



انتشارات
سلول

هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی

مترجم
دکتر امیرعباس امینی

نویسندگان
یوکلیدسیرام
ویجی کاناده

Euclid Seeram
Vijay Kanade

سرشناسه

سیرام، یوکلید

Seeram, Euclid

عنوان و نام پدیدآور

هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی / نویسندگان و کلید سیرام، ویجی کاناده؛ مترجم امیرعباس امینی.

مشخصات نشر

تهران: انتشارات سلول، ۱۴۰۴.

مشخصات ظاهری

۲۴۰ ص.

شابک

۹۷۸-۶۲۲-۷۶۴۷-۸۵-۳

وضعیت فهرست‌نویسی

فیبا

یادداشت

عنوان اصلی: Artificial Intelligence in Medical Imaging Technology: an introduction, 2024.

موضوع

تشخیص تصویری -- داده‌پردازی

Diagnostic imaging -- Data processing

هوش مصنوعی -- کاربردهای پزشکی

Artificial intelligence -- Medical applications

شناسه افزوده

کاناده، ویجی

شناسه افزوده

Kanade, Vijay

شناسه افزوده

امینی، امیرعباس، ۱۳۶۷-، مترجم

رده‌بندی کنگره

RC۷۸/۷/ت۵

رده‌بندی دیویی

۶۱۶/۰۷۵۴۰۲۸۵

شماره کتابشناسی ملی

۱۰۴۱۵۷۴۹



انتشارات سلول

ناشر

هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی

نام کتاب

یوکلید سیرام، ویجی کاناده

نویسندگان

دکتر امیرعباس امینی

مترجم

۹۷۸-۶۲۲-۷۶۴۷-۸۵-۳

شابک

افتخار معصومی

مدیر اجرایی

اول ۱۴۰۴

نوبت چاپ

صنم آفریگان

جلد و صفحه آرایی

cellulebook.comment@gmail.com

پست الکترونیک

۱۰۰ نسخه

تیراژ

برای مشاهده قیمت اسکن کنید.

قیمت



(دفتر مرکزی: خیابان جمالزاده شمالی، خیابان فرصت شیرازی، پلاک ۷۲)

تلفن: ۰۲۱ - ۶۶۵۷۴۳۴۵ - ۶

مقدمه مترجم

به نام خداوند جان و خرد

با افتخار و مسرت، ترجمه فارسی کتاب «هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی» را به جامعه علمی، پژوهشی و پزشکی ایران تقدیم می‌کنم. این کتاب حاصل تلاش و همکاری پروفیسور یوکلید سیرام و ویجی کاناده، از صاحب‌نظران برجسته این حوزه، است که با دقت و ظرافت، مفاهیم پیچیده هوش مصنوعی را در بستر تصویربرداری پزشکی تبیین کرده‌اند.

اهمیت کتاب حاضر

امروزه هوش مصنوعی به یکی از ارکان تحول در علوم پزشکی و به‌ویژه در حوزه تصویربرداری تشخیصی تبدیل شده است. درک اصول و کاربردهای این فناوری نه‌تنها برای متخصصان هوش مصنوعی، که برای تمامی دست‌اندرکاران نظام سلامت، از رادیولوژیست‌ها و تکنسین‌های تصویربرداری گرفته تا مهندسين پزشکی و مدیران مراکز درمانی یک ضرورت انکارناپذیر است. این کتاب به‌عنوان یک مرجع مقدماتی جامع، پلی میان دنیای پیچیده الگوریتم‌های هوش مصنوعی و نیازهای بالینی و فنی جامعه تصویربرداری پزشکی ایجاد کرده است.

ویژگی‌های مخاطب‌محور ترجمه فارسی

با توجه به گستردگی و تنوع مخاطبان این کتاب که می‌توانند شامل متخصصان پزشکی (مانند رادیولوژیست‌ها)، مهندسين (مانند مهندسين پزشکی و کامپیوتر)، تکنسین‌های تصویربرداری و حتی دانشجویان رشته‌های مرتبط باشند، درک عمیق تمامی اصطلاحات تخصصی برای هر گروه به‌سادگی میسر نیست. یک مهندس ممکن است با اصطلاحات بالینی آشنا نباشد، همان‌طور که یک متخصص پزشکی ممکن است از جزئیات فنی یک الگوریتم شناختی نداشته باشد.

برای رفع این چالش و تسهیل درک مطالب برای تمامی خوانندگان، در پایان هر فصل، یک «فرهنگ اصطلاحات تخصصی» گنجانده شده است. در این بخش، اصطلاحات تخصصی کلیدی آن فصل اعم از اصطلاحات مربوط به هوش مصنوعی، مهندسی، یا پزشکی، به همراه ترجمه فارسی و یک تعریف کوتاه و گویا ارائه شده است. امیدواریم این اقدام بتواند به درک هرچه بهتر مفاهیم توسط همه علاقه‌مندان کمک کند.

سپاس‌گزاری

بر خود لازم می‌دانم از تمامی عزیزانی که در به ثمر رساندن این اثر یاری‌گر بودند، به‌ویژه مدیریت محترم انتشارات سلول جناب آقای دکتر طغیانی و سرکار خانم دکتر ملکی برای اعتماد و همکاری صمیمانه، و از اساتید و متخصصانی که با راهنمایی‌های ارزشمند خود بر غنای این کار افزودند، صمیمانه سپاس‌گزاری کنم. امید است این اثر گامی هرچند کوچک در راستای ارتقای دانش و کاربرد هوش مصنوعی در خدمت به سلامت جامعه ایران‌زمین باشد.

امیرعباس امینی

دکتری تخصصی تصویربرداری پزشکی

هوش مصنوعی همه جا حاضر شده و به قلمرو تصویربرداری پزشکی وارد شده است، و دامنه کاربردهای آن از تشخیص به کمک کامپیوتر، تشخیص و طبقه‌بندی بیماری، رادیومیکس، بانک‌های اطلاعاتی تصویربرداری، بهینه‌سازی دوز، گزارش‌دهی ساختاریافته، گردش کار، تا فلوروسکوپی مداخله‌ای، توموگرافی کامپیوتری، بازسازی تصویر، و پردازش تصویر گسترده شده است. ادبیات مملو از مقالات و آموزش‌های مختلفی است که نه تنها این کاربردها، بلکه جنبه‌های فنی هوش مصنوعی از جمله زیرشاخه‌های آن یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را به عنوان وسیله‌ای برای معرفی مفاهیم و اصول مهم و اساسی به پرسنل تصویربرداری پزشکی، از جمله رادیولوژیست‌ها و تکنولوژیست‌ها، تکنولوژیست‌های مهندسی پزشکی و مدیران توصیف می‌کند. علاوه بر این، ادبیات، نگرش این پرسنل را به مفهوم هوش مصنوعی در کاربردهای تصویربرداری پزشکی شناسایی کرده است.

یک سرمقاله در مورد «هوش مصنوعی و حرفه رادیوگرافی/تکنولوژیست رادیولوژی: یک بیانیه مشترک از انجمن بین‌المللی رادیوگرافرها و تکنولوژیست‌های رادیولوژی و فدراسیون اروپایی انجمن‌های رادیوگرافی» منتشر شده در نشریه رادیوگرافی، بیان می‌کند که: «این امر از اهمیت حیاتی برخوردار است که رادیوگرافرها و تکنولوژیست‌های رادیولوژی، به عنوان متخصصان تصویربرداری پزشکی و پرتودرمانی، باید نقشی فعال در برنامه‌ریزی، توسعه، پیاده‌سازی، استفاده و اعتبارسنجی کاربردهای هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی و پرتودرمانی ایفا کنند، که بر نیاز به هدفمند بودن فناوری برای فوری‌ترین مشکلات بالینی تأکید می‌کند. ادغام بهینه هوش مصنوعی در ایمنی پزشکی، تصویربرداری بالینی و پرتودرمانی تنها از طریق آموزش مناسب نیروی کار کنونی و آینده و مشارکت فعال رادیوگرافرها و تکنولوژیست‌های رادیولوژی در پیشرفت‌های هوش مصنوعی در آینده قابل دستیابی است». به همین ترتیب، انجمن آمریکایی تکنولوژیست‌های رادیولوژی در سال ۲۰۲۰ یک مقاله جامع با عنوان «عصر هوش مصنوعی: نقش تکنولوژیست‌های رادیولوژی و درمانگران پرتویی» منتشر کرد. یک بیانیه خلاصه در آن، چندین نکته کلیدی مربوط به آماده‌سازی برای تغییرات آینده را مشخص نمود که برجسته‌ترین آن‌ها این بود: «تکنولوژیست‌های رادیولوژی و درمانگران پرتویی باید در تلاش‌ها برای حفظ کیفیت دستگاه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و گنجاندن هوش مصنوعی در برنامه‌های کیفیت، به ویژه در زمینه دوز پرتوی بیمار، مشارکت کرده یا آن‌ها را رهبری کنند... و باید در بنیان‌گذاری زمینه‌های اخلاقی، عملی، ایمنی بیمار و جنبه‌های بالینی هوش مصنوعی در حوزه مسئولیت‌های خود و برای ارتقای مراقبت از بیمار مشارکت جویند».

هدف اصلی این کتاب «هوش مصنوعی برای فناوری تصویربرداری پزشکی» تأمین یک منبع مفید برای برآورده کردن نیازهای آموزشی در حال توسعه پرسنل، نه تنها در ایالات متحده و کانادا، بلکه در بریتانیا، اروپا، آمریکای جنوبی، آفریقا، آسیا، استرالیا و نیوزیلند است.

مطالب این کتاب در ۱۰ فصل و ۴ پیوست به شرح زیر توصیف شده است:

فصل ۱: هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی در یک نگاه، درکی اجمالی از ماهیت هوش مصنوعی و کاربردهای آن در فناوری تصویربرداری پزشکی ارائه می‌دهد.

فصل ۲: بر ایده‌های مطرح شده در فصل ۱ می‌افزاید و با ارائه کاوشی جامع از هوش مصنوعی در مراقبت سلامت، و ردیابی تکامل تاریخی هوش مصنوعی، بینش‌هایی را در مورد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق ارائه می‌دهد. این فصل بر سیستم‌های پشتیبانی از تصمیم‌گیری بالینی، و تفسیر و اعتبارسنجی نتایج هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری بالینی متمرکز است.

فصل ۳: مروری جامع بر یادگیری ماشین ارائه می‌دهد و تکنیک‌های یادگیری نظارت شده مانند رگرسیون خطی و درختان تصمیم را با کاربردهای آن در تحلیل تصاویر پزشکی پوشش می‌دهد. علاوه بر این، این فصل به کاوش در یادگیری بدون نظارت، یادگیری تقویتی در تصویربرداری پزشکی می‌پردازد و مؤلفه‌های حیاتی یادگیری ماشین، از جمله کسب داده، معماری مدل، توابع زیان، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و معیارهای ارزیابی مانند طبقه‌بندی، تحلیل مشخصه عملکرد گیرنده، منحنی‌های دقت-فراخوانی و معیارهایی مانند اشتراک بر اجتماع و ضریب تاس را تشریح می‌کند.

فصل ۴: کاوشی جامع در اصول یادگیری عمیق ارائه می‌دهد و شبکه‌های عصبی مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنی، شبکه‌های عصبی بازگشتی، رمزگذارهای خودکار، شبکه‌های مولد تخصصی و مکانیسم‌های توجه را در بر می‌گیرد. این فصل به جزئیات خاص شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای طبقه‌بندی تصویر می‌پردازد و لایه‌های کانولوشنی، اندازه فیلترها، نقشه‌های فعال‌سازی و انتقال‌ها را پوشش می‌دهد. موضوعات ضروری مانند حذف، تنظیم، یادگیری انتقالی، افزایش داده و قابلیت تفسیر شبکه عصبی کانولوشنی برجسته شده‌اند، و همچنین معماری‌های تخصصی برای بخش‌بندی، تشخیص شی و تولید تصویر که بر اهمیت آن‌ها در کاربردهای یادگیری عمیق تأکید دارد.

فصل ۵: به قلمرو دستکاری و درک تصویر پزشکی از طریق کاوش در تکنیک‌های پیش‌پردازش، مانند کاهش نویز و بهبود تصویر می‌پردازد. علاوه بر این، روش‌های بخش‌بندی، استخراج ویژگی و بازنمایی درون تصاویر پزشکی موردتوجه قرار گرفته و تکنیک‌های پس‌پردازش تصویر که برای به دست آوردن تصاویر پزشکی با کیفیت بالا ضروری هستند مرور شده و به دنبال آن تفسیر و تجسم تصویر آمده است.

فصل ۶: بر چندین موضوع مطرح شده در فصل ۱ می‌افزاید و مبانی هشت کاربرد هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی را تشریح می‌کند. این موارد شامل گردش کار رادیولوژی، تشخیص به کمک کامپیوتر، رادیومیکس، بانک‌های اطلاعاتی تصویربرداری، تشخیص و طبقه‌بندی بیماری، بهینه‌سازی دوز، گزارش‌دهی ساختاریافته و پردازش تصویر هستند.

فصل ۷: با عناصر الگوریتم‌های بازسازی تصویر در توموگرافی کامپیوتری، یعنی الگوریتم بازتاب فیلتر شده و الگوریتم‌های بازسازی تکراری و محدودیت‌های آن‌ها سروکار دارد، و در نهایت، توصیفی از چگونگی استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق در بازسازی تصویر سی‌تی‌اسکن ارائه می‌دهد.

فصل ۸: به عناصر اصلی تشخیص به کمک کامپیوتر و تشخیص به کمک کامپیوتر می‌پردازد. به‌طور خاص، مراحل اصلی یک سیستم تشخیص به کمک کامپیوتر مرور شده و به دنبال آن توصیف مختصری از عناصر اصلی مشخصه یک سیستم تشخیص به کمک کامپیوتر مبتنی بر یادگیری عمیق ارائه می‌شود که بر سه مؤلفه که برای ارائه خروجی مفید به منظور کمک به تصمیم‌گیری و تشخیص دقیق ضروری هستند تأکید می‌کند: تشخیص توده، بخش‌بندی توده و طبقه‌بندی توده.

فصل ۹: به جنبه‌های اخلاقی و نظارتی حیات پیرامون هوش مصنوعی در مراقبت سلامت می‌پردازد. این فصل چارچوب‌های نظارتی، مانند مقررات اداره غذا و دارو، آژانس نظارتی محصولات پزشکی و سلامت بریتانیا و آژانس‌های جهانی که بر ادغام هوش مصنوعی در مراقبت سلامت حکمرانی می‌کنند، را بررسی می‌کند. همچنین به نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت پیرامون داده‌های تصویربرداری پزشکی می‌پردازد. علاوه بر این، موضوعات سوگیری، انصاف و شفافیت ریشه‌دار در درون الگوریتم‌های هوش مصنوعی را بررسی می‌کند. در پایان، بر ضرورت استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی در مراقبت سلامت تأکید می‌کند و ملاحظات محوری برای اجرای اخلاقی آن را ترسیم می‌کند.

فصل ۱۰: افق امکانات و چالش‌هایی که آینده هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی را تعریف می‌کنند کاوش می‌کند. این فصل یک کاوش جامع از پیشرفت‌های اخیر هوش مصنوعی برای تصویربرداری پزشکی را باز می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه فناوری‌های پیشرفته در حال تغییر چشم‌انداز تشخیصی هستند. از ظهور هوش مصنوعی قابل تفسیر تا وعده یادگیری فدرال، این فصل از میان فناوری‌های نوظهوری که مسیر نوآوری مراقبت سلامت را هدایت می‌کنند، حرکت می‌کند. علاوه بر این، این فصل به دقت پیامدهای بالقوه ادغام هوش مصنوعی در عمل بالینی و آینده آن در مراقبت سلامت را تحلیل می‌کند و بینش‌هایی را در مورد فرصت‌ها و موانعی که باید برای گنجاندن مسئولانه برطرف شوند ارائه می‌دهد.

چهار پیوست مربوط به فصل ۳ وجود دارد. هدف اصلی این پیوست‌ها ارائه جزئیات بیشتر در مورد جنبه‌های فنی خاص، کمک به درک چگونگی عملکرد یادگیری ماشین است.

لذت ببرید، مطالعه کنید و از صفحات بعدی بیاموزید و به خاطر بسپارید، بیماران شما از خرد شما بهره‌مند خواهند شد.

فهرست مطالب

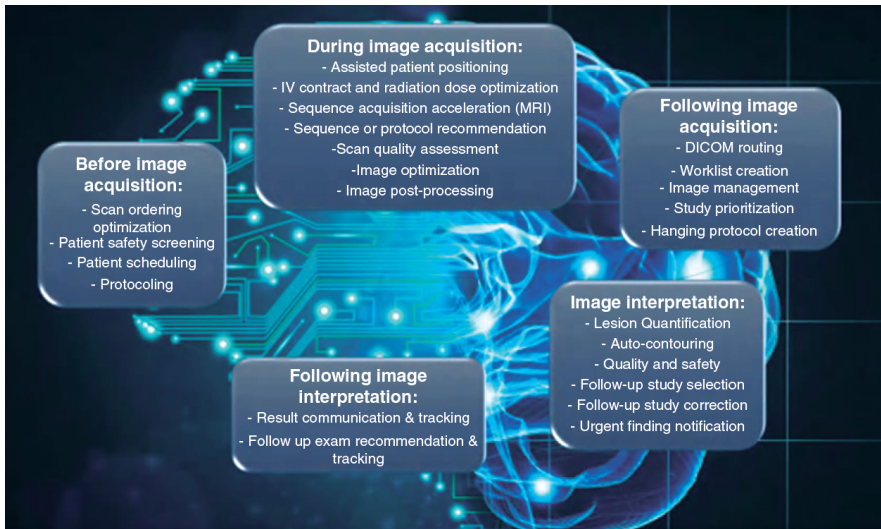
عنوان	صفحه
فصل ۱: هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی در یک نگاه	۷
فصل ۲: مبانی هوش مصنوعی	۲۴
فصل ۳: اصول یادگیری ماشین	۴۵
فصل ۴: اصول یادگیری عمیق	۷۰
فصل ۵: پردازش و تحلیل تصویر	۹۸
فصل ۶: کاربردهای هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی	۱۲۲
فصل ۷: هوش مصنوعی در بازسازی تصویر توموگرافی کامپیوتری	۱۵۱
فصل ۸: آشکارسازی و تشخیص به کمک کامپیوتر	۱۶۶
فصل ۹: ملاحظات اخلاقی و مقرراتی	۱۷۶
فصل ۱۰: روندها و چالش‌های آینده	۱۹۷
پیوست‌ها	۲۲۲

هوش مصنوعی در فناوری تصویربرداری پزشکی در یک نگاه

۱-۱: مقدمه

✓ فناوری تصویربرداری پزشکی از روش‌های مبتنی بر فیلم به روش‌های دیجیتال تکامل یافته است. این روش‌ها شامل رادیوگرافی دیجیتال، فلوروسکوپی دیجیتال، ماموگرافی دیجیتال، توموگرافی کامپیوتری (CT)، سونوگرافی تشخیصی پزشکی، پزشکی هسته‌ای، توموگرافی کامپیوتری با انتشار تک فوتون، توموگرافی با انتشار پوزیترون و تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) می‌شوند. این فناوری‌ها، تصاویر کالبدشناسی و عملکردی تولید می‌کنند که می‌توانند با هم ادغام شوند تا تصاویر تلفیقی را ایجاد کنند. این تصاویر توسط رادیولوژیست‌ها (که به‌طور تخصصی در هنر و علم تفسیر تصویر آموزش دیده‌اند) مشاهده و تفسیر می‌شوند تا تشخیصی از وضعیت پزشکی و سلامت بیمار ارائه دهند. از آنجاکه این وظیفه مستلزم استفاده از یک پایگاه دانش بزرگ برای استخراج ویژگی‌های مختلف از تصاویر و همچنین تفسیر این ویژگی‌ها است، تصویربرداری پزشکی بستر مناسبی برای کاربردهای هوش مصنوعی فراهم کرده است.

✓ علاوه بر این، تصویربرداری پزشکی شامل وظایف و فرآیندهای دیگری به جز تفسیر تصویر است. شکل ۱-۱ نمونه‌هایی از سایر حوزه‌های تصویربرداری را نشان می‌دهد که «پتانسیل کمک و بهبود توسط هوش مصنوعی» را دارند [۱]. این موارد شامل فرآیندهای قبل از کسب تصویر، حین کسب تصویر، پس از کسب تصویر، تفسیر تصویر و پس از تفسیر تصویر می‌شود.



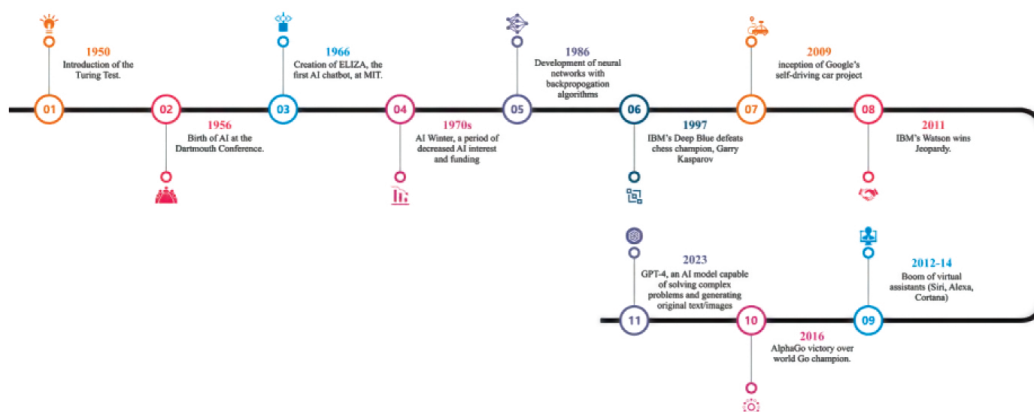
شکل ۱-۱: مروری بر چرخه فرآیند در رادیولوژی و وظایف اصلی با پتانسیل کمک و بهینه‌سازی توسط هوش مصنوعی [۱].

با توجه به مطالب فوق، پوتونیک و همکاران [۲] خاطرنشان می‌کنند که «تکنسین‌های رادیولوژی، پزشکان بالینی و درمانگران پرتویی باید با فناوری جدید آشنا شوند و آمادگی خود را برای مشارکت فعال در توسعه، پیاده‌سازی و به کارگیری راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نشان دهند».

هدف این فصل، ارائه یک مرور کلی از هوش مصنوعی است. ابتدا هوش مصنوعی و زیرشاخه‌های آن، یعنی یادگیری ماشین (ML) و یادگیری عمیق (DL) تعریف خواهند شد و به دنبال آن توصیف مختصری از ویژگی‌های اصلی هوش مصنوعی، از جمله نحوه عملکرد آن، ارائه می‌شود. علاوه بر این، کاربردهای خاص هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی مرور خواهند شد و یک مطالعه موردی درباره چگونگی استفاده از هوش مصنوعی در بازسازی تصویر CT شرح داده خواهد شد. در نهایت، فصل با نگاهی به اخلاقیات هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی به پایان می‌رسد.

۲-۱: نگاه کوتاهی بر تاریخچه هوش مصنوعی

آغاز و تاریخچه هوش مصنوعی شامل چندین نقطه عطف و دستاورد است که توسط نجار [۳] ترسیم شده و به سال ۱۹۵۶ برمی‌گردد، زمانی که این حوزه به‌طور رسمی در کنفرانس دارتموث معرفی شد [۴]. این نقاط عطف و دستاوردها در شکل ۲-۱ ترسیم شده و توسط نجار [۳] توصیف شده است. رویدادهای قابل توجه شامل ایجاد الیزا (اولین چت‌بات توسعه یافته در مؤسسه فناوری ماساچوست)، کاهش علاقه و تحقیق در مورد هوش مصنوعی در دهه ۱۹۷۰، توسعه شبکه‌های عصبی در سال ۱۹۸۶، بازی شطرنج که در آن دیپ بلو شرکت آی‌بی‌ام در سال ۱۹۹۷ قهرمان شطرنج، گری کاسپاروف را شکست داد، معرفی خودروی خودران گوگل در سال ۲۰۰۹، و موارد دیگر تا مدل محبوب فعلی یعنی ترنسفورماتور از پیش آموزش دیده مولد-۴ (۴-GPT) است. ۴-GPT یک مدل هوش مصنوعی مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری عمیق است که ورودی‌های تصویر و متن را می‌پذیرد و خروجی‌های متن تولید می‌کند که «اگرچه در بسیاری از سناریوهای دنیای واقعی از انسان‌ها کم‌توان‌تر هستند، اما در معیارهای حرفه‌ای و آکادمیک مختلف، عملکردی در سطح انسانی نشان می‌دهند» [۵]. این مدل در سال ۲۰۲۳ معرفی شد.



شکل ۱-۲: نقاط عطف مهم در تکامل هوش مصنوعی [۳].

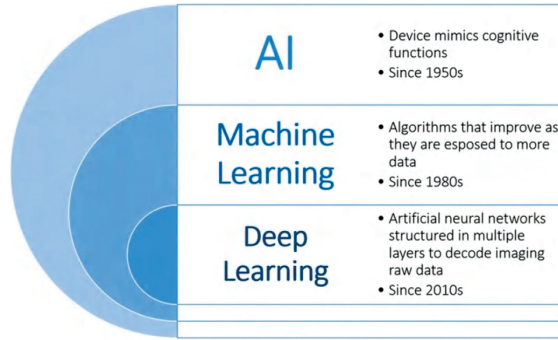
امروزه، هوش مصنوعی در بسیاری از حوزه‌های جامعه، از جمله فناوری‌های تصویربرداری پزشکی، متداول شده است و کاربردهای آن تقریباً به‌طور نمایی در سراسر جهان در حال افزایش است.

۳-۱: تعاریف

هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است. این موضوعی گسترده است و بر اصول و مفاهیم مرتبط با ریاضیات، منطق، فلسفه، علوم شناختی، زیست‌شناسی و تکامل استوار است. عناصر کلیدی هوش مصنوعی شامل بینایی کامپیوتر و تشخیص صحنه، رباتیک و سیستم‌های حسی، پردازش زبان طبیعی، محاسبات عصبی، سیستم‌های خبره، آموزش کامپیوتری هوشمند و شبکه‌های عصبی هستند. علاوه بر این، این عناصر، کاربردهای هوش مصنوعی را در زندگی روزمره، از جمله تلفن‌های هوشمند، خودروهای هوشمند، خانه‌های هوشمند، ایمیل، بانکداری، شبکه‌های اجتماعی، خرید آنلاین، ورزش و اینترنت اشیا (IoT) ارائه می‌دهند که تنها به ذکر چند مورد بسنده می‌کنیم. مهم‌تر از همه و در چارچوب این کتاب، هوش مصنوعی اکنون در پزشکی، مراقبت‌های بهداشتی و فناوری‌های تصویربرداری پزشکی، از جمله توموگرافی کامپیوتری (CT) [۷، ۸، ۹، ۱۰] استفاده می‌شود.

۱-۳-۱: هوش مصنوعی

ادبیات موجود، تعاریف بسیار زیادی از هوش مصنوعی و زیرشاخه‌های آن، یعنی یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، ارائه می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است، یادگیری ماشین یک زیرشاخه از هوش مصنوعی و یادگیری عمیق یک زیرشاخه از یادگیری ماشین است. هر یک از این اصطلاحات به‌طور خلاصه توسط پساپانه و همکاران [۱۱] تعریف شده است. برای مثال، هوش مصنوعی به‌عنوان «دستگاهی که عملکرد شناختی (اشاره به تفکر و حل مسئله انسانی) را تقلید می‌کند» تعریف شده است. یادگیری ماشین به «الگوریتم‌هایی که با مواجهه با داده‌های بیشتر بهبود می‌یابند» اشاره دارد و یادگیری عمیق «یک شبکه عصبی مصنوعی ساختاریافته در لایه‌های متعدد برای رمزگشایی داده‌های خام تصویربرداری» است. واژه الگوریتم به مجموعه‌ای محدود از قوانین برای حل یک مسئله اشاره دارد. این قوانین می‌توانند برای پردازش کامپیوتری کدگذاری شوند.

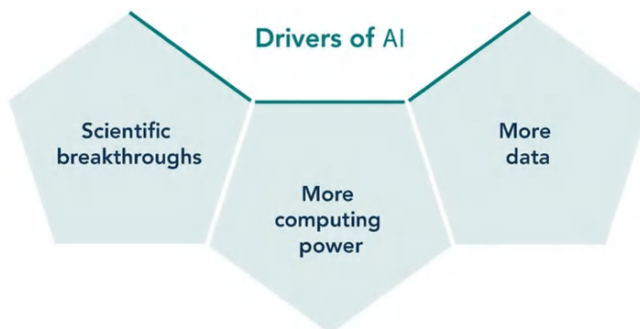


شکل ۱-۳: هوش مصنوعی و زیرشاخه‌های آن، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق [۱۱].

بیان دقیق‌تری از معنای هوش مصنوعی توسط نجار [۳] ارائه شده است: «بازآفرینی هوش انسانی در ماشین‌هایی که برای شبیه‌سازی شناخت و اقدامات انسانی برنامه‌ریزی شده‌اند و شامل یادگیری، حل مسئله، استدلال و ادراک می‌شوند. هوش مصنوعی را می‌توان به دو نوع اصلی طبقه‌بندی کرد: هوش مصنوعی محدود که برای وظایف خاص (مانند تشخیص چهره یا فرمان‌های صوتی) طراحی شده است، و هوش مصنوعی عمومی که طیف وسیع‌تری از هوش انسانی را تقلید می‌کند. هدف هوش مصنوعی، توسعه سیستم‌هایی با عملکرد هوشمند مستقل، قادر به حل مسئله، تصمیم‌گیری و انجام وظایفی است که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند».

۱-۳-۲: گسترش هوش مصنوعی

همان‌طور که در شکل ۱-۴ نشان داده شده است، سه عنصر اساسی وجود دارند که گسترش عظیم هوش مصنوعی را هدایت می‌کنند. این موارد شامل پیشرفت‌های علمی، قدرت محاسباتی بیشتر و داده‌های بیشتر است. علاوه بر این، این گسترش عمدتاً توسط کاربرد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق هدایت شده است [۱۲].



شکل ۱-۴: سه عنصر اساسی محرک گسترش هوش مصنوعی [۱۲].

درحالی‌که پیشرفت‌های علمی به اکتشافاتی اشاره دارد که دانش را تغییر می‌دهند و تأثیر قابل توجهی بر علم و فناوری و همچنین بر جامعه به‌عنوان یک کل دارند، قدرت محاسباتی به تعداد پردازنده‌ها (پردازنده‌های بیشتر به معنای قدرت بیشتر است) و سرعت پردازنده (سرعت بیشتر به معنای قدرت محاسباتی بیشتر

فهرست منابع فصل اول

1. Pierre, K., Haneberg, A. G., Kwak, S., Peters, K. R., Hochegger, B., Sananmuang, T., Tunlayadechanont, P., Tighe, P. J., Mancuso, A., & Forghani, R. (2023). Applications of Artificial Intelligence in the Radiology Roundtrip: Process Streamlining, Workflow Optimization, and Beyond. *Seminars in Roentgenology*, 58(2), 158–169.
2. Potocnik, J., Foley, S., & Thomas, E. (2023). Current and potential applications of artificial intelligence in medical imaging practice: A narrative review. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 54–61.
3. Najjar, R. (2023). Redefining Radiology: A Review of Artificial Intelligence Integration in Medical Imaging. *Diagnostics*, 13, 2760. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13172760>
4. Buchanan, B., & Shortliffe, E. (1984). *Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
5. GPT-4. (2023). Retrieved from <https://openai.com/research/gpt-4>
6. El Morr, C. (2023). *AI and Society: Tensions and Opportunities*. CRC Press.
7. Do, S., Song, K. D., & Chung, J. W. (2020). Basics of Deep Learning: A Radiologist's Guide to Understanding Published Radiology Articles on Deep Learning. *Korean Journal of Radiology*, 21(1), 33–41. <https://doi.org/10.3348/kjr.2019.0312>
8. Santosh, K. C., Antani, S., Guru, D. S., & Dey, N. (2020). *Medical Imaging: Artificial Intelligence, Image Recognition, and Machine Learning Techniques*. CRC Press-Taylor and Francis Group.
9. Seeram, E. (2020). Computed Tomography Image Reconstruction. *Radiologic Technology*, 92(2), 1–17.
10. Zicari, R. V. (Ed.). (2020). *Explorations in Artificial Intelligence and Machine Learning*. CRC Press: Taylor and Francis Group.
11. Pesapane, F., Codari, M., & Sardanelli, F. (2018). Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental*, 2, 35. <https://doi.org/10.1186/s41747-018-0061-6>
12. Sheikh, H., Prins, C., & Schrijvers, E. (2023). Artificial Intelligence: Definition and Background. In: *Mission AI. Research for Policy*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21448-6_2
13. IBM. (2023). What is Deep Learning? Retrieved from <https://www.ibm.com/topics/deep-learning> (Accessed June 2023)
14. Tobore, I., Li, J., Yuhang, L., Al-Handarish, Y., Kandwal, A., Nie, Z., & Wang, L. (2019). Deep Learning Intervention for Health Care Challenges: Some Biomedical Domain Considerations. *JMIR Mhealth Uhealth*, 7(8), e11966. <https://doi.org/10.2196/11966>



فرهنگ اصطلاحات تخصصی فصل اول

ردیف	اصطلاح انگلیسی	ترجمه فارسی	توضیح مختصر
۱	Medical Imaging	تصویربرداری پزشکی	روش‌های مختلف برای ایجاد تصاویر از داخل بدن برای اهداف تشخیصی و درمانی.
۲	Digital Imaging Modalities	روش‌های تصویربرداری دیجیتال	تکنیک‌های تصویربرداری که داده‌ها را به صورت دیجیتال تولید و پردازش می‌کنند.
۳	Computed Tomography (CT)	توموگرافی کامپیوتری	یک تکنیک تصویربرداری که از اشعه ایکس و پردازش کامپیوتری برای ایجاد تصاویر مقطعی از بدن استفاده می‌کند.
۴	Magnetic Resonance Imaging (MRI)	تصویربرداری تشدید مغناطیسی	یک تکنیک تصویربرداری که از میدان‌های مغناطیسی و امواج رادیویی برای ایجاد تصاویر دقیق از اندام‌ها و بافت‌ها استفاده می‌کند.
۵	Anatomical and Functional Images	تصاویر کالبدشناسی و عملکردی	تصاویر آناتومیک ساختار بدن را نشان می‌دهند و تصاویر عملکردی، فعالیت‌های متابولیک بافیزبولژیکی را نمایش می‌دهند.
۶	Fused Images	تصاویر تلفیقی	تصاویری که از ترکیب داده‌های دو روش تصویربرداری (مانند CT و MRI) برای کسب اطلاعات بیشتر ایجاد می‌شوند.
۷	Radiologists	رادیولوژیست‌ها	پزشکان متخصصی که در تفسیر تصاویر پزشکی و ارائه تشخیص آموزش دیده‌اند.
۸	Artificial Intelligence (AI)	هوش مصنوعی	شاخه‌ای از علوم کامپیوتر که به ایجاد ماشین‌هایی می‌پردازد که می‌توانند وظایفی را انجام دهند که معمولاً به هوش انسان نیاز دارند.
۹	Machine Learning (ML)	یادگیری ماشین	زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی که در آن الگوریتم‌ها با استفاده از داده‌ها آموزش می‌بینند و بهبود می‌یابند.
۱۰	Deep Learning (DL)	یادگیری عمیق	زیرشاخه‌ای از یادگیری ماشین که از شبکه‌های عصبی مصنوعی با لایه‌های بسیار زیاد برای یادگیری از داده‌ها استفاده می‌کند.
۱۱	Algorithm	الگوریتم	مجموعه‌ای محدود و مشخص از قوانین یا دستورالعمل‌ها برای حل یک مسئله.
۱۲	Neural Networks	شبکه‌های عصبی	سیستم‌های محاسباتی که از اتصالات نورون‌های مصنوعی تشکیل شده‌اند و از ساختار مغز انسان الهام گرفته‌اند.
۱۳	Graphics Processing Units (GPUs)	واحدهای پردازش گرافیکی	پردازنده‌های تخصصی که برای پردازش موازی حجم زیادی از داده‌ها (مانند داده‌های تصویری) بسیار کارآمد هستند.

پیوست‌ها

پیوست ۱

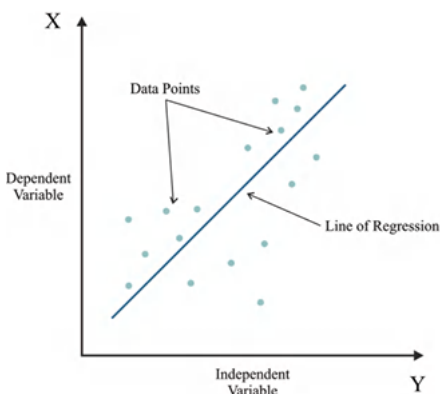
در این بخش، با کاوش در قلمرو متنوع تصویربرداری و تحلیل پزشکی، به بررسی کاربردها و پیاده‌سازی‌های مختلف تکنیک‌های یادگیری ماشین نظارت‌شده پرداخته می‌شود. از تشخیص بیماری‌ها تا بهبود کیفیت تصویر، این روش‌ها نقشی محوری در پیشرفت مراقبت‌های بهداشتی از طریق فناوری‌های نوآورانه ایفا می‌کنند.

۱. رگرسیون خطی

رگرسیون خطی یک روش آماری برای مدل‌سازی رابطه بین یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل است [۱]. هدف یافتن معادله خطی است که بهترین نحو رابطه بین این متغیرها را نشان می‌دهد (شکل ۱.A). در یادگیری نظارت‌شده، الگوریتم با جفت‌های ورودی-خروجی ارائه می‌شود و هدف آن یادگیری تابع نگاشتی است که ورودی‌ها را به خروجی‌های مربوطه مرتبط می‌سازد. رگرسیون خطی با ایجاد یک رابطه خطی بین ویژگی‌های ورودی و متغیر خروجی، به خوبی در این چارچوب جای می‌گیرد و آن را به ابزاری ارزشمند برای وظایف پیش‌بینی تبدیل می‌کند.

نقش در تصویربرداری پزشکی

رگرسیون خطی می‌تواند برای اهداف مختلفی مانند پیش‌بینی نتایج بالینی، تخمین پیشرفت بیماری یا تحلیل رابطه بین ویژگی‌های تصویربرداری و ویژگی‌های بیمار به کار رود.



شکل ۱.A: رگرسیون خطی.

مثال تخمین رشد تومور

سناریویی را در نظر بگیرید که یک مجموعه داده شامل داده‌های تصویربرداری پزشکی از بیماران مبتلا به تومور مغزی وجود دارد که جزئیاتی درباره اندازه تومور (متغیر مستقل) و سن مربوطه بیمار (متغیر وابسته) را در بر می‌گیرد. اعمال رگرسیون خطی بر این مجموعه داده به الگوریتم اجازه می‌دهد رابطه خطی بین اندازه تومور و سن بیمار را تشخیص دهد. پس از آموزش مدل، این مدل قادر خواهد بود اندازه‌های احتمالی تومور را بر اساس سن بیماران جدید پیش‌بینی کند.

این کاربرد می‌تواند به متخصصان پزشکی در درک چگونگی همبستگی سن بیمار با رشد تومور کمک کند و به آن‌ها امکان می‌دهد تحولات احتمالی را پیش‌بینی کرده و تصمیمات آگاهانه‌ای درباره برنامه‌های درمانی بگیرند. بنابراین، رگرسیون خطی به ابزاری ارزشمند در تصویربرداری پزشکی تبدیل می‌شود که بینش‌هایی در مورد روابط بین متغیرهای مختلف ارائه می‌دهد و از تصمیم‌گیری مبتنی بر داده در مراقبت‌های بهداشتی پشتیبانی می‌کند.

۲. درختان تصمیم

یک درخت تصمیم، مدلی درختی‌شکل است که هم برای وظایف طبقه‌بندی و هم برای رگرسیون یادگیری ماشین استفاده می‌شود. این مدل به‌طور بازگشتی داده را بر اساس مهم‌ترین ویژگی در هر گره به زیرمجموعه‌هایی تقسیم می‌کند. این تقسیم‌ها تا زمانی که یک معیار توقف از پیش تعریف شده برآورده شود ادامه می‌یابد و به گره‌های پایانی یا برگ منجر می‌شود که در آن پیش‌بینی‌ها یا طبقه‌بندی‌های نهایی انجام می‌شود [۱]. (شکل ۲.۸).

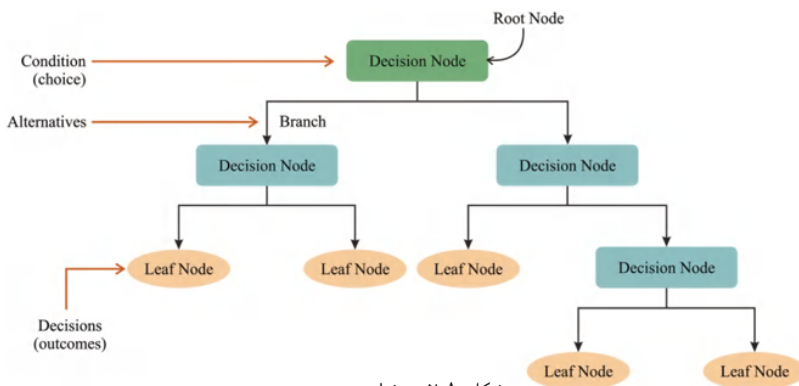
درختان تصمیم به ویژه به دلیل قابلیت تفسیرپذیری جذاب هستند، زیرا ساختار آن‌ها مجموعه‌ای از تصمیمات شبه انسانی را تقلید می‌کند که درک و تجسم فرآیند تصمیم‌گیری را آسان‌تر می‌سازد.

نقش در تصویربرداری پزشکی

درختان تصمیم کاربردهای ارزشمندی در تصویربرداری پزشکی پیدا می‌کنند و قابلیت تفسیرپذیری و توانایی مدیریت سناریوهای تصمیم‌گیری پیچیده را ارائه می‌دهند.

مثال تشخیص ضایعات پوستی

سناریویی را در پوست‌شناسی در نظر بگیرید که وظیفه تشخیص ضایعات پوستی به‌عنوان خوش‌خیم یا بدخیم بر اساس تصاویر پزشکی است. یک درخت تصمیم را می‌توان با در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلفی مانند رنگ، اندازه و بافت ضایعه ساخت. الگوریتم یاد می‌گیرد که در هر گره بر اساس این ویژگی‌ها تصمیم‌گیری کند و در نهایت به یک گره برگ برسد که تشخیص پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲.۸: درختان تصمیم.

برای مثال، در اولین گره تصمیم، الگوریتم ممکن است ارزیابی کند که آیا رنگ ضایعه از یک آستانه مشخص تیره‌تر است یا خیر. اگر بله، ممکن است بر اساس اندازه ضایعه به تقسیم ادامه دهد و غیره. گره‌های برگ نهایی پیش‌بینی‌هایی مانند «خوش‌خیم» یا «بدخیم» را بر اساس قواعد تصمیم یادگرفته شده ارائه می‌دهند.

نرخ مثبت کاذب (۱-ویژگی): نسبت موارد منفی واقعی که به اشتباه توسط مدل به عنوان مثبت طبقه‌بندی شده‌اند. اهمیت: ویژگی برای جلوگیری از مداخلات یا درمان‌های غیرضروری برای بیمارانی که این شرایط را ندارند بسیار مهم است. برای مثال، در یک ماموگرافی، یک مثبت کاذب می‌تواند به بیوپسی‌های غیرضروری منجر شود. منحنی ROC: یک نمایش گرافیکی از مبادله بین حساسیت و ویژگی در مقادیر آستانه مختلف.

اهمیت: منحنی ROC یک مرور جامع از عملکرد مدل در آستانه‌های تمایز مختلف ارائه می‌دهد. یک منحنی نزدیک به گوشه بالا-چپ نشان‌دهنده عملکرد کلی بهتر است.

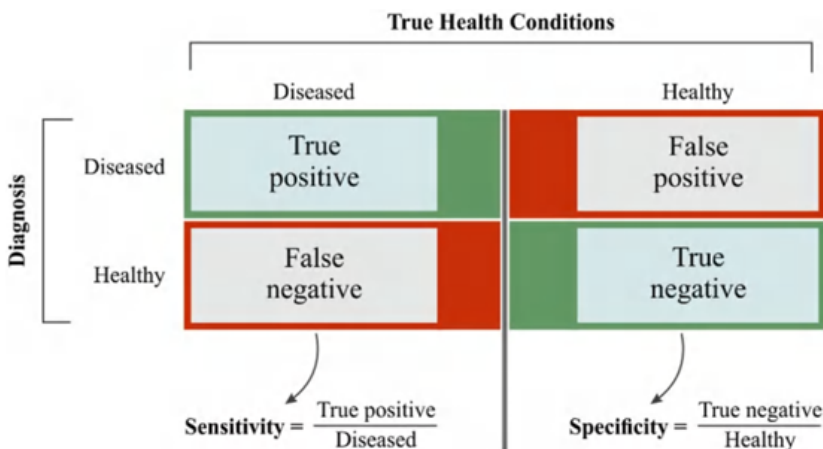
ناحیه زیر منحنی (AUC-ROC): یک مقدار منفرد که عملکرد کلی مدل را در بر می‌گیرد، که از ناحیه زیر منحنی ROC مشتق شده است.

اهمیت: AUC-ROC قدرت تمایز مدل را در یک متریک مختصر متراکم می‌کند. یک AUC-ROC بالاتر به توانایی افزایش یافته در تمایز بین شرایط پزشکی مختلف ترجمه می‌شود (شکل‌های ۶.A و ۷.A).

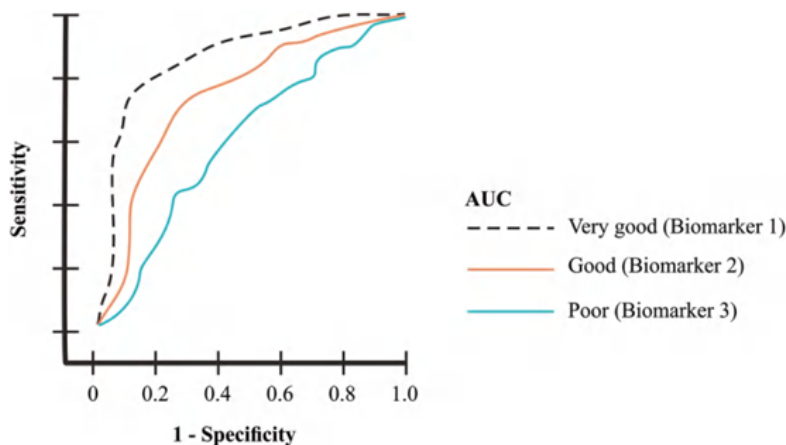
مثال یک سناریوی تصویربرداری پزشکی را در نظر بگیرید، به ویژه در زمینه تشخیص ندول‌های ریوی در پرتونگاری قفسه سینه. رادیولوژیست‌ها از یک مدل یادگیری ماشین طراحی شده برای شناسایی ندول‌های بالقوه استفاده می‌کنند و منحنی ROC و AUC-ROC به ابزارهای حیاتی برای ارزیابی عملکرد آن تبدیل می‌شوند.

منحنی ROC به‌طور بصری مبادله مدل بین حساسیت (تشخیص موارد مثبت واقعی، یعنی ندول‌های واقعی) و ویژگی (اجتناب از مثبت‌های کاذب، مانند ساختارهای خوش خیم اشتباه گرفته شده با ندول) را در آستانه‌های تصمیم مختلف نشان می‌دهد. AUC-ROC، که نشان‌دهنده ناحیه زیر این منحنی است، توانایی کلی مدل را در تمایز بین تصاویر با ندول‌های واقعی و تصاویر بدون آن کمی می‌کند. یک AUC-ROC بالاتر صحت تشخیصی برتر را نشان می‌دهد و به رادیولوژیست‌ها توانایی می‌دهد تا مهارت مدل را ارزیابی کنند و پارامترهای عملیاتی آن را بر اساس زمینه بالینی تنظیم دقیق کنند.

در قلمرو تصویربرداری پزشکی، منحنی ROC و AUC-ROC یک ارزیابی جامع از اثربخشی مدل تشخیص ندول را به رادیولوژیست‌ها ارائه می‌دهد. با تجسم مبادله بین حساسیت و ویژگی، رادیولوژیست‌ها می‌توانند یک آستانه بهینه را انتخاب کنند که با اولویت‌های آن‌ها همسو باشد.



شکل ۶.A: تعیین مقادیر حساسیت و ویژگی.



شکل ۷.۸: ROC-AUC

برای مثال، آن‌ها ممکن است مدل را برای اولویت‌دهی به حساسیت بالاتر تنظیم کنند و اطمینان حاصل کنند که تا حد امکان موارد مثبت واقعی شناسایی می‌شوند درحالی‌که هنوز سطح قابل قبولی از ویژگی را برای به حداقل رساندن مثبت‌های کاذب حفظ می‌کنند.

۳. منحنی دقت-حساسیت^۱

دقت و حساسیت دو متریک مهم هستند، به ویژه در سناریوهایی که عدم تعادل کلاس وجود دارد. در تصویربرداری پزشکی، جایی که شیوع شرایط خاص ممکن است کم باشد، تحلیل دقت-حساسیت (و یا دقت-یادآوری) بسیار مهم می‌شود [۸].

یک نمودار که دقت را در مقابل حساسیت ترسیم می‌کند تصور کنید، ابزاری که به ویژه در زمینه پزشکی مرتبط است، به ویژه هنگام کار با داده نامتعادل. این نمودار، که به‌عنوان منحنی دقت-حساسیت شناخته می‌شود، به‌عنوان جایگزینی برای منحنی‌های ROC در سناریوهایی که داده به شدت به یک کلاس تمایل دارد وارد عمل می‌شود. برای متخصصان پزشکی، این به ویژه هنگام ارزیابی عملکرد یک طبقه‌بندی در تشخیص شرایط کمتر شایع مفید است.

در منحنی دقت-حساسیت، هدف متمایز از منحنی ROC است. به جای تلاش برای رسیدن به گوشه بالا-چپ، مانند ROC، هدف رسیدن به گوشه بالا-راست است. این تغییر در تمرکز برای پزشکان قابل توجه است و بر اهمیت دستیابی به دقت بالا در تشخیص‌ها درحالی‌که حساسیت بهینه را تضمین می‌کنند تأکید می‌ورزد، به ویژه هنگام برخورد با شرایطی که کمتر شایع هستند اما نیاز به شناسایی دقیق دارند (شکل ۸.۸). درک اصطلاحات کلیدی استفاده شده در متریک‌های دقت و حساسیت برای درک ارتباط آن در تصویربرداری پزشکی ضروری است.

دقت: دقت نسبت پیش‌بینی‌های مثبت واقعی به کل مثبت‌های پیش‌بینی شده (مجموع مثبت‌های واقعی و مثبت‌های کاذب) است.



فهرست منابع پیوست‌ها

1. Kanade, V. A. "What Is Linear Regression? Types, Equation, Examples, and Best Practices for 2022." Spiceworks. Available: <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-linear-regression/>
2. Berrar, D., & Dubitzky, W. (2013). Decision Tree. In W. Dubitzky, O. Wolkenhauer, K. H. Cho, & H. Yokota (Eds.), *Encyclopedia of Systems Biology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9863-7_611
3. Zhang, X. (2011). Support Vector Machines. In C. Sammut & G. I. Webb (Eds.), *Encyclopedia of Machine Learning*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_804
4. Kanade, V.A. "Top 10 Machine Learning Algorithms in 2022." Spiceworks. Available: <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/top-ml-algorithms/>
5. Halkidi, M. (2018). Hierarchical Clustering. In L. Liu & M. T. Özsu (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8265-9_604
6. Bottou, L. (2012). Stochastic Gradient Descent Tricks. In G. Montavon, G. B. Orr, & K. R. Müller (Eds.), *Neural Networks: Tricks of the Trade (Vol. 7700)*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_25
7. Ghasri, M. (2024). Adaptive moment estimation (Adam). MATLAB Central File Exchange. Retrieved February 17, 2024, from <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/136679-adaptive-moment-estimation-adam>
8. Hassan, E., Shams, M.Y., Hikal, N.A. et al. "The effect of choosing optimizer algorithms to improve computer vision tasks: a comparative study." *Multimedia Tools and Applications* 82, 16591–16633 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13820-0>
9. Kelly, B.S., Mathur, P., Plesniar, J. et al. "Using deep learning–derived image features in radiologic time series to make personalised predictions: proof of concept in colonic transit data." *European Radiology* 33, 8376–8386 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00330-023-09769-9>
10. Hesamian, M.H., Jia, W., He, X. et al. "Deep Learning Techniques for Medical Image Segmentation: Achievements and Challenges." *Journal of Digital Imaging* 32, 582–596 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00227-x>
11. Rashmi, R., Prasad, K., & Udupa, C.B.K. "Breast histopathological image analysis using image processing techniques for diagnostic purposes: A methodological review." *Journal of Medical Systems* 46, 7 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01786-9>