بنام خدا

سرطان و هوش مصنوعی رویکردهای نوین در غربالگری، تشخیص، درمان و مراقبت

مولفان:

مبین نصرتی

رضا والی دوست

شیدا میهمی

مریم ملکا

مبین پادیار

ناظر علمی:

فاطمه قدیمی

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه : نصرتی ، مبین ، ۱۳۷۶
عنوان و نام پدیدآورندگان : سرطان و هوش مصنوعی رویکردهای نوین در غربالگری، تشخیص، درمان و مراقبت/ مولفان : مبین نصرتی، رضا والی دوست ، شیدا میهمی ، مریم ملکا ، مبین پادیار
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری : ۸۸ ص.
شابک : ۳-۹۸۴-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
شناسه افزوده: والی دوست ، رضا ، ۱۳۸۷
شناسه افزوده: میهمی ، شیدا ، ۱۳۷۳
شناسه افزوده: ملکا ، مریم ، ۱۳۷۲
شناسه افزوده: پادیار ، مبین ، ۱۳۸۲
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : سرطان و هوش مصنوعی
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی :۸۵۶۱۲۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : سرطان و هوش مصنوعی رویکردهای نوین در غربالگری، تشخیص، درمان و مراقبت
مولفان : مبین نصرتی- رضا والی دوست - شیدا میهمی- مریم ملکا - مبین پادیار
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی و تنظیم:الهام غفاری
طرح جلد : پریا فرجام
ناظر علمی: فاطمه قدیمی
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول ــ ۱۴۰۵
چاپ : زبرجد
قیمت : ۱۸۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
https//:chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۳-۹۸۴-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir

فهرست مطالب

فصل ۱: مبانی هوش مصنوعی در انکولوژی ۱۱

مقدمه ۱۳

درس ۱: سرطان در عصر هوش مصنوعی ۱۴

مقدمه ۱۴

از درمان واکنشی به پیشگیری فعال ۱۴

هم‌گرایی مدل‌های بنیادین و انکولوژی ۱۴

از مدل‌های تک‌وجهی به چندوجهی ۱۵

سیستم‌های چندعاملی و تصمیم‌یارهای هوشمند ۱۵

چالش‌های پیش‌رو: ۱۷

نگاه به آینده ۱۷

درس ۲: داده‌های سلامت و زیرساخت هوش مصنوعی در سرطان ۱۸

مقدمه ۱۸

طبقه‌بندی داده‌های سلامت در انکولوژی ۱۸

چالش‌های کیفیت و یکپارچگی داده ۱۹

استانداردها و قابلیت هم‌کنش‌پذیری ۲۰

زیرساخت‌های محاسباتی ۲۰

زیرساخت‌های انسانی و سازمانی ۲۱

نمونه‌های عملی ۲۱

نگاه به آینده ۲۲

درس ۳: مدل‌های هوش مصنوعی و تصمیم‌یارهای بالینی در انکولوژی ۲۳

مقدمه ۲۳

از مدل‌های تک‌وظیفه‌ای به سیستم‌های چندوجهی ۲۳

سیستم‌های چندعاملی و ارکستراسیون ابزارها ۲۴

اعتبارسنجی بالینی و هم‌خوانی با تصمیمات انسانی ۲۴

سیستم‌های Rules-Based و کاربردهای عملی ۲۵

چالش‌ها و محدودیت‌ها ۲۵
نگاه به آینده ۲۶
فصل ۲: هوش مصنوعی در پیشگیری، غربالگری و تشخیص سرطان ..۲۷
مقدمه ۲۹
درس ۴: هوش مصنوعی در پیشگیری و ارزیابی خطر سرطان ۳۱
مقدمه ۳۱
از عوامل خطر جمعیتی به پروفایل‌های خطر فردی ۳۱
مدل‌های مبتنی بر تصویربرداری: پنجره‌ای به خطر پنهان ۳۲
ادغام ژنومیک و داده‌های چندوجهی ۳۲
سیستم‌های چندعاملی و پیش‌بینی خطر چندسرطانی ۳۲
چالش‌ها و ملاحظات ۳۴
نگاه به آینده ۳۴
درس ۵: غربالگری هوشمند و تشخیص زودهنگام سرطان.....۳۶
مقدمه ۳۶
ماموگرافی مبتنی بر هوش مصنوعی: از آزمایش تا واقعیت بالینی ۳۶
غربالگری سرطان ریه با سی تی اسکن کم‌دوز ۳۷
کولونوسکوپی با بینایی کامپیوتری ۳۷
غربالگری سرطان دهانه رحم و تستHPV ۳۸
آزمون‌های تشخیص زودهنگام چندسرطانی ۳۸
غربالگری هوشمند در جمعیت‌های کم‌منابع ۳۸
چالش‌ها و ملاحظات ۳۹
نگاه به آینده ۴۰
درس ۶: تشخیص هوشمند؛ از تصویربرداری تا پاتولوژی و زیست‌نشانگرها ۴۱
مقدمه ۴۱
تصویربرداری هوشمند: از تشخیص تا پیش‌بینی ۴۱
پاتولوژی دیجیتال و پاتومیکس ۴۲

زیست‌نشانگرهای مبتنی بر تصویر و کشف نشانگرهای نوین ۴۳
مایع‌زیست‌نشانگر و تشخیص مولکولی هوشمند ۴۳
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۴۵
نگاه به آینده ۴۶
فصل ۳: هوش مصنوعی در درمان و انکولوژی دقیق ۴۷
مقدمه ۴۹
درس ۷: پزشکی دقیق و انتخاب درمان با کمک هوش مصنوعی ۵۰
مقدمه..... ۵۰
دستیار هوش مصنوعی برای انکولوژی دقیق ۵۰
مدل استدلال محاسباتی برای نمره‌دهی گزینه‌های درمانی ۵۱
دوقلوی دیجیتال و شبیه‌سازی درمان..... ۵۱
پیش‌بینی پاسخ به درمان با هوش مصنوعی: نمونه سرطان پانکراس..... ۵۲
عامل هوش مصنوعی به‌عنوان هم‌خلبان بالینی ۵۲
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۵۲
نگاه به آینده ۵۳
درس ۸: هوش مصنوعی در درمان‌های سرطان ۵۴
مقدمه..... ۵۴
رادیوتراپی تطبیقی و قطعه‌بندی خودکار ۵۴
جراحی دقیق و واقعیت افزوده ۵۵
پیش‌بینی پاسخ به شیمی‌درمانی و درمان هدفمند..... ۵۵
ایمونوتراپی شخصی‌سازی‌شده..... ۵۶
درمان‌های سلولی و ژن‌درمانی ۵۷
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۵۸
نگاه به آینده ۵۸
درس ۹: کشف دارو و توسعه درمان‌های نوین سرطان..... ۵۹
مقدمه..... ۵۹

AlphaFoldو انقلاب ساختاری در کشف دارو ۵۹
شیمی مولد و طراحی مولکول‌های جدید ۶۰
از اهداف «غیرقابل‌دارو» تا مداخلات نوین ۶۱
سیستم‌های چندعاملی و دانشمند خودمختار هوش مصنوعی ۶۱
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۶۲
نگاه به آینده ۶۳
فصل ۴: مراقبت هوشمند، اخلاق و آینده انکولوژی..... ۶۵
مقدمه ۶۷
درس ۱۰: مراقبت شخصی‌سازی‌شده از بیمار مبتلا به سرطان ۶۹
مقدمه..... ۶۹
پایش از راه دور و مدیریت علائم..... ۶۹
پیش‌بینی و مدیریت سمیت درمان..... ۷۰
حمایت روانی و مراقبت معنوی..... ۷۰
مراقبت تسکینی هوشمند..... ۷۱
هماهنگی مراقبت و کاهش بار اداری ۷۱
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۷۲
نگاه به آینده ۷۳
درس ۱۱: ایمنی، اخلاق، حریم خصوصی و حکمرانی هوش مصنوعی در سرطان ۷۴
مقدمه..... ۷۴
سوگیری الگوریتمی و عدالت داده‌ای ۷۴
حریم خصوصی و امنیت داده..... ۷۵
ایمنی بیمار و پاسخ‌گویی..... ۷۶
حکمرانی و چارچوب‌های نظارتی ۷۶
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۷۷
نگاه به آینده ۷۷
درس ۱۲: آینده انکولوژی؛ از هوش مصنوعی تا انکولوژی خودمختار ۷۸

مقدمه ۷۸
از تصمیم‌یار به هم‌خلبان: تکامل نقش هوش مصنوعی ۷۸
مدل‌های بنیادین چندوجهی و «انکولوژیست دیجیتال«..... ۷۹
عامل‌های خودمختار و تومور بورد مجازی ۷۹
یادگیری فدرال و دموکراتیزه کردن داده..... ۷۹
دوقلوی دیجیتال و پزشکی دقیق پیش‌بینانه ۸۰
چالش‌ها و محدودیت‌ها..... ۸۰
نگاه به آینده ۸۰
سخن پایانی ۸۲
منابع و مآخذ ۸۵

پیشگفتار

سرطان، به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین و مرگبارترین بیماری‌های عصر حاضر، همچنان بار سنگینی بر دوش نظام‌های سلامت در سراسر جهان تحمیل می‌کند. بر اساس گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت، سالانه میلیون‌ها نفر به این بیماری مبتلا می‌شوند و بسیاری از آنان، به‌ویژه در کشورهای با درآمد کم و متوسط، در مراحل پیشرفته بیماری تشخیص داده می‌شوند؛ زمانی که درمان‌های موجود اثربخشی محدودی دارند. این واقعیت تلخ، ضرورت بازاندیشی در رویکردهای سنتی غربالگری، تشخیص، درمان و مراقبت از بیماران سرطانی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

در همین حال، انقلاب دیجیتال و ظهور هوش مصنوعی، افق‌های تازه‌ای را پیش روی انکولوژی گشوده است. هوش مصنوعی با توانایی خیره‌کننده خود در تحلیل حجم عظیمی از داده‌های پیچیده—از تصاویر پزشکی و یافته‌های پاتولوژیک تا داده‌های ژنومی، بالینی و حتی سیگنال‌های پوشیدنی—می‌تواند به‌عنوان یک همکار توانمند در کنار پزشکان، پژوهشگران و سیاست‌گذاران سلامت قرار گیرد. از تشخیص زودهنگام سرطان در مراحل قابل درمان، تا انتخاب دقیق‌ترین درمان بر اساس ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر بیمار، و از کشف داروهای نوین تا مراقبت شخصی‌سازی‌شده و پیش‌بینی پاسخ به درمان، هوش مصنوعی در حال دگرگون‌سازی بنیادین تمامی ابعاد مدیریت سرطان است.

کتابی که پیش روی شماست، حاصل تلاشی نظام‌مند برای ارائه تصویری جامع، دقیق و به‌روز از کاربردهای هوش مصنوعی در انکولوژی است. این اثر در چهار فصل و دوازده درس سازمان یافته است. فصل اول به مبانی هوش مصنوعی در انکولوژی، داده‌های سلامت و زیرساخت‌های لازم، و مدل‌های تصمیم‌یار بالینی می‌پردازد. فصل دوم کاربردهای هوش مصنوعی در پیشگیری، ارزیابی خطر، غربالگری هوشمند و تشخیص زودهنگام سرطان را بررسی می‌کند. فصل سوم به انکولوژی دقیق، درمان‌های هدفمند و کشف داروهای نوین اختصاص دارد. و فصل چهارم، مراقبت شخصی‌سازی‌شده، اخلاق، ایمنی، حریم خصوصی، حکمرانی و آینده انکولوژی خودمختار را مورد کاوش قرار می‌دهد.

هر فصل با مقدمه‌ای آغاز می‌شود که چارچوب مفهومی و اهمیت موضوع را ترسیم می‌کند. هر درس، ضمن ارائه محتوایی مستند و کاربردی، در بردارنده جدول تحلیلی برای درک بهتر مفاهیم کلیدی است و در پایان، به‌جای جمع‌بندی سنتی، بخشی تحت عنوان «نگاه به آینده» ارائه می‌شود که افق‌های پیش‌رو را ترسیم می‌کند. امید است این کتاب، چه برای متخصصان انکولوژی و هوش مصنوعی و چه برای دانشجویان و سیاست‌گذاران سلامت، گامی مؤثر در جهت درک و به‌کارگیری هوشمندانه این فناوری تحول‌آفرین در خدمت سلامت انسان باشد.

فصل ۱: مبانی هوش مصنوعی در انکولوژی

مقدمه

سرطان بیماری‌ای است که در آن سلول‌ها با فرار از مکانیسم‌های طبیعی کنترل رشد، به‌صورت غیرقابل مهار تکثیر می‌یابند و بافت‌های مجاور و دوردست را درگیر می‌کنند. این فرآیند پیچیده، حاصل تجمع تدریجی تغییرات ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی است که به سلول‌ها مزیت بقا و تکثیر می‌دهد. درک این پیچیدگی، نیازمند تحلیل هم‌زمان لایه‌های متعدد داده‌ای است: از توالی‌یابی ژنوم و ترانسکریپتوم، تا تصاویر رادیولوژیک و پاتولوژیک، داده‌های بالینی، سوابق درمانی و حتی عوامل محیطی و سبک زندگی. حجم، تنوع و سرعت تولید این داده‌ها، بسیار فراتر از توان تحلیل انسانی است و همینجاست که هوش مصنوعی به‌عنوان یک ضرورت، نه یک انتخاب، وارد میدان می‌شود.

هوش مصنوعی در انکولوژی، مجموعه‌ای از روش‌ها، مدل‌ها و نظام‌های محاسباتی است که با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی و بینایی کامپیوتری، به تحلیل داده‌های سرطان می‌پردازد و به پزشکان در تصمیم‌گیری بالینی، به پژوهشگران در کشف مکانیسم‌های بیماری، و به سیاست‌گذاران در تخصیص بهینه منابع کمک می‌کند. این فناوری، نه جایگزین پزشک، بلکه توانمندساز اوست؛ ابزاری که دقت، سرعت و عمق تحلیل را افزایش می‌دهد و خطاهای انسانی را کاهش می‌دهد.

فصل حاضر، بنیان‌های مفهومی و فنی هوش مصنوعی در انکولوژی را ترسیم می‌کند. درس نخست، تصویری کلی از سرطان در عصر هوش مصنوعی ارائه می‌دهد و تحول پارادایم‌های تشخیصی و درمانی را بررسی می‌کند. درس دوم، به داده‌های سلامت و زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی در سرطان می‌پردازد؛ از منابع داده و استانداردهای ذخیره‌سازی تا چالش‌های کیفیت، یکپارچگی و امنیت داده. درس سوم، مدل‌های هوش مصنوعی و تصمیم‌یارهای بالینی در انکولوژی را معرفی می‌کند؛ از مدل‌های پیش‌بینی خطر و تشخیص، تا سیستم‌های پشتیبانی تصمیم که مسیر درمان را شخصی‌سازی می‌کنند.

آنچه این فصل را بنیادی می‌سازد، تأکید بر پیوند میان دانش انکولوژی و فناوری هوش مصنوعی است. بدون درک دقیق زیست‌شناسی سرطان، مدل‌های هوش مصنوعی صرفاً جعبه‌های سیاه خواهند بود؛ و بدون بهره‌گیری از قدرت محاسباتی هوش مصنوعی، انکولوژی در دریای داده‌های پیچیده غرق خواهد شد. این فصل، پلی است میان این دو جهان؛ پلی که مسیر فصل‌های بعدی را هموار می‌کند و خواننده را برای ورود به کاربردهای عملی هوش مصنوعی در غربالگری، تشخیص، درمان و مراقبت از بیماران سرطانی آماده می‌سازد.

درس ۱: سرطان در عصر هوش مصنوعی

مقدمه

سرطان، به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین چالش‌های زیست‌پزشکی، همواره با سه ویژگی بنیادین دست‌وپنجه نرم می‌کند: ناهمگونی (heterogeneity) در سطوح سلولی، بافتی و مولکولی؛ چندوجهی بودن داده‌ها از ژنومیک تا تصویربرداری و سوابق بالینی؛ و پویایی پیشرفت بیماری که با هر مداخله درمانی، الگوهای جدیدی از مقاومت و جهش را بروز می‌دهد .این پیچیدگی چندلایه، رویکردهای سنتی مبتنی بر آمارهای ساده و استدلال انسانی را با محدودیت‌های جدی مواجه کرده است.

عصر هوش مصنوعی در انکولوژی، پاسخی نظام‌مند به این محدودیت‌هاست. هوش مصنوعی نه‌فقط به‌عنوان یک ابزار کمکی، بلکه به‌عنوان بخشی از یک پارادایم پزشکی سیستمی ظهور کرده است که هدفش بازسازی تصویری جامع از داده‌های پراکنده، استخراج بینش‌های عملی از پیچیدگی، و پشتیبانی از تصمیم‌گیری بالینی دقیق و فردی‌سازی‌شده است .در این درس، تحول بنیادین پارادایم‌های انکولوژی در پرتو هوش مصنوعی را بررسی می‌کنیم.

از درمان واکنشی به پیشگیری فعال

پارادایم سنتی انکولوژی، عمدتاً واکنشی بوده است: بیمار با علائم مراجعه می‌کند، تشخیص داده می‌شود و درمان آغاز می‌گردد. اما هوش مصنوعی این معادله را وارونه می‌سازد. با تحلیل داده‌های چندوجهی—از ژنومیک و پروتئومیک تا تصاویر پزشکی و سوابق الکترونیک سلامت—مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند خطر سرطان را قبل از بروز علائم پیش‌بینی کنند و استراتژی‌های پیشگیری شخصی‌سازی‌شده را طراحی نمایند.

ASCO در پاسخ اخیر خود به وزارت بهداشت آمریکا، صریحاً اعلام کرده که هوش مصنوعی «پتانسیل تحول‌آفرینی برای انکولوژی» دارد و از کاربرد آن در مراقبت بالینی حمایت می‌کند .این حمایت نهادی، نشان‌دهنده یک اجماع رو به رشد در جامعه انکولوژی است: هوش مصنوعی دیگر یک مفهوم آینده‌نگرانه نیست، بلکه واقعیتی جاری است که گردش‌کارها و تصمیمات انکولوژی را شکل می‌دهد.

هم‌گرایی مدل‌های بنیادین و انکولوژی

یکی از مهم‌ترین تحولات این عصر، ظهور مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) و مدل‌های بنیادین است که توانایی پردازش و استدلال در مقیاسی بی‌سابقه را فراهم می‌کنند. برخلاف مدل‌های تک‌وظیفه‌ای گذشته،

این مدل‌ها می‌توانند دانش عمومی پزشکی را استخراج کرده و آن را به‌صورت تطبیقی برای وظایف پیچیده و جدید انکولوژی به کار گیرند، بدون نیاز به آموزش مجدد گسترده.

یک نظام دومسیره‌ای در حال شکل‌گیری است: از یک سو، LLMهای عمومی امکان تفسیر تطبیقی داده‌های چندوجهی پزشکی را فراهم می‌کنند؛ از سوی دیگر، مدل‌های تخصصی دامنه با ادغام گراف‌های دانش ژنومیک، رادیومیک و بالینی، هوش شناختی تخصصی را برای انکولوژی ارائه می‌دهند. این دو مسیر با هم، یک پارادایم هم‌تکاملی در پیشگیری و درمان سرطان شکل می‌دهند که تحلیل مکانیسم‌های مولکولی را با توصیه‌های درمانی شخصی‌سازی‌شده پیوند می‌زند.

از مدل‌های تک‌وجهی به چندوجهی

نقطه عطف دیگری که دکتر Janice Lu از دانشگاه استنفورد در نشست آموزشی ASCO ۲۰۲۶ بر آن تأکید کرده، حرکت از ابزارهای تک‌وجهی به سمت رویکردهای چندوجهی است .مدل‌های نوین، تصویربرداری، پاتولوژی دیجیتال، ژنومیک و ctDNA را یکپارچه می‌کنند تا از طبقه‌بندی خطر، انتخاب درمان و پایش بیماری پشتیبانی کنند.

نمونه‌ای از این تحول، مطالعه‌ای است که در سمپوزیوم سرطان پستان سن آنتونیو ۲۰۲۵ ارائه شد: محققان با استفاده از نمونه‌های کارآزمایی B-۲۰، رویکردهای هوش مصنوعی چندوجهی را برای ادغام ویژگی‌های هیستوپاتولوژی با داده‌های بالینی و مولکولی به کار گرفتند تا پیش‌بینی خطر عود در سرطان پستان مرحله اولیه را دقیق‌تر کنند .در مطالعه دیگری که از کارآزمایی TAILORx استفاده کرد، یک مدل هوش مصنوعی چندوجهی توانست در پیش‌بینی عود دور در ۱۵ سال و عود دیرهنگام پس از ۵ سال، عملکرد بهتری از—Oncotype DX آزمون ۲۱ ژنی استاندارد—ارائه دهد.

سیستم‌های چندعاملی و تصمیم‌یارهای هوشمند

یکی از پیشرفته‌ترین جلوه‌های این عصر، ظهور هوش مصنوعی عاملی (Agentic AI) است. برخلاف مدل‌های منفرد که فقط پیش‌بینی می‌کنند، سیستم‌های چندعاملی می‌توانند وظایف را به‌صورت مستقل برنامه‌ریزی، اجرا و هماهنگ کنند.

در دانشگاه واندربیلت، تیم دکتر Tae Hyun Hwang سیستمی متشکل از چهار عامل هوش مصنوعی طراحی کرده است:

- Cartographer: از تصاویر هیستوپاتولوژی، گزینه‌های درمانی کاندید را با ادغام زیست‌شناسی تومور و دستورالعمل‌های بالینی استخراج می‌کند.