

این مرور روایی (Narrative Review) با هدف تجهیز پزشکان به یک دید روشی درباره این انجام شده که چگونه نوآوری‌های سلامت دیجیتال و هوش مصنوعی می‌توانند به مسیرهای مراقبت بالینی در حوزه پیشگیری قلب و عروق کمک کنند.

در این مقاله ما یک مورد بالینی را توصیف می‌کنیم که در آن کاربردهای AI تکمیلی (augmentative AI) برای تشخیص اتفاقی کلسمیم شریان کرونری (CAC) در سی‌تی‌اسکن قفسه سینه نشان داده می‌شود؛ همچنین یک اپلیکیشن موبایل برای بهبود پاییندی و مشارکت بیمار، مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) برای ارتقای ارتباط طولی پزشک‌بیمار، و محدودیت‌ها و راهبردهای لازم برای استفاده موفق از این فناوری‌ها بررسی می‌شود.

سازمان جهانی بهداشت (WHO) از نظام‌های سلامت خواسته است تا توسعه، ارزیابی، اجرای عملی و گسترش نوآوری‌های سلامت دیجیتال (DHI) را در اولویت قرار دهد و این فناوری‌ها را در زیرساخت‌های موجود ادغام کنند.

به طور مشابه، اداره غذا و داروی آمریکا (FDA) در سال ۲۰۲۲ یک سند رسمی منتشر کرد که بر توسعه چشم‌انداز سلامت دیجیتال تأکید داشت و ظرفیت این فناوری‌ها برای بهبود دسترسی به مراقبت در جمیعت‌های محروم را بر جسته کرد. این موضوع بهویژه برای بیماری‌های قلبی-عروقی (CVD)، که همچنان علت اصلی مرگ در جهان هستند، اهمیت دارد.

اصلاح سبک زندگی و پاییندی به درمان‌های پیشگیرانه مؤثر، سنگ‌بنای پیشگیری و مدیریت CVD هستند؛ و این موارد می‌توانند با پیشرفت تکنولوژی تقویت شوند DHI. به معنای مراقبت سلامت از طریق اینترنت، دستگاه‌های پوشیدنی، اپلیکیشن‌های موبایل و روش‌های نوظهور محاسباتی است که از داده‌های عظیم و هوش مصنوعی استفاده می‌کنند.

هوش مصنوعی (AI) یعنی توانایی یک ماشین برای تقلید رفتار هوشمند انسانی یا انجام کارهایی که معمولاً نیازمند انسان هوشنیک «طیف پیوسته» از AI وجود دارد:

• کمکی AI: تکرار برخی وظایف انسانی

• تقویتی AI: توانمند کردن انسان‌ها فراتر از توان معمول

۰ خودکار AI: انجام کارها بدون مداخله انسان

استفاده از AI برای بهبود تشخیص پزشکی و ارزیابی ریسک در دهه گذشته بهشدت افزایش یافته است. از ۱۹۹۵ تاکنون، FDA بیش از ۸۰۰ الگوریتم پزشکی مبتنی بر AI را تأیید کرده است؛ و بیماری عروقی جزو تخصص‌هایی است که بیشترین تعداد الگوریتم‌های تأییدشده را دارد.

پیشرفت فناوری، از جمله سلامت دیجیتال و خصوصاً AI، این پتانسیل را دارد که امکان درمان‌های کامل‌شخصی‌سازی‌شده را فراهم کند و به بهبود سلامت قلبی-عروقی کمک کند. با توجه به سرعت پیشرفت، این مقاله قصد دارد پایه‌ای از درک این فناوری‌ها و کاربرد آنها در عمل بالینی ارائه دهد.

با این حال، مطالعات اخیر نشان می‌دهند که در اسکن‌های CT قفسه سینه که بدون gating قلبی و بدون ECG انجام می‌شوند و برای علل غیرقلبی درخواست شده‌اند، وجود کلسیم شریان کرونری (CAC) همچنان پیش‌بینی‌کننده خطر آینده بیماری کرونری قلب است. چندین راهنمای قلب و رادیولوژی توصیه کرده‌اند که گزارش CAC اتفاقی در این نوع اسکن‌ها به صورت روتین انجام شود.

CAC اتفاقی متوسط تا شدید معمولاً با امتیاز Agatston ≥ 100 در اسکن اختصاصی CAC همبستگی دارد؛ و این میزان برای بحث بالینی درباره شروع درمان استاتین طبق راهنمایها کفایت می‌کند.

با وجود این توصیه‌ها، CAC اتفاقی توسط بسیاری از رادیولوژیست‌ها کم‌گزارش می‌شود.

دلایل کم‌گزارشی یا عدم گزارش CAC اتفاقی شامل موارد زیر است:

۱. عدم آگاهی از توصیه‌های راهنمایها درباره گزارش CAC اتفاقی
۲. باور برخی رادیولوژیست‌ها مبنی بر اینکه CAC اتفاقی تأثیر مهمی بر تصمیم‌گیری بالینی ندارد
۳. عدم اعتماد کافی برخی رادیولوژیست‌ها برای درجه‌بندی دقیق مقدار CAC

برای غلبه بر این مشکل، تشخیص و گزارش‌گری خودکار CAC با کمک هوش مصنوعی یک روش فناورانه است که گزارش یکپارچه و همگانی را تضمین می‌کند.

چون CT های قفسه سینه بدون کنتراست بسیار بیشتر از اسکن های اختصاصی CAC انجام می شوند، گزارش اتفاقی روی این اسکن ها یک فرصت مهم ایجاد می کند تا در تعداد بسیار بیشتری از بیماران منتخب، اطلاعات ریسک ASCVD در اختیار پزشک و بیمار قرار بگیرد.

پروژه ۱ NOTIFY-CAC نشان داد که غربالگری فرصت طلبانه CAC اتفاقی و سپس اطلاع رسانی به پزشک و بیمار منجر به افزایش چشمگیر تجویز صحیح استاتین شد.

پزشکان مراقبت اولیه و خود بیماران نگرانی هایی درباره شیوه اطلاع رسانی CAC اتفاقی ابراز کرده اند. مهم ترین موانع در گزارش گستردگی CAC شامل موارد زیر است:

- افزایش بار پیگیری برای پزشک
- عدم درک کافی پزشک از CAC
- ایجاد اضطراب در بیمار
- احتمال افزایش تست های غیر ضروری پایین دست (downstream testing)

استفاده از AI برای پیش بینی ریسک فراتر از CAC گسترش یافته است. مطالعات نشان داده اند که عکس ساده قفسه سینه (CXR) نیز می تواند برای موارد زیر توسط AI تحلیل شود:

- تشخیص آترواسکلروز کرونری
- تشخیص تنگی دریچه آنورت (aortic stenosis)
- ارزیابی قطر سیستولیک بطن چپ (LVSD)

یک مطالعه جدید روی ۸۸۶۹ بیمار نشان داد که AI می تواند از روی CXR ، خطر ۱۰ ساله MACE را تخمین بزند و عملکرد آن با نمره های سنتی ریسک ASCVD مقایسه شد.

استخراج داده خام از مخازن اطلاعات بالینی برای استفاده در بررسی و اعتبارسنجی مدل‌های AI، فرآیندی پرهزینه و نیازمند پشتیبانی متخصصان IT است.

حتی وقتی داده‌های بزرگ در دسترس باشند، تعداد پارامترهای قابل آموزش در مدل‌های AI اغلب بسیار بیشتر از اندازه نمونه آموزشی است. بنابراین باید مراقبت ویژه کرد تا مدل دچار overfitting نشود. آزمون و اعتبارسنجی مدل‌های جدید AI بسیار مهم است، بهویژه در جمعیت‌های متنوع، تا قابلیت تکرارپذیری تضمین شود.

به دست آوردن داده‌های موازی برای اعتبارسنجی اغلب نیازمند همکاری چند مرکز است، اما محدودیت‌های قانونی یا سیاست‌های بیمارستانی مربوط به حریم خصوصی می‌توانند مانع این کار شوند.

علاقه روزافزون به تجاری‌سازی مدل‌های AI باعث شده بسیاری از گروه‌ها مدل‌های آموزش‌دیده را منتشر نکنند و این موضوع همکاری علمی را دشوارتر می‌کند.

یکی از راحل‌ها برنامه‌ریزی پیش‌نگرانه برای انجام چک‌های دوره‌ای عملکرد مدل در مکان‌هایی است که قرار است مدل در آن‌ها به کار گرفته شود.

این موضوع شاید برای برخی الگوریتم‌ها) مثل محاسبه CAC ضروری نباشد ولی برای کاربردهایی مانند مدل‌های ریسک یا مدل‌های زبانی که با تغییر داده‌ها دچار تغییر رفتار می‌شوند، بسیار حیاتی است.

شک و تردید بیماران و دلایل پزشکان متعددی دارد؛ از جمله:

- نگرانی در مورد منافع سازمانی و تضاد منافع
- دشواری در تفسیر مدل‌های AI
- نگرانی از عملکرد مدل

برای کاهش این نگرانی‌ها، باید استفاده از فناوری‌های سلامت دیجیتال AI / به صورت شفاف به بیمار و پزشک اعلام شود.

مثال:

وقتی CAC اتفاقی با کمک AI گزارش می‌شود، باید در انتهای گزارش رادیولوژی نوشته شود:

این گزارش با کمک یک الگوریتم AI اختصاصی که مورد تأیید FDA است و توسط رادیولوژیست تأیید شده نظارت شده، تهیه شده است.

سازمان های نظارتی باید قوانین مربوط به علوم داده و آموزش پزشکی را اصلاح کنند تا آموزش درباره نقش AI و سلامت دیجیتال افزایش یابد.

برای ارتقای عدالت سلامت، گروه های ذی نفع—مثل انجمن زنان در کار دیولوژی یا انجمن کار دیولوژیست های سیاه پوست—باید در طراحی این سیستم ها مشارکت داده شوند.

چالش هایی مانند این پرسش که «اگر الگوریتم اشتباه کند، چه کسی مسئول است؟» از موانع جدی در اجرای بالینی AI هستند.

راهکار هایی مثل:

- ایجاد پروتکل های استاندارد برای اشتراک داده
 - دسترسی به داده های بینام
 - رمزگذاری
 - می توانند به رفع این مشکلات کمک کنند.
- سلامت اطلاعات

همچنین باید حضور پزشکانی با تجربه در AI/DHI در نهادهای نظارتی (FDA) ، FTC و (... افزایش یابد و ساختار های پرداخت بیمه برای خدمات مبتنی بر AI اصلاح شود.

AI در نهایت وارد تمام حوزه های مراقبت قلب خواهد شد. در حالی که مراقبت فعلی در این مورد بالینی بدون AI هم ممکن است، گنجاندن این فناوری ها یک ابزار افزایشی است که می تواند:

- تجربه بیمار را بهبود دهد
- کارایی بالینی را بالا ببرد
- بار کاری پزشکان را کاهش دهد

شرح مورد بالینی Case Vignette –

یک مرد ۶۲ ساله برای درد شکم و علائم گوارشی مدتدار، تحت سی‌تی اسکن قفسه سینه بدون کنتراست قرار می‌گیرد تا ارزیابی از نظر علی غیرقلبی انجام شود. او هیچ سابقه قلبی بیماری قلبی-عروقی ندارد و تا به امروز از نظر قلب بررسی نشده است.

گزارش CT توسط رادیولوژیست، بهطور اتفاقی وجود کلسمیم شریان کرونری (CAC) را نشان می‌دهد. مقدار آن طبق گزارش متوسط تا شدید است. همچنین، او سابقه چند عامل خطر دارد:

- فشار خون کنترل نشده
- کلسترول بالا
- سابقه خانوادگی بیماری زودرس قلبی) پدرش در ۵۳ سالگی دچار MI شده)
- BMI برابر ۳۱
- فعالیت بدنی ناکافی

مریض هرگز پیش از این ارزیابی ساختار مند قلبی نشده است.

کلسمیم شریان کرونری (CAC) شاخص حضور آترواسکلروز است و یکی از قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های مستقل خطر آینده بیماری کرونری قلب (CAD) و حوادث مازور قلبی-عروقی (MACE) است.

حتی زمانی‌که اسکن CT برای اهداف غیرقلبی گرفته می‌شود، وجود CAC اتفاقی می‌تواند ارزش پیش‌بینی‌کننده مهمی درباره ریسک داشته باشد.

در این بیمار، گزارش CAC فرصت "طلایی" برای پیشگیری اولیه قلبی ایجاد می‌کند— حتی اگر بیمار هیچ علامت قلبی نداشته باشد.

فناوری‌های سلامت دیجیتال می‌توانند مسیر مراقبت بیمار را در چندین مرحله بهبود دهند:

۱ (تشخیص CAC با AI)

الگوریتم‌های AI می‌توانند:

- CAC را به صورت خودکار روی CT تشخیص دهند

- شدت آن را درجه‌بندی کنند
- گزارش استاندارد بسازند
- نتیجه را برای PCP (پزشک مراقبت اولیه) ارسال کنند

۲ (سیستم پشتیبان تصمیم بالینی)(CDSS)

CDSS می‌تواند با اتصال به EHR بیمار:

- عوامل خطر را استخراج کند
- LDL و HbA_{1c} و فشار خون قبلی را تحلیل کند
- توصیه درمانی مبتنی بر راهنمای ارائه دهد
- مثلاً:

«شروع استاتین با شدت متوسط یا بالا توصیه می‌شود».

۳ (اپلیکیشن موبایل برای مشارکت بیمار

نیست. تنها ارسال گزارش کافی است که اپلیکیشن‌های mHealth کمک می‌کنند:

- بیمار بفهمد CAC یعنی چه
- چرا درمان نیاز است
- پادآوری برای دارو و فشار خون
- آموزش ویدیویی/منتی درباره خطرات
- برنامه غذایی و فعالیت بدنی

این ابزارها مشارکت و پاییندی را افزایش می‌دهند و بر نتیجه نهایی تأثیر می‌گذارند.

عنوان شکل "DHI" و AI در مراقبت قلبی"

شکل یک فلوچارت از مسیر زیر نشان می‌دهد:

۱. فرصت‌طلبی: کشف CAC در CT غیرقلبی

۲. AI تشخیص و گزارش‌دهی خودکار

۳. CDSS: اتصال به EHR ، تحلیل خطر، پیشنهاد درمان

۴. PCHM: مدل مراقبت پزشکی محور بیمار

۵. mHealth App: مشارکت بیمار

۶. ASCVD کاوش خطر Outcome:

این فلوچارت تأکید می‌کند که AI جایگزین پزشک نیست بلکه توانمندساز مسیر بالینی است.

AI و مدل‌های یادگیری ماشین در تحلیل تصاویر پزشکی قلب

—AI خصوصاً یادگیری عمیق—(Deep Learning) توانایی استخراج الگوهای پیچیده از داده‌های تصویربرداری قلب را دارد.

کاربردها:

• تشخیص ساختارهای قلبی روی Echo

• تحلیل MRI

• تشخیص اختلال عملکرد بطن چپ از ECG

• تشخیص تنگی عروق کرونر از CT Angiography

• شناسایی آرتیفیکت‌ها و بهبود کیفیت تصویر

در بخش CAC، CNN‌ها قادرند:

• به صورت کاملاً خودکار نواحی کلسفیکاسیون را برچسب بزنند

• امتیاز Agatston تخمینی بدهند

• طبقه‌بندی: خفیف / متوسط / شدید

بسیاری از این الگوریتم‌ها تأیید FDA دارند و در مقیاس بالینی استفاده می‌شوند.

سیستم‌های AI تنها زمانی بیشترین ارزش را دارند که با پرونده الکترونیک سلامت (EHR) ترکیب شوند.
چرا؟

۱. دسترسی به تاریخچه آزمایش‌ها
۲. مشاهده روند LDL، HbA1c، کراتینین
۳. بررسی مصالحه دارویی، آلرژی‌ها
۴. توصیه درمان کاملاً شخصی‌سازی شده

مثال:

اگر بیمار $LDL = 145$ و CAC شدید دارد، سیستم CDSS هشدار می‌دهد:
«به هدف نرسیده – نیاز به استاتین باشد بالا»

استفاده از LLM‌ها در مراقبت قلب

مدل‌های زبانی بزرگ مانند:

- GPT •
- Med-PaLM •
- BioGPT •
- Clinical Camel •

می‌توانند در مراقبت قلب نقش گسترده‌ای داشته باشند:

نقش‌ها:

- خلاصه‌کردن پرونده
- تولید آموزش بیمار
- پاسخ‌دهی خودکار به سوالات بیمار
- گزارش تشخیصی اولیه (تحت نظارت پزشک)
- آموزش در زمینه سبک زندگی
- پیگیری طولی بیماران

LLM‌ها در ارتباط پزشک و بیمار شکاف را پر می‌کنند، بهخصوص وقتی بیمار باید دهها سؤال درباره LDL، فشار خون، دارو و خطر آینده بپرسد.

موانع فعلی

۱. نبود داده‌های باکیفیت برای آموزش
 ۲. خطر (**bias**) سوگیری الگوریتم
 ۳. نگرانی اخلاقی
 ۴. نبود قوانین شفاف
 ۵. محدودیت‌های حریم خصوصی
 ۶. مسئولیت‌های حقوقی
 ۷. هزینه ادغام فناوری در سیستم
-

اعتبارسنجی مدل‌های AI

یک مدل AI باید در چند مرحله بررسی شود:

۱. کشف(**Derivation**)
۲. اعتبارسنجی داخلی
۳. اعتبارسنجی خارجی در جمعیت متفاوت
۴. کالیبراسیون مجدد
۵. نظارت مداوم(**post-deployment monitoring**)

بدون این مراحل، امکان خطأ و کاهش عملکرد به مرور وجود دارد.

شکل ۵ — توضیح کامل

AI "توسعه و استقرار مدل" Pipeline

اجزا:

- جمعآوری داده
- پاکسازی دادهها
- آموزش
- تست
- اعتبارسنجی
- پیادهسازی
- نظارت
- بهروزرسانی

فلوچارت نشان می‌دهد که توسعه مدل AI فرایند یکباره نیست، چرخه‌ای دائمی است.

نقش اپلیکیشن‌های سلامت دیجیتال (mHealth Apps) در مراقبت قلب و عروق

اپلیکیشن‌های سلامت موبایلی می‌توانند به طور مؤثری شکاف بین «تشخیص» و «اجرای درمان» را پر کنند.

پس از گزارش – CAC همان‌طور که در مورد بالینی دیده شد – مشارکت بیمار حیاتی است؛ و اپلیکیشن‌ها یک مسیر قابل اعتماد برای انتقال اطلاعات فراهم می‌کنند.

مطالعات نشان داده‌اند که اپلیکیشن‌های mHealth می‌توانند:

- رفتارهای مرتبط با سلامت قلبی را بهبود دهند
- پاییندی دارویی را افزایش دهند
- موجب کاهش تکرار بسترهای شدن شوند
- خطر وقایع قلبی–عروقی را در بلندمدت کاهش دهند
- کیفیت زندگی را ارتقا دهند

اپلیکیشن‌های موفق اغلب ویژگی‌هایی دارند که شامل:

شخصی‌سازی شده

۱. آموزش

محتوها بر اساس سن، سطح سواد سلامت، شرایط پزشکی و ریسک بیمار تنظیم می‌شود.

دارو	۲. پیادآوری پیام‌های خودکار برای مصرف دارو، اندازهگیری فشار خون یا انجام آزمایش.
لحظه‌ای	۳. بازخورد اگر بیمار مقادیر بالا یا پایین فشار خون را ثبت کند، سیستم هشدار صادر می‌کند.
دیجیتال	۴. مریبگری توصیه‌های قابل اجرا درباره رژیم غذایی، ورزش، مدیریت وزن و ترک سیگار.
داده‌ها	۵. پیگیری روند LDL، HbA1c، وزن، خواب و فشار خون نمایش داده می‌شود.
درمان	۶. ارتباط پزشک می‌تواند از راه دور وضعیت بیمار را بررسی کند.

چالش‌های مربوط به عملیاتی‌سازی اپلیکیشن‌ها

اگرچه اپلیکیشن‌ها مزایای مهمی دارند، موانعی نیز در مسیر پیاده‌سازی آن‌ها وجود دارد:

- بیماران مسن ممکن است مهارت دیجیتال کافی نداشته باشند.
- برخی بیماران دسترسی به اینترنت یا گوشی هوشمند ندارند.
- برخی پزشکان زمان کافی برای آموزش بیماران ندارند.
- نیاز به یکپارچه‌سازی با EHR وجود دارد.
- نگرانی‌های حریم خصوصی و امنیت داده‌ها مطرح‌اند.

با این حال، مطالعات نشان می‌دهند که پذیرش اپلیکیشن در بیماران زمانی افزایش می‌یابد که:

- رابط کاربری ساده باشد،
- آموزش کوتاه و مؤثر ارائه شود،
- پیام‌رسانی واضح و دوستانه باشد،
- محتوا به زبان بیمار و سطح سواد او مناسب‌سازی شده باشد.

نوآوری‌های سلامت دیجیتال باید:

- در جمیعت‌های دارای دسترسی کم
- جوامع روستایی
- افراد دارای تحصیلات کمتر
- جمیعت‌های نژادی/قومیتی محروم

طراحی و آزمایش شوند.

عدم توجه به این موضوع ممکن است نابرابری سلامت را تشديد کند.
بنابراین توسعه‌دهندگان باید از ابتدای طراحی، تنوع جمیعتی را لحاظ کنند.

اخلاق، عدالت و نگرانی‌های مربوط به هوش مصنوعی در مراقبت قلب همراه با رشد سریع فناوری، نگرانی‌های اخلاقی بیشتر مطرح می‌شوند:

۱ (تبییض الگوریتمی) (Algorithmic Bias)

الگوریتم‌ها ممکن است ناعادلانه عمل کنند اگر:

- داده‌های آموزشی نماینده جمیعت بزرگ نباشند
- مدل در گروه‌های نژادی، سنی یا جنسیتی به خوبی اعتبارسنجی نشده باشد

نتیجه می‌تواند:

- تشخیص نادرست
- درمان ناکافی
- تمرکز بیش از حد روی گروهی و کم‌توجهی به گروهی دیگر باشد.

در بیماری‌های قلبی-عروقی، این موضوع بسیار حساس است چون:

- زنان
- افراد سیاهپوست

• گروههای کمدرآمد

اغلب تحت تشخیص قرار می‌گیرند (underdiagnosed) یا درمان مناسب دریافت نمی‌کنند.

AI نباید این بی‌عدالتی را تقویت کند.

۲ (شفافیت مدل) (Explainability)

پزشکان نیاز دارند بدانند:

• AI چگونه به نتیجه خود رسیده؟

• چرا یک بیمار در معرض خطر بالا طبقه‌بندی شده؟

• چه ویژگی‌هایی محرک تصمیم بوده‌اند؟

بدون شفافیت، اعتماد بالینی دشوار است.

۳ (اعتماد بیمار)

برخی بیماران ممکن است:

• از AI بترسند

• تصور کنند تکنولوژی جایگزین پزشک می‌شود

• نگران امنیت داده‌ها باشند

راهکار:

ارتباط شفاف، توضیح ساده و مشارکت بیمار در فرآیند تصمیم‌گیری.

۴ (مسئلیت پزشک)

در صورت اشتباه هوش مصنوعی:

• آیا پزشک مقصر است؟

• یا سازنده الگوریتم؟

• یا مرکز درمانی؟

قوانين موجود هنوز پاسخ قطعی ارائه نمی‌دهند.

نویسندهان پیشنهاد می‌کنند:

- سیاست‌های جدید
- مسئولیت مشترک
- بازبینی دائمی عملکرد مدل
- ثبت تصمیمات بالینی

برای رفع این چالش ضروری است.

۵ (ریسک اتوماسیون)(Automation Risk)

پزشکان ممکن است به مدل‌های AI بیش از حد تکیه کنند.
این خطر وجود دارد که:

- نشانه‌های بالینی مهم نادیده گرفته شوند
 - اشتباهات مدل بدون بررسی پذیرفته شوند
- AI باید «ابزار تقویتی» باشد، نه جایگزین قضاوت پزشک.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مقاله

نوآوری‌های سلامت دیجیتال و هوش مصنوعی فرصت‌های قابل توجهی برای پیشگیری، تشخیص و مدیریت بیماری‌های قلبی-عروقی فراهم کرده‌اند.

در این مرور مقاله، با استفاده از یک مورد بالینی واقعی، نویسندهان نشان دادند که:

۱. **تشخیص**
این می‌تواند نقطه شروعی برای ارزیابی جامع عوامل خطر باشد.

۲. **سیستم‌های تصمیم‌گیری (CDSS)**
می‌توانند به پزشکان توصیه‌های مبتنی بر راهنمای ارائه دهنده دهنده و بار کاری آنان را کاهش دهند.

۳. اپلیکیشن‌های

دیجیتال سلامت مشارکت بیمار را افزایش می‌دهند، پایبندی دارویی را بهبود می‌بخشند و تغییر پایدار سبک زندگی را تقویت می‌کنند.

۴. مدل‌های

بزرگ (LLMs) زبانی ابزارهای نوینی برای ارتباط بهتر، آموزش بیمار، پیگیری طولی و افزایش کارایی کل سیستم هستند.

مسیر آینده

برای تحقق کامل پتانسیل این فناوری‌ها، نیاز است:

- داده‌های باکیفیت از جمعیت‌های متنوع فراهم شود
- AI به‌طور گسترده و دقیق اعتبارسنجی شود
- سیاست‌های نظارتی اصلاح شود
- امنیت داده‌ها تضمین شود
- شفافیت و اخلاق در اولویت باشد

با وجود چالش‌ها، نویسندهان معتقدند که سلامت دیجیتال و هوش مصنوعی:

«به‌جای جایگزین کردن پزشک، قضاوت بالینی او را تقویت می‌کنند و فرصت‌های جدیدی برای مراقبت شخصی‌سازی‌شده و مؤثر فراهم می‌سازند».