

Artificial Intelligence in Rehabilitation sciences: Opportunities, Challenges, and EthicsSahihlnasab Seyed Saber¹, Abdollahi Azam¹, Rahmani Saeed²

1- PhD Candidate in Optometry, Department of Optometry, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- PhD in Optometry, Department of Optometry, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Received: 2025.11.22 Accepted: 2026.02.07

Purpose: The purpose of this article is to provide an analytical review of the applications of artificial intelligence in various branches of rehabilitation and to examine the challenges and ethical considerations associated with it in order to clarify the future development path of this technology in the service of patients with disabilities.

Methods: In this review, relevant articles were searched in PubMed, Scopus, and Web of Science using keywords related to artificial intelligence, machine learning, rehabilitation sciences, and bioethics. The search covered publications from January 2000 to June 2025. After removal of duplicates and screening for relevance, 28 studies were selected for content analysis and narrative synthesis.

Results: The results of this study show that this technology, relying on machine learning, natural language processing, and complex data analysis, can be effective in all areas of rehabilitation science, including motor rehabilitation, cognitive rehabilitation, treatment effect prediction, personalized treatments, remote services, and assisting patients with independence. However, challenges such as lack of native data, information heterogeneity and the need for training and clinical acceptance of therapists, high costs, and legal considerations in the use of health data are still the main obstacles to the development of this technology.

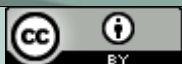
Conclusion: This technology has great potential to improve the quality of rehabilitation services and improve treatment outcomes for patients with disabilities. However, for the effective and responsible use of this technology, it is necessary to pay attention to ethical considerations such as algorithm transparency, equity in access, privacy, and protection of the rights of people with disabilities. Developing ethical frameworks, strengthening data infrastructure, and training therapists can pave the way for the sustainable development of artificial intelligence in rehabilitation science.

Keywords: Artificial Intelligence, Bioethics, Machine Learning, Rehabilitation Sciences, Ethical AI in Healthcare

Corresponding Author: Seyed Saber Sahihlnasab

Email: saber.sahih@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-5068-7371

Copyright © 2026 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Sahihlnasab Seyed S, Abdollahi A, Rahmani S. Artificial Intelligence in Rehabilitation sciences: Opportunities, Challenges, and Ethics. JPSR 2026; 15(2):191-198. DOI: 10.22038/jpsr.2026.92445.2753.

کاربردهای هوش مصنوعی در علوم توانبخشی: فرصت‌ها، چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی

سید صابر صحیح النسب^۱، اعظم عبدالهی^۱، سعید رحمانی^۲

هدف: هدف از این مقاله، مرور تحلیلی کاربردهای هوش مصنوعی در شاخه‌های مختلف توانبخشی و بررسی چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی مرتبط با آن است تا مسیر توسعه آینده این فناوری در خدمت بیماران دارای ناتوانی روشن‌تر شود.

روش بررسی: در این مطالعه مروری، مقالات منتشرشده در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر شامل: Web of Science، Scopus، PubMed و Science مورد بررسی قرار گرفتند. جستجو با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، علوم توانبخشی و اخلاق زیستی انجام شد و بازه زمانی جست‌وجو از ژانویه ۲۰۰۰ تا ژوئن ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد پس از حذف داده تکراری و بررسی داده‌های مهم ۲۸ مطالعه وارد بررسی محتوایی شد. مطالعات مرتبط پس از ارزیابی انتخاب و تحلیل گردیدند.

یافته‌ها: نتایج این بررسی نشان می‌دهد که این فناوری با تکیه بر یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و تحلیل داده‌های پیچیده، در تمام حوزه‌های علوم توانبخشی شامل توانبخشی حرکتی، توانبخشی شناختی، پیش‌بینی تاثیر درمان، درمان‌های شخصی، خدمات از راه دور و کمک به استقلال بیماران می‌تواند موثر باشد با این حال، چالش‌هایی نظیر کمبود داده‌های بومی، ناهمگونی اطلاعات، نیاز به آموزش و پذیرش بالینی درمانگران، هزینه‌های بالا و ملاحظات حقوقی در استفاده از داده‌های سلامت، همچنان از موانع اصلی توسعه این فناوری هستند.

نتیجه‌گیری: این فناوری ظرفیت بالایی برای ارتقای کیفیت خدمات توانبخشی و بهبود پیامدهای درمانی بیماران دارای ناتوانی دارد. با این وجود، برای بهره‌گیری مؤثر و مسئولانه از این فناوری توجه به ملاحظات اخلاقی از جمله شفافیت الگوریتم‌ها، عدالت در دسترسی، حفظ حریم خصوصی و حمایت از حقوق افراد دارای ناتوانی لازم است. تدوین چارچوب‌های اخلاقی، تقویت زیرساخت‌های داده‌ای و آموزش درمانگران می‌تواند مسیر توسعه پایدار هوش مصنوعی در علوم توانبخشی را هموار سازد.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، اخلاق زیستی، یادگیری ماشین، علوم توانبخشی، هوش مصنوعی اخلاقی

نویسنده مسئول: سید صابر صحیح النسب، saber.sahih@yahoo.com، ORCID: 0000-0001-5068-7371

آدرس: تهران، میدان امام حسین(ع)، خیابان دماوند (تهران نو)، روبروی بیمارستان بوعلی، دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۱- کاندیدا دکتری تخصصی اپتومتری، گروه اپتومتری، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دکتری تخصصی اپتومتری، گروه اپتومتری، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

است، و برنامه‌های درمانی را بر مبنای روند فردی تنظیم نماید (۱-۳). در علوم توانبخشی که هدف بهبود عملکردها و حفظ کیفیت زندگی و استقلال شخصی بیماران را دنبال می‌کند، فناوری هوش مصنوعی را های تازه‌ای برای این علوم فراهم کرده است (۴).

هوش مصنوعی قابلیت‌های کمک به علوم توانبخشی را در حوزه‌های مختلف نظیر شخصی سازی درمان، بازخورد بلادرنگ، پیش‌بینی نتایج، افزایش انگیزه در بیماران و حفظ استقلال بیماران و همچنین کمک به محققین را دارد که یکی از این قابلیت‌ها، «شخصی‌سازی درمان» است: هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های بنیادین (مثلاً حرکت اندام، الگوهای رفتاری، پاسخ به درمان) می‌تواند روند فردی بهبودی را مدل‌سازی کند و برنامه‌های درمانی پویا و

هوش مصنوعی (Artificial Intelligence; AI) به مجموعه‌ای از فناوری‌ها گفته می‌شود که از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین و دیگر روش‌های مبتنی بر داده برای شبیه‌سازی یا حمایت از توانایی‌های شناختی انسان استفاده می‌کنند. با افزایش حجم داده‌های سلامت، رشد ابزارهای پوشیدنی، حسگرهای محیطی، انتقال به خدمات از راه دور و نیاز به شخصی‌سازی درمان، هوش مصنوعی به عنوان یک عامل کلیدی در تحول نظام سلامت ظهور یافته است. مرورهای اخیر نشان می‌دهند که هوش مصنوعی قادر است الگوهای پنهان در داده‌های بالینی و رفتاری را شناسایی کند، پیش‌بینی کند که کدام بیمار در معرض خطر عدم بهبودی

طبیعی (Natural Language Processing; NLP) و الگوریتم‌های هوشمند، جستجوی منابع مرتبط و تولید خلاصه‌های خودکار از مقالات را امکان‌پذیر کرده‌اند (۷). برخی سامانه‌ها مانند Chat GPT یا SciSpace Copilot می‌توانند به فرمول‌بندی فرضیه و حتی استخراج اهداف تحقیق کمک کنند (۸) و ابزارهایی مانند KNIME، Orange یا پکیج‌های Python/R مجهز به الگوریتم‌ها یادگیری ماشین، تحلیل آماری پیشرفته، پیش‌بینی، و کشف الگوهای پنهان در داده‌ها را ساده کرده‌اند. همچنین، آن‌ها امکان مصورسازی نتایج با گراف‌های معنادار را فراهم می‌کنند (۹). الگوریتم‌های زبانی مانند GPT، Grammarly و Language Tool به عنوان دستیارهای نگارشی، ساختاردهی متن، تصحیح گرامری و سبک‌سازی علمی را انجام می‌دهند (۱۰). همچنین در بررسی اصالت علمی متون، تشخیص سرقت ادبی (با ابزارهایی مانند Turnitin یا Copyleaks و حتی پیشنهاد بازخوردهای داورانه کاربرد دارد) (۱۱).

اگرچه ادبیات مربوط به هوش مصنوعی در مراقبت‌های سلامت با سرعت زیادی در حال گسترش است، شواهد مربوط به پیامدها و کاربردهای اختصاصی آن در علوم توانبخشی همچنان پراکنده بوده و در میان رشته‌ها و کاربردهای مختلف توزیع شده است. از این رو، ارائه یک دیدگاه یکپارچه که نه تنها ظرفیت‌ها و مزایای بالینی و فناورانه هوش مصنوعی، بلکه چالش‌های عملی، اخلاقی و اجرایی مؤثر بر پذیرش مسئولانه آن در توانبخشی را نیز بررسی کند، ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، این مرور روایتی با هدف ارائه یک مرور جامع از کاربردها و مزایای بالقوه هوش مصنوعی در علوم توانبخشی و در عین حال بررسی انتقادی چالش‌های عمده فنی، بالینی، اخلاقی و اجرایی و شناسایی اولویت‌های لازم برای ادغام مسئولانه و مبتنی بر شواهد این فناوری در فعالیت‌های توانبخشی انجام شده است. به این ترتیب، هوش مصنوعی در توانبخشی نه صرفاً به عنوان ابزار جانبی، بلکه به عنوان زیرساختی محوری در تحول خدمات بازتوانی ظاهر شده است: این فناوری امکان می‌دهد درمانگران بتوانند برنامه‌های درمانی را دقیق‌تر تنظیم کنند، بیماران خودکار مشارکت بیشتری داشته باشند، و فرایند درمان به صورتی پایدار، مقیاس‌پذیر و دسترس‌پذیرتر اجرا شود. با این حال، برای تحقق کامل این پتانسیل، نیاز به زیرساخت‌های فنی، آموزش میان‌رشته‌ای،

انطباق‌پذیر ارائه دهد (۱). برای مثال، در مطالعات انجام‌شده در حوزه توانبخشی حرکتی بیماران مبتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی و نورولوژیک خفیف، پلتفرم‌های بازتوانی خانگی مجهز به حسگرهای حرکتی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین توانسته‌اند دقت طبقه‌بندی وضعیت عملکردی بیمار را تا حدود ۹۴٪ افزایش دهند. که نشان‌دهنده کارایی بالای این سامانه‌ها در ارزیابی و تطبیق درمان در این گروه‌های خاص است (۲). همچنین می‌توان به قابلیت «پایش و بازخورد بلادرنگ» اشاره کرد: حسگرهای پوشیدنی، دستگاه‌های رباتیک یا سامانه‌های کاربردی در خانه با هوش مصنوعی ترکیب شده‌اند تا وضعیت بیمار را به صورت مداوم رصد کنند، انحرافات از مسیر بهبودی را تشخیص دهند و فوراً بازخورد بدهند (۳). این رویکرد دسترسی به توانبخشی را افزایش می‌دهد، به ویژه برای کسانی که امکان حضور مداوم در مرکز درمانی ندارند (۴). پژوهشی سیستماتیک در حوزه فیزیوتراپی گزارش کرده که یکی از مزایای کلیدی این فناوری، «دسترسی بیشتر به برنامه‌های درمانی» و «کاهش نیروی انسانی مورد نیاز» بوده‌اند (۱). از دیگر توانایی‌های این فناوری می‌توان به «پیش‌بینی نتایج» و «تصمیم‌سازی هوشمند» اشاره کرد: الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند براساس داده‌های بزرگ تاریخی، پیش‌بینی کنند کدام بیماران بهبود خواهند یافت، کدام به مداخلات تخصصی‌تر نیاز دارند یا چه زمانی باید شدت درمان را تغییر داد. این امکان به درمانگر کمک می‌کند که به جای واکنش صرف، رویکرد پیش‌گیرانه اتخاذ کند (۵). علاوه بر این، ورود هوش مصنوعی موجب «افزایش انگیزش و پایداری بیماران» شده است، با استفاده از ابزارهای هوشمند، بازی‌سازی، تله‌ریه‌ب و بازخورد مداوم، بیماران انگیزه بیشتری برای استمرار درمان پیدا می‌کنند. پژوهشی سریع نشان داده است که یکی از راه‌های عمده بهبود پایداری، فراهم کردن بازخورد لحظه‌ای، هشدارها و یادآورهای شخصی شده است (۴). همچنین هوش مصنوعی با کمک ابزارهای پوشیدنی و آنالیز محیط توانسته در بازتوانی و حفظ استقلال بیماران مؤثر باشد برای مثال مطالعه‌ای بر روی افراد کم بینا نقش عینک هوشمند در رفع خطر محیط و افزایش استقلال بیمار را نشان داد (۶). البته به غیر از حیطه‌های نفوذ در علوم توانبخشی، هوش مصنوعی به عنوان دستیار به محققان این حوزه نیز وارد شده است، ابزارهایی همچون Semantic Scholar، Elicit و Research Rabbit با استفاده از پردازش زبان

بررسی قرار گرفتند. مطالعاتی که فاقد ارتباط مستقیم با موضوع، فاقد اطلاعات کافی برای بررسی محتوایی یا خارج از محدوده موضوعی مطالعه بودند، کنار گذاشته شدند.

در نهایت، ۲۸ مطالعه مرتبط برای بررسی و سنتز محتوایی انتخاب شدند. اطلاعات استخراج شده شامل مشخصات مطالعه، نوع کاربرد هوش مصنوعی، حوزه توانبخشی موردنظر، نوع فناوری یا الگوریتم مورد استفاده، مزایا و فرصت‌های گزارش شده، محدودیت‌ها و چالش‌های فنی و بالینی، و ملاحظات اخلاقی و اجرایی بود. یافته‌ها به صورت سنتز روایی و موضوعی (Narrative and Thematic Synthesis) در محورهای اصلی مقاله، شامل کاربردها و فرصت‌های هوش مصنوعی، چالش‌های پیاده‌سازی و ملاحظات اخلاقی، سازمان‌دهی و تحلیل شدند.

از آنجا که هدف این مطالعه ارائه یک مرور روایی و تلفیقی از شواهد موجود بود، متاآنالیز یا تجمیع کمی داده‌ها انجام نشد. انتخاب و تفسیر منابع با تمرکز بر ارتباط مستقیم آنها با اهداف مطالعه و با در نظر گرفتن تنوع روش‌شناختی و کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در علوم توانبخشی انجام گرفت.

چالش‌ها و محدودیت‌ها

رشد سریع سامانه‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، بینایی ماشین و پردازش داده‌های پیچیده در حوزه علوم توانبخشی می‌تواند به بروز مشکلات جدی در این حوزه بیانجامد، پس شناسایی این موانع برای توسعه ایمن، عادلانه و مؤثر این تکنولوژی ضروری است. یکی از نخستین چالش‌های بنیادی در مسیر به کارگیری هوش مصنوعی در پزشکی و توانبخشی، یکپارچه نبودن داده‌ها و فقدان قابلیت تعامل (Interoperability) میان سامانه‌های سلامت است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که داده‌های بیماران در سطوح مختلف مراقبت (بستری، کلینیک و توانبخشی خانگی) اغلب به صورت جزیره‌ای ذخیره می‌شوند و در نتیجه الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادر نیستند از تمام ظرفیت اطلاعاتی موجود بهره‌برداری کنند. Lanotte و همکاران (۱۲) در مقاله‌ای بیان کردند که این «تجزیه‌شدگی داده‌ها» موجب کاهش دقت مدل‌های توانبخشی و ناتوانی در تعمیم نتایج میان مراکز درمانی می‌شود. در تحلیل ساختاری، Chomutare و همکاران (۱۳) نیز «نبود تعامل بین پلتفرم‌های سلامت» یکی از پنج مانع کلیدی پیاده‌سازی

داده‌های بزرگ و استاندارد شده و چارچوب‌های اخلاقی و حقوقی - که در بخش‌های بعد مورد بررسی قرار می‌گیرند - احساس می‌شود.

روش بررسی

این مطالعه به صورت یک مرور روایی (Narrative Review) با هدف بررسی کاربردها، فرصت‌ها، چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی مرتبط با استفاده از هوش مصنوعی در علوم توانبخشی انجام شد. جست‌وجوی منابع علمی در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed/MEDLINE, Scopus و Web of Science انجام گرفت. بازه زمانی جست‌وجو از ژانویه ۲۰۰۰ تا ژوئن ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد تا ضمن پوشش مطالعات اولیه مرتبط با کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی در توانبخشی، تحولات و شواهد جدیدتر این حوزه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

راهبرد جست‌وجو بر اساس ترکیبی از کلیدواژه‌ها و اصطلاحات مرتبط با سه محور اصلی طراحی شد: هوش مصنوعی و روش‌های محاسباتی، علوم و خدمات توانبخشی و ملاحظات اخلاقی و اجرایی. از جمله اصطلاحات مورد استفاده می‌توان به «artificial intelligence»، «AI»، «machine learning»، «deep learning»، «neural networks»، «computer vision»، «rehabilitation sciences»، «rehabilitation physical rehabilitation»، «neurorehabilitation assistive technology»، «digital rehabilitation»، «ethics»، «privacy»، «bias»، «explainability» و اصطلاحات مرتبط اشاره کرد. این کلیدواژه‌ها با استفاده از عملگرهای بولی AND و OR و متناسب با ساختار هر پایگاه ترکیب شدند.

پس از اجرای جست‌وجو، رکوردهای بازیابی شده بررسی و موارد تکراری حذف شدند. در مرحله نخست، عنوان و چکیده مطالعات از نظر ارتباط با موضوع پژوهش بررسی شد و مطالعات نامرتب کتار گذاشته شدند. سپس مطالعات مرتبط از نظر ارتباط مستقیم با کاربرد هوش مصنوعی در علوم توانبخشی، نقش بالقوه یا بالفعل AI در ارزیابی، تشخیص، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری بالینی، برنامه‌ریزی و شخصی‌سازی مداخلات توانبخشی، پایش بیمار و پیامدهای عملکردی، و همچنین چالش‌های فنی، بالینی، اخلاقی و اجرایی مورد

فرآیندها، و فقدان زیرساخت‌های حمایتی، مانع مهم در مسیر استقرار سامانه‌ها بیان می‌کنند (۱۸، ۱۷). این ناتوانی در پیاده‌سازی، حتی زمانی که مدل‌ها در آزمایشگاه عملکرد خوبی نشان داده‌اند، باعث می‌شود که اثربخشی در محیط واقعی کاهش یابد (۱۹).

از منظر فنی نیز «قابلیت اتصال، سازگاری و مقیاس‌پذیری» سامانه‌ها موضوع مهمی است. برای مثال، تحقیق جدیدی به هزینه‌های بالا، زیرساخت‌های ضعیف در مراکز توانبخشی اولیه و دغدغه‌های امنیت داده‌ها اشاره می‌کند (۲۰). در همین راستا مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۵ گزارش داده است که اگرچه حدود ۸۰٪ ارائه‌دهندگان خدمات فیزیوتراپی اعتقاد دارند که هوش مصنوعی و رشته تخصصیشان در آینده ادغام خواهد شد، اما تنها حدود ۳۰٪ احساس می‌کنند آماده هستند و ۴۵٪ بیان کرده‌اند که سازمانشان استراتژی هوش مصنوعی ندارد (۱۶). چنین یافته‌هایی گواه بر آن است که موفقیت هوش مصنوعی در توانبخشی تنها به توان فنی مدل‌ها وابسته نیست، بلکه تغییر فرهنگی، آموزش درمانگران، تدوین سیاست‌های سازمانی و آماده‌سازی زیرساخت نیز ضروری‌اند. چنین موانعی باعث شده‌اند استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی عمدتاً در مراکز تحقیقاتی باقی بماند و به سطح روتین بالینی نرسد. علاوه بر این، چالش «پایش پس از استقرار» یا همان Real-World Monitoring دیده شده است؛ به عنوان مثال در مطالعات ایبی مروری پژوهشگران به فقدان استانداردهای ارزیابی کیفیت، کمبود سنجش اثرات در محیط واقعی و محدودیت در قابلیت استفاده بیماران و مراقبان اشاره می‌کنند (۲۱) و در آخر باید گفت یکی از چالش‌های اصلی چالش‌های اخلاقی است.

چالش‌های اخلاقی و حقوقی

یکی از چالش‌های اساسی در کاربرد هوش مصنوعی در علوم توانبخشی، مسائل اخلاقی و حقوقی مرتبط با آن است. بسیاری از مدل‌های پیشرفته، به‌ویژه آن‌هایی که مبتنی بر یادگیری عمیق هستند، به‌صورت جعبه سیاه عمل می‌کنند و تصمیماتشان برای کاربران غیرقابل توضیح است. این موضوع باعث کاهش شفافیت و کاهش اعتماد کاربران به این سیستم‌ها می‌شود (۲۲). این عدم شفافیت می‌تواند منجر به بی‌اعتمادی به تصمیمات سیستم، کاهش مسئولیت‌پذیری و تضعیف اصول اخلاقی مانند رضایت آگاهانه، خودمختاری بیمار و عدالت شود (۲۳). برای پاسخ به این چالش، حوزه‌ای

هوش مصنوعی معرفی شد و نویسندگان گزارش کردند که بیش از ۷۰ درصد زمان پژوهشگران صرف پاک‌سازی و همگام‌سازی داده‌ها می‌شود. Rehburg و همکاران (۱۴) در مقاله خود تأکید کردند که بدون استاندارد سازی، مدل‌های هوشمند توان انتقال به کاربردهای بالینی را نخواهند داشت. همچنین مطالعه ایی جدید نشان دادند که ناهمگونی ساختار داده‌ها از دلایل اصلی عدم بازتولیدپذیری نتایج الگوریتم‌هاست (۱۵). در مجموع، این شواهد علمی روشن می‌سازند که نبود یکپارچگی داده نه تنها مانعی فنی بلکه چالشی راهبردی برای اعتبار، تعمیم‌پذیری و ایمنی استفاده از هوش مصنوعی در حوزه توانبخشی محسوب می‌شود و رفع آن نیازمند هماهنگی بین استانداردهای داده، سیاست‌های تبادل اطلاعات و چارچوب‌های اخلاقی مشترک است.

چالش بعدی به «پذیرش بالینی و تغییر فرآیند کاری» بازمی‌گردد. مطالعه‌ای جدید نشان داده است که بیش از ۶۰٪ درمانگران تجربه عملی در استفاده از هوش مصنوعی نداشته‌اند (۱۶)، همچنین مطالعه‌ای در پاکستان گزارش کرده است که ۷۸٪ درمانگران دانش عملی در استفاده از هوش مصنوعی ندارند و ۶۰٪ از آن‌ها نگرانی از حریم خصوصی داده‌ها را ذکر کرده‌اند (۱۷)، اگرچه یافته‌های این مطالعه قابلیت تعمیم جهانی محدودی دارد، اما با نتایج مطالعات دیگر در کشورهای با درآمد پایین و متوسط همسو است و به‌عنوان نشانه‌ای از شکاف ساختاری در پذیرش فناوری قابل تفسیر است. نرخ بالاتر عدم پذیرش هوش مصنوعی در کشورهای در حال توسعه را می‌توان ناشی از مجموعه‌ای از عوامل درهم‌تنیده دانست؛ که می‌توان از جمله محدودیت زیرساخت‌های دیجیتال، کمبود آموزش رسمی در برنامه‌های دانشگاهی علوم توانبخشی، نبود چارچوب‌های حقوقی شفاف برای مسئولیت حرفه‌ای، و نگرانی‌های پررنگ‌تر درباره امنیت و مالکیت داده‌ها اشاره کرد. در همین راستا، مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۳ نشان داد که اگرچه بسیاری از درمانگران نگرش مثبتی نسبت به هوش مصنوعی دارند، اما فقدان اعتماد، ابهام در قابلیت اطمینان سامانه‌ها و ناپایداری در پیاده‌سازی عملی، از موانع اصلی استفاده بالینی از این فناوری محسوب می‌شوند (۱۹). افزون بر این، مطالعات بر نیاز به آموزش مداوم، آموزش مهارت‌های فناوری و اعتبارسنجی بالینی مدل‌ها تأکید دارد و عوامل متعددی نظیر سواد فناوری پایین، مقاومت به تغییر

کشور، به‌ویژه در حوزه توانبخشی، امری ضروری است. همچنین عدالت در دسترسی به هوش مصنوعی به خصوص برای افراد کم توان جسمی و ذهنی و افراد فقیر همچنان یک چالش است و باید قبل از فراگیرتر شدن آن به فکر توسعه قوانین، آموزش، توسعه زیر ساخت با مشارکت جوامع هدف پرداخت.

ملاحظات اخلاقی در مقاله نویسی

نخستین و مهم‌ترین اصل، شفافیت در اعلام استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در فرآیند نگارش است. پژوهشگران باید به صورت صریح و واضح بیان کنند که بخشی از متن یا تحلیل‌های ارائه شده با کمک هوش مصنوعی تولید شده‌اند تا از هرگونه سوءتفاهم و ابهام جلوگیری شود. این شفافیت به جامعه علمی امکان می‌دهد تا به‌درستی ارزیابی کنند که تا چه حد محتوای مقاله حاصل تلاش انسانی است و تا چه اندازه به فناوری‌های خودکار وابسته بوده است. همچنین، این شفاف‌سازی به پیشگیری از نقض اخلاق پژوهشی و سرقت علمی کمک می‌کند و در نهایت موجب ارتقای اعتماد و اعتبار علمی می‌شود (۲۱).

علاوه بر این، مسئولیت‌پذیری پژوهشگر در قبال صحت و دقت مطالب ارائه شده همچنان بدون تغییر باقی می‌ماند. استفاده از هوش مصنوعی نباید جایگزین تفکر نقادانه و بازبینی دقیق توسط نویسنده انسانی شود، زیرا صحت علمی و اصالت محتوا باید توسط فرد نگارش‌کننده تضمین گردد (۲۸). همچنین، باید به حفظ حریم خصوصی و محافظت از داده‌های محرمانه پژوهش توجه ویژه‌ای شود، چرا که استفاده نادرست از این ابزارها می‌تواند منجر به افشای ناخواسته اطلاعات حساس شود. در مجموع، رعایت این ملاحظات اخلاقی، چارچوبی را فراهم می‌کند که ضمن بهره‌گیری از مزایای هوش مصنوعی، سلامت و اعتبار علمی پژوهش‌ها حفظ شود.

هوش مصنوعی با گشودن افق‌های نوین در علوم توانبخشی، فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای تشخیص، درمان و پیشگیری فراهم کرده است. با این حال، چالش‌های فنی، اخلاقی و حقوقی استفاده از آن نباید نادیده گرفته شود. برای بهره‌گیری مؤثر و ایمن از هوش مصنوعی، همکاری میان پزشکان، مهندسان، متخصصان اخلاق زیستی و سیاست‌گذاران ضروری است و اینکه تدوین یک راهنمای اخلاقی قابل استفاده توصیه شود. در این راستا، توصیه

به نام هوش مصنوعی قابل توضیح (Explainable AI- XAI) شکل گرفته است که هدف آن طراحی مدل‌هایی است که نه تنها دقیق، بلکه قابل درک و توضیح برای انسان باشند (۲۴). همچنین، در صورت بروز خطای تشخیصی یا درمانی ناشی از عملکرد نادرست مدل‌های هوش مصنوعی، تعیین مسئولیت قانونی بین توسعه‌دهندگان، پزشکان و مؤسسات درمانی مبهم است. برخلاف فرآیندهای سنتی پزشکی که تصمیم‌گیری‌ها صرفاً توسط پزشکان انجام می‌شد و مسئولیت پیامدها نیز روشن و مستقیم بر عهده آن‌ها بود، در سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، این خطوط مسئولیتی پیچیده‌تر شده‌اند (۲۵) و نهادهای نظارتی باید دستورالعمل‌هایی روشن درباره مسئولیت قانونی و حقوقی نقش‌های مختلف در زنجیره استفاده از هوش مصنوعی تدوین کنند (۲۶). یکی دیگر از مسائل مهم، تعریف حدود اختیارات هوش مصنوعی در مقابل پزشکان است. در نهایت، این انسان است که باید تصمیم بگیرد و مسئولیت آن را بپذیرد، اما زمانی که سیستم با دقت بالاتری از انسان تشخیص می‌دهد، این رابطه مسئولیتی مبهم‌تر می‌شود (۲۷). افزون بر این، مسائل مربوط به بیمه، خسارت‌پذیری و پیگیری قانونی در خطاهای ناشی از هوش مصنوعی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. بیماران باید بدانند که در صورت آسیب، از چه مسیرهایی می‌توانند پیگیری حقوقی انجام دهند، و پزشکان نیز باید از نظر قانونی و حرفه‌ای در شرایط استفاده از سیستم‌های هوشمند حمایت شوند (۲۵). از دیگر دغدغه‌های مهم، حفظ حریم خصوصی بیماران است. داده‌های پزشکی به شدت حساس‌اند و افشای آن‌ها می‌تواند پیامدهای قانونی و اخلاقی سنگینی داشته باشد. اگرچه به نظر می‌رسد قوانین فعلی کامل نیست ولی رعایت مقرراتی مانند قانون قابلیت پاسخگویی بیمه (Health Insurance Portability and Accountability Act; HIPAA) و مقررات عمومی حفاظت از داده‌ها (Regulation; GDPR) در استفاده از داده‌های سلامت امری لازم است، در ایران هنوز قانون جامع و مستقلى برای حفاظت از داده‌های سلامت و کاربردهای هوش مصنوعی در پزشکی تدوین نشده و مقررات موجود عمدتاً به صورت پراکنده و در قالب آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های اخلاق پژوهش پزشکی اعمال می‌شوند. از این‌رو، تدوین اسناد بومی و چارچوب‌های ملی متناسب با ساختار حقوقی و فرهنگی

منابع

1. Devi B, Neela V, Ashwitha A, Reddy C, et al. AI-Driven Predictive Models for Personalized Rehabilitation and Assistive Systems. 2025; 87-114.
2. Espinoza Bernal VC, Hiremath SV. Classifying and tracking rehabilitation interventions through machine-learning algorithms in individuals with stroke. J Rehabil Assist Technol Eng. 2021; 8: 20556683211044640.
3. Mennella C, Maniscalco U, Pietro GD, Esposito M. The Role of Artificial Intelligence in Future Rehabilitation Services: A Systematic Literature Review. IEEE Access. 2023; 11: 11024-1143.
4. Mohammad Namdar M, Lowery Wilson M, Murtonen KP. How AI-Based Digital Rehabilitation Improves End-User Adherence: Rapid Review. JMIR Rehabil Assist Technol. 2025; 12: e69763.
5. Ye D, Schweighofer N, Luo H, Winstein C. Towards AI-based Precision Rehabilitation via Contextual Model-based Reinforcement Learning. medRxiv; 2025.
6. Udayakumar D, Gopalakrishnan S, Raghuram A, Kartha A, et al. Artificial intelligence-powered smart vision glasses for the visually impaired. Indian J Ophthalmol. 2025; 73(Suppl 3): S492-S497.
7. Hope T, Portenoy J, Vasan K. SciSight: Combining faceted navigation and research group detection for COVID-19 exploratory scientific search. arXiv. 2020: arXiv: 2005. 12668.
8. Biswas S. ChatGPT and the future of medical writing. Radiology. 2023; 307(2): e230050.
9. Berthold MR, Cebron N, Dill F. KNIME: The Konstanz Information Miner. Data Analysis, Machine Learning and Applications: Springer. 2008; 319-326.
10. Lee JY, Hovy EH. On the effectiveness of grammatical error correction: A qualitative study. Trans Assoc Comput Linguist. 2021; 9: 189-206.
11. Zhao Y, Zhao H. Plagiarism detection using AI: A critical review. J Inf Sci. 2022; 48(2): 234-246.

می‌شود تدوین و نظارت بر اجرای راهنمای اخلاقی کاربردی در حوزه هوش مصنوعی در توانبخشی، تحت هدایت نهادهای بین‌المللی معتبری مانند سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization; WHO) و با تطبیق در سطح ملی توسط وزارت بهداشت و کمیته ملی اخلاق پزشکی انجام شود.

بیانیه استفاده از هوش مصنوعی

نویسندگان در این مطالعه صرفاً از ابزار ChatGPT (OpenAI) به منظور بهبود روانی نگارش و ویرایش زبان انگلیسی بخش‌هایی از متن استفاده کرده‌اند. محتوای علمی مقاله توسط نویسندگان بازبینی شده و مسئولیت کامل دقت و اصالت مطالب بر عهده نویسندگان است.

نقش نویسندگان

اعظم عبداللهی: جست‌وجوی منابع علمی و ایده اولیه و پیش‌نویس اولیه مقاله
سید صابر صمیم النسب (نویسنده اول و مسئول): جست‌وجوی منابع علمی، گردآوری و تلفیق شواهد، تفسیر مطالب مرتبط، بازنویسی و توسعه اساسی محتوای مقاله
سعید رحمنی: بر روند علمی کار نظارت داشت، نسخه مقاله را به صورت انتقادی بررسی کرد و در شناسایی و اصلاح ایرادات اساسی مفهومی و روش‌شناختی مشارکت داشت. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را بررسی و تأیید کردند و مسئولیت صحت و تمامیت علمی تمامی جنبه‌های این اثر را پذیرفتند.

منابع مالی

این مقاله هیچ‌گونه حمایت مالی اختصاصی از سوی سازمان‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع، اعم از مالی یا غیرمالی، که بتواند بر تهیه، تفسیر یا ارائه این مقاله تأثیر گذاشته باشد، وجود ندارد.

12. Lanotte F, O'Brien MK, Jayaraman A. AI in Rehabilitation Medicine: Opportunities and Challenges. *Ann Rehabil Med*. 2023; 47(6): 444-458.
13. Chomutare T, Tejedor M, Svenning TO, et al. Artificial intelligence implementation in healthcare: a theory-based scoping review of barriers and facilitators. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23):16359.
14. Rehburg F, Graefe A, Hübner M, Thun S. How Interoperability Can Enable Artificial Intelligence in Clinical Applications. *Stud Health Technol Inform*. 2024; 316: 596-600.
15. Han H. Challenges of reproducible AI in biomedical data science. *BMC Med Genomics*. 2025; 18(1): 8.
16. Aldhahi MI, Alorainy AI, Abuzaid MM, Gareeballah A, et al. Adoption of Artificial Intelligence in Rehabilitation: Perceptions, Knowledge, and Challenges Among Healthcare Providers. *Healthcare*. 2025; 13(4): 350.
17. Hafeez M, Haq MZU, Tahzeem Z, Rahim S, Rao N. Ai Associated Challenges To Physical Therapy Profession. *Insights J Health Rehabil*. 2024; 2(2): 531-538.
18. Sumner J, Lim HW, Chong LS, Bundele A, et al. Artificial intelligence in physical rehabilitation: A systematic review. *Artif Intell Med*. 2023; 146: 102693.
19. El Arab RA, Abu-Mahfouz MS. Bridging the Gap: From AI Success in Clinical Trials to Real-World Healthcare Implementation-A Narrative Review. *J Clin Med*. 2025; 13(7).
20. Zhang Y. Application of AI technology in the field of rehabilitation therapy. *Adv Eng Innov*. 2025.
21. Shaik MA, Anik FI, Hasan MM, Chakravarty S, et al. Advancing Remote Monitoring for Patients with Alzheimer Disease and Related Dementias: Systematic Review. *JMIR Aging*. 2025; 8: e69175.
22. Morley J, Machado CCV, Burr C, Cowls J, et al. The ethics of AI in health care: A mapping review. *Soc Sci Med*. 2020; 260: 113172.
23. London AJ. Artificial Intelligence and Black-Box Medical Decisions: Accuracy versus Explainability. *Hastings Cent Rep*. 2019; 49(1): 15-21.
24. Amann J, Blasimme A, Vayena E, Frey D, Madai VI. Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2020; 20(1): 310.
25. Bottomley D, Thaldar D. Liability for harm caused by AI in healthcare: an overview of the core legal concepts. *Front pharmacol*. 2023; 14: 1297353.
26. Fotheringham K, Smith H. Accidental injustice: Healthcare AI legal responsibility must be prospectively planned prior to its adoption. *Future Health J*. 2024; 11(3): 100181.
27. Nunez Duffourc M, Giovanniello DS. The Autonomous AI Physician: medical ethics and legal liability. *Law, AI and Ethics*. Cham: Springer; 2023.
28. V D. Responsible Artificial Intelligence: designing AI for human values. *ITU J ICT Discov*. 2018; 1(2): 1-8.