

به نام خدا



Intelligent differentiation between Parkinson's disease and essential tremor using wearable sensors and machine learning: a temporal validation study

تمایز هوشمند بیماری پارکینسون از ترمور اساسی با استفاده از حسگرهای پوشیدنی و یادگیری ماشین: یک مطالعه اعتبارسنجی زمانی

Xia W, Peng Y, et al. BMC Medical Informatics and Decision Making. 7-03650-026-12911s/10.1186 :IOD 26:358 ;2026

نویسنده ی اول : Xia W, Peng Y

ستاد راهنما : جناب آقای دکتر محمدرضا مظاهری

ارائه دهنده : فاطمه اکبرزاده

تاریخ ژورنال کلاب : 1405/7/20



اختصارات

، بیماری پارکینسون PD: Parkinson's disease

ET: Essential tremor

، لرزش اساسی

IMU: Inertial measurement unit

واحداندازه گیری اینرسی (حسگر حرکتی پوشیدنی)

AUC: Area under the curve،

سطح زیر منحنی

(معیار توان تمایز مدل)

SHAP: SHapley Additive exPlanations

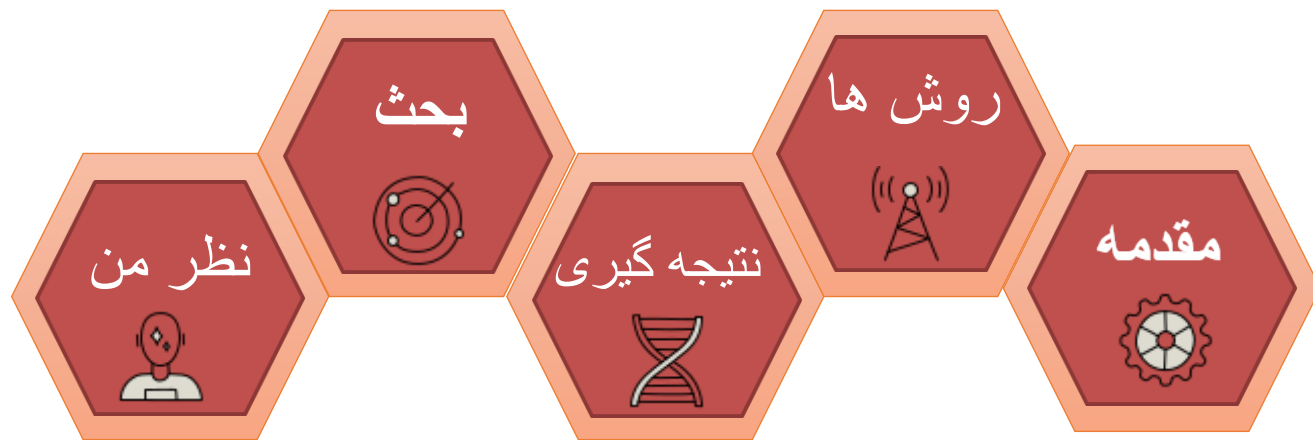
روشی برای نشان دادن سهم هر ویژگی در تصمیم مدل

XGBoost: Extreme Gradient Boosting

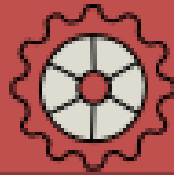
الگوریتم یادگیری ماشین مبتنی بر درخت تصمیم



فهرست مطالب



مقدمه





پیدمیولوژی



لرزش اساسی

بالای 65 ← 5.8%



پارکینسون

بالای 65 ← 1.7%



پارکینسون

بالای 80 ← بیش از 4%

- پارکینسون و لرزش اساسی دو اختلال حرکتی شایع هستند که با افزایش سن جمعیت جهان، شیوعشان رو به افزایش است. پارکینسون حدود ۱.۷٪ از افراد بالای ۶۵ سال در چین را درگیر می‌کند که در بالای ۸۰ سال به بیش از ۴٪ می‌رسد. لرزش اساسی شایع‌ترین اختلال حرکتی در جهان است و در افراد بالای ۶۵ سال به ۵.۸٪ می‌رسد.

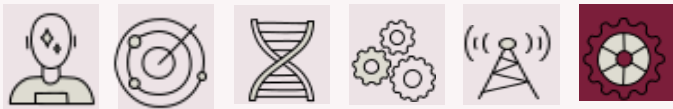




چالش ها

چالش تشخیص فعلی این دو بیماری تظاهرات بالینی همپوشان دارند اما روند پیشرفت و درمانشان کاملاً متفاوت است. تا یکسوم بیماران پارکینسون در ابتدا به اشتباه با لرزش اساسی تشخیص داده می‌شوند.





پاتوفیزیولوژی



ترمور اساسی (ET)

لرزش اساسی عمدتاً از اختلال مدار مخچه-تالاموس-قشر مغز ناشی می‌شود.



پارکینسون (PD)

مبنای زیستی و عصبی تفاوت دو بیماری پارکینسون ناشی از اختلال در مدار عقده‌های قاعده‌ای مغز است

این تفاوت‌های مداری زمینه‌ی نظری لازم برای تمایز این دو بیماری از طریق تحلیل حرکت را فراهم می‌کند.





محدودیت مطالعات قبلی



- شکاف پژوهشی و هدف مطالعه مطالعات پیشین با وجود استفاده از حسگر و یادگیری ماشین، محدودیت‌هایی مثل حجم نمونه کم و عدم شبیه‌سازی شرایط واقعی بالینی داشتند.





هدف و سؤال پژوهش

- این مطالعه با استفاده از حسگرهای پوشیدنی، مهندسی ویژگی چندمنظری و اعتبارسنجی زمانی، هدف تمایز دقیق‌تر و قابل‌تعمیم‌تر این دو بیماری را دنبال می‌کند.



روش اجرا





جمعیت



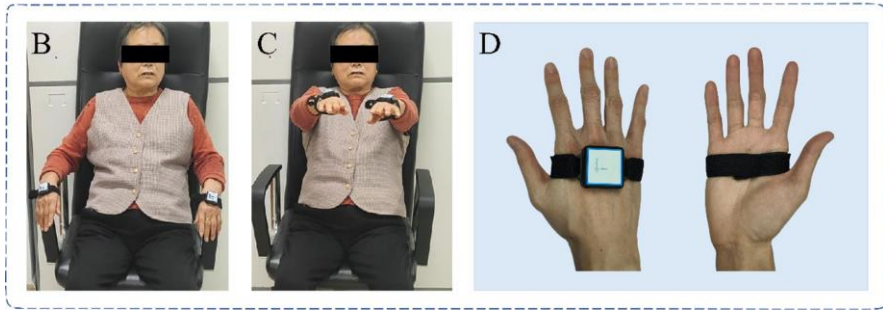
جمعیت و طراحی مطالعه ۹۳ بیمار (۴۲ پارکینسون،
۵۱ لرزش اساسی) بین ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۲
۲۵ بیمار مستقل (۱۱ پارکینسون، ۱۴ لرزش اساسی)
در سال ۲۰۲۴ برای اعتبارسنجی زمانی، از یک
مرکز درمانی ثبت نام شدند.





جمع آوری داده

پروتکل جمع آوری داده و حسگرها داده‌ها روی پشت دست‌ها، IMU از دو حسگر طی دو وظیفه ی ۳۰ ثانیه‌ای ثبت شد: لرزش استراحت (دست‌ها شل روی پا) و لرزش وضعیتی (بازوها جلو کشیده). هر حسگر شتاب، سرعت زاویه‌ای و داده‌های مغناطیسی را در سه محور ثبت می‌کند.



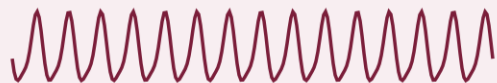
Source: Xia et al., BMC Med Inform Decis Mak 26:358;2026



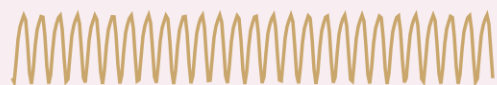
پردازش سیگنال

پردازش سیگنال و استخراج ویژگی سیگنال‌ها فیلتر شدند تا فقط بازه ی $1/5$ تا 20 هرتز (محدوده ی لرزش) باقی بماند، سپس به پنجره‌های 10 ثانیه‌ای تقسیم شدند

PD ~4-6 Hz



ET ~4-12 Hz





انتخاب ویژگی

از ۱۴۳ ویژگی به ۱۰ ویژگی

پاکسازی: حذف ویژگی‌های بی‌تغییر

رتبه‌بندی و نگهداشتن ۱۰ ویژگی برتر

نکته: همه‌ی این‌ها فقط روی داده‌ی آموزش و داخل هر دور اعتبارسنجی ← بدون نشت داده



5 مدل مختلف یادگیری ماشین با روش اعتبارسنجی تودرتو ارزیابی شدن

نکته ی مهم این بود که تکه های 10 ثانیه ای از بیمار هم در آموزش و هم در تست نبودن.

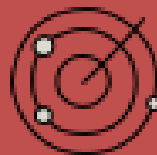


تفسیر با SHAP

برای تفسیر مدل از روش (شپ) استفاده شد که نشان می‌دهد هر ویژگی چقدر و در چه جهتی روی تصمیم مدل اثر گذاشته است. در هر دو حالت دست، فرکانس اوج شتاب مهم‌ترین ویژگی بود، به‌طوری‌که مقادیر بالاتر آن به سمت تشخیص لرزش اساسی و مقادیر پایین‌تر آن به سمت تشخیص پارکینسون پیش می‌رفت. دومین ویژگی مهم، همبستگی بین محورها بود که همین روند را نشان می‌داد. این یافته‌ها با دانش بالینی همخوانی دارد، چون فرکانس لرزش در لرزش اساسی معمولاً بین ۴ تا ۱۲ هرتز و در پارکینسون حدود ۴ تا ۶ هرتز است. در نتیجه مدل صرفاً یک جعبه‌سیاه نیست و منطق تصمیم‌گیری‌اش قابل توضیح و همسو با یافته‌های بالینی شناخته‌شده است.



نتیجه گیری





گروه ها

ساخت مدل: ۹۳ بیمار (۴۲ پارکینسون، ۵۱ لرزش اساسی)
آزمون نهایی: ۲۵ بیمار جدید (۱۱ پارکینسون، ۱۴ لرزش اساسی)





نتیجه روی داده ساخت مدل

با ویژگی های تلفیقی ایکس جی
بوست بهترین بود

در حالت استراحت دست	در حالت وضعیتی
%91	%93

رگرسیون لجستیک ضعیف ترین
بود



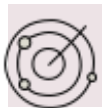


آزمون نهایی روی بیماران جدید

وضعیت	دقت	AUC
استراحت	88%	0.86
نگه داشتن دست	92%	0.90

مدل های دیگر : 68 تا 80 درصد
عملکرد نسبت به داده ساخت مدل
تقریبا افت نکرد





۴. مدل از روی چه چیزی تصمیم گرفت؟

تحلیل SHAP: سهم هر ویژگی در تصمیم مدل

۲. همبستگی بین محوری

همابستگی لرزش در جهتهای مختلف

مقدار بالاتر: لرزش اساسی

مقدار پایین تر: پارکینسون

۱. فرکانس اوج لرزش

مهمترین ویژگی در هر دو وظیفه

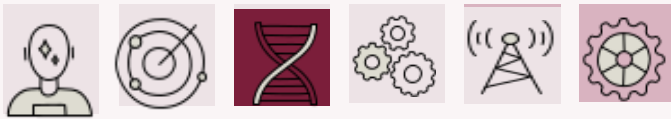
فرکانس بالاتر: لرزش اساسی

فرکانس پایین تر: پارکینسون



بحث

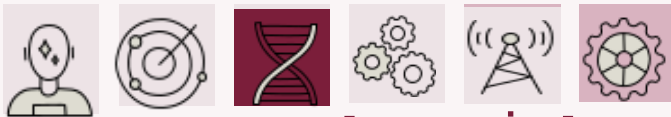




چرا XGBoost این قدر خوب بود؟

ترکیب دو نوع ویژگی: هم شدت کلی لرزش، هم هماهنگی جهتی آن
تجميع قطعه به بیمار، نویز تصادفی سیگنال را کم کرد
اعتبارسنجی تو در تو سخت گیرانه، از نشت داده جلوگیری کرد
مهم ترین نکته: عملکرد مدل روی بیماران کاملاً جدید هم حفظ شد، نه
فقط روی داده ی اولیه

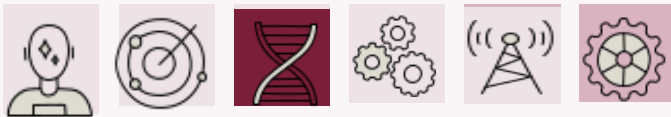




چرا این دو ویژگی مهم بودند؟ پیوند با فیزیولوژی

پارکینسون: اختلال در مدار عقده‌های قاعده‌ای
لرزش اساسی: اختلال در مدار مخچه-تالاموس-قشر مغز
این دو مدار فرکانس نوسانی متفاوتی دارند؛ به همین دلیل فرکانس لرزش
هم فرق می‌کند
در لرزش اساسی، سیگنال هماهنگ‌تر مخچه باعث همبستگی بین‌محوری
بالاتر می‌شود
این توضیح نوروفیزیولوژیک هنوز یک فرضیه است، نه قطعی اثبات‌شده





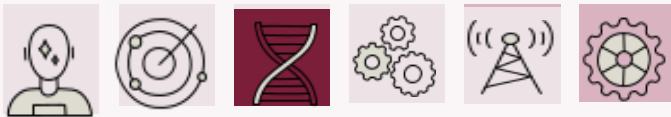
کاربرد بالینی و محدودیت‌ها

کاربرد: تشخیص سریع (چند دقیقه)، ارزان، غیرتهاجمی؛ قابل استفاده برای پایش پیشرفت بیماری یا پاسخ درمانی

تک‌مرکزی بودن؛ این اعتبارسنجی زمانی است، نه اعتبارسنجی خارجی بین چند مرکز

فقط داده حرکتی بدون ترکیب داده‌های دیگر مثل الگوی راه
حجم نمونه کوچک، به‌خصوص در مرحله ی اعتبارسنجی زمانی
(۲۵ نفر)



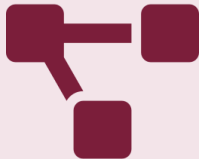


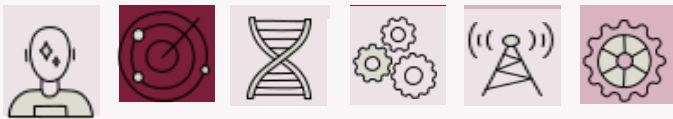
جمع بندی

پیام اصلی: یافته‌ها امیدوارکننده‌اند و با دانش پزشکی موجود همخوانی دارند

اما این یک کاوش مقدماتی است، نه ابزار آماده‌ی استفاده‌ی بالینی

قدم بعدی نویسندگان: مطالعه‌ی آینده‌نگر و چندمرکزی، ادغام داده‌های چندحالتی، آزمودن یادگیری عمیق هدف نهایی: ساخت ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری برای نورولوژیست



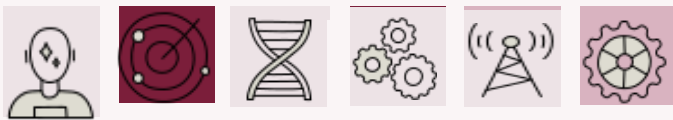


نتیجه‌گیری و پیام اصلی



ترکیب حسگرهای پوشیدنی، مهندسی ویژگی چندمنظری و یادگیری ماشین، روشی امیدوارکننده برای تمایز عینی پارکینسون از لرزش اساسی ارائه می‌دهد، اما این یافته‌ها مقدماتی‌اند و نیازمند اعتبارسنجی چندمرکزی با نمونه‌ی بزرگ‌تر هستند.





نقاط قوت



1

طراحی اعتبارسنجی زمانی نسبت به اکثر مطالعات مشابه که فقط اعتبارسنجی متقابل دارند، واقع‌گرایانه‌تر است.



2

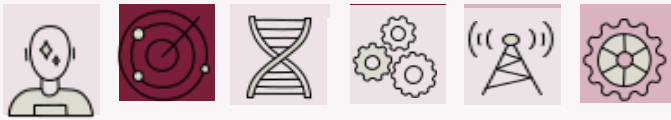
سخت‌افزار ساده، ارزان و غیرتهاجمی (فقط دو حسگر).



3

جلوگیری دقیق از نشت داده با تفکیک سطح بیمار، نه سطح تکه سیگنال. استفاده از SHAP برای تفسیرپذیری، نه فقط یک مدل جعبه‌سیاه





نقاط ضعف

مهم‌ترینش اینه که همه‌ی داده از یه بیمارستانه. یعنی این اعتبارسنجی زمانی نه اعتبارسنجی بیرونی واقعی، پس معلوم نیست مدل روی بیمارهای یه بیمارستان دیگه با تجهیزات و جمعیت متفاوت چطور عمل می‌کنه. ، به‌خصوص اون ۲۵ نفر گروه اعتبارسنجی زمانی که خیلی کمه و باعث می‌شه فواصل اطمینان عددها پهن باشه، یعنی نتیجه‌ها هنوز نیاز به تأیید با نمونه‌ی بزرگ‌تر دارن.

فقط از داده‌ی حرکتی دست استفاده کردن و هیچ داده‌ی دیگه‌ای مثل راه رفتن یا تصویربرداری مغزی رو وارد نکردن، پس نمی‌دونیم اگه این اطلاعات اضافه بشن نتیجه بهتر می‌شه یا نه.

مدت زمان لرنش بین دو گروه بیمار فرق معناداری داشت، و این می‌تونه یه عامل مخدوش‌کننده باشه





نظر شخصی و پیشنهادها



Xia W, Peng Y, Gao Z, et al. Intelligent differentiation of Parkinson's disease and essential tremor using wearable sensors and machine learning: a temporal validation study. BMC Med Inform Decis Mak. 2026;26:358. <https://doi.org/10.1186/s12911-026-03650-7>





Thanks for your attention

