فصلنامه چشم انداز حسابداری و مدیریت
دوره ۷، شماره ۹۰، بهار ۱۴۰۳(جلد سوم)

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

چشم انداز حسابداری و مدیریت (دوره هفتم)
شماره ۹۰ / بهار۱۴۰۳ (جلد سوم)/ صص ۴۰-۵۶

نقش هوش مصنوعی در تشخیص و درمان عیوب انکساری با رویکرد مالی

دکتر جواد عین آبادی
استادیار گروه حسابداری و مالی، موسسه آموزش عالی الکترونیکی ایرانیان، تهران، ایران
javad.einabadi@iranian.ac.ir
فاطمه رنجی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مالی و مدیریت ریسک، موسسه آموزش عالی الکترونیکی ایرانیان، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
ft.ranjiii@gmail.com

چکیده

با توسعه سریع فناوری رایانه، کاربرد هوش مصنوعی در چشم پزشکی در پزشکی مدرن برجسته شده است. از آنجایی که بینایی سنجی مدرن ارتباط نزدیکی با چشم پزشکی دارد، تحقیقات هوش مصنوعی در مورد بینایی سنجی نیز افزایش یافته است. از طرفی، یکی از عوامل مهم نابینایی و اختلال بینایی در سطح جهان، عیب انکساری اصلاح نشده است. برای برنامه ریزی مداخلات موثر، متخصصان مراقبت از چشم باید به سرعت افرادی را که در معرض خطر بالای ابتلا به نزدیک‌بینی هستند شناسایی کرده و پیشرفت بیماری را زیر نظر داشته باشند. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، پتانسیل بسیار زیادی برای بهبود تشخیص و درمان دارند. هدف از این مقاله بررسی کاربرد هوش مصنوعی در تشخیص و درمان عیوب انکساری با رویکرد مالی است. بدین منظور برای یافتن مقالات مرتبط در مورد استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص یا درمان عیوب انکساری در بینایی‌سنجی، جستجوی کامل در پایگاه‌های داده الکترونیکی مختلف مانند پاب‌مد، گوگل اسکولارو وب آو ساینس طی ۵ سال اخیر انجام شد. عبارات جستجو شامل عیوب انکساری، نزدیک بینی، بینایی سنجی، رویکرد مالی و هوش مصنوعی بود. مدل‌های هوش مصنوعی که عمدتاً از یک شبکه عصبی استفاده می‌کنند، کارایی و عملکرد استثنایی را در تجزیه و تحلیل داده‌های پزشکی گسترده نشان دادند. تشخیص زودهنگام و درمان هدفمند، از اقدامات کلیدی برای مقابله با بیماری‌های مزمن چشمی است. به طور کلی، علاوه بر اینکه کاربرد مدل‌های هوش مصنوعی پتانسیل بالایی برای بهبود تشخیص و درمان عیوب انکساری در بینایی‌سنجی دارند، هوش مصنوعی به طور بالقوه دسترسی بیمار به غربالگری/تشخیص بالینی را افزایش می‌دهد و هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی را کاهش می‌دهد.

واژگان کلیدی: عیب انکساری، بینایی سنجی، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، رویکرد مالی.

مقدمه

بینایی، شاخص سلامت و کیفیت زندگی است و افراد دارای اختلال بینایی در معرض خطر بیشتری برای آسیب‌های جسمانی هستند (شاهرخی[1] و همکاران، ۲۰۲۳). بر اساس گزارش‌های اخیر در سال ۲۰۲۰، حدود ۴۳. ۳ میلیون نفر به نابینایی و ۲۹۵ میلیون نفر دیگر با اختلال بینایی متوسط و شدید در سراسر جهان وجود دارد. پیش بینی می‌شود این ارقام در سال ۲۰۵۰ به ترتیب به ۶۱ میلیون و ۴۷۴ میلیون افزایش یابد. صرف نظر از شدت و نوع اختلال بینایی، سازمان

[1] Shahraki

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

بهداشت جهانی (WHO[1]) گزارش می‌دهد که ۲. ۲ میلیارد نفر در جهان دچار اختلال بینایی هستند (بلیندنس[2]، ۲۰۲۱). انتظار می‌رود این ارقام در آینده به دلیل عواملی از جمله پیری جمعیت (که می‌تواند باعث پیرچشمی شود) و انتخاب سبک زندگی (که می‌تواند منجر به نزدیک بینی شود) به طور قابل توجهی افزایش یابد (فریک[3] و همکاران، ۲۰۱۸).

عیوب انکساری دسته وسیعی از اختلالات بینایی هستند. عیوب انکساری چهارمین علت اصلی نابینایی در سراسر جهان و دومین دلیل اصلی کوری قابل درمان در برخی از نقاط جهان پس از آب مروارید است (WHO، ۲۰۰۷) و عامل ۸۶. ۱ میلیون مورد اختلال بینایی متوسط و شدید است (بلیندنس، ۲۰۲۱). حتی موارد آب مروارید را می‌توان به عنوان عیوب انکساری در نظر گرفت. برخی از این موارد پس از جراحی دچار عیوب انکساری باقی مانده می‌شوند که نیاز به اصلاح نوری دارند، اگرچه ممکن است با اختلال شدید بینایی همراه نباشد (لاندستروم[4] و همکاران، ۲۰۱۸). عیوب انکساری، زمانی رخ می‌دهد که چشم نتواند نور را به درستی روی شبکیه متمرکز کند. این خطاها شامل نزدیک بینی (نزدیک بینی)، دوربینی (دوربینی)، آستیگماتیسم و پیرچشمی است. عیوب انکساری اصلاح نشده علت اصلی کم بینایی و دومین علت نابینایی در سراسر جهان است (ضیائی[5] و همکاران، ۲۰۱۳). شیوع عیوب انکساری در افراد بالای ۴۰ سال در برخی از مناطق آسیا بیش از ۶۰ درصد گزارش شده است (گوپتا[6] و همکاران، ۲۰۰۸؛ هاشمی و همکاران، ۲۰۰۴). شیوع بالای عیب انکساری و هزینه اصلاح آن به عنوان یک مشکل بهداشت عمومی و اقتصادی مهم در بسیاری از نقاط جهان ظاهر می‌شود (حیدری و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعه‌ای در شمال غرب ایران میزان شیوع دوربینی، نزدیک بینی، آستیگماتیسم و عیوب انکساری مرکب را به ترتیب ۷/۹ درصد، ۳۲/۲ درصد، ۸/۱ درصد و ۴۷/۳ درصد گزارش کرده است (شریفی و آیدین لو، ۲۰۰۹).

نزدیک بینی، یک عیب انکساری رایج، به دلیل ارتباط آن با تغییرات نامطلوب در بافت چشم، به یک نگرانی عمده برای سلامت عمومی تبدیل شده است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) بر لزوم گنجاندن مراقبت‌های چشمی در پوشش همگانی سلامت (UHC)[7]برای رسیدگی به نابرابری‌ها در دسترسی و ارائه این خدمات در میان جمعیت‌ها تاکید کرده است (WHO، ۲۰۰۷). توانایی متخصصان مراقبت از چشم در برنامه ریزی مداخلات موثر به شناسایی سریع افرادی که در معرض خطر بالای ابتلا به نزدیک‌بینی و نظارت منظم و مکرر بر توسعه آن و مشکلات مرتبط با آن هستند بستگی دارد. فن آوری‌های هوش مصنوعی پتانسیل بسیار زیادی در زمینه‌های بالینی برای کمک به تشخیص و درمان از جمله در زمینه بینایی‌سنجی دارد و فرصت‌های جدیدی را برای بهبود دقت و کارایی تشخیص و درمان عیب انکساری ارائه می‌دهند (ژانگ[8] و همکاران، ۲۰۲۲). هوش مصنوعی در سال ۱۹۵۵ به عنوان علم و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند تعریف شد (مک کارتی[9] و همکاران، ۲۰۰۶)، که در آن هوش عبارت است از توانایی دستیابی به اهداف در طیف طیف گسترده‌ای از محیط ها (لگ و هوتر[10]، ۲۰۰۷). در هوش مصنوعی، یادگیری ماشین به دسته‌ای از الگوریتم‌ها اشاره می‌کند که قادر به یادگیری از داده‌ها هستند، نه اینکه با قوانین صریح برنامه‌ریزی شوند. هوش مصنوعی و به‌ویژه یادگیری ماشینی به طور فزاینده‌ای به بخشی جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی تبدیل شده است. حوزه فرعی یادگیری ماشینی که به عنوان یادگیری عمیق شناخته می‌شود، از شبکه‌های عصبی مصنوعی عمیق استفاده

[1] World Health Organization
[2] Blindness
[3] Fricke
[4] Lundström
[5] Ziaei
[6] Gupta
[7] universal health coverage
[8] Zhang
[9] McCarthy
[10] Legg & Hutter

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

می‌کند و در سال‌های اخیر توجه بیشتری را به ویژه برای توانایی‌های تشخیص تصویر و متن در زمینه چشم پزشکی به خود جلب کرده است. یادگیری عمیق تاکنون عمدتاً در تجزیه و تحلیل داده‌ها از شبکیه برای بخش‌بندی مناطق مورد علاقه در تصاویر، تشخیص خودکار و پیش‌بینی نتایج بیماری استفاده شده است (اسمیت–ایرفورت[1] و همکاران، ۲۰۱۸). یادگیری ماشین همچنین پتانسیل استفاده در تشخیص و درمان بیماری‌های بخش قدامی مانند بیماری خشکی چشم را دارد (یدیدوا[2] و همکاران، ۲۰۰۷). لذا ابزارهای هوش مصنوعی را می‌توان برای تفسیر خودکار و عینی تصاویر، صرفه جویی در زمان و ایجاد ثبات در تشخیص استفاده کرد.

تحقیقات در این زمینه حاکی از کاربرد موثر فناوری هوش مصنوعی در تشخیص و درمان بیماری‌های چشم بوده‌اند. الناهید و تاها[3] (۲۰۲۴) با بررسی مطالعات نشان دادند مدل‌های هوش مصنوعی پتانسیل زیادی برای بهبود تشخیص و درمان عیوب انکساری در بینایی‌سنجی دارند. دو[4] و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند فناوری هوش مصنوعی می‌تواند از خدمات بینایی‌سنجی پشتیبانی کند و علاوه بر بهبود کارایی فرایند تشخیص، زمان تشیص و هزینه را کاهش دهد. مارتینز پرز[5] و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند کاربرد هوش مصنوعی قابل اجرا به صورت بالینی برای تشخیص و ارجاع در بیماری شبکیه مربوط به آسیب‌شناسی شبکه، بخش قدامی، و گلوکوم (آب سیاه) بوده است. استوراس[6] و همکاران (۲۰۲۲) کاربرد هوش مصنوعی برای بیماری خشکی چشم مورد بررسی قرار دادند و دریافتند هوش مصنوعی در طیف گسترده‌ای از آزمایش‌های بالینی بیماری خشکی چشم و کاربردهای تحقیقاتی، عمدتاً برای تفسیر تداخل‌سنجی، لامپ شکاف و تصاویر میبوگرافی استفاده شده است. ولی علی رغم که نتایج اولیه امیدوارکننده بودند، هنوز کار زیادی روی توسعه مدل، آزمایش بالینی و استانداردسازی لازم است. از طرفی در سرتاسر جهان، کمبود متخصصان واجد شرایط نزدیک‌بینی وجود دارد، که تشخیص ماکولوپاتی نزدیک‌بینی را برای متخصصان عمومی مراقبت از چشم مانند اپتومتریست‌ها یا چشم پزشکان عمومی چالش برانگیز می‌کند. علاوه بر این، نظارت مداوم بر هر بیمار نزدیک‌بین چه از نظر زمان و چه از نظر هزینه ناکارآمد است. خوشبختانه، ترکیب پزشکی از راه دور و فناوری هوش مصنوعی می‌تواند به رفع این شکاف کمک کند. از این رو هدف از تحقیق حاضر نقش هوش مصنوعی در تشخیص و درمان عیوب انکساری است. بدین منظور به مفاهیم و مبانی هوش مصنوعی در این حیطه پرداخته شده است. سپس با بررسی مقالات مرتبط، کارکردهای فعلی فناوری هوش مصنوعی را در تشخیص و درمان عیوب انکساری مورد بررسی و تحلیل قرار داده است.

روش تحقیق

برای یافتن مقالات مرتبط در مورد استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص یا درمان عیوب انکساری در بینایی‌سنجی، جستجوی کامل در پایگاه‌های داده الکترونیکی مختلف مانند پاب‌مد (PubMed)، گوگل اسکولار (Google Scholar) و وب آو ساینس(Web of Science) طی ۵ سال اخیر انجام شد. عبارات جستجو شامل عیوب انکساری، نزدیک بینی، بینایی سنجی و هوش مصنوعی بود.

مرور ادبیات و پیشینه تحقیق

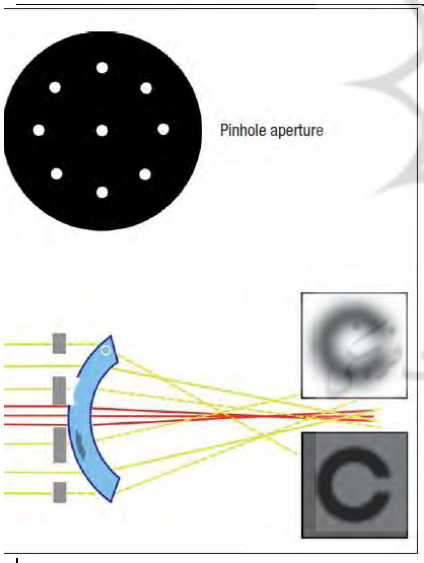
عیوب انکساری

[1] Schmidt-Erfurth
[2] Yedidya
[3] Alnahedh & Taha
[4] Du
[5] Martinez-Perez
[6] Storås

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

عیوب انکساری، یک اختلال چشمی محسوب می‌شود که در دو دهه اخیر بیشترین آمار را به خود اختصاص داده است. این مشکل زمانی رخ می‌دهد که قرنیه و عدسی نمی‌توانند تصاویر مشاهده شده در دنیای خارج را بر روی عدسی تمرکز کنند. متأسفانه نتیجه این اختلال می‌تواند تاری شدید باشد و از طرفی در هر سن و زمانی ممکن است رخ دهد.

شکاف تنگی ساده (دیافراگم سوراخ سوزنی) نشان‌دهنده کلید تشخیصی برای تقریباً تمام اشکال نقص بینایی مربوط به انکسار است. اگر بیمار مشکوک به آمتروپی یا اصلاح ناکافی عیب انکساری باشد، به کارتی (تا حد امکان تیره رنگ) با ca. سوراخ ۱ میلی متری در آن که چند میلی متر جلوی چشم مورد نظر نگه داشته می‌شود. از آزمودنی خواسته می‌شود که برخی از حروف کوچک (مثلاً پوستری با نوشته روی آن یا یک کتاب باز) را از سوراخ سوراخ مشاهده کند. اگر حدت بینایی بیمار تا حد زیادی بهبود یابد، آمتروپی (نزدیک‌بینی، دوربینی، آستیگماتیسم) یا اختلال اولیه در محیط انکساری بسیار محتمل است. مخصوصاً کم‌بین‌ها تمایل دارند با پیچاندن چشم‌هایشان دید از راه دور را بهبود ببخشند تا فقط یک شکاف باریک باز بماند. اغلب بیماران می‌گویند که هیچ چیز یا فقط تاریکی را نمی‌بینند. در این مورد ممکن است مفید باشد که به آنها توصیه کنیم به دنبال سوراخ کلید (یعنی دیافراگم سوراخ سوزن) باشند. از طرف دیگر، می‌توان چندین سوراخ را نزدیک به یکدیگر ایجاد کرد، به عنوان مثال، با یک چنگال- پس از آن بیمار تقریباً به طور قطع یکی از سوراخ‌ها را در چنین الک پیدا می‌کند. دیافراگم سوراخ سوراخ با پوشاندن پرتوهای حاشیه‌ای عمل می‌کند که در غیر این صورت- به ویژه در حضور محیط‌های مات یا نقص‌های انکساری (نامنظم) - مانع از تشکیل یک تصویر متمرکز روی شبکیه می‌شود (شکل ۱). اگر سوراخ‌های دهانه تنگی بیش از حد کوچک باشند، باعث ایجاد پدیده‌های پراش می‌شوند و درک تصویر را بدتر می‌کنند (پراشار و تای[1]، ۲۰۲۴).



شکل (۱): دیافراگم سوراخ سوزنی- اصل و ارتباط تشخیصی: کدورت‌ها یا بی نظمی‌ها در محیط انکساری (خطوط سبز) با فرآیند ایده آل شکل گیری تصویر (خطوط سبز جامد) تداخل دارند.
نگه داشتن دیافراگم سوراخ در جلوی چشم به طور مشخص کیفیت تصویر را بهبود می‌بخشد و بنابراین با از بین بردن تا حد زیادی پرتوهای حواس پرت کننده (خطوط سبز شکسته)، شکاف اولیه به سختی قابل درک در Landolt C (بالا C در پس زمینه سفید) را بهبود می‌بخشد. که فقط پرتوهای محوری و پاراکسیال (خطوط قرمز) به چشم می‌رسد. با این حال، پوشاندن قسمت‌هایی از تصویر، روشنایی شبکیه را کاهش می‌دهد - تأثیر بصری عموماً تیره‌تر است (C در پس‌زمینه تیره پایین‌تر).

ارزیابی حدت بینایی
دوربینی (هیپروپی)

در هیپروپی که به آن دوربینی نیز می‌گویند، یک نگاه آرام به دوردست (بدون تطبیق) منجر به تار شدن تصویر می‌شود. دلیل آن این است که قدرت انکساری سیستم بینایی نسبت به طول چشم بسیار کم است: تصویر متمرکز یک جسم دور در پشت شبکیه قرار دارد و بنابراین تصویر روی شبکیه نامشخص است. در این عیب انکساری نور پس از عبور از قرنیه و

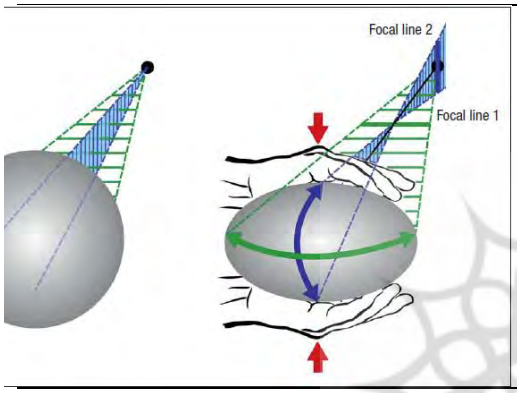
[1] Prashar & Tay

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

عدسی در پشت شبیکه متمرکز میشود. علت آن انحنای اندک مرکز قرنیه است. برای اصلاح آن کافیست به انحنای مرکز قرنیه بیفزاییم (با برداشتن بافت محیط قرنیه و باقی گذاشتن بافت مرکزقرنیه) (پراشار و تای، ۲۰۲۴).

نزدیک‌بینی (میوپی)

در کوته بینی، که به آن نزدیک بینی نیز می‌گویند، اجسام دور در فوکوس دیده نمی‌شوند. دلیل آن این است که قدرت انکساری سیستم بینایی نسبت به طول کره چشم بسیار زیاد است. در این عیب انکساری نور پس از عبور از قرنیه و عدسی در جلوی شبکیه متمرکز میشود. علت آن انحنای بیش از حد قرنیه میباشد. برای اصلاح آن کافیست مرکز قرنیه را مسطح تر کنیم (با برداشتن بافت مرکز قرنیه). همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، تصویر متمرکز از یک جسم دور در جلوی شبکیه شکل می‌گیرد و بنابراین تصویر در حفره تار می‌شود. در مقابل، اشیاء نزدیک به ناظر در فوکوس روی شبکیه بدون نیاز به تطبیق تصویر می‌شوند (پراشار و تای، ۲۰۲۴).



شکل (۲): پاتوژنز آستیگماتیسم به شکل تغییر شکل متقارن غیر چرخشی محیط انکساری. سمت چپ: تشکیل یک تصویر کروی با محیط انکساری متقارن دورانی
سمت راست: تصویر شماتیک از پاتوژنز آستیگماتیسم به شکل تغییر شکل متقارن غیر چرخشی محیط انکساری.

آستیگماتیسم

در این عیب انکساری نور پس از عبور از قرنیه و عدسی چشم در دو نقطه روی شبکیه متمرکز میگردد. علت آن نا منظمی در ساختار قرنیه و بیضی بودن قرنیه است (پراشار و تای، ۲۰۲۴).

پیرچشمی

در دوربینی یا پیرچشمی وابسته به سن، توانایی چشم برای تمرکز بر روی اجسام نزدیک محدود می‌شود. علل زمینه‌ای از دست دادن خاصیت ارتجاعی عدسی چشم و تغییرات ساختاری در ناحیه رشته‌های ناحیه‌ای و عضله مژگانی است. فرد مبتلا به پیرچشمی همچنان می‌تواند اشیاء دور را به وضوح ببیند اما به دلیل از دست دادن ظرفیت اقامت نمی‌تواند روی اشیاء نزدیکتر تمرکز کند (اسچیفر[1] و همکاران، ۲۰۱۶).

هوش مصنوعی

هوش مصنوعی فناوری اطلاعاتی است که قادر به انجام فعالیت‌هایی است که نیاز به هوش دارند. به دلیل توانایی آن در حل مشکلات پزشکی همه جا حاضر، مانند طبقه بندی سرطان پوست (استوا[2] و همکاران، ۲۰۱۷)، پیش بینی هیپوکسمی

[1] Schiefer
[2] Esteva

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

در طی جراحی (لوندبرگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸) و شناسایی رتینوپاتی دیابتی (گولشان[2] و همکاران، ۲۰۱۶)، محبوبیت قابل توجهی در زمینه پزشکی به دست آورده است.

یادگیری ماشین، زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی است که الگوریتم‌هایی را در بر می‌گیرد که قادر به یادگیری از داده‌ها، بدون برنامه‌ریزی صریح هستند. تمام سیستم‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در مطالعات موجود در این بررسی، در کلاس یادگیری ماشین قرار می‌گیرند. فرآیندی که توسط آن الگوریتم یادگیری ماشین از داده‌ها یاد می‌گیرد آموزش نامیده می‌شود. نتیجه فرآیند آموزش یک مدل یادگیری ماشین است و خروجی مدل به عنوان پیش‌بینی نامیده می‌شود. الگوریتم‌های یادگیری مختلف بر اساس نوع داده‌هایی که استفاده می‌کنند دسته‌بندی می‌شوند و تحت عنوان یادگیری تحت نظارت، بدون نظارت و تقویتی شناخته می‌شوند (استوراس و همکاران، ۲۰۲۲).

مرور پیشینه تحقیقات

نادرزاده ینگجه (۱۴۰۱) در مقاله‌ای نقش هوش مصنوعی در پزشکی را مورد بررسی قرار داد و نشان داد پژوهشهای صورت گرفته در حوزه‌های مرتبط با پزشکی، دارو و خدمات به معلولین، حاکی از آن است که فناوری هوش مصنوعی میتواند تحولات چشمگیری در زمینه‌هایی مانند تشخیص بیماری، روشهای درمان، اختالالت دارویی و پردازش تصاویر پزشکی ایجاد کند. این مقاله مروری کاربردهای بالقوه هوش مصنوعی در حوزه پزشکی و سلامت را مورد بحث قرار می‌دهد که می‌تواند در مبارزه با افزایش بیماری‌ها به نهادهای بهداشتی و سالمت جامعه جهانی کمک کند. محمدی برتیانی و امین الرعایا (۱۴۰۰) در مقاله‌ای کاربرد هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری عمیق (DL) در چشم پزشکی از راه دور بررسی نمودند. در چشم‌پزشکی، DL با کمک تصاویر رنگی شبکیه، توموگرافی انسجام نوری و میدان‌های بینایی در تشخیص، غربالگری و نظارت از راه دور بیماری‌هایی چون رتینوپاتیدیابتی، رتینوپاتی نوزادان نارس، گلوکوم، ادم ماکولا و دژنراسیون ماکولا مرتبط با سن استفاده شده است. شیخ ویسی و همکاران (۱۳۹۸) و جان نثاری و رفاقت (۱۳۹۷) نیز به بررسی کاربرد هوش مصنوعی در پزشکی آینده پرداخت. تحقیقات در این زمینه در داخل کشور بسیار محدود بوده است و در خارج از کشور متنوع تر و متعدد بوده است که در ادامه برخی از آنها اشاره شده است: الناهید و تاها (۲۰۲۴) در مقاله‌ای به نقش یادگیری ماشینی (ML) و هوش مصنوعی (AL) در تشخیص و درمان عیوب انکساری برای مراقبت از چشم بهبودیافته پرداختند و دریافتند با پیشرفت فناوری هوش مصنوعی، ML به طور فزاینده‌ای برای خودکارسازی پردازش داده‌های بالینی مورد استفاده قرار می‌گیرد و کار سابقاً پر زحمت را ممکن می‌سازد. مدل‌های هوش مصنوعی که عمدتاً از یک شبکه عصبی استفاده می‌کنند، کارایی و عملکرد استثنایی را در تجزیه و تحلیل داده‌های پزشکی گسترده نشان می‌دهند و با متخصصان مراقبت‌های بهداشتی دارای گواهی هیئت مدیره رقابت می‌کنند. چندین مطالعه نشان داد که مدل‌های ML می‌توانند از تشخیص و تصمیم‌گیری بالینی پشتیبانی کنند. علاوه بر این، یک الگوریتم ML مقادیر انکسار آینده را در بیماران مبتلا به نزدیک بینی پیش بینی کرد. مدل‌های AI و ML پتانسیل زیادی برای بهبود تشخیص و درمان عیوب انکساری در بینایی‌سنجی دارند. دو و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای به عملکرد هوش مصنوعی برای تشخیص نزدیک بینی پاتولوژیک از تصاویر فوندوس رنگی پرداختند و نشان دادند فناوری هوش مصنوعی می‌تواند از خدمات بینایی سنجی پشتیبانی کند. در مقایسه با روش‌های دستی، شناسایی و تحلیل رایانه‌ای می‌تواند کمتر از یک ثانیه طول بکشد و کارایی را تا حد زیادی بهبود بخشد و هزینه‌ها را کاهش دهد. هوش مصنوعی ممکن است فشار ناشی از کمبود اپتومتریست‌ها و حجم کاری سنگین را کاهش دهد و می‌تواند با استفاده از منابع داده موجود به خدمات بهینه

[1] Lundberg
[2] Gulshan

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

برای تحقیقات بالینی و علمی منجر شود. مارتینز پرز و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای هوش مصنوعی به کار گرفته شده در چشم پزشکی و بینایی سنجی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند مقالات طی سال‌های ۱۹۹۷– ۲۰۲۱، پراستنادترین اثر و نشریه به یادگیری عمیق قابل اجرا به صورت بالینی برای تشخیص و ارجاع در بیماری شبکیه مربوط به آسیب شناسی شبکه، بخش قدامی، و گلوکوم (آب سیاه) بوده است. آرمسترانگ و لرچ[1] (۲۰۲۰) در مقاله‌ای کاربردهای فعلی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در چشم پزشکی بررسی نمودند. لی[2] و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای بررسی می‌کند که چگونه کشورهای سراسر جهان از این نوآوری‌های دیجیتال برای مقابله با رتینوپاتی دیابتی، رتینوپاتی نارس، دژنراسیون ماکولا مرتبط با سن، گلوکوم، اصلاح عیوب انکساری، آب مروارید و سایر اختلالات بخش قدامی استفاده کرده‌اند. از آنجایی که خدمات چشم پزشکی تطبیق یافته و یک عادی جدید را شکل می‌دهد، پذیرش سریع برخی از نوآوری‌های سلامت از راه دور و دیجیتال در طول همه گیری نیز مورد بحث قرار می‌گیرد. کاویانفر[3] و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای بیماری‌های چشمی با استفاده از هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق در ارتباط با تحقیقات اخیر در مورد مشکلات سلامت چشم را مورد بررسی قرار دادند.

نتایج و بحث

هوش مصنوعی برای پیش‌بینی نتایج جراحی انکساری

ادبیات بررسی شده پیشنهاد می‌کند که مدل‌های یادگیری ماشین پتانسیل بهبود جنبه‌های مختلف مراقبت از چشم، مانند پیش‌بینی نتایج جراحی انکساری، تشخیص نزدیک‌بینی، و بهبود دقت لنز را دارند. آچیرون[4] و همکاران (۲۰۱۷) و یو[5] و همکاران (۲۰۲۰) از جنگل تصمیم گیری و مدل‌های چند کلاسه XGBoost برای توسعه مدل‌های پیش بینی استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که این مدل‌ها به ترتیب در پیش‌بینی نتایج جراحی انکساری لیزری و انتخاب مناسب‌ترین گزینه جراحی انکساری دقت بالایی دارند، در نتیجه از تصمیم‌گیری بالینی حمایت می‌کنند و ارزیابی ریسک فردی را افزایش می‌دهند.

هوش مصنوعی برای ارزیابی ریسک بعد از جراحی انکساری

یو و همکاران (۲۰۲۰) از یک مدل چند کلاسه XGBoost برای انتخاب مناسب ترین گزینه جراحی انکساری استفاده کردند. هر دو مطالعه به دقت بالایی در پیش بینی‌های خود دست یافتند که نشان دهنده پتانسیل یادگیری ماشین در کاهش خطر عوارض و بهبود رضایت بیمار است. این یافته‌ها پتانسیل مدل‌های یادگیری ماشین را برای افزایش کیفیت مراقبت از چشم و درمان شخصی‌شده برای بیماران مشخص می‌کند. با پیش‌بینی دقیق نتایج و انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های درمانی، این مدل‌ها می‌توانند خطر عوارض را کاهش داده و رضایت بیمار را بهبود بخشند و منجر به نتایج کلی بهتری در مراقبت از چشم شوند.

1 Armstrong & Lorch
2 Li
3 Kavianfar
4 Achiron
5 Yoo

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

هوش مصنوعی برای پیش‌بینی طبقه‌بندی بیماری‌های انکساری

بررسی سیستماتیک نشان داد که مدل‌های هوش مصنوعی پتانسیل افزایش دقت در تشخیص و درمان نزدیک‌بینی را دارند. مالک[۱] و همکاران (۲۰۱۹) پتانسیل مدل‌های هوش مصنوعی را در دستیابی به دقت بالا در طبقه بندی بیماری‌های چشم نشان داد. این مطالعه یک چارچوب کلی برای مدل‌های هوش مصنوعی ایجاد کرد و به دقت بالایی در طبقه‌بندی انواع مختلف بیماری‌های چشمی دست یافت. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند از روش‌های تشخیصی سنتی که توسط متخصصان پزشکی در تشخیص بیماری‌های چشمی استفاده می‌شود، بهتر عمل کنند. این پیامدهای قابل توجهی برای بهبود نتایج بیمار و کاهش خطر تشخیص اشتباه دارد. با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، متخصصان مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند به تشخیص‌های سریع‌تر و دقیق‌تری دست یابند که منجر به مداخلات زودتر و بهبود مراقبت از بیمار می‌شود. یافته‌های این بررسی سیستماتیک، پتانسیل یادگیری ماشینی را در افزایش جنبه‌های مختلف مراقبت از چشم، از جمله جراحی نزدیک‌بینی، تشخیص بیماری، و دقت لنز نشان می‌دهد. شبکه‌های عصبی کانولوشنال عمیق (CNN[۲]) و سایر شبکه‌های عصبی عمیق با موفقیت برای توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی برای تشخیص خودکار به کمک رایانه (CAD[۳])، استفاده از پایگاه‌های داده بالینی بزرگ استفاده شده‌اند (شمشیربند[۴] و همکاران، ۲۰۲۱). نقش CNN ها در زمینه بیماری‌های چشم، به ویژه رتینوپاتی دیابتی (DR)، در چندین مطالعه برجسته شده است. این مطالعات اثربخشی مدل‌های یادگیری عمیق، به ویژه CNN ها را در تشخیص و درجه بندی شدت ضایعات DR نشان داده است (تینگ[۵] و همکاران، ۲۰۱۷؛ رگانت[۶] و همکاران، ۲۰۲۱). نزدیک بینی به عنوان یک عامل غیر قابل تغییر پیشنهاد شده است که می‌تواند بروز و شدت DR را کاهش دهد. از سوی دیگر، عیوب انکساری و اندازه‌گیری‌های مرحله DR در مدت زمان طولانی‌تری در مطالعه‌ای که شامل گروه قابل‌توجهی از بیماران دیابت نوع ۱ بود، ثبت شد. این مطالعه یک مدل CNN عمیق دو مرحله‌ای را معرفی کرد که بر تشخیص ضایعه و درجه‌بندی شدت DR تمرکز داشت و نتایج امیدوارکننده‌ای را در شناسایی دقیق ضایعات DR و طبقه‌بندی آنها بر اساس شدت آنها نشان داد (رگانت و همکاران، ۲۰۲۱). با استفاده از قابلیت‌های CNN، این رویکرد به طور بالقوه می‌تواند به پزشکان در تشخیص و نظارت مؤثرتر DR کمک کند. مطالعه دیگری یک مدل CNN را پیشنهاد کرد که ضایعات DR را شناسایی می‌کند.

هوش مصنوعی برای پیش بینی نزدیک بینی

لین[۷] و همکاران (۲۰۱۸) اثربخشی مدل‌های یادگیری ماشین را در پیش‌بینی توسعه نزدیک‌بینی در میان کودکان مدرسه‌ای با استفاده از داده‌های انکساری از پرونده‌های پزشکی الکترونیکی نشان داد. این مطالعه نشان داد که الگوریتم یادگیری ماشین به پیش‌بینی قابل قبول بالینی مقادیر انکسار واقعی در مقاطع زمانی آینده دست یافته است، که نشان‌دهنده پتانسیل آن در تشخیص زودتر نزدیک‌بینی و امکان مداخله به موقع برای جلوگیری از پیشرفت آن است. فاگری[۸] و همکاران (۲۰۱۷) پتانسیل مدل‌های یادگیری ماشین را در طبقه بندی عیوب انکساری چشم نشان داد. این مطالعه عملکرد طبقه‌بندی‌کننده‌های مختلف، از جمله Bayesian، J48، توسعه الگوریتم ID3 که یک الگوریتم معمولی

[1] Malik
[2] convolutional neural networks
[3] computer-assisted detection
[4] Shamshirband
[5] Ting
[6] Reguant
[7] Lin
[8] Fageeri

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

است، و ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) را در طبقه‌بندی عیوب انکساری چشم مقایسه کرد. طبقه‌بندی‌کننده J48 عملکرد بهتری از سایر طبقه‌بندی‌کننده‌ها دارد که نشان‌دهنده پتانسیل آن برای بهبود دقت طبقه‌بندی عیوب انکساری چشم است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های یادگیری ماشین می‌توانند نقش مهمی در بهبود نتایج مراقبت از چشم و افزایش دقت تشخیص‌های مختلف مرتبط با چشم ایفا کنند.

کاربرد هوش مصنوعی با رویکرد مالی در تشخیص و درمان عیوب انکساری

داده‌های پایگاه داده هزینه‌های بهداشت جهانی سازمان بهداشت جهانی نشان داد که هزینه‌های جهانی برای سلامت از ۷. ۶ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۶، به ۷. ۸ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۷ و سپس به ۸. ۳ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۸ ادامه یافته است. این مقدار در سال ۲۰۱۸، ۱۱۱۰. ۸۱ دلار سرانه بود که ۹. ۸۵ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی است (WHO، ۲۰۲۰). داده‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD[1])، که یک سازمان بین‌المللی است که سیاست‌هایی را برای تقویت رفاه، برابری، فرصت‌ها و رفاه برای همه تدوین می‌کند، همچنین نشان داد که روند کنونی هزینه‌های بهداشت جهانی به میزان میانگین ۲. ۰ درصد در سال ۲۰۱۷، ۲. ۵ درصد در سال ۲۰۱۸ و ۲. ۴ درصد در سال ۲۰۱۹ رسیده است. اگرچه OECD پیش‌بینی کرده بود که رشد سرانه هزینه‌های سلامت در ۱۵ سال آینده کندتر از رشد سرانه بهداشتی تاریخی باشد، اما این رشد همچنان بالاتر از رشد اقتصاد بود. در آسیا، متوسط هزینه‌های بهداشتی سرانه بر اساس داده‌های ۴۱ کشور نیز از ۶۲۷. ۸ دلار در سال ۲۰۱۶، به ۶۷۴. ۲ دلار در سال ۲۰۱۷ و سپس به ۷۱۲ دلار در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (لورنزونی[2] و همکاران، ۲۰۱۹). شکاف در هزینه‌های بهداشتی در میان کشورها بسیار گسترده بود؛ در حالی که بالاترین آن در ژاپن با ۴۲۶۶. ۵۹ دلار و کمترین آن در بنگلادش با ۴۱. ۹۱. ۴ دلار است. در چارچوب سیستم حساب‌های بهداشتی که ویژگی‌های بیمار را در بر می‌گیرد، OECD تخمین زده است که بیماری‌های چشم و آدنکس حدود ۱. ۴٪ تا ۴. ۶٪ از کل هزینه‌های بهداشتی را تشکیل می‌دهند (کانن[3]، ۲۰۲۱). وقوع بیماری کروناویروس در سال ۲۰۱۹ (COVID-19) هزینه‌های بهداشت جهانی را تشدید کرد (دودین[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

هوش مصنوعی (**AI**) به عنوان یک فناوری مخرب در بسیاری از صنایع از جمله مراقبت‌های بهداشتی ظهور کرده است. بدیهی است که دارای پتانسیل ایفای نقش‌های مهم در طیفی از حوزه‌های کاربردی، از جمله تشخیص، درمان، مدیریت سلامت جمعیت، مدیریت و مقررات است. علاوه بر این، انتظار می‌رود که نه تنها بهبود قابل توجهی در کیفیت پزشکی ایجاد کند، بلکه باعث بهبود قابل توجهی در صرفه‌جویی در هزینه شود (هی[5] و همکاران، ۲۰۱۹).

مشکلات عیوب انکساری در سنین بالای ۵۰ سال بارزتر است و بار اقتصادی قابل توجهی را بر دوش دولت‌ها تحمیل می‌کند (پزولو[6] و همکاران، ۲۰۱۸). پیش بینی می‌شود که نزدیک بینی و پیرچشمی به ترتیب ۲۴۴ میلیارد دلار و ۴. ۲۵ میلیارد دلار کاهش بهره وری جهانی سالانه ایجاد کنند که نشان‌دهنده تأثیر اقتصادی عظیم عیوب انکساری است (نیدو[7] (نیدو[7] و همکاران، ۲۰۱۹). اصول اولیه غربالگری بیماری شامل موارد زیر است: وضعیت مورد نظر باید یک مشکل مهم سلامتی باشد؛ باید یک درمان پذیرفته شده برای بیماران مبتلا به بیماری شناخته شده وجود داشته باشد؛ امکانات برای تشخیص و درمان باید در دسترس باشد؛ باید یک مرحله نهفته یا علائم اولیه قابل تشخیص وجود داشته باشد؛ باید یک

[1] Organization for Economic Co-operation and Development
[2] Lorenzoni
[3] Canton
[4] Dudine
[5] He
[6] Pezzullo
[7] Naidoo

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

آزمایش یا معاینه مناسب وجود داشته باشد؛ آزمون باید برای جمعیت قابل قبول باشد؛ تاریخچه طبیعی این وضعیت، از جمله توسعه از بیماری نهفته تا اعلام شده، باید به اندازه کافی درک شود؛ باید یک خط مشی توافق شده وجود داشته باشد که چه کسی به عنوان بیمار درمان شود؛ هزینه یافتن مورد (شامل تشخیص و درمان بیماران تشخیص داده شده) باید از نظر اقتصادی در رابطه با هزینه های احتمالی مراقبت های پزشکی به طور کلی متعادل باشد و پرونده یابی باید یک فرآیند مستمر باشد و نه یک پروژه یک بار برای همیشه. علیرغم پیشرفت چشمگیر در تشخیص عیوب انکساری به دلیل غربالگری، تشخیص و درمان، هنوز مشکلی در کارایی وجود دارد. بررسی‌های مختلف اخیر ایده استفاده از هوش مصنوعی را تکرار می‌کند. اینها نشان می‌دهد که سیستم‌های هوش مصنوعی که بیش از رتینوپاتی دیابتی خفیف و ادم ماکولا دیابتی تایید شده برای استفاده توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA) را تشخیص می‌دهند، جایگزینی برای رویکردهای غربالگری قدیمی هستند. این کار با استفاده از تصاویر شبکیه برای بررسی تولید سیستم‌های درجه بندی هوش مصنوعی برای تشخیص عیوب انکساری انجام می‌شود. از این نظر، سیستم‌های هوش مصنوعی برای کاهش هزینه‌ها، ارتقای دقت تشخیصی و افزایش پذیرش بیمار در غربالگری عیوب انکساری شناسایی شده‌اند (لوئیز[1] و همکاران، ۲۰۲۱؛ پیزیانسکی[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعات مربوط به اقتصاد هوش مصنوعی در چشم پزشکی روند مشابهی را با مطالعات اقتصادی هوش مصنوعی در سایر بیماری‌ها در مراقبت‌های بهداشتی دنبال می‌کند. بدون احتساب هوش مصنوعی، نسبت مطالعات اقتصاد در چشم‌پزشکی قبلاً بخش کوچکی از کل ادبیات چشم پزشکی بوده است، اگرچه آنها در حال افزایش اهمیت بودند. ارزیابی‌های اقتصادی هوش مصنوعی در چشم‌پزشکی می‌تواند تغییراتی را در کیفیت زندگی (مثلاً پیشگیری از نابینایی)، که بر اساس پزشکی مبتنی بر ارزش سودمند است، در بر گیرد.

اسکانزرا[3] و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که اپتومتریست‌ها در مورد استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت از نزدیک بینی خوش بین هستند. این مطالعه نشان می‌دهد که هوش مصنوعی پتانسیل بهبود کارایی و کیفیت مراقبت را دارد و دسترسی به غربالگری/تشخیص بالینی را افزایش می‌دهد و در عین حال هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی را کاهش می‌دهد. فن[4] و همکاران (۲۰۲۲) از یک الگوریتم یادگیری ماشین برای بهبود دقت لنز ارتو -K در درمان شکل‌دهی بینایی (VST[5]) استفاده کردند که یک جایگزین غیرجراحی برای نزدیک‌بینی بود. این مطالعه نشان داد که مدل‌های MLمی‌توانند دقت اتصال لنز ارتو -K را در VST بهبود بخشند و هزینه‌های درمان را به شدت کاهش دهند به‌ویژه در جوامعی که با کمبود مالی مواجه یا خطر بیماری بالا باشد، هستند.

توفیل[6] و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای مشاهده‌ای برای ارزیابی اینکه آیا نرم‌افزار ارزیابی تصویر رتینوپاتی دیابتی خودکار می‌تواند جایگزین یک یا چند مرحله از درجه‌بندی تصویربرداری دستی شود و برای تعیین مقرون‌به‌صرفه بودن آن‌ها پرداختند. تصاویر شبکیه به صورت دستی توسط سه ARIAS طبقه بندی و پردازش شدند: iGradingM، Retmarker وEyeArt . نمره دستی نهایی به عنوان استاندارد مرجع استفاده شد. iGradingM همه تصاویر را به عنوان بیماری یا غیرقابل طبقه بندی طبقه بندی کرد و تجزیه و تحلیل بیشتر iGradingM را محدود کرد. حساسیت و میزان مثبت کاذب برای EyeArt تحت تأثیر قومیت، جنس یا نوع دوربین قرار نگرفت، اما با افزایش سن بیمار، حساسیت به طور جزئی کاهش یافت. به نظر می‌رسد که عملکرد غربالگری Retmarker با سن، قومیت و نوع دوربین بیمار متفاوت است.

[1] Lois
[2] Pieczynski
[3] Scanzera
[4] Fan
[5] vision shaping treatment
[6] Tufail

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

هر دو EyeArt و Retmarker نسبت به درجه بندی دستی صرفه جویی در هزینه داشتند یا به عنوان جایگزینی برای درجه بندی انسانی سطح ۱ یا قبل از درجه بندی انسانی سطح ۱ استفاده می‌شدند، اگرچه دومی مقرون به صرفه تر بود. تجزیه و تحلیل آستانه‌ای که بالاترین هزینه ARIAS را برای هر بیمار آزمایش می‌کند و قبل از آن ARIAS ها برای هر نتیجه مناسب گران تر از درجه بندی انسانی بودند، زمانی که برای جایگزینی درجه ۱ سطح ۱ استفاده می‌شد، Retmarker ۳/۸۲پوند و EyeArt ۲/۷۱پوند برای هر بیمار بود. Retmarkerو EyeArt به حساسیت قابل قبولی برای رتینوپاتی قابل ارجاع و نرخ‌های مثبت کاذب (در مقایسه با درجه بندی کننده‌های انسانی به عنوان استاندارد مرجع) دست یافتند و به نظر می‌رسد جایگزین‌های مقرون به صرفه‌ای برای رویکرد درجه بندی صرفا دستی باشند.

روآمویبونسوک[1] و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی اقتصادی هوش مصنوعی در چشم پزشکی پرداختند و دریافتند اگرچه در سال‌های اخیر رشد سریعی در مطالعات روی هوش مصنوعی صورت گرفته است، پذیرش هوش مصنوعی در دنیای واقعی هنوز نادر است. یکی از دلایل ممکن است این باشد که داده‌های حاصل از ارزیابی‌های اقتصادی هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی، که سیاست‌گذاران برای اتخاذ فناوری جدید از آن استفاده می‌کردند، پراکنده و کمیاب بوده است. مطالعات اندکی هزینه‌های نرم‌افزار هوش مصنوعی را که به عنوان یک دستگاه پزشکی در نظر گرفته می‌شود، به هزینه‌های مستقیم پزشکی طبقه‌بندی کردند. این هزینه‌های هوش مصنوعی از هزینه‌های اولیه و هزینه‌های نگهداری تشکیل شده است. هزینه‌های اولیه ممکن است شامل سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه و هزینه‌های اعتبارسنجی مجموعه داده‌های مختلف باشد. در همین حال، هزینه‌های تعمیر و نگهداری شامل هزینه‌های ارتقاء الگوریتم‌ها و تعمیر و نگهداری سخت افزار در دراز مدت است. هزینه هوش مصنوعی باید بین قیمت تولید و بازپرداخت متوازن باشد زیرا ممکن است چالش‌ها و موانع قابل توجهی برای ارائه دهندگان ایجاد کند. شواهد حاصل از تحلیل‌های مقرون‌به‌صرفه نشان داد که هوش مصنوعی، چه به‌صورت مستقل یا مورد استفاده برای انسان، مقرون‌به‌صرفه‌تر از غربالگری دستی DRاست. قابل ذکر است، ارزیابی اقتصادی هوش مصنوعی برای غربالگری DR می‌تواند به عنوان مدلی برای هوش مصنوعی برای سایر بیماری‌های چشمی استفاده شود.

علی‌رغم مقرون به صرفه‌بودن و اقتصادی بودن مدل‌های کاربردی هوش مصنوعی در تشخیص و درمات عیوب انکساری، نویسندگان معتقدند که استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانعی برای استفاده در کشورهای توسعه‌یافته نیست. مشکل در کشورهایی با درآمد پایین زمانی به وجود می‌آید که خرید تجهیزات مورد استفاده مشکل ساز باشد. مدل‌های هوش مصنوعی نیز باید قابل تکرار باشند و امکان انتقال دانش، پیاده‌سازی و اعتبارسنجی متقابل را فراهم کنند. به گفته نویسندگان، با وجود پیشرفت‌های تکنولوژیکی، به ویژه از نقطه نظر فنی، چندین سوال مانع از پیاده سازی هوش مصنوعی در سطح جهانی می‌شود.

هزینه‌های کاربرد هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی

استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی ممکن است همچنان چالش‌ها و موانع زیادی را برای بیماران، ارائه دهندگان سلامت، سازمان‌های بهداشتی و سیاست گذاران ایجاد کند. اگرچه داده‌های موجود در مورد اثربخشی هوش مصنوعی سطح بالایی و فراوان است، اما داده‌های مربوط به اقتصاد هوش مصنوعی که بسیاری از سیاست‌گذاران برای اتخاذ فناوری جدید در نظر گرفتند، پراکنده و کمیاب بوده است (ولف[2] و همکاران، ۲۰۲۰).

[1] Ruamviboonsuk
[2] Wolff

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

هزینه‌ها در اقتصاد سلامت را می‌توان از منظرهای مختلفی از جمله ارائه‌دهنده و جامعه بررسی کرد. دیدگاه اجتماعی، که دامنه وسیع تری دارد، استاندارد طلا در نظر گرفته می‌شود. این شامل مجموع هزینه‌ها، مانند هزینه‌های تحمل شده توسط بیماران، دولت، ارائه دهندگان مراقبت‌های بهداشتی، و هزینه‌های متحمل شده از استفاده از مداخله است. با این حال، از آنجایی که ممکن است محاسبه هزینه‌ها از دیدگاه اجتماعی دشوار باشد، هزینه‌ها در اقتصاد سلامت اغلب از دیدگاه ارائه‌دهنده تحلیل می‌شوند. بیشتر هوش مصنوعی در چشم پزشکی برای استفاده با انواع خاصی از سخت افزارها، مانند دوربین‌های فوندوس، دستگاه‌های توموگرافی انسجام نوری و بیومیکروسکوپ‌های slitlamp توسعه یافته است(وو[1] و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، هزینه اولیه اصلی از سخت افزار خواهد بود. قابل ذکر است که هزینه نرم افزار هوش مصنوعی تنها زمانی محاسبه می‌شود که با متخصصان انسانی در تفسیر تصویر مقایسه شود زیرا برای هر دو روش از سخت افزار یکسانی استفاده می‌شود.

به طور کلی، تشخیص داده شده است که توسعه هوش مصنوعی گران است. با این حال، هزینه‌های هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی یا چشم پزشکی هنوز استاندارد یا مشخص نشده است. هزینه‌های هوش مصنوعی باید شامل هزینه‌های کوتاه مدت و بلند مدت باشد. هزینه‌های کوتاه مدت ممکن است شامل هزینه‌های سرمایه گذاری در طول تحقیق، توسعه و اعتبار سنجی باشد (هی و همکاران، ۲۰۱۹). سرمایه‌گذاری نیروی کار برای جمع‌آوری، آماده‌سازی، مرتب‌سازی و برچسب‌گذاری داده‌ها نیز باید در نظر گرفته شود. با این حال، ممکن است در منظر ارائه‌دهنده یا ارائه خدمات، بحث‌هایی وجود داشته باشد، زیرا استفاده از نرم‌افزار هوش مصنوعی تنها هزینه‌ای است که برای آن پرداخت می‌شود و نیازی به پوشش هزینه‌های فناوری و توسعه نرم‌افزار نیست. با این حال، ارائه دهندگان خدمات همچنان باید هزینه ادغام سیستم هوش مصنوعی در سیستم مراقبت‌های بهداشتی موجود خود را پوشش دهند (وسترهید[2]، ۲۰۱۹). هزینه‌های این استقرار اولیه که شامل هزینه‌های سخت‌افزار، زیرساخت فناوری اطلاعات و اپراتورهای انسانی می‌شود نیز باید در هزینه اولیه محاسبه شود. هزینه‌های نگهداری ممکن است بخش عمده‌ای از استفاده طولانی مدت از هوش مصنوعی باشد. ممکن است این هزینه‌ها نه تنها از طریق افزایش حجم داده‌های بیمار، بلکه با به‌روزرسانی الگوریتم‌های نرم‌افزار و اطمینان از عملکرد سخت‌افزار در درازمدت، گنجانده شوند (هی و همکاران، ۲۰۱۹).

نتیجه گیری

روش‌های مرسوم اندازه‌گیری نزدیک‌بینی زمان‌بر و کار فشرده هستند و به ابزارهای گران‌قیمتی در دست متخصصان آموزش دیده نیاز دارند. افرادی که مشکلات ارتباطی دارند، مانند کودکان کوچک، سالمندان، و کسانی که دارای مشکلات زبانی هستند، ممکن است رعایت آنها را در طول چنین معایناتی دشوار بدانند. علاوه بر این، در موقعیت‌های محدود به منابع، کمبود تجهیزات پزشکی و متخصصان، ارزیابی دقیق عیوب انکساری را دشوار می‌کند و در نتیجه شانس درمان از دست می‌رود و بینایی غیرقابل جبرانی را از دست می‌دهد. در نتیجه، نیاز فوری به خدمات انکساری مقرون به صرفه و با کیفیت بالا وجود دارد که به طور گسترده توسط عموم پذیرفته شده است. با پیشرفت فناوری هوش مصنوعی، یادگیری ماشین به طور فزاینده‌ای برای خودکارسازی پردازش داده‌های بالینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که باعث می‌شود کارهایی که قبلاً کار فشرده بودند زمان کمتری بگیرد. مدل‌های هوش مصنوعی که از مدل‌های یادگیری ماشین به عنوان پایه و اساس خود استفاده می‌کنند، کارایی و عملکرد استثنایی را در تجزیه و تحلیل داده‌های پزشکی گسترده نشان داده‌اند و با متخصصان مراقبت‌های بهداشتی رقابت می‌کنند.

[1] Wu
[2] Westerheide

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

بررسی مقالات نشان می‌دهد که مدل‌های هوش مصنوعی پتانسیل افزایش جنبه‌های مختلف مراقبت از چشم دقت در تشخیص، تشخیص نزدیک‌بینی، پیش‌بینی نتایج جراحی انکساری، بهبود دقت لنز و درمان نزدیک‌بینی را دارند. با استفاده از این مدل‌ها، متخصصان مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند به تشخیص‌های سریع‌تر و دقیق‌تری دست یابند که منجر به مداخله زودتر و بهبود مراقبت از بیمار می‌شود. ادبیات بررسی شده پیشنهاد می‌کند که مدل‌های یادگیری ماشین پتانسیل افزایش کیفیت درمان شخصی برای بیماران را دارند. با پیش‌بینی دقیق نتایج و انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های درمانی، این مدل‌ها می‌توانند خطر عوارض را کاهش داده و رضایت بیمار را بهبود بخشند و منجر به نتایج کلی بهتری در مراقبت از چشم شوند.

نرم افزار تشخیصی مبتنی بر هوش مصنوعی با موفقیت در غربالگری رتینوپاتی دیابتی و گلوکوم استفاده شده است. مدل‌های هوش مصنوعی همچنین می‌توانند در انتخاب گزینه جراحی مناسب برای بیماران کمک کنند. این تکنیک‌ها پتانسیل ایجاد انقلابی در تشخیص و درمان نزدیک بینی، گلوکوم و سایر بیماری‌های چشمی را دارند. به طور کلی، اپتومتریست‌ها تمایل خود را برای گنجاندن هوش مصنوعی در عمل خود برای افزایش کارایی و بهبود تجربه بیمار نشان داده‌اند. ترکیبی از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با استفاده از داده‌های ساخت‌یافته و بدون ساختار، این پتانسیل را دارد که دسترسی بیمار به غربالگری و تشخیص بالینی را افزایش دهد و در عین حال هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی را کاهش دهد، به‌ویژه در جوامعی که خطر بیماری بالا باشد با کمبود مالی مواجه هستند. لذا بهینه سازی این فناوری‌ها (ترکیب) پیشرفت را در این زمینه تسریع خواهد کرد. در این راستا توصیه می‌شود به ارائه تحقیقات در مورد استفاده از هوش مصنوعی در بیماری‌های چشمی، با تاکید ویژه بر پیشرفت‌های اخیر در چند سال گذشته، روش‌های تشخیص و درمان به‌روزرسانی گردد. علاوه بر این، برخی از اصول و اصطلاحات اساسی مربوط به هوش مصنوعی، به ویژه یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق ابهام زدایی شود تا به بهبود درک تحقیقات و اجرای بالینی این فناوری‌های هوش مصنوعی در بین چشم پزشکان و دانشمندان بینایی کمک نماید.

در حالی که پیشرفت قابل توجهی در استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت از چشم صورت گرفته است، چندین مشکل هنوز باید حل شوند. امنیت و حریم خصوصی داده‌ها از جمله مسائل کلیدی هستند، زیرا استفاده از داده‌های بیمار در این مدل‌ها، نگرانی‌هایی را در مورد حفظ حریم خصوصی ایجاد می‌کند. بنابراین، برای تضمین محرمانه بودن داده‌های حساس، لازم است از رویه‌های قوی حفاظت از داده‌ها استفاده شود. قابل اعتماد بودن و قابل فهم بودن مدل‌های هوش مصنوعی موضوع دیگری است. علیرغم پتانسیل عظیمی که هوش مصنوعی برای تشخیص و درمان نقایص انکساری نشان داده‌اند، غلبه بر مسائل مربوط به حریم خصوصی داده‌ها، توضیح‌پذیری، ادغام و کیفیت داده‌ها برای پذیرش عمومی و استفاده موفقیت‌آمیز آنها در عمل بالینی بسیار مهم است. از آنجایی که ارزیابی پیامدهای مداخلات در اقتصاد سلامت مقایسه‌ای بین هزینه‌های مداخلات پزشکی جایگزین است، این ارزیابی برای هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی اساساً مقایسه‌ای بین هزینه‌های برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی و هزینه‌های مداخلات جایگزین است که می‌تواند مداخلات انسانی، مداخلات غیر AI یا کاربردهای جایگزین هوش مصنوعی. تنها چند ارزیابی اقتصادی منتشر شده در مورد هوش مصنوعی در چشم پزشکی وجود داشت و بیشتر آنها مقایسه بین هوش مصنوعی و انسان بود. بعلاوه هزینه‌های هوش مصنوعی خود چالش‌ها و موانع اقتصادی برای پذیرش عمومی آن در مراقبت‌های بهداشتی ایجاد می‌کند. لذا مطالعه دقیق هزینه‌های هوش مصنوعی، به ویژه برآورد نقطه قیمت هوش مصنوعی که در آن تعادلی بین قیمت سازنده و بازپرداخت وجود دارد، ضروری است. اگرچه ممکن است برخی شواهد اقتصادی وجود داشته باشد که نشان دهد هوش مصنوعی برای شناسایی و درمانی عیوب انکساری چشم مقرون به صرفه است، که بیشتر آنها در کشورهای با درآمد بالا انجام شده‌اند. بنابراین، تکرار و تعمیم نتایج در میان کشورهای با درآمد پایین و متوسط ممکن

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

است مشکوک باشد. مرزهای بعدی برای ارزیابی اقتصادی هوش مصنوعی در چشم پزشکی ممکن است همچنان بر غربالگری بیماری‌ها با استفاده از عکاسی شبکیه، مانند گلوکوم، که علل اصلی از دست دادن بینایی در سراسر جهان هستند، متمرکز باشد.

منابع

- ✓ جان نثاری، مائده، رفاقت، محمدحسین، (۱۳۹۷)، هوش مصنوعی در چشم انداز پزشکی، چهارمین کنفرانس ملی نوآوری و تحقیق در مهندسی برق و کامپیوتر و مکانیک ایران، تهران.
- ✓ شیخ ویسی، حمید، رفاقت، محمد حسین، معینی، مهلا، (۱۳۹۸)، چشم اندازی به کاربرد هوش مصنوعی در پزشکی آینده، سومین همایش ملی دانش و فناوری مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک ایران.
- ✓ محمدی برتیانی، زهره، امین الرعایا، لیلا، (۱۴۰۰)، بررسی کاربرد هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری عمیق (DL) در چشم پزشکی از راه دور، اولین همایش بین المللی تله مدیسین، اصفهان.
- ✓ نادرزاده ینگجه، علی، (۱۴۰۱)، مروری بر نقش هوش مصنوعی در پزشکی، تشخیص و درمان بیماری‌ها، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام، تهران.
- ✓ Achiron, A. , Gur, Z. , Aviv, U. , Hilely, A. , Mimouni, M. , Karmona, L. ,... & Kaiserman, I. (2017). Predicting refractive surgery outcome: machine learning approach with big data. Journal of Refractive Surgery, 33(9), 592-597.
- ✓ Alnahedh, T. A. , & Taha, M. (2024). Role of Machine Learning and Artificial Intelligence in the Diagnosis and Treatment of Refractive Errors for Enhanced Eye Care: A Systematic Review. Cureus, 16(4).
- ✓ Armstrong, G. W. , & Lorch, A. C. (2020). A (eye): a review of current applications of artificial intelligence and machine learning in ophthalmology. International ophthalmology clinics, 60(1), 57-71.
- ✓ Dudine, P. , Hellwig, K. P. , & Jahan, S. (2020). A framework for estimating health spending in response to COVID-19.
- ✓ Canton, H. (2021). Organisation for economic co-operation and development—OECD. In The Europa Directory of International Organizations 2021 (pp. 677-687). Routledge.
- ✓ Lorenzoni, L. , Marino, A. , Morgan, D. , & James, C. (2019). Health Spending Projections to 2030: New results based on a revised OECD methodology.
- ✓ He, J. , Baxter, S. L. , Xu, J. , Xu, J. , Zhou, X. , & Zhang, K. (2019). The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. Nature medicine, 25(1), 30-36.
- ✓ Westerheide, F. (2019). The artificial intelligence industry and global challenges. Forbes. Retrieved November, 16, 2021.
- ✓ Lois, N. ; Cook, J. ; Wang, A. ; Aldington, S. ; Mistry, H. ; Maredza, M. ; McAuley, D. ; Aslam, T. ; Bailey, C. ; Chong, V. ; et al. Evaluation of a New Model of Care for People with Complications of Diabetic Retinopathy. The EMERALD Study. Ophthalmology 2021, 128, 561–573.
- ✓ Pieczynski, J. , Kuklo, P. , & Grzybowski, A. (2021). The role of telemedicine, in-home testing and artificial intelligence to alleviate an increasingly burdened healthcare system: Diabetic retinopathy. Ophthalmology and therapy, 10(3), 445-464.
- ✓ Tufail, A. , Kapetanakis, V. V. , Salas-Vega, S. , Egan, C. , Rudisill, C. , Owen, C. G. ,... & Rudnicka, A. R. (2016). An observational study to assess if automated diabetic retinopathy image assessment software can replace one or more steps of manual imaging

grading and to determine their cost-effectiveness. Health Technology Assessment, 20(92), 1-72.

- ✓ Scanzera, A. C. , Shorter, E. , Kinnaird, C. , Valikodath, N. , Al-Khaled, T. , Cole, E. ,... & Chan, R. P. (2022). Optometrist's perspectives of Artificial Intelligence in eye care. Journal of Optometry, 15, S91-S97.
- ✓ Fan, Y. , Yu, Z. , Tang, T. , Liu, X. , Xu, Q. , Peng, Z. ,... & Zhao, M. (2022). Machine learning algorithm improves accuracy of ortho-K lens fitting in vision shaping treatment. Contact Lens and Anterior Eye, 45(3), 101474.
- ✓ Ruamviboonsuk, P. , Chantra, S. , Seresirikachorn, K. , Ruamviboonsuk, V. , & Sangroongruangsri, S. (2021). Economic evaluations of artificial intelligence in ophthalmology. The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology, 10(3), 307-316.
- ✓ Blindness, G. B. D. (2021). Vision Impairment C, Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease S. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. Lancet Glob Health, 9(2), e144-e160.
- ✓ Du, H. Q. , Dai, Q. , Zhang, Z. H. , Wang, C. C. , Zhai, J. , Yang, W. H. , & Zhu, T. P. (2023). Artificial intelligence-aided diagnosis and treatment in the field of optometry. International Journal of Ophthalmology, 16(9), 1406.
- ✓ Esteva, A. , Kuprel, B. , Novoa, R. A. , Ko, J. , Swetter, S. M. , Blau, H. M. , & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. nature, 542(7639), 115-118.
- ✓ Fageeri, S. O. , Ahmed, S. M. M. , Almubarak, S. A. , & Mu'azu, A. A. (2017, January). Eye refractive error classification using machine learning techniques. In 2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE) (pp. 1-6). IEEE.
- ✓ Fricke, T. R. , Tahhan, N. , Resnikoff, S. , Papas, E. , Burnett, A. , Ho, S. M. ,... & Naidoo, K. S. (2018). Global prevalence of presbyopia and vision impairment from uncorrected presbyopia: systematic review, meta-analysis, and modelling. Ophthalmology, 125(10), 1492-1499.
- ✓ Gulshan, V. , Peng, L. , Coram, M. , Stumpe, M. C. , Wu, D. , Narayanaswamy, A. ,... & Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. jama, 316(22), 2402-2410.
- ✓ Gupta, A. , Casson, R. J. , Newland, H. S. , Muecke, J. , Landers, J. , Selva, D. , & Aung, T. (2008). Prevalence of refractive error in rural Myanmar: the Meiktila Eye Study. Ophthalmology, 115(1), 26-32.
- ✓ Hashemi, H. , Fotouhi, A. , & Mohammad, K. (2004). The age-and gender-specific prevalences of refractive errors in Tehran: the Tehran Eye Study. Ophthalmic epidemiology, 11(3), 213-225.
- ✓ Heidary, G. , Ying, G. S. , Maguire, M. G. , & Young, T. L. (2005). The association of astigmatism and spherical refractive error in a high myopia cohort. Optometry and vision science, 82(4), 244-247.
- ✓ Kavianfar, A. , Salimi, M. , & Taherkhani, H. (2021). A Review of the Management of Eye Diseases Using Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Conjunction with Recent Research on Eye Health Problems. Journal of Ophthalmic and Optometric Sciences, 5(2), 57-72.
- ✓ Legg, S. , & Hutter, M. (2007). Universal intelligence: A definition of machine intelligence. Minds and machines, 17, 391-444.

- ✓ Li, J. P. O. , Liu, H. , Ting, D. S. , Jeon, S. , Chan, R. P. , Kim, J. E. ,... & Ting, D. S. (2021). Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective. Progress in retinal and eye research, 82, 100900.
- ✓ Li, J. P. O. , Liu, H. , Ting, D. S. , Jeon, S. , Chan, R. P. , Kim, J. E. ,... & Ting, D. S. (2021). Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective. Progress in retinal and eye research, 82, 100900.
- ✓ Lin, H. , Long, E. , Ding, X. , Diao, H. , Chen, Z. , Liu, R. ,... & Liu, Y. (2018). Prediction of myopia development among Chinese school-aged children using refraction data from electronic medical records: a retrospective, multicentre machine learning study. PLoS medicine, 15(11), e1002674.
- ✓ Lundberg, S. M. , Nair, B. , Vavilala, M. S. , Horibe, M. , Eisses, M. J. , Adams, T. ,... & Lee, S. I. (2018). Explainable machine-learning predictions for the prevention of hypoxaemia during surgery. Nature biomedical engineering, 2(10), 749-760.
- ✓ Lundström, M. , Dickman, M. , Henry, Y. , Manning, S. , Rosen, P. , Tassignon, M. J. ,... & Stenevi, U. (2018). Risk factors for refractive error after cataract surgery: analysis of 282 811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for cataract and refractive surgery. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 44(4), 447-452.
- ✓ Malik, S. , Kanwal, N. , Asghar, M. N. , Sadiq, M. A. A. , Karamat, I. , & Fleury, M. (2019). Data driven approach for eye disease classification with machine learning. Applied Sciences, 9(14), 2789.
- ✓ Martinez-Perez, C. , Alvarez-Peregrina, C. , Villa-Collar, C. , & Sánchez-Tena, M. Á. (2022). Artificial intelligence applied to ophthalmology and optometry: A citation network analysis. Journal of optometry, 15, S82-S90.
- ✓ McCarthy, J. , Minsky, M. L. , Rochester, N. , & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. AI magazine, 27(4), 12-12.
- ✓ Naidoo, K. S. , Fricke, T. R. , Frick, K. D. , Jong, M. , Naduvilath, T. J. , Resnikoff, S. , & Sankaridurg, P. (2019). Potential lost productivity resulting from the global burden of myopia: systematic review, meta-analysis, and modeling. Ophthalmology, 126(3), 338-346.
- ✓ Pezzullo, L. , Streatfeild, J. , Simkiss, P. , & Shickle, D. (2018). The economic impact of sight loss and blindness in the UK adult population. BMC health services research, 18, 1-13.
- ✓ Prashar, J. , & Tay, N. (2024). Performance of artificial intelligence for the detection of pathological myopia from colour fundus images: a systematic review and meta-analysis. Eye, 38(2), 303-314.
- ✓ Rampat, R. , Deshmukh, R. , Chen, X. , Ting, D. S. , Said, D. G. , Dua, H. S. , & Ting, D. S. (2021). Artificial intelligence in cornea, refractive surgery, and cataract: basic principles, clinical applications, and future directions. The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology, 10(3), 268-281.
- ✓ Reguant, R. , Brunak, S. , & Saha, S. (2021). Understanding inherent image features in CNN-based assessment of diabetic retinopathy. Scientific Reports, 11(1), 9704.
- ✓ Schmidt-Erfurth, U. , Sadeghipour, A. , Gerendas, B. S. , Waldstein, S. M. , & Bogunović, H. (2018). Artificial intelligence in retina. Progress in retinal and eye research, 67, 1-29.
- ✓ Schiefer, U. , Kraus, C. , Baumbach, P. , Ungewiß, J. , & Michels, R. (2016). Refractive errors: Epidemiology, effects and treatment options. Deutsches Ärzteblatt International, 113(41), 693.
- ✓ Shahraki, K. , Tahkor, A. , Sanavi, F. S. , Ansari-Moghaddam, A. , Shahraki, K. , Mahjoob, M. ,... & Poustchi, H. (2023). Prevalence of Refractive Errors and Associated Factors in the Population of the Eye Cohort Study in Southeast Iran. Health Scope, 12(4).

- ✓ Shamshirband, S. , Fathi, M. , Dehzangi, A. , Chronopoulos, A. T. , & Alinejad-Rokny, H. (2021). A review on deep learning approaches in healthcare systems: Taxonomies, challenges, and open issues. Journal of Biomedical Informatics, 113, 103627.
- ✓ Sharifi, N. , & Aidenloo, N. S. (2009). A Survey On The Frequency Of Refractive Errors In Ophthalmic Patients Of Urmia Imam Khomeini Hospital. Studies in Medical Sciences, 20(3), 181-185.
- ✓ Storås, A. M. , Strümke, I. , Riegler, M. A. , Grauslund, J. , Hammer, H. L. , Yazidi, A. ,... & Jackson, C. J. (2022). Artificial intelligence in dry eye disease. The ocular surface, 23, 74-86.
- ✓ Ting, D. S. W. , Cheung, C. Y. L. , Lim, G. , Tan, G. S. W. , Quang, N. D. , Gan, A. ,... & Wong, T. Y. (2017). Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes. Jama, 318(22), 2211-2223.
- ✓ World Health Organization. (2007). Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness: action plan 2006-2011.
- ✓ World Health Organization: World Report on Vision. World Health Organization, Geneva; 2019.
- ✓ Wu, X. , Liu, L. , Zhao, L. , Guo, C. , Li, R. , Wang, T. ,... & Lin, H. (2020). Application of artificial intelligence in anterior segment ophthalmic diseases: diversity and standardization. Annals of Translational Medicine, 8(11).
- ✓ Wolff, J. , Pauling, J. , Keck, A. , & Baumbach, J. (2020). The economic impact of artificial intelligence in health care: systematic review. Journal of medical Internet research, 22(2), e16866.
- ✓ Yedidya, T. , Hartley, R. , Guillon, J. P. , & Kanagasingam, Y. (2007). Automatic dry eye detection. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention–MICCAI 2007: 10th International Conference, Brisbane, Australia, October 29-November 2, 2007, Proceedings, Part I 10 (pp. 792-799). Springer Berlin Heidelberg.
- ✓ Yoo, T. K. , Ryu, I. H. , Choi, H. , Kim, J. K. , Lee, I. S. , Kim, J. S. ,... & Rim, T. H. (2020). Explainable machine learning approach as a tool to understand factors used to select the refractive surgery technique on the expert level. Translational vision science & technology, 9(2), 8-8.
- ✓ Zhang, C. , Zhao, J. , Zhu, Z. , Li, Y. , Li, K. , Wang, Y. , & Zheng, Y. (2022). Applications of artificial intelligence in myopia: current and future directions. Frontiers in Medicine, 9, 840498.
- ✓ Ziaei, H. , Katibeh, M. , Solaimanizad, R. , Hosseini, S. , Gilasi, H. R. , Golbafian, F. , & Javadi, M. A. (2013). Prevalence of refractive errors; the yazd eye study. Journal of ophthalmic & vision research, 8(3), 227.