University of Qom
Faculty of Literature and Humanities

Research In Instructional Methods

Online ISSN:2981-1074

Homepage: https://jrim.qom.ac.ir

Technical Challenges of Implementing Artificial Intelligence Tools in Face-to-Face and Virtual Education: A Systematic Review

Rahim Karimi[1]

1. Department of Educational Management, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: rahim.karimi@iau.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 2025-09-04
Received in revised form 2026-01-01
Accepted 2026-01-10
Published online 2026-03-05

Keywords:
artificial intelligence in education; technical challenges; virtual learning; face-to-face learning; system integration; data security; systematic review.

ABSTRACT

Objective: The digital transformation of educational systems has positioned Artificial Intelligence (AI) as a cornerstone of innovation. Despite its considerable potential in personalizing learning, optimizing assessment processes, and empowering teachers, the practical implementation of AI faces complex technical barriers. These barriers vary in nature and intensity across face-to-face and virtual learning environments. This study aims to identify and critically analyze the technical challenges of integrating AI tools in both contexts and to propose evidence-based strategies to overcome them.

Method: The research employs a Systematic Literature Review (SLR). Reputable databases, including IEEE Xplore, ScienceDirect, and Springer, were searched using specialized keywords and Boolean operators. Studies published between 2020 and 2025 that specifically addressed technical barriers to AI adoption in education were screened according to inclusion and exclusion criteria. The selection process was documented using the PRISMA flow diagram.

Results: The analysis revealed six main categories of technical challenges: (1) data-related issues, including privacy, security, quality, and bias; (2) infrastructural challenges, such as high computational power and stable bandwidth requirements; (3) algorithmic and modeling issues, including the opacity of models (black-box problem) and reliability concerns; (4) integration and interoperability challenges with existing Learning Management Systems (LMS); (5) user experience (UX) and user interface (UI) issues for non-technical stakeholders; and (6) challenges of long-term maintenance, scalability, and technical sustainability. Results further indicated that, in virtual settings, network latency and data security are more critical, whereas in face-to-face settings, integration with classroom hardware poses greater challenges.

Conclusions: Successful implementation of AI in education requires a comprehensive and multidimensional approach that extends beyond tool selection. Key strategies include investing in robust infrastructures, establishing data standards, developing explainable AI (XAI) models, designing modular platforms with high interoperability, and providing technical training for teachers. By offering an analytical framework of technical barriers, this study supports IT managers, educational policymakers, and software developers in designing more efficient and realistic AI implementation strategies.

How To Cite: Karimi, R.(2026). Technical Challenges of Implementing Artificial Intelligence Tools in Face-to-Face and Virtual Education: A Systematic Review, *Research in Instructional Methods*, 3 (5), 4-18. https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13803.1371

© The Author(s)
DOI:https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13803.1371

Publisher: University of Qom

Introduction

The rapid advancement of digital technologies in the 21st century has profoundly transformed education systems worldwide, positioning artificial intelligence (AI) as a key driver of innovation. AI has moved beyond theoretical frameworks to become a practical tool for rethinking teaching and learning processes. Its potential for personalized learning, real-time feedback, automation of administrative tasks, and enhanced educational equity has attracted increasing attention from scholars and practitioners alike. By tailoring learning pathways to individual students' needs, AI has the capacity to shift education away from a "one-size-fits-all" model toward more flexible and student-centered approaches. However, the implementation of AI in education is fraught with technical complexities that extend beyond pedagogical and organizational considerations. Challenges such as data privacy, algorithmic transparency, infrastructure limitations, system interoperability, and user experience design present significant barriers to sustainable adoption. These issues manifest differently in physical and virtual learning environments, where factors like classroom hardware integration or network stability play a critical role. Addressing these technical barriers is crucial, as the failure to manage them effectively could render even the most advanced AI tools ineffective in practice. This study therefore aims to systematically examine the technical challenges of AI deployment in both in-person and online education, providing evidence-based insights to guide policymakers, educators, and developers toward more resilient and effective implementation strategies.

Results

The systematic literature review revealed six major categories of technical challenges in implementing artificial intelligence (AI) tools in education: (1) data-related issues such as privacy, security, quality, and bias; (2) infrastructural limitations, including high computational demands and network stability; (3) algorithmic and modeling concerns, particularly the "black box" nature and reliability of AI models; (4) integration and interoperability difficulties with existing learning management systems (LMS); (5) user interface and user experience challenges for non-technical stakeholders; and (6) long-term issues of maintenance, scalability, and sustainability. The findings also highlighted that virtual learning environments face greater problems with data security and network latency, whereas face-to-face classrooms encounter more hardware integration challenges. Overall, the study emphasized that successful AI adoption in education requires robust infrastructure, explainable AI models, interoperable systems, and technical training for educators to ensure sustainable and effective implementation.

Conclusions

This study concludes that while artificial intelligence holds significant potential to transform education through personalization, efficiency, and enhanced assessment, its implementation faces substantial technical barriers. These barriers-ranging from data privacy and security to infrastructure, algorithmic transparency, system integration, user experience, and sustainability-

are deeply interconnected and cannot be addressed in isolation. The review demonstrates that successful AI adoption is not merely about selecting the right tools but about ensuring a comprehensive readiness of the educational ecosystem. Furthermore, the findings underscore the importance of investing in scalable infrastructure, establishing robust data governance policies, developing explainable AI models, and designing interoperable platforms. Equally vital is the empowerment of educators through technical training, enabling them to interpret and utilize AI outputs effectively. By treating these challenges as a roadmap rather than obstacles, policymakers, IT managers, and software developers can foster a responsible and sustainable integration of AI in education -one that strengthens human- machine collaboration rather than replacing it.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

پژوهش در روش‌های آموزش
شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۱۰۷۴

چالش‌های فنی پیاده‌سازی ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش حضوری و مجازی (یک مرور نظام‌مند)

رحیم کریمی[1]

۱. دانش آموخته رشته مدیریت آموزشی ، واحد اصفهان(خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: rahim.karimi@iau.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۴

کلیدواژه‌ها:
هوش مصنوعی در آموزش، چالش‌های فنی، آموزش مجازی، آموزش حضوری، یکپارچه‌سازی سیستم، امنیت داده، مرور نظام‌مند.

چکیده

در پی تحول دیجیتال نظام‌های آموزشی، هوش مصنوعی به عنوان یک رکن اصلی نوآوری مطرح شده است؛ با این حال، پیاده‌سازی عملی آن با موانع فنی پیچیده‌ای در هر دو محیط حضوری و مجازی روبه‌رو است. این مطالعه با هدف شناسایی و تحلیل این چالش‌ها و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد، به انجام یک مرور نظام‌مند (SLR) پرداخت. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل عمیق چالش‌های فنی به‌کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی در این دو محیط آموزشی و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد برای غلبه بر آن‌ها انجام شده است. این مطالعه از روش مرور نظام‌مند ادبیات [1] بهره می‌برد. جستجو در پایگاه‌های داده IEEE Xplore، ScienceDirect و Springer با کلیدواژه‌های تخصصی انجام و از پروتکل PRISMA برای غربالگری مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ استفاده شد که در نهایت از میان ۱۰۳۵ مقاله شناسایی‌شده، ۳۰ مقاله واجد شرایط برای تحلیل نهایی انتخاب گردید. یافته‌ها شش دسته چالش فنی اصلی را نشان داد: مسائل مرتبط با داده (حریم خصوصی، امنیت، کیفیت، سوگیری)، محدودیت‌های زیرساختی، مشکلات الگوریتمی و مدل‌سازی (شامل مشکل جعبه سیاه)، دشواری‌های یکپارچه‌سازی با سامانه‌های مدیریت یادگیری، چالش‌های تجربه کاربری برای کاربران غیرفنی و مسائل نگهداری و مقیاس‌پذیری در بلندمدت. همچنین مشخص شد که در محیط‌های مجازی، تأخیر شبکه و امنیت داده‌ها بحرانی‌تر است، در حالی که در محیط‌های حضوری، یکپارچه‌سازی با سخت‌افزارهای کلاسی چالش بزرگ‌تری ایجاد می‌کند. نتیجه‌گیری کلی حاکی از آن است که موفقیت در پیاده‌سازی هوش مصنوعی مستلزم رویکردی همه‌جانبه شامل سرمایه‌گذاری در زیرساخت، تدوین استانداردهای داده، توسعه مدل‌های قابل توضیح [2] (XAI)[3]، طراحی پلتفرم‌های تعامل‌پذیر و آموزش فنی مربیان است. این چارچوب تحلیلی می‌تواند راهنمای مدیران فناوری، سیاست‌گذاران و توسعه‌دهندگان در تدوین راهبردهای واقع‌بینانه و کارآمد باشد.

استناد: کریمی، رحیم. (۱٤۰٤). چالش‌های فنی پیاده‌سازی ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش حضوری و مجازی (یک مرور نظام‌مند)، پژوهش در روش‌های آموزش، ۳ (۵)، ۱۸-٤. https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13803.1371

© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13803.1371
ناشر: دانشگاه قم

1. Systematic Literature Review

۲. هوش مصنوعی قابل توضیح، پاسخی ضروری به مشکل اعتماد و شفافیت در کاربردهای حساسی مانند آموزش است. این رویکرد می‌کوشد به جای ایجاد داوران همه‌چیزدان اما مرموز، دستیاران شفاف و قابل درک بسازد که بتوانند در تصمیم‌گیری‌های انسانی مشارکت کرده و خود نیز تحت نظارت و بهبود مستقل قرار گیرند .

3. eXplainable Artificial Intelligence

مقدمه

ورود به دهه سوم قرن بیست و یکم با شتاب بی‌سابقه‌ای در تحولات دیجیتال همراه بوده است که تمامی ابعاد حیات بشری، از جمله نظام آموزش و پرورش را عمیقاً تحت تأثیر قرار داده است. در این میان، هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک فناوری تحول‌آفرین، از پارادایم‌های نظری فراتر رفته و به ابزاری کاربردی برای بازاندیشی در فرآیندهای یاددهی-یادگیری تبدیل شده است (Chen et al., 2020) پتانسیل هوش مصنوعی برای ایجاد تجارب یادگیری شخصی‌سازی‌شده، ارائه بازخوردهای آنی و هوشمند و خودکارسازی وظایف اداری و ارزیابی، امیدهای فراوانی را برای افزایش کارایی و عدالت آموزشی به وجود آورده است (Ahmad et al., 2021). این فناوری قادر است مسیرهای یادگیری منحصربه‌فردی را برای هر دانش‌آموز بر اساس سبک، سرعت و سطح دانش او طراحی کند و از این طریق، از مدل سنتی آموزش یکسان برای همه فاصله بگیرد (Tapalova et al., 2022). با این حال، حرکت از چشم‌اندازهای امیدوارکننده به سوی پیاده‌سازی عملی و پایدار در محیط‌های واقعی آموزشی، مسیری مملو از پیچیدگی‌ها و موانع فنی است که اغلب در مباحث سطح بالای مدیریتی و پداگوژیکی نادیده گرفته می‌شوند. اهمیت پرداختن به این چالش‌ها از آنجا ناشی می‌شود که شکست در مدیریت جنبه‌های فنی می‌تواند بهترین و نوآورانه‌ترین ابزارهای هوش مصنوعی را در عمل بی‌اثر سازد (Bates et al., 2020). زیرساخت‌های فناوری اطلاعات در بسیاری از مؤسسات آموزشی، اعم از مدارس و دانشگاه‌ها، برای پشتیبانی از حجم عظیم داده‌ها و توان پردازشی مورد نیاز الگوریتم‌های یادگیری ماشین طراحی نشده‌اند. این مسئله به ویژه در آموزش مجازی که به شدت به پایداری شبکه و دسترسی یکسان به منابع دیجیتال وابسته است، به یک گلوگاه حیاتی تبدیل می‌شود (Fan et al., 2022). علاوه بر این، ابزارهای هوش مصنوعی اغلب به صورت مجزا و ایزوله توسعه می‌یابند و فاقد استانداردهای لازم برای یکپارچه‌سازی با سیستم‌های مدیریت یادگیری (LMS) و سایر پلتفرم‌های آموزشی موجود هستند که این امر منجر به ایجاد سیلوهای داده و تجربه‌ای گسسته برای کاربران نهایی، یعنی معلمان و دانش‌آموزان، می‌شود (Crompton & Burke, 2023). یکی از بنیادی‌ترین چالش‌های فنی در این حوزه، به داده‌ها مربوط می‌شود که به مثابه سوخت اصلی موتور هوش مصنوعی عمل می‌کنند. جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های حساس دانش‌آموزان، نگرانی‌های جدی در مورد حریم خصوصی و امنیت سایبری را به همراه دارد (Ahmad et al., 2024). هرگونه نقص امنیتی می‌تواند منجر به افشای اطلاعات شخصی و تحصیلی میلیون‌ها دانش‌آموز شده و اعتماد به این سیستم‌ها را به کلی از بین ببرد. فراتر از امنیت، کیفیت و بازنمایی داده‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی که بر روی داده‌های مغرضانه یا ناقص آموزش دیده‌اند، می‌توانند نابرابری‌های آموزشی موجود را بازتولید و حتی تشدید کنند (Crompton & Burke, 2023). این سوگیری الگوریتمی ممکن است به صورت ناخواسته دانش‌آموزان متعلق به گروه‌های جمعیتی خاصی را در ارزیابی‌ها یا تخصیص منابع آموزشی در موقعیت نامطلوب‌تری قرار دهد، که این امر با اهداف عدالت‌محور آموزش در تضاد است. مسئله شفافیت و قابلیت توضیح‌پذیری مدل‌های هوش مصنوعی، چالش فنی دیگری است که پیامدهای پداگوژیکی و اخلاقی عمیقی دارد. بسیاری از الگوریتم‌های پیشرفته، به ویژه شبکه‌های عصبی عمیق، به عنوان جعبه سیاه [1] عمل می‌کنند؛ به این معنا که منطق تصمیم‌گیری آن‌ها برای انسان قابل درک نیست (Wang et al., 2024). این عدم شفافیت، پذیرش این ابزارها توسط معلمان را دشوار می‌سازد، زیرا آن‌ها نمی‌توانند به توصیه‌ها یا ارزیابی‌های سیستمی که قادر به توضیح منطق خود نیست، اعتماد کامل کنند. از دیدگاه فنی، توسعه مدل‌های هوش مصنوعی قابل توضیح [2] که بتوانند استدلال پشت نتایج خود را به زبانی قابل فهم برای مربیان ارائه

1. Black Box

2. Explainable AI - XAI

دهند، یک حوزه تحقیقاتی فعال اما بسیار چالش‌برانگیز است (Kamalov et al., 2023). این نیاز به شفافیت در فرآیندهای حساسی مانند ارزیابی عملکرد دانش‌آموزان یا شناسایی دانش‌آموزان در معرض خطر، اهمیتی دوچندان می‌یابد. با ظهور هوش مصنوعی مولد[1]، لایه جدیدی از پیچیدگی‌های فنی به این معادله اضافه شده است. ابزارهایی مانند ChatGPT و مدل‌های مشابه، نیازمند منابع محاسباتی عظیمی هستند که تأمین آن‌ها برای بسیاری از مؤسسات آموزشی غیرممکن است و وابستگی به پلتفرم‌های تجاری شخص ثالث را افزایش می‌دهد (Behrun et al, 2023). علاوه‌براین، کنترل کیفیت خروجی این مدل‌ها، جلوگیری از تولید اطلاعات نادرست [2] و اطمینان از همسویی محتوای تولید شده با اهداف برنامه درسی، چالش‌های فنی و مهندسی قابل توجهی را پیش روی طراحان آموزشی و توسعه‌دهندگان قرار می‌دهد (Ruiz-Rojas et al., 2023). مقیاس‌پذیری و نگهداری این سیستم‌های پیچیده نیز یک مسئله فنی – اقتصادی است؛ به‌روزرسانی مداوم مدل‌ها، مدیریت APIها[3] و تضمین عملکرد پایدار برای هزاران کاربر همزمان، نیازمند تخصص فنی و بودجه‌ای است که فراتر از توان بسیاری از واحدهای فناوری اطلاعات آموزشی است.

با گسترش روزافزون کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش، حجم مطالعات در این حوزه به طور قابل توجهی افزایش یافته است. مرور ادبیات موجود نشانگر دو گرایش اصلی در پژوهش‌های پیشین است: دسته‌ای که بر فرصت‌ها و مزایای پداگوژیک هوش مصنوعی متمرکز هستند. و دسته‌ای که موانع و چالش‌های آن را بررسی می‌کنند.

درمطالعاتی مانند ییم و سو (Bim & Su, 2024) و ظفری و همکاران (Zafari et al., 2022) به طور جامع به بررسی ابزارها و کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش پرداخته و بر قابلیت‌های آن در شخصی‌سازی یادگیری، ارائه بازخورد هوشمند و ایجاد محیط‌های یادگیری انعطاف‌پذیر تأکید شده است. این مطالعات عمدتاً بر جنبه‌های مثبت و تحول‌آفرین فناوری متمرکز بوده‌اند. در سوی دیگر، کلیک (Celik, 2022) و کرامپتون و بروکه (Crompton & Burke, 2023) به بررسی موانع پیاده‌سازی هوش مصنوعی پرداخته‌اند، اما هدف اصلی آن‌ها بر چالش‌های اخلاقی (مانند سوگیری الگوریتمی)، میزان پذیرش توسط معلمان و موانع سازمانی (مانند فرهنگ مؤسسه و رهبری) متمرکز بوده است.

با این حال، شکاف آشکاری در ادبیات موجود مشخص است. کمتر مطالعه‌ای به صورت نظام‌مند و با رویکردی مهندسی‌محور، به شناسایی و تحلیل چالش‌های ذاتی فنی پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی در بسترهای آموزشی پرداخته است. مسائل حیاتی از قبیل الزامات دقیق زیرساختی (همچون نیازهای پردازشی، ذخیره‌سازی و پهنای باند)، پیچیدگی‌های فنی یکپارچه‌سازی با سامانه‌های مدیریت یادگیری (LMS) موجود، ملاحظات عملیاتی بلندمدت (مانند نگهداری، به‌روزرسانی و مقیاس‌پذیری) و تفاوت این چالش‌ها در محیط‌های آموزشی حضوری و مجازی، غالباً در سایه مباحث پداگوژیک و اخلاقی نادیده گرفته شده یا به صورت پراکنده به آنها پرداخته شده است. برای نمونه، مطالعه احمد و همکاران (Ahmad et al., 2024) اگرچه مرور جامعی از هوش مصنوعی داده‌محور در آموزش ارائه می‌دهد، اما تمرکز اصلی آن بر چالش‌های مرتبط با داده (حریم خصوصی، کیفیت، سوگیری) است و به سایر ابعاد فنی مانند یکپارچه‌سازی یا الزامات زیرساختی را به تفصیل نمی پردازد. به طور مشابه، پژوهش وانگ و همکاران (Wang et al., 2024) که یک مرور نظام‌مند وسیع از ادبیات هوش مصنوعی در آموزش است، اگرچه به مسئله «جعبه سیاه» و نیاز به زیرساخت اشاره می‌کند، اما به تحلیل مقایسه‌ای چالش‌های فنی در دو بستر حضوری و مجازی را به‌طور ویژه نمی پردازد.

---

1. Generative AI

2. Hallucination

3. Application Programming Interface

٤. در اصل یک راه ارتباطی استاندارد و کارآمد بین نرم‌افزارهاست، اما در حوزه‌های حساس مانند آموزش، وابستگی انحصاری به API های تجاری خارجی می‌تواند تهدیدی برای استقلال، امنیت، حریم خصوصی و پایداری مالی مؤسسات آموزشی باشد.

این پژوهش با شناسایی این شکاف، قصد دارد تا با انجام یک مرور نظام‌مند، پاسخی نظام‌یافته به این پرسش اساسی ارائه دهد: «مهم‌ترین چالش‌های فنی پیاده‌سازی ابزارهای هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی حضوری و مجازی کدامند و چه راهکارهای عملی مبتنی بر شواهد برای حل آنها پیشنهاد می‌شود؟» بنابراین، هدف این مطالعه ارائه یک چارچوب تحلیلی فنی است که به عنوان یک نقشه راه برای مدیران فناوری اطلاعات، توسعه‌دهندگان نرم‌افزار و سیاست‌گذاران آموزشی عمل کند و گذار به سمت آموزش هوشمند را تسهیل نماید.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد کیفی و با استفاده از روش مرور نظام‌مند ادبیات (SLR)[1] انجام شده است. این روش به دلیل ساختار دقیق، شفافیت و تکرارپذیری، ابزاری قدرتمند برای شناسایی، ارزیابی و تلفیق نتایج پژوهش‌های مرتبط با یک سؤال تحقیقاتی مشخص محسوب می‌شود. برای اطمینان از جامعیت و اعتبار یافته‌ها، این مطالعه بر اساس پروتکل PRISMA[2] طراحی و اجرا گردید.

راهبرد جستجو و کلمات کلیدی

به منظور شناسایی جامع مقالات مرتبط، یک راهبرد جستجوی دقیق تدوین شد. جستجو در سه پایگاه داده علمی معتبر بین‌المللی شامل ScienceDirect (Elsevier ،IEEE Xplore) و Springer Link انجام گرفت. این پایگاه‌ها به دلیل پوشش گسترده حوزه‌های مهندسی، علوم کامپیوتر و علوم آموزشی انتخاب شدند. جستجو با استفاده از ترکیبی از کلیدواژه‌های اصلی و مترادف‌های آن‌ها با عملگرهای بولی (AND, OR) در بخش عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مقالات صورت پذیرفت. رشته جستجوی اصلی به زبان انگلیسی به شرح زیر بود:

جستجو برای مقالاتی که در حوزه‌های «هوش مصنوعی، یادگیری ماشین یا هوش مصنوعی مولد[3]» بوده و درباره «آموزش، یادگیری، تدریس، مقاطع تحصیلی یا آموزش عالی[4]» هستند و به «چالش‌های فنی، موانع پیاده‌سازی، مشکلات یکپارچه‌سازی، مسائل زیرساختی، حریم خصوصی داده‌ها، مقیاس‌پذیری یا قابلیت همکاری[5]» می‌پردازند.

معیارهای ورود و خروج منابع برای انتخاب مقالات مرتبط و حصول اطمینان از کیفیت آن‌ها، معیارهای ورود و خروج مشخصی تعریف شد.

معیارهای ورود عبارت بودند از: (۱) مقالات علمی-پژوهشی کامل ٦، مقالات مروری ۷ و مقالات کنفرانسی معتبر؛ (۲) مقالات منتشر شده در بازه زمانی ژانویه ۲۰۲۰ تا دسامبر ۲۰۲۵ (برای پوشش آخرین تحولات)؛ (۳) مقالات نگاشته شده به زبان انگلیسی یا فارسی؛ (۴) مقالاتی که به طور مشخص به یک یا چند چالش فنی در زمینه پیاده‌سازی هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی پرداخته باشند.

---

1. Systematic Literature Review
2. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
3. Artificial Intelligence OR AI OR Machine Learning OR Generative AI
4. Education OR Learning OR Teaching OR K-12 OR Higher Education
5. Technical Challenge OR Implementation Barrier OR Integration Issue OR Infrastructure OR Data Privacy OR Scalability OR Interoperability
6. Full-text research articles
7. Review articles

معیارهای خروج شامل موارد زیر بودند: (۱) مقالاتی که صرفاً به جنبه‌های پداگوژیکی، اخلاقی یا اجتماعی هوش مصنوعی بدون پرداختن به ابعاد فنی پرداخته بودند؛ (۲) گزارش‌های کوتاه، سرمقاله‌ها، نامه‌های به سردبیر و چکیده‌های کنفرانس؛ (۳) مقالات منتشر شده پیش از سال ۲۰۲۰؛ (۴) مقالاتی که دسترسی به متن کامل آن‌ها امکان‌پذیر نبود.

فرآیند انتخاب مقالات و استخراج داده‌ها

فرآیند انتخاب مقالات در چند مرحله انجام شد. در مرحله اول، نتایج جستجو از پایگاه‌های داده جمع‌آوری و موارد تکراری حذف گردیدند. در مرحله بعد، عناوین و چکیده‌های مقالات باقی‌مانده توسط دو پژوهشگر به صورت مستقل بررسی و مقالات نامرتبط حذف شدند. در صورت بروز اختلاف نظر، مقاله توسط پژوهشگر سوم مورد بازبینی قرار می‌گرفت. در مرحله نهایی، متن کامل مقالات منتخب با دقت مطالعه و بر اساس معیارهای ورود و خروج، انتخاب نهایی صورت گرفت. این فرآیند به طور کامل در نمودار PRISMA نمایش داده شده است. پس از انتخاب نهایی مقالات، فرآیند استخراج داده‌ها با استفاده از یک فرم استاندارد انجام شد. اطلاعات کلیدی هر مقاله شامل مشخصات کتاب‌شناختی (نویسندگان، سال انتشار)، هدف پژوهش، روش تحقیق، چالش‌های فنی شناسایی‌شده، راهکارهای پیشنهادی و محدودیت‌های مطالعه، استخراج و در یک جدول ثبت گردید تا برای تحلیل و تلفیق در مرحله بعد آماده شود. فرآیند انتخاب مقالات در این مرور نظام‌مند به شرح زیر است:

شناسایی[1]: در جستجوی اولیه از پایگاه‌های داده ScienceDirect (n=340)، IEEE Xplore (n=285) و Springer (n=410)، مجموعاً ۱۰۳۵ مقاله شناسایی شد.

غربالگری[2]: پس از حذف ۲۱۵ مقاله تکراری، ۸۲۰ مقاله برای بررسی عنوان و چکیده باقی ماند. در این مرحله، ۶۹۵ مقاله به دلیل عدم ارتباط مستقیم با موضوع پژوهش حذف گردیدند.

ارزیابی واجد شرایط بودن[3]: متن کامل ۱۲۵ مقاله باقی‌مانده برای ارزیابی دقیق‌تر بررسی شد. از این تعداد، ۹۵ مقاله به دلایلی همچون تمرکز صرف بر جنبه‌های غیرفنی، عدم ارائه تحلیل عمیق یا قرار گرفتن خارج از چارچوب زمانی، از مطالعه حذف شدند.

مقالات نهایی[4]: در نهایت، ۳۰ مقاله که به طور کامل با معیارهای ورود پژوهش مطابقت داشتند، برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. این مقالات مبنای اصلی بخش یافته‌ها و بحث این پژوهش را تشکیل می‌دهند.

یافته‌ها

تحلیل و تلفیق داده‌های استخراج‌شده از ۳۰ مقاله منتخب، منجر به شناسایی مجموعه‌ای از چالش‌های فنی کلیدی در پیاده‌سازی ابزارهای هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی حضوری و مجازی گردید. این چالش‌ها که ماهیتی به‌هم‌پیوسته دارند، در شش دسته اصلی طبقه‌بندی شدند. در ادامه، هر یک از این دسته‌ها به تفصیل و با استناد به منابع مورد بررسی، تشریح می‌شوند.

1. Identification
2. Screening
3. Eligibility
4. Inclusion

چالش‌های مرتبط با داده [1]

این دسته از چالش‌ها به عنوان بنیادی‌ترین مانع فنی شناخته می‌شود، زیرا کیفیت و مدیریت داده‌ها به طور مستقیم بر عملکرد، عدالت و امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی تأثیر می‌گذارد. یکی از برجسته‌ترین نگرانی‌ها، حریم خصوصی و امنیت داده‌ها است. سیستم‌های هوش مصنوعی برای شخصی‌سازی یادگیری نیازمند دسترسی به حجم وسیعی از داده‌های حساس دانش‌آموزان، از جمله سوابق تحصیلی، الگوهای رفتاری و حتی داده‌های بیومتریک هستند(Ahmad et al., 2024). ذخیره‌سازی و انتقال این داده‌ها، مؤسسات آموزشی را به اهداف جذابی برای حملات سایبری تبدیل می‌کند و هرگونه نشت اطلاعات می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری برای دانش‌آموزان داشته باشد. چالش دیگر در این حوزه، کیفیت و استانداردسازی داده‌ها است. داده‌های آموزشی اغلب در فرمت‌های ناهمگون، ناقص و پراکنده در سیستم‌های مختلف ذخیره شده‌اند که فرآیند پیش‌پردازش و آماده‌سازی آن‌ها را برای مدل‌های یادگیری ماشین بسیار زمان‌بر و پرهزینه می‌کند(Guan et al., 2020). علاوه بر این، سوگیری داده‌ها یک چالش فنی – اخلاقی بسیار مهم است. اگر داده‌های آموزشی بازتاب‌دهنده سوگیری‌های موجود در جامعه یا نظام آموزشی باشند، الگوریتم‌های هوش مصنوعی این سوگیری‌ها را آموخته و تقویت خواهند کرد که منجر به نتایج ناعادلانه برای گروه‌های خاصی از دانش‌آموزان می‌شود.(Crompton et al., 2022)

چالش‌های زیرساختی و فناورانه [2]

پیاده‌سازی مؤثر هوش مصنوعی نیازمند زیرساخت‌های فنی قوی و مدرن است که بسیاری از مؤسسات آموزشی فاقد آن هستند .نیاز به توان پردازشی بالا یکی از این موانع است. آموزش و اجرای مدل‌های پیچیده یادگیری عمیق به واحدهای پردازش گرافیکی (GPU) قدرتمند و سرورهای پرهزینه نیاز دارد که تأمین و نگهداری آن‌ها برای مدارس و دانشگاه‌ها دشوار است. (Chen et al, 2020) در محیط‌های آموزش مجازی، پهنای باند و پایداری شبکه به یک عامل حیاتی تبدیل می‌شود. ابزارهای هوش مصنوعی که نیازمند تبادل آنی داده با سرورهای ابری هستند، در صورت وجود اتصال اینترنت ضعیف یا ناپایدار، با تأخیر بالا مواجه شده و تجربه کاربری را مختل می‌کنند(Fan et al., 2022). ناهمگونی دستگاه‌های کاربران نهایی چالش دیگری است. دانش‌آموزان و معلمان از طیف وسیعی از دستگاه‌ها با سیستم‌عامل‌ها و توان پردازشی متفاوت استفاده می‌کنند و توسعه ابزارهای هوش مصنوعی که بر روی تمامی این پلتفرم‌ها به صورت یکپارچه و کارآمد عمل کنند، یک چالش مهندسی نرم‌افزار پیچیده است(Bim and Su, 2024).

چالش‌های الگوریتمی و مدل‌سازی [3]

این دسته از چالش‌ها به ذات خود الگوریتم‌های هوش مصنوعی مربوط می‌شود .عدم شفافیت یا مشکل جعبه سیاه[4] یکی از مهم‌ترین آن‌هاست. بسیاری از مدل‌های پیشرفته، تصمیماتی می‌گیرند که منطق پشت آن‌ها به سادگی قابل تفسیر نیست .(Wang et al., 2024) این مسئله اعتماد معلمان به سیستم را کاهش داده و مسئولیت‌پذیری در قبال تصمیمات الگوریتمی را دشوار می‌سازد. توسعه مدل‌های هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI) که بتوانند استدلال خود را ارائه دهند، یک راه‌حل بالقوه اما از نظر فنی بسیار پیچیده است (Kamalov et al., 2023). قابلیت اطمینان و استحکام[5] مدل‌ها نیز یک نگرانی جدی است. مدل‌های هوش مصنوعی ممکن است

1. Data-Related Challenges
2. Infrastructural and Technological Challenges
3. Algorithmic and Modeling Challenges
4. Black Box Problem
5. Reliability and Robustness

در برابر داده‌های ورودی غیرمنتظره یا حملات مخرب[1] آسیب‌پذیر باشند و نتایج نادرست یا غیرقابل پیش‌بینی تولید کنند(Ahmad et al., 2021) همچنین، در زمینه هوش مصنوعی مولد، کنترل کیفیت خروجی و جلوگیری از تولید اطلاعات غلط[2] یک چالش فنی برجسته است که نیازمند مکانیزم‌های پیچیده صحت‌سنجی و نظارت انسانی است(Bahroun et al., 2023).

چالش‌های یکپارچه‌سازی و تعامل‌پذیری [3]

ابزارهای هوش مصنوعی به ندرت به صورت مستقل عمل می‌کنند و باید با اکوسیستم فناوری موجود در یک مؤسسه آموزشی یکپارچه شوند. فقدان استانداردهای تعامل‌پذیری یک مانع بزرگ است (Crompton & Burke, 2023). سیستم‌های مدیریت یادگیری LMS))، سیستم‌های اطلاعات دانش‌آموزی (SIS) و سایر ابزارهای آموزشی اغلب از پروتکل‌ها و فرمت‌های داده متفاوتی استفاده می‌کنند که اتصال یک ابزار هوش مصنوعی جدید به این مجموعه را به یک پروژه یکپارچه‌سازی سفارشی و پرهزینه تبدیل می‌کند .سیلوهای داده[4] که در آن داده‌های دانش‌آموزان در سیستم‌های مختلف و بدون ارتباط با یکدیگر ذخیره شده‌اند، مانع از دستیابی به یک دید ۳۶۰ درجه از عملکرد دانش‌آموز می‌شوند که برای بسیاری از کاربردهای پیشرفته هوش مصنوعی ضروری است (Ahmad et al., 2024). علاوه بر این، مدیریت APIها و وابستگی به پلتفرم‌های شخص ثالث، مؤسسات را در معرض خطراتی مانند تغییرات ناگهانی در خدمات، افزایش هزینه‌ها یا توقف سرویس‌دهی قرار می‌دهد.

چالش‌های واسط کاربری و تجربه کاربری [5]

موفقیت یک ابزار هوش مصنوعی در نهایت به پذیرش و استفاده مؤثر آن توسط کاربران نهایی، یعنی معلمان و دانش‌آموزان، بستگی دارد. طراحی واسط‌های کاربری که هم قدرتمند و هم ساده باشند، یک چالش فنی - طراحی مهم است (Ruiz-Rojas et al., 2023). معلمان که اغلب متخصص فناوری نیستند، به داشبوردهایی نیاز دارند که تحلیل‌های پیچیده هوش مصنوعی را به صورت اقدامات عملی و قابل فهم ارائه دهند. اگر خروجی سیستم صرفاً مجموعه‌ای از داده‌های خام و نمودارهای پیچیده باشد، در عمل بی‌فایده خواهد بود. شخصی‌سازی تجربه کاربری برای نقش‌های مختلف (معلم، دانش‌آموز، مدیر) و فراهم کردن امکان تنظیم و کنترل الگوریتم‌ها توسط معلمان [6]، از دیگر چالش‌های فنی در این زمینه است که به افزایش اعتماد و پذیرش کمک می‌کند (Celik, 2022).

چالش‌های نگهداری، مقیاس‌پذیری و پایداری [7]

پیاده‌سازی هوش مصنوعی یک پروژه یکباره نیست، بلکه یک فرآیند مستمر است. نگهداری و به‌روزرسانی مدل‌ها یک چالش فنی مداوم است. مدل‌های یادگیری ماشین با گذشت زمان و با ورود داده‌های جدید، ممکن است دچار افت عملکرد[8] شوند و نیازمند بازآموزی دوره‌ای هستند (Bates et al., 2020). مقیاس‌پذیری از یک پروژه آزمایشی کوچک به یک پیاده‌سازی در سطح کل مؤسسه، چالش‌های عظیمی در زمینه زیرساخت، مدیریت داده و پشتیبانی فنی ایجاد می‌کند. در نهایت، پایداری فنی و مالی کل سیستم باید در نظر گرفته

1. Adversarial Attacks
2. Hallucination
3. Integration and Interoperability Challenges
4. Data Silos
5. UI/UX Challenges
6. Human-in-the-loop
7. Maintenance, Scalability, and Sustainability Challenges
8. Model Drift

شود. هزینه‌های مداوم مربوط به سرورهای ابری، لایسنس نرم‌افزارها و نیروی انسانی متخصص برای نگهداری سیستم، باید در بودجه‌های بلندمدت مؤسسات آموزشی لحاظ شود، امری که اغلب نادیده گرفته می‌شود (Kamalov et al., 2023).

در جدول زیر، خلاصه‌ای از یافته‌های کلیدی برخی مقالات منتخب ارائه شده است:

جدول ۱ خلاصه مقالات منتخب در زمینه چالش‌های فنی پیاده‌سازی هوش مصنوعی

نویسندگان و سال	هدف اصلی پژوهش	روش	چالش‌های فنی کلیدی شناسایی‌شده	راهکارها و محدودیت‌ها
Ahmad et al. (2024)	مرور جامع هوش مصنوعی داده‌محور در آموزش	مرور ادبیات	حریم خصوصی داده، امنیت، یکپارچه‌سازی با سیستم‌های موجود، سوگیری داده	راهکارها: استفاده از فریمورک‌های امنیت داده، استانداردهای تعامل‌پذیری. محدودیت: تمرکز بر جنبه داده.
Crompton & Burke (2023)	بررسی وضعیت هوش مصنوعی در آموزش عالی	مرور نظام‌مند	فقدان تعامل‌پذیری، سیلوهای داده، پیچیدگی فنی برای کاربران غیرمتخصص	راهکارها: توسعه پلتفرم‌های ماژولار، طراحی کاربرمحور. محدودیت: تمرکز بر آموزش عالی.
Wang et al. (2024)	مرور نظام‌مند ادبیات هوش مصنوعی در آموزش	تحلیل کتاب سنجی	مشکل جعبه سیاه، قابلیت اطمینان مدل‌ها، نیاز به زیرساخت‌های محاسباتی	راهکارها: ترویج تحقیقات در زمینهXAI ، استفاده از محاسبات ابری. محدودیت: تحلیل در سطح کلان.
Bahroun et al. (2023)	مرور جامع هوش مصنوعی مولد در آموزش	تحلیل کتاب سنجی	نیاز به منابع محاسباتی عظیم، کنترل کیفیت خروجی، وابستگی به API های تجاری	راهکارها: توسعه مدل‌های کوچک‌تر و بهینه‌تر، ایجاد پروتکل‌های ارزیابی محتوا. محدودیت: تمرکز بر هوش مصنوعی مولد.
Fan et al. (2022)	مرور نظام‌مند هوش مصنوعی در آموزش عالی آنلاین	مرور نظام‌مند	تأخیر شبکه، ناهمگونی دستگاه‌های کاربران، چالش‌های امنیتی در محیط آنلاین	راهکارها: طراحی الگوریتم‌های سبک، معماری‌های توزیع‌شده. محدودیت: تمرکز بر آموزش آنلاین.
Celik (2022)	بررسی دانش فنی - پداگوژیکی معلمان برای ادغام هوش مصنوعی	مطالعه تجربی	پیچیدگیUI/UX ، عدم ارائه خروجی‌های قابل اقدام برای معلمان	راهکارها: طراحی ابزارها با مشارکت معلمان، آموزش فنی معلمان. محدودیت: تمرکز بر دیدگاه معلم.

تحلیل و تلفیق نظام‌مند داده‌های مستخرج از ۳۰ مقاله نهایی، منجر به شناسایی ده چالش فنی متمایز شد که در قالب پنج مضمون (تم) کلی قابل طبقه‌بندی هستند. این مضامین نشان‌دهنده حوزه‌های محوری تنش در فرآیند پیاده‌سازی فناوری‌های هوش مصنوعی در بسترهای آموزشی است. پربسامدترین موانع شناسایی‌شده به ترتیب، مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها (با اشاره در ۲۴ مقاله) و نیاز به منابع محاسباتی بزرگ (با اشاره در ۲۲ مقاله) بودند.

مضمون نخست، چالش‌های داده و یکپارچه‌سازی بود که علاوه بر نگرانی‌های امنیتی یادشده (Ahmad et al., 2021; Fan et al., 2022)، چالش‌های کیفیت، استانداردسازی و سوگیری داده‌ها (با ۲۰ اشاره) را دربرمی‌گرفت که بر عملکرد و عدالت الگوریتم‌ها تأثیر مستقیم می‌گذارد (Crompton et al., 2022; Guan et al., 2020). افزون بر این، سیلوهای داده و فقدان تعامل‌پذیری با سیستم‌های مدیریت یادگیری موجود (با ۱۸ اشاره) به عنوان مانعی ساختاری (Crompton & Burke, 2023) و وابستگی به APIهای تجاری شخص ثالث (با ۱۰ اشاره)، به‌ویژه در حوزه هوش مصنوعی مولد (Bahroun et al., 2023)، دیگر ابعاد این مضمون کلان را تشکیل می‌دادند.

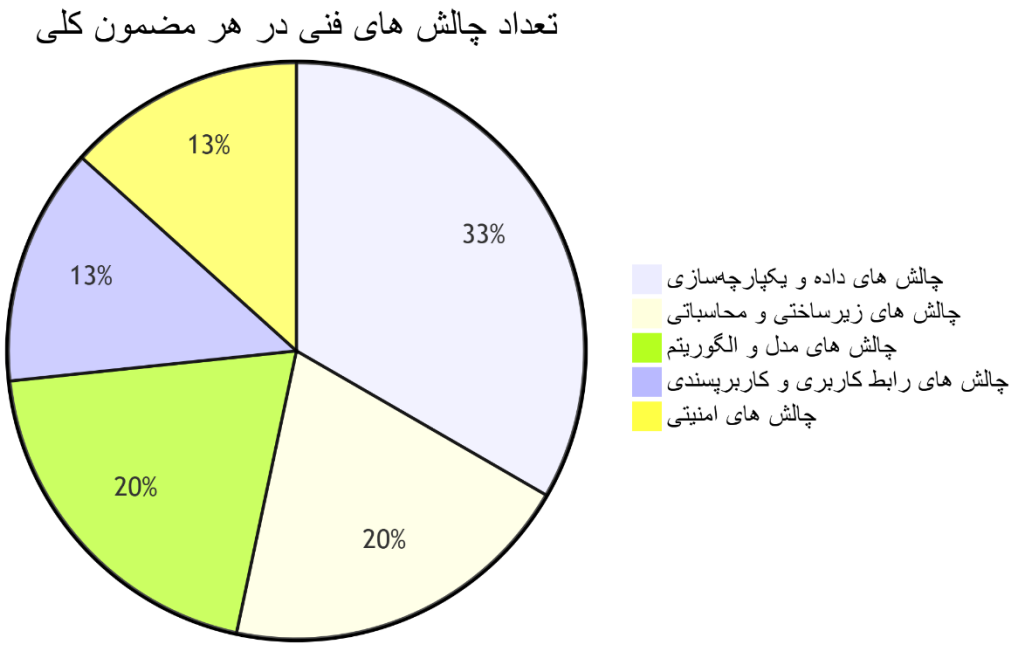
دومین مضمون، چالش‌های زیرساختی و محاسباتی بود که در آن، نیاز به منابع پردازشی گران‌قیمت (Chen et al., 2020; Wang et al., 2024)، تأخیر شبکه و ناپایداری اتصال در محیط‌های مجازی (با ۱۶ اشاره) (Fan et al., 2022) و ناهمگونی گسترده دستگاه‌های کاربران نهایی (با ۱۴ اشاره) (Yim & Su, 2024) به عنوان موانع اصلی اعلام شدند.

مضمون سوم، چالش‌های مدل و الگوریتم را دربرمی‌گرفت که هسته مرکزی آن، مشکل «جعبه سیاه» و فقدان شفافیت در تصمیم‌گیری مدل‌ها (با ۲۱ اشاره) و ضرورت حرکت به سمت هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI) بود (Kamalov et al., 2023; Wang et al., 2024). قابلیت اطمینان و استحکام مدل‌ها در برابر داده‌های غیرمتعارف (با ۱۵ اشاره) (Ahmad et al., 2021) و کنترل کیفیت خروجی (با ۱۲ اشاره)، به‌ویژه در کاربردهای مبتنی بر هوش مصنوعی مولد (Bahroun et al., 2023; Ruiz-Rojas et al., 2023) از دیگر چالش‌های این حوزه بیان شده‌اند.

چهارمین مضمون، چالش‌های رابط کاربری و کاربرپسندی بود و مشخص کرد که پیچیدگی طراحی رابط و تجربه کاربری (UI/UX) برای ذی‌نفعان غیرفنی (با ۱۷ اشاره) (Ruiz-Rojas et al., 2023; Celik, 2022) و عدم توانایی سیستم‌ها در تبدیل تحلیل‌ها به خروجی‌های عملی و قابل اقدام برای معلمان (با ۱۳ اشاره) (Celik, 2022) می‌تواند حتی فناوری‌های قدرتمند را در مرحله پذیرش نهایی با شکست مواجه کند.

سرانجام، چالش‌های امنیتی به‌عنوان یک نگرانی زیرساختی فراگیر (با ۱۹ اشاره)، فراتر از حریم خصوصی داده، کل سیستم را در محیط‌های برخط در معرض تهدیدات سایبری قرار می‌دهد (Ahmad et al., 2021; Fan et al., 2022). این طبقه‌بندی، درکی لایه‌ای و به‌هم‌پیوسته از موانع فنی ارائه می‌دهد که نشان می‌دهد حل موفقیت‌آمیز چالش‌هایی مانند سیلوهای داده (مربوط به مضمون یکپارچه‌سازی) مستقیماً بر بهبود کیفیت داده و در نتیجه قابلیت اطمینان مدل (مربوط به مضمون الگوریتم) تأثیر می‌گذارد.

در نمودار شماره ۱ مضامین کلی و فراوانی چالش‌های مربوط به هرکدام مشخص شده است:



تحلیل و دسته‌بندی نظام‌مند چالش‌های فنی

بر پایه تحلیل و تلفیق نظام‌مند یافته‌های حاصل از ۳۰ مقاله منتخب، چالش‌های فنی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در آموزش در شش دسته اصلی قابل طبقه‌بندی است که از نظر فراوانی و اهمیت با یکدیگر تفاوت دارند. پربسامدترین این چالش‌ها، مسائل حریم خصوصی و امنیت

داده‌ها (با اشاره در ۲۴ مقاله) و نیاز به منابع محاسباتی عظیم (با اشاره در ۲۲ مقاله) بودند که به ترتیب مشخص‌کننده حساسیت ذاتی داده‌های آموزشی و هزینه‌های زیرساختی سنگین این فناوری است (Ahmad et al., 2024; Chen et al., 2020). دسته نخست، چالش‌های مرتبط با داده، علاوه بر نگرانی‌های امنیتی، شامل مسائل کیفیت، استانداردسازی و سوگیری داده‌ها (با ۲۰ اشاره) نیز می‌شود. داده‌های آموزشی اغلب در فرمت‌های ناهمگون و در سیلوهای مجزا ذخیره شده‌اند که یکپارچه‌سازی و آماده‌سازی آن‌ها را پرهزینه می‌کند. خطر اصلی این است که اگر داده‌های آموزشی بازتاب‌دهنده سوگیری‌های موجود باشند، الگوریتم‌ها نه تنها آن‌ها را تشخیص نمی‌دهند، بلکه به شکلی سیستماتیک تقویت کرده و نابرابری آموزشی را تشدید می‌کنند (Crompton et al., 2022; Guan et al., 2020).

دسته دوم، چالش‌های زیرساختی و محاسباتی، محدودیت‌های عملی گسترده‌ای را نشان می‌دهد. بسیاری از مؤسسات آموزشی فاقد زیرساخت‌های لازم برای پشتیبانی از مدل‌های پیچیده هستند، به‌ویژه در محیط‌های آموزش مجازی که تأخیر شبکه و ناپایداری اتصال (با ۱۶ اشاره) می‌تواند تجربه یادگیری تعاملی را به کلی مختل کند (Fan et al., 2022). افزون بر این، ناهمگونی گسترده دستگاه‌های کاربران (با ۱۴ اشاره) توسعه راه‌حل‌های یکپارچه و کارا را با دشواری مواجه ساخته است (Yim & Su, 2024). دسته سوم به چالش‌های الگوریتمی و مدل‌سازی مربوط می‌شود که هسته فناورانه سیستم‌ها را تشکیل می‌دهد. مشکل «جعبه سیاه» و فقدان شفافیت (با ۲۱ اشاره) در تصمیم‌گیری مدل‌های پیشرفته، به عنوان مانعی اصلی در پذیرش این ابزارها توسط معلمان اعلام شده است (Wang et al., 2024). این عدم شفافیت، مسئولیت‌پذیری و قابلیت اعتماد را کاهش داده و توسعه هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI) را به یک ضرورت فنی و اخلاقی مبدل نموده است (Kamalov et al., 2023). همچنین، قابلیت اطمینان و استحکام مدل‌ها در برابر داده‌های غیرمنتظره (با ۱۵ اشاره) و به ویژه در حوزه هوش مصنوعی مولد، کنترل کیفیت خروجی و جلوگیری از تولید اطلاعات نادرست (با ۱۲ اشاره) از نگرانی‌های جدی در این حوزه است (Ahmad et al., 2021; Bahroun et al., 2023).

دسته چهارم، چالش‌های یکپارچه‌سازی و تعامل‌پذیری را شامل می شود که نشان می‌دهد ابزارهای هوش مصنوعی به ندرت می‌توانند به صورت مستقل عمل کنند. فقدان استانداردهای تعامل‌پذیری میان سیستم‌های موجود مانند سامانه‌های مدیریت یادگیری (LMS)، اتصال ابزارهای جدید را به پروژه‌ای پیچیده و پرهزینه مبدل کرده است (Crompton & Burke, 2023) . پدیده سیلوهای داده (با ۱۸ اشاره) و وابستگی روزافزون به APIهای تجاری شخص ثالث (با ۱۰ اشاره)، مؤسسات آموزشی را در معرض خطر وابستگی فنی، افزایش هزینه و از دست دادن کنترل بر داده‌ها قرار داده است (Ahmad et al., 2024).

دسته پنجم بر چالش‌های رابط کاربری و تجربه کاربری است که پذیرش نهایی فناوری را تعیین می‌کند. پیچیدگی طراحی رابط‌ها برای کاربران غیرفنی (با ۱۷ اشاره) و عدم توانایی سیستم‌ها در تبدیل تحلیل‌ها به خروجی‌های عملی و قابل اقدام برای معلمان (با ۱۳ اشاره)، از موانع اصلی استفاده مؤثر شناسایی شده‌اند(Celik, 2022; Ruiz-Rojas et al., 2023) سرانجام، چالش‌های امنیتی به عنوان یک نگرانی فراگیر (با ۱۹ اشاره)، فراتر از حریم خصوصی داده، کل زیرساخت آموزشی را در محیط‌های برخط تهدید می‌کند (Fan et al, 2022).

این چالش‌ها در یک شبکه به هم تنیده از روابط علّی قرار دارند. برای نمونه، مشکل سیلوهای داده مستقیماً بر کیفیت داده تأثیر گذاشته و آن را کاهش می‌دهد. داده‌های با کیفیت پایین به نوبه خود منجر به آموزش مدل‌های مغرضانه یا غیرقابل اعتماد می‌شوند که قابلیت اطمینان خروجی را کاهش می‌دهد. این کاهش قابلیت اطمینان، اعتماد معلمان به سیستم را تضعیف کرده و در نهایت پذیرش و استفاده مؤثر از فناوری را با مشکل مواجه می‌سازد. از سوی دیگر، فقدان زیرساخت محاسباتی مناسب، توسعه و استقرار مدل‌های قابل توضیح پیچیده‌تر را که برای شفاف‌سازی تصمیمات مورد نیاز است، محدود می‌کند. این پیچیدگی تعاملی نشان می‌دهد که رویکردهای جزیره‌ای و مقطعی در حل این چالش‌ها موثر نیست. موفقیت در گرو تدوین راهبرد فنی جامع‌نگر است که همزمان به ارتقای زیرساخت،

استقرار حکمرانی داده‌ای مؤثر، توسعه استانداردهای باز برای یکپارچه‌سازی، سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های مرتبط با هوش مصنوعی قابل توضیح و طراحی کاربرمحور ابزارها بیندیشد. تنها از طریق چنین نگاهی همه‌جانبه می‌توان مانع از تبدیل هوش مصنوعی از یک وعده تحول‌آفرین به یک بار فنی و مالی سنگین برای نظام‌های آموزشی شد.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل نظام‌مند چالش‌های فنی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی حضوری و مجازی انجام شد. یافته‌های حاصل از مرور جامع ادبیات، تصویری چندبعدی و به هم پیوسته از این موانع ارائه می‌دهد که در شش دسته اصلی چالش‌های داده، زیرساخت، الگوریتم، یکپارچه‌سازی، تجربه کاربری و نگهداری دسته‌بندی شدند. تحلیل این یافته‌ها نشان می‌دهد که گذار به آموزش هوشمند، بیش از آنکه یک خرید فناوری ساده باشد، یک فرآیند پیچیده «مهندسی مجدد سیستم‌های فنی-اجتماعی» است.

مقایسه یافته‌ها با پیشینه پژوهش

نتایج این مطالعه به طور کلی با ادبیات موجود همسو است، اما با تمرکز ویژه بر جنبه‌های فنی و مهندسی، درک عمیق‌تری از ماهیت این موانع ارائه می‌کند. برای مثال، در حالی که مطالعات پیشین مانند پژوهش وانگ و همکاران(Wang et al., 2024) و احمد و همکاران(Ahmad et al., 2024) به طور کلی بر چالش‌های هوش مصنوعی در آموزش تأکید داشتند، این پژوهش به طور مشخص نشان می‌دهد که داده‌محور بودن، نقطه تمرکز اصلی تمامی این چالش‌هاست. مسائل مربوط به حریم خصوصی، امنیت، کیفیت و سوگیری داده‌ها – که توسط محققانی همچون کرامپتون و همکاران (Crompton et al., 2022) به عنوان نگرانی‌های اخلاقی برجسته شده بود – در این تحلیل به عنوان پیش‌نیازهای فنی و الزامات قانونی اجتناب‌ناپذیر برای هرگونه پیاده‌سازی موفق شناسایی شدند. همچنین، این مطالعه با تفکیک چالش‌ها در دو بستر حضوری و مجازی، یافته‌های پژوهش‌هایی مانند فان و همکاران (Fan et al. 2022) را بسط می‌دهد و نشان می‌دهد که در حالی که آموزش مجازی به طور خاص با موانع زیرساختی مانند تأخیر شبکه دست به گریبان است، آموزش حضوری با چالش‌های فنی یکپارچه‌سازی با سخت‌افزارهای کلاسی روبه‌رو می‌باشد.

پیامدهای کاربردی و پیشنهادها

بر اساس این تحلیل، پیشنهادهای کاربردی زیر برای ذی‌نفعان مختلف ارائه می‌شود:

برای سیاست‌گذاران و مدیران فناوری اطلاعات: تدوین یک «نقشه راه فنی جامع» که فراتر از انتخاب ابزار، شامل ارتقای زیرساخت‌ها، تدوین استانداردهای داده و برنامه‌ریزی برای یکپارچه‌سازی باشد، ضروری است. سرمایه‌گذاری در آموزش فنی معلمان و کادر پشتیبانی، به اندازه سرمایه‌گذاری در خود فناوری حیاتی است.

برای توسعه‌دهندگان نرم‌افزار: اولویت‌بندی قابلیت تعامل‌پذیری از طریق APIهای استاندارد، حرکت به سمت توسعه مدل‌های قابل توضیح (XAI) و طراحی رابط‌های کاربری کاربرپسند که خروجی‌های قابل اقدام برای معلمان تولید کنند، از جمله پیشنهادهای کلیدی هستند.

راهکارهای فنی: به کارگیری راهکارهای نوظهور مانند یادگیری فدرال [1] برای حفظ حریم خصوصی داده‌ها، استفاده از معماری‌های محاسبات لبه [2] برای کاهش تأخیر در محیط‌های مجازی و توسعه الگوریتم‌های سبک‌وزن [3] برای دستگاه‌های ناهمگون کاربران، می‌تواند راهگشا باشد.

محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده

این مطالعه نیز خالی از محدودیت نبود. تمرکز صرف بر چالش‌های فنی و عدم پرداخت عمیق به تعامل این چالش‌ها با موانع پداگوژیکی و سازمانی، یکی از محدودیت‌های آن محسوب می‌شود. همچنین، با وجود تلاش برای جامعیت، ممکن است برخی مقالات مرتبط در پایگاه‌های داده دیگر از قلم افتاده باشند.

بر این اساس، پژوهش‌های آینده می‌توانند بر موارد زیر متمرکز شوند:

انجام مطالعات موردی عمیق [4] برای مستندسازی فرآیندهای واقعی پیاده‌سازی و درس‌های آموخته شده در مؤسسات آموزشی.

توسعه و ارزیابی مدل‌های XAI که به طور خاص برای نیازهای بافت آموزشی طراحی شده‌اند.

تحقیق در مورد معماری‌های فنی پایدار و مقرون‌به‌صرفه، برای ارائه خدمات هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ، به ویژه برای مناطق کمتر برخوردار.

بررسی تأثیر متقابل چالش‌های فنی با موانع پداگوژیکی و سازمانی به منظور ایجاد یک چارچوب جامع‌تر برای پیاده‌سازی.

در نتیجه‌گیری نهایی باید تأکید کرد که موفقیت در به‌کارگیری هوش مصنوعی صرفاً به فناوری برتر وابسته نیست، بلکه به آمادگی فنی اکوسیستم آموزشی وابسته است. آینده آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی در گرو ایجاد یک هم‌افزایی هوشمندانه بین قابلیت‌های منحصربه‌فرد انسان و توانایی‌های محاسباتی ماشین است. پرداختن به چالش‌های فنی شناسایی‌شده در این پژوهش، نه به عنوان موانعی بازدارنده، بلکه به عنوان نقشه راهی برای نوآوری مسئولانه و پایدار، اولین گام ضروری در این مسیر پرفرازونشیب است.

منابع

Ahmad, K., Iqbal, W., El-Hassan, A., Qadir, J., Benhaddou, D., Ayyash, M., & Al-Fuqaha, A. (2024). Data-driven artificial intelligence in education: A comprehensive review. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *17*, 12–31. https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3314610

Ahmad, S., Rahmat, M., Mubarik, M., Alam, M., & Hyder, S. (2021). Artificial intelligence and its role in education. *Sustainability*, *13*(22), 12902. https://doi.org/10.3390/su132212902

Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, *15*(17), 12983. https://doi.org/10.3390/su151712983

Bates, T., Cobo, C., Mariño, O., & Wheeler, S. (2020). Can artificial intelligence transform higher education? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *17*, 42. https://doi.org/10.1186/s41239-020-00218-x

Celik, I. (2022). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, *138*, 107468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, *8*, 75264–75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *20*, 22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8

1. Federated Learning
2. Edge Computing
3. Lightweight
4. Case Studies

Crompton, H., Jones, M., & Burke, D. (2022). Affordances and challenges of artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, *56*(2), 248–268. https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2121344

Fan, O., Zheng, L., & Jiao, P. (2022). Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies*, *27*, 7893–7925. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10925-9

Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134–147. https://doi.org/10.1016/J.IJIS.2020.09.001

Kamalov, F., Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability*, *15*(16), 12451. https://doi.org/10.3390/su151612451

Ruiz-Rojas, L., Acosta-Vargas, P., De-Moreta-Llovet, J., & González-Rodríguez, M. (2023). Empowering education with generative artificial intelligence tools: Approach with an instructional design matrix. *Sustainability*, *15*(15), 11524. https://doi.org/10.3390/su151511524

Tapalova, O., & Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial intelligence in education: AIEd for personalised learning pathways. *Electronic Journal of E-Learning*, *20*(5), 536–548. https://doi.org/10.34190/ejel.20.5.2597

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, *252*, 124167. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

Yim, I. H., & Su, J. (2024). Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education: A scoping review. *Journal of Computers in Education*, *11*, 1–39. https://doi.org/10.1007/s40692-023-00304-9

Zafari, M., Bazargani, J. S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. (2022). Artificial intelligence applications in K-12 education: A systematic literature review. *IEEE Access*, *10*, 51940–51961. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179356