Journal of Health and Biomedical Informatics *2026; 12(4): 376-379*
doi:10.34172/jhbmi.2026.07
Medical Informatics Research Center, Kerman University of Medical Sciences

Letter to editor article

Multimodal Artificial Intelligence in Medicine: From Integration of Heterogeneous Data to Precision Clinical Decision-Making

Arefeh Ameri[1], Farzad Salmanizadeh[1]*

1. PhD in Medical Informatics, Medical Informatics Research Center, Institute for Futures Studies in Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

ARTICLE INFO:

Article History:

Received: 6 Jan 2026

Accepted: 4 Feb 2026

Published: 20 Mar 2026

Corresponding Author:

Farzad Salmanizadeh

Email:

f.salmanizadeh@kmu.ac.ir

Citation: Ameri A, Salmanizadeh F. Multimodal Artificial Intelligence in Medicine: From Integration of Heterogeneous Data to Precision Clinical Decision-Making Journal of Health and Biomedical Informatics 2026; 12(4): 376-79. [In Persian]

© 2026 The Author(s); Published by Kerman University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cite

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی دوره دوازدهم، شماره چهارم، سال ۱۴۰۴، ص ۳۷۹-۳۷۶
doi: 10.34172/jhbmi.2026.07
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

مقاله نامه به سردبیر

هوش مصنوعی چندوجهی در پزشکی: از ادغام داده‌های ناهمگون تا تصمیم‌گیری بالینی دقیق

عارفه عامری[۱]، فرزاد سلمانی‌زاده[۱]*

۱. دکترای انفورماتیک پزشکی، مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، پژوهشکده آینده‌پژوهی در سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶
پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۵
انتشار برخط: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

*نویسنده مسئول:
فرزاد سلمانی زاده

*ایمیل:
f.salmanizadeh@kmu.ac.ir

ارجاع: عامری عارفه، سلمانی زاده فرزاد. هوش مصنوعی چندوجهی در پزشکی: از ادغام داده‌های ناهمگون تا تصمیم‌گیری بالینی دقیق. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۴؛ ۱۲(۴): ۷۹-۳۷۶.

مقدمه

تحول دیجیتال در نظام‌های سلامت، حجم فزاینده‌ای از داده‌های ناهمگون شامل داده‌هایی شامل تصاویر پزشکی (نظیر اِم آر آی MRI(Magnetic Resonance Imaging)، سی تی اسکن CT(Computed tomography scan) و پاتولوژی دیجیتال)، سیگنال‌های زیستی، نتایج آزمایشگاهی، داده‌های ژنومیک، یادداشت‌های متنی پرونده الکترونیک سلامت و حتی داده‌های رفتاری و پوشیدنی‌ها را تولید کرده است. در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی چندوجهی (Intelligence Multimodal Artificial) به‌عنوان رویکردی نوین مطرح شده است که قابلیت ادغام و تحلیل همزمان این منابع متنوع داده را داراست. برخلاف مدل‌های تک‌وجهی که صرفاً بر یک نوع داده متمرکز می‌شوند، مدل‌های چندوجهی با یادگیری نمایش‌های مشترک از داده‌های تصویری، متنی و عددی، امکان استخراج الگوهای پیچیده‌تر و نزدیک‌تر به واقعیت بالینی را فراهم می‌آورند [۱،۲]. این ویژگی، هوش مصنوعی چندوجهی را به یکی از امیدبخش‌ترین مسیرها برای تحقق پزشکی دقیق و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد تبدیل کرده است.

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر یادگیری عمیق در دهه گذشته، بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی به‌کاررفته در پزشکی مانند مدل‌های تشخیص مبتنی بر تصویر در رادیولوژی یا سیستم‌های استخراج اطلاعات از متن در پردازش زبان طبیعی، همچنان محدود به یک مدالیته داده‌ای هستند. این در حالی است که تصمیم‌گیری بالینی در دنیای واقعی ماهیتی ذاتاً چندبعدی دارد و پزشکان به‌طور همزمان نتایج آزمایشگاهی، یافته‌های تصویربرداری، شرح حال بیمار، عوامل خطر و زمینه ژنتیکی را در نظر می‌گیرند. ناتوانی مدل‌های تک‌وجهی در بازنمایی این پیچیدگی، یکی از عوامل محدودکننده تعمیم‌پذیری آن‌ها در محیط‌های بالینی بوده است [۳].

رویکردهای چندوجهی با بهره‌گیری از معماری‌های پیشرفته‌ای همچون ترانسفورمرهای چندوجهی و مکانیزم‌های توجه متقاطع (Cross-Attention)، قادرند همبستگی‌های پنهان میان مدالیته‌های مختلف را کشف کرده و پیش‌بینی‌هایی دقیق‌تر و پایدارتر ارائه دهند [۲،۴].

کاربردهای هوش مصنوعی چندوجهی در حوزه پزشکی گسترده و رو به رشد است. در زمینه تشخیص بیماری‌ها، ادغام تصاویر رادیولوژیک با داده‌های بالینی و آزمایشگاهی نشان داده است که می‌تواند دقت پیش‌بینی پیامدها را نسبت به استفاده از یک منبع داده به‌تنهایی به‌طور معناداری افزایش دهد [۵]. در انکولوژی نیز ترکیب داده‌های پاتولوژی دیجیتال با اطلاعات ژنومیک و بالینی، مسیرهای جدیدی برای پیش‌بینی پاسخ به درمان و طبقه‌بندی ریسک بیماران گشوده است [۶].

به‌عنوان نمونه‌ای عینی در حوزه بیماری‌های کبدی، ادغام داده‌های سونوگرافی و الاستوگرافی کبد با شاخص‌های متابولیک، بیومارکرهای سرمی و سوابق دارویی، امکان توسعه مدل‌های چندوجهی را برای تشخیص دقیق استئاتوهپاتیت غیرالکلی (Metabolic MASL(Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease و ارزیابی پیشرفت فیبروز فراهم کرده است [۷]. این مدل‌ها توانسته‌اند دقت تشخیصی را نسبت به روش‌های تک‌وجهی به‌طور چشمگیری ارتقاء دهند.

علاوه بر این، ظهور مدل‌های بنیادین (Foundation Models) در پزشکی که بر پایه داده‌های چندوجهی آموزش می‌بینند، نویدبخش توسعه سامانه‌های تصمیم‌یار بالینیِ مقیاس‌پذیر و عمومی‌تر است [۸].

فراتر از کاربردهای تشخیصی، هوش مصنوعی چندوجهی می‌تواند در مدیریت درمان و پایش بیماران نیز نقش‌آفرینی کند. ادغام داده‌های حاصل از پوشیدنی‌ها، شاخص‌های آزمایشگاهی و گزارش‌های بیمار–محور(Patient-Reported Outcomes)، امکان پایش پویای وضعیت بیمار و پیش‌بینی تشدید بیماری را فراهم می‌آورد. چنین رویکردی می‌تواند گذار از مدل‌های مراقبت واکنشی به سمت مراقبت پیش‌بینانه و پیشگیرانه را تسهیل کند [۹].

علاوه بر این، در حوزه سلامت عمومی و سیاست‌گذاری، تحلیل همزمان داده‌های اپیدمیولوژیک، اجتماعی و بالینی می‌تواند به تخصیص بهینه منابع و طراحی مداخلات هدفمند کمک نماید.

با این حال، تحقق این ظرفیت‌ها مستلزم حل چالش‌های مهمی نظیر استانداردسازی داده‌ها، قابلیت تفسیرپذیری مدل‌ها، کاهش سوگیری الگوریتمی و تضمین حریم خصوصی و امنیت اطلاعات بیماران است [۱۰].

در مجموع، هوش مصنوعی چندوجهی را می‌توان گام بعدی در تکامل هوش مصنوعی پزشکی دانست؛ گامی که با نزدیک‌تر کردن مدل‌های محاسباتی به منطق چندبعدی تصمیم‌گیری بالینی، می‌تواند دقت، شخصی‌سازی و کارایی نظام سلامت را ارتقاء دهد. با این وجود، ادغام

موفق این فناوری در عمل بالینی نیازمند چارچوب‌های ارزیابی دقیق، مطالعات آینده‌نگر چندمرکزی و همکاری میان‌رشته‌ای عمیق میان متخصصان علوم داده، انفورماتیک پزشکی، پزشکان بالینی و سیاست‌گذاران سلامت است. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های داده‌ای یکپارچه و آموزش نیروی انسانی آشنا با مفاهیم هوش مصنوعی، پیش‌شرط بهره‌برداری مسئولانه و اثربخش از این فناوری تحول‌آفرین خواهد بود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

حمایت مالی

این مقاله هیچ‌گونه حمایت مالی نداشته است.

اعلام استفاده از هوش مصنوعی (AI)

نویسندگان اعلام می‌کنند که در تهیه، نگارش، تحلیل داده‌ها و تولید محتوای این مقاله از هیچ‌گونه ابزار یا فناوری مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده نشده است.

سهم مشارکت نویسندگان

کلیه امور مربوط به این مقاله از جمله مرور متون، جمع آوری مطالب، تحلیل، نوشتن متن مقاله و ویرایش آن توسط نویسنده اول و مسئول انجام شده است.

References

[1]. Acosta JN, Falcone GJ, Rajpurkar P, Topol EJ. Multimodal biomedical AI. Nat Med 2022;28(9):1773-84. doi: 10.1038/s41591-022-01981-2

[2]. Huang SC, Pareek A, Zamanian R, Banerjee I, Lungren MP. Multimodal fusion with deep neural networks for leveraging CT imaging and electronic health record: a case-study in pulmonary embolism detection. Sci Rep 2020;10(1):22147. doi: 10.1038/s41598-020-78888-w

[3]. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, Kuleshov V, DePristo M, Chou K, et al. A guide to deep learning in healthcare. Nat Med 2019;25(1):24-9. doi: 10.1038/s41591-018-0316-z

[4]. Moor M, Banerjee O, Abad ZS, Krumholz HM, Leskovec J, Topol EJ, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence. Nature 2023;16(7956):259-65. doi: 10.1038/s41586-023-05881-4

[5]. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. AI in health and medicine. Nat Med 2022;28(1):31-8. doi: 10.1038/s41591-021-01614-0

[6]. Kather JN, Pearson AT, Halama N, Jäger D, Krause J, Loosen SH, et al. Deep learning can predict microsatellite instability directly from histology in gastrointestinal cancer. Nat Med 2019;25(7):1054-6. doi: 10.1038/s41591-019-0462-y

[7]. Gao Y, Li C, Chang W, Du B, Ye X, Yeo YH, et al. Multi-modal AI for opportunistic screening, staging and progression risk stratification of steatotic liver disease. Nature Communications 2026;17(1):1562. doi: 10.1038/s41467-026-68414-3

[8]. Bommasani R, Hudson DA, Adeli E, Altman R, Arora S, von Arx S, et al. On the opportunities and risks of foundation models. arXiv preprint arXiv:2108.07258.

[9]. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nature medicine. 2019;25(1):44-56. doi: 10.48550/arXiv.2108.07258

[10]. Kelly CJ, Karthikesalingam A, Suleyman M, Corrado G, King D. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. BMC Medicine 2019;17(1):195. doi: 10.1186/s12916-019-1426-2