Journal of
Modern Medical Information Science

Summer 2025. Vol 11. Issue 2

Reviwe Article

A systematic review for comprehensive analysis of capabilities and challenges of image processing in telemedicine

Kimia Zarooj Hosseini[1], Nastaran Naderi Boldaji[2], * Amin Golabpour[3]

1. Student Research Committee, Department of Health Information Technology and Management, School of Allied Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Mehr Arvand Institute of Higher Education, Khorramshahr, Iran.
3. Department of Health Informatics Technology, School of Allied Medical Sciences, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Zarooj Hosseini K, Naderi Boldaji N, Golabpour A. A systematic review for comprehensive analysis of capabilities and challenges of image processing in telemedicine. Journal of Modern Medical Information Science. 2025; 11(2):143-156. [In Persian]

10.48312/jmis.11.2.909.3

Article Info:
Received: 29 July 2025
Accepted: 31 Aug 2025
Available Online: 20 Jun 2025

Key Words:
Telemedicine; Image Processing; Artificial Intelligence.

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to evaluate the capabilities and challenges of image processing in telemedicine.

Information sources or data: A literature search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science, and 38 articles were selected based on the predefined inclusion criteria.

Selection methods for study: Data were extracted across five main domains: (1) types of image processing algorithms, (2) clinical evaluation, (3) physician involvement in the research team, and (4) technical and economic requirements of the systems.

Combine content and results: The findings of this systematic review indicated that among the 38 included studies, the most frequently used approaches were deep learning algorithms, particularly convolutional neural networks (CNNs). Other machine learning models such as SVM and hybrid approaches were used less frequently. Regarding learning paradigms, most studies employed EAGER algorithms, whereas only a small number reported LAZY approaches. In addition, only 18% of the studies performed external validation, and 39% reported physician participation.

Conclusion: The results indicate that none of the included studies reported a cost analysis or provided a comprehensive description of the technical infrastructure, representing a major gap in the existing literature. Although image processing in telemedicine has achieved substantial algorithmic performance improvements, limited interpretability, restricted clinical evaluation, lack of economic assessment, and insufficient reporting of technical requirements remain key barriers to large-scale real-world implementation. Therefore, future research should focus on more comprehensive evaluations and cost–benefit analyses to support the development of reliable and cost-effective telemedicine image processing systems.

*** Corresponding Author:**
Amin Golabpour
Address: Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.
E-mail: a.golabpour@gmail.com

Copyright © 2026 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Journal of
Modern Medical Information Science

Extended Abstract

Introduction:

The rapid advancement of digital technologies has fundamentally transformed healthcare delivery systems, leading to the emergence and widespread adoption of telemedicine as a core component of modern healthcare services. Telemedicine enables the provision of healthcare services across geographical and temporal barriers through the use of information and communication technologies, thereby improving access to care, enhancing service efficiency and reducing healthcare costs. Among the various technological pillars supporting telemedicine, medical image processing plays a critical role in enabling the remote acquisition, transmission, analysis, and interpretation of medical images for diagnostic and monitoring purposes. The applications of image processing in telemedicine span multiple clinical domains, including teleradiology, teledermatology, teleophthalmology, telepathology, and remote wound assessment.

In recent years, significant progress has been achieved by integrating artificial intelligence (AI), machine learning, and deep learning techniques into medical image analysis. In particular, convolutional neural networks (CNNs) have demonstrated high performance in feature extraction, classification, and segmentation tasks, often achieving accuracy levels comparable to or exceeding those of the human experts. Despite these algorithmic advancements, the translation of image-processing systems from research environments to real-world telemedicine settings remains limited. Key challenges include the lack of model interpretability, insufficient clinical validation, minimal involvement of physicians in system development, limited external validation using independent datasets, and inadequate reporting of technical infrastructure and economic feasibility of these models.

Given the growing reliance on telemedicine for routine care and public health emergencies, there is a critical need to systematically assess not only the performance of image processing algorithms but also their clinical relevance, technical requirements, and economic implications. This systematic review aims to provide a comprehensive analysis of the capabilities and challenges of image processing in telemedicine, highlighting existing research gaps and offering evidence-based directions for future research.

Methods:

This systematic review was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) guidelines. A comprehensive literature search was performed across three major scientific databases—PubMed, Scopus, and Web of Science—to identify relevant studies published between January 1, 2000, and September 2025. The search strategy combined controlled vocabulary and free-text keywords related to artificial intelligence, machine learning, deep learning, image processing, medical imaging, and telemedicine using appropriate Boolean operators to maximize sensitivity and specificity.

Eligible studies were required to meet the following predefined inclusion criteria: original research articles published in English, direct relevance to image processing applications within telemedicine, implementation of artificial intelligence or machine learning algorithms, and quantitative evaluation of algorithmic performance using standard metrics such as accuracy, sensitivity, specificity, or similar indicators. The exclusion criteria included review articles, conference papers, non-research publications, studies without practical implementation, studies employing non-standard or irreproducible methodologies, and studies lacking objective performance evaluation or using extremely limited datasets.

The screening process involved a title and abstract review, followed by a full-text assessment. Data extraction was performed using a standardized form and included information on the clinical application domain, type of image processing algorithm, learning paradigm (EAGER versus LAZY), algorithm transparency (black-box versus interpretable models), physician involvement, use of external validation datasets, technical infrastructure requirements, and economic considerations. Discrepancies between the reviewers were resolved through discussion and consensus. The extracted data were analyzed descriptively to identify prevailing trends, strengths, limitations, and research gaps in the application of image-processing technologies in

telemedicine.

Results:

The initial database search yielded 765 records in total. After removing duplicate entries and applying the inclusion and exclusion criteria, 38 studies were included in the final analysis. The selected studies represented a diverse range of telemedicine applications, with most focusing on diagnostic support in teleradiology, teledermatology, teleophthalmology, and remote image-based screening systems.

Analysis of algorithmic approaches revealed a strong dominance of deep learning methods, particularly convolutional neural networks, which were employed in the majority of studies. Traditional machine learning techniques, such as support vector machines and hybrid models, have been used less frequently. Regarding learning paradigms, 36 studies utilized EAGER learning approaches, whereas only two employed LAZY learning methods. Evaluation of algorithm transparency showed that nearly all studies relied on black-box models, with only one study implementing interpretable or white-box models.

From a clinical perspective, physician involvement was reported in only 39% of the studies, indicating the limited integration of clinical expertise in system development and evaluation. External validation using independent datasets was performed in only 18% of studies, raising concerns about the generalizability and robustness of the reported performance outcomes. Technical infrastructure requirements, including server specifications and hardware configurations, were explicitly described in only 26% of articles. Importantly, none of the included studies reported a formal cost analysis or economic evaluation related to the system implementation. These findings highlight a clear imbalance between algorithmic performance optimization and the consideration of practical, clinical, and economic factors necessary for real-world applications.

Conclusion:

This systematic review demonstrates that image processing technologies, particularly those based on deep learning, have achieved substantial success in telemedicine applications over the past two decades. High-performance models, especially convolutional neural networks, have enabled the accurate analysis of medical images across multiple clinical domains, supporting remote diagnosis and monitoring. However, the findings also reveal critical gaps that hinder the large-scale adoption of these technologies in routine clinical practices.

The predominant reliance on black-box models limits their interpretability and transparency, which are essential for clinical trust, accountability, and patient safety. The relatively low levels of physician involvement and external validation further challenge the clinical credibility and generalizability of the existing systems. Additionally, the lack of detailed reporting on technical infrastructure and the complete absence of economic evaluations represent significant barriers to implementation, particularly in resource-limited settings where telemedicine is most required.

To bridge the gap between research and practice, future studies should adopt a multidisciplinary approach that integrates technical innovation with clinical expertise, transparent and interpretable modeling techniques, robust external validation strategies, and comprehensive assessments of technical and economic feasibility. Emphasizing cost–benefit analyses and infrastructure requirements alongside algorithmic performance will facilitate informed decision-making by healthcare organizations and policymakers. Ultimately, advancing image processing in telemedicine requires shifting the research focus from performance-centric development to holistic, clinically grounded, and economically sustainable solutions capable of delivering reliable and equitable healthcare at scale.

مقاله مروری

ارائه مروری نظام‌مند برای تحلیل جامع قابلیت‌ها و چالش‌های پردازش تصویر در دوراپزشکی

کیمیا زروج حسینی[۱]، نسترن نادری بلداجی[۲]، * امین گلابپور[۳]

۱. کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه فناوری اطلاعات و مدیریت سلامت، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. موسسه آموزش عالی مهر اروند، خرمشهر، ایران.
۳. گروه فناوری اطلاعات سلامت، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Zarooj Hosseini K, Naderi Boldaji N, Golabpour A. A systematic review for comprehensive analysis of capabilities and challenges of image processing in telemedicine. Journal of Modern Medical Information Science. 2025; 11(2):143-156. [In Persian]

10.48312/jmis.11.2.909.3

اطلاعات مقاله :

تاریخ دریافت: ۸ مرداد ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۰ شهریور ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۳۰ شهریور ۱۴۰۴

چکیده

هدف: این مطالعه باهدف ارزیابی قابلیت‌ها و چالش‌های پردازش تصویر در دورا پزشکی انجام شده است.

منابع اطلاعات یا داده‌ها: در این مطالعه، جستجو در پایگاه‌های PubMed، Scopus و Web of Science انجام شد و ۳۸ مقاله با توجه به معیارهای ورود انتخاب گردید.

روش‌های انتخاب برای مطالعه: استخراج داده‌ها در پنج محور اصلی نوع الگوریتم‌های پردازش تصویر، ارزیابی بالینی و حضور پزشک در تیم تحقیق و نیازهای فنی و اقتصادی سیستم‌ها متمرکز بود.

ترکیب مطالب و نتایج: نتایج مرور نظام‌مند حاضر نشان داد که در میان ۳۸ مطالعه منتخب، بیشترین کاربرد مربوط به الگوریتم‌های یادگیری عمیق و به‌ویژه Convolutional Neural Network بوده است و پس‌ازآن، مدل‌های دیگر یادگیری ماشین از جمله Support Vector Machine و روش‌های ترکیبی در تعداد محدودتری به کار گرفته‌شده‌اند. ازنظر ماهیت یادگیری، اغلب مطالعات از الگوریتم‌های نوع EAGER استفاده کرده‌اند و تنها تعداد اندکی از مطالعات رویکرد LAZY را گزارش کرده‌اند، همچنین فقط ۱۸ درصد مطالعات از ارزیابی خارجی و ۳۹ درصد از مشارکت پزشکان استفاده کرده بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد هیچ‌یک از مقالات، تحلیل هزینه یا زیرساخت فنی کامل ارائه نکرده بودند و این امر یکی از شکاف‌های کلیدی پژوهش‌ها محسوب می‌شود؛ و اگرچه پردازش تصویر در دورا پزشکی ازنظر عملکرد الگوریتمی پیشرفت چشمگیری داشته است، اما کمبود تفسیرپذیری، ارزیابی بالینی محدود، نبود تحلیل اقتصادی و ارائه ناکافی نیازهای فنی، مانع از استفاده عملی آن در مقیاس وسیع است؛ بنابراین، برای توسعه سامانه‌های قابل‌اعتماد و مقرون‌به‌صرفه، پژوهش‌های آینده باید ارزیابی‌های جامع‌تر و تحلیل هزینه- فایده تمرکز داشت.

کلیدواژه‌ها :

پرونده الکترونیک سلامت، دوراپزشکی، پردازش تصویر، هوش مصنوعی.

*نویسنده مسئول:

امین گلابپور

نشانی: دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران.

پست الکترونیک: a.golabpour@gmail.com

Copyright © 2026 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legal-code.en], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه:

با گسترش انقلاب دیجیتال در دهه‌های اخیر، بسیاری از ابعاد زندگی بشر ازجمله حوزه سلامت و پزشکی دستخوش تحول شده‌اند، فناوری‌های نوین به‌تدریج در نظام ارائه خدمات بهداشتی و درمانی نفوذ کرده‌اند و باهدف بهبود کیفیت خدمات، افزایش عدالت در دسترسی و کاهش هزینه‌های سلامت به کار گرفته‌شده‌اند [۱،۲]. دورا پزشکی توانسته است با کاهش محدودیت‌های مکانی و زمانی، الگوی جدیدی از شیوه ارائه خدمات درمانی را رقم بزند.

دورا پزشکی را می‌توان به‌صورت ارائه خدمات بهداشتی-درمانی از راه دور با بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی برای مبادله اطلاعات معتبر به‌منظور تشخیص، پایش و مدیریت بیماران تعریف نمود [۳]. این فنّاوری با بهره‌گیری از فناوری‌ها، امکان مشاوره و درمان از راه دور را فراهم می‌آورد و به‌ویژه برای مناطق دورافتاده و افرادی که دسترسی محدودی به خدمات بهداشتی دارند، مزایای چشم‌گیری را ارائه می‌دهد [۴]. اهمیت راهبردی این فناوری نه‌تنها در شرایط عادی، بلکه در بحران‌های جهانی سلامت، مانند همه‌گیری کووید-۱۹، به‌وضوح مشخص گردیده است و تداوم ارائه خدمات در بسیاری از کشورها با کمک این فناوری امکان‌پذیر شد و توانست زنجیره انتقال بیماری را قطع نماید [۵].

یکی از زمینه‌های کلیدی که دورا پزشکی در آن نقش پررنگی ایفا می‌کند، پردازش تصویر پزشکی است. پردازش تصویر پزشکی به مجموعه‌ای از روش‌های محاسباتی اطلاق می‌شود که باهدف بهبود کیفیت، استخراج ویژگی و تفسیر خودکار یا نیمه‌خودکار تصاویر پزشکی مانند CT[1] و MRI[2] و تصاویر پوستی به کار می‌روند. در دورا پزشکی، این فرایند معمولاً در قالب یک زنجیره عملیاتی انجام می‌شود که شامل مراحل: الف) دریافت تصویر در محل بیمار، ب) فشرده‌سازی و انتقال امن تصویر از طریق شبکه، ج) پیش‌پردازش به‌منظور کاهش نویز و نرمال‌سازی داده‌ها، د) استخراج ویژگی، تقسیم‌بندی یا تحلیل مبتنی بر یادگیری عمیق و در نهایت هـ) تولید خروجی قابل‌استفاده برای تصمیم‌گیری بالینی یا انجام تریاژ از راه دور است [۶]. تفاوت کلیدی این بستر با محیط‌های بیمارستانی در ناهمگونی تجهیزات تصویربرداری، محدودیت پهنای باند، تغییرپذیری کیفیت تصاویر و ضرورت تضمین محرمانگی داده است؛ بنابراین، علاوه بر دقت الگوریتم، الزامات فنی و قابلیت اعتماد بالینی در کارایی واقعی سامانه‌های پردازش تصویر دورا پزشکی نقش تعیین‌کننده دارند. پردازش تصویر به پزشکان این امکان را می‌دهد که تصاویر پزشکی مانند CT و MRI، را از راه دور بررسی و تحلیل کنند و تشخیص‌های دقیقی ارائه دهند به‌طوری‌که نیاز به حضور فیزیکی بیمار در مراکز درمانی به حداقل می‌رسد، این قابلیت، دورا پزشکی را به ابزاری کارآمد برای افزایش دسترسی به خدمات پزشکی و بهبود کیفیت مراقبت‌های سلامت تبدیل کرده است [۷،۸].

استفاده از دورا پزشکی و پردازش تصویر پزشکی چند دهه سابقه دارد و هم‌زمان با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و ارتباطی توسعه‌یافته است [۹]. از اواخر قرن بیستم، با ورود سیستم‌های تصویربرداری دیجیتال مانند CT و MRI، امکان ذخیره، انتقال و تحلیل تصاویر پزشکی به‌صورت الکترونیکی فراهم شد و زمینه برای ارائه خدمات پزشکی از راه دور شکل گرفت. نخستین کاربردهای دورا پزشکی محدود به انتقال تصاویر Radiology و ارائه مشاوره‌های تخصصی بین مراکز شهری و مناطق دورافتاده بود، اما با رشد اینترنت و شبکه‌های پرسرعت، دامنه آن به حوزه‌های متنوع‌تری مانند پوست، چشم‌پزشکی و Pathology گسترش یافت. هم‌زمان، با توسعه الگوریتم‌های پیشرفته در حوزه پردازش تصویر، امکان تشخیص سریع و دقیق بیماری‌ها از راه دور را بدون نیاز به حضور فیزیکی بیمار فراهم شد [۹-۱۱].

در سطح جهانی، کاربرد پردازش تصویر در دورا پزشکی طی سال‌های اخیر با رشد چشم‌گیری مواجه شده و به یکی از محورهای اصلی پژوهش‌های حوزه سلامت دیجیتال تبدیل‌شده است [۱۲]. کشورهای توسعه‌یافته با سرمایه‌گذاری گسترده در زیرساخت‌های دیجیتال و فناوری

1 Computed tomography
2 Magnetic Resonance Imaging، Radiography

اطلاعات، توانسته‌اند سیستم‌های دورا پزشکی پیشرفته‌ای ایجاد کنند که امکان تشخیص از راه دور ضایعات پوستی، بیماری‌های چشم، اختلالات قلبی و Pathology را فراهم می‌آورد [۱۵-۱۳]. هم‌زمان، روندهای پژوهشی اخیر به سمت استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق برای تحلیل تصاویر پزشکی متمرکزشده است؛ الگوریتم‌هایی که می‌توانند دقت تشخیص را افزایش داده و زمان پردازش تصاویر را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهند [۱۶]. همچنین، مطالعات متعددی بر تحلیل هزینه- فایده و امکان‌سنجی اقتصادی این فناوری‌ها تمرکز کرده‌اند تا ضمن بررسی اثربخشی بالینی، جنبه‌های مالی و عملیاتی آن نیز مورد ارزیابی قرار گیرد که این روندها نشان می‌دهد که همگام با پیشرفت‌های فنی، پژوهش‌های جهانی در تلاش‌اند چارچوبی یکپارچه و قابل‌اعتماد برای به‌کارگیری پردازش تصویر در دورا پزشکی ایجاد کنند، به‌گونه‌ای که هم مزایای بالینی و هم جنبه‌های اقتصادی و عملیاتی مدنظر قرار گیرد [۱۷].

پردازش تصویر در دورا پزشکی می‌تواند دقت تشخیص را افزایش دهد، زمان انتظار بیماران را کاهش دهد و به بهبود کارایی خدمات درمانی کمک کند [۱۸]. بااین‌حال، هزینه بالای ایجاد و نگهداری زیرساخت‌های فناوری، نیاز به‌دقت بالا در تحلیل تصاویر و نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی بیماران از مهم‌ترین چالش‌های توسعه این فناوری در نظام‌های سلامت هستند [۱۹،۲۰].

با توجه به گسترش روزافزون کاربردهای پردازش تصویر در ارائه خدمات سلامت از راه دور، همچنان این پرسش اساسی مطرح است که بهره‌گیری از این فناوری تا چه میزان ازنظر علمی، فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر و ضروری است. با توجه به هزینه‌های بالای ایجاد و نگهداری زیرساخت‌های فناوری، ارزیابی امکان‌سنجی مالی و تحلیل نسبت هزینه به‌فایده، یکی از جنبه‌های حیاتی در تصمیم‌گیری برای پیاده‌سازی این فناوری محسوب می‌شود. از این رو، بررسی شواهد موجود درزمینه فناوری‌ها و روش‌های مورداستفاده و تحلیل ابعاد اقتصادی مرتبط، می‌تواند تصویری واقع‌بینانه از ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و بازده سرمایه‌گذاری ارائه نماید.

هدف این مطالعه، ارائه یک مرور نظام‌مند به‌منظور تحلیل جامع قابلیت‌ها و چالش‌های پردازش تصویر در دورا پزشکی با تمرکز بر جنبه‌های الگوریتمی، بالینی، فنی و اقتصادی است.

مواد و روش‌ها:

پژوهش حاضر یک مطالعه مروری نظام‌مند است که به تحلیل جایگاه و کاربردهای فناوری پردازش تصویر در حیطه دورا پزشکی از اول January ۲۰۰۰ تا September ۲۰۲۵ می‌پردازد. فرآیند اجرای این مطالعه در گام‌های متعددی طراحی و پیاده‌سازی شد. در گام اول، پژوهش‌های مرتبط احتمالی از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر استخراج و این فرآیند جستجو و استخراج مقالات در تاریخ ۲۳ October سال ۲۰۲۵ انجام گرفت. سپس با توجه به معیارهای ورود و خروج، مورد ارزیابی و غربالگری قرار گرفتند. در ادامه، پس از انتخاب نهایی مقالات، داده‌های کلیدی از آن‌ها استخراج و به شیوه‌ای ساختاریافته مورد تحلیل قرار گرفت تا نمای جامعی از نقش پردازش تصویر در ارائه خدمات سلامت از راه دور ترسیم شود.

سه پایگاه داده PubMed، Scopus و Web of Science به‌عنوان منابع اصلی جستجو انتخاب شدند. راهبرد جستجو با ترکیب کلیدواژه‌های اساسی در حوزه‌های پردازش تصویر، دورا پزشکی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی و با استفاده از عملگرهای منطقی مناسب طراحی گردید. عبارات مورداستفاده در جستجو در (جدول ۱) ارائه شده است.

معیارهای ورود به مطالعه شامل مقالاتی بود که: در بازه زمانی مشخص‌شده مطالعه از اول (January ۲۰۰۰ تا September ۲۰۲۵) منتشرشده بودند، براساس بررسی عنوان و چکیده، ارتباط مستقیم با حوزه پردازش تصویر در دورا پزشکی داشتن، از نوع مطالعات اصیل بودند و شامل مقالات مروری، مقالات کنفرانسی یا مطالعات غیر تحقیقاتی نمی‌شدند، متن کامل آن‌ها به زبان انگلیسی در دسترس بود، تمرکز اصلی آن‌ها بر الگوریتم‌های پردازش تصویر پزشکی و به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی یا

یادگیری ماشین در بستر دورا پزشکی قرار داشت.

معیارهای خروج از مطالعه شامل مقالاتی بود که؛ گزارش ارزیابی عملکرد الگوریتم هوش مصنوعی؛ به این معنا که مطالعه شاخص‌های کمی معتبر (مانند دقت، حساسیت، ویژگی، یا معیارهای مشابه) برای سنجش عملکرد مدل ارائه نکرده بود، از روش‌شناسی غیراستاندارد در توسعه یا ارزیابی مدل‌های هوش مصنوعی در دورا پزشکی؛ ازجمله عدم تفکیک داده‌های آموزش و آزمون استفاده کرده بودند، فرآیند اعتبارسنجی مناسب یا استفاده از چارچوب‌های غیرقابل تکرار نداشتند، حجم داده بسیار محدود بود، به‌ویژه در مطالعات مبتنی بر یادگیری عمیق، به‌گونه‌ای که حجم داده مورداستفاده با الزامات شناخته‌شده این الگوریتم‌ها هم‌خوانی نداشت؛ به‌طورمعمول، مدل‌های یادگیری عمیق برای دستیابی به عملکرد قابل‌اعتماد نیازمند حداقل چند صد تا هزار نمونه داده هستند و مطالعاتی که فاقد پیاده‌سازی عملی بودند و صرفاً به ارائه ایده، چارچوب نظری یا توصیف مفهومی بدون اجرای الگوریتم و تحلیل نتایج پرداخته بودند.

جدول ۱ - متن راهبرد جستجو در سه پایگاه داده

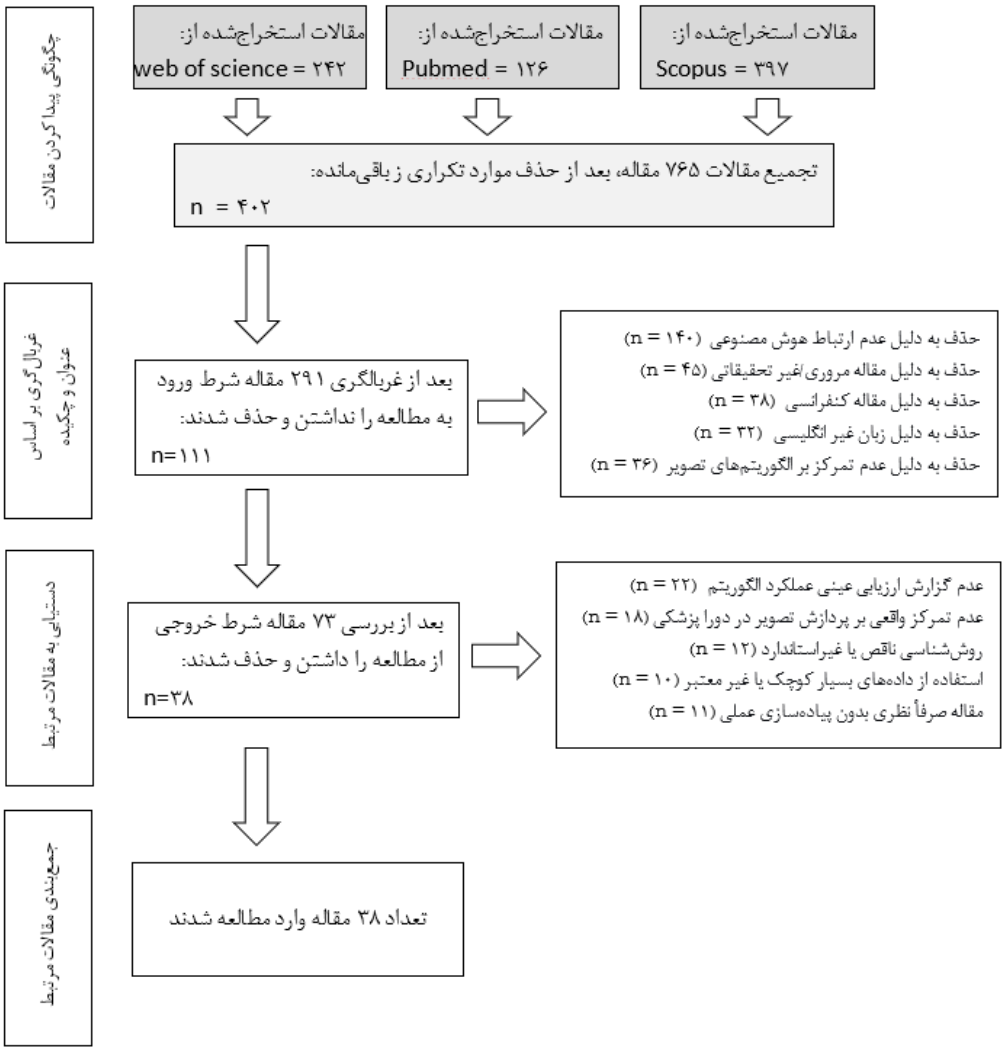
پایگاه داده	عبارت جستجو	تاریخ جستجو
PubMed	(("Artificial Intelligence"[Title/Abstract] OR "Machine Learning"[Title/Abstract] OR "Deep Learning"[Title/Abstract] OR "Neural network*"[Title/Abstract] OR "Predictive Model*"[Title/Abstract]) AND ("Telemedicine"[Title/Abstract] OR "Telehealth"[Title/Abstract] OR "eHealth"[Title/Abstract] OR "mHealth"[Title/Abstract] OR "Remote Monitoring"[Title/Abstract] OR "Virtual Care"[Title/Abstract] OR "Remote Consultation"[Title/Abstract]) AND ("Image processing"[Title/Abstract] OR "Medical imaging"[Title/Abstract] OR "Image analysis"[Title/Abstract] OR "Computer vision"[Title/Abstract] OR "Radiology image"[Title/Abstract] OR "Ultrasound image"[Title/Abstract]OR "CT image"[Title/Abstract] OR "MRI image"[Title/Abstract]) AND ("Application"[Title/Abstract] OR "Implementation"[Title/Abstract] OR "Use"[Title/Abstract] OR "Utilization"[Title/Abstract] OR "Integration"[Title/Abstract] OR "Development"[Title/Abstract]))	1404/08/01
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR "Neural network*" OR "Predictive model*") AND ("Telemedicine" OR "Telehealth" OR "eHealth" OR "mHealth" OR "Remote Monitoring" OR "Virtual Care" OR "Remote Consultation") AND ("Image processing" OR "Medical imaging" OR "Image analysis" OR "Computer vision" OR "Radiology image" OR "Ultrasound image" OR "CT image" OR "MRI image") AND ("Application" OR "Implementation" OR "Use" OR "Utilization" OR "Integration" OR "Development"))	1404/08/01
Web of Science	TS = (("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR "Neural network*" OR "Predictive model*") AND ("Telemedicine" OR "Telehealth" OR "eHealth" OR "mHealth" OR "Remote Monitoring" OR "Virtual Care" OR "Remote Consultation") AND ("Image processing" OR "Medical imaging" OR "Image analysis" OR "Computer vision" OR "Radiology image" OR "Ultrasound image" OR "CT image" OR "MRI image") AND ("Application" OR "Implementation" OR "Use" OR "Utilization" OR "Integration" OR "Development"))	1404/08/01

پس از انتخاب نهایی مقالات، داده‌های کلیدی مطالعات با استفاده از یک فرم استاندارد استخراج داده گردآوری شدند. استخراج داده‌ها به‌صورت مستقل توسط دو پژوهشگر (ن-ن و ک-ح) انجام و در نرم‌افزار Zotero ثبت شد. این داده‌ها شامل چهار بعد اصلی؛ نوع الگوریتم پردازش تصویر، بررسی ازنظر ارزیابی با کمک داده خارجی و حضور پزشک در مطالعه، نیازهای سیستم و سرورهای مورد استفاده و برآورد هزینه‌های مرتبط با پیاده‌سازی فناوری بود. داده‌ها در جدول مقالات ارائه‌شده‌اند تا امکان مقایسه مستقیم و تحلیل جامع ابعاد مختلف پردازش تصویر در دورا پزشکی فراهم شود. تمام داده‌ها توسط دو محقق به‌طور مستقل بررسی شدند تا صحت و انسجام اطلاعات استخراج شده

تضمین گردد. در موارد بروز اختلاف‌نظر، مقاله موردنظر مجدداً بازبینی شد و تصمیم نهایی از طریق بحث و اجماع مشترک براساس محتوای مقاله و اهداف مطالعه اتخاذ گردید.

سپس داده‌های استخراج‌شده با استفاده از روش‌های توصیفی و تحلیلی موردبررسی قرار گرفتند. الگوریتم‌ها براساس ویژگی‌های عملیاتی و سطح پیچیدگی دسته‌بندی شدند تا امکان تشخیص الگوریتم‌های مناسب‌تر برای کاربردهای مختلف فراهم شود. همچنین تحلیل ابعاد عملکردی، نیازهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و ملاحظات اقتصادی، امکان سنجش پتانسیل کاربرد فناوری در سناریوهای واقعی و شناسایی چالش‌های فنی و مالی مرتبط با پیاده‌سازی را ایجاد کرد.

تمام مراحل جمع‌آوری، غربال‌گری و تحلیل داده‌ها مطابق با دستورالعمل‌های PRISMA ۲۰۲۰ مستندسازی شد تا شفافیت و قابلیت تکرار مطالعه تضمین گردد (شکل ۱ نمودار PRISMA). داده‌های استخراج‌شده در قالب جدول‌ها و نمودارهای تحلیلی ارائه شدند تا روندهای کلی، نقاط قوت و محدودیت‌های الگوریتم‌ها، نیازهای سیستم و سرورها و ملاحظات اقتصادی به‌صورت تصویری و قابل‌فهم نمایش داده شوند. این تحلیل جامع، پایه‌ای برای نتیجه‌گیری‌های آگاهانه درباره قابلیت استفاده و کارایی پردازش تصویر در دورا پزشکی فراهم نمود و مسیر پژوهش‌های آینده را روشن کرد.



شکل ۱: نمودار جریان انتخاب مطالعات در مرور نظام‌مند براساس PRISMA ۲۰۲۰

یافته‌ها:

پس از اعمال فرآیند غربالگری و انتخاب براساس معیارهای از پیش تعیین‌شده برای ورود و خروج، تعداد ۳۸ مقاله به‌عنوان خروجی نهایی این مرور نظام‌مند شناسایی شد. این مطالعات نمایانگر طیف گسترده‌ای از کاربردهای پردازش تصویر در حوزه دورا پزشکی بود. داده‌های کلیدی مقالات منتخب به‌صورت ساختاریافته استخراج شد تا امکان تحلیل دقیق و مقایسه‌ای میان آن‌ها فراهم گردد. این استخراج داده براساس شاخص‌های از پیش تعریف‌شده شامل حوزه کاربرد، نوع الگوریتم پردازش تصویر، نوع یادگیری (EAGER/LAZY)، شفافیت الگوریتم (جعبه سیاه/سفید)، شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد، میزان مشارکت پزشک، وجود یا عدم وجود اعتبارسنجی با داده خارجی الزامات سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری انجام گرفت.

در جمع‌بندی نهایی مشخص شد که چهار بُعد اصلی در تحلیل نقش اساسی دارند. نخست، نوع الگوریتم‌های پردازش تصویر- ازجمله رویکردهای LAZY و EAGER و همچنین الگوریتم‌های جعبه سیاه و شفاف - بررسی شد. سپس ارزیابی سامانه‌ها با استفاده از داده‌های خارجی و نقش پزشک در فرایند مطالعه موردتوجه قرار گرفت. علاوه بر این، نیازهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سامانه‌ها و سرورها و درنهایت هزینه‌های مربوط به پیاده‌سازی فناوری نیز تحلیل شد. این نگاه چندبُعدی امکان مقایسه جامع و شناسایی روندهای غالب را فراهم کرد و به درک بهتر نقاط قوت، محدودیت‌ها و چالش‌های کاربرد پردازش تصویر در دورا پزشکی انجامید.

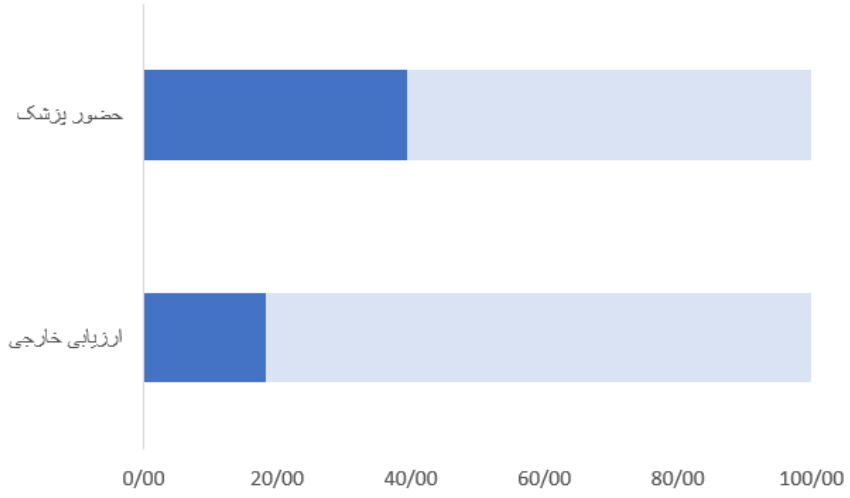
در بررسی مقالات، نوع الگوریتم‌های پردازش تصویر به‌عنوان یکی از ابعاد اصلی تحلیل موردتوجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوریتم‌های شبکه عصبی پیچیده بیشترین کاربرد را در حوزه دورا پزشکی در بخش پردازش تصویر دارند و سهم قابل‌توجهی از مقالات را به خود اختصاص داده‌اند. پس‌ازآن، الگوریتم‌های Deep Learning و SVM در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این توزیع نشان‌دهنده گرایش پژوهش‌ها به استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای پردازش و تحلیل داده‌های تصویری در محیط‌های سلامت از راه دور است.

شکل ۲: نمایی از توزیع تعداد مقالات براساس نوع الگوریتم

در بررسی شفافیت الگوریتم‌های مورد استفاده در مقالات، مشخص شد که تقریباً تمامی مطالعات از الگوریتم‌های جعبه سیاه بهره برده‌اند و تنها یک مقاله از الگوریتم‌های جعبه سفید یا قابل تفسیر استفاده کرده است.

علاوه بر تحلیل شفافیت الگوریتم‌ها، نوع پردازش الگوریتم‌ها نیز بررسی شد تا مشخص شود که الگوریتم‌های مورداستفاده در مقالات منتخب از چه رویکردی بهره می‌برند. نتایج نشان داد که ۳۶ الگوریتم‌ها در این مجموعه از نوع EAGER بوده‌اند و دو مقاله‌ای از الگوریتم‌های LAZY استفاده کرده است.

در تحلیل مربوط به حضور پزشکان در فرایند پژوهش و ارزیابی الگوریتم‌ها مشخص شد که تنها ۱۵ مقاله از مجموع ۳۸ مقاله دارای مشارکت مستقیم متخصصان بالینی بودند. این میزان معادل ۳۹/۴ درصد از کل مطالعات است که نشان‌دهنده سهم نسبتاً پایین حضور پزشکان درروند توسعه، اعتبارسنجی یا تفسیر خروجی سامانه‌های پردازش تصویر در حوزه دورا پزشکی است نتایج نشان داد که تنها هفت مقاله از مجموع ۳۸ مقاله (معادل ۱۸/۴ درصد) از ارزیابی توسط داده‌های خارجی استفاده کرده‌اند. در (شکل ۳) درصد حضور پزشکان و ارزیابی خارجی بیان‌شده است. همچنین، بررسی‌ها نشان داد که تنها ۱۰ مقاله (معادل ۲۶/۳ درصد) به موضوع زیرساخت فنی، نوع سرور، سخت‌افزار مورد نیاز یا الزامات سیستمی اشاره کرده بودند.



شکل ۳: درصد حضور پزشکان و ارزیابی خارجی

بحث و نتیجه‌گیری:

یافته‌ها نشان می‌دهد که پژوهش‌های مرتبط با پردازش تصویر در دورا پزشکی طی دو دهه اخیر رشد قابل‌توجهی داشته‌اند؛ بااین‌حال، همچنان شکاف معناداری میان پیشرفت‌های الگوریتمی و الزامات کاربرد عملی در محیط‌های بالینی مشاهده می‌شود. تحلیل ۳۸ مطالعه نهایی نشان داد که تمرکز غالب این پژوهش‌ها بر توسعه و ارزیابی مدل‌های یادگیری ماشین و به‌ویژه یادگیری عمیق بوده، درحالی‌که جنبه‌هایی مانند تفسیرپذیری، مشارکت بالینی، اعتبارسنجی خارجی، زیرساخت اجرایی و ملاحظات اقتصادی کمتر موردتوجه قرارگرفته‌اند.

یکی از الگوهای برجسته در مطالعات بررسی‌شده، غلبه Convolutional Neural Network در میان الگوریتم‌های پردازش تصویر است. اکثر مطالعات از Convolutional Neural Network یا سایر مدل‌های یادگیری عمیق برای تحلیل تصاویر پزشکی استفاده کرده‌اند و پس‌ازآن، روش‌هایی مانند یادگیری عمیق عمومی و SVM در رتبه‌های بعدی قرار داشته‌اند. این توزیع نشان‌دهنده گرایش جامعه پژوهشی به استفاده از روش‌هایی است که توانایی استخراج الگوهای پیچیده از تصاویر پزشکی رادارند و معمولاً عملکرد بالاتری نسبت به الگوریتم‌های کلاسیک ارائه می‌کنند؛ موضوعی که با یافته‌های مطالعات پیشین هم‌راستاست [۲۱].

یکی از مهم‌ترین پیامدهای استفاده گسترده از یادگیری عمیق، اتکای غالب به مدل‌های جعبه سیاه است. در این

مرور مشخص شد که ۳۷ مورد از ۳۸ مطالعه (۹۷ درصد) از الگوریتم‌هایی استفاده کرده‌اند که سازوکار تصمیم‌گیری آن‌ها به‌طور مستقیم قابل‌مشاهده یا تفسیر نیست. این میزان بالای عدم شفافیت در حوزه پزشکی و به‌ویژه دورا پزشکی یک محدودیت جدی محسوب می‌شود، زیرا تصمیمات الگوریتمی باید برای پزشکان قابل توضیح، ارزیابی و اعتماد باشند. نبود تفسیرپذیری نه‌تنها پذیرش بالینی فناوری را کاهش می‌دهد، بلکه در صورت بروز خطا، تحلیل، اصلاح و پاسخ‌گویی بالینی را دشوار می‌سازد. مرورهای اخیر نیز بر ضرورت استفاده از مدل‌های جعبه سفید یا به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی قابل توضیح برای حفظ اعتماد بالینی و ایمنی تصمیم‌گیری تأکید کرده‌اند [۲۲،۲۳].

از منظر ماهیت یادگیری، نتایج نشان داد که تقریباً تمامی مطالعات از الگوریتم‌های EAGER استفاده کرده‌اند؛ الگوریتم‌هایی که فرآیند یادگیری را پیش از مرحله اجرا انجام می‌دهند و در زمان استفاده عملی سرعت بالاتری دارند. این انتخاب با توجه به حجم و پیچیدگی داده‌های تصویری پزشکی و نیاز به پردازش سریع و پایدار در محیط‌های دورا پزشکی قابل‌انتظار است و با مرورهای موجود در حوزه یادگیری ماشین هم‌راستا است [۲۴]. بااین‌حال، فقدان الگوریتم‌های LAZY یا رویکردهای ترکیبی می‌تواند یکی از دلایل تفاوت نتایج گزارش‌شده با عملکرد بالقوه مدل‌ها در محیط‌های پویا و کم داده باشد.

یافته‌های مطالعه نشان داد که مشارکت پزشکان در بخش قابل‌توجهی از مطالعات گزارش نشده است. این در حالی است که شواهد متعددی نقش کلیدی متخصصان بالینی را در طراحی، برچسب‌گذاری داده‌ها، تعریف شاخص‌های ارزیابی و تفسیر نتایج برجسته کرده‌اند [۲۵،۲۶]. مشارکت پزشکان می‌تواند کیفیت داده‌ها و خروجی مدل‌ها را بهبود داده و پذیرش بالینی فناوری را تسهیل کند [۲۷]. هرچند برخی مرورها حضور پزشک را الزام‌آور ندانسته‌اند [۲۸،۲۹]. نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه نشان می‌دهد که فقدان تعامل مؤثر میان پژوهشگران فنی و متخصصان بالینی همچنان یکی از شکاف‌های مهم در توسعه سامانه‌های دورا پزشکی مبتنی بر پردازش تصویر است [۳۰].

یکی دیگر از یافته‌های قابل‌توجه مطالعه، محدود بودن ارزیابی خارجی مدل‌ها بود. تنها تعداد اندکی از مطالعات از مجموعه داده‌های مستقل برای اعتبارسنجی الگوریتم‌ها استفاده کرده‌اند. نبود ارزیابی خارجی می‌تواند منجر به بیش برازش، کاهش قابلیت تعمیم و افت عملکرد مدل‌ها در شرایط واقعی شود. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی در داده‌های مستقل اغلب کاهش می‌یابد و تفاوت‌های جمعیتی، تجهیزات تصویربرداری و شرایط بالینی می‌توانند نتایج را به‌طور معناداری تحت تأثیر قرار دهند [۳۱،۳۲]. برخی پژوهش‌ها پیشنهاد کرده‌اند که اعتبارسنجی محلی و مداوم می‌تواند به‌عنوان مکمل یا جایگزین ارزیابی خارجی یک‌باره مورداستفاده قرار گیرد تا مدل‌ها با تغییرات محیط بالینی سازگار باقی بمانند [۳۳].

از منظر اجرایی و اقتصادی، نتایج مطالعه نشان داد که هیچ‌یک از ۳۸ مطالعه بررسی‌شده تحلیل هزینه یا ارزیابی اقتصادی ارائه نکرده‌اند. برخی مطالعات به استفاده از GPU های پیشرفته و پرهزینه مانند Titan Xp، RTX 4090 یا A800 اشاره‌کرده‌اند، اما هیچ‌یک امکان‌سنجی اقتصادی اجرای این سامانه‌ها را در شرایط واقعی دورا پزشکی بررسی نکرده‌اند. در مقابل، تعدادی از پژوهش‌ها از تجهیزات ساده‌تری مانند Webcam استاندارد یا دوربین تلفن همراه استفاده کرده‌اند، اما حتی در این موارد نیز تحلیلی درباره تناسب هزینه و کیفیت خروجی ارائه نشده است. این موضوع به‌ویژه زمانی اهمیت می‌یابد که کاربردها بسیار متنوع باشند؛ به‌گونه‌ای که برخی خدمات ممکن است با تجهیزات کم‌هزینه قابل‌ارائه باشند، درحالی‌که برخی دیگر نیازمند زیرساخت‌های پیشرفته و پرهزینه هستند.

در مجموع، یافته‌های این مرور نشان می‌دهد که علی‌رغم پیشرفت چشمگیر الگوریتم‌های پردازش تصویر در دورا پزشکی، توجه ناکافی به تفسیرپذیری، اعتبارسنجی خارجی، مشارکت بالینی و ملاحظات اقتصادی مانعی جدی در مسیر انتقال این فناوری‌ها از محیط پژوهشی به کاربرد

بالینی واقعی محسوب می‌شود. کاربرد یافته‌های این مطالعه می‌تواند به پژوهشگران، توسعه‌دهندگان سامانه‌های هوش مصنوعی و سیاست‌گذاران سلامت کمک کند تا در کنار بهبود عملکرد الگوریتم‌ها، به الزامات اجرایی، اعتماد بالینی و امکان‌سنجی اقتصادی نیز توجه بیشتری داشته باشند.

می‌توان نتیجه گرفت که؛ اگرچه کاربرد الگوریتم‌های پردازش تصویر و به‌ویژه روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق در دورا پزشکی به‌طور قابل‌توجهی گسترش‌یافته است، اما تمرکز بیش‌ازحد بر عملکرد الگوریتمی و غفلت از شفافیت تصمیم‌گیری، مشارکت فعال متخصصان بالینی، اعتبارسنجی نتایج و ملاحظات اقتصادی، قابلیت پیاده‌سازی واقعی این سامانه‌ها را محدود کرده است.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر این است که؛ تمرکز غالب مطالعات بر شبکه‌های عصبی پیچیده بوده است و تنوع الگوریتمی در آن‌ها کم است همچنین گزارش ناکافی الزامات اجرایی و تحلیل هزینه وجود دارد و ارزیابی خارجی محدود است، گزارش از مشارکت متخصصان بالینی کافی نیست، ناهمگونی داده‌ها و شاخص‌های ارزیابی وجود داشت که باید در تفسیر یافته‌ها موردتوجه قرار گیرد؛ بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده بر توسعه مدل‌های تفسیرپذیر، تقویت مشارکت بالینی، انجام ارزیابی‌های خارجی چندمرکزی، بررسی نیازهای زیرساختی و اقتصادی، استفاده از مجموعه داده‌های متنوع‌تر و همچنین بررسی الگوریتم‌های LAZY یا رویکردهای ترکیبی تمرکز کنند .

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این مطالعه از نوع مروریست و نیازی به کد اخلاق ندارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی مستقیم از نهادهای دولتی، خصوصی یا غیردولتی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

کیمیا زروج حسینی: تدوین ساختار کلی مقاله، نگارش بخش‌های مقدمه، مرور ادبیات، روش‌شناسی و نتیجه‌گیری و ویرایش علمی و ادبی متن نهایی؛ نسترن نادری بلداجی: گردآوری منابع، مستندات و داده‌های اولیه از منابع معتبر، تهیه جداول، استخراج داده‌ها، آماده‌سازی مواد تحلیلی و مشارکت در تکمیل بخش یافته‌ها و بررسی صحت داده‌ها؛ امین گلابپور: نظارت بر روند انجام تحقیق و نگارش مقاله، بررسی نهایی علمی و روش‌شناختی، اطمینان از رعایت اصول اخلاق پژوهش، مدیریت ارتباط با سردبیر و مجله، ارسال مقاله و پاسخگویی به داوران و صیانت از حقوق تمامی مشارکت‌کنندگان.

تعارض منافع

هیچ گونه تضاد منافعی از سوی پژوهشگران گزارش نشده است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به دلیل حمایت‌های ارزشمند علمی و پژوهشی در فرایند انجام این مطالعه صمیمانه قدردانی می‌شود. پشتیبانی‌های این معاونت نقش مهمی در تسهیل مراحل اجرا، تحلیل و تکمیل این پژوهش داشته است.

References

1. Naseri Z, Daeechini A, Sharafi S, Laktarashi HV. Telemedicine's role in shaping the future of healthcare delivery: A systematic review. J Telemed. 2024; 1(3):16-23. DOI: 10.32592/TJT.2024.1.3.16
2. Elendu C, Egbunu EO, Opashola KA, Afuh RN, Adebambo SA. The role of telemedicine in improving healthcare outcome: A review. Adv Res. 2023; 24(5):55-9. DOI: 10.9734/AIR/2023/v24i5958
3. Volterrani M, Sposato B. Remote monitoring and telemedicine. Eur Heart J Suppl. 2019; 21(Supplement_M):54-6. DOI: 10.1093/eurheartj/suz266 PMID: 31908618
4. Baurupi Y, Saxena G, Singh M, Aggarwal P. Telemedicine: A boon in the Era of pandemic. JPHC. 2023; 4(3):174-5. DOI: 10.4103/jphpc.jphpc_22_21
5. Omaghomi TT, Elufioye OA, Akomolafe O, Anyanwu EC, Odilibe IP. A comprehensive review of telemedicine technologies: Past, present, and future prospects. IMSRJ. 2024; 4(2):183-93. DOI: 10.51594/imsrj.v4i2.811
6. Bui AA, Taira RK, editors. Medical imaging informatics. Springer Science & Business Media; 2009. Link
7. Ahmed AA, Mojiri ME, Daghriri AA, Hakami OA, Alruwaili RF, Khan RA, et al. The role of telemedicine in emergency department triage and patient care: A systematic review. Cureus. 2024; 16(12):e75505. DOI: 10.7759/cureus.75505 PMID: 39803013
8. Nigatu AM, Yilma TM, Gezie LD, Gebrewold Y, Gullslett MK, Mengiste SA, et al. Effect of teleradiology on patient waiting time and service satisfaction in public hospitals, Northwest Ethiopia: A quasi-experimental study. BMC Health Serv Res. 2025; 25(1):603. DOI: 10.1186/s12913-025-12545-8 PMID: 40281608
9. Bashshur RL, Krupinski EA, Thrall JH, Bashshur N. The empirical foundations of teleradiology and related applications: A review of the evidence. Telemed J E Health. 2016; 22(11):868-98. DOI: 10.1089/tmj.2016.0149 PMID: 27585301
10. Di Cerbo A, Morales-Medina JC, Palmieri B, Iannitti T. Narrative review of telemedicine consultation in medical practice. Patient Prefer Adherence. 2015; 9:65-75. DOI: 10.2147/PPA.S61617 PMID: 25609928
11. Bakalar RS. The past, present and future of telemedicine and telehealth. Telehealth and Medicine Today. 2016; 1(3). DOI: 10.30953/tmt.v1.84
12. Magdy M, Hosny KM, Ghali NI, Ghoniemy S. Security of medical images for telemedicine: A systematic review. Multimed Tools Appl. 2022; 81(18):25101-145. DOI: 10.1007/s11042-022-11956-7 PMID: 35342327
13. Walocko FM, Tejasvi T. Teledermatology applications in skin cancer diagnosis. Dermatol Clin. 2017; 35(4):559-63. DOI: 10.1016/j.det.2017.06.002 PMID: 28886813
14. Lee SC, Alber S, Lieng MK, Emami-Naeini P, Yiu G. Teleophthalmology using remote retinal imaging during the COVID-19 pandemic. Telemed J E Health. 2023; 29(1):81-6. DOI: 10.1089/tmj.2022.0048 PMID: 35612464
15. Farahani N, Pantanowitz L. Overview of telepathology. Surg Pathol Clin. 2015; 8(2):223-31. DOI: 10.1016/j.path.2015.02.018 PMID: 26065796
16. Suganyadevi S, Seethalakshmi V, Balasamy K. A review on deep learning in medical image analysis. Int J Multimed Inf Retr. 2022; 11(1):19-38. DOI: 10.1007/s13735-021-00218-1 PMID: 34513553
17. Molwitz I, Ristow I, Erley J, Akinci D'Antonoli T, Tejani AS, et al. Economic value of aI in radiology: A systematic review. Radiol Artif Intell. 2026; 8(1):e250090. DOI: 10.1148/ryai.250090 PMID: 41258794
18. Rossi M, Rehman S. Integrating artificial intelligence into telemedicine: Evidence, challenges, and future directions. Cureus. 2025; 17(8):e90829. DOI: 10.7759/cureus.90829 PMID: 40988810
19. Willis JS, Tyler C Jr, Schiff GD, Schreiner K. Ensuring primary care diagnostic quality in the era of telemedicine. Am J Med. 2021; 134(9):1101-3. DOI: 10.1016/j.amjmed.2021.04.027 PMID: 34051151
20. Snoswell CL, Taylor ML, Comans TA, Smith AC, Gray LC, Caffery LJ. Determining if telehealth can reduce health system costs: Scoping review. J Med Internet Res. 2020; 22(10):e17298. DOI: 10.2196/17298 PMID: 33074157
21. Agharezaei Z, Firouzi R, Hassanzadeh S, Zarei-Ghanavati S, Bahaadinbeigy K, Golabpour A, et al. Author correction: Computer-aided diagnosis of keratoconus through VAE-augmented images using deep learning. Sci Rep. 2023; 13(1):22914. DOI: 10.1038/s41598-023-50046-y PMID: 38129562
22. Marey A, Arjmand P, Alerab AD, Eslami MJ, Saad AM, Sanchez N, et al. Explainability, transparency and black box challenges of AI in radiology: Impact on patient care in cardiovascular radiology. Egypt J Radiol and Nucl Med. 2024; 55(1):183. DOI: 10.1186/s43055-024-01356-2
23. Shahhosseini F, Zarooj Hosseini K, Golabpour A. Advances and challenges of artificial intelligence in diagnosing non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025; 24(1):1-24.

[In Persian] DOI: 10.32592/jsmj.24.1.1

24. Yadav C, Wang S, Kumar M. Algorithm and approaches to handle large Data-A Survey. arXiv. 2013. DOI: 10.48550/arXiv.1307.5437

25. Ogut E. Artificial intelligence in clinical medicine: Challenges across diagnostic imaging, clinical decision support, surgery, pathology, and drug discovery. Clin Pract. 2025; 15(9):169. DOI: 10.3390/clinpract15090169 PMID: 41002784

26. England JR, Cheng PM. Artificial intelligence for medical image analysis: A guide for authors and reviewers. AJR Am J Roentgenol. 2019; 212(3):513-19. DOI: 10.2214/AJR.18.20490 PMID: 30557049

27. Prentzas N, Kakas A, Pattichis CS. Explainable AI applications in the medical domain: A systematic review. arXiv. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2308.05411

28. Mello-Thoms C, Mello CAB. Clinical applications of artificial intelligence in radiology. Br J Radiol. 2023; 96(1150):20221031. DOI: 10.1259/bjr.20221031 PMID: 37099398

29. Pakdemirli E, Wegner U. Artificial intelligence in various medical fields with emphasis on radiology: Statistical evaluation of the literature. Cureus. 2020; 12(10):e10961. DOI: 10.7759/cureus.10961 PMID: 33083162

30. Madan Y, Perivolaris A, Adams-McGavin RC, Jung JJ. Clinician interaction with artificial intelligence systems: A narrative review. JMAI. 2025; 8. DOI: 10.21037/jmai-24-279

31. Yu AC, Mohajer B, Eng J. External validation of deep learning algorithms for radiologic diagnosis: A systematic review. Radiol Artif Intell. 2022; 4(3):e210064. DOI: 10.1148/ryai.210064 PMID: 35652114

32. Abbasi N, Lacson R, Kapoor N, Licaros A, Guenette JP, Burk KS, et al. Development and external validation of an artificial intelligence model for identifying radiology reports containing recommendations for additional imaging. AJR Am J Roentgenol. 2023; 221(3):377-85. DOI: 10.2214/AJR.23.29120 PMID: 37073901

33. Youssef A, Pencina M, Thakur A, Zhu T, Clifton D, Shah NH. External validation of AI models in health should be replaced with recurring local validation. Nat Med. 2023; 29(11):2686-87. DOI: 10.1038/s41591-023-02540-z PMID: 37853136