

# ارزیابی آشکار سازی استرس مبتنی بر تغییرات نرخ ضربان قلب در مراقبت بلند مدت همراه



مهدی آذر نوش  
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد  
گروه مهندسی پزشکی  
E-mail:  
M\_Azarnoosh@mshdiau.ac.ir

محمدعلی خلیل زاده  
دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد  
گروه مهندسی پزشکی  
E-mail:  
makhalilzadeh@mshdiau.ac.ir

محسن شجاع جهان آباد  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد  
گروه مهندسی پزشکی  
E-mail:  
Moh\_shoja@yahoo.com

## ۳- نتایج تفکیک توسط شبکه‌های عصبی

پس از استخراج ویژگی‌های مناسب نوبت به طبقه‌بندی می‌رسد. هدف از این تحقیق تفکیک بین سه حالت استرس، وضعیت آرامش و تحرک (فعالیت بدنی) می‌باشد. بدین منظور از سه شبکه عصبی MLP، NARX و LRN برای تفکیک سه حالت استفاده شده است. در ادامه از روش ترتیبی رو به جلو با دسته بندی کننده بیزین برای پیدا کردن بهترین ترکیب ویژگی‌ها استفاده کرده ایم تا بتوانیم با این کار به کاهش حجم محاسبات کمک بیشتری کرده باشیم. در جدول ۱ ویژگی‌های بهینه انتخاب شده از سیگنال HRV آورده شده است. و در جدول ۲ مقایسه تفکیک کننده‌های استفاده شده در این تحقیق قبل و بعد از انتخاب ویژگی‌های بهینه نمایش داده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های بهینه انتخاب شده از سیگنال HRV

| ردیف | نوع دسته ویژگی  | مقادیر |
|------|-----------------|--------|
| ۱    | زمانی           | ۹      |
| ۲    | فرکانسی         | ۷      |
| ۳    | غیرخطی          | ۱۲     |
| ۴    | زمانی و فرکانسی | ۱۶     |
| ۵    | تمام ویژگی‌ها   | ۲۸     |

| ردیف | نوع دسته ویژگی  | مقادیر |
|------|-----------------|--------|
| ۱    | زمانی           | ۹      |
| ۲    | فرکانسی         | ۷      |
| ۳    | غیرخطی          | ۱۲     |
| ۴    | زمانی و فرکانسی | ۱۶     |
| ۵    | تمام ویژگی‌ها   | ۲۸     |

جدول ۲: مقایسه تفکیک کننده‌های استفاده شده در این تحقیق

| ردیف | نوع دسته ویژگی  | مقادیر |
|------|-----------------|--------|
| ۱    | زمانی           | ۹      |
| ۲    | فرکانسی         | ۷      |
| ۳    | غیرخطی          | ۱۲     |
| ۴    | زمانی و فرکانسی | ۱۶     |
| ۵    | تمام ویژگی‌ها   | ۲۸     |

## ۴- نتیجه گیری

هدف اصلی از انجام این تحقیق طراحی و ارائه سیستمی بود، که از طریق آن تفکیک بین سه حالت استرس، وضعیت آرامش و تحرک (فعالیت بدنی) فرد را انجام دهیم. بهترین نتیجه در تفکیک ۳ کلاس قبل از انتخاب ویژگی‌های بهینه، به ترتیب با ویژگی‌های زمانی، فرکانسی، غیر خطی، ترکیب زمانی و فرکانسی و ترکیب تمام ویژگی‌ها با استفاده از شبکه عصبی MLP، با صحت  $0.94/0.86/0.84$ ،  $0.88/0.86/0.84$  و  $0.94/0.86/0.84$  بدست آمده است. و بهترین نتیجه در تفکیک ۳ کلاس بعد از انتخاب ویژگی‌های بهینه، به ترتیب با ویژگی‌های زمانی، فرکانسی، غیر خطی، ترکیب زمانی و فرکانسی و ترکیب تمام ویژگی‌ها با استفاده از شبکه عصبی MLP، با صحت  $0.97/0.90/0.86$ ،  $0.95/0.86/0.84$  و  $0.97/0.90/0.86$  بدست آمده است. در ادامه مبتنی بر روش اعتبار سنجی Loo داده‌های یک نفر از ده سوزه کنار گذاشته شده و آموزش شبکه با ۹ نفر باقیمانده انجام گرفت. همین روال برای بقیه تکرار شد و صحت کلی به طور میانگین و انحراف معیار به ترتیب برای شبکه‌های عصبی MLP، NARX و LRN  $0.89/0.84/0.89$ ،  $0.86/0.84/0.89$  و  $0.81/0.79/0.81$  در صد بدست آمده است. نتایج روش Loo نشان می‌دهد که شبکه عصبی MLP، هم از لحاظ در صد تفکیک و هم از لحاظ انحراف معیار، بهترین تفکیک کننده می‌باشد. با مقایسه نتایج این سه شبکه عصبی به این نتیجه می‌رسیم که به ترتیب، شبکه‌های عصبی MLP، NARX و LRN بالاترین صحت را در تمام حالات داشته‌اند. در ادامه با مقایسه ای که بین ویژگی‌های خطی و غیرخطی صورت گرفت به این نتیجه رسیدیم، که توسط شبکه عصبی، که روشی غیر خطی است، ویژگی‌های غیرخطی صحت تفکیک بالاتری نسبت به ویژگی‌های زمانی و فرکانسی نشان داده اند، ولی با ترکیب ویژگی‌های زمانی و فرکانسی به صحت تفکیک بالاتری نسبت به ویژگی‌های غیرخطی رسیدیم. نکته قابل توجه در این بخش مقاوم (robust) بودن ویژگی‌های غیرخطی است. با مقایسه نتایج حاصل در مرحله آموزش و آزمایش در استفاده از ویژگی‌های خطی و غیرخطی دیده می‌شود، اختلاف نتایج این دو مرحله به ازای ویژگی‌های غیرخطی نسبت به ویژگی‌های خطی کمتر است و این به معنی آنست که به ازای ویژگی‌های غیرخطی تفکیک کننده مقاوم تر در برابر تغییرات آموزش می‌بیند. در نهایت با مقایسه این دو نوع دسته ویژگی‌ها به این نتیجه رسیده شد، که با ترکیب ویژگی‌های خطی و غیر خطی بهتر می‌توان دینامیک سیگنال HRV را آشکار کرد.

## رویکردهای ویژه تحقیق

- مساله تحقیق: برای اولین بار در این تحقیق ارائه شده است. در تمام تحقیقات گذشته تفکیک بین دو حالت استرس و آرامش انجام شده است، ولی در این تحقیق تفکیک بین سه حالت استرس، آرامش و تحرک صورت گرفته است.
- پروتکل ثبت: طراحی پروتکل ثبت دراز مدت در این تحقیق صورت گرفته است، به این منظور از ۱۰ نفر داوطلب به مدت ۷۰ دقیقه سیگنال ECG به صورت همراه تحت پروتکل طراحی شده ثبت شد. افراد در سه حالت آرامش، استرس و تحرک (فعالیت بدنی) به طور متوالی با زمان‌های ۳، ۳ و ۵ دقیقه قرار گرفتند.
- داده بومی: داده‌های تحقیق در دانشگاه آزاد اسلامی مشهد توسط دستگاه ثبت همراه g.MOBILab جمع آوری شده است.
- تحلیل تک سیگنال: در تمام تحقیقات گذشته تفکیک توسط ترکیب چند سیگنال انجام شده است، ولی در این تحقیق تنها از سیگنال HRV استفاده شده است. بالا بودن صحت تفکیک نشان می‌دهد، سیگنال HRV نسبت به سایر سیگنال‌ها به‌تر می‌تواند اثرات استرس بر بدن را آشکار کند، و می‌توان از آن جهت تعیین شاخص استفاده کرد.

## ۵- پیشنهادات

- استفاده از چند آزمون مختلف برای ایجاد استرس در پروتکل ثبت به جای یک آزمون
- طولانی کردن زمان ثبت و انجام فعالیت‌های متنوع تر برای نزدیک شدن به شرایط زندگی واقعی
- استفاده از سوزه‌های متنوع در بین رده‌های سنی مختلف برای کارایی بیشتر روش مورد مطالعه
- ارائه شاخص‌های مختلف که در حداقل زمان بتواند سطح استرس را به درستی تشخیص دهد.
- تحقیق در مورد مقایسه تأثیر حالات روحی دیگر علاوه بر استرس مانند هیجان، ترس، ناراحتی و ... بر بدن و تفکیک آنها با استفاده از سیگنال HRV
- تحقیق در مورد تشخیص بیماری‌های قلبی-عروقی با استفاده از سیگنال HRV
- ایجاد استرس حین فعالیت بدنی به سوزه و تشخیص استرس تحت فعالیت بدنی
- تلفیق این تحقیق با دیگر پروژه‌های مرتبط با مراقبت همراه مبتنی بر ضربان قلب و ارائه یک سیستم جامع سلامت (تشخیص خستگی، کاری متری مبتنی بر ضربان قلب)

## ۶- مراجع

[1] J.Choi, B.Ahmed and R.Gutierrez, "Development and Evaluation of an Ambulatory Stress Monitor Based on Wearable Sensors", IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 16, NO. 2, MARCH (2012).

[2] L.Salahuddin, J.Cho, M.Gi Jeong and D.Kim, "Ultra Short Term Analysis of Heart Rate Variability for Monitoring Mental Stress in Mobile Settings", Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France August 23-26, (2007).

[3] G.Tartarisco, G.Baldus, D.Corda, R.Raso, A.Arnao, M.Ferro, A.Gaggioli, G. Pioggia, "Personal Health System architecture for stress monitoring and support to clinical decisions", Computer Communications. Elsevier B.V. (2011).

[4] S.Boonithi, "Comparison of Heart Rate Variability Measures for Mental Stress Detection", Computing in Cardiology (2011).

[5] P.Melillo, M. B, "Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination", BioMedical Engineering OnLine, (2011).

[6] عارفی، ر. کمی سازی تغییرات سطح استرس با استفاده از سیگنال‌های سایکوفیزیولوژی. گروه مهندسی پزشکی، مشهد، ایران. دانشگاه آزاد اسلامی. کارشناسی ارشد.

## چکیده

استرس واژه‌ای برای توصیف واکنش بدن به درک خطرات فیزیکی یا روانی است. استرس می‌تواند برای نگه داشتن هشدار در موقعیت‌های خطرناک و تمرکز برای پاسخگویی به چالش‌ها مفید باشد. هدف از این تحقیق نظارت بلند مدت بر استرس مبتنی بر تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV) در طول فعالیت‌های روزانه افراد می‌باشد. به این منظور از ۱۰ نفر داوطلب به مدت ۷۰ دقیقه سیگنال ECG به صورت همراه تحت پروتکل طراحی شده ثبت شد. افراد در سه حالت آرامش، استرس و تحرک (فعالیت بدنی) به طور متوالی با زمان‌های ۳، ۳ و ۵ دقیقه قرار گرفتند. از سیگنال HRV ویژگی‌های مختلف خطی در حوزه زمان و فرکانس و غیرخطی استخراج و تفکیک بین سه حالت، توسط سه شبکه عصبی قبل و بعد از انتخاب ویژگی‌های بهینه، انجام شد. در ادامه به منظور انتخاب ویژگی‌های از روش ترتیبی رو به جلو با دسته بندی کننده بیزین برای پیدا کردن بهترین ترکیب ویژگی‌ها استفاده شد. تفکیک بین سه حالت آرامش، استرس و تحرک (فعالیت بدنی) توسط شبکه‌های عصبی MLP، NARX و LRN، قبل از انتخاب ویژگی‌های بهینه به ترتیب با ترکیب تمام ویژگی‌ها با صحت  $0.94/0.86/0.84$ ،  $0.88/0.86/0.84$  و  $0.94/0.86/0.84$  انجام شده است.

در ادامه اعتبار سنجی به روش Loo و برای سه شبکه عصبی انجام گرفت، که صحت کلی به طور میانگین و انحراف معیار به ترتیب برای شبکه‌های عصبی MLP، NARX و LRN  $0.89/0.84/0.89$ ،  $0.86/0.84/0.89$  و  $0.81/0.79/0.81$  در صد بدست آمده است. نتایج روش Loo نشان می‌دهد که شبکه عصبی MLP، هم از لحاظ در صد تفکیک و هم از لحاظ انحراف معیار، بهترین تفکیک کننده می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** نظارت بلند مدت همراه، تغییرات نرخ ضربان قلب، الکتروکاردیوگرام، استرس، تحرک، مراقبت همراه، پردازش سیگنال، فعالیت روزانه، شبکه عصبی MLP، شبکه عصبی NARX، شبکه عصبی LRN.

## ۱- مقدمه

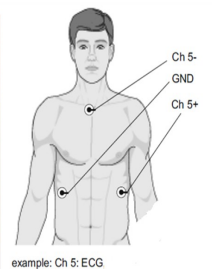
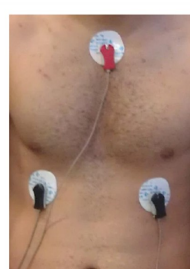
هر فردی استرس را در زندگی خود تجربه کرده است و در واقع استرس بخشی از زندگی انسان شده است. استرس عبارت است از حالت اضطراب و فشار درونی که انسان برای مواجه شدن با خطر یا مشکلات جدی با ترشح هورمون‌هایی خود را برای مقابله آماده می‌کند، که البته تا این حد خوب و برای روند زندگی لازم است. ولی هرگاه در فردی استرس توسعه پیدا کرد و این حالت در طول روز و بدون علت منطقی مشاهده شد می‌گوئیم، فرد دچار استرس بیش از حد است. استرس علاوه بر اثرات روانی، پیامدهای جسمی متعددی از جمله سکنه‌های مغزی، قلبی، فشار خون، پوکی استخوان، زخم معده و بیماری‌های روحی رفتاری دارد و هیچ عضوی یا ارگانی از بدن از اثرات استرس مصون نیست.

ضربان قلب یک پدیده طبیعی فیزیولوژیکی است، که در آن فاصله بین ضربان قلب پی در پی از یک فرد در طول زمان متفاوت است. اصطلاح "تغییرات ضربان قلب" به طور گسترده‌ای برای توصیف تغییرات هر دو ضربان قلب لحظه‌ای و فاصله بین ضربان قلب پذیرفته شده است. فواصل بین ضربان قلب اطلاعات زیادی در مورد استرس را از طریق تعامل بین قلب و سیستم اعصاب خودکار ارائه می‌کند. سیستم اعصاب خودکار از دو شاخه اصلی تشکیل شده است: سیستم عصبی سمپاتیک (SNS) و سیستم عصبی پاراسمپاتیک (PNS). شاخه SNS ضربان قلب را افزایش می‌دهد، و به آماده‌سازی بدن برای عمل در واکنش به تهدیدات بالقوه به اصطلاح واکنش کمک می‌کند. شاخه PNS، از سوی دیگر، تعداد ضربان قلب را کاهش می‌دهد و تحت شرایط غیر چالشی و یا استراحت بسیار فعال است، که در پی آن بدن به سمت حالت استراحت می‌رود. تأثیر PNS بر روی ضربان قلب، تمایل دارد که در یک مقیاس زمانی بسیار کوتاه‌تر از تأثیر SNS رخ دهد. از اینرو، به تجزیه و تحلیل نوسانات در دوره ضربان به ضربان، که معمولاً به‌عنوان تجزیه و تحلیل تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV) اشاره شده است، می‌توان سبم هر دو شاخه را از هم جدا و به سطح استرس پی برد. تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV) اندازه‌گیری محسوب و غیر تهاجمی برای تشخیص بیماری‌های قلبی عروقی، فعالیت ANS و اندازه‌گیری اولیه قابل اعتماد برای استرس می‌باشد. امروزه بسیاری از تجهيزات پزشکی تجاری موجود، آنرا به صورت خودکار اندازه می‌گیرند.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱ مجموعه داده

با توجه به اینکه تحقیق با حالت استرس افراد سروکار دارد، نیاز است که سوزه‌ها از نظر میزان استرس عمومی در حد قابل قبولی باشند به این منظور از پرسشنامه STAI استفاده شده است. این پرسشنامه به منظور استفاده مشاوران، روان‌شناسان بالینی و روان‌پزشکان توسط اسپیل برگر و همکارانش در سال ۱۹۷۷ تدوین شده است. آزمون دارای چهل عبارت است که احساس اضطراب را به دو صورت حالت (برگه S) و ویژگی (برگه T) می‌سنجد. در این پروژه جامعه مورد مطالعه دارای مشخصه‌های عمومی سالم است و روی بیماری خاصی تمرکز نشده است. مبنای سالم بودن افراد، اظهار سلامت خود افراد بوده است. افراد انتخاب شده از میان دانشجویان کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد گروه مهندسی پزشکی بوده است. برای ثبت ۱۰ سوزه انتخاب شده است. سوزه‌ها با محدوده سنی بین ۲۵ تا ۳۰ سال و بدون سابقه بیماری قلبی، و از جنس مذکر بودند. با توجه به نیاز به ثبت همراه و همچنین مشخصات فنی خوب، برای ثبت داده از دستگاه g.MOBILab ساخت شرکت g-tec استفاده شده است. تمامی سیگنال‌ها با نرخ ۲۵۶ نمونه بر ثانیه و دقت تفکیک ۱۶ بیت، نمونه برداری شده اند. شکل ۱ جایگاه مناسب الکترودها برای ثبت سیگنال ECG را نشان می‌دهد. و در شکل ۲ سوزه در حال دوچرخه سواری نمایش داده شده است.



شکل ۱: جایگاه الکترودها برای ثبت سیگنال ECG

شکل ۲: سوزه در حال ثبت سیگنال

### ۲-۲ آزمون ایجاد استرس

آزمایش این تحقیق مبتنی بر محاسبات ریاضی به صورت ذهنی بوده و توسط نرم افزار visual basicY ایجاد شده است. در این آزمایش سوزه بر روی صندلی، روبروی صفحه نمایش رایانه در فاصله ۴۰ سانتیمتری آن قرار گرفته و یک عدد هدفون بر روی گوش‌های وی قرار می‌گیرد و در حین انجام آزمایش سیگنال ECG از او ثبت می‌شود. در مرحله آموزش سوزه به ۵ عبارت ریاضی بدون محدودیت زمان پاسخ داده و پس از مرحله آموزش، به مدت سه دقیقه در حالت آرامش قرار می‌گیرد. و پس از مرحله آزمایش، سوزه به قسمت استراحت وارد می‌شود. در این قسمت سوزه به مدت سه دقیقه به حالت استراحت می‌رود و از هدفون آهنگ آرامش بخشی پخش می‌شود. در مرحله آزمایش، زمان به دو صورت به سوزه اعلام می‌شود: ۱- از طریق نوار افزایشی صفحه آزمون ۲- از طریق صدای Beep که از هدفون پخش می‌شود. هرچه زمان باقی‌مانده جهت پاسخ به هر عبارت کمتر می‌شود، فرکانس صدای Beep افزایش می‌یابد. به این ترتیب طرح نهایی دارای عوامل استرس زای زیر می‌باشد:

۱- محدودیت زمانی جهت پاسخ‌دهی ۲- تغییر فرکانس صدای Beep ۳- جستجو پاسخ در بین اعداد بهم ریخته

### ۲-۳ استخراج سیگنال تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV)

روش شناسایی و استخراج RR استفاده شده در این تحقیق الگوریتم Pan-Tompkins می‌باشد.

### ۲-۴ استخراج ویژگی از سیگنال تغییرات نرخ ضربان قلب

در این تحقیق ویژگی‌های مختلفی با توجه به تحقیقات و کارهای انجام گرفته در این زمینه و بررسی‌های انجام شده استخراج شده است. این ویژگی‌ها را می‌توان به‌طور کلی در سه دسته زمانی، فرکانسی و غیرخطی دسته‌بندی کرد.