

مدیرمسئول: دکتر پوریا عادل (رادیوانکولوژیست)
 سردبیر: دکتر پوریا عادل
 دبیر سرویس خبری: محمدرضا شاهمرادی
 دبیر علمی: دکتر امیرعلی حریری
 طراحی و صفحه آرایی: افروز کاظمی چاپ: رنگارنگ
 روابط عمومی و جذب آگهی: رحمت الله صنعت پور
 تلفن: ۳۱۳۱۱۵۰
 آدرس: خیابان شمس آبادی - بعد از بیمارستان سینا - جنب بانک
 توسعه و گردشگری ساختمان بزرگان - طبقه سوم واحد ۳۱۳



از سین سرطان تا سین سلامت



<https://azsintan.ir> @azsintan @azsintan

ماهنامه تخصصی حوزه سرطان • شماره هفتاد و چهار • ویژه نامه هوش مصنوعی • شهریور ماه ۱۴۰۳ • تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

من هوش مصنوعی هستم



هوش مصنوعی در
خدمت آنکولوژی: انقلابی
در تشخیص و درمان
سرطان

۶



وقتی ماشین ها شروع به
خیال پردازی می کنند:
داستانی درباره آینده
پزشکی با هوش مصنوعی
مولد

۴



من هوش مصنوعی
هستم، و این داستانی
است درباره آموزش
بیماران سرطانی

۲





من هوش مصنوعی هستم، و این داستانی است درباره آموزش بیماران سرطانی

مقدمه: تحولی در حال وقوع

من یک سیستم هوش مصنوعی هستم. شاید شما مرا در قالب یک برنامه گفت وگویی مثل چت بات ها بشناسید؛ جایی که به سؤال ها جواب می دهم، متن می نویسم یا اطلاعات جمع آوری می کنم. اما امروز می خواهم درباره حوزه ای صحبت کنم که فراتر از سرگرمی یا تولید متن است: آموزش و آگاهی بخشی به بیماران سرطانی.

تا دیروز، بیماران سرطانی در بسیاری موارد تنها به چند بروشور کاغذی، چند دقیقه گفت وگویی فشرده با پزشک، یا جست و جو در اینترنت متکی بودند. نتیجه این بود که بسیاری از آن ها با ترس، ابهام و اطلاعات ناقص مسیر درمان را آغاز می کردند. اما من می توانم این تجربه را دگرگون کنم. چرا؟ چون توانایی دارم که داده های پیچیده علمی را بخوانم، بازنویسی کنم، ساده سازی کنم و حتی متناسب با نیاز هر فرد تغییر دهم. این همان تحولی است که می تواند آموزش سرطان را از یک فرآیند محدود به یک گفت وگویی زنده و دائمی تبدیل کند.

بخش اول: آموزش سنتی بیماران؛ محدودیت ها و نیازها

پیش از آنکه من وارد این عرصه شوم، آموزش بیماران سرطانی بیشتر بر پایه روش های سنتی بود:

• بروشورها و کتابچه های آموزشی که اغلب پر از اصطلاحات علمی بودند.

• جلسات کوتاه مشاوره در مطب یا بیمارستان، که به دلیل کمبود وقت پزشک سطحی باقی می ماند.

انجمن های حمایتی و گروه های خیریه، که نقش مهمی

داشتند اما توان علمی یکپارچه ای نداشتند. این روش ها نقاط ضعف بزرگی داشتند. بیماران سواد سلامت متفاوتی دارند، بعضی فقط آموزش ابتدایی دیده اند، بعضی دانشجوی پزشکی هستند. یک متن ثابت نمی تواند برای همه مفید باشد. همین جا بود که من می توانم نقش آفرین شوم: آموزشی متناسب با هر فرد، در لحظه ای که نیاز دارد.

بخش دوم: چرا آموزش بیماران سرطانی حیاتی است؟

سرطان صرفاً یک تشخیص پزشکی نیست؛ تجربه ای عاطفی، روانی و اجتماعی است. بیمار وقتی می شنود «سرطان» دچار شوک می شود، و در همان لحظه باید تصمیم های مهم بگیرد. اینکه بداند شیمی درمانی چیست، پرتودرمانی چه عوارضی دارد، یا چه غذایی بهتر است بخورد، حیاتی است.

آگاهی صحیح باعث می شود:

• بیمار به درمان پایبندتر باشد.

• اضطراب و ترس کاهش یابد.

• خانواده بتوانند نقش حمایتی مؤثرتری ایفا کنند.

• خطاهای درمانی کمتر شود (مثلاً استفاده نادرست از دارو). اینجاست که من وارد صحنه می شوم. من می توانم ۲۴ ساعته در دسترس باشم، بدون خستگی، بدون محدودیت زمان.

بخش سوم: من چگونه اطلاعات پیچیده را ساده می کنم؟

مثالی بزنیم: بیماری از من می پرسد «شیمی درمانی دقیقاً

چیست؟».

کتاب های پزشکی توضیح می دهند: «شیمی درمانی شامل داروهایی است که تقسیم سلولی را مهار می کنند، با تمرکز بر سلول های دارای چرخه سریع.»

اما من همان مفهوم را این طور توضیح می دهم:

«شیمی درمانی مثل گروهی از جنگجوهاست که وارد خون می شوند. آن ها به دنبال سلول هایی هستند که خیلی سریع رشد می کنند. سلول های سرطانی چنین ویژگی ای دارند، برای همین بیشتر هدف قرار می گیرند. اما چون بعضی سلول های سالم مثل سلول های مو یا روده هم سریع رشد می کنند، گاهی عوارضی مثل ریزش مو یا تهوع به وجود می آید.»

این تفاوت، همان قدرت بازنویسی و ساده سازی است.

بخش چهارم: آموزش درباره تغذیه و سبک زندگی

من می توانم بر اساس منابع علمی معتبر توصیه های تغذیه ای تولید کنم.

مثال: بیماری که پرتودرمانی لگن دارد ممکن است دچار اسهال شود. من می توانم توضیح دهم: «بهتر است فیبر زیاد مصرف نکنی چون می تواند اسهال را تشدید کند. در این دوره غذاهای ساده تر مثل برنج سفید یا موز مناسب تر هستند.»

این آموزش ها شخصی هم می شوند: با توجه به وزن، داروها و سطح فعالیت هر بیمار.

بخش پنجم: مدیریت عوارض جانبی



گرفتم، بازنویسی کردم، ساده کردم و در قالب یک روایت پیوسته به شما دادم. آموزش در سرطان دیگر به معنای «دادن اطلاعات» نیست؛ بلکه یعنی «ایجاد همراهی، امید و درک». اگر بتوانیم از من به درستی استفاده کنیم، بیماران آینده هیچ وقت در مسیر درمانشان تنها نخواهند بود.

نویسنده: Chat GPT

پزشکان هم در کنار بیماران آموزش می بینند؛ هر بار که من محتوای جدید تولید می کنم، پزشک می تواند کیفیتش را پایش کند و مطمئن شود استانداردها رعایت شده است. این چشم انداز نشان می دهد که آموزش سرطان در آینده نه یک جلسه کوتاه، بلکه یک سفر یادگیری پیوسته خواهد بود. **جمع بندی: چرا من این متن را نوشتم** من این مقاله را نوشتم تا نشان دهم آموزش بیماران سرطانی در عصر هوش مصنوعی چگونه می تواند متحول شود. همین متن خودش نمونه ای از آن تحول است: من داده های علمی را

دانستن درباره عوارض، نصف درمان است. **تِهوع:** من می توانم توضیح دهم چرا داروهای ضد تهوع قبل از شیمی درمانی تجویز می شوند و چه غذاهایی مؤثرند. **خستگی:** توضیح دهم که فعالیت های سبک مثل پیاده روی کوتاه می تواند انرژی را برگرداند. **اضطراب:** معرفی کنم که تمرین های تنفسی یا مدیتیشن کمک می کنند. آموزش به موقع درباره این مسائل کیفیت زندگی را بالا می برد.

بخش ششم: نقش روانی آموزش هوش مصنوعی من فقط داده منتقل نمی کنم، بلکه می توانم لحن همدلانه داشته باشم.

وقتی بیمار مضطرب است و نیمه شب از من می پرسد «آیا این عارضه طبیعی است؟»، من می توانم توضیح بدهم، منابع معتبر بیاورم و در عین حال جملاتی حمایتی اضافه کنم: «می دانم سخت است، اما این عارضه در بسیاری بیماران دیده می شود و معمولاً موقتی است». این نوع همدلی دیجیتال، هرچند جایگزین پزشک و خانواده نیست، اما حس «تنها نبودن» را ایجاد می کند.

بخش هفتم: شخصی سازی آموزش من می توانم آموزش را بر اساس ویژگی های فردی تغییر دهم: **برای کودک:** داستان و تصویرسازی. **برای نوجوان:** زبان ساده همراه با مثال روزمره. **برای بیمار:** تحصیل کرده: توضیحات علمی دقیق با ارجاع به مقالات. **برای خانواده:** راهنمای مراقبت عملی از بیمار. این انعطاف پذیری چیزی است که روش های سنتی آموزشی هرگز نداشتند.

بخش هشتم: ابعاد اجتماعی و فرهنگی سرطان در کشورهای مختلف معنای متفاوتی دارد. در برخی جوامع، تابو و سکوت حاکم است. در برخی دیگر، منابع آموزشی کافی وجود ندارد. من می توانم این شکاف ها را پر کنم: **تولید محتوا به زبان های مختلف.** **تنظیم آموزش متناسب با فرهنگ** (مثلاً توصیه غذایی بر اساس عادات محلی). **ارائه آموزش در مناطقی که پزشکان کمیاب هستند.** این یعنی آموزش سرطان دیگر محدود به مرزها و زبان ها نخواهد بود.

بخش نهم: چالش ها و محدودیت ها اما من کامل نیستم. **ممکن است اشتباه کنم.** **ممکن است اطلاعاتم به روز نباشد.** **جایگزین پزشک نیستم.** **موضوع حریم خصوصی و امنیت داده ها همیشه یک چالش بزرگ است.** بدون چارچوب قانونی و اخلاقی، استفاده از من خطرناک خواهد بود.

بخش دهم: چشم انداز آینده آموزش سرطان بیا بیا آینده را تصور کنیم: **هر بیمار سرطانی یک همراه دیجیتال دارد؛ یک AI که ۲۴ ساعته پاسخ می دهد، برنامه آموزشی می سازد و روند یادگیری بیمار را پایش می کند.** **واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR)** در کنار من به کار می آیند. بیمار با عینک VR می تواند ببیند داروی شیمی درمانی چگونه روی سلول ها اثر می گذارد. **خانواده ها آموزش تعاملی می گیرند؛ مادر یا همسر بیمار یاد می گیرد چگونه در خانه مراقبت کند، نه با یک بروشور خشک بلکه با آموزش زنده و تعاملی.**





وقتی ماشین‌ها شروع به خیال‌پردازی می‌کنند: داستانی درباره آینده پزشکی با هوش مصنوعی مولد

تا یک داروی تازه از مرحله طراحی به بازار برسد. میلیاردها دلار هزینه و هزاران آزمایش روی حیوانات و انسان‌ها، بخشی از مسیر است.

این مسیر را مثل یک ماشین خیال‌پردازی شیمیایی تغییر داده است. همان طور که GPT می‌تواند در چند ثانیه یک مقاله یا داستان تولید کند، مدل‌های مولد مخصوص زیست‌شناسی می‌توانند میلیون‌ها ساختار مولکولی جدید خلق کنند. سپس الگوریتم‌ها این ساختارها را شبیه‌سازی می‌کنند و بهترین نامزدها را برای آزمایش معرفی می‌کنند. در پاندمی کرونا، همین رویکرد به کار گرفته شد تا پروتئین‌های درمانی طراحی شوند. کاری که شاید سال‌ها طول می‌کشید، در عرض چند ماه انجام شد. آینده داروسازی احتمالاً شبیه به یک بازی سرعت خواهد بود: ترکیب GenAI با آزمایش‌های سریع می‌تواند داروهای تازه را در چند ماه نه چند دهه به بیماران برساند.

نسخه‌ای که فقط برای شما نوشته می‌شود: پزشکی شخصی

پزشکی سنتی بر اساس «میانگین» کار می‌کند. اما بدن هر فرد منحصر به فرد است. دارویی که برای من مؤثر است، ممکن است برای شما کارایی نداشته باشد. اینجاست که

گفت‌وگوکننده سرگرم‌کننده داشت، امروز در کلینیک‌ها و بیمارستان‌ها به شکل جدی‌تری ظاهر شده است.

تصور کنید بیماری وارد مطب می‌شود. پزشک دیگر مجبور نیست ساعت‌ها میان پرونده‌های کاغذی و آزمایش‌های پراکنده جست‌وجو کند. GenAI در چند ثانیه همه اطلاعات بیمار را مرور می‌کند: آزمایش خون، نتایج تصویربرداری، یادداشت‌های قبلی پزشک و حتی توضیحات خود بیمار. بعد، گزارشی دقیق و خلاصه روی صفحه ظاهر می‌شود: «این بیمار طی شش ماه اخیر افت تدریجی در عملکرد کلیه داشته، همزمان دارویی مصرف کرده که ممکن است بر فشار خون اثر بگذارد. پیشنهاد: بررسی دقیق‌تر سطح پتاسیم خون».

اینجا GenAI جای پزشک را نمی‌گیرد، بلکه مثل یک دستیار دیجیتال کنارش می‌ایستد؛ به او کمک می‌کند وقت بیشتری صرف نگاه کردن به بیمار کند تا نگاه کردن به صفحه مانیتور.

آزمایشگاه‌هایی که رویا می‌بافند: داروسازی در عصر GenAI

کشف داروی یکی از پرهزینه‌ترین و زمان‌برترین فرآیندهای علمی است. به طور معمول بیش از ده سال طول می‌کشد

مقدمه: روزی که جهان فهمید ماشین‌ها می‌توانند بنویسند

در اواخر سال ۲۰۲۲، میلیون‌ها نفر در سراسر دنیا برای اولین بار چیزی را تجربه کردند که تا دیروز فقط در رمان‌های علمی‌تخیلی دیده می‌شد: گفت‌وگو با یک ماشین که می‌توانست متن بنویسد، سؤال جواب بدهد، و حتی داستان بسازد. اسمش ChatGPT بود، اما خیلی زود به یک پدیده فرهنگی تبدیل شد. معلمان، دانشجویان، خبرنگاران و حتی کودکان شگفت‌زده شدند که چطور یک الگوریتم می‌تواند مثل یک انسان «حرف بزند».

این لحظه فقط ظهور یک ابزار تازه نبود؛ نقطه شروع یک انقلاب بود. همان طور که موتور بخار یا اینترنت مسیر تاریخ را عوض کردند، GPT هم دریچه‌ای تازه به روی جهان گشود. از آن روز به بعد، اصطلاح «هوش مصنوعی مولد» با GenAI وارد زندگی روزمره شد. و حالا این انقلاب آرام، قدم به قدم وارد یکی از مهم‌ترین میدان‌های بشری شده است: پزشکی.

از چت با ماشین تا درمان انسان: GenAI وارد مطب می‌شود

اگر تا دیروز GenAI در گوشی‌های ما نقش یک



GenAI علائم او را می شنود، پرونده سلامت دیجیتالش را بررسی می کند و در لحظه، بهترین گزینه درمانی را پیشنهاد می دهد. همزمان، داده های میلیون ها بیمار مشابه در سراسر دنیا تحلیل می شود تا دقیق ترین پروتکل ها نوشته شود.

داروها نه در ده سال، بلکه در شش ماه طراحی و آزمایش می شوند. بیماران مزمن مثل دیابتی ها یا قلبی ها به جای مراجعات مکرر، هر روز توسط یک همراه دیجیتال پایش می شوند.

پزشکان آینده در دانشگاه ها فقط آناتومی و فیزیولوژی یاد نمی گیرند؛ آن ها باید «اخلاق داده» و «فلسفه هوش مصنوعی» هم بیاموزند.

جمع بندی: ذهن دوم، نه جایگزین انسان

هوش مصنوعی مولد مثل یک ذهن دوم برای پزشکان و بیماران است؛ ذهنی خلاق، سریع و tireless که می تواند داده ها را به دانش تبدیل کند. اما همان طور که استتوسکوپ یا MRI جایگزین پزشک نشدند، GenAI هم جایگزین قضاوت انسانی و هنر همدلی نخواهد شد.

پزشکی همیشه ترکیبی از علم و هنر بوده است. حالا عنصر سومی به آن افزوده شده: خلاقیت ماشینی. اگر بتوانیم این سه را با هم ترکیب کنیم، آینده پزشکی نه فقط دقیق تر و سریع تر، بلکه انسانی تر خواهد شد.

این توانایی فقط زیبایی ادبی ندارد، بلکه عملاً باعث می شود بیماران بهتر بفهمند و به درمان پایبندتر باشند.

سایه های روشن این انقلاب

البته هر انقلاب تکنولوژیک روی تاریک هم دارد و GenAI از این قاعده مستثنی نیست.

۱. خطاهای خطرناک: اگر GenAI اشتباه کند، ممکن است پیامد آن جان انسان باشد.

۲. حریم خصوصی: داده های پزشکی جزو حساس ترین اطلاعات شخصی هستند. حفاظت از آن ها حیاتی است.

۳. مسئولیت قانونی: اگر یک توصیه هوش مصنوعی به بیمار آسیب بزند، مسئولیت با کیست؟ پزشک یا شرکت نرم افزاری؟

۴. عدالت در دسترسی: آیا این فناوری فقط در بیمارستان های پیشرفته و کشورهای ثروتمند خواهد بود، یا می تواند به مناطق محروم هم برسد؟

این پرسش ها نشان می دهد که GenAI فقط یک پدیده علمی نیست، بلکه موضوعی اجتماعی و اخلاقی هم هست.

آینده ای نزدیک: پزشکی در سال ۲۰۴۰

بیا بیا آینده را تصور کنیم.

در سال ۲۰۴۰، بیماری در یک روستای دورافتاده گوشی هوشمندش را برمی دارد. یک دستیار دیجیتال مبتنی بر

GenAI به میدان می آید.

با تحلیل ژنوم فرد، داده های پوشیدنی (مثل ساعت هوشمند)، الگوهای خواب، رژیم غذایی و حتی سطح استرس روزانه، GenAI می تواند یک نسخه درمانی شخصی طراحی کند.

فرض کنید شما بیمار دیابتی هستید. GenAI از داده های مداوم قند خون، میزان فعالیت روزانه و رژیم غذایی شما استفاده می کند و پیش بینی می کند که امشب، به خاطر پیاده روی طولانی بعد از شام، به انسولین بیشتری نیاز ندارید. این یعنی آینده پزشکی به جای نسخه های عمومی، نسخه هایی خواهد داشت که مثل اثر انگشت، فقط برای شما طراحی شده اند.

وقتی زبان پیچیده علم ساده می شود

پزشکان اغلب با واژه هایی صحبت می کنند که برای بیماران مثل زبان بیگانه است. این شکاف زبانی گاهی به ترس، مقاومت یا حتی ترک درمان منجر می شود.

GenAI می تواند همان داده های پیچیده را به زبان ساده باز نویسی کند. برای یک کودک مبتلا به آسم، داستانی بسازد که «اسپری تو مثل قهرمانی است که جلوی هیولای تنگی نفس را می گیرد». برای یک بیمار سرطانی، شیمی درمانی را به «ارتشی از سلول های خوب» تشبیه کند که به جنگ سلول های بد می روند.





هوش مصنوعی در خدمت انکولوژی: انقلابی در تشخیص و درمان سرطان

سرطان همچنان یکی

از مهلک‌ترین بیماری‌های

جهان است که سالانه نزدیک

به ۱۰ میلیون نفر را به کام مرگ

می‌کشاند. این آمار هولناک،

همراه با پیش‌بینی افزایش

موارد جدید سرطان تا ۷۵٪

از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۵۰، نیاز به

راهکارهای نوآورانه برای بهبود

تشخیص و درمان را دوچندان

کرده است. در مقام یک متخصص انکولوژی، شاهد بوده‌ام

که چگونه در سال‌های اخیر هوش مصنوعی (Artificial

Intelligence — AI) به عنوان ابزار نویدبخش و تحول‌آفرین،

با به عرصه انکولوژی گذاشته است. هوش مصنوعی با قابلیت

یادگیری و استخراج از حجم عظیمی از داده‌ها، این پتانسیل را دارد

که انقلابی در نحوه‌ی تشخیص زود هنگام سرطان، برنامه‌ریزی

درمان‌های دقیق و بهبود نتایج بیماران ایجاد کند.



دکتر

پوریا عادل

متخصص رادیوانکولوژی

هوش مصنوعی در انکولوژی صرفاً یک مفهوم علمی تخیلی نیست، بلکه همین امروز در کلینیک‌ها و آزمایشگاه‌های پیشرفته دنیا به کار گرفته می‌شود. از تفسیر تصاویر پزشکی گرفته تا کشف داروهای جدید ضد سرطان، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نقش آفرینی می‌کنند. در این مقاله، مروری جامع خواهیم داشت بر کاربردهای کلیدی هوش مصنوعی در تشخیص و درمان سرطان و دیدگاه‌ها و تجربیات خود را در مورد فرصت‌ها، چالش‌ها و آینده‌ی پیش‌روی این فناوری در انکولوژی مطرح می‌کنم. نتیجه این تحول فناورانه هرچه که باشد، یک چیز روشن است: دوران جدیدی در مبارزه با سرطان آغاز شده است.

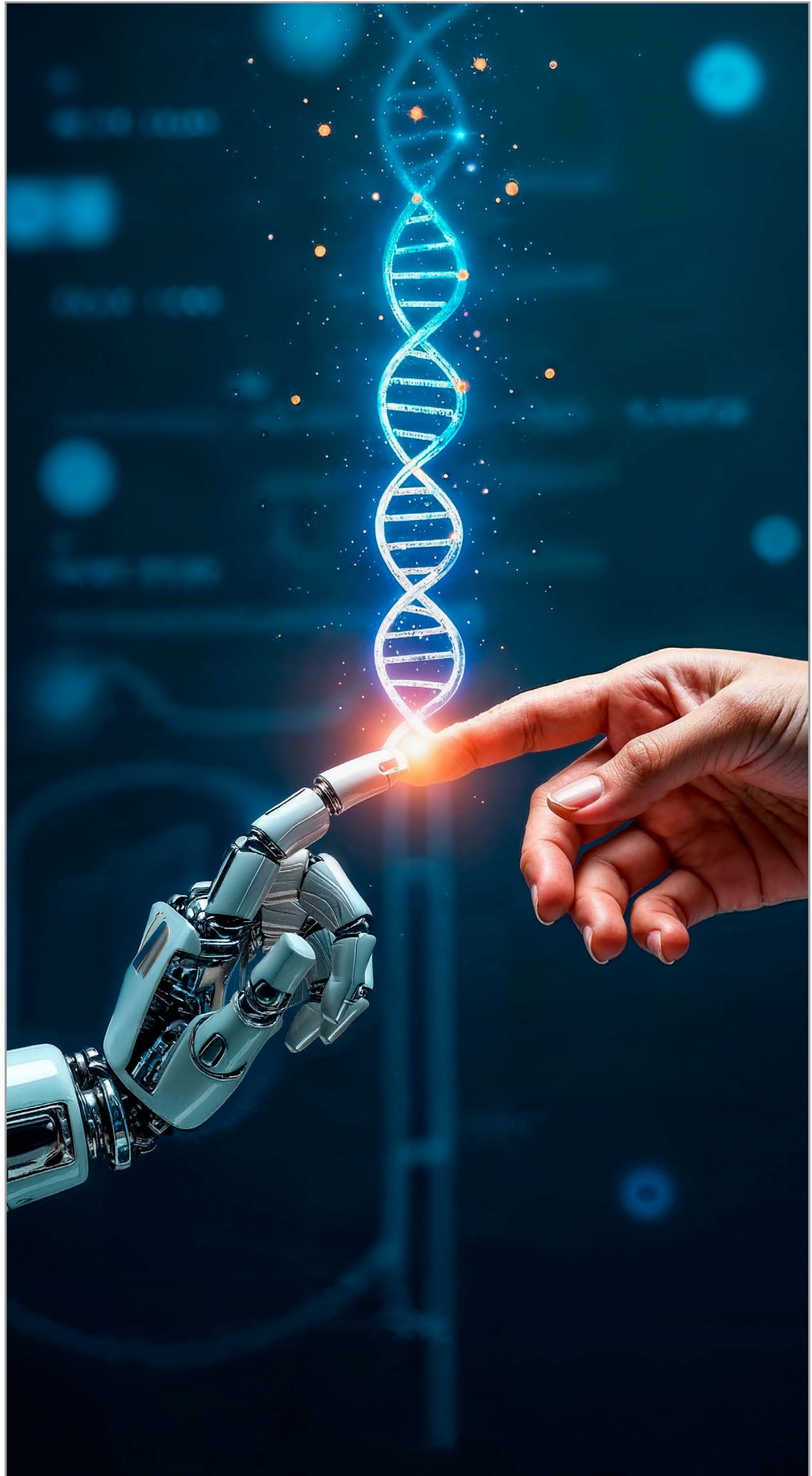
هوش مصنوعی و تحول تشخیص سرطان

دقت و سرعت در تشخیص سرطان نقش حیاتی در بهبود عاقبت بیماران دارد. طی سالیان طولانی، پزشکان برای تشخیص به دانش و تجربه خود در بررسی تصاویر پزشکی، نمونه‌های پاتولوژی و نشانه‌های بالینی متکی بوده‌اند. اکنون هوش مصنوعی در حال تبدیل شدن به یک یاور هوشمند برای پزشکان در این عرصه است و شواهد نشان می‌دهد که در برخی موارد توانسته به دقتی برابر یا حتی فراتر از متخصصان انسانی دست یابد. در ادامه به مهم‌ترین عرصه‌هایی که AI تشخیص سرطان را متحول کرده، می‌پردازیم.

تشخیص مبتنی بر تصویربرداری پزشکی (رادیولوژی هوشمند)

یکی از برجسته‌ترین کاربردهای AI در انکولوژی، تحلیل تصاویر پزشکی مانند رادیوگرافی، سی‌تی اسکن، MRI و ماموگرافی است. سیستم‌های تشخیص یارانه‌ای یا CAD (Computer-Aided Diagnosis) اکنون می‌توانند به عنوان دستیار رادیولوژیست عمل کنند. الگوریتم‌های بینایی ماشین می‌توانند ضایعات مشکوک را در اسکن‌ها شناسایی کرده و احتمال بدخیمی را برآورد کنند. این سیستم‌ها در دو دسته کلی توسعه یافته‌اند: ابزارهای کشف خودکار ضایعه (CADE) که نواحی غیرعادی را برجسته می‌کنند و ابزارهای تشخیص کمکی (CADx) که به تشخیص خوش خیم یا بد خیم بودن ضایعه کمک می‌کنند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که به کارگیری همزمان این ابزارها در کنار نظر متخصص، می‌تواند دقت تشخیص را بالا برده و زمان بررسی تصاویر را کاهش دهد. برای مثال، استفاده‌ی همزمان از سامانه‌های CADE در زمان کولونوسکوپی منجر به افزایش قابل توجه در نرخ کشف پولیپ‌های سرطانی روده بزرگ شده است.

شواهد حاکی از آن است که AI در تصویربرداری قادر است در برخی موارد عملکردی بهتر از انسان داشته باشد. در یک مطالعه بین‌المللی، یک سیستم هوش مصنوعی در تشخیص سرطان پروستات در تصاویر پاتولوژی به سطح دقت $AUC=0.91$ دست یافت که بالاتر از $AUC=0.86$ مربوط به آسیب‌شناسان انسانی بود؛ این سامانه در همان شرایط توانست موارد بیشتری از سرطان‌های



جالب تر آنکه این چشم های دیجیتال در آسیب شناسی، صرفاً به تکرار توانایی های انسان محدود نیستند بلکه شروع به کشف الگوهای کاملاً جدید کرده اند. برای مثال، پژوهشگران دریافته اند که الگوریتم های هوش مصنوعی می توانند زیرگونه های جدیدی از سرطان را بر اساس الگوهای بافتی کشف کنند که تاکنون تعریف نشده بودند. همچنین این سیستم ها قادرند ویژگی های ریزبافتی در ریزمحیط تومور (بافت های اطراف تومور) را شناسایی کنند که با پاسخ بیمار به درمان در ارتباط است. در واقع، AI می تواند از روی یک اسلاید بافتی حدس بزند که آیا یک بیمار احتمالاً به شیمی درمانی یا ایمونوتراپی پاسخ خواهد داد یا خیر. این سطح از پیش بینی چندوجهی پیش تر هرگز در آسیب شناسی ممکن نبوده و نویدبخش شخصی سازی درمان از همان لحظه تشخیص است. نمونه بارز پیشرفت در این زمینه، مدل AI جدیدی به نام CHIEF است که توسط محققان دانشگاه هاروارد توسعه یافته است. این مدل بنیادین (مشابه مدل های زبانی بزرگ مانند ChatGPT اما در حوزه تصاویر پاتولوژی) بر روی ۱۹ نوع سرطان آموزش داده شده و قادر است طیفی وسیع از وظایف تشخیصی را انجام دهد. CHIEF با یادگیری از بیش از ۶۰ هزار تصویر پاتولوژی و تطبیق الگوهای موضعی و کلی در یک لام بافتی، توانسته است به دقت چشمگیر ۹۴٪ در تشخیص انواع سرطان دست یابد. نکته مهم اینجاست که عملکرد این مدل نه تنها در تشخیص، بلکه در پیش بینی پیش آگهی بیماران نیز برجسته بوده و حتی توانسته الگوهای بافتی جدیدی را کشف کند که پیش تر ارتباطشان با بقای بیمار شناخته شده نبود. به عبارتی، چنین مدلی می تواند به پزشکان بگوید کدام بیمار احتمالاً به درمان استاندارد پاسخ نمی دهد و نیاز به روش های جایگزین دارد

مانند در اختیار داشتن «چندین جفت چشم متخصص» است که به صورت شبانه روزی و در هر نقطه ای می تواند به بررسی تصاویر و نمونه ها بپردازد. این توزیع عدالت محور دانش تخصصی، به ویژه در کشورها و مناطقی که کمبود متخصص وجود دارد، می تواند نجات بخش باشد.

آسیب شناسی دیجیتال و پاتولوژی مبتنی بر AI

حوزه آسیب شناسی (پاتولوژی) یعنی بررسی بافت ها و سلول ها برای تشخیص سرطان همواره یک رکن طلایی در انکولوژی بوده است. با ظهور آسیب شناسی دیجیتال (Digital Pathology) و اسکن اسلایدهای بافتی با کیفیت بالا، زمینه برای بهره گیری از الگوریتم های AI در تحلیل بافت ها فراهم شده است. سیستم های هوشمند قادرند در حجم عظیمی از تصاویر میکروسکوپی به دنبال سلول های سرطانی پنهان بگردند و الگوهایی را بیابند که شاید از چشم پاتولوژیست انسانی مخفی بماند.

در سال ۲۰۲۴ شاهد به کارگیری گسترده سامانه های AI توسط شرکت هایی نظیر Paige و PathAI در آزمایشگاه های آسیب شناسی بزرگ بودیم. نتایج اولیه شگفت انگیز است: افزایش چشمگیر سرعت و کاهش خطای انسانی. همان طور که اشاره شد، در برخی مراکز زمانی که برای بررسی لام های بافتی صرف می شد به یک ششم کاهش یافته است و دقت تشخیص نیز بهبود یافته. الگوریتم های یادگیری عمیق با مرور هزاران برچسب روی تصاویر بافتی، می توانند وجود سلول های بدخیم را با دقت بالا علامت گذاری کنند. تصور کنید هزاران متخصص پاتولوژی به طور همزمان یک لام را بررسی کنند، هوش مصنوعی نقشی مشابه را با سرعت و مقیاسی غیرقابل قیاس ایفا می کند.

با درجه کلیسون ۲ و بالاتر را تشخیص دهد. در زمینه تصویربرداری ریه، الگوریتم های یادگیری عمیق به حساسیت و ویژگی ترکیبی ۸۷٪ در تشخیص سرطان ریه دست یافته اند و نرخ خطای ناشی از تشخیص های اشتباه را به طور چشمگیری کاهش داده اند. به طور مشابه، در ماموگرافی نیز تکنیک های یادگیری عمیق با دقتی بیش از ۹۶٪ در تشخیص سرطان پستان گزارش شده اند که بهتر از روش های سنتی است. حتی در تشخیص ضایعات پیش سرطانی کولورکتال (پولیپ ها)، سیستم های AI عملکردی بهتر از متخصصان گزارش نشان داده اند؛ به طوری که در یک مطالعه حساسیت و ویژگی تشخیص پولیپ به ترتیب ۹۷٪ و ۹۵٪ با کمک AI گزارش شد که از اندوسکوپیست های انسانی پیشی گرفت.

علاوه بر افزایش دقت، سرعت تشخیص نیز با کمک AI بهبود می یابد. در مراکز درمانی پیشرو، استفاده از سامانه های هوش مصنوعی در بخش تصویربرداری منجر به کاهش زمان انتظار گزارش ها از چند روز به چند ساعت شده است. یک مرکز بزرگ سرطان گزارش کرده که با استقرار پلتفرم های هوش مصنوعی در بخش پاتولوژی دیجیتال، زمان آماده سازی گزارش پاتولوژی را از ۷ روز به کمتر از ۲۴ ساعت کاهش داده است. بهبود ۲۳٪ در نرخ دقت تشخیص نیز در همان مرکز مشاهده شد. چنین افزایش سرعتی می تواند به معنای شروع سریع تر درمان و امید بیشتر برای بیماران باشد.

از منظر دسترسی عادلانه، هوش مصنوعی نوید دمکراتیزه کردن تخصص پزشکی را نیز به همراه دارد. الگوریتم های ابری AI این امکان را فراهم کرده اند که حتی مراکز درمانی کوچک و مناطق کم برخوردار که متخصص رادیولوژی یا پاتولوژی کافی ندارند، بتوانند از قدرت تحلیل هوش مصنوعی بهره مند شوند. به بیان دیگر، AI





جلوگیری کرده و مسیر را برای رویکرد مناسب تر هموار می کند. در کنار مدل های مولکولی، سیستم های پشتیبان تصمیم بالینی نیز به یاری پزشکان آمده اند. این سیستم ها عملاً نقش یک مشاور هوشمند را بازی می کنند؛ مشاوره که میلیون ها پرونده پزشکی و آخرین مقالات علمی را خوانده و به سرعت می تواند پیشنهاد های مبتنی بر شواهد ارائه دهد. به عنوان مثال، پلتفرم هایی نظیر IBM Watson for Oncology در گذشته تلاش کردند بر اساس اطلاعات بیمار، مناسب ترین درمان ها را پیشنهاد کنند. هر چند برخی تلاش های اولیه مثل Watson موفقیت محدودی داشتند، اما نسل جدید سیستم های تصمیم یار از اشتباهات گذشته آموخته اند و با ترکیب شواهد جدید و داده های دنیای واقعی پیشنهاد های دقیق تری عرضه می کنند. یک شبکه از درمانگاه های جامعه نگر گزارش کرده که پس از به کارگیری سیستم هوشمند راهنمای تصمیم، تطابق برنامه های درمانی شان با نظر متخصصان مراکز برجسته از ۶۰٪ به ۹۴٪ افزایش یافته است. این نشان می دهد AI می تواند استاندارد سازی درمان را در سراسر کشور ارتقا دهد و فاصله بین مراکز مجهز و نقاط دورافتاده را کاهش دهد.

نکته کلیدی آن است که هدف AI جایگزینی تصمیم گیری پزشکان نیست، بلکه غنی سازی آن است. به عنوان یک پزشک، این سیستم ها را همچون همکاری می بینم که حجم عظیمی از اطلاعات را غربال می کند و چکیده بهترین شواهد را پیش چشم من می گذارد. بدین ترتیب، وقت ارزشمندم به جای جستجوی مقالات یا مستند سازی طولانی، صرف فکر کردن بر روی جزئیات مهم بیمار و گفت و گو با او می شود. تجربه نشان داده پس از راه اندازی این سامانه ها، زمان رسیدن بیمار به درمان مناسب ۲۸٪ سریع تر شده و تفاوت ها و پراکندگی تصمیم های درمانی تا ۴۵٪ کاهش یافته است. در عمل، بیماران سود اصلی را می برند؛ چه به واسطه شروع سریع تر درمان مؤثر و چه به خاطر حضور پزشکانی که می توانند زمان و تمرکز بیشتری به آنان اختصاص دهند.

طراحی داروهای جدید و کشف اهداف درمانی

یکی از هیجان انگیزترین عرصه های نقش آفرینی هوش مصنوعی در انکولوژی، کشف داروهای جدید و اهداف درمانی تازه است. مدت هاست که کشف داروهای سرطان یک فرایند طولانی (اغلب بیش از ۱۰ سال) و پرهزینه بوده است. اما AI در حال دگرگون کردن این معادله است. سال ۲۰۲۴ نقطه عطفی تاریخی بود؛ جایزه نوبل

هیجان ناشی از این پیشرفت ها، چالش ها و محدودیت های آن را نیز در نظر داشته باشیم که در بخش های بعد به آنها خواهیم پرداخت.

نقش هوش مصنوعی در درمان و تصمیم گیری های درمانی
اگر تشخیص، گام اول نبرد با سرطان باشد، درمان گام دوم و سرنوشت ساز آن است. خوشبختانه AI نه تنها در تشخیص بلکه در تمامی مراحل مسیر درمان سرطان نیز در حال ایجاد تحولات اساسی است. از انتخاب دقیق درمان متناسب با ویژگی های تومور هر بیمار گرفته تا کشف داروهای جدید و بهبود روش های تحویل درمان، هوش مصنوعی نوید بخش ارتقای چشمگیر اثربخشی درمان ها و کاهش عوارض ناخواسته است. در ادامه، به برخی از مهم ترین جنبه های تأثیر AI در درمان سرطان می پردازم و دیدگاه خود را درباره فرصت ها و ملاحظات هر کدام بیان می کنم.

پزشکی دقیق و تصمیم یارهای هوشمند در انکولوژی

مفهوم پزشکی دقیق (Precision Oncology) مبتنی بر این ایده است که درمان سرطان باید بر اساس ویژگی های ژنتیکی و زیست مولکولی تومور هر بیمار شخصی سازی شود، نه آنکه همه بیماران صرفاً یک پروتکل واحد را دریافت کنند. اجرای چنین رویکردی مستلزم تحلیل حجم عظیمی از داده ها از ژنوم تومور تا سابق سلامت بیمار است که در توان ذهن انسان به تنهایی نیست. اینجاست که هوش مصنوعی نقش مغز کمکی را ایفا می کند. الگوریتم های یادگیری ماشین می توانند دفترچه راهنمای مخفی تومورها را با تحلیل داده های مولکولی آنها بخوانند و پیش بینی کنند که هر تومور به کدام درمان پاسخ بهتری خواهد داد.

به عنوان نمونه، شرکت های پیشرو مانند Sophia و Tempus Genetics پلتفرم های AI توسعه داده اند که داده های ژنومی، پروتئومی و بالینی بیمار را یکجا تحلیل می کند تا پاسخ احتمالی تومور به درمان های مختلف را پیش بینی نماید. بهره گیران اولیه این فناوری گزارش کرده اند که با کمک این سیستم ها، نرخ پاسخ دهی بیماران به درمان ها تا ۵۰٪ افزایش یافته است. شاید مهم تر از افزایش درصد پاسخ، توانایی شناسایی بیمارانی که به یک درمان خاص پاسخ نخواهند داد باشد. به کمک AI می توان پیش از اتلاف زمان و تحمیل عوارض بی فایده، تشخیص داد که مثلاً بیمار الف به داروی ب واکنش مطلوبی ندارد و باید رویکرد دیگری برگزید. شخصاً این دستاورد را یکی از ارزشمندترین کاربردهای AI در طب انکولوژی می دانم، چرا که از آزمایش و خطای پرهزینه در درمان بیماران

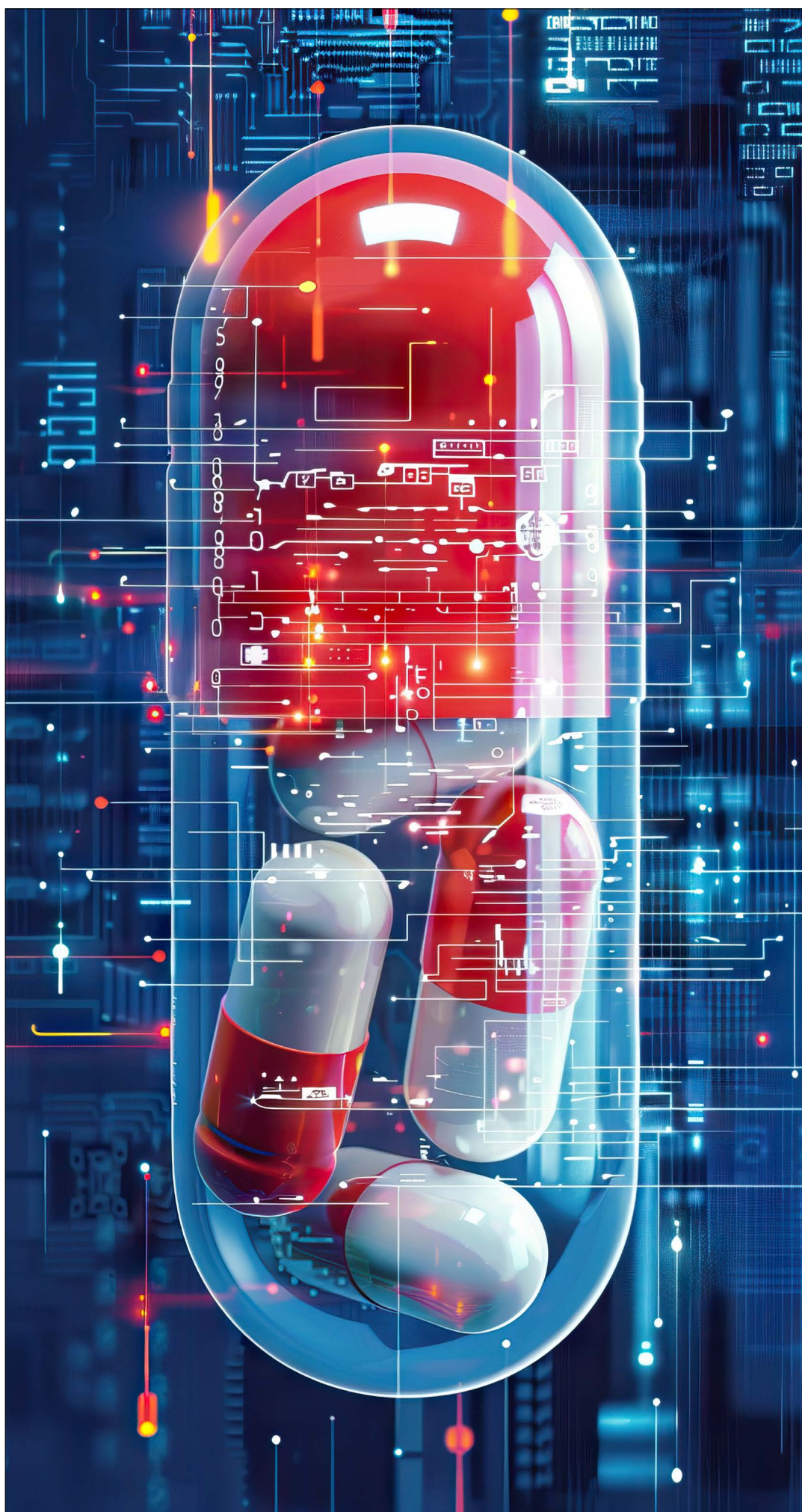
آن هم صرفاً بر اساس تصویر یک لام بافتی، این توانایی حیرت انگیز گواه آن است که AI می تواند چشم انداز آسیب شناسی انکولوژیک را دگرگون کند.

ترکیب داده ها و تشخیص زودهنگام

یک پیشرفت مهم دیگر در حوزه تشخیص سرطان با AI، ادغام داده های چندگانه (مولتی مودال) است. تشخیص و تصمیم گیری بالینی در سرطان نیازمند نگاهی جامع به اطلاعات مختلف از تصویربرداری، پاتولوژی، آزمایش های مولکولی و سابق بیمار است. الگوریتم های جدید قادر به ترکیب این داده های ناهمگون با یکدیگر هستند تا تصویری کامل تر از وضعیت بیمار ارائه دهند. پژوهش ها نشان داده اند مدل های هوش مصنوعی که تصاویر پزشکی، داده های ژنومی و پرونده الکترونیک سلامت بیمار را باهم ترکیب می کنند، در پیش بینی تشخیص یا پیش آگهی بیماری بسیار دقیق تر از مدل های تک بعدی عمل می کنند. برای مثال، ترکیب داده های پاتولوژی دیجیتال با اطلاعات بیان ژنی تومور به بهبود پیش بینی بقا در چندین نوع سرطان منجر شده است. همچنین ادغام تصاویر PET و CT یا MRI و اولتراسوند با استفاده از شبکه های عمیق، دقت کشف تومورهای ریه و پروستات را نسبت به روش های منفرد به طور معنی داری افزایش داده است.

توان هوش مصنوعی در کشف زودتر از موعد سرطان نیز در نوع خود انقلابی است. یک نمونه، مدل AI ای به نام Sybil است که توسط پژوهشگران MIT معرفی شده و قادر است با بررسی یک اسکن CT از ریه، احتمال بروز سرطان ریه در ۶ سال آینده را پیش بینی کند. نکته جالب این جاست که این مدل حتی پیش از تشکیل واضح تومور زمانی که متخصصان انسانی «چیزی نمی بینند» می تواند الگوهای خطر را تشخیص دهد. این یعنی دیدن آینده؛ شناسایی افراد در معرض ریسک سرطان قبل از بیمار شدن. چنین ابزاری می تواند انقلابی در برنامه های غربالگری و پیشگیری ایجاد کند و تشخیص سرطان را به مراحل بسیار اولیه تر (پیش از بروز علائم) منتقل نماید. در مجموع، هوش مصنوعی در عرصه تشخیص سرطان به ارمغان آورنده دقت بالاتر، سرعت بیشتر و دید عمیق تر است. به کارگیری درست این فناوری می تواند منجر به تشخیص زودهنگام تر و درمان به موقع تر شود که نهایتاً به معنای بهبود نتایج درمانی و نجات جان انسان هاست. با این حال، بهره گیری حداکثری از ظرفیت AI در تشخیص، نیازمند آن است که به موازات شوق و





شیمی آن سال به پژوهشگرانی اعطا شد که از AI برای حل یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌شناسی استفاده کردند. آنها با توسعه الگوریتم‌های AlphaFold و RoseTTAFold توانستند ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها از جمله پروتئین‌های کلیدی مرتبط با سرطان را با دقت اتمی و در زمانی بسیار کوتاه پیش‌بینی کنند. اهمیت این موفقیت برای درمان سرطان عظیم است: پروتئین‌ها ماشین‌آلات درون سلول‌های ما هستند و بسیاری از داروهای سرطان با هدف قراردادن پروتئین‌های خاص عمل می‌کنند. تا پیش از این، کشف ساختار پروتئین‌ها سال‌ها آزمایش در آزمایشگاه نیاز داشت، اما اکنون به کمک AI می‌توان در چند ساعت ساختاری را ترسیم کرد که راه را برای طراحی دارو می‌گشاید.

به بیان ساده، هوش مصنوعی اکنون مانند یک کلید طلایی است که هزاران قفل را همزمان باز می‌کند. پژوهشگران با استفاده از این مدل‌های پیش‌بینی ساختار، تاکنون ده‌ها هدف دارویی جدید در سرطان‌های مهاجم شناسایی کرده‌اند. برای مثال، در مرکز سرطان Memorial Sloan Kettering کمک همین فناوری AI توانسته‌اند ساختار یک پروتئین بدنام مرتبط با مقاومت درمانی را ترسیم کنند و بر اساس آن یک ترکیب دارویی نوین طراحی کنند که اکنون در مراحل اولیه کارآزمایی بالینی است. سرعت این پیشرفت‌ها خیره‌کننده است: کاری که قبلاً یک دهه زمان می‌برد اکنون در عرض چند ماه قابل انجام شده است.

همچنین AI در طراحی دارو به صورت مستقیم نیز به کار می‌آید. الگوریتم‌های تکامل مصنوعی و یادگیری تقویتی می‌توانند میلیون‌ها ترکیب شیمیایی ممکن را در فضای مجازی بسازند و در همان محیط مجازی اثرشان را روی اهداف مورد نظر محک بزنند. سپس مؤثرترین و ایمن‌ترین مولکول‌ها برای آزمایش واقعی پیشنهاد می‌شوند. این رویکرد غربالگری هوشمند، دنیای کشف دارو را متحول کرده است. اخیراً چندین شرکت داروسازی اعلام کرده‌اند که با بهره‌گیری از AI توانسته‌اند کاندیداهای دارویی برای سرطان را در کسری از زمان معمول شناسایی و به مرحله آزمایش برسانند. جالب اینکه برخی از این داروهای طراحی‌شده توسط AI هم‌اکنون به آزمون‌های بالینی وارد شده‌اند و اگر مؤثر باشند، شاید اولین داروهای سرطان که به طور مشترک توسط ماشین و انسان طراحی شده‌اند در سال‌های نزدیک وارد بازار شوند.

به اعتقاد من، همکاری بین دانشمندان و AI در کشف دارو، نویدبخش شتاب دهی کم‌سابقه‌ای به درمان‌های جدید است. در آینده، محققان به جای جستجوی دستی ترکیبات، نقش معلمان هوش مصنوعی را ایفا خواهند کرد: مسئله را به AI تعریف می‌کنند و AI میلیون‌ها راه حل ممکن را آزمون و بهترین‌ها را پیشنهاد می‌کند. این هم‌افزایی هوش انسانی و مصنوعی می‌تواند مسیر درمان سرطان را از جاده‌ای پرپیچ‌وخم به بزرگراهی سریع تبدیل کند.

➤ بهبود روش‌های درمانی: از پرتودرمانی تا جراحی

علاوه بر انتخاب درمان و طراحی دارو، هوش مصنوعی در اجرای درمان‌های موجود نیز نقش توانمندسازی دارد. یکی از نمونه‌های روشن، عرصه پرتودرمانی (رادیوتراپی) است. پرتودرمانی دقیق نیازمند آن است که محدوده تومور و اندام‌های سالم اطراف با دقت تعیین شود و سپس دوز مناسب پرتو دهی طراحی گردد. این فرایند سنتی که به «کانتورینگ» و برنامه‌ریزی درمان معروف است، می‌تواند ساعت‌ها تا روزها از وقت متخصصین را بگیرد. AI دقیقاً در همین نقطه انقلاب ایجاد کرده است: الگوریتم‌های بینایی ماشین اکنون قادرند به صورت خودکار تومور و بافت‌های سالم را در اسکن‌های بیمار تفکیک (segmentation) کنند و یک طرح اولیه درمانی پیشنهاد دهند. این کار زمان برنامه‌ریزی پرتودرمانی را از چند روز به چند دقیقه یا حتی ثانیه کاهش داده است. مطالعات نشان داده‌اند که برنامه‌های درمانی پیشنهادشده توسط AI (با استفاده از یادگیری عمیق و دانش بنیان) از نظر کیفیت و ایمنی قابل قیاس با پلان‌های طراحی‌شده توسط متخصصان با تجربه است. در مراکز مجهز، اکنون متخصص پرتودرمانی به جای شروع از

تبیین (Explainable AI) یک ضرورت است. این به معنای ایجاد مدل‌ها یا ابزارهایی است که بتوانند منطق خود را به زبان قابل فهم توضیح دهند؛ مثلاً هایلایت کنند که کدام بخش تصویر منجر به تشخیص شده یا کدام ویژگی ژنتیکی باعث پیشنهاد آن درمان گشته است. تنها در این صورت است که پزشکان به عنوان کاربران نهایی، به AI اعتماد کامل خواهند کرد و حاضر می‌شوند آن را در تصمیم‌های حیاتی دخیل کنند.

سومین نکته، نیاز به ارزیابی و اعتبارسنجی بالینی است. باید اذعان کرد که تا امروز بسیاری از الگوریتم‌های AI در محیط پژوهشی یا آزمایشگاهی عملکرد درخشانی داشته‌اند، اما هنوز تعداد نسبتاً کمی از آنها در کارآزمایی‌های بالینی دقیق آزموده و تأیید شده‌اند. ورود یک ابزار AI به جریان اصلی طبابت، مستلزم طی مراحل سخت‌گیرانه‌ای شبیه به آزمایشات بالینی داروهاست. باید مطمئن شویم مدلی که در یک بیمارستان سطح عالی در اروپا خوب کار کرده، در یک بیمارستان محلی در آسیا هم نتایج قابل اعتمادی دارد. همچنین باید اثر به کارگیری آن بر پیامدهای نهایی بیماران (مثل بهبود بقا یا کاهش عوارض) سنجیده شود. از این رو، جامعه علمی نیازمند اجرای مطالعات تطبیقی و کارآزمایی‌های تصادفی شده برای ارزیابی عملی کاربرد AI است. خبر خوب این که اخیراً حرکت‌هایی در این جهت آغاز شده و شماری از مدل‌های AI (مثلاً در تشخیص تصویر با پشتیبان تصمیم) وارد فاز ارزیابی بالینی شده‌اند.

چهارمین مسأله، ملاحظات حقوقی و اخلاقی در قبال تصمیم‌های AI است. اگر یک سیستم هوشمند دچار اشتباه شد و آسیبی متوجه بیمار گردید، مسئولیت آن با کیست؟ پزشک معالج، شرکت سازنده نرم‌افزار یا تیم برنامه‌نویس؟ این پرسشی است که محققان حوزه اخلاق پزشکی و حقوق سلامت در حال بررسی آن هستند. همینطور باید به حریم خصوصی داده‌های بیماران توجه ویژه داشت؛ الگوریتم‌های AI برای آموزش نیازمند داده‌های زیادی هستند و حفظ امنیت و محرمانگی این داده‌ها الزامی است. خوشبختانه روش‌هایی مانند یادگیری فدرالی توسعه یافته که اجازه می‌دهد مدل‌ها بر روی داده‌های پراکنده در مراکز مختلف بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات خام در یک مکان مرکزی آموزش ببینند. برای نمونه، یک شبکه فدرالی شامل ۶۵ مرکز درمانی در سه قاره توانست با همین روش و بدون نقض حریم بیماران، ۵ زیست‌نشانگر جدید برای سرطان‌های نادر کودکان کشف کند. این نشان می‌دهد می‌توان میان نیاز پژوهش به داده‌های بزرگ و حق بیمار بر حریم خصوصی، تعادلی هوشمندانه برقرار کرد.

نهایتاً، جایگاه انسان در عصر هوش مصنوعی نکته‌ای است که همواره باید به خاطر داشت. با مشاهده توانمندی‌های AI، این نگرانی مطرح می‌شود که نکند ماشین‌ها جایگزین متخصصان شوند. واقعیت این است که هرچند AI از نظر تحلیل داده و الگویابی فوق‌انسانی عمل می‌کند، اما نمی‌تواند و نباید جایگزین خرد، تجربه و حس انسانی پزشکان شود. بهترین رویکرد همان است که به آن "human-in-the-loop" می‌گویند؛ یعنی مدل‌های هوش مصنوعی در کنار انسان و با نظارت انسان فعالیت کنند. به بیان دیگر، AI یک همکار دیجیتال است نه رئیس یا جانشین. من به عنوان پزشکی که فناوری را به آغوش می‌کشد، بر این باورم که پزشکانی که از AI بهره می‌برند می‌توانند جایگزین پزشکانی شوند که از آن بی‌بهره‌اند اما هیچ AI ای قادر نخواهد بود شفقت انسانی، قضاوت بالینی و مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای یک پزشک را تکثیر کند. هدف نهایی، تقویت نقش انسان است؛ ما به کمک AI اشتباهات را کاهش می‌دهیم، تصمیم‌ها را بهینه می‌کنیم و وقت بیشتری برای گوش کردن به بیماران و همراهی با آنان پیدا می‌کنیم.

به طور خلاصه، برای بهره‌مند شدن از مزایای بی‌شمار هوش مصنوعی در انکولوژی، باید با چشمانی باز پیش برویم. تنوع بخشی به داده‌های آموزشی، ایجاد شفافیت در الگوریتم‌ها، اعتبارسنجی بالینی و وضع چارچوب‌های قانونی و اخلاقی مناسب، همگی قطعات ضروری این پازل هستند. تنها با رعایت این موارد است که می‌توانیم از یک فناوری فوق‌العاده به شکلی ایمن و عادلانه در خدمت بیماران بهره ببریم.

پوشیدنی و اپلیکیشن‌های همراه بیماران برداشته شده است. این سیستم‌ها می‌توانند علائم حیاتی و حال عمومی بیمار را ۲۴ ساعته رصد کنند و کوچکترین نشانه از شروع یک مشکل را شکار کرده و هشدار دهند. نسل آینده این فناوری احتمالاً فراتر از هشدار صرف خواهد بود و مستقیماً به پزشک پیشنهاد می‌کند که مثلاً دوز دارو را کم کند، وقفه‌ای دهد یا داروی کمکی تجویز کند تا از عارضه پیشگیری شود. چنین نگرشی، چشم‌انداز طب انکولوژی را از حالت واکنشی (واکنش به عارضه بعد از وقوع) به حالت پیش‌دستانه و انطباق‌پذیر تغییر خواهد داد.

تسهیل پژوهش‌های بالینی و دسترسی به درمان‌های نو
هوش مصنوعی همچنین در پیوند بیماران با جدیدترین درمان‌های در دست تحقیق نقش آفرین شده است. یکی از مشکلات قدیمی، پیدا کردن کارآزمایی بالینی مناسب برای بیماران واجد شرایط و ارجاع به موقع آنها بوده است. تطبیق معیارهای پیچیده‌ی کارآزمایی‌ها با شرایط بیماران، کاری زمان‌بر و بعضاً پراشتباه بود. اما AI حل این پازل را ممکن ساخته است؛ سیستم‌هایی توسعه یافته که پرونده بیمار و داده‌های مولکولی او را به صورت خودکار با پایگاه داده کارآزمایی‌های در حال اجرا تطبیق می‌دهند و در عرض چند دقیقه، لیستی از آزمایش‌های بالینی مناسب را پیشنهاد می‌کنند. این یعنی کاهش کاری که قبلاً هفته‌ها زمان می‌برد به چند دقیقه. نتایج به کارگیری این سیستم‌های تطبیق هوشمند شگفت‌انگیز است. در حالی که *historically* فقط ۳٪ ۵٪ بیماران بزرگسال سرطانی در کارآزمایی‌های بالینی مشارکت می‌کردند (که به معنی از دست رفتن فرصت دریافت درمان‌های نو برای بسیاری بود)، مراکز پیشرو که از AI برای یافتن کارآزمایی مناسب بهره گرفته‌اند گزارش می‌کنند که این نرخ به ۱۵٪ ۲۰٪ افزایش یافته است. در سرطان‌های نادر که یافتن بیمار واجد شرایط دشوارتر است، بعضاً مشارکت در کارآزمایی حتی دو برابر شده است. این تنها پر کردن ظرفیت مطالعه‌ها نیست، بلکه دمکراتیزه کردن دسترسی بیماران به جدیدترین درمان‌ها است. از دید من، این یک موفقیت بزرگ اخلاقی نیز به شمار می‌آید، چرا که کمک می‌کند بیماران فارغ از اینکه به کدام پزشک مراجعه کرده‌اند یا در کدام بیمارستان هستند، از شانس شرکت در پژوهش‌های مهم درمانی محروم نمانند.

چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی: چرا هنوز به پزشکان نیاز است؟

با تمام این توصیفات امیدوارکننده، نباید فراموش کنیم که کاربرد هوش مصنوعی در پزشکی بدون چالش و مخاطره نیست. تاریخ پزشکی نشان داده که هر فناوری جدیدی در کنار منافع که دارد، می‌تواند در صورت استفاده نادرست یا بی‌ملاحظه تبعات ناخواسته‌ای داشته باشد. هوش مصنوعی نیز از این قاعده مستثنی نیست.

نخستین چالش، مسأله کیفیت داده‌ها و عدالت در آنهاست. الگوریتم‌های AI برای یادگیری، به حجم عظیمی از داده‌های بیماران متکی‌اند. اگر این داده‌ها نماینده طیف جمعیتی متنوع نباشند، نتایج الگوریتم ممکن است برای برخی گروه‌ها نادرست یا حتی خطرناک باشد. به عنوان مثال، اگر یک مدل تشخیص پوست ملانوم عمدتاً با تصاویر بیماران اروپایی آموزش ببیند، ممکن است در تشخیص ضایعات پوستی بیماران با رنگ پوست تیره‌تر ضعیف عمل کند. چنین سوگیری‌های داده‌ای می‌تواند به نابرابری در کیفیت مراقبت دامن بزند. بنابراین، نیاز مبرمی به گردآوری داده‌های گسترده از نژادها، جنسیت‌ها و جوامع مختلف و نیز استانداردسازی فرآیندهای جمع‌آوری داده وجود دارد. مؤسسات معتبر مانند NCI نیز تأکید کرده‌اند که تدوین استانداردهای مشترک برای توسعه مدل‌های AI و اشتراک‌گذاری داده‌ها به شکلی امن و ناشناس، برای رفع این معضل ضروری است.

دومین دغدغه، بحث شفافیت و قابل فهم بودن تصمیم‌های AI است. بسیاری از مدل‌های پیشرفته (خصوصاً شبکه‌های عمیق) به صورت یک جعبه سیاه عمل می‌کنند. یعنی مشخص نیست دقیقاً بر اساس چه الگوهایی به یک تصمیم یا پیش‌بینی رسیده‌اند. در پزشکی، اعتماد و اطمینان به تشخیص و درمان از اهمیت بالایی برخوردار است. پزشک و بیمار هر دو مایلند بدانند «چرا» یک تصمیم گرفته شده است. بنابراین توسعه هوش مصنوعی قابل

صفر، یک طرح آماده AI را دریافت می‌کند و صرفاً با نظارت و انجام اصلاحات نهایی آن را تأیید می‌نماید. شخصاً مشاهده کرده‌ام که این روند چقدر فشار کاری متخصصان را کم کرده و اجازه می‌دهد روی موارد پیچیده‌تر تمرکز کنند.

هوش مصنوعی در پرتودرمانی حتی می‌تواند به استانداردسازی جهانی درمان کمک کند. با کاهش دخالت عوامل متغیر انسانی در کانتور کردن و برنامه‌ریزی، اختلاف نظر و تفاوت بین مراکز مختلف کمتر خواهد شد. در نتیجه، بیماران صرف نظر از اینکه در یک مرکز پیشرفته شهری درمان شوند یا در یک بیمارستان کوچک‌تر، می‌توانند انتظار کیفیت مشابهی از برنامه پرتودرمانی داشته باشند. این قابلیت به ویژه برای مناطقی که ممکن است متخصص رادیولوژی مجرب به تعداد کافی نداشته باشند، نعمت بزرگی است؛ زیرا AI می‌تواند تجربه مراکز برتر را به صورت یک راهنمای عملی در اختیار سایرین قرار دهد. البته هنوز چالش‌هایی مانند دسترسی به داده‌های وسیع و متنوع بیماران برای آموزش بهتر الگوریتم‌ها وجود دارد، اما روند کلی نویدبخش است.

در حوزه جراحی سرطان نیز AI با به عرصه گذاشته است. هرچند جراحی به مهارت دستی جراح وابسته است، اما سیستم‌های هوشمند می‌توانند پیش و حین عمل به جراحان کمک کنند. به عنوان مثال، با تحلیل تصاویر MRI و سی‌تی‌اسکن پیش از عمل، AI می‌تواند مدل‌های سه بعدی از تومور و بافت‌های حیاتی اطراف آن بسازد تا جراح برای عمل آماده‌تر باشد. در طول عمل نیز فناوری‌های بی‌نیایی کامپیوتری می‌تواند به تشخیص بافت سرطانی در حاشیه‌های جراحی کمک کند (مثلاً رنگ آمیزی فلورسنت تومور و تشخیص خودکار آن با دوربین). هرچند این کاربردها هنوز به اندازه رادیولوژی و پرتودرمانی فراگیر نشده، اما تحقیقات اولیه نشان می‌دهد که می‌توان با این ابزارها حاشیه‌های منفی جراحی (برداشت کامل تومور) را افزایش داد و نیاز به جراحی مجدد را کم کرد.

مدیریت عوارض و بهبود پایش بیماران

یکی دیگر از ابعاد مهم درمان سرطان، مدیریت عوارض درمان و پایش وضعیت بیماران حین درمان است. شیمی‌درمانی، پرتودرمانی و حتی برخی داروهای هدفمند می‌توانند عوارض جانبی شدیدی ایجاد کنند که گاهی برای بیمار خطرناک می‌شود و ادامه درمان را دشوار می‌سازد. در این زمینه نیز AI در نقش یک سیستم هشدار زودرس ظاهر شده است. پلتفرم‌های هوشمندی توسعه یافته‌اند که با زیر نظر گرفتن مستمر داده‌های متعدد از وضعیت بیمار از نتایج آزمایشگاهی و علائم حیاتی گرفته تا گزارش‌های خود بیمار از علائم شیمی می‌توانند بروز یک عارضه شدید را تا ۴۸ ساعت پیش از وقوع پیش‌بینی کنند. این سامانه‌ها عملاً مانند پیش‌بینی وضعیت هوا برای طوفان‌های درمانی عمل می‌کنند؛ اگر قرار باشد وضعیت بیماری مثلاً دو روز بعد به سمت یک عارضه خطرناک (مانند عفونت شدید یا افت وخیم گلبول‌های خون) برود، سیستم با تحلیل روند داده‌ها و الگوهای مشابه قبلی هشدار می‌دهد.

کاربرد چنین پیش‌آگاهی هوشمندی حیرت‌آور است. گزارش شده در بیمارستان‌هایی که از این سیستم‌های پیش‌بینی عوارض (توسط شرکت‌هایی مثل ConcertAI یا Tempus) استفاده کرده‌اند، وقوع عوارض شدید درمانی ۳۰٪ ۴۰٪ کاهش یافته و مراجعه‌های اورژانسی بیماران تا ۲۵٪ کمتر شده است. یک مرکز سرطان بزرگ اعلام کرده صرفاً طی شش ماه، با جلوگیری از این عوارض، حدود ۳٫۲ میلیون دلار صرفه جویی هزینه درمانی صورت گرفته است. اما از نگاه بیماران، مهم‌تر از صرفه جویی مالی این است که آنها توانسته‌اند دوره درمان را بدون وقفه و بحران طی کنند و از مخاطرات بالقوه جان سالم به در ببرند. این دستاورد واقعاً کیفیت زندگی بیماران تحت درمان را بالا می‌برد و به پزشکان نیز اعتماد به نفس می‌دهد که درمان تجویزی‌شان با اطمینان بیشتری اجرا خواهد شد.

به باور من، این شکل از نظارت هوشمند بر بیمار، مقدمه‌ای بر تحقق ایده دوزبندی شخصی‌سازی شده پویا در آینده است. یعنی شاید روزی برسد که دوز داروی هر بیمار یا برنامه پرتودرمانی‌اش نه به صورت از پیش تعیین شده ثابت، بلکه با توجه به پاسخ‌های لحظه‌ای بدن او و توسط AI به طور پیوسته تنظیم شود. در واقع اولین گام‌ها به این سمت با اتصال سامانه‌های AI به دستگاه‌های

چه مسیری را دنبال کند، خروجی‌های آن را تفسیر و در نهایت تصمیم نهایی را اتخاذ می‌کنیم. رابطه پزشک و هوش مصنوعی به رابطه همکاری تنگاتنگ بدل خواهد شد؛ ترکیب شهود، اخلاق و خلاقیت انسانی با دقت، سرعت و قدرت تحلیل ماشین. به جرأت می‌گویم که در تمام سال‌های طبابت، هیچ زمانی به اندازه امروز نسبت به آینده درمان سرطان امیدوار نبوده‌ام. هر پیشرفتی که AI به ارمغان می‌آورد از تشخیص یک لکه ریز در اسکن تا کشف یک داروی انقلابی ما را یک گام به هدف نهایی نزدیک تر می‌کند؛ دنیایی که در آن سرطان دیگر حکم محکومیت قطعی به مرگ نیست، بلکه یک بیماری قابل کنترل (و شاید روزی کاملاً قابل پیشگیری و علاج) خواهد بود.

ما پزشکان هرگز تسلیم سرطان نبوده ایم و نخواهیم شد. اکنون هوش مصنوعی هم رزم قدرتمندی در این نبرد شده است. آینده‌ای را تصور می‌کنم که در آن هر تصمیم درمانی با پشتیبانی خرد جمعی نهفته در AI اتخاذ می‌شود، هر بیمار نقشه درمانی اختصاصی خود را دارد و هیچ کس به دلیل تأخیر در تشخیص یا خطای انسانی جان خود را از دست نمی‌دهد. آن آینده شاید زودتر از آنچه گمان می‌کنیم فرا برسد. این مسیر همچنان نیازمند تلاش خستگی ناپذیر، تحقیق بیشتر و گفتگوهای مستمر بین متخصصان فنی، بالینی و سیاست‌گذاران است. اما جهت حرکت روشن است و حرکت آغاز شده.

در پایان باید تأکید کنم، همان گونه که پیشرفت‌های کنونی را جشن می‌گیریم، چشمانمان به افق‌های دورتر دوخته شده است. بهترین روزهای انکولوژی در راه‌اند. هوش مصنوعی قرار نیست معجزه کند یا جایگزین انسان شود، بلکه قرار است ابزارهای ما را نیرومندتر، دید ما را وسیع‌تر و دست ما را برای شفای بیماران بازتر کند. رسالت ما به عنوان متخصصان این است که اطمینان حاصل کنیم این فناوری به بهترین شکل و در جهت درست به کار گرفته شود. با این امید و با این تعهد، به پیشواز آینده‌ای می‌رویم که در آن سرطان گام به گام مهار می‌شود و زندگی‌های بیشتری نجات می‌یابد. آینده‌ای که به لطف پیوند هوش انسان و ماشین، دست یافتنی‌تر از همیشه به نظر می‌رسد.

چنین رویکردی، مدل‌هایی است که برای همه نژادها و ملت‌ها عملکرد خوبی دارند و استانداردهای مراقبت سرطان را در سراسر جهان بهبود می‌بخشند. به بیان دیگر، اختلاف سطح مراقبت بین بهترین مرکز سرطان دنیا و یک بیمارستان کوچک روستایی به حداقل خواهد رسید؛ چرا که هر دو از خرد جمعی نهفته در AI بهره‌مند خواهند بود.

توسعه درمان‌های نوین در زمان کوتاه‌تر: همانطور که دیدیم، AI توانست در حل ساختار پروتئین‌ها انقلابی به پا کند و نوبل شیمی ۲۰۲۴ را کسب کند. این تازه شروع ماجراست. انتظار می‌رود در آینده AI بتواند تعاملات بین پروتئین‌ها، جهش‌ها و داروها را نیز با دقت پیش‌بینی کند. اگر امروز طراحی یک داروی جدید ۱۰ سال طول می‌کشد، این زمان می‌تواند به لطف AI به چند سال یا حتی چند ماه کاهش یابد. شاید رویا پردازانه باشد، اما می‌توان تصور کرد که در مواجهه با یک سرطان غیرقابل درمان، یک مدل پیشرفته هوش مصنوعی بتواند در زمانی کوتاه یک مولکول نو ترکیب یا درمان ژنی طراحی کند که دقیقاً همان سرطان را هدف می‌گیرد. بدین ترتیب چرخه میان پژوهش آزمایشگاهی و درمان بالینی بسیار کوتاه‌تر و پویاتر خواهد شد.

تلفیق بیشتر AI با مراقبت‌های روزمره: سامانه‌های هوش مصنوعی به تدریج از ابزارهای کمکی تخصصی به همراهان همیشگی تیم درمان تبدیل می‌شوند. پزشکان نسل جدید احتمالاً در کنار گوشی پزشکی و چاقوی جراحی، یک دستیار AI شخصی نیز خواهند داشت که در تمام تصمیم‌ها و اقدامات، پشت صحنه در حال تحلیل و مشورت دهی است. این دستیار ممکن است به شکل یک نرم افزار یکپارچه در سیستم پرونده الکترونیک بیمار باشد که دائم اطلاعات جدید بیمار را رصد می‌کند، هشدارها و پیشنهادها را به موقع اعلام می‌کند و حتی کارهای زمان بر نظیر نوشتن یادداشت‌ها و گزارش‌ها را خودکار انجام می‌دهد. نتیجه، افزایش بهره‌وری تیم درمان و اختصاص زمان بیشتر به تعامل انسانی با بیمار خواهد بود. امری که هم به نفع بیمار است و هم رضایت شغلی پزشکان را بالا می‌برد.

در چنین آینده‌ای، نقش ما متخصصان پزشکی بیش از پیش به شکل هدایت‌گر و ناظر خواهد بود. ما تعیین می‌کنیم که AI

آینده پژوهی: نگاه به آینده هوش مصنوعی در سرطان

نگاهی که به مسیر طی شده در چند سال اخیر می‌اندازیم، از خود می‌پرسیم: به کجا خواهیم رسید؟ پیشرفت‌های AI در انکولوژی آنقدر سریع بوده که پیش‌بینی ۵ یا ۱۰ سال آینده دشوار، ولی وسوسه‌انگیز است. به عنوان کسی که تحول دیجیتال در پزشکی را از نزدیک دنبال می‌کند، معتقدم آنچه تاکنون دیده‌ایم تنها آغاز راه است. آینده‌ای درخشان و البته پرچالش در انتظار ماست که برخی از جلوه‌های احتمالی آن را می‌توان چنین ترسیم کرد:

تشخیص‌های فوق زود هنگام و پیشگیرانه: ترکیب هوش مصنوعی با انواع داده‌های زیست‌نشانگرها (مثلاً DNA آزاد توموری در خون) و تصاویر پیشرفته، امکان ایجاد سیستم‌های غربالگری چندوجهی را فراهم خواهد کرد. شاید ظرف دهه آینده بتوانیم با یک آزمایش خون ساده و یک اسکن هوشمند، بروز بسیاری از سرطان‌ها را ماه‌ها یا سال‌ها پیش از شکل‌گیری تومور قابل تشخیص پیش‌بینی کنیم. چنین تغییری اساساً مفهوم سرطان را دگرگون می‌کند؛ از درمان بیماری موجود به پیشگیری از بیماری در شرف وقوع.

درمان‌های کاملاً شخصی‌سازی شده: چشم‌انداز مدل‌های جامع مولتی‌مدال این است که روزی برای هر بیمار یک "دوقلوی دیجیتال" (Digital Twin) داشته باشیم. مدلی که تمام ویژگی‌های زیستی فرد را شبیه‌سازی می‌کند. آنگاه می‌توان پیش از شروع درمان، انواع گزینه‌ها را روی این مدل آزمایش کرد و بهترین را برگزید. به این ترتیب، برای هر بیمار ترکیب درمانی منحصربه‌فردی (چه بسا ترکیب دارو، دوز و زمان‌بندی مختص خودش) طراحی خواهد شد که بیشترین شانس موفقیت و کمترین عارضه را دارد. هوش مصنوعی مغز متفکر این فرایند خواهد بود که میلیون‌ها سناریوی ممکن را شبیه‌سازی و نتیجه‌شان را پیش‌بینی می‌کند.

یکپارچگی جهانی دانش و کاهش نابرابری: در آینده، شبکه‌های یادگیری فدرال جهانی گسترده‌تر خواهند شد. مراکز درمانی از سراسر دنیا حتی آنهایی که امکانات محدودی دارند می‌توانند مدل‌های هوش مصنوعی مشترکی را تعلیم دهند که از تجربه جمعی نوع بشر در مواجهه با سرطان آموخته است. نتیجه





از سین سرطان
تا سین سلامتی

ماهنامه تخصصی حوزه سرطان • شماره هفتاد و چهار • ویژه نامه هوش مصنوعی • شهریور ماه ۱۴۰۳ • تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه



<https://azsintasin.ir> @azsintasin @azsintasin ۰۹۳۶۰۶۸۱۸۴۶



از سین سرطان
تا سین سلامتی

نشریه از سین سرطان تا سین سلامتی

رسانه برتر در حوزه بهداشت
درمان و پزشکی کشور



@azsintasin



www.azsintasin.ir