

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گزارش سمینار کارشناسی ارشد

مهندسی کامپیوتر (گرایش نرم افزار)

**بررسی ارتباط میان نشانگرهای زیستی با بیماری اضطراب به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین**

دانشجو

پارسا اسدنژاد

استاد راهنما

جناب آقای دکتر قادری

تیر ماه 1404



چکیده

بیماری اضطراب به عنوان یکی از شایع‌ترین اختلالات روان‌پزشکی، تأثیر قابل توجهی بر کیفیت زندگی افراد دارد. تشخیص و پیش‌بینی این بیماری با استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال(Digital Biomarkers) می‌تواند دقت و عینیت فرآیندهای تشخیصی را بهبود بخشد. در این مطالعه، با به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین، به بررسی ارتباط بین نشانگرهای زیستی (مانند سطوح هورمونی، نشانگرهای التهابی، و تغییرات اپی‌ژنتیکی) و ابتلا به اختلالات اضطرابی پرداخته شده است.

داده‌های مورد استفاده شامل مجموعه‌ای از نمونه‌های بیولوژیکی و اطلاعات بالینی بیماران مبتلا به اضطراب و گروه کنترل بوده است. پس از پیش‌پردازش داده‌ها و انتخاب ویژگی‌های کلیدی با روش‌هایی مانند **PCA (تحلیل مؤلفه‌های اصلی)** و **SelectKBest**، از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظیر **SVM (ماشین بردار پشتیبان)**، **راندوم فارست** و **شبکه‌های عصبی** برای پیش‌بینی بیماری استفاده شد. نتایج نشان داد که ترکیب نشانگرهای زیستی با مدل‌های یادگیری ماشین می‌تواند با دقت بالایی (**بیش از ۸۵٪**) افراد مبتلا به اضطراب را از گروه سالم تفکیک کند.

این پژوهش بر اهمیت ادغام داده‌های مولکولی و هوش مصنوعی در تشخیص زودهنگام و شخصی‌سازی درمان بیماری‌های روان‌پزشکی تأکید دارد و راه را برای مطالعات آینده در کشف مکانیسم‌های عصبی-زیستی اضطراب هموار می‌سازد.

**کلمات کلیدی:** اختلال اضطراب، نشانگرهای زیستی، یادگیری ماشین، داده‌کاوی پزشکی، طبقه‌بندی

فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها

فهرست جداول

فهرست اختصارات

**فصل ۱**

**کلیات**

**مقدمه**

**امید، یک دانشجو 25 ساله‌ای است که صاحب یک ساعت هوشمند و گوشی هوشمند مجهز به GPS و بلوتوث و سایر امکانات است. او فردی اجتماعی و پرانرژی است، اعتماد به نفس بالایی در فعالیت های روزانه خود به عنوان یک دانشجو دارد، همینطور والیبال بازی کردن با دوستانش از سرگرمی‌های مورد علاقه‌اش است.**

**مدتی است که آسانته دچار استرس مداوم شده و نمی‌تواند از عهده فعالیت‌های روزانه خود برآید. دوستان و خانواده او متوجه شدند که او بی‌قرار و ناآرام است، کند صحبت می‌کند و در آرام شدن و خوابیدن مشکل دارد. امید دیگر از والیبال بازی کردن لذت نمی‌برد و ترجیح می‌دهد تنها باشد. او متوجه شده که به دلیل مشکلات در تمرکز، در کار خود اشتباهات زیادی مرتکب می‌شود.**

**امید تصمیم می‌گیرد به پزشک مراجعه کند. پزشک با مشاهده و مصاحبه با امید و استفاده از پرسشنامه‌ها، او را به عنوان فردی با اختلال روانی تشخیص می‌دهد. امید موظف می‌شود هر دو هفته برای پیگیری‌های بعدی مراجعه کند.**

**در دهمین ویزیت، پزشک او را با یک اپلیکیشن موبایلی آشنا می‌کند که می‌تواند به پزشک کمک کند تا بهتر علائم آسانته را درک کرده و پایش کند. پزشک می‌تواند علائم آسانته را به‌صورت پیوسته و در خارج از محیط بیمارستان، در حین انجام فعالیت‌های روزمره او پایش کند. امید می‌تواند از طریق گوشی هوشمند خود به پرسشنامه‌های خوداظهاری پاسخ دهد و از طریق اپلیکیشن موبایل بازخوردها و توصیه‌های عملی از پزشک دریافت کند.**

**پزشک از تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده برای شخصی‌سازی درمان امید استفاده می‌کند. امید احساس می‌کند که دوباره به حالت عادی و پرانرژی سابق خود بازمی‌گردد و پزشک نیز از روند بهبود آسانته خوشحال است.**

اختلالات اضطرابی از شایع‌ترین مشکلات سلامت روان در عصر حاضر هستند که تأثیرات عمیقی بر کیفیت زندگی افراد می‌گذارند. با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی، امکان استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال و روش‌های یادگیری ماشین برای تشخیص و مطالعه این اختلالات فراهم شده است. این پژوهش به بررسی ارتباط بین نشانگرهای زیستی دیجیتال و اختلالات اضطرابی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازد.

در سال‌های اخیر، **نشانگرهای زیستی دیجیتال** (Digital Biomarkers) به عنوان داده‌های کمّیِ قابل اندازه‌گیری از طریق دستگاه‌های پوشیدنی، حسگرهای حرکتی، الگوهای خواب، تغییرات ضربان قلب (HRV) و حتی فعالیت مغزی (EEG/fNIRS)، توجه محققان را به خود جلب کرده‌اند. این نشانگرها، برخلاف روش‌های سنتی، به صورت غیرتهاجمی، پیوسته و در شرایط واقعی زندگی جمع‌آوری می‌شوند و بینش دقیق‌تری از وضعیت عصبی-روان‌شناختی فرد ارائه می‌دهند.

از سوی دیگر، پیشرفت‌های **یادگیری ماشین** (Machine Learning) و **هوش مصنوعی** این امکان را فراهم کرده‌اند تا با تحلیل حجم انبوه و پیچیده‌ی داده‌های زیستی، الگوهای پنهان مرتبط با اضطراب کشف شوند. الگوریتم‌های نظارت‌شده مانند **SVM**، **راندوم فارست** و **شبکه‌های عصبی عمیق** می‌توانند با دقت بالا، افراد مبتلا به اضطراب را از گروه سالم تفکیک کنند. همچنین، روش‌های **یادگیری بدون نظارت** (مانند خوشه‌بندی) به کشف زیرگروه‌های ناهمگن در جمعیت بیماران کمک می‌کنند که می‌تواند مسیر را برای درمان‌های هدفمند هموار سازد.

صورت مسئله

تشخیص اختلالات اضطرابی عمدتاً مبتنی بر معیارهای بالینی و گزارش‌های ذهنی بیماران است که ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌های مختلف قرار گیرد. از طرفی، نشانگرهای زیستی دیجیتال مانند داده‌های فیزیولوژیکی، الگوهای خواب و فعالیت‌های حرکتی که از طریق دستگاه‌های پوشیدنی جمع‌آوری می‌شوند، می‌توانند اطلاعات عینی‌تری ارائه دهند. مسئله اصلی این است که چگونه می‌توان از این داده‌های پیچیده و چندبُعدی با کمک یادگیری ماشین برای تشخیص دقیق‌تر اختلالات اضطرابی استفاده کرد.

**چالش‌ها**

این حوزه با چالش‌های متعددی روبرو است، از جمله: حجم بالای داده‌های ناهمگن، مشکل نویز در داده‌های فیزیولوژیکی، عدم تعادل در نمونه‌های بیمار و سالم، انتخاب ویژگی‌های بهینه از میان نشانگرهای متعدد، تفسیرپذیری مدل‌های پیچیده یادگیری ماشین، و مسائل اخلاقی مربوط به حریم خصوصی داده‌های حساس سلامت روان. همچنین، ناهمگونی اختلالات اضطرابی و تفاوت‌های فردی بیماران، شناسایی نشانگرهای جهانی را با دشواری مواجه می‌سازد. برای مقابله با این مشکلات، راهکارهایی مانند روش‌های پیشرفته پیش‌پردازش داده، استفاده از مدل‌های تفسیرپذیر، و اعتبارسنجی روی چند مجموعه داده مختلف پیشنهاد می‌شود. پیشنهاد می‌شود تکنیک‌های تولید داده مصنوعی برای جبران کمبود نمونه‌ها، و مدل‌های ساده‌تر یادگیری ماشین استفاده شود. همکاری با روانپزشکان و رعایت اصول امنیتی داده‌ها نیز ضروری است. این راهکارها دقت پژوهش را افزایش می‌دهند.

**اهداف**

این تحقیق سه هدف اصلی دارد، اول می‌خواهیم بفهمیم کدام نشانگرهای زیستی دیجیتال (مثل تغییرات ضربان قلب یا الگوی خواب) بیشتر با اضطراب ارتباط دارند. دوم قصد داریم از روش‌های هوش مصنوعی استفاده کنیم تا این داده‌ها را بهتر تحلیل کنیم و مدل‌های دقیق‌تری برای تشخیص اضطراب بسازیم. سوم می‌خواهیم راه‌حل‌هایی برای مشکلات این کار پیدا کنیم، مثلاً اینکه چطور با داده‌های ناقص یا نویزدار کار کنیم. در نهایت می‌خواهیم یک سیستم هوشمند طراحی کنیم که با ترکیب این اطلاعات، بتواند اضطراب را زودتر و دقیق‌تر تشخیص دهد. این کار می‌تواند به پزشکان کمک کند درمان‌های مناسب‌تری برای هر بیمار انتخاب کنند.

**اهمیت**

این مطالعه از جنبه‌های مختلفی حائز اهمیت است. نخست، با ترکیب نشانگرهای زیستی دیجیتال\* و یادگیری ماشین، رویکردی نوین و عینی برای تشخیص اختلالات اضطرابی ارائه می‌دهد که می‌تواند محدودیت‌های روش‌های سنتی مبتنی بر پرسشنامه را کاهش دهد. از منظر بالینی، شناسایی الگوهای زیستی مرتبط با اضطراب می‌تواند به تشخیص زودهنگام، پیش‌بینی روند بیماری و حتی درمان شخصی‌سازی‌شده کمک کند. به‌علاوه، استفاده از داده‌های پوشیدنی، امکان پایش مستمر بیماران را در محیط‌های واقعی فراهم می‌سازد. از دیدگاه فناوری، این پژوهش چارچوبی برای یکپارچه‌سازی داده‌های چندمُدی و توسعه مدل‌های هوش مصنوعی تفسیرپذیر در حیطه سلامت روان ارائه می‌کند که می‌تواند الگویی برای مطالعات آتی باشد. در نهایت، یافته‌های این تحقیق می‌توانند به سیاست‌گذاران سلامت در طراحی سیستم‌های تشخیصی هوشمند و مقرون‌به‌صرفه کمک کنند.

ساختار گزارش

فصل ۲

مفاهیم پایه

اضطراب

اضطراب (Anxiety) نوعی هیجان شدید همراه با حالت ناخوشایند و آشفتگی درونی است. فرد مبتلا به این حالت اغلب از رویدادهای قابل پیش‌بینی در آینده که می‌توانند نوعی تهدید محسوب شوند، می‌ترسد. اضطراب یکی از شایع‌ترین حالات هیجانی است و زیر مجموعه اغلب اختلالات روانی محسوب می‌شود. این حالت بر تعداد زیادی از افراد تاثیر می‌گذارد. اغلب آن را به شکل ناراحتی، استرس شدید و نگرانی تجربه می‍‌کنند که زندگی روزمره فرد به میزان قابل توجهی دچار مشکل خواهد شد. در واقع این حالت هیجان را باید پاسخ طبیعی بدن به ترس، تهدید و استرس دانست. از همین‌رو لزوما چیز بدی نیست. از طرفی این نوع هیجان می‌تواند شما را در برابر خطرات هوشیار نگه دارد یا با تحریک لازم باعث تلاش بیشتر شود.  وجود مقدار کمی اضطراب در موقعیت‌های استرس‌زا طبیعی است، اما در صورتی که این حالت هیجان مداوم و ناسازگار باشد می‌تواند خبر از یک اختلال روانی بدهد. اما زمانی که سطح بالای اضطراب بر تمرکز، خواب و انجام کارهای روزمره زندگی‌تان اثر بگذارد، به نحوی که کنترل کردن آن برایتان دشوار باشد، نشان دهنده مشکل سلامت روان است. اضطراب (Anxiety) ابتدا به آرامی ایجاد می‌شود اما پس از چند دقیقه می‌تواند باعث بروز دلهره، ترس و نگرانی شدید همراه با اختلال در انجام کارای روزمره شود.

**نشانگرهای زیستی**

بيوماركرها يا نشانگرهای زیستی اهداف خاصی هستند که برای اندازه‌گیری آنچه در یک سلول یا جاندار در یک لحظه خاص اتفاق مي‌افتد، استفاده می‌شوند. این اغلب به‌عنوان یک حالت زيستي شناخته می‌شود. این ویژگی‌های زيستي را می‌توان به‌طور دقیق اندازه‌گیری و به‌طور عینی ارزیابی کرد.

بیومارکرها دارای ماهیت مولکولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و آناتومیک هستند و برای یک فرايند بیماری‌زای  طبیعی یا زيستی شاخصي ارائه مي‌کنند که به‌طور بالقوه می‌تواند امکان ارزیابی یک پاسخ دارویی به یک مداخله درمانی خاص را فراهم کند. بیومارکرها در بيشتر موارد برای اندازه‌گیری حضور و در برخی موارد پیشرفت یک بیماری یا اثربخشی یک درمان خاص استفاده می‌شوند.

اساساً، بیومارکرها نحوه عملکرد یا احساس یک فرد را تعریف نمی‌کنند، بلکه موجودیت‌هایی قابل‌اندازه‌گیری هستند. برخی از رایج‌ترین نمونه‌ها عبارت اند از: فشار خون، ضربان قلب، مطالعات متابولیک، مطالعات اشعه ایکس، آزمایش‌های ژنتیکی و بافت‌شناسی.

دانش تولیدشده می‌تواند در تشخیص زودهنگام بیماری استفاده شود و در بسیاری از موارد حتی قبل از شروع بیماری از آن جلوگیری کند. نشانگرهای زیستی می‌توانند ایمنی و کارایی داروهای موجود و هر نشانگر جدیدی را که توسعه می‌یابند، بهبود بخشند. علاوه بر این، نشانگرهای زیستی جدید پتانسیل شخصی‌سازی مدیریت و پیشگیری را ارائه می‌کنند.

این امر ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی را مقرون‌به‌صرفه‌تر، ایمن‌تر و دقیق‌تر می‌کند.

**نشانگرهای زیستی دیجیتال**

نشانگرهای زیستی دیجیتال، داده‌های عینی و کمی هستند که از طریق فناوری‌های دیجیتال مانند دستگاه‌های پوشیدنی، اپلیکیشن‌های موبایل و حسگرهای هوشمند جمع‌آوری میشوند. این نشانگرها شامل پارامترهای فیزیولوژیک مانند ضربان قلب، الگوی تنفس و فعالیت الکترودرمال، همچنین رفتارهای دیجیتال مانند الگوی استفاده از تلفن همراه و کیفیت خواب هستند. برخلاف روش‌های سنتی که مبتنی بر گزارش‌های ذهنی بیماران است، این فناوری‌ها امکان پایش مستمر و دقیق وضعیت سلامت را در محیط طبیعی زندگی فرد فراهم می‌کنند.

نشانگرهای زیستی دیجیتال تحولی در پزشکی شخصی‌محور ایجاد کرده‌اند، به‌ویژه در حوزه سلامت روان که نیازمند روش‌های تشخیصی عینی‌تر است. این فناوری با ثبت پیوسته و خودکار داده‌های فیزیولوژیک و رفتاری، دیدگاهی جامع‌تر از وضعیت سلامت فرد ارائه می‌دهد. از کاربردهای مهم آن می‌توان به تشخیص زودهنگام اختلالات اضطرابی، پایش اثربخشی درمان و پیش‌بینی حملات اضطراب اشاره کرد که همگی منجر به بهبود کیفیت مراقبت‌های بهداشتی می‌شوند.

**یادگیری ماشین در پزشکی**

یادگیری ماشین به عنوان یکی از شاخه‌های کلیدی هوش مصنوعی، تحولات چشمگیری در حوزه پزشکی ایجاد کرده است. این فناوری با توانایی تحلیل حجم عظیمی از داده‌های پزشکی، الگوهای پیچیده را شناسایی می‌کند که برای تشخیص بیماری‌ها، پیش‌بینی نتایج درمانی و ارائه راهکارهای شخصی‌سازی شده درمانی بسیار ارزشمند هستند. از کاربردهای مهم آن می‌توان به تحلیل تصاویر پزشکی، پیش‌بینی خطر بیماری‌ها و کشف داروهای جدید اشاره کرد.

در حوزه سلامت روان، یادگیری ماشین با تحلیل داده‌هایی مانند نشانگرهای زیستی دیجیتال، تصاویر مغزی و سوابق الکترونیک سلامت، به پزشکان در تشخیص دقیق‌تر اختلالاتی مانند اضطراب و افسردگی کمک می‌کند. الگوریتم‌های پیشرفته قادرند الگوهای پنهان در این داده‌ها را شناسایی کنند که ممکن است از دید متخصصان پنهان بماند. این فناوری همچنین امکان توسعه سیستم‌های پایش لحظه‌ای و هشداردهنده را فراهم کرده که می‌توانند بحران‌های روانی را پیش‌بینی کنند.

**پردازش سیگنال‌های زیستی**

پردازش سیگنال‌های زیستی یکی از ارکان اساسی در پزشکی دیجیتال محسوب می‌شود. این فرآیند شامل مراحل مختلفی از جمله جمع‌آوری، پیش‌پردازش، استخراج ویژگی و تحلیل سیگنال‌های فیزیولوژیک مانند EEG، ECG، EMG و سیگنال‌های تنفسی است. با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته پردازش سیگنال، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از وضعیت سلامت فرد استخراج کرد که در تشخیص و پایش بیماری‌ها بسیار کارآمد هستند.

در حوزه سلامت روان، پردازش سیگنال‌های زیستی نقش کلیدی در شناسایی الگوهای مرتبط با اختلالات روانی ایفا می‌کند. به عنوان مثال، تحلیل تغییرات ضربان قلب (HRV) می‌تواند نشانه‌های استرس و اضطراب را آشکار کند، یا پردازش سیگنال‌های EEG می‌تواند الگوهای مغزی مرتبط با افسردگی را شناسایی نماید. این تکنیک‌ها در ترکیب با یادگیری ماشین، امکان توسعه سیستم‌های تشخیصی دقیق‌تر و شخصی‌سازی شده را فراهم می‌آورند.

فصل سوم

مروری بر ادبیات

Literature Review

مقدمه

جمع بندی روش ها

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| مقاله | روش | یافته | تنیجه گیری |  |
|  |  |  |  |  |

تشخیص بیماریه های روانی با کمک بیومارکرهای محیطی

تشخیص اضطراب به کمک بیومارکرهای دیجیتالی فیزیولوژیکی

امید مدتی بود که با اختلال اضطراب مواجه بود. تعریق زیاد، افزایش ضربان قلب نسبت به گذشته و تند تند نفس کشیدن در برخی مواقع، همگی باعث شده بودند که در زندگی روزمره، چالش هایی برایش به وجود بیاید. نشانِ هایی که به دنبال اضطراب در خود احساس می کرد علارقم موقتی بودنشان باعث نگرانی او شده بود لذا تصمیم گرفت کمی بیشتر درباره این موضوع بیاندیشد. با کمی مطالعه دریافت که به کمک یکسری دستگاه های پوشیدنی مانند مچ بند دیجیتال، ساعت و حلقه های هوشمند می تواند اطلاعات بسیار مفیدی، آن هم بدونه اینکه خود متوجه شود بدست بیاورد. او به کمک این اطلاعات، حال این قدرت را دارد که بیشتر درباره بدن خود در شرایط گوناگون بداند. به امید آن که شاید بتواند میزان اضطراب خود را کنترل نماید.

داده‌ها و سیگنال‌های فیزیولوژیکی به اطلاعات و اندازه‌گیری‌هایی اشاره دارند که از عملکردهای بیولوژیکی بدن انسان جمع‌آوری می‌شوند و نشان‌دهنده وضعیت فیزیکی، روانی یا عاطفی فرد هستند. این داده‌ها معمولاً از طریق حسگرها، دستگاه‌های پزشکی یا فناوری‌های دیجیتال (مانند دستگاه‌های پوشیدنی و گوشی‌های هوشمند) به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم ثبت می‌شوند. سیگنال‌های فیزیولوژیکی به‌عنوان بخشی از نشانگرهای زیستی (biomarkers) یا نشانگرهای زیستی دیجیتال (digital biomarkers) در تحقیقات پزشکی، روان‌شناسی، و سلامت دیجیتال برای تشخیص، پایش، و پیش‌بینی حالات مختلف (مانند اضطراب، افسردگی، یا استرس) استفاده می‌شوند

Srinivasan Vairavan [1]و همکارانش در سال 2023، به بررسی استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال (digital biomarkers) برای پیش‌بینی شخصی‌سازی‌شده عود (relapse) در بیماران مبتلا به اختلال افسردگی عمده (Major Depressive Disorder - MDD) می‌پردازد.

هدف این مطالعه، توسعه یک مدل یادگیری ماشینی (machine learning) برای پیش‌بینی شخصی‌سازی‌شده عود افسردگی در بیماران مبتلا به MDD با استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال است که از داده‌های غیرفعال گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی جمع‌آوری شده‌اند. این مطالعه به دنبال شناسایی الگوهای رفتاری و فیزیولوژیکی است که می‌توانند نشانه‌های اولیه عود را نشان دهند، با تأکید بر رویکردهای شخصی‌سازی‌شده که تفاوت‌های فردی را در نظر می‌گیرند.

آنها در این پژوهش از 51 بیمار مبتلا به MDD که در مرحله بهبودی (remission) بودند، استفاده کردند. این افراد از یک کلینیک روان‌پزشکی در ایالات متحده انتخاب شده بودند که در مدت زمان 6 ماه به جمع آوری اطلاعات پرداختند.

در پایان مطالعات و پژوهش خود، مدل‌های یادگیری ماشینی توانستند عود افسردگی را با دقت بالا (AUC = 0.82) پیش‌بینی کنند. همچنین ترکیب داده‌های چندوجهی(مانند تحرک، خواب، و HRV ) دقت پیش‌بینی را نسبت به استفاده از یک نوع داده به‌تنهایی بهبود بخشید. اختلالات خواب (مانند کاهش مدت زمان خواب یا افزایش بیداری‌های شبانه) قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده عود بودند. به علاوه آن ها در نتایج خود یافتند که کاهش تنوع ضربان قلب با افزایش علائم افسردگی ارتباط داشت.

Milica Barac  [2] و همکارانش در سال 2024، به بررسی استفاده از فناوری‌های پوشیدنی برای تشخیص فرسودگی شغلی (burnout) و ارزیابی سلامت روان (well-being) در متخصصان مراقبت‌های بهداشتی می‌پردازد.

هدف این مرور دامنه‌دار، شناسایی و خلاصه‌سازی شواهد موجود درباره استفاده از فناوری‌های پوشیدنی (مانند ساعت‌های هوشمند، مچ‌بندهای فیتنس، یا حسگرهای تخصصی) برای پایش فرسودگی شغلی و سلامت روان در متخصصان مراقبت‌های بهداشتی (مانند پزشکان، پرستاران، و سایر کارکنان سلامت) است. فرسودگی شغلی یک مشکل شایع در این گروه است که با خستگی عاطفی، کاهش حس موفقیت شخصی، و بی‌تفاوتی نسبت به کار مشخص می‌شود.

در این پژوهش به کمک برخی از دستگاه های پوشیدنی چون Apple Watch, Fitbit, Garmin, Empatica E4 و هدست های EEG توانستند اطلاعاتی درباره نشانگرهای زیستی نظیر ضربان قلب، خواب، فعالیت های فیزیکی، EDA، HRV و فعالیت های مغزی جمع آوری نمایند. که برای تحلیل این داده ها از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی (مانند Random Forest، SVM، یا شبکه‌های عصبی) برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی فرسودگی شغلی استفاده کردند.

در نهایت نتایج زیر از پژوهش فوق بدست آمد:

* سیگنال‌های فیزیولوژیکی مانند HRV و EDA و داده‌های رفتاری مانند الگوهای خواب و فعالیت فیزیکی با فرسودگی شغلی و سلامت روان ارتباط معنی‌داری داشتند.
* کاهش HRV، اختلالات خواب، و کاهش فعالیت فیزیکی از قوی‌ترین شاخص‌های فرسودگی شغلی بودند.
* برخی مطالعات دقت پیش‌بینی بالایی (70-90%) برای تشخیص فرسودگی شغلی با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشینی گزارش کردند.

Eric Hurwitz [3] و همکارانش در سال 2024، به بررسی پتانسیل استفاده از زمان پوشیدن دستگاه‌های پوشیدنی wear time به‌عنوان یک نشانگر زیستی دیجیتال برای بهبود غربالگری و تشخیص افسردگی پس از زایمان (Postpartum Depression - PPD) می‌پردازد.

هدف اصلی، ارزیابی این است که آیا زمان پوشیدن دستگاه‌های پوشیدنی (مانند ساعت‌های هوشمند یا مچ‌بندهای فیتنس) می‌تواند به‌عنوان یک شاخص رفتاری برای بهبود غربالگری و تشخیص افسردگی پس از زایمان PPD استفاده شود، به‌ویژه با ترکیب آن با سایر داده‌های فیزیولوژیکی و رفتاری.

150 مادر در دوره پس از زایمان (تا 6 ماه پس از زایمان) که از یک کلینیک زنان و زایمان در ایالات متحده انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان شامل افرادی با تشخیص PPD بر اساس معیارهای DSM-5 و گروه کنترل بدون PPD بودند. این داده ها به مدت 12 هفته به صورت مداوم جمع آوری شدند. سپس این داده ها به کمک الگوریتم های یادگیری ماشین همانند SVM, Randnom Forest و Gradient Boosting پردازش شده و مدل‌های یادگیری ماشینی با استفاده از زمان پوشیدن و سایر نشانگرهای زیستی دیجیتال (مانند خواب، تحرک، و HRV) توانستند PPD را با دقت بالا (AUC = 0.87) تشخیص دهند. حساسیت (شناسایی موارد PPD) 84% و ویژگی (شناسایی موارد غیر-PPD) 89% بود.

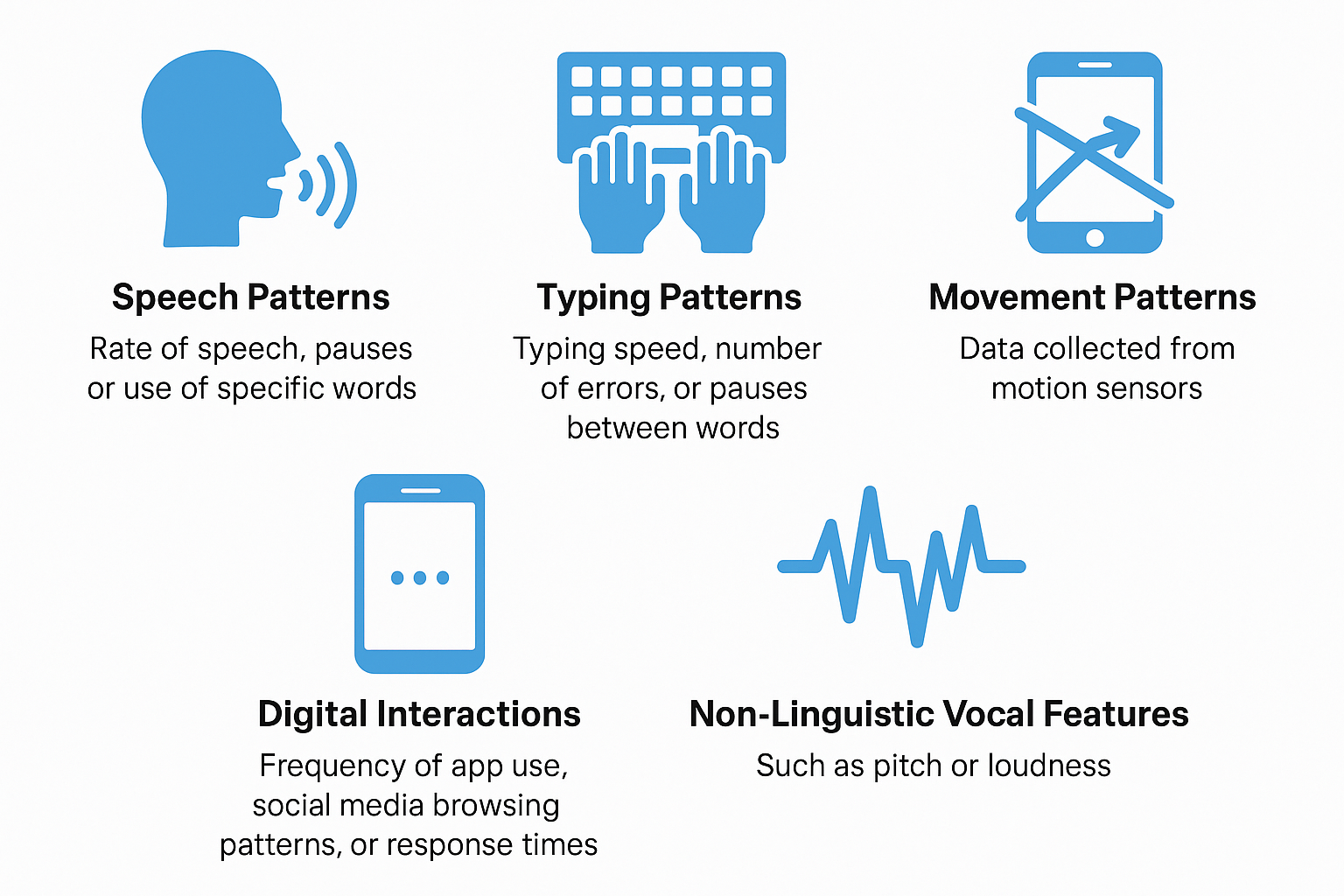
این مقاله نشان داد که زمان پوشیدن دستگاه‌های پوشیدنی می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر زیستی دیجیتال جدید برای غربالگری و تشخیص PPD استفاده شود. این نشانگر، در ترکیب با داده‌های فیزیولوژیکی (مانند HRV و خواب) و رفتاری (مانند تحرک و تعاملات اجتماعی)، با دقت بالا (AUC = 0.87) PPD را تشخیص داد. کاهش زمان پوشیدن دستگاه با شدت علائم PPD همبستگی قوی داشت و این روش پتانسیل بالایی برای غربالگری غیرتهاجمی و شخصی‌سازی‌شده در مادران پس از زایمان دارد.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **عنوان مقاله** | **نویسندگان** | **سال** | **سنسورها/ویژگی‌ها** | **روش/مدل** |
| Identifying physiological markers for stress and mental health using wearables | Sano et al. | 2018 | HRV, EDA, خواب، فعالیت، استفاده از تلفن | رگرسیون، مدل‌های یادگیری ماشین |
| Deep Learning to Predict Depression and Anxiety with Wearable Data | Cho et al. | 2019 | HRV, فعالیت، داده‌های خواب از wearables | یادگیری عمیق (CNN, LSTM) |
| Predicting Anxiety and Depression in Cancer Patients Using Wearables and ML | Pan et al. | 2021 | HRV, تعداد قدم‌ها، خواب، فعالیت | جنگل تصادفی، رگرسیون لجستیک |
| Wearable device heart rate and sleep data as digital biomarkers of anxiety | Liu et al. | 2021 | HRV, مدت خواب، تأخیر خواب | جنگل تصادفی، SVM |
| Objective assessment of depressive symptoms with machine learning and wearable sensors data | Ghandeharioun et al. | 2017 | EDA, HRV, فعالیت، ویژگی‌های صوتی | SVM، جنگل تصادفی |
| Using physiological signals and affective computing to monitor mental health | Hernandez et al. | 2014 | EDA, HR، سنسورهای فیزیولوژیکی | پردازش سیگنال + روش‌های ML |

تشخیص اضطراب به کمک بیومارکرهای دیجیتالی رفتاری

امید به دنبال درمان اختلالات اضطرابی خود که مدتی او را از روال عادی زندگی باز داشته است به یک کلینیک پزشکی مراجعه می نماید. متخصصان و پزشکان برای یافتن علت این رخدادها به امید پیشنهاد نمودند که از تعدادی دستگاه های دیجیتالی پوشیدنی استفاده کند. با این کار آنها قادر خواهند بود که در طول شبانه روز، میزان تغییرات اضطراب امید را پایش نمایند. اما این خبر برای امید چندان خوشایند نیست. چرا که او بایستی تعدادی دستگاه دیجیتالی خریداری نموده که به لحاظ اقتصادی برایش مقرون به صرفه نخواهد بود؛ به اضافه اینکه به عنوان کسی که در حالت عادی خود دچار اضطراب میشود، پوشیدن یکسری دستگاه دیجیتالی ناخودآگاه باعث تشدید علائم اضطرابی او خواهد شد که این کار تولید نویز در داده های پزشکی را به دنبال دارد. امید نگرانی های خود را با متخصصان در میان می گذارد و نهایتا تیم درمان، با ارائه یک راه حل مناسب، او را به ادامه درمان خود مصمم میکنند. این راهکار چیزی نبود جز استفاده از Digital Behavioral Biomarkers.

نشانگرهای زیستی دیجیتالی رفتاری (digital behavioral biomarkers) داده‌هایی هستند که از رفتارهای قابل مشاهده یا قابل اندازه‌گیری افراد در تعاملات دیجیتال (مانند گفتار، تایپ، حرکات، یا الگوهای استفاده از دستگاه‌های دیجیتال) جمع‌آوری می‌شوند و می‌توانند به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی حالات روان‌شناختی، سلامت روان، یا وضعیت‌های جسمانی استفاده شوند. این نشانگرها معمولاً با استفاده از فناوری‌های دیجیتال مانند حسگرها، اپلیکیشن‌ها، یا پلتفرم‌های آنلاین جمع‌آوری و تحلیل می‌شوند.



Zhiyuan Wang [4] و همکاران در سال 2023 با هدف توسعه یک مدل یادگیری ماشین (ML) شخصی سازی شده برای تشخیص اضطراب در افراد با علائم SAD بالا انجام شده است. به گفته ایشان، پژوهش های قبلی نشان داده بودند که می‌توان اضطراب حالتی [[1]](#footnote-1)را با استفاده از نشانگرهای دیجیتال و تکنیک‌های یادگیری ماشینی تشخیص داد، اما این روش‌ها معمولاً مدل‌هایی کلی برای گروه‌های بزرگ طراحی می‌کنند و تفاوت‌های فردی و زمینه‌ای را نادیده می‌گیرند. مقاله ایشان با تمرکز بر رویکردهای شخصی‌سازی‌شده، سعی در پر کردن این شکاف دارد. آنها روش پیشنهادی خود را در دو مطالعه سازماندهی کردند:

مطالعه 1 : بررسی تجربی نشانگرهای زبانی که هدف آن بررسی تفاوت‌های نشانگرهای زبانی مرتبط با اضطراب حالتی در موقعیت‌های اجتماعی مختلف و زیرگروه‌های فرد بود. در این مطالعه 45 دانشجوی کارشناسی با امتیاز 34 یا بالاتر در مقیاس اضطراب تعامل اجتماعی (SIAS) انتخاب شدند که نشان‌دهنده سطح بالای اضطراب اجتماعی خصیصه‌ای [[2]](#footnote-2)است. نمونه نهایی شامل 35 نفر بود.

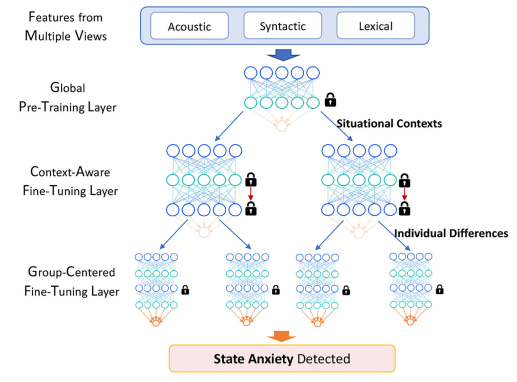
داده‌های زبانی از مکالمات دو نفره کنترل‌شده در بستر Zoom[[3]](#footnote-3) جمع‌آوری شد. این مکالمات در دو زمینه اجتماعی طراحی شدند.

* **زمینه ارزیابی اجتماعی (evaluative)**: موقعیت‌هایی که به‌طور خاص برای ایجاد احساس قضاوت یا ارزیابی اجتماعی طراحی شده بودند.
* **زمینه غیرارزیابی (non-evaluative)**: موقعیت‌های خنثی‌تر و بدون فشار ارزیابی اجتماعی.

آنها در پایان تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که الگوهای زبانی به طور قابل توجهی بین زمینه های ارزیابی و غیرارزیابی متفاوت بودند. به علاوه تفاوت‌های فردی در شدت علائم روان‌شناختی نیز بر الگوهای زبانی تأثیر داشت، که نشان‌دهنده اهمیت رویکردهای شخصی‌سازی‌شده برای تشخیص اضطراب است.

مطالعه 2 : توسعه یک مدل یادگیری ماشین. هدف محققان در این مطالعه این بود که از داده های مطالعه یک در یک مدل یادگیری ماشین چند لایه استفاده کنند. این خط لوله به‌صورت سلسله‌مراتبی مدل پایه‌ای (population-based) را تنظیم دقیق (fine-tune) کرد تا دانش مربوط به زمینه‌های اجتماعی و زیرگروه‌های فردی را در بر بگیرد. در نهایت نتایج زیر، بدست آمد.

* مدل شخصی‌سازی‌شده در مقایسه با مدل پایه (بدون شخصی‌سازی) عملکرد بهتری داشت و امتیاز F1 را 28 درصد بهبود داد.
* این نتایج نشان می‌دهند که در نظر گرفتن تفاوت‌های زمینه‌ای و فردی می‌تواند دقت تشخیص اضطراب حالتی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد.



شکل 1 مدل چند لایه شخصی سازی شده یادگیری ماشین

نتایج این پژوهش به خوبی اهمیت نشانگرهای زبانی که از نوع Digital Behavioral Biomarkers هستند را نشان داد. مطالعه نشان داد که الگوهای زبانی (مانند انتخاب واژگان، ساختار جملات، یا تردیدهای گفتاری) می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای دیجیتال برای تشخیص اضطراب حالتی عمل کنند. این نشانگرها در موقعیت‌های اجتماعی ارزیابی‌کننده (مانند سخنرانی عمومی) در مقایسه با موقعیت‌های غیرارزیابی‌کننده تفاوت‌های قابل‌توجهی نشان می‌دهند. روش یادگیری ماشینی شخصی‌سازی‌شده پیشنهادی، با در نظر گرفتن تفاوت‌های زمینه‌ای و فردی، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های کلی دارد و می‌تواند ابزار مفیدی برای تشخیص غیرتهاجمی اضطراب در محیط‌های بالینی باشد. این مطالعه گامی مهم در جهت پیشرفت روان‌پزشکی دیجیتال و ارائه راه‌حل‌های شخصی‌سازی‌شده برای مدیریت سلامت روان است.

در سال 2020، Nicholas C Jacobson [5] و همکارانش به بررسی استفاده از داده‌های حسگرهای غیرفعال گوشی‌های هوشمند به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال (digital biomarkers) برای ارزیابی شدت اضطراب اجتماعی (social anxiety) می‌پردازد. این مطالعه با هدف بررسی این موضوع انجام شده است که آیا داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرهای غیرفعال گوشی‌های هوشمند(مانند GPS، شتاب‌سنج، و الگوهای تماس)می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال برای تشخیص شدت علائم اضطراب اجتماعی و تمایز آن از علائم افسردگی، خلق منفی (negative affect)، و خلق مثبت (positive affect) استفاده شوند.

این پژوهش از رویکرد فنوتایپینگ دیجیتال (digital phenotyping) استفاده می‌کند، که شامل جمع‌آوری داده‌های غیرفعال از دستگاه‌های دیجیتال برای ارزیابی حالات روان‌شناختی است. هدف اصلی، ارائه یک روش غیرتهاجمی و قابل دسترس برای پایش شدت اضطراب اجتماعی در زندگی روزمره است.

آنها در پژوهش خود از 59 دانشجوی کارشناسی در یکی از دانشگاه های بزرگ در شمال شرقی آمریکا یاری گرفتند. و داده های گوشی های هوشمند آنها را به مدت دو هفته جمع آوری نمودند. این داده ها عبارت اند از:

میزان تحرک، الگوهای جغرافیایی(فاصله‌های طی‌شده یا تغییرات در الگوهای حرکتی روزانه)، تماس ها، پیام ها، زمان بندی تماس ها، مدت زمان استفاده از گوشی و فعالیت های شبانه.

نتایج نشان داد که داده‌های حسگرهای غیرفعال می‌توانند برای پیش‌بینی دقیق شدت علائم اضطراب اجتماعی شرکت‌کنندگان استفاده شوند (همبستگی r=0.702 بین شدت علائم پیش‌بینی‌شده و مشاهده‌شده) و همچنین اعتبار تمایزی بین افسردگی، خلق منفی و خلق مثبت را نشان دادند.

Srinivasan Vairavan [1]و همکارانش در سال 2023، نشان دادند که داده‌های غیرفعال جمع‌آوری‌شده از گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی مانند الگوهای خواب، تحرک و تعاملات اجتماعی می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال برای پیش‌بینی شخصی‌سازی‌شده عود افسردگی استفاده شوند. مدل‌های یادگیری ماشینی شخصی‌سازی‌شده با دقت بالا (AUC = 0.82) توانستند عود را پیش‌بینی کنند، و اختلالات خواب و کاهش تحرک به‌عنوان قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌ها شناسایی شدند. این روش پتانسیل بالایی برای پایش غیرتهاجمی و شخصی‌سازی‌شده افسردگی در محیط‌های بالینی و روزمره دارد.

هدف این مطالعه، توسعه یک مدل یادگیری ماشینی (machine learning) برای پیش‌بینی شخصی‌سازی‌شده عود افسردگی در بیماران مبتلا به MDD با استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال است که از داده‌های غیرفعال گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی جمع‌آوری شده‌اند. این مطالعه به دنبال شناسایی الگوهای رفتاری و فیزیولوژیکی است که می‌توانند نشانه‌های اولیه عود را نشان دهند، با تأکید بر رویکردهای شخصی‌سازی‌شده که تفاوت‌های فردی را در نظر می‌گیرند.

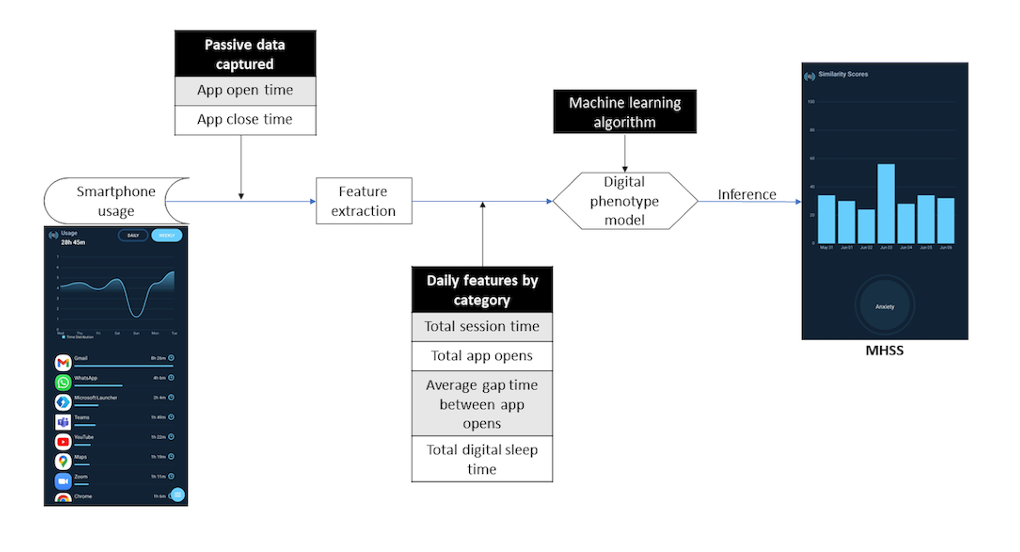
آنها در این پژوهش از 51 بیمار مبتلا به MDD که در مرحله بهبودی (remission) بودند، استفاده کردند. این افراد از یک کلینیک روان‌پزشکی در ایالات متحده انتخاب شده بودند که در مدت زمان 6 ماه به جمع آوری اطلاعات پرداختند.

Soumya Choudhary [6] و همکارانش در سال 2022، یک مطالعه آینده‌نگر را شروع نمودند که به بررسی استفاده از داده‌های غیرفعال گوشی‌های هوشمند برای توسعه یک نشانگر زیستی دیجیتال جدید به‌منظور تشخیص اختلال اضطراب عمومی (Generalized Anxiety Disorder - GAD) با استفاده از رویکردهای یادگیری ماشینی می‌پردازد.

هدف این مطالعه، توسعه یک نشانگر زیستی دیجیتال جدید برای تشخیص GAD با استفاده از داده‌های غیرفعال و غیرشناسایی‌شده (nonidentifiable) جمع‌آوری‌شده از گوشی‌های هوشمند است. این مطالعه به‌دنبال شناسایی الگوهای رفتاری (مانند تحرک، تعاملات اجتماعی، و استفاده از گوشی) است که می‌توانند نشانه‌های GAD را نشان دهند. با استفاده از یادگیری ماشینی، محققان مدلی را توسعه دادند که بتواند این الگوها را به‌صورت مداوم و در دنیای واقعی پایش کند، با تأکید بر حفظ حریم خصوصی کاربران از طریق استفاده از داده‌های غیرشناسایی‌شده.

در این پژوهش 120 فرد بزرگسال (18 سال و بالاتر) که برخی از آن‌ها تشخیص بالینی GAD داشتند)بر اساس معیارهای (DSM-5 و برخی به‌عنوان گروه کنترل سالم بودند، در مدت 8 هفته مشارکت نمودند. شرکت‌کنندگان از یک کلینیک روان‌پزشکی و از طریق تبلیغات عمومی انتخاب شدند. سپس این داده ها به کمک الگوریتم های یادگیری ماشین چون SVM،Random Forest و Gradient Boosting به دو دسته سالم و GAD دسته بندی شدند. مدل یادگیری ماشینی توانست GAD را با دقت بالا (AUC = 0.85) تشخیص دهد، که نشان‌دهنده توانایی قوی در تمایز افراد با GAD از افراد سالم است.

این پژوهش به خوبی نشان داد که داده‌های غیرفعال و غیرشناسایی‌شده گوشی‌های هوشمند (مانند تحرک، تعاملات اجتماعی، و فعالیت فیزیکی) می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال برای تشخیص GAD استفاده شوند. مدل‌های یادگیری ماشینی با دقت بالا (AUC = 0.85) توانستند GAD را تشخیص دهند، و الگوهای تحرک و تعاملات اجتماعی قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌ها بودند. این روش با تأکید بر حفظ حریم خصوصی و شخصی‌سازی، پتانسیل بالایی برای پایش غیرتهاجمی و مقیاس‌پذیر اضطراب در دنیای واقعی دارد.



شکل 2جریان کاری راه‌حل Behavidence مراحل کلیدی در ایجاد یک امتیاز تشابه سلامت روان برای اضطراب را نشان می‌دهد.

Elma Kerz [7]و همکارانش در سال 2023، به بررسی استفاده از هوش مصنوعی قابل‌توضیح (Explainable AI - XAI) برای تشخیص حالات سلامت روان (مانند افسردگی، اضطراب، و سایر اختلالات روان‌شناختی) با استفاده از رفتارهای زبانی می‌پردازد. این مقاله بر اهمیت توضیح‌پذیری مدل‌های یادگیری ماشینی در تحلیل داده‌های زبانی تأکید دارد تا اعتماد، شفافیت، و کاربرد بالینی این فناوری‌ها افزایش یابد.

هدف این مقاله، بررسی پتانسیل هوش مصنوعی قابل‌توضیح (XAI) در بهبود تشخیص حالات سلامت روان از طریق تحلیل رفتارهای زبانی (مانند گفتار و متن) است. مدل‌های یادگیری ماشینی سنتی (مانند جعبه سیاه) اغلب فاقد شفافیت در تصمیم‌گیری هستند، که می‌تواند اعتماد پزشکان و بیماران را کاهش دهد.

در این مقاله، رفتارهای زبانی به‌عنوان یکی از نشانگرهای زیستی دیجیتال کلیدی برای تشخیص سلامت روان معرفی شده‌اند. این نشانگرها شامل انتخاب واژگان با بار عاطفی منفی یا خود‌-مرجع، کاهش تنوع واژگان، کاهش پیچیدگی جملات، و افزایش استفاده از مکث‌ها یا کلمات پرکننده مانند "اوم" هستند. همچنین، کاهش تنوع در زیر و بمی صدا و تغییر در سرعت گفتار می‌تواند نشانه‌هایی از افسردگی، اضطراب یا سایر اختلالات روان‌شناختی باشد. تحلیل احساسات گفتار و تمرکز بر موضوعات منفی نیز می‌تواند به شناسایی حالات روانی کمک کند.

رفتارهای زبانی به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال قوی برای تشخیص اختلالاتی مانند افسردگی و اضطراب شناخته شده‌اند. ویژگی‌هایی مانند استفاده از کلمات منفی، مکث‌های طولانی، و کاهش پیچیدگی گفتار با دقت بالایی (معمولاً با AUC بین 0.75 تا 0.90) در پیش‌بینی حالات روان‌شناختی مؤثر بوده‌اند. در کنار این موضوع، استفاده از روش‌های توضیح‌پذیر هوش مصنوعی (XAI) مانند SHAP و LIME مزایای مهمی به همراه داشته است؛ این روش‌ها با ارائه توضیحات شفاف درباره نقش هر ویژگی زبانی در پیش‌بینی‌ها، باعث افزایش **اعتماد پزشکان** به مدل‌ها شده‌اند و امکان استفاده از این مدل‌ها را در **کاربردهای بالینی** با درک بهتر برای پزشک و بیمار فراهم کرده‌اند.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **عنوان مقاله** | **نویسندگان** | **سال** | **سنسورها/ویژگی‌ها** | **روش/مدل** |
| cStress: Continuous Stress Assessment in Mobile Environment | Hovsepian et al. | 2015 | GPS, استفاده از تلفن، سنسورهای HRV | خط تشخیص استرس، طبقه‌بندهای ML |
| Accuracy of Passive Phone Sensors in Predicting Daily Mood | Pratap et al. | 2019 | GPS, شتاب‌سنج، استفاده از اپلیکیشن‌ها | رگرسیون، مدل‌های طبقه‌بندی |
| Tracking Anxiety and Depression with a Mobile App | Rooksby et al. | 2019 | داده‌های خودگزارشی، استفاده از اپ | تحلیل ترکیبی (کیفی-کمی) |
| Mobile-based Ecological Momentary Assessment of Mood | Asselbergs et al. | 2016 | ورودی‌های EMA از تلفن همراه | روش‌های آماری اکتشافی |
| Behavioral Indicators on Mobile Platforms Predict Psychiatric Symptoms | Place et al. | 2017 | تماس/پیامک، موقعیت، سنسورهای فعالیت | مدل‌سازی پیش‌بینانه، تحلیل ML |
| Mobile phone sensor correlates of depressive symptom severity in daily-life behavior | Saeb et al. | 2015 | GPS, استفاده از تلفن، ویژگی‌های تحرک | همبستگی، رگرسیون، ML اکتشافی |
| Identifying behavioral phenotypes of loneliness and social isolation with passive sensing | Doryab et al. | 2019 | تماس‌ها، موقعیت، فعالیت | خوشه‌بندی، رگرسیون |
| Digital biomarkers of social anxiety severity using passive smartphone sensing | Jacobson et al. | 2020 | تماس/پیامک، GPS، سنسورهای فعالیت | جنگل تصادفی، رگرسیون خطی |
| Predicting Symptom Trajectories of Depression and Anxiety Using Smartphone Sensing Data | Wang et al. | 2018 | GPS, استفاده از تلفن، الگوهای فعالیت | جنگل تصادفی، SVM، تحلیل سری‌های زمانی |

تشخیص اضطراب به کمک بیومارکرهای دیجیتالی چند مدلِ

استفاده ترکیبی از **digital biomarkers**رفتاری و فیزیولوژیکی در حوزه سلامت، رویکردی نوآورانه و مؤثر برای ارزیابی، پایش و پیش‌بینی وضعیت‌های جسمی و روانی افراد به شمار می‌رود. استفاده همزمان از این دو نوع نشانگر، تصویر کامل‌تری از سلامت فرد ارائه می‌دهد.

استفاده ترکیبی از نشانگرهای رفتاری و فیزیولوژیکی در کاربردهایی مانند **درمان افسردگی** با بررسی کاهش فعالیت فیزیکی و تغییر در الگوی خواب (رفتاری) همراه با افزایش ضربان قلب در شرایط خاص (فیزیولوژیکی)، **پایش بیماری‌های قلبی** (با تحلیل شناسایی نوسانات غیرعادی در ضربان قلب (فیزیولوژیکی) همراه با کاهش تحرک یا بی‌نظمی در زمان‌بندی فعالیت‌ها (رفتاری) و **ارزیابی استرس شغلی** (با ردیابی افزایش تعریق و تپش قلب (فیزیولوژیکی) در زمان تماس‌های کاری یا جلسات مجازی (رفتاری) به شناسایی دقیق‌تر و مدیریت بهتر وضعیت سلامت کمک می‌کند.

Gerard Anmella [8]و همکارانش در سال 2023 میلادی، یک مطالعه فرضیه‌ساز و توسعه مدل را توسعه دادند که به بررسی استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال برای شناسایی فعالیت بیماری در دوره‌های خلقی (mood episodes) در بیماران مبتلا به اختلالات خلقی مانند اختلال دوقطبی و اختلال افسردگی عمده (MDD) می‌پردازد.

هدف این مطالعه، شناسایی نشانگرهای زیستی دیجیتال (digital biomarkers) بالقوه برای پایش فعالیت بیماری در دوره‌های خلقی (مانند دوره‌های افسردگی، مانیا، یا هیپومانیا) و توسعه مدل‌های اولیه برای پیش‌بینی این دوره‌ها با استفاده از داده‌های غیرفعال جمع‌آوری‌شده از گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی است. این پژوهش به‌صورت یک مطالعه فرضیه‌ساز طراحی شده است، به این معنا که به‌دنبال شناسایی الگوهای اولیه و ایجاد فرضیه‌هایی برای تحقیقات آینده است، نه ارائه نتایج قطعی. این مطالعه به‌ویژه بر استفاده از داده‌های غیرفعال (مانند تحرک، خواب، و ضربان قلب) برای تشخیص تغییرات در شدت علائم خلقی تمرکز دارد.

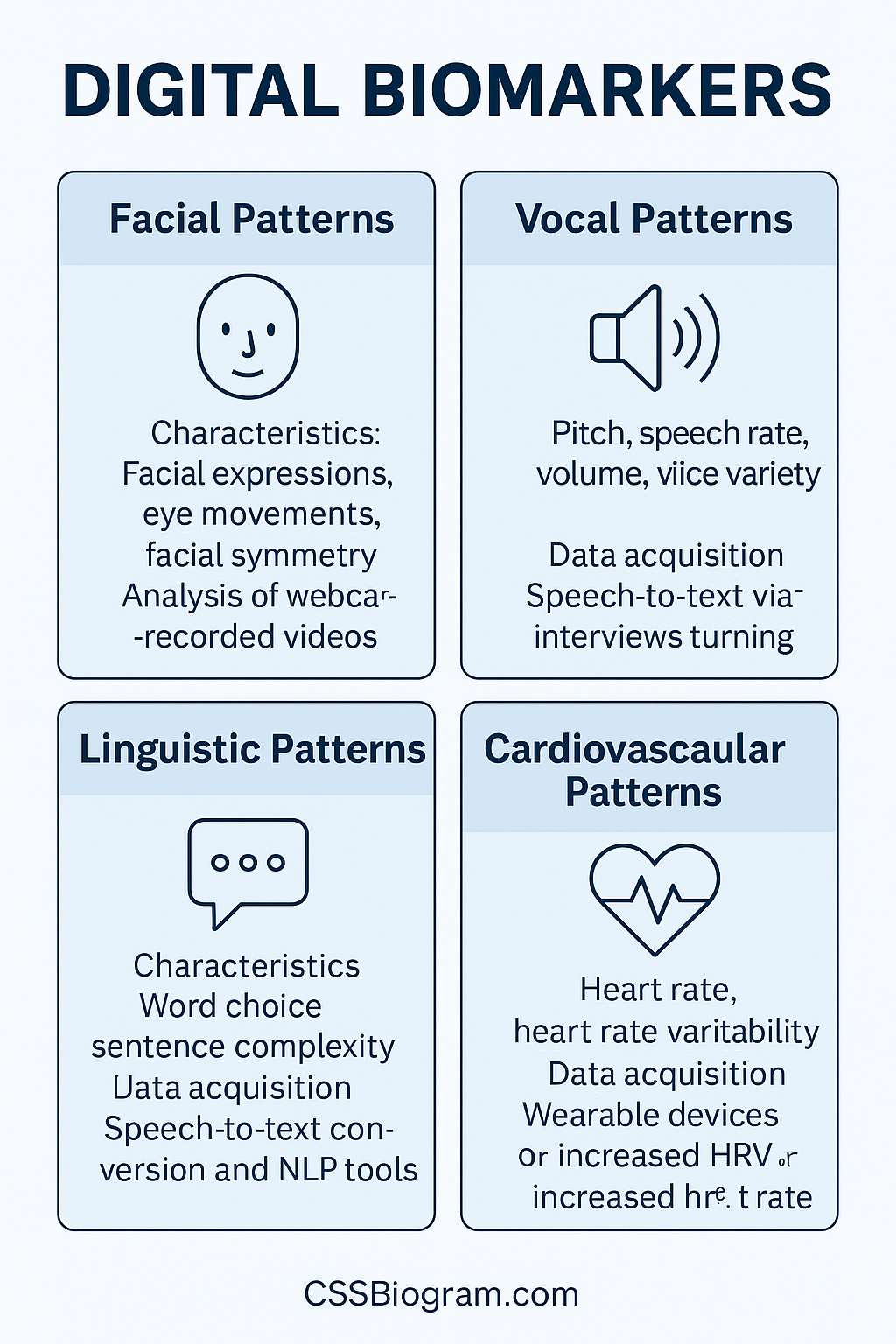
100 بیمار مبتلا به اختلالات خلقی )اختلال دوقطبی یا (MDD که در یک کلینیک روان‌پزشکی در ایالات متحده تحت درمان بودند. نمونه شامل افرادی با دوره‌های افسردگی، مانیا، یا هیپومانیا بود که در مدت زمان به طول 12 هفته صورت گرفت. در این مدت سیگنال های فیزیولوژیکی همچون ضربان قلب، الگوهای خواب و نرخ تنفس، و همچنین داده های رفتاری نظیر الگوی تحرک، فعالیت فیزیکی، الگوهای تعامل اجتماعی و ویژگی های گفتاری جمع آوری شد. سپس به کمک الگوریتم های یادگیری ماشین مانند SVM، Random Forest و شبکه های عصبی عمیق این داده ها در دسته بندی (افسردگی، مانیا یا بهبودی) طبقه بندی شدند.

این پژوهش نشان داد که نشانگرهای زیستی دیجیتال، از جمله سیگنال‌های فیزیولوژیکی مانند HRV و خواب و داده‌های رفتاری (مانند تحرک و تعاملات اجتماعی)، پتانسیل بالایی برای شناسایی دوره‌های خلقی در بیماران مبتلا به اختلالات خلقی دارند. مدل‌های اولیه یادگیری ماشینی با دقت قابل‌قبول (AUC = 0.78-0.75) توانستند این دوره‌ها را پیش‌بینی کنند، و شخصی‌سازی مدل‌ها دقت را بهبود بخشید. این مطالعه فرضیه‌هایی برای تحقیقات آینده تولید کرد و بر اهمیت پایش غیرتهاجمی و شخصی‌سازی‌شده در مدیریت اختلالات خلقی تأکید دارد.

Zifan Jiang [9]و همکارانش در سال 2023، به بررسی استفاده از یک رویکرد چندوجهی (multimodal) برای ارزیابی سلامت روان از طریق مصاحبه‌های از راه دور می‌پردازد، با بهره‌گیری از الگوهای چهره‌ای، صوتی، زبانی، و قلبی-عروقی به‌عنوان نشانگرهای زیستی دیجیتال پرداختند.

هدف این مطالعه، توسعه یک رویکرد چندوجهی برای ارزیابی سلامت روان (شامل اضطراب، افسردگی، و استرس) با استفاده از داده‌های غیرفعال و فعال جمع‌آوری‌شده از مصاحبه‌های از راه دور است. این مطالعه از فناوری‌های دیجیتال (مانند دوربین‌های وب‌کم، میکروفون‌ها، و دستگاه‌های پوشیدنی) برای ثبت الگوهای چهره‌ای (facial patterns)، صوتی (vocal patterns)، زبانی (linguistic patterns)، و قلبی-عروقی (cardiovascular patterns) استفاده می‌کند تا نشانگرهای زیستی دیجیتال را برای تشخیص و پایش حالات روان‌شناختی شناسایی کند. این رویکرد به‌ویژه برای ارائه ارزیابی‌های غیرتهاجمی و مقیاس‌پذیر در محیط‌های از راه دور (مانند telemedicine) طراحی شده است.

در این پژوهش 200 فرد بزرگ سال بین 18 تا 65 سال در یک مصاحبه از راه دور به طول 20 الی 30 دقیقه شرکت کردند، و داده ها به صورت هم زمان از طریق دستگاه های دیجیتالی(وب کم، میکروفن و دستگاه های پوشیدنی) جمع آوری شدند.



شکل 3 نشانگرهای زیستی گرفته شده از دستگاه های دیجیتال

این پژوهش توانست نشان دهد که ترکیب داده‌های چندوجهی (چهره‌ای، صوتی، زبانی، و قلبی-عروقی) از مصاحبه‌های از راه دور می‌تواند با دقت بالا (AUC = 0.85-0.89) اضطراب، افسردگی، و استرس را تشخیص دهد. این رویکرد با استفاده از فناوری‌های موجود (وب‌کم، میکروفون، و دستگاه‌های پوشیدنی) و مدل‌های یادگیری ماشینی شخصی‌سازی‌شده، پتانسیل بالایی برای ارزیابی غیرتهاجمی و مقیاس‌پذیر سلامت روان در محیط‌های از راه دور دارد.

Stephanie Carreiro [10]و همکارانش در سال 2024، یک مطالعه را انجام می دهند که به ارزیابی یک ابزار دیجیتال برای تشخیص استرس و میل شدید (craving) در افراد در حال بهبودی از اختلال مصرف مواد (Substance Use Disorder - SUD) می‌پردازد. این مطالعه بر دقت و میزان تعامل کاربران با این ابزار دیجیتال تمرکز دارد.

هدف این مطالعه، ارزیابی عملکرد یک ابزار دیجیتال (مانند اپلیکیشن موبایل یا پلتفرم مبتنی بر دستگاه‌های پوشیدنی) در تشخیص استرس و میل شدید در افراد در حال بهبودی از SUD است. استرس و میل شدید از عوامل اصلی عود (relapse) در SUD هستند، و تشخیص زودهنگام آن‌ها می‌تواند به پیشگیری از بازگشت به مصرف مواد کمک کند. این مطالعه به بررسی دو جنبه اصلی می‌پردازد:

1. **دقت**: توانایی ابزار دیجیتال در شناسایی دقیق استرس و میل شدید با استفاده از نشانگرهای زیستی دیجیتال.
2. **تعامل**: میزان پذیرش و استفاده مداوم کاربران از این ابزار در طول فرآیند بهبودی.

این ابزار دیجیتال از داده‌های غیرفعال (مانند داده‌های فیزیولوژیکی و رفتاری) و فعال (مانند خوداظهاری کاربران) برای تشخیص این حالات استفاده می‌کند.

در این پژوهش 80 فرد بزرگ سال بین 18 تا 65 سال در حال بهبودی از SUD (مانند اعتیاد به الکل، مواد مخدر، یا سایر مواد) که از یک کلینیک بازتوانی در ایالات متحده انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان در مراحل مختلف بهبودی (زودرس یا پایدار) بودند. این داده های به مدت 10 هفته جمع آوری شده اند.

در این مطالعه برای پایش داده‌ها از ترکیب سنسور پوشیدنی تجاری (Garmin Vivosmart 4) و اپلیکیشن موبایلی RAE Health استفاده شد. سنسور پوشیدنی داده‌های فیزیولوژیکی مانند ضربان قلب، تغییرپذیری ضربان قلب و سطح فعالیت بدنی را به‌صورت لحظه‌ای ثبت می‌کرد، در حالی که اپلیکیشن به کاربران اجازه می‌داد تا در هنگام تجربه استرس یا میل به مصرف مواد (craving) گزارش خوداظهاری ثبت کنند. این داده‌ها با یکدیگر ترکیب و به سرور مرکزی منتقل می‌شدند تا مدل‌های یادگیری ماشین تحت نظارت (Supervised ML) بر اساس داده‌های برچسب‌خورده آموزش ببینند. نتایج نشان داد که مدل توانست با دقت ۷۶٪ وضعیت استرس و با دقت ۶۹٪ وضعیت craving را تشخیص دهد. این عملکرد نشان می‌دهد که حتی با استفاده از ابزارهای پوشیدنی ساده و قابل دسترس نیز می‌توان پایش مؤثر و نسبتاً دقیقی از وضعیت‌های روانی پرخطر در فرآیند درمان اختلال مصرف مواد انجام داد.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **عنوان مقاله** | **نویسندگان** | **سال** | **سنسورها/ویژگی‌ها** | **روش/مدل** |
| Digital Phenotyping for Personalized Health Using Wearable and Smartphone Data | Lu et al. | 2022 | HRV, GPS, داده‌های تلفن و wearables | مرور مدل‌های ML و چارچوب‌ها |
| Monitoring depression, anxiety, and sleep disturbances using wearable sensors and mobile phones | Pedrelli et al. | 2020 | سنسورهای wearable (HR, خواب)، داده‌های تلفن | مرور (روش‌های ML و آماری) |
| Smartphone-based monitoring of anxiety: A systematic review | Zhou et al. | 2022 | GPS, استفاده از تلفن، HRV | مرور (مدل‌های موجود در ادبیات) |
| Systematic review of smartphone-based passive sensing for health and wellbeing | Cornet & Holden | 2018 | GPS, شتاب‌سنج، استفاده از تلفن، HRV | مرور روش‌های ML/آماری |
| Personal Sensing: Using Sensors and ML for Mental Health | Mohr et al. | 2020 | ادغام سنسورهای wearable و تلفن | مرور خطوط لوله personal sensing |
| Digital Biomarkers for Social Anxiety Severity: Digital Phenotyping Using Passive Smartphone Sensors | Nicolas C Jacobson | 2020 | تماس/پیامک، شتاب‌سنج | - |

فصل چهار

نتیجه گیری و چالش های پژوهش

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های بررسی‌شده در این گزارش نشان‌دهنده پتانسیل بالای نشانگرهای زیستی دیجیتال در تشخیص و پایش حالات روان‌شناختی مانند اضطراب، افسردگی، فرسودگی شغلی، و اختلال مصرف مواد (SUD) هستند. ابزارهای دیجیتال، از جمله گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی، با جمع‌آوری داده‌های غیرفعال مانند ضربان قلب، تنوع ضربان قلب (HRV)، الگوهای خواب، تحرک، تعاملات اجتماعی، و رفتارهای زبانی، امکان ارزیابی غیرتهاجمی و مداوم را فراهم می‌کنند. به‌ویژه، ترکیب داده‌های چندوجهی (مانند داده‌های چهره‌ای، صوتی، زبانی، و فیزیولوژیکی) و استفاده از مدل‌های یادگیری ماشینی شخصی‌سازی‌شده، دقت تشخیص را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است (AUC بین 0.75 تا 0.89 در مطالعات مختلف). همچنین، معرفی نشانگرهای جدید مانند زمان پوشیدن دستگاه‌های پوشیدنی و استفاده از هوش مصنوعی قابل‌توضیح (XAI) برای شفاف‌سازی تصمیم‌گیری مدل‌ها، نوآوری‌های کلیدی در این حوزه هستند. این ابزارها نه‌تنها برای تشخیص زودهنگام و مداخلات به‌موقع مفیدند، بلکه با مقیاس‌پذیری و قابلیت استفاده در محیط‌های دنیای واقعی، مانند telemedicine، می‌توانند دسترسی به خدمات سلامت روان را بهبود بخشند.

چالش‌ها

یکی از چالش‌های اصلی در این پژوهش‌ها، اندازه نمونه‌های نسبتاً کوچک (بین 80 تا 200 شرکت‌کننده) است که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را به جمعیت‌های بزرگ‌تر محدود می‌کند. همچنین، تنوع در روش‌های جمع‌آوری داده‌ها و عدم استانداردسازی پروتکل‌ها بین مطالعات، مقایسه نتایج را دشوار می‌سازد. نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی، به‌ویژه در استفاده از داده‌های زبانی و رفتاری حساس، از دیگر موانع مهم است. این موضوع در مطالعاتی که از داده‌های غیرشناسایی‌شده استفاده می‌کنند (مانند PMCID: 9475406) تا حدی برطرف شده، اما همچنان نیاز به پروتکل‌های قوی‌تر برای حفاظت از داده‌ها وجود دارد. علاوه بر این، وابستگی به فناوری‌های دیجیتال مانند گوشی‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی ممکن است دسترسی را برای برخی جمعیت‌ها، به‌ویژه در مناطق کم‌برخوردار، محدود کند.

جهت‌گیری‌های آینده

برای غلبه بر این چالش‌ها، تحقیقات آینده باید بر انجام مطالعات طولی با نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر تمرکز کنند تا تعمیم‌پذیری نتایج بهبود یابد. توسعه پروتکل‌های استاندارد برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های زیستی دیجیتال، به‌ویژه در ترکیب داده‌های چندوجهی (مانند داده‌های فیزیولوژیکی، زبانی، و رفتاری)، می‌تواند دقت و قابلیت مقایسه را افزایش دهد. همچنین، ادغام روش‌های XAI در ابزارهای دیجیتال می‌تواند اعتماد پزشکان و بیماران را تقویت کند. طراحی اپلیکیشن‌های کاربرپسند و مقرون‌به‌صرفه و گسترش تحلیل به زبان‌ها و فرهنگ‌های مختلف، به همراه توجه به مسائل اخلاقی و حریم خصوصی، از دیگر اولویت‌های آینده هستند تا این فناوری‌ها به‌طور گسترده‌تر در سیستم‌های مراقبت سلامت روان مورد استفاده قرار گیرند.

# مراجع

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | S. Vairavan, "Personalized relapse prediction in patients with major depressive disorder using digital biomarkers," 2023. |
| [2] | M. Barac, "Wearable Technologies for Detecting Burnout and Well-Being in Health Care Professionals: Scoping Review," 2024. |
| [3] | E. Hurwitz, "Unlocking the potential of wearable device wear time to enhance postpartum depression screening and detection," 2024. |
| [4] | Z. Wang, "Personalized State Anxiety Detection: An Empirical Study with Linguistic Biomarkers and A Machine Learning Pipeline," 2023. |
| [5] | N. C. Jacobson, "Digital Biomarkers of Social Anxiety Severity: Digital Phenotyping Using Passive Smartphone Sensors," 2020. |
| [6] | S. Choudhary, "A Machine Learning Approach for Continuous Mining of Nonidentifiable Smartphone Data to Create a Novel Digital Biomarker Detecting Generalized Anxiety Disorder: Prospective Cohort Study," 2022. |
| [7] | E. Kerz, "Toward explainable AI (XAI) for mental health detection based on language behavior," 2023. |
| [8] | G. Anmella, "Exploring Digital Biomarkers of Illness Activity in Mood Episodes: Hypotheses Generating and Model Development Study," 2023. |
| [9] | Z. Jiang, "Multimodal mental health assessment with remote interviews using facial, vocal, linguistic, and cardiovascular patterns," 2023. |
| [10] | S. Carreiro, "Evaluation of a digital tool for detecting stress and craving in SUD recovery: An observational trial of accuracy and engagement," 2024. |

1. اضطرابی موقتی که در موقعیت‌های خاص (مانند موقعیت‌های اجتماعی) بروز می‌کند. [↑](#footnote-ref-1)
2. یک ویژگی پایدار شخصیتی است. [↑](#footnote-ref-2)
3. یک social media برای برقراری تماس تصویری [↑](#footnote-ref-3)