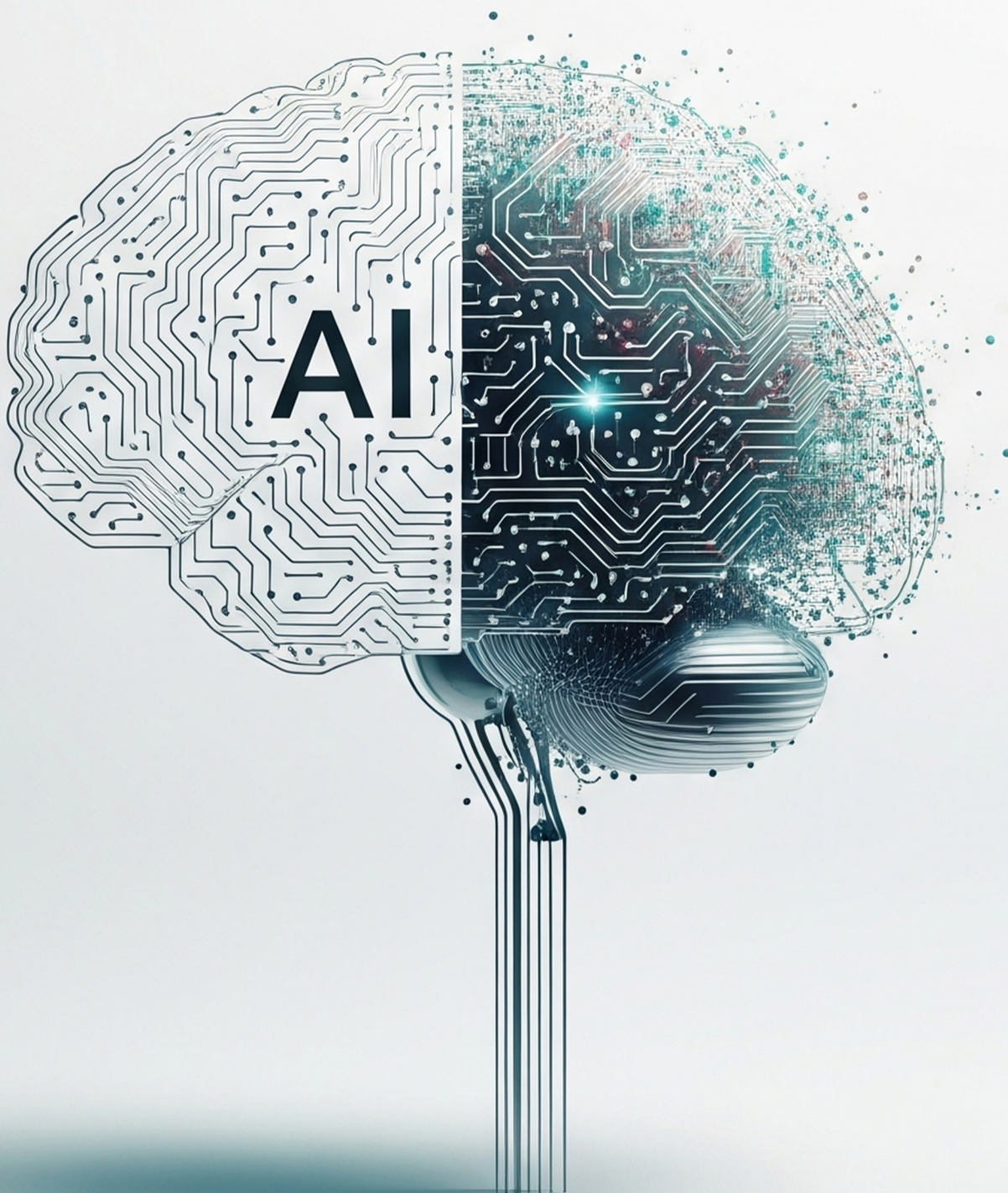


فصلنامه فناوری و نوآوری نظام سلامت

کاربردهای هوش مصنوعی در علوم پزشکی



سر دبیر: صدرا محبی

مدیر مسئول: پارسا محمدی نژاد

فصلنامه فناوری و نوآوری نظام سلامت

دانشگاه علوم پزشکی تهران

فصلنامه
مطالب

صاحب امتیاز: انجمن فناوری و نوآوری نظام سلامت

مدیر مسئول: پارسا محمدی نژاد

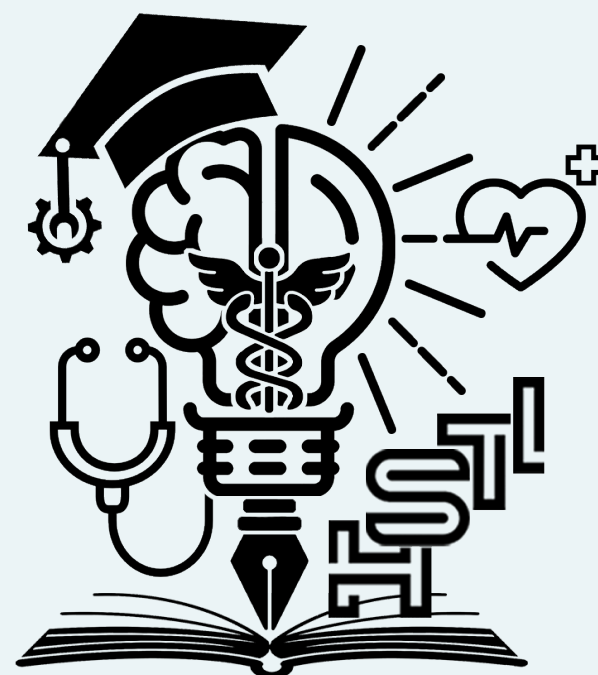
سر دبیر: صدرا محبی

همکاران این شماره: پرنیا ابوالقاسمی نژاد، سنا احمدپور،
متانت احمدی، رقیه حاتمی، نوید خوش باطن، صدرا محبی،
شکوه میرزایی، محمد ابراهیم نورالهی

طراح جلد و صفحه آرا: محمد ابراهیم نورالهی، پارسا محمدی نژاد

بهار ۱۴۰۴

Tums_HSTL_Mag



نشریه فناوری و نوآوری
نظام سلامت

سخن سردبیر

۴

نردبان سرعت و پیشرفت جویندگان
دانش با هوش مصنوعی

۵

هوش مصنوعی در تشخیص و
کشف بیماری های پزشکی

۶

هوش مصنوعی در جراحی

۱۰

هوش مصنوعی در جراحی ۲

۱۳

هوش مصنوعی در داروسازی

۱۶

هوش مصنوعی در توانبخشی

۱۸

بروزرسانی سیستم های بیمارستانی

۲۱

اخلاق و مقررات در هوش مصنوعی

۲۲

منابع

۲۴

نردبان سرعت و پیشرفت جویندگان دانش با هوش مصنوعی

01

سخن سردییر

00

داده، سامانه‌های پیش‌بینی نتایج درمان و ابزارهای نگارش آکادمیک، همه بخشی از زیست‌بوم پژوهش مدرن‌اند که بدون تسلط بر آن‌ها، مسیر تحقیق برای دانشجو سخت، زمان‌بر و گاه بی‌ثمر خواهد بود. هوش مصنوعی نه تنها سرعت تحقیق را افزایش می‌دهد، بلکه به کیفیت و دقت آن عمق می‌بخشد.

اما بهره‌گیری از این نردبان هوشمند، تنها با آموختن سطحی یا استفاده ابزاری میسر نیست. دانشجو باید بیاموزد که چگونه با نگاهی نقادانه از هوش مصنوعی بهره‌گیرد، مرزهای اخلاقی را بشناسد، خطاهای احتمالی آن را درک کند و همواره در تعامل خردمندانه با آن باقی بماند. تسلط واقعی بر هوش مصنوعی یعنی شناخت قدرت آن، درک محدودیت‌هایش، و استفاده متعهدانه از آن در خدمت انسان.

بدین‌سان، آن‌کس که امروز با درایت، آگاهی و خلاقیت بر ابزارهای هوش مصنوعی مسلط شود، نه تنها از نردبان پیشرفت بالا می‌رود، بلکه خود پایه‌گذار پله‌های جدیدی برای آینده خواهد بود. هوش مصنوعی، در دستان دانشجوی دانا، نه فقط وسیله‌ای برای سرعت، که کلیدی برای ژرفا، توسعه و تحول است.



امیر محمد چکنی

پژوهشگر حوزه هوش مصنوعی در
علوم پزشکی



در روزگار ما، که شتاب تولید دانش از هر زمان بیشتر است و مرزهای سنتی آموزش رو به فروپاشی نهاده‌اند، تسلط بر ابزارهای نوین نه یک مزیت، که ضرورتی گریزناپذیر برای هر دانشجوی آینده‌نگر است. در این میان، هوش مصنوعی، به‌عنوان قلب تپنده‌ی انقلاب چهارم صنعتی، به یکی از ارکان اصلی جعبه‌ابزار علمی و آموزشی دانشجویان بدل شده است. دیگر نمی‌توان با ذهنی تنها، در برابر انبوه داده‌ها و پیچیدگی دانش پزشکی ایستاد. آشنایی عمیق و استفاده خلاقانه از هوش مصنوعی، می‌تواند نقطه تمایز دانشجوی امروز با پژوهشگر فردا باشد.

هوش مصنوعی نه فقط ابزار تحلیل داده و خلاصه‌سازی مطالب، بلکه همکار یادگیرنده‌ای است که با الگوریتم‌های خود، مسیر مطالعه را شخصی‌سازی می‌کند، نقاط ضعف را آشکار می‌سازد و تمرکز یادگیرنده را از حافظه‌محوری به عمق‌بخشی و درک ساختاری سوق می‌دهد. دانشجویی که بتواند با زبان هوش مصنوعی سخن بگوید، می‌تواند در کوتاه‌ترین زمان ممکن، منابع گسترده را غربال کند، اطلاعات را به دانش تبدیل نماید و فراتر از آن، دیدی نظام‌مند به مفاهیم پیدا کند؛ مهارتی که در دنیای پزشکی امروز بی‌بدیل است.

از سوی دیگر، پژوهش دانشجویی بدون بهره‌گیری از ابزارهای هوش مصنوعی، دیگر کمتر توان رقابت و نوآوری دارد. چت‌بات‌های علمی، مدل‌های تحلیل

از موضوعات فناورانه پیدا کنند، بلکه بتوانند نقشی فعال در حل مسائل نظام سلامت کشور ایفا نمایند. نگاه ما صرفاً به انتقال ساده‌ی مطالب محدود نمی‌شود؛ بلکه با تقویت روحیه پیگیری، حس مسئولیت‌پذیری و اندیشه نقادانه، به دنبال آن هستیم که این نشریه بستری برای رشد توانمندی در تولید علم، توسعه فناوری‌های کارآمد، و حتی زمینه‌سازی برای پژوهش‌های نوآورانه و ثبت اختراعات باشد.

بدون تردید، مسیر پیش‌رو نیازمند تعامل، همفکری و مشارکت مستمر شما همراهان گرامی است. از همه اساتید، پژوهشگران، دانشجویان، فناوران و فعالان حوزه سلامت دعوت می‌کنیم با ارائه دیدگاه‌ها، پیشنهادها و نقدهای سازنده خود، ما را در غنی‌سازی محتوای نشریه و بهبود مستمر آن یاری دهند. این همراهی، نه تنها بر کیفیت علمی نشریه خواهد افزود، بلکه گامی مهم برای پیشرفت فناوری‌های سلامت در دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور به شمار می‌آید.

در پایان، از تلاش‌های بی‌دریغ و انگیزه‌مند اعضای پرتلاش تحریریه نشریه «فناوری و نوآوری نظام سلامت» که با تعهد و مسئولیت اجتماعی خود در شکل‌گیری این حرکت علمی سهیم بودند، صمیمانه قدردانی می‌کنم.

صدرا محبت

دانشجوی پزشکی
دانشگاه علوم پزشکی تهران

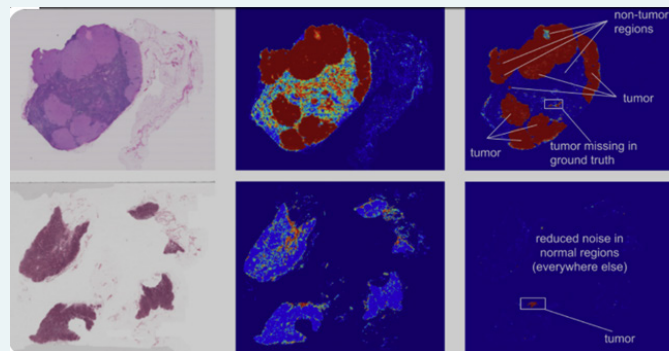


در آستانه انتشار نخستین شماره نشریه «فناوری و نوآوری نظام سلامت»، لازم می‌دانم در چند جمله، اهداف و دلایل شکل‌گیری این نشریه را با شما در میان بگذارم. این نشریه با هدف معرفی و ترویج فناوری‌ها و نوآوری‌های نوین در حوزه سلامت پایه‌گذاری شده تا زمینه‌ای علمی و کاربردی برای تبادل دانش، تجربیات و ایده‌های نو در نظام سلامت کشور فراهم شود. تلاش شده است تا با ارائه مطالب علمی، تحلیل‌های تخصصی و معرفی دستاوردهای فناورانه داخلی و بین‌المللی، گامی مؤثر در مسیر ارتقای کیفیت خدمات سلامت، تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد، و توسعه مرزهای دانش در این حوزه برداشته شود.

تمرکز اصلی این نشریه بر ارتقای آگاهی، مهارت و نگرش مخاطبان، به‌ویژه دانشجویان علوم پزشکی در زمینه فناوری و نوآوری‌های مرتبط با سلامت است. ما تلاش می‌کنیم با تدوین مطالب ساختارمند، بهره‌گیری از منابع علمی معتبر، بهره‌مندی از تجربیات اساتید و پرداختن به تحلیل‌های بین‌رشته‌ای، فضایی مناسب برای علاقه‌مندان فراهم کنیم تا نه تنها درک عمیق‌تری

هوش مصنوعی در تشخیص و کشف بیماری‌های پزشکی

نگاهی چندرشته‌ای



فراتر از تشخیص سرطان، هوش مصنوعی در آسیب‌شناسی بیماری‌های عفونی، اندازه‌گیری شدت التهاب و شناسایی بیماری‌های نادر نیز کاربرد دارد. ادغام هوش مصنوعی با آزمایش‌های مولکولی می‌تواند تصویری جامع از بیماری، هم در سطح ساختاری و هم ژنومی، ارائه دهد.

البته چالش‌هایی مانند قوانین نظارتی، استانداردسازی دیجیتال‌سازی اسلایدها و قابل تفسیر بودن مدل‌ها همچنان مطرح هستند. با این وجود، هوش مصنوعی در مسیر تبدیل آسیب‌شناسی به حوزه‌ای دقیق‌تر و مقیاس‌پذیرتر قرار دارد (۲).

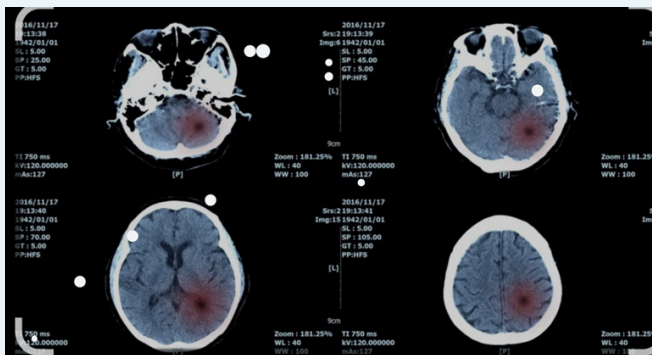
«هوش مصنوعی در تشخیص شکستگی‌های استخوان»

تشخیص شکستگی استخوان، به ویژه در بخش‌های اورژانس، می‌تواند بسیار حساس و دشوار باشد. هوش مصنوعی (AI) راه‌حلی مؤثر ارائه می‌دهد: اسکن سریع تصاویر رادیولوژی و شناسایی نواحی مشکوک برای تأیید نهایی توسط رادیولوژیست. شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNNs) و مدل‌های مبتنی بر ناحیه مانند R-CNNs توانسته‌اند با دقت بالا شکستگی‌های استخوان‌های بلند، لگن و مهره‌ها را شناسایی کنند.

این مدل‌ها نه تنها شکستگی‌های واضح را شناسایی می‌کنند، بلکه می‌توانند شکستگی‌های پنهانی را که در بررسی اولیه ممکن است نادیده گرفته شوند، نیز تشخیص دهند. برای مثال، مدل‌های هوش مصنوعی در شناسایی شکستگی لگن عملکردی مشابه متخصصان ارتوپدی داشته‌اند. همچنین، در تشخیص شکستگی در کودکان که به دلیل ناپختگی استخوان‌ها چالش‌برانگیز است، هوش مصنوعی می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

علاوه بر این، استفاده از هوش مصنوعی در تصویربرداری کمی رو به افزایش است؛ به عنوان مثال، اندازه‌گیری حجم ضایعات، انسدادهای عروقی یا تحلیل آتروفی نواحی مغزی که در پایش طولانی‌مدت بیماری‌ها حیاتی است.

با وجود چالش‌هایی مانند تعمیم‌پذیری نتایج بین مراکز درمانی مختلف، سوگیری داده‌های آموزشی و پیاده‌سازی در روندهای بالینی، هوش مصنوعی در رادیولوژی همچنان در حال پیشرفت است و به ارتقای دقت، کارایی و دسترسی به خدمات تشخیصی کمک می‌کند.



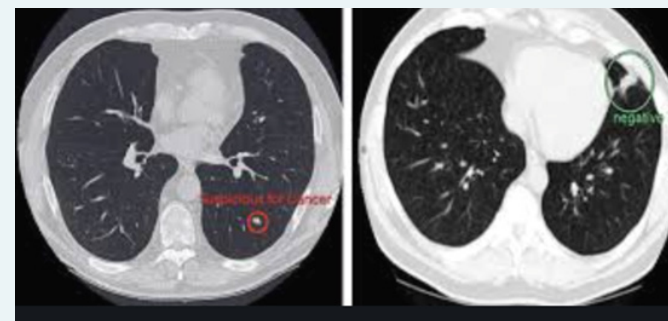
«هوش مصنوعی در پاتولوژی»

آسیب‌شناسی که زمانی صرفاً متکی به میکروسکوپ‌های آنالوگ بود، امروزه با ظهور آسیب‌شناسی دیجیتال و هوش مصنوعی (AI) دستخوش تحول شده است. با دیجیتالی شدن اسلایدهای بافت‌شناسی، مدل‌های یادگیری ماشین (ML) اکنون می‌توانند تصاویر کامل اسلاید (WSIs) را برای شناسایی بدخیمی‌ها، درجه‌بندی تومورها و حتی پیش‌بینی جهش‌های ژنتیکی از روی ساختارهای مورفولوژیک بررسی کنند.

شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNNs) عملکردی عالی در شناسایی سرطان‌های پستان، پروستات و کولورکتال از خود نشان داده‌اند. به عنوان مثال، مدل هوش مصنوعی گوگل توانسته در تشخیص سرطان پستان متاستاتیک در بیوپسی‌های غدد لنفاوی با آسیب‌شناسان خبره رقابت کند. این سیستم‌ها نه تنها دقت تشخیص را افزایش می‌دهند، بلکه اختلاف نظر بین پزشکان را کاهش داده و با برجسته‌سازی نواحی مشکوک، به کار آسیب‌شناسان سرعت می‌بخشند.

«هوش مصنوعی در رادیولوژی»

رادیولوژی به دلیل ماهیت تصویرمحور و حجم بالای داده‌های تولید شده، به عنوان یکی از حوزه‌های پیشرو در به کارگیری هوش مصنوعی (AI) شناخته می‌شود. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به ویژه شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNNs)، در تفسیر تصاویر پزشکی نظیر اشعه ایکس، سی‌تی اسکن و MRI عملکرد چشمگیری داشته‌اند.



این مدل‌ها قادرند به طور خودکار ناهنجاری‌ها را شناسایی، الگوهای بیماری را طبقه‌بندی و حتی بر اساس بیومارکرهای تصویری، نتایج احتمالی را پیش‌بینی کنند.

برای نمونه، مدل‌های هوش مصنوعی که با تصاویر قفسه سینه آموزش داده شده‌اند، می‌توانند بیماری‌هایی مانند ذات‌الریه، پلورال افیوژن و حتی نشانه‌های اولیه سرطان ریه را با دقتی مشابه رادیولوژیست‌های متخصص تشخیص دهند. در غربالگری سرطان پستان نیز، هوش مصنوعی با بهبود تحلیل ماموگرافی، میزان نتایج منفی کاذب را کاهش می‌دهد. سیستم‌های تریاژ مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با شناسایی و اولویت‌بندی سریع‌تر یافته‌های حیاتی، در شرایط اورژانسی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند.

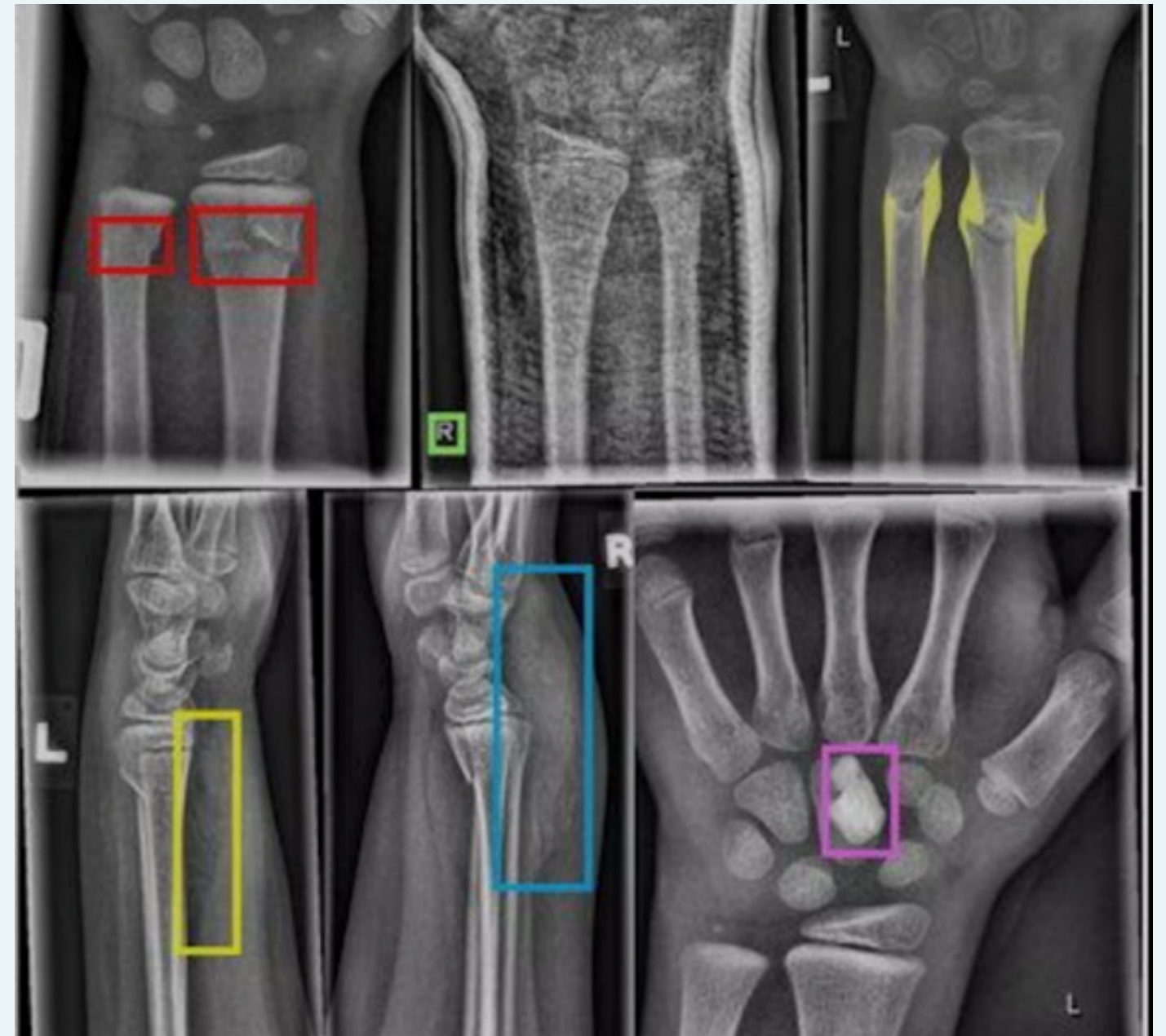
محمد ابراهیم نورالهت

دانشجوی پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی تهران



ادغام هوش مصنوعی (AI) در پزشکی، سرآغاز دوره‌ای تحول‌آفرین در حوزه سلامت به‌ویژه در زمینه تشخیص و کشف زودهنگام بیماری‌هاست. توانایی AI در تحلیل داده‌های وسیع و شناسایی الگوهای ظریف، باعث پیشرفت‌هایی چشمگیر در تخصص‌های مختلفی همچون رادیولوژی، آسیب‌شناسی و انکولوژی شده است. این نوآوری‌ها دقت، سرعت و هماهنگی تصمیم‌گیری‌های بالینی را بهبود می‌بخشند و در مواقعی که توان انسانی با خستگی یا حجم کاری محدود می‌شود، شکاف‌ها را پر می‌کنند. یادگیری ماشینی (ML)، یادگیری عمیق (DL) و شبکه‌های عصبی پیچشی (CNNs) به‌طور خاص در تحول تشخیص بیماری‌ها نقش کلیدی ایفا کرده‌اند. به‌عنوان نمونه، این فناوری‌ها در شناسایی ناهنجاری‌های سلولی در آسیب‌شناسی و تشخیص شکستگی‌های خفیف استخوان در تصاویر رادیولوژی کاربرد دارند. در اینجا به بررسی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در حوزه‌های کلیدی مانند رادیولوژی، آسیب‌شناسی، تشخیص شکستگی استخوان، تشخیص تومور و الگوریتم‌های اصلی مورد استفاده در این فناوری‌ها خواهیم پرداخت.



ادغام هوش مصنوعی در روندهای بالینی باعث بهبود بهره‌وری شده و از طریق مرتب‌سازی خودکار تصاویر، اولویت‌بندی موارد فوری و پشتیبانی از تله‌رادیولوژی، خدمات را حتی در مناطق محروم گسترش می‌دهد. با اینکه تنوع داده‌ها برای آموزش این مدل‌ها ضروری است، شواهد موجود نشان می‌دهد هوش مصنوعی ابزاری مطمئن برای تسریع در تشخیص شکستگی‌ها و کاهش خطاهای انسانی است.

« هوش مصنوعی در تشخیص تومورها

تشخیص تومور یکی از کاربردی‌ترین زمینه‌های هوش مصنوعی (AI) در حوزه سلامت است. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به ویژه شبکه‌های

عصبی کانولوشن (CNNs) و مدل‌های مبتنی بر Transformer، در شناسایی و تحلیل تومورها از طریق داده‌های تصویربرداری مانند CT، MRI، PET و حتی اولتراسوند عملکرد چشمگیری داشته‌اند.

سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند بین ضایعات خوش‌خیم و بدخیم تمایز قائل شوند، مرز تومورها را مشخص کنند و پاسخ به درمان را در گذر زمان ارزیابی نمایند. در مورد تومورهای مغزی، هوش مصنوعی در طبقه‌بندی گلیوماها بر اساس درجه و پیش‌بینی زیرگروه‌های مولکولی نقش دارد و به تشخیص و برنامه‌ریزی درمانی کمک می‌کند. به طور مشابه، در سرطان ریه، غربالگری با CT کم‌دوز و همراه با هوش مصنوعی، دقت تشخیص ندول‌های اولیه را افزایش داده است.

در آسیب‌شناسی انکولوژی، هوش مصنوعی در درجه‌بندی تومورها و پیش‌بینی پیش‌آگهی نقش مؤثری دارد. همچنین، کاربرد radiomics (استخراج کمی ویژگی‌ها از تصاویر) همراه با هوش مصنوعی، امکان شناسایی غیرتهاجمی فنوتیپ تومورها را فراهم می‌آورد و پلی بین تصویربرداری و اطلاعات ژنومی ایجاد می‌کند.

البته چالش‌هایی مانند حریم خصوصی داده‌ها، شفافیت الگوریتم‌ها و نیاز به اعتبارسنجی بالینی همچنان وجود دارند. با این حال، هوش مصنوعی به عنوان ابزاری کم‌هزینه، غیرتهاجمی و مقیاس‌پذیر در مدیریت سرطان به طور مداوم در حال پیشرفت است.

« الگوریتم‌های مورد استفاده در AI پزشکی

هسته اصلی تشخیص‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (AI)، الگوریتم‌هایی پیشرفته برای شناسایی الگو، طبقه‌بندی و پیش‌بینی است. شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNNs) به دلیل توانایی در تحلیل سلسله‌مراتبی فضایی، در کارهای تصویربرداری جایگاه اصلی را دارند. نسخه‌هایی مانند ResNet، Inception و EfficientNet در رادیولوژی و آسیب‌شناسی به کار رفته‌اند.

برای داده‌های زمانی یا دنباله‌دار، از شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNNs) و نسخه‌های پیشرفته آن مانند LSTM و Transformer استفاده می‌شود، به ویژه در پایش بیماران یا داده‌های زمانی پرونده‌های سلامت الکترونیک (EHR). الگوریتم‌هایی مانند SVMs (ماشین‌های بردار پشتیبان)، Random Forests (جنگل‌های تصادفی) و Gradient Boosting (تقویت گرادیانی) همچنان در داده‌های جدولی یا در شرایط داده‌های کم‌حجم مؤثر هستند.

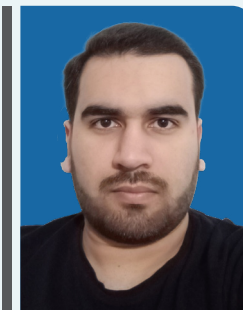
با استفاده از Transfer Learning (یادگیری انتقالی)، مدل‌های از پیش آموزش‌دیده با داده‌های پزشکی تطبیق داده می‌شوند که موجب بهبود چشمگیر عملکرد می‌گردد. همچنین، مکانیزم‌های توجه (Attention) و ابزارهای تفسیرپذیری (XAI) برای افزایش شفافیت و جلب اعتماد پزشکان حیاتی هستند.

در نهایت، استفاده از روش‌های Ensemble (ترکیبی) برای ترکیب چند مدل مختلف، موجب افزایش دقت و پایداری می‌شود. آینده هوش مصنوعی پزشکی متعلق به مدل‌های ترکیبی است که تصویربرداری، داده‌های بالینی و ژنومیک را در کنار هم قرار می‌دهند.

هوش مصنوعی در پزشکی دیگر یک مفهوم آینده‌نگر نیست، بلکه یک واقعیت در حال گسترش است که پتانسیل متحول کردن تشخیص، تریاژ و برنامه‌ریزی درمان را دارد. در حوزه‌هایی مثل رادیولوژی، آسیب‌شناسی، ارتوپدی و انکولوژی، هوش مصنوعی توانایی افزایش دقت تشخیص، کاهش بار کاری و تسهیل دسترسی به تفسیرهای تخصصی را نشان داده است. با این حال، برای رسیدن به پتانسیل کامل آن، چالش‌هایی مانند کیفیت داده‌ها، عدالت الگوریتمی، تطابق با مقررات و ادغام در رویه‌های بالینی باید حل شوند. همکاری بین پزشکان، دانشمندان داده و سیاستگذاران ضروری است تا راهکارهایی قابل اعتماد، اخلاق‌محور و مبتنی بر نیازهای بیمار ایجاد شود. با بهبود الگوریتم‌ها و تکمیل پایگاه‌های داده، هوش مصنوعی بدون شک جزئی کلیدی از پزشکی مدرن خواهد شد.

نوید خورش باطن

دانشجوی کارشناسی پرستاری
دانشگاه آزاد اسلامی علوم پزشکی
قم



پیشرفت‌های فناوریانه در دهه‌های اخیر، انقلابی در علوم پزشکی و به ویژه در جراحی ایجاد کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین این تحولات، ورود هوش مصنوعی (AI) به اتاق عمل است. این فناوری، همراه با ربات‌های جراحی و سیستم‌های کمکی هوشمند، چشم‌اندازهای جدیدی را برای تیم‌های جراحی گشوده است.

امروزه شواهد قابل توجهی درباره نقش مؤثر AI در جراحی‌های رباتیک وجود دارد. به عنوان مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی نتایج عمل جراحی و مدیریت بهتر عوارض پس از آن، مانند بی‌اختیاری ادرار پس از پروستاتکتومی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با وجود این، چالش‌هایی همچون عدم تطابق عملکرد در وظایف مختلف جراحی همچنان باقی است.

از سوی دیگر، ایده "همکاری تعاملی" میان انسان و ماشین نیز در حال گسترش است. پژوهش‌ها در حوزه یادگیری تقویتی چندعاملی، با هدف توسعه‌ی سیستم‌هایی صورت می‌پذیرد که به جای جایگزینی جراحان، به عنوان ابزاری کمکی و همراه در کنار آن‌ها عمل کنند. این رویکردها می‌توانند زمان جراحی را کاهش و ایمنی بیمار را افزایش دهند.

با وجود تمام این دستاوردها، هنوز راه زیادی تا جراحی کاملاً خودکار باقی مانده است. تمرکز اصلی تحقیقات کنونی، ارتقای توانایی هوش مصنوعی در زمینه پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های جراحان و کمک به آن‌ها در انجام عمل است.

به طور خلاصه، هوش مصنوعی اگرچه در ابتدای مسیر خود در جراحی قرار دارد، اما روند رو به رشد آن نویدبخش نقشی اساسی در آینده‌ی این حوزه است. برای تحقق کامل این پتانسیل، همکاری تنگاتنگ میان مهندسان، پزشکان و محققان ضروری است.

«افزایش دقت جراحی با کمک ربات‌های هوشمند»

دقت فزاینده در جراحی، یکی از مهم‌ترین دستاوردهای هوش مصنوعی در حوزه پزشکی است. سیستم‌های رباتیک مانند داونچی، با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوشمند، قادرند ابزارها را با دقت بالا هدایت کنند، لرزش دست جراح را حذف نمایند و وضوح تصویر را به طور قابل توجهی بهبود بخشند. این امر نه تنها به کاهش خطاهای احتمالی در حین عمل کمک می‌کند، بلکه امکان انجام جراحی‌های پیچیده‌تر را نیز فراهم می‌سازد.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۴ در مجله‌ی Annals of Medicine and Surgery منتشر شد، آمده است که استفاده از ربات‌های جراحی مجهز به هوش مصنوعی، نه تنها سبب کاهش قابل توجه خطاهای حین عمل می‌شود، بلکه دقت برش بافت را در مقایسه با روش‌های لاپاراسکوپ سنتی تا ۳۵ درصد افزایش می‌دهد (۴). نتیجه این تحولات، بهبود روند عمل جراحی، کاهش عوارض جانبی و تسریع فرآیند بهبود و بازتوانی بیماران را در پی داشته است.

«هوش مصنوعی در تحلیل داده‌های لحظه‌ای حین جراحی»

هوش مصنوعی با قابلیت پردازش سریع و دقیق داده‌ها در حین عمل، انقلابی در جراحی ایجاد کرده است. این فناوری با استفاده از اطلاعات وسیعی که از جراحی‌های قبلی جمع‌آوری شده، قادر است الگوهای خاص را شناسایی کند و حتی عوارض احتمالی را پیش از وقوع پیش‌بینی نماید.

به عنوان مثال، در صورت مشاهده علائمی از خونریزی شدید، مانند تغییر ناگهانی در ضربان قلب یا رنگ بافت، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به موقع به جراح هشدار دهند. یک مطالعه در سال ۲۰۲۳ نشان داد که این سیستم‌ها می‌توانند خطر خونریزی حین عمل را تا ۲۸ درصد کاهش دهند.

این سیستم‌ها صرفاً ابزار نیستند، بلکه به عنوان دستیاران هوشمندی در کنار تیم جراحی فعالیت می‌کنند تا تصمیم‌گیری‌ها آگاهانه‌تر و واکنش‌ها سریع‌تر باشند.

«خروجی‌های قابل اندازه‌گیری و بازخورد برای جراحان»

کاربرد فناوری هوش مصنوعی به اتاق عمل محدود نمی‌شود. این سیستم‌ها با تحلیل فیلم‌های جراحی، عملکرد جراح را ارزیابی کرده و بازخوردهای دقیق و قابل سنجشی ارائه می‌دهند.

سیستم SAIS که توسط محققان کالیفرنایی توسعه یافته، نمونه‌ای از این ابزارهای پیشرفته است.

سامانه‌های هوش مصنوعی جراحی (SAIS) قادرند کیفیت حرکات جراحی را ارزیابی کرده و بازخوردهای سازنده‌ای به جراحان ارائه دهند. این قابلیت می‌تواند به ارتقای مهارت‌های تخصصی و کاهش خطاهای احتمالی کمک شایانی کند.

علاوه بر ارزیابی عملکرد، هوش مصنوعی در بهبود آموزش جراحی از طریق ارائه بازخوردهای شخصی‌سازی‌شده نیز امیدبخش ظاهر شده است.

در مطالعه‌ای که در ژورنال Endourology منتشر شد، تأثیر بازخورد ویدیویی مبتنی بر AI بر جراحان تازه کار بررسی شد. یافته‌ها نشان داد افرادی که از بازخورد هوشمند بهره بردند، در اجرای بخیه‌زنی رباتیک عملکرد بهتری نسبت به سایرین داشتند.

«تحول در برنامه‌ریزی پیش از عمل»

هوش مصنوعی همچنین به‌طور قابل توجهی برنامه‌ریزی پیش از عمل را متحول کرده است. به‌ویژه در جراحی‌های ارتوپدی مانند آرتروپلاستی مفصل ران، این فناوری نه تنها زمان طراحی جراحی را کاهش می‌دهد، بلکه دقت مدل‌سازی را نیز به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

جراحان، ایمنی بیمار، کیفیت نتایج درمان و رضایت عمومی را نیز به طور چشمگیری افزایش داده‌اند.

الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به طور فزاینده‌ای برای پیش‌بینی نتایج جراحی و شناسایی عوارض احتمالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الگوریتم‌ها، با تجزیه و تحلیل داده‌های بیمار شامل تاریخچه پزشکی، تصاویر پزشکی و اطلاعات جراحی، پیش‌بینی‌های ارزشمندی را در اختیار جراحان قرار می‌دهند. این قابلیت، جراحان را قادر می‌سازد تا چالش‌ها را پیش‌بینی کرده و تنظیمات لازم را در زمان واقعی اعمال کنند، که در نهایت منجر به بهبود ایمنی بیمار و نتایج جراحی می‌شود.

جراحان می‌توانند هشدارهای به موقع و توصیه‌هایی کاربردی از سیستم‌های هوش مصنوعی دریافت کنند که عوامل مهمی را حین جراحی برجسته می‌کنند؛ مانند خطر خونریزی، آسیب بافتی یا عوارض بعد از عمل. این رویکرد پیشگیرانه می‌تواند به بهبود فرایند تصمیم‌گیری جراح کمک کرده و منجر به روش‌های جراحی موفق‌تر شود.

سیستم‌های رباتیک پیشرفته به جراحان این امکان را می‌دهند تا مهارت‌های جراحی خود را ارتقا داده و روش‌های پیچیده را با دقت بیشتری انجام دهند. رابط‌های بصری پیشرفته و قابلیت‌های ابزار رباتیک، به جراحان اجازه می‌دهند تا تکنیک‌های خود را اصلاح کرده و به طور موثرتری با بافت‌های چالش‌برانگیز مقابله کنند. تجسم سه‌بعدی با کیفیت بالا و کنترل دقیق ابزار، نتایج جراحی را بهبود می‌بخشد و با کاهش خطر عوارض و مشکلات پس از عمل، به نفع بیماران خواهد بود. تمرین و تجربه مستمر با جراحی رباتیک، جراحان را قادر می‌سازد تا مراقبت‌های با کیفیت خوب و کم‌تهاجمی را در تخصص‌های مختلف ارائه دهند.

شکوه میزراییت

دانشجوی پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی تهران



در دهه‌های اخیر، ترکیب فناوری اطلاعات و مهندسی پزشکی، انقلابی شگرف در عرصه مراقبت‌های سلامت ایجاد کرده است. هوش مصنوعی، با رشدی تصاعدی، نقشی محوری به عنوان پیوند دهنده بین علوم مهندسی و پزشکی ایفا می‌کند و به یکی از کارآمدترین شاخه‌های علمی در حوزه پزشکی بدل شده است. پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه‌هایی نظیر نانو تکنولوژی، الکترونیک پزشکی، مهندسی بافت، تصویربرداری پزشکی و هوش مصنوعی، امکانات نوینی را برای تشخیص، درمان، پیشگیری، پایش و کنترل بیماری‌ها فراهم آورده است. این تحولات در مهندسی پزشکی، علاوه بر جنبه فناورانه، از منظر انسانی نیز حائز اهمیت است، چرا که هدف غایی آن ارتقای کیفیت زندگی، بهبود مراقبت‌های درمانی و نجات جان انسان‌هاست.

فناوری‌های نوین هوش مصنوعی، مهندسی پزشکی و رباتیک، بیشترین تاثیر را بر پیشرفت حوزه جراحی گذاشته‌اند. جراحی، شاخه‌ای حساس و حیاتی، نیازمند دقت بالا، کنترلی بی‌نقص و تصمیم‌گیری سریع در شرایط پیچیده و پرتنش می‌باشد به همین دلیل، استفاده از ربات‌ها و سیستم‌های کمکی هوشمند در جراحی، با استقبال گسترده‌ای در مراکز درمانی و تحقیقاتی مواجه شده است. این فناوری‌ها، علاوه بر ارتقای عملکرد

علاوه بر این، در جراحی‌های سرطان، هوش مصنوعی با تحلیل تفاوت‌های مولکولی و ژنتیکی تومورها، به شخصی‌سازی درمان و ارائه رویکردهای درمانی دقیق‌تر و مؤثرتر کمک می‌کند.

«جمع‌بندی و چشم‌انداز آینده

هوش مصنوعی به عنوان یک نیروی محرکه در دنیای جراحی جایگاه خود را تثبیت کرده است. این فناوری نه تنها در مرحله تصمیم‌گیری پیش از عمل، بلکه در اجرای دقیق‌تر فرآیند جراحی و تحلیل نتایج، به طور فزاینده‌ای نقش خود را تقویت می‌کند.

با رشد سریع الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان انتظار داشت بخش‌های بیشتری از جراحی‌ها به کمک سامانه‌های خودکار انجام شوند؛ به گونه‌ای که جراح بتواند تمرکز خود را بر بخش‌های حیاتی و خلاقانه جراحی بگذارد و وظایف تکراری یا تحلیلی را به سیستم‌های هوشمند بسپارد.

در آینده‌ای نزدیک، شاهد جراحی‌هایی دقیق‌تر، ایمن‌تر و شخصی‌تر خواهیم بود. در این نوع جراحی‌ها، داده‌های جمع‌آوری‌شده از سراسر جهان به بهبود تصمیم‌گیری‌ها و ارائه درمان‌های بهتر برای بیماران کمک خواهند کرد. این روند ما را به سوی تحقق مفهوم پزشکی دقیق و عادلانه هدایت می‌کند، پزشکی که در آن هر بیمار بر اساس ویژگی‌ها و نیازهای خاص خود، درمانی متناسب و مؤثر دریافت می‌کند.



در یک مطالعه منتشرشده در سال ۲۰۲۲، پژوهشگران با استفاده از بیش از ۱.۲ میلیون تصویر سی‌تی‌اسکن از سه هزار بیمار، سامانه‌ای طراحی کردند که می‌توانست به‌صورت خودکار تصاویر را قطعه‌بندی کرده و نتیجه جراحی را شبیه‌سازی کند.

این سامانه موفق شد به دقت بسیار بالایی (ضریب دایس ۰.۹۷۳) دست یابد و زمان برنامه‌ریزی را از حدود سه ساعت به تنها دو دقیقه کاهش دهد، دستاوردی که هم در صرفه‌جویی زمان و هم در ارتقاء کیفیت نقش مهمی دارد.

«پیش‌بینی نتایج و ارزیابی ریسک‌های اختصاصی

از دیگر کاربردهای کلیدی AI، ارزیابی خطرات و پیش‌بینی نتایج عمل برای هر بیمار به‌صورت شخصی‌سازی‌شده است. در مطالعه‌ای از سال ۲۰۲۲، پژوهشگران مدلی توسعه دادند که داده‌های لحظه‌ای نزدیک به ۶۰ هزار بیمار را تحلیل و احتمال مرگ و میر پس از جراحی را با دقت بسیار بالایی (AUROC) برابر با ۰.۹۱ پیش‌بینی می‌کرد.

این مدل، در مقایسه با روش‌های مرسوم مانند ASA-PS، دقت بالاتری را در پیش‌بینی و برنامه‌ریزی نشان داده است.

در میان پیشرفت‌های رباتیک در پزشکی، جراحی از راه دور جایگاه ویژه‌ای دارد. این روش نوین، با بهره‌گیری از سیستم‌های رباتیک پیشرفته و اتصالات اینترنتی پرسرعت، جراحان را قادر می‌سازد تا عمل‌هایی را بر روی بیماران در مکان‌های مختلف انجام دهند. این فناوری تحول‌آفرین، جراحی تخصصی را به مناطق محروم و دورافتاده می‌برد، نابرابری‌های موجود در مراقبت‌های بهداشتی را کاهش داده و دسترسی به مراقبت‌های پیشرفته جراحی را گسترش می‌دهد. جراحی از راه دور، به ویژه در شرایط اضطراری، بسیار ارزشمند است؛ زیرا به جراحان اجازه می‌دهد تا مداخلات جراحی حیاتی را به سرعت و با کارایی بالا انجام دهند. گستره‌ی خدمات ارائه شده توسط هوش مصنوعی و رباتیک در حوزه‌ی پزشکی به حدی وسیع است که فراتر از ظرفیت صفحات یک نشریه است. در این نشریه، تمرکز اصلی بر سه جنبه‌ی کلیدی خواهد بود:

نخست، افزایش دقت در روش‌های جراحی؛ دوم، تحلیل و پیش‌بینی بیماری‌ها با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی؛ و سوم، توسعه‌ی جراحی از راه دور به عنوان یک رویکرد نوآورانه در ارائه‌ی خدمات درمانی.

« داوینچی: هوش مصنوعی در خدمت پزشکی

ورود رباتیک به عرصه جراحی، یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در حوزه پزشکی محسوب می‌شود که مزایای بی‌ظیری را به ارمغان آورده است. یکی از بارزترین این مزایا، افزایش دقت در انجام عملیات جراحی است. جراحی‌ها به دقت و کنترل بالایی نیاز دارند، حرکاتی که گاهی از ظرفیت فیزیکی و تمرکز انسان خارج می‌شود. در این شرایط، روبات‌های جراح می‌توانند به عنوان دستیاران بی‌نقصی برای جراح عمل کنند.

سیستم‌های جراحی رباتیک، نظیر Da Vinci Surgical System، توانایی فراهم کردن کنسولی برای جراح دارند که به او این امکان را می‌دهد تا حرکات خود را به بازوهای روبات منتقل کند.

این سیستم‌ها نه تنها لرزش‌های دست جراح را فیلتر می‌کنند، بلکه با ارائه بزرگنمایی تا ده برابر، دید واضح‌تر و بهتری از ناحیه جراحی فراهم می‌آورند. این ساختار رباتیک از چند بخش اصلی تشکیل شده است که شامل:

- **کنسول جراح (Surgeo Console):** جراح پشت کنسول می‌نشیند و با استفاده از دستگیره‌های کنترلی و پدال‌ها حرکات خود را به بازوهای روبات منتقل می‌کند. یک تصویر سه بعدی با وضوح بالا و به طور زنده از ناحیه‌ی جراحی به جراح نشان داده می‌شود که به او امکان کنترل دقیق‌تر را می‌دهد.
- **واحد بیمار (Patient Cart):** این قسمت شامل بازوهای روبات است که ابزارهای جراحی به آن‌ها متصل می‌شوند. بازوها قادر به انجام حرکاتی با دقت میلی‌متری و حتی زیر میلی‌متری هستند و حرکاتی را می‌توانند انجام دهند که از توانایی فیزیکی انسان‌ها فراتر است. این امر منجر به افزایش دقت، ثبات و کنترل در جراحی می‌شود.
- **واحد پردازش مرکزی (Vision System):** سیستم تصویربرداری پیشرفته این روبات، تصاویر سه بعدی، بزرگ‌نمایی شده و شفاف از محل جراحی را برای جراح فراهم می‌کند. این تصویر کیفیت بسیار بالاتری نسبت به آنچه در روش‌های جراحی سنتی دیده می‌شود، دارد.

« ویژگی‌های کلیدی سیستم جراحی رباتیک :

- **فیلتر لرزش دست جراح :** کوچک‌ترین لرزش‌های دست جراح به طور مؤثر حذف می‌شود.
- **افزایش دامنه حرکتی:** بازوهای روباتیک قادر به انجام حرکات با دقت میلی‌متری و فراتر از توانایی‌های فیزیکی انسان هستند، و دامنه‌ی حرکتی وسیع‌تری را در مقایسه با روش‌های جراحی سنتی فراهم می‌کنند.

- **کم کردن تهاجمی جراحی:** بسیاری از اعمال جراحی که قبلاً نیاز به برش‌های بزرگتری داشتند، اکنون با چند برش کوچک با دقت بالا انجام می‌شوند.
- **ارتقاء دقت و ایمنی:** ابزارهای متصل به بازوهای روبات، امکان برش بخیه، جدا کردن بافت و حتی سوزاندن عروق را فراهم می‌کنند.

این سیستم در جراحی‌های مختلفی از جمله لاپاروسکوپی، پروستات، زنان و زایمان و جراحی‌های عمومی کاربرد دارد و با به‌روزرسانی‌های مبنی بر هوش مصنوعی، به طور مداوم ارتقا می‌یابد.

« تحلیل و پیش‌بینی با استفاده از هوش مصنوعی:

مسلماً در روند جراحی، حجم زیادی از اطلاعات از جمله اسکن‌های تصویربرداری مانند MRI و CT، علائم حیاتی بیمار، سوابق پزشکی، نتایج آزمایش‌ها و داده‌های حین عمل، تولید می‌شود. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند با تبدیل همزمان این داده‌ها، الگوهای پنهان را شناسایی کرده و به جراح پیشنهادات دقیق‌تری ارائه دهند.

به‌عنوان مثال، یک الگوریتم هوشمند قادر است احتمال بروز مشکلاتی نظیر خونریزی، عفونت یا شکست درمان را پیش‌بینی کرده و هشدارهای لازم را پیش از وقوع این مشکلات به جراح ارائه دهد. این سیستم‌ها همچنین در شناسایی دقیق تومورها، تعیین مرزهای بافت سالم و سرطانی و انتخاب بهینه‌ترین مسیر برای ورود ابزارهای جراحی نقش کلیدی دارند.

با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق، تصاویر پزشکی به‌صورت خودکار آنالیز شده و نواحی مشکوک با دقت بالا شناسایی می‌شوند. این فرآیند به‌طور قابل توجهی دقت و موفقیت جراحی را افزایش می‌دهد، و به جراحان این امکان را می‌دهد که تصمیمات بهتری در طول عمل جراحی اتخاذ کنند، که در نهایت به بهبود نتایج بیماران منجر می‌شود.

همچنین در جراحی‌های رباتیک، هوش مصنوعی می‌تواند به‌صورت آنلاین داده‌های حین عمل را تجزیه و تحلیل کرده و به سیستم جراحی بازخورد هوشمند ارائه دهد. به‌عنوان مثال، این قابلیت می‌تواند تغییرات فشار خون بیمار را رصد کرده و در صورت نیاز جراح را مطلع سازد. علاوه بر این، هوش مصنوعی توانایی تشخیص عملکرد اندام‌ها را دارد و در صورت بروز هرگونه مشکل، به‌سرعت به جراح اطلاع می‌دهد.

این سیستم همچنین می‌تواند برخی حرکات بازوهای رباتیک را به‌طور خودکار اصلاح کرده و به جراح کمک کند تا دقیق‌تر و ایمن‌تر عمل کند. این بهبودهای هوش مصنوعی ضمن افزایش دقت جراحی، موجب کاهش ریسک خطاهای انسانی و بهبود کیفیت عمل جراحی می‌شود.

در برخی مراکز پیشرفته سیستم‌های پیشرفته مبتنی بر هوش مصنوعی قبل عملی می‌توانند بر اساس شرایط بیمار، نتیجه احتمالی را مدل‌سازی کرده و در انتخاب بهترین استراتژی درمانی به پزشک کمک کنند. این کار بجز افزایش دقت در جراحی، خطرات و عوارض بعد عمل را هم کاهش می‌دهد.



مقالات احدث



دانشجوی داروسازی

دانشگاه علوم پزشکی همدان

کشف دارو با روش های مرسوم گذشته، پرهزینه و زمان بر است؛ درحالی که در دنیای کنونی ابزارهای هوشمند به محققان کمک می کنند تا حجم زیادی از داده مانند میلیون ها ترکیب شیمیایی را با بالاترین دقت و در کمترین زمان ممکن تفسیر کرده و گزینه های احتمالی برای درمان بیماری ها را شناسایی کنند. این نوشتار در ادامه به بررسی نقش تحول آفرین هوش مصنوعی در مسیر توسعه داروها می پردازد.

۱. شناسایی دقیق هدف، گام نخست در طراحی دارو (Target Identification): امروزه محققان از رویکردهای فناوریانه برای بررسی مجموعه گستردهای از داده در جهت یافتن الگوهای مرتبط با بیماری ها استفاده می کنند. به عنوان مثال، ابزارهای تحلیلی پیشرفته می توانند با پردازش داده های ژنتیکی بیماران مبتلا به نوع خاصی از سرطان مشخص کنند که کدام ژن ها عامل پیشرفت بیماری هستند.

۲. از ترکیبات بی شمار تا اندک گزینه های امیدبخش (Virtual Screening): پس از شناسایی ساختارهای هدف در بیماری مورد نظر، مرحله بعدی یافتن مولکول هایی است که بتوانند با اهداف شناسایی شده تعامل

مناسبی برقرار کنند. ماشین های پردازشگر با واکاوی ترکیبات شیمیایی یا طبیعی و پیش بینی تعامل آن ها با اهداف بیولوژیک به کشف گزینه های دارویی احتمالی کمک می کنند؛ مثلاً سامانه های هوشمند با شبیه سازی نحوه اتصال یک ترکیب دارویی جدید به یک پروتئین درگیر در یک بیماری به محققان اجازه می دهند تا ترکیباتی که عملکرد بهتری داشتند را غربال و سپس آن ها را از نظر احتمال دارو شدن اولویت بندی کنند.

۳. طراحی دارو از صفر و گشایش افق های نو در درمان بیماری ها (De Novo Design): فناوری های هوشمند می توانند به صورت خودکار، بهترین ساختار مولکولی را برای ساخت داروهای کاملاً جدید و با ویژگی های دارویی مطلوب برای درمان یک بیماری خاص شناسایی و پیشنهاد کنند. این فناوری فرآیند کشف دارو را سریع تر کرده و به توسعه درمان های نوآورانه کمک می کند

۴. پیش بینی سرنوشت دارو در بدن با تحلیل داده های ADMET (جذب، توزیع، متابولیسم، دفع و سمیت): درک نحوه رفتار داروها در بدن و شناسایی و رفع مشکلات احتمالی در مراحل اولیه برای موفقیت در مسیر توسعه دارو یک امر حیاتی است. خوشبختانه الگوریتم های هوشمند در پیش بینی خواص ADMET داروها پیشرفت های چشمگیری داشته اند؛ برای نمونه، می تواند پیش بینی کند که یک دارو با چه سرعتی در جریان خون جذب می شود یا چگونه توسط کبد متابولیزه می شود.

۵. برنامه ریزی و بهینه سازی سنتز به عنوان کلید میان بر در شیمی دارویی (Synthesis Planning and Automation): نرم افزارهای هوشمند سنتز در تعیین بهترین مسیرهای واکنش برای ساخت ترکیبات جدید به شیمی دانان کمک می کنند؛ در واقع این سامانه ها با بررسی واکنش های شیمیایی موجود، کارآمدترین راه سنتز یک مولکول پیچیده را پیشنهاد می کنند. باین حال همچنان در بهینه سازی واکنش های چند مرحله ای چالش هایی وجود دارد.

۶. هم افزایی هوش مصنوعی و کارآزمایی های بالینی نوین (Clinical Trials): استخراج داده ها از آزمایش های بالینی واقعی برای پیش بینی عوارض جانبی و تداخلات دارویی ضروری است. بنابراین ابزارهای تحلیلگر پیشرفته با تفسیر داده های بیماران مثل سوابق الکترونیکی سلامت (EHRs) و شناسایی دقیق گزینه های مناسب برای کارآزمایی بالینی، می توانند به فراگیر بودن نتایج مطالعه و اطمینان از کارایی و ایمنی درمان های جدید کمک کنند و عرضه داروهای جدید به بازار را سرعت ببخشند.

۷. نشانگرهای زیستی در جهت هموارسازی مسیر درمان (Biomarker Discovery): نشانگرهای زیستی به عنوان شاخص های بیماری شناخته می شوند و کشف آن ها نقش مهمی در تشخیص و درمان بیماری ها ایفا می کند. سامانه های هوشمند تحلیل ژنوم می توانند با ارزیابی داده های ژنومیک، جهش های خاصی که نشان دهنده خطر بالا برای ابتلا به انواع خاصی از سرطان هستند را شناسایی کنند و کارایی درمان را بهبود دهند.

۸. بررسی نحوه تاثیر داروها بر بدن، پلی به سوی پزشکی شخصی (Predicting Pharmacometrics Properties): یادگیری ماشین می تواند با بهینه سازی رابطه دوز- پاسخ، برنامه های درمانی شخصی سازی شده

ارائه دهد. به طور مثال، با پردازش داده های بیماران قبلی، بهترین دوز را برای یک بیمار جدید بر اساس ویژگی های منحصر به فرد او پیشنهاد می کند و سبب بهبود پاسخ به درمان در فرد می شود.

۹. بازکاربرد یابی هوشمند داروها (Drug Repurposing): مدل های هوشمند می توانند با تجزیه و تحلیل دقیق پایگاه های داده داروهای موجود و شناسایی خواص درمانی جدید آن ها، کاربردهای جدیدی برای داروهای موجود تعریف کنند. این رویکرد در مقایسه با توسعه داروهای جدید از صفر می تواند در زمان و منابع به طور معناداری صرفه جویی کند و در شرایط شیوع ناگهانی و فراگیر برخی بیماری ها مانند آنچه در همه گیری کووید-۱۹ رخ داد، مزیت مهمی به شمار می رود.

چالش های توسعه دارو با روش های مبتنی بر هوش مصنوعی: علی رغم پیشرفت های چشمگیر این حوزه نوین، هنوز چالش های قابل توجهی در مسیر توسعه دارو وجود دارد. از این رو، هیچ داروی توسعه یافته با هوش مصنوعی هنوز از مرحله دوم آزمایش های بالینی فراتر نرفته است و این پیچیدگی های موجود در این زمینه را برجسته می کند. پرداختن به چالش هایی از جمله ایجاد تعادل بین اهداف متعدد در طراحی دارو و مسائل مربوط به قابلیت تفسیر مدل و سوگیری، برای تحقق کامل پتانسیل های این رویکرد هوشمندانه در کشف و توسعه دارو ضروری است.

افق های پیش رو: در چشم انداز آینده، ادغام طیف گسترده ای از داده ها می تواند فرصت های جدیدی را برای یافتن کاربردهای جدید دارویی ایجاد کند. همچنین، بهینه سازی الگوریتم ها، دقت و تعمیم پذیری آن ها را بهبود می بخشد.



پرنیا ابوالقاسم نژاد

دانشجوی دکتری تخصصی آموزش
بهداشت و ارتقاء سلامت

دانشگاه علوم پزشکی تهران



امروزه هوش مصنوعی در توانبخشی نقش فزاینده‌ای ایفا نموده و به بهبود کیفیت درمان، افزایش دقت و دسترسی بهتر به خدمات کمک می‌کند. چشم‌انداز استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی و توانبخشی امیدوارکننده است و استفاده از آن می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش هزینه‌ها و کاهش احتمال خطا و سهل‌انگاری در بین کارکنان مراقبت‌های بهداشتی داشته باشد. توانبخشی، کاردرمانی و فیزیوتراپی رشته‌های مرتبط با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند که هدف مشترکی در بهبود توانایی‌های جسمی، ذهنی و عاطفی فرد به دنبال آسیب، بیماری یا ناتوانی دارند. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی، تقریباً ۱۵٪ از جمعیت جهان با نوعی ناتوانی زندگی می‌کنند که شامل ناتوانی‌های جسمی، شناختی و عاطفی است که می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر زندگی روزمره و توانایی فرد برای عملکرد مستقل تأثیر بگذارد. از طرفی، مطالعات مختلف در ایران نشان داده‌اند که سطح آگاهی از هوش مصنوعی در حوزه پزشکی و توانبخشی در حد متوسط است، اما نگرش نسبت به آن نسبتاً مثبت می‌باشد. به طوریکه بیشتر مردم بیشترین کاربرد هوش مصنوعی را جهت افزایش دقت تست‌های تشخیصی، شناسایی تداخلات دارویی و تحلیل تست‌ها و تصویربرداری‌های پزشکی عنوان می‌کنند.

در حالی که هوش مصنوعی در توانبخشی کاربردهای مختلفی دارد. برای نمونه، ربات‌های توانبخشی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی می‌توانند در بازیابی حرکت و عملکرد عضلات بیماران به‌ویژه بیماران مبتلا به سکته مغزی و آسیب‌های نخاعی کمک کنند. چنانکه هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های بیماران، خطرات احتمالی را پیش‌بینی کرده و اقدامات پیشگیرانه را پیشنهاد می‌دهد. این قابلیت به کاهش بروز آسیب‌های جدید کمک می‌کند و کیفیت درمان و سرعت بهبود را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد. یکی از اصلی‌ترین مزایای هوش مصنوعی در توانبخشی، شخصی‌سازی درمان است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های بیماران، از جمله سوابق پزشکی، تصاویر پزشکی و عملکردهای حرکتی، می‌توانند درمان‌های اختصاصی برای هر فرد ارائه دهند که به بهبود سریع‌تر و مؤثرتر منجر می‌شود.

یکی دیگر از مزایای هوش مصنوعی، دسترسی به درمان از راه دور است. این فناوری امکان ارائه خدمات توانبخشی در مناطق دورافتاده یا به بیمارانی که دسترسی محدودی به مراکز درمانی دارند، را فراهم می‌کند. به‌ویژه در شرایط بحران مانند پاندمی‌ها، درمان از راه دور می‌تواند ادامه درمان بیماران را تضمین کند. پایش مداوم وضعیت بیمار از دیگر کاربردهای هوش مصنوعی است. به شکلی که با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های متصل به شبکه، وضعیت بیمار به‌طور مداوم ارزیابی شده و پیشرفت درمان ثبت می‌گردد. این ویژگی به پزشکان و تیم‌های درمانی این امکان را می‌دهد که به‌سرعت تغییرات لازم را در برنامه درمانی ایجاد کنند.

علاوه بر این، واقعیت مجازی که با استفاده از هوش مصنوعی تقویت شده، می‌تواند در توانبخشی بیماران موثر باشد. این فناوری به بیماران این امکان را می‌دهد که در محیط‌های مجازی تمرینات مختلفی انجام دهند و مهارت‌های حرکتی و تعادلی خود را تقویت کنند. واقعیت مجازی همچنین می‌تواند به بیماران این احساس را بدهد که در یک محیط طبیعی‌تر هستند، که می‌تواند انگیزه و اعتماد به نفس آن‌ها را افزایش دهد. مراحل مختلف یک برنامه واقعیت مجازی مبتنی بر هوش مصنوعی معمولاً شامل ارزیابی بالینی و جلسات ملاقات پزشک با بیماران به‌صورت مجازی یا حضوری است و سپس تجویز برنامه‌های شخصی‌سازی‌شده انجام می‌شود. معمولاً این برنامه‌ها شامل جلسات آموزشی منظم و تمرینات ورزشی هوازی و مقاومتی هستند که هدف آن‌ها جلوگیری از شیوه‌های زندگی بی‌تحرك می‌باشد. استفاده از حسگرها و دستگاه‌های متصل به شبکه می‌تواند به پزشکان و تیم‌های درمانی این امکان را

بدهد که وضعیت بیمار را به‌طور مداوم تحت نظر داشته باشند و هرگونه تغییر در وضعیت بیمار را سریعاً شناسایی کنند. این پایش مداوم باعث می‌شود که درمان‌های اصلاحی در صورت نیاز به‌سرعت اعمال شوند. این کاربردها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند در بهبود کارایی درمان و ارتقاء کیفیت زندگی بیماران توانبخشی نقش مهمی ایفا کند.

با وجود نقش‌های بسیاری که هوش مصنوعی در توانبخشی ایفا می‌کند، چالش‌ها و موانع خاصی نیز وجود دارد که باید به آن‌ها توجه شود. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، عدم دسترسی گسترده به فناوری‌های پیشرفته است. استفاده از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به تجهیزات خاص و پیشرفته نیاز دارد که ممکن است در مناطق دورافتاده یا کشورهای در حال توسعه در دسترس نباشد. این موضوع می‌تواند موجب عدم دسترسی بیماران به این خدمات و ایجاد شکاف‌های درمانی شود.

پزشکی و تحلیل داده‌های بهداشتی است. مدل‌های یادگیری عمیق توانسته‌اند در تشخیص بیماری‌هایی نظیر سرطان ریه، سرطان پستان، بیماری‌های قلبی و COVID-۱۹ عملکردی برابر با پزشکان انسانی ارائه دهند؛ برای مثال، سیستم‌های AI در تحلیل تصاویر رادیولوژی و MRI به شناسایی الگوهای پنهان پرداخته‌اند که چشم انسان ممکن است آن‌ها را از دست بدهد. این فناوری‌ها به کاهش خطاهای تشخیصی و تسریع در فرآیند تصمیم‌گیری بالینی کمک می‌کنند.

از دیگر کاربردهای اساسی AI، پیش‌بینی وضعیت بیماران بستری شده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند داده‌های حیاتی، آزمایشگاهی و سوابق پزشکی بیماران را تحلیل کنند و خطر مرگ و یا نیاز به بستری در بخش مراقبت‌های ویژه و بروز شرایط بحرانی را برای آنها به‌صورت دقیق پیش‌بینی کنند. این پیش‌بینی‌ها به مدیریت منابع و اتخاذ تصمیمات سریع و مؤثر در بخش مراقبت‌های ویژه کمک می‌کنند.

از جنبه‌های نوین AI در بیمارستان‌ها، استفاده از ربات‌های جراحی و ربات‌های مراقبت از بیماران است. ربات‌های جراحی با استفاده از سیستم‌های هدایت‌پذیر و الگوریتم‌های پیشرفته‌ی پردازش تصویر، به جراحان در انجام عمل‌های جراحی دقیق و کم‌تهاجمی کمک می‌کنند و خطای انسانی را به حداقل می‌رسانند. از طرف دیگر، ربات‌های خدماتی در بخش‌های بستری قادرند وظایفی نظیر پایش علائم حیاتی و توزیع دارو را انجام دهند که این امر به کاهش بار کاری کادر درمان کمک می‌کند. این فناوری‌ها به‌طور قابل توجهی در بهبود ایمنی بیماران، کاهش عوارض پس از جراحی و افزایش رضایت بیماران تأثیرگذار هستند.

رقيه حاتمى

دانشجوی مهندسی بهداشت محیط
دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی
یزد



در عصر حاضر، فناوری به یکی از کارآمدترین ابزارها برای بهبود کیفیت خدمات در زمینه‌های مختلف تبدیل شده است. در این میان، پیشرفت‌های سریع در حوزه فناوری اطلاعات، به‌ویژه هوش مصنوعی (AI)، تحولات اساسی‌ای در سیستم‌های بهداشتی و درمانی ایجاد کرده است. AI با توانایی خود در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده، شناسایی الگوهای پنهان و یادگیری از اطلاعات تاریخی، نقش مهمی در بهبود عملکرد بیمارستان‌ها ایفا می‌کند. این فناوری نه تنها دقت تشخیصی را افزایش می‌دهد، بلکه خطاهای انسانی را کاهش داده و کیفیت خدمات بهداشتی را از طریق اتوماسیون و الگوریتم‌های یادگیری ماشین بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، AI فرآیندهای تصمیم‌گیری بالینی را تقویت کرده و نتایج درمانی را بهینه می‌سازد. این فناوری همچنین به کاهش هزینه‌ها و مدیریت کارآمد منابع کمک می‌کند. ادغام تدریجی AI در زیرساخت‌های درمانی، موجب دگرگونی در مدیریت بیماران، تخصیص منابع، تسریع تشخیص بیماری‌ها و بهبود تجربه کلی بیمار شده است. این تحولات، افق‌های جدیدی را برای آینده نظام سلامت ترسیم کرده است.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای AI، شناسایی زود هنگام و دقیق بیماری‌ها از طریق پردازش تصاویر

در نهایت، نیاز به آموزش و آمادگی متخصصین پزشکی برای استفاده صحیح از فناوری‌های هوش مصنوعی یکی دیگر از چالش‌های عمده است. پزشکان و تیم‌های درمانی باید آموزش‌های لازم را برای کار با سیستم‌های هوش مصنوعی دریافت کنند تا از دقت و کارایی این سیستم‌ها بهره‌برداری بهینه داشته باشند. این معایب و چالش‌ها نیازمند مدیریت صحیح و تدابیر امنیتی هستند تا از توانمندی‌های هوش مصنوعی در توانبخشی بهره‌برداری مطلوب صورت گیرد. علی‌رغم چالش‌های موجود، هوش مصنوعی توانایی ارائه راهکارهای نوآورانه و بهبود کیفیت درمان را دارد و با مدیریت مناسب این چالش‌ها، می‌تواند به یکی از مهم‌ترین ابزارها در توانبخشی تبدیل شود.

محدودیت در دقت تشخیص و تصمیم‌گیری نیز از دیگر معایب هوش مصنوعی است. با اینکه الگوریتم‌های هوش مصنوعی در شبیه‌سازی فرآیندهای انسانی و تحلیل داده‌ها کارآمد هستند، ممکن است به دلیل نداشتن احساسات و تجربه‌های انسانی، در برخی موارد نتوانند به‌طور دقیق تصمیم‌گیری کنند یا درمان‌های مناسب را پیشنهاد دهند. این موضوع می‌تواند منجر به خطاهای پزشکی یا توصیه‌های درمانی نادرست شود. همچنین، نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها یکی از معضلات اصلی در استفاده از هوش مصنوعی است. داده‌های پزشکی بیماران به دلیل حساسیت بالایی که دارند، باید به‌دقت و با رعایت اصول امنیتی مدیریت شوند. در غیر این صورت، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند خطرات امنیتی جدی مانند سرقت اطلاعات یا نقض حریم خصوصی را به همراه داشته باشد.



AI با فراهم‌سازی امکان مدیریت هوشمند منابع بیمارستانی، نقش مهمی در بهینه‌سازی عملکرد مراکز درمانی ایفا می‌کند. الگوریتم‌های پیش‌بینی و بهینه‌سازی می‌توانند توزیع منابعی مانند تخت‌های بستری، نیروی پرستاری و داروها را بر اساس نیاز لحظه‌ای بیماران و ظرفیت بخش‌ها مدیریت کنند. این رویکرد موجب کاهش اتلاف منابع، افزایش بهره‌وری و بهبود پاسخ‌گویی بیمارستان‌ها در شرایط اضطراری می‌شود.

با وجود مزایای چشم‌گیر AI، چالش‌هایی جدی در مسیر پیاده‌سازی آن وجود دارد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به نگرانی درباره حفظ حریم خصوصی بیماران و امنیت داده‌های حساس پزشکی اشاره کرد. همچنین، وابستگی بیش از حد به تصمیمات خودکار می‌تواند مسئولیت‌پذیری انسانی را کاهش دهد. مسائل قانونی و اخلاقی در تصمیم‌گیری‌های پزشکی مبتنی بر AI و نیز سوگیری الگوریتم‌ها که ممکن است به نابرابری در نتایج درمانی منجر شود، از دیگر ملاحظات مهم هستند.

برای مقابله با این چالش‌ها، تدوین قوانین و مقررات جدید، سرمایه‌گذاری در آموزش کارکنان بیمارستان و تقویت همکاری‌های بین‌المللی ضروری است. علاوه بر این، طراحی سیستم‌های AI شفاف و قابل توضیح می‌تواند اعتماد به این فناوری را افزایش دهد.

اخلاق و مقررات در هوش مصنوعی

چالش‌های حقوقی و اخلاقی

«چالش‌های اخلاقی پیش رو: حفظ حریم خصوصی بیماران»

یکی از مهم‌ترین مسائل اخلاقی در کاربردهای پزشکی هوش مصنوعی، موضوع حریم خصوصی بیماران است. سیستم‌های هوش مصنوعی برای عملکرد خود به داده‌های پزشکی حساس نیاز دارند و این داده‌ها در صورت عدم کنترل صحیح می‌تواند نقض حریم خصوصی بیماران را به همراه داشته باشد. از سوی دیگر، اگر سیستم هوش مصنوعی به‌طور مستقل عمل کند و تصمیم‌گیری‌های خودکار انجام دهد، موضوع پیچیده‌تر می‌شود. در این شرایط، مسئولیت ممکن است بر عهده توسعه‌دهنده سیستم هوش مصنوعی یا بیمارستانی باشد که این فناوری را برای خدمات درمانی به کار گرفته است. برای مثال، اگر الگوریتم‌های هوش مصنوعی به دلیل داده‌های نادرست یا ناقص آموزش دیده باشند و همین موضوع باعث تشخیص اشتباه شود، مسئولیت می‌تواند متوجه شرکت توسعه‌دهنده الگوریتم‌ها باشد.

یکی دیگر از مسائل حقوقی مطرح، موضوع «رضایت آگاهانه» است. بیماران باید آگاه باشند که در فرآیند درمان، از هوش مصنوعی استفاده می‌شود و نحوه عملکرد آن چگونه است. اگر در این زمینه توضیحات کافی ارائه نشود و بیمار در نهایت متحمل آسیب شود، بیمارستان یا پزشک ممکن است مسئول شناخته شوند. این موضوع به ویژه در کشورهایی که قوانین شفاف برای استفاده از هوش مصنوعی ندارند، اهمیت پیدا می‌کند.

«چه کسی مسئول است؟»

در مواردی که هوش مصنوعی تشخیص نادرستی ارائه می‌دهد، چه کسی مسئول خواهد بود؟ آیا مسئولیت قانونی باید بر عهده پزشک باشد که به نتیجه الگوریتم اعتماد کرده یا بر توسعه‌دهنده الگوریتم؟

در کنار مسائل اخلاقی، چالش‌های حقوقی نیز در استفاده از هوش مصنوعی در پزشکی مطرح هستند که یکی از این چالش‌ها، مسئولیت قانونی در صورت بروز خطا است. در صورت بروز اشتباه، مشخص نیست که مسئولیت بر عهده پزشک، بیمارستان یا شرکت توسعه‌دهنده فناوری است. همچنین، نبود استانداردهای مشخص بین‌المللی برای نظارت بر کیفیت و کارایی هوش مصنوعی در پزشکی، از دیگر مشکلات قانونی است که نیازمند توجه ویژه است. این مسئله که به «مسئولیت مدنی» مرتبط است، باید در قوانین کشورهای مختلف به‌طور دقیق تعیین شود. همچنین، نیاز است که مقررات تضمین کیفیت برای سیستم‌های هوش مصنوعی پزشکی تدوین شود تا از وقوع چنین اشتباهاتی جلوگیری شود.

«یکی دیگر از چالش‌ها، شفافیت و توضیح‌پذیری الگوریتم‌ها»

بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی به دلیل پیچیدگی تکنولوژیکی، ماهیتی مانند «جعبه سیاه» دارند، به‌طوری که حتی توسعه‌دهندگان آن‌ها قادر به توضیح کامل فرآیند تصمیم‌گیری سیستم نیستند. این وضعیت می‌تواند در موارد حقوقی به چالش تبدیل شود، زیرا توضیح ندادن نحوه عملکرد الگوریتم، روند

پیگیری و اثبات مسئولیت در دادگاه را پیچیده می‌کند. قوانین باید به گونه‌ای تنظیم شوند که سیستم‌های هوش مصنوعی از شفافیت کافی برخوردار باشند و امکان ارزیابی و نظارت بر عملکرد آن‌ها وجود داشته باشد.

«و اما راه حل»

برای مقابله با این مسائل، لازم است که مقررات جامع و استانداردهای بین‌المللی تدوین شود که نه تنها اصول اخلاقی را رعایت کند، بلکه مسائل حقوقی را نیز پوشش دهد. در حال حاضر کشور های مختلفی در سراسر جهان دستورالعمل و آیین نامه هایی با استانداردهای مشخص جهت بهره‌وری صحیح از هوش مصنوعی وضع کرده‌اند که در صورت عدم رعایت آنها افراد باید پاسخگو باشند. توسعه الگوریتم‌های توضیح‌پذیر، استفاده از فناوری‌های رمزنگاری برای حفاظت از داده‌ها، تدوین قوانین و مسئولیت قانونی و همچنین آموزش پزشکان در استفاده صحیح از هوش مصنوعی، می‌توانند گام‌هایی موثر در این مسیر باشند. هوش مصنوعی پتانسیل‌های بی‌نظیری برای ارتقای سطح سلامت عمومی و بهبود کیفیت زندگی بیماران دارد، اما استفاده مسئولانه و مبتنی بر اصول اخلاقی و حقوقی از این فناوری، برای بهره برداری کامل از آن ضروری است.

«کلام آخر»

در نهایت، این فناوری می‌تواند انقلابی در پزشکی ایجاد کند اما چالش‌های اخلاقی و حقوقی آن باید به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. تدوین مقررات شفاف و رعایت اصول اخلاقی، کلید موفقیت در استفاده از هوش مصنوعی برای ارتقای سلامت جامعه است.



هوش مصنوعی (AI) در سال‌های اخیر به یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌ها در حوزه پزشکی تبدیل شده است. این فناوری با قدرت تحلیل داده‌های عظیم، تشخیص بیماری‌ها، پیش‌بینی خطرات و طراحی درمان‌های شخصی‌سازی شده، توانسته است تحولات بزرگی در مراقبت‌های بهداشتی ایجاد کند. با این حال، استفاده گسترده از هوش مصنوعی در پزشکی با چالش‌های اخلاقی و حقوقی همراه است که باید به‌طور جدی مورد بررسی قرار گیرد. هرچه کاربرد این فناوری در حوزه‌های مختلف پزشکی بیشتر می‌شود، پیچیدگی‌های مرتبط با قوانین، مسئولیت‌ها و اصول اخلاقی نیز افزایش می‌یابد.

- Ogbonnaya CN, Li S, Tang C, Zhang B, Sullivan P, Erden MS, et al. Exploring the Role of Artificial Intelligence (AI)-Driven Training in Laparoscopic Suturing : A Systematic Review of Skills Mastery, Retention, and Clinical Performance in Surgical Education. *Healthcare*. 2025;13(5):571.
- Chen X, Liu X, Wang Y, Ma R, Zhu S, Li S, et al. Development and Validation of an Artificial Intelligence Preoperative Planning System for Total Hip Arthroplasty. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9 :841202.
- AnwarA, ZhangY, Zhang Z, Li J. Artificial intelligence technology improves the accuracy of preoperative planning in primary total hip arthroplasty. *Asian J Surg*. 2024;47(7):29993006-.
- Yoon HK, Yang HL, Jung CW, Lee HC. Artificial intelligence in perioperative medicine : a narrative review. *Korean J Anesthesiol*. 2022;75(3):20215-.
- Søndena K, Quirke P, Hohenberger W, Sugihara K, Kobayashi H, Kessler H, et al. The rationale behind complete mesocolic excision (CME) and a central vascular ligation for colon cancer in open and laparoscopic surgery : proceedings of a consensus conference. *International journal of colorectal disease*. 2014;29 :41928-.
- A. A. Impact of Artificial Intelligence on Metabolic Bariatric Surgery (MBS) and Minimally Invasive. Dovepress. 14 June 2024.
- Amin A, Cardoso SA, Suyambu J, Abdus Saboor H, Cardoso RP, Husnain A, et al. Future of Artificial Intelligence in Surgery : A Narrative Review. *Cureus*. 2024;16(1):e51631.
- Morris MX, Fiocco D, Caneva T, Yiapanis P, Orgill DP. Current and future applications of artificial intelligence in surgery : implications for clinical practice and research. *Frontiers in Surgery*. 2024;Volume 11 – 2024.
- https://health.usf.edu/medicine/urology/robotic_surgery
- <https://www.uchealth.com/services/robotic-surgery/patient-information/davinci-surgical-system/>
- Probst P. A Review of the Role of Robotics in Surgery : To DaVinci and Beyond! *Mo Med*. 2023 Sep-Oct;120(5):389396-. PMID : 37841561; PMCID : PMC10569391.
- Reddy K, Gharde P, Tayade H, Patil M, Reddy LS, Surya D. Advancements in Robotic Surgery : A Comprehensive Overview of Current Utilizations and Upcoming Frontiers. *Cureus*. 2023 Dec 12;15(12):e50415. doi : 10.7759/cureus.50415. PMID : 38222213; PMCID : PMC10784205.
- Nerli, Rajendra B.1,2; Ghagane, Shridhar C.2,3; Melanahalli, Dayananda2. Surgical Robot and its Impact on Health-Care Services. *Journal of the Scientific Society* 50(3):p 279281-, Sep-Dec 2023. | DOI: 10.4103/jss.jss_389_23
- Zhang K, Yang X, Wang Y, Yu Y, Huang N, Li G, Li X, Wu JC, Yang S. Artificial intelligence in drug development. *Nat Med*. 2025 Jan;31(1):4559-.

- Mello-Thoms C, Mello CAB. Clinical applications of artificial intelligence in radiology. *Br J Radiol*. 2023 Oct;96(1150):20221031. doi : 10.1259/bjr.20221031. Epub 2023 Apr 26. PMID : 37099398; PMCID : PMC10546456.
- SajithkumarA, ThomasJ, SajiAM, Ali F, EK HH, Adampulan HAG, Sarathchand S. Artificial Intelligence in pathology : current applications, limitations, and future directions. *Ir J Med Sci*. 2024 Apr;193(2):1117-1121. doi : 10.1007/s118453-03479-023-. Epub 2023 Aug 5. PMID : 37542634.
- Nowroozi A, Salehi MA, Shobeiri P, Agahi S, Momtazmanesh S, Kaviani P, Kalra MK Artificial intelligence diagnostic accuracy in fracture detection from plain radiographs and comparing it with clinicians : a systematic review and meta-analysis. *Clin Radiol*. 2024 Aug;79(8):579588-. doi : 10.1016/j.crad.2024.04.009. Epub 2024 Apr 20. PMID : 38772766.
- Khanam N, Kumar R. Recent Applications of Artificial Intelligence in Early Cancer Detection. *Curr Med Chem*. 2022;29(25):44104435-. doi : 10.21740929867329666220222154733/. PMID : 35196970.
- Shafi S, Parwani AV. Artificial intelligence in diagnostic pathology. *Diagn Pathol*. 2023 Oct 3;18(1):109. doi : 10.1186/s1300001375--023-z. PMID : 37784122; PMCID : PMC10546747.
- Knudsen JE, Ghaffar U, Ma R, Hung AJ. Clinical applications of artificial intelligence in robotic surgery. *Journal of Robotic Surgery*. 2024;18(1):102.
- Moglia A, Georgiou K, Georgiou E, Satava RM, Cuschieri A. A systematic review on artificial intelligence in robot-assisted surgery. *International Journal of Surgery*. 2021;95:106151.
- Scheikl PM, Gyenes B, Davitashvili T, Younis R, Schulze A, Müller-Stich BP, et al., editors. Cooperative Assistance in Robotic Surgery through Multi-Agent Reinforcement Learning. 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS); 2021 27 Sept.-1 Oct. 2021.
- Iftikhar M, Saqib M, Zareen M, Mumtaz H. Artificial intelligence : revolutionizing robotic surgery : review. *Annals of Medicine and Surgery*. 2024;86(9):54019-.
- Lopez AJ. Predictive Modeling in AI-Guided Surgery. *Journal of Surgical Innovation*. 2023.
- Kennedy S. Researchers Develop AI Feedback Tool to Improve Surgeon Performance. *Techtarget*. 2023, April 27.
- Ma R, Kiyasseh D, Laca JA, Kocielnik R, Wong EY, Chu TN, et al. Artificial Intelligence-Based Video Feedback to Improve Novice Performance on Robotic Suturing Skills : A Pilot Study. *Journal of Endourology*. 2023;38(8):88491-.

