ هاورد و موجزکو، ۲۰۱۵).

.در محور دوم، یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های هوشمند به‌طور فزاینده‌ای در حال تبدیل شدن به ابزارهای کلیدی در آموزش شخصی دانش‌آموزان هستند. سیستم‌هایی نظیر چت‌بات‌های آموزشی، اپلیکیشن‌های تطبیقی، سامانه‌های بازخورد آنی و مدل‌های زبانی مولد، زمینه را برای یادگیری انفرادی، تطبیقی و پاسخ‌محور فراهم ساخته‌اند. این ابزارها قادرند بر اساس داده‌های یادگیرنده، مسیرهای یادگیری را تنظیم، تمرین‌های مناسب پیشنهاد و منابع آموزشی متناسب را ارائه دهند(لونگ و همکاران، ۲۰۲۵). برای مثال، مطالعات نشان داده‌اند که دانش‌آموزان با استفاده از دستیارهای مجازی، منابع مطالعاتی، یادداشت‌های شخصی‌سازی‌شده و بازخورد آنی، درک عمیق‌تری از مفاهیم پیدا کرده‌اند و اعتماد به نفس آن‌ها افزایش یافته است (وولف، ۲۰۱۰؛ چن و همکاران، ۲۰۲۴).

از دیگر یافته‌های برجسته می‌توان به نقش فناوری در تسهیل یادگیری فراتأملی، ارتقای خودتنظیمی و افزایش مشارکت شناختی اشاره کرد. فناوری‌هایی نظیر واقعیت افزوده(AR) ، واقعیت مجازی (VR) و ابزارهایی مانند GeoGebra ARیا NeoTrieVR در آموزش مفاهیم پیشرفته‌ای چون هندسه فضایی، حساب دیفرانسیل، یا روابط حجمی نقش چشم‌گیری داشته‌اند(معیری، ۲۰۲۲).

مطالعات همچنین نشان داده‌اند که استفاده از چت‌بات‌های زبانی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا در هر زمان از شبانه‌روز با سامانه تعامل داشته باشند، سوالات خود را مطرح کنند و از محتوای شخصی‌شده بهره‌مند شوند. این تعامل غیربازدارنده، فرصت آموزش فراکلاسی و مشارکت غیرهمزمان را فراهم کرده که یکی از مزایای اصلی در دوره پساکرونا محسوب می‌شود(ریچتر و همکاران، ۲۰۱۹)..

با این حال، چالش‌های این حوزه نیز قابل چشم‌پوشی نیستند. برخی مطالعات به نگرانی‌های اخلاقی در زمینه حفظ حریم خصوصی داده‌های یادگیرندگان، شفافیت الگوریتم‌ها، و خطر سوگیری الگوریتمی اشاره کرده‌اند. همچنین، احتمال وابستگی بیش از حد دانش‌آموزان به سامانه‌های هوشمند، کاهش انگیزش درونی و تضعیف مهارت‌های هم‌افزایی انسانی، موضوعاتی هستند که در ادبیات انتقادی مورد توجه قرار گرفته‌اند(ریچتر و همکاران، ۲۰۱۹).

علاوه بر این، پژوهش‌ها پیشنهاد کرده‌اند که برای بهره‌برداری پایدار از فناوری‌های هوشمند در آموزش ریاضی، تدوین چارچوب‌های تلفیقی مبتنی بر دانش محتوا، پداگوژی و فناوری (TPACK) ضروری است. این چارچوب‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که ضمن حفظ نقش معلم، استقلال یادگیرنده تقویت شود و عدالت آموزشی نیز رعایت گردد (نیس، ۲۰۰۵؛ میشرا و کوهلر، ۲۰۰۶).

در مجموع، یافته‌های این مطالعه مرور نظام‌مند نشان می‌دهند که فناوری‌های هوشمند، به‌ویژه ابزارهایی با قابلیت شخصی‌سازی و تطبیق‌پذیری بالا، می‌توانند آموزش ریاضی را از یک الگوی یکنواخت به تجربه‌ای چندلایه، متناسب و متنوع بدل سازند(هوآنگ و تو، ۲۰۲۱). با این وجود، بهره‌گیری موفق از این فناوری‌ها مستلزم سیاست‌گذاری آگاهانه، آموزش هدفمند معلمان، زیرساخت‌های مطمئن، و توجه ویژه به ملاحظات اخلاقی و فرهنگی است. آینده آموزش ریاضی، با حمایت فناورانه، می‌تواند به شکل‌گیری محیط‌هایی یادگیری پاسخ‌گو، عادلانه و انگیزشی بینجامد—به‌شرط آنکه فناوری به‌عنوان مکملی آگاهانه و نه جایگزینی مکانیکی برای انسان نگریسته شود(ارتر و همکاران، ۲۰۱۰).

یافته‌های به‌دست‌آمده از این مرور نظام‌مند، گواه روشنی بر این واقعیت‌اند که آموزش ریاضی در حال تجربه یکی از اساسی‌ترین دگرگونی‌های خود در دهه‌های اخیر است(هوآنگ و تو،۲۰۲۱). این دگرگونی نه‌فقط به‌دلیل ورود ابزارهای دیجیتال، بلکه به‌واسطه حضور فناوری‌هایی است که ظرفیت یادگیری انطباق‌پذیر، طراحی سناریوهای تعاملی، و بازاندیشی در نقش معلم و دانش‌آموز را فراهم کرده‌اند. درواقع، آنچه در مرکز توجه پژوهش‌های اخیر قرار دارد، نه فقط «ابزار» بلکه «رویکرد فناورانه به آموزش» است؛ رویکردی که بر پایه داده، نیازسنجی فردی، تحلیل مستمر و یادگیری خودتنظیم استوار است(هوآنگ و تو،۲۰۲۱).

در تحلیل محور نخست یعنی توانمندسازی معلمان، می‌توان گفت که فناوری‌های هوشمند موجب بازتعریف مرزهای دانش حرفه‌ای معلم شده‌اند. اکنون معلمان نیازمند آن‌اند که علاوه بر دانش محتوا و پداگوژی، با ابزارهایی چون سامانه‌های تحلیل یادگیری، مدل‌های زبانی، و پلتفرم‌های تطبیقی نیز آشنایی داشته باشند. پژوهش‌های متعددی از جمله آثار میلانی (۲۰۲۴)، و لی و همکاران (۲۰۲۵) بر این نکته تأکید دارند که معلمان باید توانایی تحلیل داده‌های عملکردی دانش‌آموزان را به‌دست آورند تا بتوانند محتوا را مطابق با آن تنظیم کنند. این تغییر، نقش معلم را از ناقل محتوا به طراح یادگیری ارتقا می‌دهد؛ تغییری که مستلزم حمایت سازمانی، فرصت‌های بازآموزی و دسترسی پایدار به زیرساخت فناورانه است.

از سوی دیگر، یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های هوشمند نه‌تنها ابزارهایی برای بهینه‌سازی آموزش، بلکه زمینه‌ساز رشد هویتی حرفه‌ای معلمان نیز بوده‌اند. مواجهه با فناوری، معلمان را به بازاندیشی در نقش خود وامی‌دارد و

امکان توسعه مهارت‌های طراحی آموزشی، تفکر الگوریتمی، و ارزیابی مبتنی بر داده را فراهم می‌آورد. در این زمینه، چالش‌هایی نظیر مقاومت نسبت به تغییر، ترس از بی‌نقش‌شدن معلم و نبود آموزش تخصصی نیز به‌عنوان موانعی قابل تأمل مطرح شده‌اند. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که توسعه حرفه‌ای معلمان در حوزه فناوری، باید نه به‌صورت فنی و مهارتی صرف، بلکه با نگاهی هویتی، راهبردی و مشارکت‌محور برنامه‌ریزی شود(واتسون، ۲۰۲۴).

در محور دوم، آموزش شخصی‌شده، آن‌گونه که در مطالعات پژوهشی نظیر مقالات محمد و همکاران (۲۰۲۲)، روزلیانا و همکاران (۲۰۲۵)، ریسمَنچیان و دورودی (۲۰۲۵) و لوزانو (۲۰۲۴) آمده، تبدیل به یکی از بنیان‌های یادگیری مؤثر در عصر هوش مصنوعی شده است. این فناوری‌ها با ردیابی داده‌های یادگیری، شناسایی سبک‌های شناختی، و ارائه بازخورد فوری، زمینه را برای طراحی مسیرهای یادگیری خاص هر فرد فراهم می‌کنند. چت‌بات‌ها، مدل‌های زبانی و اپلیکیشن‌های تطبیقی، با ایفای نقش دستیار آموزشی، به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا فراتر از محدودیت‌های زمانی و مکانی کلاس، در یک فضای یادگیری دائماً فعال و پاسخ‌گو رشد کنند.با این حال، استفاده از فناوری برای آموزش شخصی، مستلزم درک عمیق از تعادل بین «فردگرایی آموزشی» و «عدالت یادگیری» است. اگرچه شخصی‌سازی می‌تواند به بهبود درک مفاهیم و کاهش اضطراب یادگیری منجر شود، اما در صورت نبود چارچوب‌های اخلاقی، می‌تواند منجر به جداسازی یادگیرندگان، تشدید نابرابری‌های دسترسی، یا تضعیف تعاملات انسانی شود. به همین دلیل، طراحی آموزش شخصی باید در چهارچوبی مبتنی بر ارزش‌های انسانی، حساسیت فرهنگی و پداگوژی فراگیر انجام گیرد.

از نظر نظری، یافته‌های پژوهش با نظریه‌های معاصر آموزش و یادگیری هم‌راستا هستند. در چارچوب رویکردهای ساختن‌گرایی اجتماعی، فناوری‌های هوشمند به‌عنوان ابزارهای واسطه‌ای می‌توانند «منطقه مجاور رشد» را توسعه داده و فرصت‌های یادگیری تعاملی و متناسب با نیازهای فردی را فراهم کنند. همچنین، نظریه یادگیری خودتنظیمی، به‌ویژه در مدل سه‌مرحله‌ای زیمرمن و مارتینز-پونز (۱۹۹۲) شامل «پیش‌اندیشی»، «اجرا» و «بازتاب»، نقش مؤثری برای فناوری‌های هوشمند در ارتقای نظارت بر پیشرفت، تنظیم هیجانی و پایش هدف‌مدار یادگیری قائل است. پینتریچ (۲۰۰۰) نیز با تأکید بر نقش جهت‌گیری هدف در فرآیند خودتنظیمی، بر اهمیت ابزارهای فناورانه در تسهیل بازخورد و خودبازبینی تأکید می‌کند. افزون بر این، نظریه TPACK چارچوبی مناسب برای تبیین چگونگی تلفیق دانش فناوری، محتوای ریاضی و دانش پداگوژیک معلم فراهم می‌آورد و می‌تواند راهنمایی عملی برای طراحی برنامه‌های توسعه حرفه‌ای معلمان در این زمینه باشد.

در سطح کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند مورد استفاده چندین گروه ذی‌نفع قرار گیرد. برای طراحان آموزشی، نشان می‌دهد که سامانه‌های هوشمند باید نه فقط بر اساس کارکرد فنی، بلکه با توجه به روان‌شناسی یادگیری، ویژگی‌های فرهنگی بومی و نیازهای آموزشی واقعی طراحی شوند. برای سیاست‌گذاران، بر اهمیت فراهم‌سازی زیرساخت دیجیتال، کاهش شکاف دیجیتال و تدوین چارچوب‌های اخلاقی-حقوقی در استفاده از فناوری در مدارس تأکید دارد. و برای معلمان، پاسخی است به این نیاز که چگونه می‌توان در عصر هوش مصنوعی، همچنان نقش انسانی، خلاق و الهام‌بخش خود را در کلاس حفظ و حتی تقویت کرد.

از سوی دیگر، چالش‌هایی که در یافته‌ها ذکر شد، نشانه‌ای از آن‌اند که تحول آموزشی مبتنی بر فناوری، فرایندی تدریجی، مشارکت‌محور و بومی‌سازی‌شده است. نگرانی‌هایی چون نابرابری در دسترسی، ناآشنایی با فناوری، وابستگی بیش از حد به سامانه‌ها، و عدم شفافیت الگوریتمی، همگی نیازمند واکنش‌های چندسطحی‌اند. بدون تدارک نهادی برای تربیت معلمان فناورانه، ایجاد پلتفرم‌های بومی، تدوین پروتکل‌های اخلاقی، و جلب مشارکت خانواده‌ها، نمی‌توان به تحول پایدار در آموزش ریاضی امیدوار بود.

در جمع‌بندی، می‌توان گفت که فناوری‌های هوشمند این قابلیت را دارند که آموزش ریاضی را از یک ساختار ایستا، همگن و یک‌سویه، به تجربه‌ای پویاتر، متناسب با تفاوت‌های فردی، و مبتنی بر مشارکت فعال معلمان و دانش‌آموزان تبدیل

کنند. اما تحقق این تحول نیازمند تلفیق هدفمند بین فناوری و پداگوژی، و نیز تعهد نهادی برای آموزش فناورانه معلمان، طراحی بومی ابزارها و نهادینه‌سازی اخلاق آموزشی است. آینده آموزش ریاضی، در صورتی که با نگاه انتقادی، انسانی و سیستم‌محور به فناوری نگریسته شود، می‌تواند به بستری برای آموزش عادلانه‌تر، مشارکتی‌تر و مؤثرتر تبدیل گردد

پیشنهادها برای عمل و پژوهش‌های آینده

بر اساس یافته‌های این مرور نظام‌مند، می‌توان پیشنهادهایی عملی در دو سطح «کاربرد آموزشی» و «مسیرهای پژوهشی آتی» ارائه داد. این پیشنهادها با هدف بهره‌برداری مؤثر، اخلاق‌محور و بومی از فناوری‌های هوشمند در آموزش ریاضی تدوین شده‌اند و می‌توانند در فرآیند سیاست‌گذاری، طراحی آموزشی و برنامه‌ریزی پژوهشی مورد استفاده قرار گیرند.

در سطح نخست، نظام آموزشی کشور می‌تواند با تدوین چارچوب‌های تلفیقی بر پایه مدل TPACK، زمینه را برای طراحی آموزشی فناورانه و اثربخش در آموزش ریاضی فراهم کند. توصیه می‌شود برنامه‌های بازآموزی معلمان، به‌گونه‌ای بازطراحی شود که استفاده از ابزارهای هوشمند نه صرفاً به‌عنوان مهارتی فنی، بلکه به‌عنوان بخشی از دانش حرفه‌ای معلم تلقی گردد. همچنین لازم است که آموزش معلمان، علاوه بر نحوه استفاده از ابزارها، به چگونگی تحلیل داده‌های یادگیری، طراحی مسیرهای شخصی‌شده، و ارزیابی مؤثر عملکرد دانش‌آموزان نیز بپردازد.

پیشنهاد می‌شود توسعه‌دهندگان پلتفرم‌های هوشمند آموزشی، به‌ویژه در حوزه ریاضیات، از نتایج این پژوهش برای طراحی ابزارهایی بومی، انطباق‌پذیر، شفاف، و قابل فهم برای معلمان استفاده کنند. توجه به زبان فارسی، تفاوت‌های فرهنگی و ساختار نظام آموزشی ایران، از جمله اولویت‌هایی است که در طراحی فناوری‌های هوشمند آموزشی باید مدنظر قرار گیرد. همچنین، طراحی این ابزارها باید بر اساس اصول اخلاقی، شفافیت الگوریتمی، رعایت حریم خصوصی، و جلوگیری از سوگیری سیستمی صورت پذیرد.

برای سیاست‌گذاران آموزشی، این پژوهش تأکیدی جدی بر ضرورت فراهم‌سازی زیرساخت‌های فناورانه عادلانه دارد. پیشنهاد می‌شود که توسعه زیرساخت دیجیتال، به‌ویژه در مناطق محروم، هم‌زمان با آموزش فناورانه معلمان و حمایت فنی از مدارس انجام شود. همچنین تدوین دستورالعمل‌های اخلاقی برای به‌کارگیری داده‌های یادگیری دانش‌آموزان، یکی از ضرورت‌های فوری نظام آموزشی در مواجهه با هوش مصنوعی است.

در سطح دوم، یعنی مسیرهای پژوهش‌های آتی، این مطالعه چندین خلأ پژوهشی را برجسته کرده است. نخست، نیاز به مطالعات میدانی و تجربی در زمینه اثربخشی واقعی ابزارهای هوشمند در آموزش ریاضی، به‌ویژه در بافت آموزشی ایران، محسوس است. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران مطالعاتی شبه‌تجربی، کیفی و ترکیبی با تمرکز بر مقایسه کلاس‌های دارای فناوری و کلاس‌های سنتی انجام دهند. همچنین، مطالعاتی در زمینه طراحی چارچوب‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی و آموزش معلمان برای تحلیل داده‌های یادگیری در ایران هنوز بسیار محدودند.

پژوهش درباره نگرش معلمان و دانش‌آموزان نسبت به فناوری‌های هوشمند، تأثیر فرهنگی و روان‌شناختی استفاده از چت‌بات‌ها، و بررسی سوگیری‌های الگوریتمی در ابزارهای بومی یا وارداتی، از جمله موضوعاتی‌اند که می‌توانند زمینه‌ساز طراحی سیاست‌های هوشمندانه و آموزش فناورانه معنادار باشند. همچنین، بررسی استفاده از واقعیت افزوده، واقعیت مجازی و ربات‌های آموزشی در آموزش ریاضی و تأثیر آن‌ها بر مفاهیم انتزاعی و خلاقیت ریاضی، حوزه‌ای نسبتاً نو و نیازمند پژوهش بیشتر است.

در نهایت، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده، با رویکردی چندرشته‌ای، ترکیبی از علوم تربیتی، علم داده، طراحی آموزشی، روان‌شناسی یادگیری و مطالعات فرهنگی را در تحلیل و به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند به‌کار گیرند. چنین رویکردی می‌تواند به درک عمیق‌تری از ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و مسیرهای مسئولانه استفاده از هوش مصنوعی در آموزش ریاضی منجر شود.

مشارکت نویسندگان

نویسنده به‌تنهایی مسئول تمامی مراحل پژوهش از ایده‌پردازی و مرور نظام‌مند منابع تا تحلیل یافته‌ها، نگارش، ویرایش و تأیید نسخه نهایی مقاله می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل یک پژوهش مستقل و شخصی بوده و برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب یا پایان‌نامه تحصیلات تکمیلی نمی‌باشد. پژوهش حاضر بدون دریافت هرگونه حمایت مالی از نهادهای دولتی، خصوصی یا سازمانی انجام شده است. بدین‌وسیله نویسنده از دانشگاه فرهنگیان اصفهان به‌عنوان محل فعالیت علمی خود، و همچنین از تمامی پژوهشگران و صاحب‌نظرانی که آثار علمی آنان زمینه‌ساز انجام این مطالعه بوده است، قدردانی می‌نماید. همچنین از داوران محترم مجله که با ارائه دیدگاه‌های تخصصی خود موجب ارتقای کیفیت علمی مقاله می‌شوند، سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

نویسنده اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تعارض منافع مالی مستقیم، مالی غیرمستقیم، تعارض حرفه‌ای یا مالکیت فکری که بتواند بر فرآیند انجام پژوهش، تحلیل داده‌ها یا تفسیر نتایج تأثیرگذار باشد، وجود ندارد. «هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است.»

References

Aarthi, S., Ravikumar, R. N., Khudayberganov, S., Ismailov, A., & Khujaniyozova, O. (2025). Using intelligent tutoring systems to enhance student engagement. In Navigating Barriers to AI Implementation in the Classroom (pp. 155–188). IGI Global Scientific Publishing.

Abrams, G., & Haefner, J. (2002). Blending online and traditional instruction in the mathematics classroom. The Technology Source Archives.

Adair, A. (2023). Teaching and learning with AI: How artificial intelligence is transforming the future of education. XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students, 29(3), 7–9.

Akbari, M. and Goya, Z. (2025). Freedom of Mathematics:integrating artificial inteligence with school mathematics. *Research in Mathematics Education*, doi: 10.48310/rme.2025.20103.1116

Bin Mohamed, M. Z., Hidayat, R., Binti Suhaizi, N. N., Bin Mahmud, M. K. H., & Binti Baharuddin, S. N. (2022). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review. International Electronic Journal of Mathematics Education, 17(3), em0694.

Chen, J., Liu, Z., Huang, X., Wu, C., Liu, Q., Jiang, G., ... & Chen, E. (2024). When large language models meet personalization: Perspectives of challenges and opportunities. World Wide Web, 27(4), 42.

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. IEEE Access, 8, 75264–75278.

Ertmer, P. A. (1999). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. Educational Technology Research and Development, 47(4), 47–61.

Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. Journal of Research on Technology in Education, 42(3), 255–284.

Galimullina, E., Ljubimova, E., & Ibatullin, R. (2020). SMART education technologies in mathematics teacher education—ways to integrate and progress that follows integration. Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning, 35(1), 4–23.

Geiger, V., Forgasz, H., Tan, H., Calder, N., & Hill, J. (2012). Technology in mathematics education. In Research in mathematics education in Australasia 2008–2011 (pp. 111–141). Rotterdam: Sense Publishers.

Guo, L., Du, J., & Zheng, Q. (2023). Understanding the evolution of cognitive engagement with interaction levels in online learning environments: Insights from learning analytics and epistemic network analysis. Journal of Computer Assisted Learning, 39(3), 984–1001.

Harahap, R., Simamora, Y., Lubis, N. A., Yustinaningrum, B., & Nasution, A. K. P. (2025). The role of ChatGPT in enhancing mathematics education: A systematic review. Advances in Nonlinear Variational Inequalities, 28(2), 511–524.

Howard, S., & Mozejko, A. (2015). Teachers: Technology, change and resistance.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. Mathematics, 9(6), 584.

Inan, F. A., & Lowther, D. L. (2010). Factors affecting technology integration in K–12 classrooms: A path model. Educational Technology Research and Development, 58(2), 137–154.

Li, D., Osman, S., Alhassora, N. S. A., Kumar, J. A., & Husain, S. K. S. (2025). Empowering K–12 mathematics teachers with artificial intelligence: A systematic review of insights, applications, and challenges. IEEE Access.

Listyaningrum, P., Retnawati, H., Harun, H., & Ibda, H. (2024). Digital learning using ChatGPT in elementary school mathematics learning: A systematic literature review. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 36(3), 1701.

Luckin, R., & Holmes, W. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education.

Luong, V. T., Long, T. T., & Linh, N. T. T. (2025). Personalized mathematics teaching with the support of AI chatbots to improve mathematical problem-solving competence for high school students in Vietnam. European Journal of Educational Research, 14(1).

Luzano, J. F. (2024). Assessment in mathematics education in the sphere of artificial intelligence: A systematic review on its threats and opportunities. Available at SSRN 5221121.

Meylani, R. (2024). Artificial intelligence in mathematics teacher education: A systematic review and qualitative synthesis of contemporary research literature. International Journal of Technology in Education Science, 1(1), 63–91.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054.

Moayeri, M. (2022). The effectiveness of augmented reality–based mathematics instruction in virtual environments on lifelong learning and academic enthusiasm of student-teachers. Educational Technology, 17(1), 87–102. (In Persian)

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. Teaching and Teacher Education, 21(5), 509–523.

Opesemowo, O. A. G., & Adewuyi, H. O. (2024). A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20(7), em2478.

Panqueban, D., & Huincahue, J. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic review. Uniciencia, 38(1), 357–373.

Pashchenko, O., Skorupska, O., & Zhuravel, A. (2024). The role of technology in math education. Collection of Scientific Papers "SCIENTIA," Lisbon, Portugal, November 1, 168–176.

Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development.

Pepin, B., Buchholtz, N., & Salinas-Hernández, U. (2025). A scoping survey of ChatGPT in mathematics education. Digital Experiences in Mathematics Education, 1–33.

Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In Handbook of Self-Regulation (pp. 451–502). Academic Press.

Rajabian Dehzireh, M. (2024). Identifying challenges and capabilities of artificial intelligence in education and learning with proposed solutions. Educational Technology, 18(4), 921–950. (In Persian)

Reece, T. M. (2015). How the integration of Khan Academy (and other technologies) affects student learning in the high school math classroom (Doctoral dissertation). Bethel University.

Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. Computers & Education, 128, 13–35.

Shrivastava, R. (2023). Role of artificial intelligence in future of education. International Journal of Professional Business Review, 8(1), 2.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 104, 333–339.

Vanderlinde, R., & Van Braak, J. (2010). The gap between educational research and practice: Views of teachers, school leaders, intermediaries and researchers. British Educational Research Journal, 36(2), 299–316.

Watson, J. M. (2024). Learning with AI: The K–12 teacher's guide to a new era of human learning. JHU Press.

Woolf, B. P. (2010). Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning. Morgan Kaufmann.

Yaftian, N., & Niknam, R. (2025). Artificial intelligence: A facilitator in enhancing mathematics instruction. Mathematics and Society, 10(2), 85–113.

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(1), 1–27.

Zimmerman, B. J., & Pons, M. M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. American Educational Research Journal, 23(4), 614–628.

Rismanchian, S., & Doroudi, S. (2025). The Evolution of Research on AI and Education Across Four Decades: Insights from the AIxEd Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1-24.