

مروری بر تکنیک‌های هوش مصنوعی و پردازش تصویر در تشخیص زودهنگام سرطان

محمد مهدی موذنی^۱

۱- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع
m.moazeni1376@yahoo.com

چکیده

سرطان یکی از چالش‌های اصلی حوزه سلامت در سراسر جهان محسوب می‌شود که ناشی از رشد و تکثیر مهارنشده سلول‌های دگرذیسی‌یافته در بدن است و در صورتی که در مراحل اولیه تشخیص داده نشود، می‌تواند منجر به درگیری بافت‌های حیاتی و کاهش شدید شانس بقای بیمار گردد؛ از این رو، تشخیص زودهنگام به عنوان کلیدی‌ترین عامل در موفقیت درمان و کاهش نرخ مرگ‌ومیر شناخته می‌شود. اگرچه روش‌های تصویربرداری پزشکی نظیر پرتو ایکس، توموگرافی کامپیوتری، MRI، سونوگرافی و ماموگرافی، ابزارهای اولیه برای شناسایی توده‌های مشکوک هستند، اما تفسیر چشمی این تصاویر توسط رادیولوژیست‌ها ممکن است با خطا همراه باشد و یا جزئیات پنهان در بافت تصویر از دید انسان مخفی بماند. این مقاله به مرور جامع کاربرد تکنیک‌های هوش مصنوعی و سیستم‌های تشخیص به کمک کامپیوتر در پردازش تصاویر پزشکی جهت تشخیص سرطان می‌پردازد که هدف اصلی آن‌ها ارائه یک «نظر دوم» به پزشکان و خودکارسازی فرآیندهای پیچیده تحلیل تصویر است. در این پژوهش، مراحل اصلی پردازش تصویر شامل پیش‌پردازش (با تمرکز بر حذف نویز و تصحیح پیکسل)، تقسیم‌بندی (با استفاده از الگوریتم‌هایی نظیر آستانه‌گذاری و رشد ناحیه)، استخراج ویژگی و کلاس‌بندی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یافته‌های این مرور نشان می‌دهد که الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق قادرند با پردازش حجم عظیمی از داده‌های تصویری در زمان کوتاه، الگوهای پیچیده‌ای را شناسایی کنند که با چشم غیرمسلح قابل تشخیص نیستند و با کلاس‌بندی دقیق تصاویر به دو دسته خوش‌خیم و بدخیم، علاوه بر افزایش سرعت تشخیص، خطای انسانی را به حداقل رسانده و مسیر درمان را هموارتر می‌سازند.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، پردازش تصویر پزشکی، تشخیص زودهنگام سرطان، سیستم‌های تشخیص به کمک کامپیوتر، قطعه‌بندی تصویر.

۱- مقدمه

۱-۱- سیستم‌های تشخیص به کمک کامپیوتر

سیستم‌های تشخیص به کمک کامپیوتر به منظور ارائه پشتیبانی تصمیم‌گیری در فرآیندهای بالینی، از جمله تشخیص ضایعه، مرحله‌بندی سرطان و برنامه‌ریزی درمان طراحی شده‌اند. نکته حائز اهمیت این است که خروجی این سیستم‌ها به عنوان نتیجه نهایی در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه به عنوان یک «نظر دوم» و مرجعی برای انجام آزمایش‌های تکمیلی توسط پزشک متخصص عمل می‌کند. چان و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود مروری جامع بر کاربرد این سیستم‌ها، به‌ویژه در تشخیص سرطان ریه و آمبولی ریوی در توموگرافی کامپیوتری داشته‌اند [۱].

۱-۲- هوش مصنوعی در پزشکی

هوش مصنوعی در معنای عام، به شبیه‌سازی هوش انسانی توسط ماشین اطلاق می‌شود، به گونه‌ای که سیستم قادر باشد فرآیندهای تفکر و تصمیم‌گیری را مشابه انسان انجام دهد [۲]. در حوزه تصویربرداری پزشکی، الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین و یادگیری عمیق توسعه یافته‌اند تا بخشی از وظایف رادیولوژیست‌ها، مانند تشخیص الگوهای پیچیده و ضایعات کوچک را خودکارسازی کنند [۳، ۴]. این تکنیک‌ها قادرند چالش‌های موجود در تصویربرداری پزشکی، از مرحله اخذ تصویر تا پردازش و تشخیص نهایی را مدیریت کرده و دقت تشخیص را به طرز چشمگیری افزایش دهند [۵].

۲- روش‌های تصویربرداری پزشکی و چالش‌های آن

گام نخست در فرآیند تشخیص سرطان، انتخاب مودالیت‌ها یا روش تصویربرداری مناسب است. هر روش فیزیک تصویربرداری خاص خود را دارد و بسته به نوع بافت و محل تومور انتخاب می‌شود. در ادامه، روش‌های متداول به همراه مزایا، معایب و کاربردهای آن‌ها بررسی می‌شود:

۱-۲- پرتو ایکس

این روش یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین تکنیک‌هاست که بیشتر برای تشخیص سرطان استخوان و بررسی اولیه قفسه سینه کاربرد دارد. با این حال، تصاویر پرتو ایکس اغلب حاوی نویز هستند یا دچار تاری می‌شوند که این مسئله می‌تواند منجر به پنهان ماندن جزئیات ریز و دشواری در طبقه‌بندی دقیق بیماری شود. چیهالکار (۲۰۱۶) در پژوهش خود به تحلیل پردازش تصویر در رادیوگرافی دیجیتال و راهکارهای رفع این چالش‌ها پرداخته است [۶].

۲-۲- توموگرافی کامپیوتری

سی‌تی اسکن با ارائه تصاویر مقطعی و سه بعدی، اطلاعات دقیقی از بافت‌های نرم، رگ‌های خونی و محل دقیق تومور فراهم می‌کند که در روش‌های دو بعدی ساده قابل مشاهده نیست. چان و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد این روش را در تشخیص سرطان ریه و آمبولی ریوی بررسی کرده‌اند [۱]. اگرچه این روش دقت بالایی دارد، اما چالش اصلی آن دوز بالای تابش اشعه است که می‌تواند برای بیمار خطراتی به همراه داشته باشد.

۳-۲- سونوگرافی

سونوگرافی یک روش غیرتهاجمی و ایمن است که از امواج صوتی با فرکانس بالا استفاده می‌کند. وگنر (۲۰۱۹) به نقش هوش مصنوعی در بهبود تفسیر این تصاویر اشاره کرده است [۲]. این روش برای بافت‌های نرم و متراکم (مانند بافت پستان) بسیار کارآمد است، اما کیفیت تصویر نهایی و دقت تشخیص به شدت به مهارت و تجربه اپراتور بستگی دارد و وجود نویزهای خاص (مانند نویز Speckle) تفسیر آن را دشوار می‌سازد [۷].

۴-۲- تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)

این روش با استفاده از امواج رادیویی و میدان‌های مغناطیسی قوی، دقیق‌ترین تصاویر را از بافت‌های بدن بدون استفاده از پرتوهای یونیزان ارائه می‌دهد. لوندروولد (۲۰۱۹) در مقاله مروری خود نشان داده است که چگونه یادگیری عمیق می‌تواند تحلیل تصاویر پیچیده MRI را بهبود بخشد [۸]. ام‌آر‌آی برای بررسی تومورهای مغزی و متاستازها بسیار حیاتی است.

۲-۵- ترموگرافی

این تکنیک مبتنی بر ثبت تشعشعات مادون قرمز و تغییرات دمای سطح پوست است (با فرض اینکه سلول‌های سرطانی متابولیسم و دمای بالاتری دارند). با این حال، تفسیر تصاویر ترموگرافی به دلیل وضوح پایین و حساسیت محیطی بسیار دشوار است و معمولاً به عنوان روش مکمل استفاده می‌شود [۷].

۳-۲- ماموگرافی

ماموگرافی همچنان به عنوان «استاندارد طلایی» برای غربالگری و تشخیص زودرس سرطان پستان شناخته می‌شود. این روش قادر به نمایش میکروکلسیفیکاسیون‌ها (رسوبات کلسیم) است. با این وجود، صدوقی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی خود بیان می‌کنند که ماموگرافی در بافت‌های متراکم پستان ممکن است دچار خطا شود و کنتراست پایین تصویر در برخی موارد، تشخیص را با چالش روبرو می‌کند [۷]. جدول ۱ نمایانگر مقایسه کلی بین روش‌های مذکور است.

جدول ۱ مقایسه روش‌های مختلف تصویربرداری

روش تصویربرداری	مکانیسم فیزیکی	مزایا	محدودیت‌ها و چالش‌ها	کاربرد هوش مصنوعی
پرتو ایکس	پرتوهای یونیزان	سریع، ارزان، در دسترس	نویز بالا، تاری تصویر، عدم نمایش بافت نرم	کاهش نویز و بهبود لبه‌ها
سی تی اسکن	پرتو ایکس (مقطعی)	تصاویر دقیق سه بعدی، وضوح بالا	دوز بالای اشعه، هزینه نسبتاً بالا	تشخیص ندول‌های ریوی و آمبولی
سونوگرافی	امواج صوتی	بدون اشعه (ایمن)، کم‌هزینه	وابسته به اپراتور، نویز، Speckle، وضوح پایین	طبقه‌بندی توده‌های پستان
MRI	امواج رادیویی/مغناطیسی	کنتراست عالی بافت نرم، بدون اشعه	زمان‌بر، گران‌قیمت، تحلیل پیچیده	بخش‌بندی تومورهای مغزی
ماموگرافی	پرتو ایکس (دوز کم)	استاندارد طلایی تشخیص پستان	کنتراست پایین در سینه‌های متراکم	تشخیص میکروکلسیفیکاسیون‌ها

۳-۳- مراحل پردازش تصویر برای تشخیص سرطان

سیستم‌های تشخیص خودکار سرطان بر پایه یک مسیر پردازشی استوار هستند که هدف آن تبدیل تصاویر خام پزشکی به اطلاعات قابل درک و تشخیصی است. این فرآیند معمولاً شامل چهار مرحله اصلی است: پیش‌پردازش، قطعه‌بندی، استخراج ویژگی و کلاس‌بندی.

۳-۱- پیش‌پردازش

نخستین و شاید حیاتی‌ترین گام در پردازش تصویر، پیش‌پردازش است. هدف این مرحله، آماده‌سازی تصویر برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی از طریق حذف نویزهای مزاحم، افزایش کنتراست و بهبود کیفیت بصری است. ویلمینک و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود تأکید می‌کنند که آماده‌سازی صحیح داده‌های تصویری برای موفقیت الگوریتم‌های یادگیری ماشین ضروری

است [۴]. اگر نویزها به درستی حذف نشوند، در مراحل بعدی منجر به استخراج ویژگی‌های غلط و کاهش دقت طبقه‌بندی خواهند شد.

مهم‌ترین چالش‌ها و تکنیک‌های این مرحله عبارتند از:

- **حذف نویز الگوی ثابت:** این نویز ناشی از عدم یکنواختی در پاسخ‌دهی پیکسل‌های حسگر تصویربرداری به نور یا تابش است که باعث ایجاد الگوهای ثابت روی تصویر می‌شود.
- **تصحیح پیکسل مرده:** گاهی برخی پیکسل‌ها در حسگر دیجیتال خراب هستند و اطلاعات مفیدی ثبت نمی‌کنند. در این تکنیک، مقدار این پیکسل‌ها با میانگین پیکسل‌های سالم همسایه جایگزین می‌شود.
- **تصحیح وینیتینگ:** این پدیده به کاهش روشنایی یا اشباع در گوشه‌های تصویر نسبت به مرکز آن اشاره دارد که ناشی از محدودیت‌های اپتیکی لنز است و باید اصلاح شود.
- **بهبود کیفیت در رادیوگرافی:** چیهالکار (۲۰۱۶) روش‌های پردازش تصویر خاصی را برای کاهش نویز و تاری در تصاویر اشعه ایکس دیجیتال پیشنهاد داده است تا وضوح ساختارهای استخوانی افزایش یابد [۶].

۳-۲- قطعه‌بندی یا تقسیم‌بندی

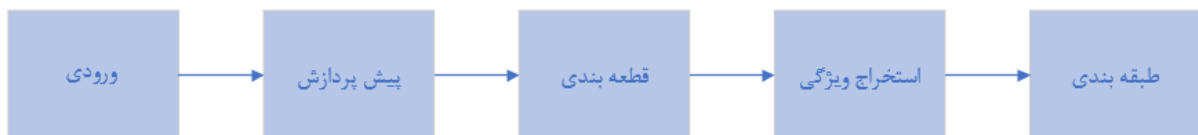
قطعه‌بندی فرآیند تقسیم تصویر دیجیتال به چندین بخش یا مجموعه پیکسل است تا تجزیه و تحلیل تصویر ساده‌تر شود. هدف نهایی، جداسازی بافت مشکوک (تومور) از بافت‌های سالم پس‌زمینه است. تورینو (۲۰۲۰) و تم (۲۰۲۰) روش‌های متنوعی را برای تقسیم‌بندی تصاویر پزشکی بررسی کرده‌اند [۲، ۹]. الگوریتم‌های تقسیم‌بندی عمدتاً بر اساس دو ویژگی «تشابه» و «ناپیوستگی» مقادیر شدت روشنایی عمل می‌کنند.

روش‌های اصلی مورد استفاده عبارتند از:

- **روش آستانه‌گذاری:** این یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌هاست که در آن تصویر سطح خاکستری به یک تصویر باینری (سیاه و سفید) تبدیل می‌شود. پیکسل‌هایی که شدت آن‌ها بالاتر از یک حد آستانه باشد به عنوان بافت هدف و بقیه به عنوان پس‌زمینه در نظر گرفته می‌شوند. ردی و ناگالاکشمی (۲۰۱۹) از این تکنیک برای تشخیص سرطان پوست و جداسازی ضایعه از پوست سالم استفاده کرده‌اند [۱۰]. همچنین تم (۲۰۲۰) کاربرد آن را در بخش‌بندی عمومی پزشکی بررسی کرده است [۹].
- **حوضه کنترل شده نشانگر:** این روش برای جدا کردن اشیاء متصل به هم که مرزهای مشخصی ندارند، بسیار کارآمد است. این الگوریتم تصویر را مانند یک سطح توپوگرافی در نظر می‌گیرد که در آن پیکسل‌های روشن ارتفاع زیاد و پیکسل‌های تیره ارتفاع کم دارند. با "آبگیری" فرضی این سطح، خطوطی که حوضچه‌های مختلف را جدا می‌کنند (خطوط آبریز) مرزهای اشیاء را تشکیل می‌دهند. گوتی و همکاران (۲۰۱۹) کارایی بالای این روش را در تشخیص دقیق لبه‌های سرطان پوست نشان داده‌اند [۱۱]. رمانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز آن را برای تشخیص تومورهای پستان پیشنهاد کرده‌اند [۱۲].
- **رشد ناحیه:** این روش مبتنی بر ناحیه است که با انتخاب یک پیکسل اولیه شروع می‌شود. سپس پیکسل‌های همسایه بررسی می‌شوند و اگر ویژگی‌هایی مشابه (مانند رنگ یا بافت) با نقطه اولیه داشته باشند، به آن ناحیه اضافه می‌شوند. این فرآیند تا زمانی که دیگر پیکسلی برای اضافه شدن نباشد، ادامه می‌یابد [۹، ۱۲].
- **پیاده‌روی تصادفی:** در این روش ریاضیاتی، تقسیم‌بندی بافت‌ها بر اساس مدل‌سازی حرکت تصادفی در گراف تصویر انجام می‌شود. رمانی (۲۰۱۲) از این روش برای تقسیم‌بندی دقیق بافت‌های پستان در تصاویر پزشکی استفاده کرده است [۱۲].

۳-۳- استخراج ویژگی و کلاس‌بندی

پس از اینکه ناحیه تومور توسط قطعه‌بندی جدا شد، نوبت به استخراج ویژگی‌های ریاضی و بافتی (مانند شکل، اندازه، زبری بافت و هیستوگرام شدت) می‌رسد. در مرحله نهایی یا کلاس‌بندی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی با استفاده از داده‌های آموزش‌دیده، به تصویر جدید یک برچسب اختصاص می‌دهند (مانند: "خوش‌خیم" یا "بدخیم"). صدوقی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده‌اند که چگونه این فرآیند در تشخیص سرطان پستان می‌تواند دقت رادیولوژیست‌ها را بهبود بخشد [۷]. شکل ۱ مراحل فوق را به ترتیب از چپ به راست نمایش می‌دهد.



شکل ۱ مراحل تشخیص سرطان

۴- نتیجه گیری

بررسی‌های انجام شده در این پژوهش نشان می‌دهد که تشخیص زودهنگام سرطان، حیاتی‌ترین عامل در کاهش نرخ مرگ‌ومیر و افزایش اثربخشی درمان است. اگرچه روش‌های تصویربرداری پزشکی اطلاعات ارزشمندی ارائه می‌دهند، اما وابستگی تفسیر آن‌ها به چشم انسان، همواره با احتمال خطا همراه است.

این مقاله با مرور تکنیک‌های هوش مصنوعی و سیستم‌های تشخیص به کمک کامپیوتر نشان داد که این فناوری‌ها نه به‌عنوان جایگزین پزشک، بلکه به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای ارائه «نظر دوم» عمل می‌کنند. فرآیند پردازش تصویر شامل پیش‌پردازش، قطعه‌بندی و کلاس‌بندی، با حذف نویزها و استخراج ویژگی‌های پنهان بافت، دقت تشخیص ضایعات خوش‌خیم و بدخیم را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. در نهایت، به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین در کنار تخصص رادیولوژیست‌ها، مسیری مطمئن برای کاهش خطاهای پزشکی و بهبود سلامت جامعه فراهم می‌آورد.



ICAICS

<https://icaics.ir>

info@icaics.ir

اولین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی
و علوم کامپیوتری نو ظهور: از الگوریتم تا آینده‌نگری

First International Conference on Artificial Intelligence
and Emerging Computer Science: From Algorithm to Foresight

March 17, 2026-GEORGIA

۲۶ اسفند ماه ۱۴۰۴ - گرجستان

مراجع

- [1] H.-P. Chan, L. Hadjiiski, C. Zhou, and B. Sahiner, "Computer-aided diagnosis of lung cancer and pulmonary embolism in computed tomography—a review," *Academic radiology*, vol. 15, no. 5, pp. 535-555, 2008.
- [2] J. C. Gore, "Artificial intelligence in medical imaging," vol. 68, ed: Elsevier, 2020, pp. A1-A4.
- [3] S. J. Lewis, Z. Gandomkar, and P. C. Brennan, "Artificial Intelligence in medical imaging practice: looking to the future," *Journal of Medical radiation sciences*, vol. 66, no. 4, pp. 292-295, 2019.
- [4] M. J. Willemink *et al.*, "Preparing medical imaging data for machine learning," *Radiology*, vol. 295, no. 1, pp. 4-15, 2020.
- [5] F. Pesapane, M. Codari, and F. Sardanelli, "Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine," *European radiology experimental*, vol. 2, no. 1, p. 35, 2018.
- [6] A. T. Chikhalekar, "Analysis of image processing for digital X-ray," *Int. Res. J. Eng. Technol.(IRJET) e-ISSN*, pp. 2395-0056, 2016.
- [7] F. Sadoughi, Z. Kazemy, F. Hamedan, L. Owji, M. Rahmanikati, and T. T. Azadboni, "Artificial intelligence methods for the diagnosis of breast cancer by image processing: a review," *Breast Cancer: Targets and Therapy*, pp. 219-230, 2018.
- [8] A. S. Lundervold and A. Lundervold, "An overview of deep learning in medical imaging focusing on MRI," *Zeitschrift fuer medizinische Physik*, vol. 29, no. 2, pp. 102-127, 2019.
- [9] C. Tam, "Machine learning towards general medical image segmentation," The University of Western Ontario (Canada), 2020.
- [10] H. Reddy and T. Nagalakshmi, "Skin Cancer Detection Using Image Processing Technique," *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 8, pp. 282-85, 2019.
- [11] S. Gothi, R. Baraskar, and S. Agrawal, "An efficient approach of image segmentation for skin cancer detection," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 9, pp. 783-787, 2019.
- [12] R. Ramani, S. Suthanthiravanitha, and S. Valarmathy, "A survey of current image segmentation techniques for detection of breast cancer," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 2, no. 5, pp. 1124-1129, 2012.