

## تحول تشخیص و درمان سرطان پستان در عصر فناوری: از روش های

### غیرتهاجمی تا هوش مصنوعی و چالش های بالینی

علیرضا عباداللهی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران، alirezaebadollahi12345@gmail.com

چکیده - پیشرفت های اخیر در حوزه سرطان پستان عمدتاً بر سه محور اساسی متمرکز بوده است: نخست، توسعه روش های غیرتهاجمی و بسیار حساس برای تشخیص زودهنگام، از جمله بیوپسی مایع و انواع بیوسنسورها که توانایی شناسایی تغییرات مولکولی اولیه را فراهم می کنند. دوم، معرفی و گسترش درمان های هدفمند نسل جدید نظیر ترکیبات آنتی بادی-دارو (ADCs) و ترکیب های ایمنی درمانی که اثربخشی بالاتری نسبت به شیمی درمانی سنتی نشان داده اند. سوم، ادغام هوش مصنوعی و تحلیل چندامیک در تصمیم گیری بالینی که امکان پیش بینی دقیق تر رفتار تومور و انتخاب درمان فردمحور را فراهم می کند.

بر اساس گزارش های جهانی، سرطان پستان حدود یک سوم کل موارد سرطان در زنان را تشکیل می دهد و در سال ۲۰۲۵ بیش از ۲/۴ میلیون مورد جدید از آن ثبت شده است. اگرچه دسترسی به غربالگری و درمان های نوین در کشورهای توسعه یافته سبب کاهش مرگ و میر شده، اما این روند در کشورهای کم درآمد همچنان نگران کننده است. با توجه به نقش کلیدی زنان در سلامت خانواده و جامعه، ارتقای راهکارهای تشخیص و درمان این بیماری اهمیت ویژه ای دارد.

مسیر پژوهش ها در دهه گذشته از درمان های تهاجمی و غیرهدفمند به سمت پزشکی دقیق (Precision Medicine) تغییر یافته است و در سال های اخیر تمرکز گسترده ای بر فناوری های غیرتهاجمی و تحلیل داده های چندوجهی برای شناسایی زودهنگام، پایش پاسخ و انتخاب درمان فردمحور گزارش شده است. این مطالعه یک مرور از تازه ترین یافته ها است که با جست و جوی کلیدواژه های مرتبط با تشخیص و درمان سرطان پستان در پایگاه های Pubmed و Google Scholar طی سال های ۲۰۲۴ و ۲۰۲۵ انجام شده و مهم ترین پیشرفت های علمی و بالینی این دوره را جمع بندی و تحلیل می کند.

کلید واژه- هوش مصنوعی، سرطان پستان، تشخیص دقیق

از فناوری های موجود، اگرچه امیدوارکننده هستند، اما هنوز برای اطمینان از پذیرش بالینی گسترده، نیاز به اعتبارسنجی،

#### ۱-مقدمه

بهینه سازی و بهبود دسترسی بیشتری دارند [2]. هوش مصنوعی (AI) با بهبود دقت تشخیصی و کاهش موارد مثبت کاذب، پتانسیل تغییر کامل تشخیص زودهنگام سرطان پستان را دارد. زیرمجموعه ای از الگوریتم های یادگیری عمیق به نام شبکه های عصبی پیچشی (CNN) عملکرد قابل توجهی در تجزیه و تحلیل تصویر نشان داده اند و تومورها را در ماموگرافی و سونوگرافی با دقت بیشتری نسبت به تکنیک های مرسوم تشخیص می دهند. مجموعه داده های بزرگ را می توان توسط مدل های مبتنی بر هوش مصنوعی پردازش کرد تا الگوهای ظریفی را که ممکن است انسان ها خطا کنند، پیدا کنند و در نتیجه تشخیص های زودتر و دقیق تری حاصل شود. علاوه بر این، ترکیب هوش مصنوعی با فناوری پوشیدنی - مانند حسگرهای زیستی و سوتین های هوشمند - امکان جمع آوری مداوم داده ها و نظارت در زمان واقعی را فراهم می کند که نتایج بیمار را بهبود می بخشد

تشخیص زودهنگام برای بهبود نتایج درمان و میزان بقا بسیار مهم است. این مطالعه رویکردهای تشخیصی مختلفی از جمله تکنیک های تصویربرداری پیشرفته مانند دستگاه های تصویربرداری نوری بازتابی (ROIDS)، تصویربرداری مایکروویو (MWI)، سونوگرافی خودکار پستان (ABUS) و فناوری تصویربرداری مادون قرمز (IIT) را بررسی کرده است. علاوه بر این، حسگرهای زیستی نوآورانه، از جمله حسگرهای پیزوالکتریک، حسگرهای نزدیک به مادون قرمز و حسگرهای دمای دیجیتال مطرح شده اند که هر کدام مزایای منحصر به فردی مانند غیرتهاجمی بودن، حساسیت بیشتر و دقت تشخیص بهبود یافته را ارائه می دهند [1]. با وجود این پیشرفت ها، چالش های متعددی از جمله نیاز به افزایش دقت تشخیصی، راحتی بیمار و مقرون به صرفه بودن همچنان پابرجاست. بسیاری



حساس پزشکی، ملاحظات اخلاقی مربوط به سوگیری‌ها در داده‌ها، حاشیه‌نویسی دستی و پرهزینه مجموعه داده‌ها، تکامل مداوم فناوری که نیاز به به‌روزرسانی‌های مداوم دارد و لزوم رعایت مقررات قبل از استقرار در محیط‌های بالینی مواجهه است. علاوه بر این، غلبه بر این چالش‌ها مستلزم همکاری بین محققان، متخصصان مراقبت‌های بهداشتی، تنظیم‌کنندگان و توسعه‌دهندگان فناوری برای ایجاد راه‌حل‌های هوش مصنوعی از نظر اخلاقی صحیح و مؤثر برای تشخیص و شناسایی سرطان پستان است.[4]

ترکیبات آنتی‌بادی-دارو به یک روش درمانی انقلابی در مقابله با سرطان تبدیل شده‌اند. برای سرطان پستان، T-DM1، Dato-DXd، SG، T-DXd و SKB264 برای درمان سرطان پستان تأیید شده‌اند و چندین عامل در مراحل پایانی توسعه بالینی هستند. توسعه موفقیت‌آمیز ADCها، استاندارد درمانی مراقبت از سرطان پستان را شکل می‌دهد. درک بهتر از طراحی و توسعه ADCها، استفاده بالینی معقول و طراحی منطقی کارآزمایی‌های بالینی را ارتقا خواهد داد. با این حال، در طول استفاده از ADCها، مسائل متعددی از جمله مقاومت اکتسابی و سمیت‌ها، مطرح شده است. مطالعات آینده برای ADCها باید بر چندین جهت، از جمله شناسایی نشانگرهای زیستی برای پاسخ، روشن شدن مکانیسم‌های مقاومت، بررسی رژیم‌های ترکیبی منطقی و طراحی ADCهای نسل بعدی برتر، متمرکز شود.[4]

از آنجا که هنوز شکاف‌های زیادی در درک ریشه‌های اساسی و پویایی مولکول‌ها و DNA مشتق شده از تومور وجود دارد، تحقیقات بیشتر باید قبل از استانداردسازی تجزیه و تحلیل و تفسیر ctDNA که می‌تواند منجر به بهبود کاربرد بالینی در انواع مختلف سرطان به عنوان بخشی از یک روش غیرتهاجمی برای تشخیص، پیش‌آگهی و پاسخ به درمان در یک رویکرد پزشکی شخصی در انکولوژی شود، به این شکاف‌ها بپردازد. تحقیقات اخیر، همانطور که توسط TriOx نشان داده شده است، این احتمال را برجسته کرده است که آزمایش‌های خون برای ctDNA ممکن است غربالگری، نظارت و تشخیص سرطان را متحول کند تا تشخیص زودهنگام سرطان به عنوان یک امر روتین مانند سایر آزمایش‌های تشخیصی خون، مانند آزمایش قند خون، انجام شود.[5]

سرطان پستان یک بیماری ناهمگن است و چندین جنبه مولکولی با تأثیر بالینی محوری هنوز به طور کامل روشن

و ارزیابی‌های ریسک فردی را ارائه می‌دهد. پیشرفت‌های آینده در این فناوری‌ها احتمالاً بر بهبود الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای افزایش حساسیت و ویژگی غربالگری سرطان پستان متمرکز خواهد بود[3]. آینده تشخیص سرطان پستان احتمالاً شامل یک رویکرد چندوجهی خواهد بود که تصویربرداری مبتنی بر هوش مصنوعی، حسگرهای زیستی پیشرفته و فناوری‌های پوشیدنی را برای ایجاد یک چارچوب تشخیصی کارآمدتر، غیرتهاجمی و شخصی‌سازی شده ترکیب می‌کند همکاری‌های بین رشته‌ای مداوم، آزمایش‌های بالینی و اصلاحات فناوری برای بهبود روش‌های تشخیص زودهنگام و در نهایت بهبود میزان بقای بیماران در سراسر جهان ضروری خواهد بود.[3]

## ۲-مرور متون

این بررسی روایی بر اساس تجزیه و تحلیل جامعی از بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیز است که نقش هوش مصنوعی (AI) را در ماموگرافی ارزیابی می‌کنند. ادغام ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، پیشرفت‌های دلگرم‌کننده‌ای را در تشخیص ضایعه و کاهش موارد مثبت کاذب نشان می‌دهد. اگرچه این مطالعات آینده‌نگر، پشتیبانی تجربی اولیه‌ای را برای کاربرد بالینی هوش مصنوعی ارائه می‌دهند، اما از نظر تعداد، اندازه نمونه و دقت روش‌شناختی محدود هستند. علاوه بر این، یک چالش مهم که در سراسر پایگاه شواهد شناسایی شده است، ناهمگونی طرح‌های مطالعه، الگوریتم‌های هوش مصنوعی، مجموعه داده‌ها و ویژگی‌های جمعیت است. تنوع در آموزش مدل هوش مصنوعی و استراتژی‌های اعتبارسنجی، مقایسه‌های مستقیم و تجمیع نتایج را پیچیده‌تر می‌کند. نیاز مبرمی به کارآزمایی‌های آینده‌نگر چندمرکزی، در مقیاس بزرگ و با طراحی دقیق وجود دارد که روش‌های هماهنگ و گزارش‌دهی استاندارد نتایج را اتخاذ کنند. به طور خلاصه، این بررسی روایی بر پتانسیل هوش مصنوعی برای تغییر غربالگری سرطان پستان تأکید می‌کند، اما از رویکردی محتاطانه و مبتنی بر شواهد حمایت می‌کند.

توسعه هوش مصنوعی برای تشخیص سرطان پستان با چالش‌های متعددی از جمله مجموعه داده‌های محدود و نامتعادل، نیاز به هوش مصنوعی قابل تفسیر در تصمیم‌گیری پزشکی، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی پیرامون داده‌های



ابراز می کنند که نیاز به یک رویکرد متعادل در عمل بالینی را برجسته می کند. [7]

یک الزام اخلاقی اساسی، که توسط خود شرکت کنندگان گزارش شده است، همچنان در نظر گرفتن هوش مصنوعی به عنوان ابزاری توانمندساز است که هرگز نباید جایگزین ارزیابی انسانی تصاویر شود یا مانع تعامل و ارتباط مستقیم بین رادیولوژیست و بیمار شود [7].

در نتیجه، ادغام هوش مصنوعی پیشرفت های قابل توجهی در غربالگری سرطان پستان ایجاد می کند. با این حال، اجرای بالینی مؤثر آن مستلزم توجه به نگرانی های بیمار و حفظ نقش حیاتی رادیولوژیست ها در ارائه مراقبت های همدلانه به بیمار است. در ادامه، اولویت بندی تلاش ها با هدف همسوسازی ترجیحات و نیازهای بیمار با فناوری هوش مصنوعی ضروری است و اطمینان حاصل می شود که هوش مصنوعی به جای جایگزینی، مکمل جنبه های انسانی ارائه مراقبت های بهداشتی باشد. [7].

بالینی این فناوری ها باقی مانده است. تنوع در داده ها، الگوریتم ها و ویژگی های جمعیت، پیچیدگی های اعتبارسنجی و مقایسه نتایج را افزایش داده و نیازمند طراحی مطالعات بالینی چندمرکزی و استانداردسازی روش ها است. علاوه بر این، مسائل اخلاقی و حقوقی مرتبط با حفظ حریم خصوصی داده های پزشکی، سوگیری های موجود در داده ها، و نیاز به شفافیت و قابل تفسیر بودن مدل های هوش مصنوعی اهمیت زیادی دارند. از سوی دیگر، پذیرش این فناوری ها توسط پزشکان و بیماران نیازمند اعتمادسازی و حفظ تعامل انسانی در فرآیند تشخیص و درمان است.

در زمینه درمان، ترکیبات آنتی بادی-دارو (ADCها) تحولی بزرگ به شمار می آیند و با وجود موفقیت های قابل توجه، مقاومت دارویی و سمیت های مرتبط، چالش های مهمی هستند که نیازمند تحقیقات بیشتر و طراحی دقیق تر کارآزمایی های بالینی می باشند. همچنین، استفاده از روش های نوین مانند بیوپسی مایع (LB) برای نظارت بر پیشرفت بیماری و پاسخ به درمان، افق های جدیدی در مدیریت سرطان پستان باز کرده است، اما استانداردسازی و اعتبارسنجی این روش ها برای کاربرد

نشده اند. تشخیص زودهنگام همچنان یکی از مؤثرترین استراتژی ها برای بهبود نتایج بیماران مبتلا به سرطان پستان است. بیوپسی بافت، استاندارد طلایی برای تشخیص سرطان پستان و انجام توصیف مولکولی در نظر گرفته می شود، اما محدودیت های متعددی دارد. LB نوید می دهد که با نظارت بر پاسخ به درمان و ارائه اطلاعات روشن تر در مورد پیشرفت بیماری، از این محدودیت ها عبور کند. [6]

علاوه بر این، کاربرد آن در مدیریت بیماران مبتلا به سرطان پستان ممکن است فرصت جدیدی برای بهبود رویکرد درمانی ارائه دهد. در واقع، LB می تواند جایگزین جذابی برای رویکردهای سنتی پروفایل مولکولی باشد. تا به امروز، پلتفرم های متعددی در دسترس هستند. با این حال، هر روش نقاط قوت و ضعف مختلفی دارد که ورود LB به عمل بالینی را به چالش می کشد. بنابراین، ایجاد استانداردهای بالینی و هماهنگ سازی رویه ها برای اعتبارسنجی LB به عنوان یک آزمایش قابل اعتماد مکمل عمل فعلی بسیار مهم است. [6]

در حالی که بیماران پتانسیل هوش مصنوعی را برای افزایش دقت و کارایی تشخیصی در ماموگرافی تشخیص می دهند، نگرانی های متنوعی در مورد اعتماد، تعامل شخصی و پاسخگویی

#### ۴- بحث

تحول تشخیص و درمان سرطان پستان در عصر فناوری، فرصت های بی سابقه ای را برای بهبود نتایج بالینی و افزایش میزان بقا ایجاد کرده است. استفاده از فناوری های غیرتهاجمی پیشرفته، مانند تصویربرداری نوری بازتابی، مایکروویو، سونوگرافی خودکار و حسگرهای زیستی نوآورانه، باعث کاهش عوارض و افزایش راحتی بیماران شده و امکان تشخیص زودهنگام تر و دقیق تر را فراهم آورده است. این پیشرفت ها، در کنار به کارگیری هوش مصنوعی و الگوریتم های یادگیری عمیق، به ویژه شبکه های عصبی پیچشی، موجب افزایش دقت تشخیص، کاهش مثبت های کاذب و شخصی سازی درمان ها شده اند. ترکیب هوش مصنوعی با فناوری های پوشیدنی نیز امکان پایش مستمر و ارزیابی ریسک فردی را فراهم می کند که می تواند مسیر درمان را بهینه سازد.

با این وجود، چالش های متعددی در مسیر توسعه و کاربرد



بالینی ضروری است.

در نهایت، برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل فناوری‌های جدید در تشخیص و درمان سرطان پستان، نیازمند همکاری‌های بین‌رشته‌ای مستمر، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و توجه ویژه به ملاحظات اخلاقی و انسانی هستیم. با این رویکرد، می‌توان اطمینان حاصل کرد که فناوری‌های نوین نه تنها کیفیت مراقبت‌ها را بهبود می‌بخشند، بلکه تجربه بیماران را نیز به شکل مثبتی متحول می‌کنند..

## مراجع

- [1] Khan AQ, Touseeq M, Rehman S, Tahir M, Ashfaq M, Jaffar E, Abbasi SF. Advances in breast cancer diagnosis: a comprehensive review of imaging, biosensors, and emerging wearable technologies. *Frontiers in Oncology*. 2025;15:1587517..
- [2] Lastrucci A, Iosca N, Wandael Y, Barra A, Ricci R, Cucchiari JN, et al. Transforming breast imaging: A narrative review of systematic evidence on artificial intelligence in mammographic practice. *Diagnostics*. 2025;15(17):2197.
- [3] Al-Karawi D, Al-Zaidi S, Helael KA, Obeidat N, Mouhsen AM, Ajam T, et al. A review of artificial intelligence in breast imaging. *Tomography*. 2024;10(5):705-26.
- [4] Li N, Yang L, Zhao Z, Du T, Liang G, Li N, Tang J. Antibody-drug conjugates in breast cancer: current evidence and future directions. *Experimental Hematology & Oncology*. 2025;14(1):41.
- [5] Parums DV. A Review of Circulating Tumor DNA (ctDNA) and the Liquid Biopsy in Cancer Diagnosis, Screening, and Monitoring Treatment Response. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*. 2025;31:e949300.
- [6] Schiavone ML, Scarpitta R, Ravera F, Bleve S, Reduzzi C, Di Cocco F, et al. Liquid biopsy in breast cancer: Redefining precision medicine. *The Journal of Liquid Biopsy*. 2025:100312.
- [7] Pesapane F, Giambersio E, Capetti B, Monzani D, Grasso R, Nicosia L, et al. Patients' perceptions and attitudes to the use of artificial intelligence in breast cancer diagnosis: a narrative review. *Life*. 2024;14(4):454.