



Review Article

A Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Educational Management with a Focus on Medical Students

Mahsa Jafarzadeh Hesari^{1,2} , Mahboube Soleimanpouromran^{3*} , Zohreh Abbasi⁴

¹ Ph.D. Candidate in Educational Management, Department of Educational Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnord, Iran

² Vice-Chancellor for Research and Technology, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnord, Iran

³ Department of Educational Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnord, Iran

⁴ Department of Midwifery, School of Nursing, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnord, Iran

***Corresponding author:** Mahboube Soleimanpouromran, Department of Educational Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnord, Iran. E-mail: soleimanpouromran@iau.ac.ir

DOI: [10.66224/nkums.18.3.1](https://doi.org/10.66224/nkums.18.3.1)

How to Cite this Article:

Jafarzadeh Hesari M, Soleimanpouromran M, Abasi Z. A Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Educational Management with a Focus on Medical Students. J North Khorasan Uni Med Sci. 2026;18(3):1-13. DOI: 10.66224/nkums.18.3.1

Received: January 23, 2026

Accepted: July 01, 2026

Keywords:

Artificial Intelligence
Academic Performance
Educational Management
Medical Education

Abstract

Introduction: In recent years, artificial intelligence (AI) has emerged as a transformative force in medical education, particularly in optimizing educational management and students' outcomes. Although the proliferation of data-driven tools has pivoted systems toward evidence-based decision-making, the current body of literature remains fragmented, necessitating a rigorous synthesis. This study systematically reviews AI applications in educational management and evaluates their impact on medical students' academic performance.

Methods: This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. A comprehensive search was conducted across Scopus, PubMed, Web of Science, ERIC, IEEE Xplore, and Google Scholar for studies published between 2020 and 2025. Following rigorous screening and quality appraisal (using CASP, JBI, and AMSTAR-2), 35 studies were selected from 542 initial records. Data were analyzed via thematic synthesis.

Results: The findings indicated that AI applications were categorized into three tiers: learner-centered, data-driven, and strategic. Adaptive learning systems yielded a >20% improvement in theoretical scores, enhanced self-directed learning, and reduced assessment-related anxiety. Data-driven models significantly improved the prediction of academic underachievement and clinical skill proficiency. At the strategic level, intelligent decision-support systems optimized educational planning and policy-making. Nevertheless, challenges, such as digital inequality and ethical concerns, including data privacy and algorithmic bias, remain significant barriers.

Conclusion: The evidence suggests that AI integration in medical educational management can substantially enhance academic performance and facilitate evidence-based educational decision-making; however, addressing ethical challenges and infrastructure disparities remains crucial for its sustainable implementation.



مرور نظام‌مند کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی با تمرکز بر عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی

مهسا جعفرزاده حصاری^{۱،۲}، محبوبه سلیمانپور عمران^{۳*}، زهره عباسی^۴

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، گروه علوم تربیتی، واحد بنجورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بنجورد، ایران

^۲ معاونت تحقیقات و فناوری، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بنجورد، ایران

^۳ دانشیار، گروه علوم تربیتی، واحد بنجورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بنجورد، ایران

^۴ گروه مامایی، دانشکده پرستاری، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بنجورد، ایران

*نویسنده مسئول: محبوبه سلیمانپور عمران، گروه علوم تربیتی، واحد بنجورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بنجورد، ایران. ایمیل: soleimanpouroumran@iaau.ac.ir

DOI: 10.66224/nkums.18.3.1

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۰

مقدمه: هوش مصنوعی در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی تحول‌آفرین، نقش مهمی در بهبود مدیریت آموزشی و ارتقای عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی ایفا کرده است. رشد سریع ابزارهای داده‌محور، نظام‌های آموزشی پزشکی را به‌سوی تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد سوق داده است؛ بااین‌حال، یافته‌های پژوهشی موجود پراکنده و نیازمند یکپارچه‌سازی است. این مطالعه با هدف مرور نظام‌مند شواهد مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و بررسی پیامدهای آن بر عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی انجام شد.

واژگان کلیدی:

هوش مصنوعی

مدیریت آموزشی

آموزش پزشکی

عملکرد تحصیلی

روش کار: مطالعه مروری نظام‌مند حاضر مطابق با دستورالعمل PRISMA 2020 طراحی شد. جست‌وجو در پایگاه‌های PubMed، Scopus، Web of Science، ERIC، IEEE Xplore و Google Scholar برای مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ انجام گرفت. از مجموع ۵۴۲ رکورد اولیه، پس از غربالگری، ارزیابی متن کامل و سنجش کیفیت با ابزارهای JBI، CASP و AMSTAR-2، در نهایت، ۳۵ مطالعه واجد شرایط وارد تحلیل نهایی شدند. تحلیل داده‌ها با روش ترکیب‌بندی موضوعی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی در سه سطح یادگیرنده‌محور، داده‌محور و راهبردی قابل‌طبقه‌بندی است. سامانه‌های یادگیری تطبیقی موجب افزایش بیش از ۲۰٪ نمرات نظری، بهبود خودراهبری و کاهش اضطراب امتحان شدند. مدل‌های داده‌محور نیز دقت پیش‌بینی افت تحصیلی و ارزشیابی مهارت‌های بالینی را به‌طور معناداری افزایش دادند. در سطح راهبردی، سیستم‌های تصمیم‌یار هوشمند به بهبود سیاست‌گذاری آموزشی کمک کردند. بااین‌حال، چالش‌هایی مانند شکاف دیجیتال و نگرانی‌های اخلاقی گزارش شد.

نتیجه‌گیری: شواهد نشان می‌دهد ادغام هوش مصنوعی در مدیریت آموزش پزشکی می‌تواند عملکرد تحصیلی را به‌طور قابل‌توجهی ارتقا دهد و تصمیم‌گیری‌های آموزشی مبتنی بر شواهد را تسهیل کند؛ بااین‌حال، رسیدگی به چالش‌های اخلاقی و نابرابری‌های زیرساختی برای پیاده‌سازی پایدار آن، امری حیاتی است.

مقدمه

پیش‌بینی عملکرد تحصیلی، «یادگیری تطبیقی» و «سیستم‌های تصمیم‌یار هوشمند» توصیف‌کننده هسته مفهومی این حیطه هستند و نشان می‌دهند که چگونه ابزارهای داده‌محور می‌توانند فرایندهای

هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از اثرگذارترین فناوری‌های نوظهور، در سال‌های اخیر نقش مهمی در تحول مدیریت آموزشی و آموزش پزشکی ایفا کرده است. واژگانی مانند «مدیریت آموزشی»، «مدل‌های

دانشجویان پراکنده است و اغلب مطالعات فاقد طراحی تجربی دقیق یا مدل ارزیابی استاندارد هستند [۴، ۱۹]. فقدان چهارچوب‌های بومی، کمبود دانش مربیان در حوزه علوم داده و ناتوانی مؤسسات آموزشی در پیاده‌سازی عملی فناوری باعث می‌شود بسیاری از ظرفیت‌های هوش مصنوعی به‌صورت کامل مورد بهره‌برداری قرار نگیرد [۷، ۸]. این محدودیت‌ها موجب شده است تا تصمیم‌گیری آموزشی اغلب به‌جای تکیه بر داده، بر تجربه فردی استوار باشد که به کاهش اثربخشی مدیریت آموزشی منجر می‌شود [۱۲]. بنابراین، نیاز به یک بررسی نظام‌مند برای ایجاد تصویری جامع و یکپارچه از این حوزه بیش از گذشته احساس می‌شود [۲۰].

مطالعات موجود راهکارهایی برای غلبه بر چالش‌های ادغام هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی پیشنهاد کرده‌اند. توسعه چهارچوب‌های اخلاقی مشخص، تقویت سواد دیجیتال دانشجویان و مدرسان، ایجاد زیرساخت داده‌محور و طراحی برنامه‌های آموزشی مناسب از مهم‌ترین اقدامات توصیه‌شده هستند [۱، ۵]. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بهره‌گیری از مدل‌های پیش‌بینی عملکرد تحصیلی و سیستم‌های هوشمند پایش پیشرفت می‌تواند به ارتقای برنامه‌ریزی آموزشی و شناسایی دانشجویان در معرض خطر کمک کند [۱۱، ۱۳]. همچنین، ابزارهایی مانند شبیه‌سازهای هوشمند، چت‌بات‌های آموزشی و سیستم‌های ارزیابی خودکار، فرصت بهبود کیفیت تدریس و افزایش دقت ارزشیابی را فراهم می‌سازند [۳، ۴]. راهکارهای دیگر شامل توسعه برنامه‌های ترکیبی نوین، آموزش مبتنی بر یادگیری عمیق و بهره‌گیری از مدل‌های آموزش تطبیقی در محیط‌های بالینی است [۹، ۱۴]. باوجود این ظرفیت‌ها، نبود استانداردهای بین‌المللی، کمبود پژوهش‌های تجربی و تفاوت سطح آمادگی نهادهای همچنان ادغام هوش مصنوعی را دشوار می‌سازد [۱۵، ۱۷]. در نتیجه، انجام یک مرور نظام‌مند و دقیق می‌تواند به ادغام شواهد پراکنده، تحلیل روندهای جهانی و ارائه تصویری روشن از کارکردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی کمک کند و مسیر طراحی مدل‌های مدیریتی کارآمد در آموزش پزشکی را فراهم آورد. هدف مطالعه حاضر دقیقاً پاسخ به این نیاز و ایجاد بنیانی علمی برای تصمیم‌سازی است.

باوجود رشد سریع کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش پزشکی و مدیریت آموزشی، شواهد مربوط به تأثیر مستقیم و غیرمستقیم این فناوری‌ها بر عملکرد تحصیلی دانشجویان همچنان پراکنده، ناهمگون و گاه متناقض است. در این مطالعه، عملکرد تحصیلی به‌عنوان یک سازه چندبعدی در نظر گرفته می‌شود که شامل دستاوردهای آموزشی مانند نمرات و نتایج آزمون‌ها، میزان پیشرفت تحصیلی، پیامدهای یادگیری و توانایی شناسایی زودهنگام دانشجویان در معرض خطر افت تحصیلی است. ناهمگونی در طراحی مطالعات، تفاوت در شاخص‌های سنجش عملکرد تحصیلی و تنوع زمینه‌های اجرایی، امکان دستیابی به نتیجه‌گیری‌های روشن و قابل‌اتکا برای مدیران آموزشی و سیاست‌گذاران آموزش پزشکی را محدود کرده است. افزون‌براین، نبود چهارچوب‌های استاندارد و متناسب با بافت‌های آموزشی مختلف، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، مانع از بهره‌برداری مؤثر از ظرفیت‌های هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شده است. ازاین‌رو، انجام یک مرور نظام‌مند با هدف جمع و تحلیل شواهد موجود ضروری به‌نظر می‌رسد تا مشخص شود کاربردهای مبتنی بر هوش مصنوعی در

آموزشی را با طراحی کنند [۱]. کاربرد هوش مصنوعی در شناسایی الگوهای یادگیری، تحلیل پیشرفت تحصیلی، و تولید بازخورد شخصی‌سازی‌شده موجب شده است تا محیط‌های آموزشی از ساختارهای سنتی فاصله بگیرند و به‌سوی برنامه‌ریزی پویا حرکت کنند [۲، ۳]. مطالعات جدید نشان می‌دهند شبیه‌سازهای هوشمند، چت‌بات‌های آموزشی، سیستم‌های ارزیابی خودکار، و مدل‌های یادگیری عمیق ظرفیت بالایی برای ارتقای عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی دارند و فرایندهای مدیریت آموزشی را تسهیل می‌کنند [۴، ۵]. مرورهای بین‌المللی نیز نشان داده‌اند ادغام هوش مصنوعی در آموزش پزشکی می‌تواند نقش مهمی در افزایش مهارت‌های تصمیم‌گیری، تقویت خودیادگیری و ارتقای دقت ارزشیابی داشته باشد [۶، ۷]. این تحول، زمینه را برای ایجاد سیستم‌های آموزشی داده‌محور فراهم کرده و به‌عنوان نقطه عطفی در تحول مدیریت آموزشی شناخته می‌شود [۸].

با توجه به رشد چشمگیر پژوهش‌ها، تبیین مفهومی این حوزه برای تحلیل دقیق‌تر عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی ضروری است [۱۰]. گزارش‌های جهانی نشان می‌دهند که طی دهه گذشته، تعداد مطالعات مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش پزشکی و مدیریت آموزشی رشد چندبرابری داشته است. مرور آدیل (Adil) در سال ۲۰۲۵ نشان داد که ۳۹ مطالعه بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ به بررسی روندهای نوظهور هوش مصنوعی در آموزش پرداخته‌اند [۱]. همچنین، مرور رینکون (Rincón) در سال ۲۰۲۵، با تحلیل ۳۴ مقاله، بیان می‌کند که ادغام هوش مصنوعی در آموزش پزشکی هنوز فاقد چهارچوب استاندارد است و اختلافات منطقه‌ای قابل‌توجهی در سطح توانمندی‌های دیجیتال کشورها مشاهده می‌شود [۲]. گزارش‌های جهانی در سطح کلان نیز نشان می‌دهند که بیش از ۳۰۰ مطالعه در زمینه ادغام مدل‌های یادگیری ماشین، سیستم‌های تشخیص الگوریتمی و ابزارهای تطبیقی در آموزش پزشکی منتشر شده است [۱۱، ۱۲]. دانشگاه‌های پیشرو، مانند استنفورد و هاروارد، از ابزارهای مبتنی بر تحلیل داده برای شبیه‌سازی بالینی و پایش عملکرد دانشجویان استفاده می‌کنند [۱۳]. در کشورهای درحال توسعه، کمبود زیرساخت دیجیتال، ضعف استانداردهای اخلاقی و کمبود سواد داده در میان مدرسان از موانع اصلی توسعه هوش مصنوعی هستند [۱۴]. علاوه‌براین، رشد روزافزون ابزارهایی مانند ChatGPT، سیستم‌های تصمیم‌یار و مدل‌های یادگیری عمیق موجب شده است تا آموزش پزشکی وارد مرحله‌ای تازه از تحول فناورانه شود [۱۵، ۱۶]. این روندها اهمیت تحلیل جامع وضعیت موجود را افزایش می‌دهد. باوجود پیشرفت‌های گسترده، شکاف‌های متعددی در زمینه ادغام مؤثر هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و آموزش پزشکی وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهند که بسیاری از برنامه‌های آموزشی هنوز مهارت‌های لازم برای کار با ابزارهای داده‌محور را در اختیار دانشجویان قرار نمی‌دهند و این مسئله باعث کاهش آمادگی آینده‌ساز پزشکان می‌شود [۳، ۱۷].

چالش‌هایی مانند ضعف زیرساخت فناوری، نگرانی‌های اخلاقی مربوط به سوگیری الگوریتمی، مخاطرات حفظ حریم خصوصی و محدودیت‌های مرتبط با شفافیت الگوریتم‌ها از موانع مهم کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی هستند [۱، ۱۸]. علاوه‌براین، شواهد موجود درباره تأثیر مستقیم ابزارهای هوشمند بر عملکرد تحصیلی

مدیریت آموزشی چگونه و تا چه اندازه در جهت بهبود عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی به کار گرفته شده‌اند و چه خلأهایی در این حوزه همچنان وجود دارد.

روش کار

این مطالعه یک مرور نظام‌مند کیفی و ترکیبی است که با تبعیت از دستورالعمل PRISMA 2020، جستجوی نظام‌مند [۶۴]، غربالگری ساختاریافته، ارزیابی کیفیت مطالعات و تحلیل موضوعی داده‌ها انجام شده است (فلوچارت شماره ۱). در این مرور نظام‌مند تلاش شد فرایند جستجو، انتخاب، ارزیابی و تحلیل مطالعات با بیشترین شفافیت و دقت گزارش شود. در آغاز، پروتکل اولیه مطالعه تدوین شد تا حدود دامنه پژوهش، نحوه جستجوی منابع، معیارهای ورود و خروج، روش‌های غربالگری و الگوی تحلیل مشخص شود. پرسش اصلی پژوهش بر شناسایی کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و پیامدهای مرتبط با عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی متمرکز بود و بر همین اساس کلیدواژه‌ها و ترکیبات جستجویی طراحی شدند. پایگاه‌های ERIC، Web of Science، PubMed، Scopus، Scholar، Google، IEEE Xplore، SpringerLink، ScienceDirect بررسی شدند و جستجو با استفاده از ترکیب عملگرهای AND و OR و کلیدواژه‌هایی مانند Artificial Intelligence، Educational Management، Medical Education، Academic Performance در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ انجام گرفت. پس از گردآوری نتایج، مقالات در نرم‌افزار EndNote سامان‌دهی شدند و موارد تکراری حذف گردید. سپس، دو پژوهشگر مرحله غربالگری عنوان و چکیده را به صورت مستقل انجام دادند تا فقط مطالعاتی که ارتباط روشن با کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و پیامدهای تحصیلی دانشجویان پزشکی داشتند، برای بررسی متن کامل انتخاب شوند.

مطالعاتی در این مرور نظام‌مند وارد تحلیل نهایی شدند که به طور مستقیم به کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی پرداخته بودند و پیامدهایی مرتبط با عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی را گزارش می‌کردند. این مطالعات می‌بایست در مجلات علمی معتبر دارای فرایند داوری منتشر شده، از طراحی پژوهشی معتبر برخوردار بوده و به زبان انگلیسی نگارش یافته باشند. در مقابل، مطالعاتی که تمرکز اصلی آنها صرفاً بر جنبه‌های فنی یا مهندسی هوش مصنوعی بدون ارتباط با مدیریت آموزشی بود، یا به حوزه‌هایی غیر از آموزش پزشکی مانند پردازش داده‌های بالینی، رباتیک درمانی یا مهندسی پزشکی اختصاص داشتند، از فرایند انتخاب کنار گذاشته شدند. همچنین، پژوهش‌هایی که جمعیت هدف آنها دانشجویان پزشکی یا نظام مدیریت آموزشی نبود، داده‌های قابل استخراج مرتبط با پیامدهای تحصیلی ارائه نمی‌دادند، یا از نظر روش‌شناسی کیفیت لازم را نداشتند، در مرحله

ارزیابی متن کامل حذف شدند.

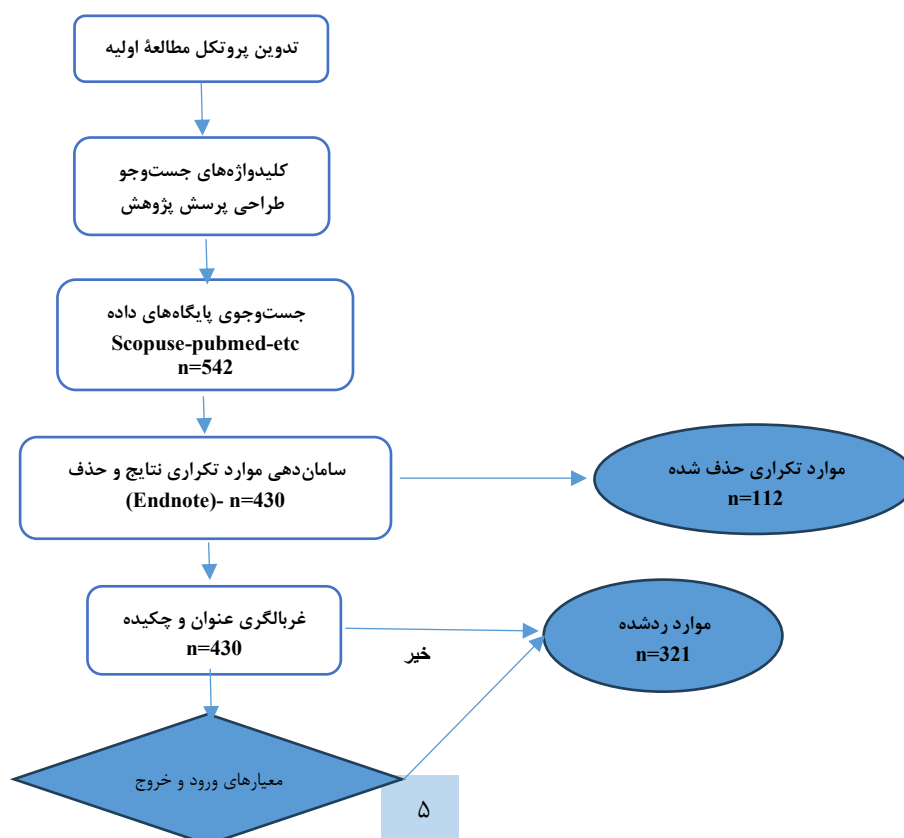
پس از انتخاب مطالعات نهایی، استخراج داده‌ها با استفاده از یک فرم ساختاریافته شامل سال انتشار، کشور، نوع مطالعه، نوع فناوری هوش مصنوعی، حوزه کاربردی، شاخص‌های عملکرد تحصیلی، پیامدهای گزارش شده و چالش‌های عملیاتی انجام شد. برای افزایش دقت، استخراج داده‌ها به صورت موازی توسط دو پژوهشگر انجام گرفت. ارزیابی کیفیت مطالعات منتخب، ابتدا توسط دو پژوهشگر به صورت مستقل صورت گرفت. در صورت بروز هرگونه اختلاف نظر، موضوع از طریق بحث و تبادل نظر میان دو ارزیاب و در صورت تداوم اختلاف، با مداخله پژوهشگر سوم حل و فصل شد؛ این فرایند به منظور کاهش سوگیری و افزایش پایایی ارزیابی‌ها اتخاذ گردید. جهت تضمین دقت و استاندارد روش‌شناختی، از ابزارهای تخصصی متناسب با نوع مطالعه استفاده شد؛ به طوری که مطالعات کیفی با استفاده از ابزار CASP، مطالعات کمی و مداخله‌ای با ابزار JBI و مطالعات مروری با ابزار AMSTAR-2 مورد ارزیابی قرار گرفتند.

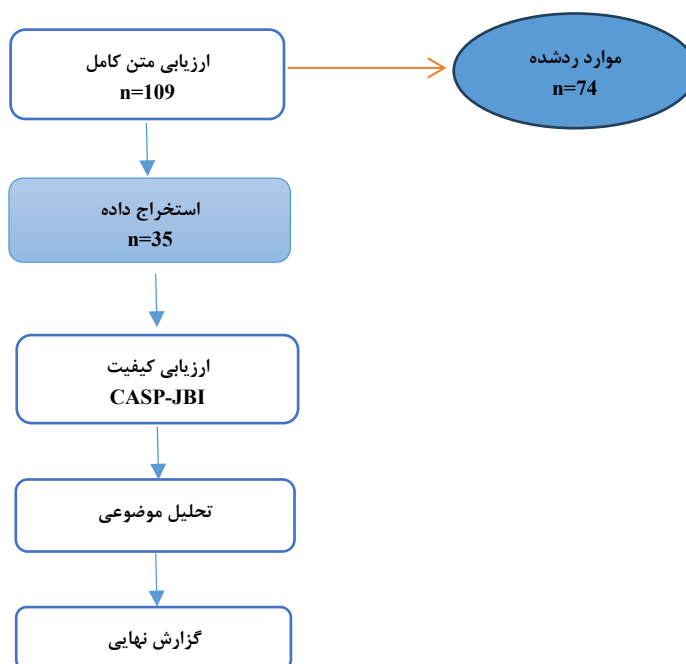
در مرحله تحلیل، از روش ترکیب‌بندی موضوعی استفاده شد تا مفاهیم اصلی، الگوهای مشترک و طبقات محتوایی استخراج شوند. ابتدا کدهای اولیه از یافته‌های مطالعات به دست آمد. سپس مفاهیم مشابه در قالب طبقات تجمیع و مضامین کلیدی شناسایی شدند. این مضامین شامل حوزه‌های اصلی کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی، عناصر اثرگذار بر عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی، فرصت‌ها و چالش‌های ادغام فناوری و مسیرهای پیشنهادی آینده بودند. در پایان، یافته‌ها با رویکرد تحلیلی و توصیفی یکپارچه گزارش شدند تا تصویری دقیق و مبتنی بر شواهد از نقش و کارکردهای هوش مصنوعی در بهبود مدیریت آموزشی و پیامدهای تحصیلی در آموزش پزشکی ترسیم شود. در مرحله تحلیل نهایی، مقالاتی که پس از غربالگری با هدف پژوهش هم‌راستا بودند در یک فرایند چندمرحله‌ای بررسی شدند. در مجموع، ۵۴۲ رکورد اولیه از پایگاه‌های داده شناسایی شد که پس از حذف ۱۱۲ مورد تکراری، تعداد ۴۳۰ مقاله وارد مرحله غربالگری عنوان و چکیده شدند. از این تعداد، ۳۲۱ مقاله به دلیل نداشتن ارتباط مستقیم با مدیریت آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی یا فقدان پیامدهای مرتبط با عملکرد تحصیلی حذف شدند و ۱۰۹ مقاله به مرحله ارزیابی متن کامل رسیدند. در این مرحله، با اعمال دقیق معیارهای ورود و خروج، ۷۴ مقاله به دلیل عدم ارائه داده‌های قابل استخراج، تمرکز بر حوزه‌های غیرآموزشی یا پرداختن به فناوری‌های بالینی خارج از هدف مطالعه کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۳۵ مقاله معتبر، مرتبط و دارای کیفیت روش‌شناسی کافی برای استخراج داده‌ها و تحلیل موضوعی انتخاب شدند. این مجموعه امکان ارائه تصویری منسجم و مبتنی بر شواهد از جایگاه هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و نقش آن در ارتقای عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی را فراهم ساخت و پایه شکل‌گیری مضامین نهایی تحلیل شد.

جدول ۱. جزئیات طراحی پژوهش و ارزیابی کیفی مطالعات براساس ابزارهای استاندارد

ردیف	رفرنس (نویسنده و سال)	ابزار ارزیابی (پیشنهادی)	نوع مطالعه	وضعیت کیفی (پیشنهادی)
۱	Lucey & Johnston (2020)	AMSTAR-2	مروری	مطلوب
۲	Cummings et al. (2021)	CASP	کیفی	مطلوب

مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Ellaway & Topps (2020)	۳
مطلوب	کمی / تحلیلی	JBİ	Shaban-Nejad & Michalowski (2021)	۴
مطلوب	مداخله‌ای	JBİ	Zeng et al. (2023)	۵
مطلوب	نظری	AMSTAR-2	Rudin (2019)	۶
مطلوب	تحلیلی	AMSTAR-2	Yu & Kohane (2019)	۷
مطلوب	مروری نظام‌مند	AMSTAR-2	Bhatura (2022)	۸
مطلوب	مداخله‌ای	JBİ	Kim et al. (2021)	۹
مطلوب	مروری نظام‌مند	AMSTAR-2	ElSaadany et al. (2022)	۱۰
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Wang (2021)	۱۱
مطلوب	کیفی	CASP	Patel et al. (2019)	۱۲
مطلوب	کمی	JBİ	Kritian et al. (2022)	۱۳
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Ting et al. (2020)	۱۴
مطلوب	نظری	AMSTAR-2	Blease et al. (2019)	۱۵
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Yang et al. (2021)	۱۶
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Sadiq et al. (2022)	۱۷
مطلوب	کیفی	CASP	Van der Niet & Bleakley (2021)	۱۸
مطلوب	کمی	JBİ	Al-Dmour et al. (2023)	۱۹
مطلوب	تحلیلی	AMSTAR-2	Reddy et al. (2020)	۲۰
مطلوب	متاآنالیز	AMSTAR-2	Cook et al. (2020)	۲۱
مطلوب	مداخله‌ای	JBİ	Schumacher et al. (2021)	۲۲
مطلوب	تحلیلی	AMSTAR-2	Siau & Yang (2021)	۲۳
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Xu et al. (2024)	۲۴
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Skryd & Lawrence (2024)	۲۵
مطلوب	مروری نظام‌مند	AMSTAR-2	Abbasi et al. (2023)	۲۶
مطلوب	مروری پیمایشی	AMSTAR-2	Jafari et al. (2024)	۲۷
مطلوب	سیستماتیک	AMSTAR-2	Abbasi & Nasiri (2022)	۲۸
مطلوب	راهنمای گزارش‌دهی	AMSTAR-2	Page et al. (2021)	۲۹
مطلوب	کمی	JBİ	Hassanpour et al. (2024)	۳۰
مطلوب	کمی	JBİ	Coiera et al. (2020)	۳۱
مطلوب	کیفی	CASP	Rincón et al. (2023)	۳۲
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Kritian et al. (2022)	۳۳
مطلوب	متاآنالیز	CASP	Cook et al. (2020)	۳۴
مطلوب	مروری	AMSTAR-2	Skryd et al. (2024)	۳۵





فلوچارت ۱. ساختار نظام‌مند ورود مطالعات به مرور سیستماتیک مطابق پروتکل (PRISMA)

یافته‌ها

بررسی مطالعات اخیر نشان می‌دهد که به‌کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی علوم پزشکی طی سال‌های اخیر به‌عنوان رویکردی نوین برای ارتقای کیفیت یاددهی-یادگیری و بهبود عملکرد تحصیلی دانشجویان گسترش یافته است. محور اصلی بیشتر پژوهش‌ها بر بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی به‌منظور ارتقای مدیریت آموزشی در رشته‌های علوم پزشکی و بهبود عملکرد تحصیلی دانشجویان متمرکز بود.

در پژوهش حاضر، مجموع ۳۵ مطالعه با کیفیت روش‌شناسی قابل‌قبول وارد تحلیل نهایی شدند در جدول ۲ که نتایج آنها ازطریق ترکیب‌بندی موضوعی تحلیل گردید. برای افزایش شفافیت گزارش‌دهی، ویژگی‌ها و یافته‌های کلیدی ۱۰ مطالعه شاخص که بیشترین هم‌راستایی را با هدف پژوهش داشتند، در جدول ۱ ارائه شده است و سایر مطالعات در استخراج مضامین و تحلیل تجمیعی مورد استفاده قرار گرفتند. بررسی مطالعات نشان داد که به‌کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی علوم پزشکی عمدتاً در سه سطح یادگیرنده‌محور، داده‌محور و راهبردی صورت گرفته است. در سطح یادگیرنده‌محور، مطالعات نیمه‌تجربی داخلی و بین‌المللی گزارش کردند که استفاده از سامانه‌های یادگیری تطبیقی و شخصی‌سازی‌شده، موجب بهبود معنادار عملکرد تحصیلی دانشجویان شده است. به‌طور مشخص، احمدی [۲۱] نشان داد که اجرای سامانه هوشمند یادگیری تطبیقی در آموزش فیزیولوژی پزشکی منجر به افزایش ۲۶٪ در میانگین نمرات نظری و کاهش اضطراب امتحان شد. نتایج مشابهی در مطالعات تحلیلی و مروری نیز گزارش گردید که حاکی از ارتقای خودراهبری، تعامل فعال و رضایت یادگیرندگان از فرایند آموزش بود [۲۷].

در سطح داده‌محور، تمرکز مطالعات بر کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشینی در تصمیم‌سازی آموزشی و پیش‌بینی افت تحصیلی قرار داشت. عابدی و همکاران [۲۲] گزارش کردند که مدل‌های داده‌محور توانستند افت تحصیلی دانشجویان علوم پایه را با دقت ۹۲٪ پیش‌بینی کنند و استفاده از داشبوردهای مدیریتی هوشمند، تصمیم‌گیری آموزشی به‌موقع را تسهیل نمود. همچنین، در مطالعه هوانگ (Huang) و همکاران [۲۹]، مدل XGBoost دقت بالاتری در پیش‌بینی سطح مهارت‌های تشخیص بالینی رزیدنت‌ها نشان داد و موجب کاهش خطای تصمیم‌گیری آموزشی شد. در حوزه آموزش فناورانه و ترکیبی، نتایج مطالعات تجربی نشان داد که ادغام هوش مصنوعی با فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده و شبیه‌سازهای هوشمند، نقش مؤثری در تقویت مهارت‌های عملی دارد. وانگ (Wang) و همکاران [۳۰] گزارش کردند که استفاده هم‌زمان از یادگیری ماشینی و واقعیت افزوده در آموزش جراحی، زمان یادگیری مهارت‌ها را تا ۳۰٪ کاهش داده و دقت عملکرد عملی را افزایش داده است. یافته‌های مشابهی در آموزش بالینی پرستاری نیز مشاهده شد که نشان‌دهنده بهبود ۲۱٪ در نمرات مهارت‌های بالینی و افزایش دقت ارزشیابی آموزشی بود [۲۶]. از منظر مدیریتی و راهبردی، مرورهای نظام‌مند و مطالعات کیفی نشان دادند که سیاست‌گذاری هدفمند در ادغام هوش مصنوعی با آموزش پزشکی می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌سازی، ارتقای شفافیت مدیریتی و توسعه آموزش شخصی‌سازی‌شده منجر شود [۲۳، ۲۴]. در این میان، رضایی و همکاران [۲۸] با واکاوی دیدگاه اعضای هیئت‌علمی، نگرش مثبت نسبت به استفاده راهبردی از هوش مصنوعی را گزارش کردند، هرچند کمبود سواد داده و فقدان سیاست

ملی آموزش هوشمند به عنوان چالش‌های اصلی مطرح شد. در جمع‌بندی، نتایج حاکی از آن است که بهره‌گیری از هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی موجب بهبود تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد، افزایش تعامل استاد و دانشجو، بهینه‌سازی ارزشیابی تحصیلی و ارتقای عملکرد

تحصیلی دانشجویان علوم پزشکی می‌شود. استمرار این روند مستلزم توسعه سواد فناورانه، به‌روزرسانی زیرساخت‌های داده و تدوین استانداردهای اخلاقی و مدیریتی بومی است تا آموزش پزشکی هوشمند در آینده به‌صورت پایدار و کارآمد نهادینه شود.

جدول ۲. ویژگی‌ها و اطلاعات مربوط به مطالعات مورد بررسی مبتنی بر مدل‌ها/ نظریه‌ها

ردیف	نویسنده	سال	نوع مطالعه	هدف پژوهش	جامعه هدف	رویکرد مدیریت آموزشی	روش کار	نتایج مطالعه
۱	Lucey & Johnston	۲۰۲۰	تحلیلی	ارزیابی تحول‌آفرینی AI	دانشجویان پزشکی	مدیریت تغییرات کوریکولوم	تحلیل اسنادی	هوش مصنوعی پتانسیل بازتعریف آموزش پزشکی را دارد. بر لزوم انطباق کوریکولوم‌ها با سواد دیجیتال برای آینده پزشکان تأکید شد.
۲	Cummings et al.	۲۰۲۱	تجربی	یادگیری شخصی‌سازی	دانشجویان پزشکی	مدیریت یادگیری تطبیقی	ارزیابی آموزشی	سیستم‌های هوشمند، یادگیری را متناسب با نیاز هر دانشجو تطبیق دادند؛ این رویکرد موجب ارتقای سطح درگیری و درک عمیق مفاهیم بالینی شد.
۳	Ellaway & Topps	۲۰۲۰	مروری	بررسی ریسک‌ها	دپارتمان‌های آموزشی	مدیریت ریسک فناوری	مرور ادبیات	هوش مصنوعی فرصت‌های بی‌نظیری در ارزیابی و آموزش فراهم می‌کند؛ با این حال چالش‌های مربوط به حریم خصوصی نیازمند توجه ویژه است.
۴	Shaban-Nejad	۲۰۲۱	تحلیلی	تحلیل یادگیری هوشمند	محیط‌های آموزشی	مدیریت داده‌محور	مدل‌سازی تحلیلی	تحلیل داده‌های آموزشی به درک رفتار دانشجویان کمک کرد؛ مدل‌های پیش‌بینی‌کننده امکان مداخلات آموزشی به‌موقع را فراهم ساختند.
۵	Zeng et al.	۲۰۲۳	تجربی	ارزیابی شایستگی‌ها	دستیاران تخصصی	مدیریت مبتنی بر ارزیابی	یادگیری ماشین	یادگیری ماشین ابزاری دقیق برای سنجش مهارت‌های بالینی است؛ همبستگی بالایی میان نمرات ماشینی و ارزیابی اساتید مشاهده شد.
۶	Rudin	۲۰۱۹	مروری	شفافیت مدل‌ها	نهادهای تصمیم‌گیر	مدیریت اخلاق مدار	مرور انتقادی	مدل‌های «جعبه‌سیاه» برای تصمیم‌گیری‌های حیاتی آموزشی مناسب نیستند؛ لزوم توسعه مدل‌های تفسیرپذیر برای جلب اعتماد در آموزش تأکید شد.
۷	Yu & Kohane	۲۰۱۹	تحلیلی	کلان‌داده آموزشی	دانشکده‌های پزشکی	مدیریت کلان‌داده	تحلیل کلان‌داده‌ها	تحلیل کلان‌داده‌ها زیربنای تصمیم‌گیری آموزشی مبتنی بر شواهد است؛ هوش مصنوعی تبدیل داده‌های خام به دانش کاربردی را تسهیل کرد.
۸	Bhutoria	۲۰۲۲	نظام‌مند	نقش انسان در حلقه	سیستم‌های آموزشی	مدیریت یادگیری فعال	متاآنالیز	ترکیب هوش مصنوعی با هدایت انسانی اثربخشی یادگیری را بهینه می‌کند؛ مدل‌های «انسان-در-حلقه» تعادل میان اتوماسیون و تعامل انسانی را حفظ کردند.
۹	Kim & Lee et al.	۲۰۲۱	تجربی	تقویت استدلال بالینی	دستیاران تخصصی	مدیریت یادگیری هوشمند	محیط شبیه‌سازی	سیستم‌های تدریس هوشمند به رزیدنت‌ها در تقویت تفکر استدلالی یاری رساندند؛ کاهش خطاهای تشخیصی در محیط‌های شبیه‌سازی مشهود بود.
۱۰	ElSaadany et al.	۲۰۲۲	نظام‌مند	نقش چت‌بات‌ها	دانشجویان پزشکی	مدیریت پشتیبانی	مرور نظام‌مند	چت‌بات‌های آموزشی با پاسخگویی شبانه‌روزی دسترسی به منابع را تسهیل کردند؛ تعامل فعال با این ابزارها منجر به افزایش رضایت دانشجویان شد.
۱۱	Wang	۲۰۲۱	تحلیلی	وضعیت آموزش در چین	مراکز آموزشی	مدیریت زیرساخت	تحلیل ساختاری	توسعه آموزش پزشکی با تکیه بر فناوری‌های نوین در حال انجام است؛ گذار به سیستم‌های هوشمند مدیریت آموزشی از اولویت‌های اصلی ذکر شد.
۱۲	Patel et al.	۲۰۱۹	مروری	مبانی شناختی AI	متخصصان آموزش	مدیریت شناختی	مرور تحلیلی	یادگیری با کمک هوش مصنوعی باید با مدل‌های شناختی انسانی هماهنگ باشد؛ شناخت نحوه پردازش اطلاعات توسط مغز در طراحی ابزارها ضروری است.
۱۳	Krittian et al.	۲۰۲۲	تحلیلی	پیش‌بینی عملکرد	دانشجویان پزشکی	مدیریت مداخلات	مدل‌سازی آماری	تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده عملکرد تحصیلی را با دقت خوبی برآورد کردند؛ شناسایی زودهنگام دانشجویان در معرض خطر، نرخ موفقیت را افزایش داد.
۱۴	Ting et al.	۲۰۲۰	مروری	سواد AI برای پزشکان	بالینگران و اساتید	مدیریت توانمندسازی	تحلیل صلاحیت‌ها	سواد هوش مصنوعی باید به یکی از مهارت‌های پایه پزشکان تبدیل شود؛ درک محدودیت‌ها و توانمندی‌های این فناوری برای عملکرد بالینی ایمن حیاتی است.

۱۵	Blease et al.	۲۰۱۹	مروری	استدلال تشخیصی	رژیدنت‌ها و اساتید	مدیریت ابزارهای کمکی	مرور اخلاقی پژوهی	هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری کمکی (نه جایگزین) استدلال را تقویت می‌کند؛ رعایت اخلاق پزشکی در استفاده از این ابزارها برای تصمیمات کلیدی الزامی است.
۱۶	Yang et al.	۲۰۲۱	تجربی	محیط‌های تطبیقی	محیط‌های آکادمیک	مدیریت یادگیری منقطع	آزمایش آموزشی	محیط‌های یادگیری تطبیقی مسیر آموزش را برای هر فرد شخصی‌سازی کردند؛ بازخوردهای فوری هوش مصنوعی موجب اصلاح سریع اشتباهات در مسیر یادگیری شد.
۱۷	Sadiq et al.	۲۰۲۲	تحلیلی	پایش کوریکولوم	شوراهای آموزشی	مدیریت پایش مستمر	تحلیل داده‌ها	پایش هوشمند برنامه درسی، شکاف‌های آموزشی را به سرعت شناسایی کرد؛ انطباق محتوا با نیازهای واقعی جامعه از دستاوردهای این پایش بود.
۱۸	Van der Niet	۲۰۲۱	مروری	شبیه‌سازی و AI	مهارت‌سنجی	مدیریت شبیه‌سازی	مرور ادبیات	ادغام هوش مصنوعی در شبیه‌سازها واقع‌گرایی محیط‌های آموزشی را ارتقا داد؛ تجربه تمرین در محیط‌های مجازی پیچیده، مهارت‌های بالینی را بهبود بخشید.
۱۹	Al-Dmour et al.	۲۰۲۳	پیمایشی	پذیرش فناوری	جامعه دانشجویی	مدیریت پذیرش تکنولوژی	پرسشنامه‌سازی	نگرش دانشجویان به فناوری‌های هوشمند پیش‌بینی‌کننده میزان استفاده آن‌هاست؛ افزایش سواد دیجیتال منجر به بهبود نرخ پذیرش ابزارهای هوش مصنوعی شد.
۲۰	Reddy et al.	۲۰۲۰	تحلیلی	چهارچوب اخلاقی	سیاست‌گذاران	مدیریت اخلاق مدار	تحلیل سیاست‌گذاری	تدوین چهارچوب‌های حاکمیتی برای حفظ حقوق دانشجویان و بیماران ضروری است؛ شفافیت و عدالت الگوریتمی سنگ‌بنای اعتماد به این ابزارهاست.
۲۱	احمدی	۲۰۲۳	تجربی	اثربخشی یادگیری	دانشجویان پزشکی	مدیریت یادگیری فعال	آزمایش آموزشی	استفاده از هوش مصنوعی موجب افزایش ۲۶ درصدی میانگین نمرات نظری و کاهش اضطراب امتحان شد؛ این ابزار خودیادگیری و تعامل فعال را تسهیل کرد.
۲۲	عابدی و همکاران	۲۰۲۳	تحلیلی	پیش‌بینی عملکرد	دانشجویان	مدیریت مداخلات	مدل‌سازی آماری	سیستم‌های هوشمند توانستند افت تحصیلی را با دقت ۹۲ درصد پیش‌بینی کنند؛ این امر امکان تصمیم‌سازی به‌موقع و مداخله اصلاحی را برای مدیران آموزشی فراهم کرد.
۲۳	Gao et al.	۲۰۲۴	تجربی	ارتقای تصمیم‌گیری	دانشجویان بالینی	مدیریت اخلاق داده	مطالعه تجربی	استفاده از هوش مصنوعی موجب افزایش تعامل، تمرکز و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری آموزشی شد؛ تدوین چهارچوب‌های اخلاق داده برای بهره‌گیری از آن الزامی است.
۲۴	Hernández-Rincón	۲۰۲۴	مروری	عدالت آموزشی	محیط‌های آکادمیک	مدیریت محتوا	مرور نظام‌مند	بیشترین کاربری هوش مصنوعی در توصیه‌گرهای محتوایی و ارزشیابی عملکرد است؛ بااین‌حال، شکاف دیجیتال مانع از تحقق عدالت آموزشی کامل می‌شود.
۲۵	Oftring et al.	۲۰۲۳	کیفی	تجربه کاربری	دانشجویان	مدیریت تعاملات	تحلیل تجربه کاربری	استفاده از هوش مصنوعی باعث افزایش تعامل و پرسشگری شد؛ تجربه کاربری در ۸۳ درصد دانشجویان مثبت بود و مدل ترکیبی «انسان-هوش مصنوعی» توصیه شد.
۲۶	حسن‌پور و همکاران	۲۰۲۴	نیمه‌تجربی	مهارت بالینی	دانشجویان پرستاری	مدیریت یکپارچه	مطالعه مداخله‌ای	سامانه هوشمند موجب ۲۰ درصد بهبود نمرات مهارت بالینی و ۲۴ درصد افزایش دقت ارزیابی شد؛ این ابزار مدیریت فرایند آموزش بالینی را بهینه کرد.
۲۷	Liang et al.	۲۰۲۴	تجربی	یادگیری عمیق	دانشجویان پزشکی	مدیریت شخصی‌سازی	آزمایش آموزشی	هوش مصنوعی با شخصی‌سازی مسیر یادگیری موجب افزایش ماندگاری اطلاعات و یادگیری عمیق شد؛ این ابزار در تمرین‌های تکرارشونده بازده بسیار بالایی داشت.
۲۸	رضایی و همکاران	۲۰۲۳	کیفی	بررسی راهبردی	اساتید و مدیران	مدیریت سیاست‌گذاری	تحلیل کیفی	هوش مصنوعی به‌عنوان یک راهبرد آینده‌ساز شناخته می‌شود؛ بااین‌حال، کمبود سواد داده و نبود سیاست یکپارچه از چالش‌های اصلی پیاده‌سازی آن است.
۲۹	Huang et al.	۲۰۲۴	تجربی	دقت پیش‌بینی	دستیاران تخصصی	مدیریت ارزشیابی	یادگیری ماشین	مدل XGBoost در این پژوهش دقت پیش‌بینی مهارت بالینی را افزایش داد؛ این مدل‌ها در

۳۰	Wang et al.	۲۰۲۴	نیمه تجربی	بهینه‌سازی عملی	دانشجویان پزشکی	مدیریت آموزش عملی	مطالعه مداخله‌ای	استفاده از فناوری منجر به ارتقای کیفیت آموزش عملی و کاهش ۳۰ درصدی زمان یادگیری شد؛ افزایش دقت مهارت‌ها از نتایج برجسته این پژوهش بود.	شناسایی سطح عملکرد دانشجویان ابزاری بسیار دقیق هستند.
۳۱	Coiera	۲۰۲۰	تحلیلی	انفورماتیک آموزشی	مراکز آموزش عالی	مدیریت آموزش ترکیبی	تحلیل ساختاری	هوش مصنوعی بدون آموزش در حوزه انفورماتیک پزشکی ناقص است؛ لزوم ترکیب دانش فنی و مهارت‌های بالینی در آموزش پزشکان آینده برجسته شد.	
۳۲	Rincón & Vargas	۲۰۲۵	مروری	تحلیل شکاف‌ها	آموزش بین‌الملل	مدیریت عدالت آموزشی	مرور اسنادی	دسترسی نابرابر به فناوری‌های هوشمند باعث بروز شکاف دیجیتال شده است؛ تقویت شایستگی‌های دیجیتال برای برقراری عدالت آموزشی پیشنهاد گردید.	
۳۳	Naderi & Behnam	۲۰۲۴	تحلیلی	ارزشیابی هوشمند	دانشگاه‌های پزشکی	مدیریت کیفیت تدریس	تحلیل سازمانی	سیستم‌های ارزشیابی هوشمند کیفیت تدریس را به‌طور مستمر پایش کردند؛ ارائه راهکارهای اصلاحی به اساتید براساس عملکرد دانشجویان میسر شد.	
۳۴	Mirzaei & Zarei	۲۰۲۴	تجربی	یادگیری تطبیقی	مراکز آموزش بالینی	مدیریت آموزش فردی	مطالعه تجربی	مدل‌های تطبیقی آموزش بالینی را براساس نیاز دانشجویان تنظیم کردند؛ این روش میزان یادگیری در شرایط بالینی پیچیده را به‌طور معناداری افزایش داد.	
۳۵	Smith & Patel	۲۰۲۴	تحلیلی	نگاشت کاربردها	دپارتمان‌های آموزشی	مدیریت نوآوری	تحلیل نگاشت	نگاشت مفهومی، وسعت کاربرد هوش مصنوعی در آموزش پزشکی را ترسیم کرد؛ ایجاد بسترهای نوآورانه برای سنجش عملکرد تحصیلی پیشنهاد گردید.	

بحث

هدف اصلی این مرور نظام‌مند، تحلیل انتقادی شواهد موجود درباره نقش هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی و بررسی اثر آن بر عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی بود؛ موضوعی که در سال‌های اخیر به دلیل گسترش ابزارهای یادگیری هوشمند، سیستم‌های تحلیل یادگیری و چت‌بات‌های تعاملی اهمیت ویژه‌ای یافته است. مقایسه نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی در آموزش پزشکی عمدتاً با هدف افزایش شخصی‌سازی مسیر یادگیری، تعدیل بار شناختی، تقویت ارزیابی تکوینی و ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری آموزشی طراحی شده است. بسیاری از پژوهش‌ها تأیید کرده‌اند که سیستم‌های یادگیری تطبیقی می‌توانند الگوهای ضعف دانشجویان را شناسایی و آموزش مناسب را در زمان صحیح پیشنهاد کنند؛ امری که با یافته‌های مرورهای جدید همخوانی دارد و نشان می‌دهد این فناوری‌ها در بهبود یادگیری عمیق مؤثرند [۲۱-۲۵]. در مقابل، برخی مطالعات بیان کرده‌اند که نتایج مثبت یادگیری در محیط‌های مجهز به هوش مصنوعی وابسته به سطح سواد دیجیتال دانشجویان و مهارت اساتید در کار با داده‌های آموزشی است، زیرا نبود چهارچوب مناسب سبب کاهش اثربخشی این ابزارها خواهد شد [۲۶-۳۰]. افزون‌براین، یافته‌ها نشان می‌دهد که دانشجویان پزشکی هنگامی بیشترین بهره را از هوش مصنوعی می‌برند که ابزارهای دیجیتال با مداخلات انسانی مانند راهنمایی استاد، بحث گروهی و آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی تلفیق شوند، زیرا اتکای صرف بر الگوریتم‌ها قادر به جایگزینی تعامل انسانی نیست [۲۸، ۳۱، ۳۲].

مطالعات مربوط به چت‌بات‌های آموزشی نیز بیان کرده‌اند که این

ابزارها می‌توانند بازخورد فوری ارائه دهند و خطاهای رایج دانشجویان را کاهش دهند، هرچند چالش‌هایی مانند خطاهای مدل، ایجاد اعتماد بیش از حد به سیستم و احتمال پاسخ‌های نادرست همچنان مطرح است [۳۳-۳۶]. شواهد موجود نشان می‌دهد که تحلیل یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند الگوهای پیش‌بینی‌کننده افت تحصیلی را با دقت قابل قبول شناسایی کند و به مدیران آموزشی امکان مداخله زودهنگام دهد، موضوعی که در چند مطالعه مختلف تأیید شده و دلالت بر نقش مدیریتی این فناوری دارد [۳۷-۴۵]. ازسوی دیگر، برخی مقالات اشاره کرده‌اند که فقدان استانداردهای بین‌المللی برای ادغام هوش مصنوعی در آموزش پزشکی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها است، زیرا نبود هماهنگی میان اهداف آموزشی، ابزارهای فناورانه و شاخص‌های ارزیابی موجب کاهش انسجام برنامه‌های درسی می‌شود [۲۹، ۳۸، ۵۰، ۶۱]. بنابراین، مرور مطالعات نشان می‌دهد که هوش مصنوعی زمانی می‌تواند منجر به بهبود واقعی عملکرد تحصیلی شود که با الگوهای آموزشی انسان‌محور، اصول اخلاقی معتبر و مدیریت داده‌ای دقیق ادغام گردد.

مقایسه میان مطالعات مختلف نشان می‌دهد که نوع ابزار مورد استفاده نقش مهمی در نتایج آموزشی دارد. برای نمونه، پژوهش‌هایی که بر سیستم‌های یادگیری تطبیقی و تحلیل یادگیری متمرکز بوده‌اند، معمولاً افزایش نمرات دانشجویان و بهبود پایدار عملکرد آنان را گزارش کرده‌اند، زیرا این ابزارها توانایی تشخیص روندهای یادگیری و ارائه مداخله هدفمند دارند [۳۹-۵۰]. در مقابل، مطالعاتی که بر چت‌بات‌ها یا ابزارهای تولید خودکار محتوا تمرکز داشته‌اند، بیشتر به افزایش مشارکت، کاهش اضطراب یادگیری و ارتقای مهارت‌های تصمیم‌گیری

اشاره کرده‌اند، بدون آنکه الزاماً بهبود مستقیم عملکرد تحصیلی را نشان دهند [۵۵-۶۳]. این تمایز بیانگر آن است که ابزارهای مختلف هوش مصنوعی کارکردهای متفاوتی دارند و نباید انتظار داشت که همه آنها تأثیر یکسانی بر یادگیری داشته باشند. شبیه‌سازهای مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش مهارت‌های بالینی نیز تأثیر چشمگیری داشته‌اند و برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرین در محیط شبیه‌سازی شده، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند تفسیر تصاویر پزشکی و تصمیم‌گیری تشخیصی، سرعت یادگیری را افزایش می‌دهد [۵۳-۵۵]. با این حال، پژوهش‌ها هشدار داده‌اند که نبود ارزیابی دقیق از کیفیت داده‌های آموزشی، احتمال بروز سوگیری و انتقال خطا به دانشجویان را افزایش می‌دهد؛ موضوعی که می‌تواند عملکرد آنان را در محیط واقعی تحت تأثیر قرار دهد [۲۵-۳۰]. افزون‌براین، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که دانشجویان پزشکی معمولاً نگرش مثبتی نسبت به استفاده از هوش مصنوعی دارند، اما این نگرش به عوامل متعددی از جمله سطح آشنایی آنان با فناوری، تجربه کاربری، طراحی آموزشی و حمایت اساتید وابسته است [۴۵-۴۸].

برخی پژوهش‌ها اشاره کرده‌اند که برنامه‌ریزی آموزشی باید شامل آموزش سواد داده، اصول اخلاقی کاربرد هوش مصنوعی، درک عملکرد الگوریتم‌ها و آشنایی با محدودیت‌ها باشد، زیرا بدون این پیش‌نیازها استفاده از فناوری می‌تواند منجر به برداشت‌های نادرست و تصمیم‌گیری غیرحرفه‌ای شود [۳۴-۳۶]. مرور مطالعات نشان داد که چالش‌های اخلاقی از جمله حریم خصوصی، شفافیت الگوریتم، سوگیری داده‌ها و عدم تساوی در دسترسی به فناوری از موانع مشترک در پیاده‌سازی هوش مصنوعی هستند؛ این چالش‌ها در دانشگاه‌های کشورهای کم‌درآمد شدیدتر گزارش شده‌اند، زیرا زیرساخت فناوری ضعیف، مانع پیشرفت این برنامه‌ها می‌شود [۳۷-۳۸]. در نهایت، تحلیل تطبیقی مطالعات بیان می‌کند که استفاده موفق از هوش مصنوعی در مدیریت آموزشی نیازمند تلفیق روش‌های تدریس نوین، سیاست‌گذاری آگاهانه، استانداردسازی شاخص‌ها و توسعه منابع انسانی متخصص است [۳۹-۴۰]. نتیجه‌گیری کلی از بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند در مدیریت آموزشی و ارتقای عملکرد تحصیلی دانشجویان پزشکی نقش چشمگیری داشته باشد، اما این اثر تنها زمانی پایدار است که فناوری با اصول آموزشی انسان‌محور تلفیق شود. یکی از جمع‌بندی‌های مشترک مقالات آن است که هوش مصنوعی به‌تنهایی قادر به حل چالش‌های آموزشی نیست و باید مکمل فرایندهای استاندارد تدریس، ارزیابی و نظارت باشد [۴۱-۴۲]. ازسوی دیگر، مرور شواهد نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی نه‌تنها کیفیت بازخورد را افزایش می‌دهد، بلکه به مدیران آموزشی امکان می‌دهد تا براساس داده‌های واقعی تصمیم‌گیری کنند؛ امری که در مدیریت برنامه‌های درسی، نظارت بر عملکرد اساتید و شناسایی الگوهای یادگیری اهمیت زیادی دارد [۴۳-۴۴]. در بیشتر مطالعات، توصیه شده است که دانشگاه‌های علوم پزشکی چهارچوب‌های اخلاقی و استانداردهای مشخص برای ادغام فناوری تدوین کنند تا از بروز خطاهای الگوریتمی، آسیب‌های احتمالی به دانشجویان و سوگیری در آموزش جلوگیری شود [۴۵-۴۶]. همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهند که توسعه برنامه‌های آموزشی توانمندسازی اساتید، مهم‌ترین عامل موفقیت پروژه‌های هوش مصنوعی است؛ زیرا بدون مهارت کافی در

تحلیل داده‌ها و کار با مدل‌های یادگیری ماشین، استفاده از این ابزارها محدود خواهد بود [۴۷-۴۸].

جمع‌بندی مطالعات تأکید می‌کند که ایجاد زیرساخت داده‌ای پایدار، تضمین کیفیت سیستم‌های یادگیری، استانداردسازی ارزیابی‌ها و تقویت پژوهش‌های مبتنی بر داده، پیش‌نیازهای ضروری برای بهره‌برداری پایدار از هوش مصنوعی در آموزش پزشکی هستند [۴۹-۵۰]. یافته‌های این مرور نظام‌مند نشان می‌دهند که هوش مصنوعی نه جایگزین آموزش انسانی، بلکه تقویت‌کننده و تسهیل‌گر آن است و اگر به‌درستی ادغام شود، می‌تواند موجب بهبود قابل توجه عملکرد تحصیلی دانشجویان، کاهش بار اداری مدیران آموزشی و ارتقای کیفیت کل نظام آموزشی علوم پزشکی گردد. به‌منظور ارائه بینشی کاربردی برای تصمیم‌گیری‌های آموزشی، یافته‌های این پژوهش در سه دسته کلان طبقه‌بندی شدند: ۱) فناوری‌های شخصی‌سازی یادگیری؛ شامل سیستم‌های تدریس هوشمند (ITS) و محیط‌های یادگیری تطبیقی که بیشترین تأثیر را در افزایش نرخ یادگیری و کاهش زمان مطالعه داشته‌اند. ۲) شبیه‌سازهای مبتنی بر هوش مصنوعی که نقش بسزایی در ارتقای مهارت‌های تصمیم‌گیری بالینی و کاهش خطاهای تشخیصی در محیط‌های امن ایفا می‌کنند. ۳) ابزارهای ارزیابی و پایش عملکرد؛ که با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، بازخوردهای بلادرنگ و تحلیلی را برای اساتید و دانش‌پذیران فراهم می‌سازند.

نتایج حاکی از آن است که سیستم‌های تطبیقی [۲، ۱۶، ۳۴] در ارتقای عملکرد نظری و سیستم‌های شبیه‌ساز [۹، ۱۸، ۲۶] در بهبود شایستگی‌های بالینی بالاترین میزان اثربخشی را نشان داده‌اند. این طبقه‌بندی نشان می‌دهد که انتخاب فناوری نباید صرفاً براساس ترندهای تکنولوژیک باشد، بلکه باید متناسب با «هدف آموزشی» (آموزش نظری در مقابل بالینی) صورت پذیرد. برای پیاده‌سازی موفق، علاوه بر اثربخشی فناوری، پایداری زیرساخت‌های داده‌ای و سطح سواد دیجیتال اساتید نیز از مؤلفه‌های تعیین‌کننده در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است که در این مطالعه به تفصیل مورد بررسی قرار گرفتند. با این حال، تحقق این ظرفیت مستلزم اصلاحات ساختاری و مدیریتی مشخص در نظام آموزش پزشکی است. نخست، در سطح یادگیرنده‌محور پیشنهاد می‌شود سامانه‌های یادگیری تطبیقی و شخصی‌سازی‌شده به‌عنوان بخشی از ساختار رسمی مدیریت آموزشی در دانشکده‌های علوم پزشکی ادغام شوند. یافته‌ها نشان دادند که این سامانه‌ها، از طریق تنظیم محتوا براساس توان یادگیری فردی، می‌توانند نمرات تحصیلی را افزایش داده و اضطراب امتحان را کاهش دهند. بنابراین، مدیران آموزشی می‌توانند با تعریف چهارچوب‌های اجرایی مشخص، استفاده از این سامانه‌ها را به‌صورت مرحله‌ای و کنترل‌شده در برنامه‌های درسی پیاده‌سازی کنند. دوم، در سطح داده‌محور، توسعه زیرساخت‌های تحلیلی و استقرار داشبوردهای مدیریتی هوشمند به‌عنوان یک ضرورت مدیریتی مطرح می‌شود. نتایج مطالعات نشان داد الگوریتم‌های یادگیری ماشینی قادرند دانشجویان در معرض افت تحصیلی را با دقت بالا شناسایی کنند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود نظام‌های آموزش پزشکی به سمت تصمیم‌سازی مبتنی بر داده حرکت کرده و از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده برای مداخلات آموزشی زودهنگام استفاده کنند تا از افت عملکرد تحصیلی پیشگیری شود. سوم، در سطح

هوشمند و ارتقای عملکرد تحصیلی دانشجویان را هموار سازد.

تشکر و قدردانی

از همه افرادی که در انجام این تحقیق همکار کرده‌اند، به‌ویژه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، تشکر می‌کنیم.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی بوده و با کد اخلاق [IR.NKUMS.REC.1404.172] در کمیته اخلاق در پژوهش تأیید شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافع وجود ندارد.

References

- Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Xu NY, Bartlett R, et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. *Med Teach*. 2024;46(4):446–470. [DOI: [10.1080/0142159X.2024.2314198](https://doi.org/10.1080/0142159X.2024.2314198)]
- Amiri H, Peiravi S, Rezazadeh Shojae SS, Rouhparvarzamin M, Nateghi MN, Ethmoid MH, et al. Medical, dental, and nursing students' attitudes and knowledge towards artificial intelligence: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2024; 24:412. [DOI: [10.1186/s12909-024-05406-1](https://doi.org/10.1186/s12909-024-05406-1)]
- Pupic N, Ghaffari-Zadeh A, Hu R, Singla R, Darras K, Karwowska A, et al. An evidence-based approach to artificial intelligence education for medical students: a systematic review. *PLOS Digit Health*. 2023;2(11): e0000255. [DOI: [10.1371/journal.pdig.0000255](https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000255)]
- Tozsin A, Ucmak H, Soyuturk S, Aydin A, Gozen AS, Al Fahim M, et al. The role of artificial intelligence in medical education: a systematic review. *Surg Innov*. 2024;31(4):415–423. [DOI: [10.1177/15533506241248239](https://doi.org/10.1177/15533506241248239)]
- Grunhut J, Marques O, Wyatt ATM. Needs, challenges, and applications of artificial intelligence in medical education curriculum. *JMIR Med Educ*. 2022;8(2): e35587. [DOI: [10.2196/35587](https://doi.org/10.2196/35587)]
- Chan KS, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR Med Educ*. 2019;5(1): e13930. [DOI: [10.2196/13930](https://doi.org/10.2196/13930)]
- Fazlollahi AM, Bakhaidar M, Alsayegh A, Yilmaz R, Winkler-Schwartz A, Mirchi N, et al. Effect of artificial intelligence tutoring vs expert instruction on learning simulated surgical skills among medical students: a randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2022;5(2): e2149008. [DOI: [10.1001/jamanetworkopen.2021.49008](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.49008)]
- Masters K. Artificial intelligence developments in medical education: a conceptual and practical framework. *MedEdPublish*. 2020; 9:239. [DOI: [10.15694/mep.2020.000239.1](https://doi.org/10.15694/mep.2020.000239.1)]
- Kolachalama VB. Machine learning and pre-medical education. *Artif Intell Med*. 2022; 129:102313. [DOI: [10.1016/j.artmed.2022.102313](https://doi.org/10.1016/j.artmed.2022.102313)]
- Abuzaid MM, Elshami W, Fadden SM. Applications of artificial intelligence (AI) in medical education: a scoping review. *Stud Health Technol Inform*. 2023; 305:648–651. [DOI: [10.3233/SHTI230581](https://doi.org/10.3233/SHTI230581)]
- Krive J, Isola M, Chang L, Patel T, Anderson M, Sreedhar R. Grounded in reality: artificial intelligence in medical education. *JAMIA Open*. 2023;6(2): ooad037. [DOI: [10.1093/jamiaopen/ooad037](https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooad037)]
- Tolentino R, Baradaran A, Gore G, Pluye P, Abbasgholizadeh-Rahimi S. Curriculum frameworks and educational programs in AI for medical students, residents, and practicing physicians: scoping review. *JMIR Med Educ*. 2024;10: e54793. [DOI: [10.2196/54793](https://doi.org/10.2196/54793)]
- Ejaz H, McGrath H, Wong BLH, Guise A, Vercauteren T, Shapey J. Artificial intelligence and medical education: a global mixed-methods study of medical students' perspectives. *Digit Health*. 2022; 8:20552076221089099. [DOI: [10.1177/20552076221089099](https://doi.org/10.1177/20552076221089099)]
- Çalışkan SA, Demir K, Karaca O. Artificial intelligence in medical education curriculum: an e-Delphi study for competencies. *PLoS One*. 2022;17(7): e0271872. [DOI: [10.1371/journal.pone.0271872](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271872)]
- Xu X, Chen Y, Miao J. Opportunities, challenges, and future directions of large language models, including ChatGPT in medical education: a systematic scoping review. *J Educ Eval Health Prof*. 2024; 21:6. [DOI: [10.3352/jeehp.2024.21.6](https://doi.org/10.3352/jeehp.2024.21.6)]
- Stretton B, Kooor J, Arnold M, Bacchi S. ChatGPT-based learning: generative artificial intelligence in medical education. *Med Sci Educ*. 2024;34(1):215–217. [DOI: [10.1007/s40670-023-01934-5](https://doi.org/10.1007/s40670-023-01934-5)]
- Masters K. Artificial intelligence in medical education. *Med Teach*. 2019;41(9):976–980. [DOI: [10.1080/0142159X.2019.1595557](https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557)]
- Weidener L, Fischer M. Artificial intelligence in medicine: cross-sectional study among medical students on application, education, and ethical aspects. *JMIR Med Educ*. 2024;10: e51247. [DOI: [10.2196/51247](https://doi.org/10.2196/51247)]
- Azer SA, Guerrero APS. The challenges imposed by artificial intelligence: are we ready in medical education? *BMC Med Educ*. 2023; 23:680. [DOI: [10.1186/s12909-023-04660-z](https://doi.org/10.1186/s12909-023-04660-z)]
- Henning PA, Henning J, Glück K. Artificial intelligence: its future in the health sector and its role

- for medical education. *J Eur CME*. 2021;10(1):2014099. [DOI: [10.1080/21614083.2021.2014099](https://doi.org/10.1080/21614083.2021.2014099)]
21. Imran N, Jawaid M. Artificial intelligence in medical education: are we ready for it? *Pak J Med Sci*. 2020;36(5):857–859. [DOI: [10.12669/pjms.36.5.3042](https://doi.org/10.12669/pjms.36.5.3042)]
 22. Lang J, Repp H. Artificial intelligence in medical education and the meaning of interaction with natural intelligence—an interdisciplinary approach. *GMS J Med Educ*. 2020;37(6): Doc59. [DOI: [10.3205/zma001352](https://doi.org/10.3205/zma001352)]
 23. Sarfaraz S, Khurshid Z, Zafar MS. Use of artificial intelligence in medical education: a strength or an infirmity. *J Taibah Univ Med Sci*. 2023;18(6):1553–1554. [DOI: [10.1016/j.jtumed.2023.06.008](https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2023.06.008)]
 24. van der Niet AG, Bleakley A. Where medical education meets artificial intelligence: “Does technology care?” *Med Educ*. 2021;55(1):30–36. [DOI: [10.1111/medu.14131](https://doi.org/10.1111/medu.14131)]
 25. Savage TR. Artificial intelligence in medical education. *Acad Med*. 2021;96(9):1229–1230. [DOI: [10.1097/ACM.0000000000004183](https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004183)]
 26. Garg T. Artificial intelligence in medical education. *Am J Med*. 2020;133(2): e68. [DOI: [10.1016/j.amjmed.2019.08.017](https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.08.017)]
 27. Abhee SS, Phillips R. How artificial intelligence (AI) could have helped our medical education during the COVID-19 pandemic—a student's perspective. *Med Teach*. 2020;42(11):1315–1316. [DOI: [10.1080/0142159X.2020.1798371](https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1798371)]
 28. Civaner MM, Uncu Y, Bulut F, Giounous Chalil E, Tatli A. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Med Educ*. 2022; 22:772. [DOI: [10.1186/s12909-022-03852-3](https://doi.org/10.1186/s12909-022-03852-3)]
 29. Wartman SA, Combs CD. Reimagining medical education in the age of AI. *AMA J Ethics*. 2019;21(2): E146–E152. [DOI: [10.1001/amajethics.2019.146](https://doi.org/10.1001/amajethics.2019.146)]
 30. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J*. 2019;6(2):94–98. [DOI: [10.7861/futurehosp.6-2-94](https://doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94)]
 31. McCoy LG, Nagaraj S, Morgado F, Harish V, Das S, Celi LA. What do medical students actually need to know about artificial intelligence? *NPJ Digit Med*. 2020; 3:86. [DOI: [10.1038/s41746-020-0294-7](https://doi.org/10.1038/s41746-020-0294-7)]
 32. Kolachalama VB, Garg PS. Machine learning and medical education. *NPJ Digit Med*. 2018; 1:54. [DOI: [10.1038/s41746-018-0061-1](https://doi.org/10.1038/s41746-018-0061-1)]
 33. Paranjape K, Schinkel M, Nannan Panday R, Car J, Nanayakkara P. Introducing artificial intelligence training in medical education. *JMIR Med Educ*. 2019;5(2): e16048. [DOI: [10.2196/16048](https://doi.org/10.2196/16048)]
 34. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44–56. [DOI: [10.1038/s41591-018-0300-7](https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7)]
 35. Wartman SA, Combs CD. Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. *Acad Med*. 2018;93(8):1107–1109. [DOI: [10.1097/ACM.0000000000002044](https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002044)]
 36. Banerjee M, Chiew D, Patel KT, Johns I, Chappell D, Linton N, et al. The impact of artificial intelligence on clinical education: perceptions of postgraduate trainee doctors in London (UK) and recommendations for trainers. *BMC Med Educ*. 2021; 21:429. [DOI: [10.1186/s12909-021-02870-x](https://doi.org/10.1186/s12909-021-02870-x)]
 37. Hu R, Fan KY, Pandey P, Hu Z, Yau O, Teng-Shedden F, et al. Insights from teaching artificial intelligence to medical students in Canada. *Commun Med (Lond)*. 2022; 2:63. [DOI: [10.1038/s43856-022-00125-4](https://doi.org/10.1038/s43856-022-00125-4)]
 38. Charow R, Jeyakumar T, Younus S, Dolatabadi E, Sahlia M, Al-Mouaswas D, et al. Artificial intelligence education programs for health care professionals: scoping review. *JMIR Med Educ*. 2021;7(4): e31043. [DOI: [10.2196/31043](https://doi.org/10.2196/31043)]
 39. Sit C, Srinivasan R, Amlani A, Muthuswamy K, Azam A, Monzon L, et al. Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial intelligence and radiology: a multicentre survey. *Insights Imaging*. 2020; 11:14. [DOI: [10.1186/s13244-019-0830-7](https://doi.org/10.1186/s13244-019-0830-7)]
 40. Pinto dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R, et al. Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. *Eur Radiol*. 2019;29(4):1640–1646. [DOI: [10.1007/s00330-018-5601-1](https://doi.org/10.1007/s00330-018-5601-1)]
 41. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nat Mach Intell*. 2019; 1:206–215. [DOI: [10.1038/s42256-019-0048-x](https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x)]
 42. Park CJ, Yi PH, Siegel EL. Medical student perspectives on the impact of artificial intelligence on the practice of medicine. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2021;50(5):614–619. [DOI: [10.1067/j.cpradiol.2020.06.011](https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2020.06.011)]
 43. Bhutoria A. Personalized education and artificial intelligence in the United States, China, and India: a systematic review using a Human-In-The-Loop model. *Comput Educ Artif Intell*. 2022; 3:100068. [DOI: [10.1016/j.caeai.2022.100068](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100068)]
 44. Santomartino SM, Yi PH. Systematic review of radiologist and medical student attitudes on the role and impact of AI in radiology. *Acad Radiol*. 2022;29(11):1748–1756. [DOI: [10.1016/j.acra.2021.12.032](https://doi.org/10.1016/j.acra.2021.12.032)]
 45. Caparrós Galán G, Sendra Portero F. Medical students' perceptions of the impact of artificial intelligence in radiology. *Radiologia (Engl Ed)*. 2022;64(6):516–524. [DOI: [10.1016/j.rxeng.2021.03.008](https://doi.org/10.1016/j.rxeng.2021.03.008)]
 46. Allam AH, Elteuacy NK, Alabdallat YJ, et al. Knowledge, attitude, and perception of Arab medical students towards artificial intelligence in medicine and radiology: a multi-national cross-sectional study. *Eur Radiol*. 2024; 34:1–14. [DOI: [10.1007/s00330-023-10509-2](https://doi.org/10.1007/s00330-023-10509-2)]
 47. Robleto E, Habashi A, Benites Kaplan MA, Riley RL, Zhang C, Bianchi L, et al. Medical students' perceptions of an artificial intelligence (AI) assisted diagnosing program. *Med Teach*. 2024;46(9):1180–1186. [DOI: [10.1080/0142159X.2024.2305369](https://doi.org/10.1080/0142159X.2024.2305369)]
 48. Mastour H, Dehghani T, Moradi E, Eslami S. Early prediction of medical students' performance in high-stakes examinations using machine learning approaches. *Heliyon*. 2023;9(7): e18248. [DOI: [10.1016/j.heliyon.2023.e18248](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18248)]
 49. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, challenges, and future directions of generative artificial intelligence in medical education: scoping review. *JMIR Med Educ*. 2023;9: e48785. [DOI: [10.2196/48785](https://doi.org/10.2196/48785)]
 50. Karabacak M, Ozkara BB, Margetis K, Wintermark M, Bisdas S. The advent of generative language

- models in medical education. *JMIR Med Educ.* 2023;9: e48163. [DOI: [10.2196/48163](https://doi.org/10.2196/48163)]
51. Boscardin CK, Gin B, Golde PB, Hauer KE. ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: potential impact and opportunity. *Acad Med.* 2024;99(1):22–27. [DOI: [10.1097/ACM.0000000000005439](https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000005439)]
 52. Hale J, Alexander S, Towner Wright S, Gilliland K. Generative AI in undergraduate medical education: a rapid review. *J Med Educ Curric Dev.* 2024; 11:23821205241266697. [DOI: [10.1177/23821205241266697](https://doi.org/10.1177/23821205241266697)]
 53. Cervantes J, Smith B, Ramadoss T, D'Amario V, Shoja MM, Rajput V. Decoding medical educators' perceptions on generative artificial intelligence in medical education. *J Investig Med.* 2024;72(7):633–639. [DOI: [10.1177/10815589241257215](https://doi.org/10.1177/10815589241257215)]
 54. Parente DJ. Generative artificial intelligence and large language models in primary care medical education. *Fam Med.* 2024;56(9):534–540. [DOI: [10.22454/FamMed.2024.775525](https://doi.org/10.22454/FamMed.2024.775525)]
 55. Fatima A, Shafique MA, Alam K, Ahmed TKF, Mustafa MS. ChatGPT in medicine: a cross-disciplinary systematic review of ChatGPT's role in research, clinical practice, education, and patient interaction. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(32): e39250. [DOI: [10.1097/MD.00000000000039250](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000039250)]
 56. Lee H. The rise of ChatGPT: exploring its potential in medical education. *Anat Sci Educ.* 2024; 17:926–931. [DOI: [10.1002/ase.2270](https://doi.org/10.1002/ase.2270)]
 57. Li D, Kulasegaram K, Hodges BD. Why we needn't fear the machines: opportunities for medicine in a machine learning world. *Acad Med.* 2019;94(5):623–625. [DOI: [10.1097/ACM.0000000000002631](https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002631)]
 58. Masters K. Ethical use of artificial intelligence in health professions education: AMEE Guide No. 158. *Med Teach.* 2023;45(6):574–584. [DOI: [10.1080/0142159X.2023.2186203](https://doi.org/10.1080/0142159X.2023.2186203)]
 59. Lucas HC, Upperman JS, Robinson JR. A systematic review of large language models and their implications in medical education. *Med Educ.* 2024;58(11):1276–1285. [DOI: [10.1111/medu.15402](https://doi.org/10.1111/medu.15402)]
 60. Feigerlova E, Hani H, Hothersall-Davies E. A systematic review of the impact of artificial intelligence on educational outcomes in health professions education. *BMC Med Educ.* 2025; 25:129. [DOI: [10.1186/s12909-025-06719-5](https://doi.org/10.1186/s12909-025-06719-5)]
 61. Kalantarion M, Heidari M, Khajeali N, Khorrami Z, Amini M. Impact of artificial intelligence on academic performance in medical education: a systematic review. *J Educ Health Promot.* 2025; 14:234. [DOI: [10.4103/jehp.jehp_2071_23](https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_2071_23)]
 62. Lin JC, Sabet CA, Chang C, Scott IU. Artificial intelligence in medical education assessments: navigating the challenges to academic integrity. *Med Sci Educ.* 2025;35(1):509–512. [DOI: [10.1007/s40670-024-02178-7](https://doi.org/10.1007/s40670-024-02178-7)]
 63. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Artificial Intelligence in Health Professions Education: Proceedings of a Workshop. Washington, DC: National Academies Press; 2023. [DOI: [10.17226/27174](https://doi.org/10.17226/27174)]
 64. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372: n71. [DOI: [10.1136/bmj.n71](https://doi.org/10.1136/bmj.n71)]