

مروری بر مقالات مرتبط با طبقه بندی خودکار بی نظمی ها در پیش بینی سگته قلبی

احمد کیا کجوری^{۱*}، مهدی عبدالصالحی^۲

- ۱- گروه مهندسی برق، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
۲- گروه مهندسی پزشکی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

چکیده

بیماری های قلبی عروقی علت اصلی مرگ و میر در مردان و زنان در سراسر جهان است. در این میان، سگته قلبی با توجه به نرخ مرگ و میر آن، یکی از مهم ترین بیماری های قلبی عروقی به شمار می رود. تشخیص سگته قلبی با استفاده از سیستم های شناسایی الگو موضوعی چالش برانگیز است. همچنین این امر نیازمند به دست آوردن ویژگی های مناسبی است که بتوانند تا حدودی این سیستم پیچیده را توصیف نمایند. الگوریتم های مختلفی برای شناسایی سگته قلبی از روی سیگنال ECG ارائه شده اند. در این الگوریتم ها غالباً ویژگی های حوزه زمان یا فرکانس سیگنال ECG به کار گرفته شده است. این ویژگی ها شامل مشخصات ساختاری شکل موج ECG مانند فاصله دو پیک متوالی R، عرض کمپلکس QRS، طول قطعه ST و نرخ ضربان قلب و ... است.

کلمات کلیدی: سیگنال الکتروکاردیوگرام (ECG)، نرخ ضربان قلب (HRV)، سگته قلبی

مقدمه

امروزه با وجود توصیه های مداوم در حوزه اهمیت عواملی چون تغذیه مناسب، تحرک و فعالیت جسمانی، پرهیز از استعمال دخانیات و استرس و سایر عوامل محیطی موثر بر تندرستی، شیوع بیماری های تهدید کننده سلامت در حال افزایش است. در میان این بیماری ها، بیماری های قلبی- عروقی که یکی از مهمترین عوامل مرگ و میر انسان هستند و از این رو پیش گیری، تشخیص و درمان آن ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

بیماری های قلبی عروقی علت اصلی مرگ و میر در مردان و زنان در سراسر جهان است. یکی از مهم ترین بیماری های قلبی عروقی گرفتگی عضله قلبی است. با توجه به آمار یکسال گذشته از هر ۸۰۰ مورد مرگ روزانه، ۳۶۰ مورد آنها بر اثر بیماری های قلبی و عروقی بوده است. مرگ میرها در جهان ناشی از گرفتگی عضله قلبی حدوداً ۳۰ درصد است که بیش از ۵۰٪ آن قبل از رسیدن به بیمارستان رخ می دهد. میزان مرگ و میر داخل بیمارستانی در دو دهه گذشته حدود ۳۰٪ کاهش یافته است. اما تقریباً از هر ۲۵ بیماری که پس از انفارکتوس حاد زنده می مانند یک نفر در طول سال اول می میرد. در آغاز قرن بیستم بیماری های قلبی عروقی مسئول ۱۰٪ کل مرگ ها در جهان بود. اما در آغاز قرن بیست و یکم بیماری های قلبی مسئول ۵۰٪ مرگ ها در کشورهای توسعه یافته و ۲۵٪ مرگ ها در کشورهای در حال توسعه است. بیماری های قلبی شامل فشار خون بالا، بیماری عروق کرونری، نارسایی قلبی، سگته قلبی و عیوب مادر زادی قلبی است.

انفارکتوس میوکارد یا حمله قلبی به معنی انهدام و مرگ سلولی دائم و غیرقابل برگشت در بخشی از عضله قلب (میوکارد) است. این

عارضه به علت از بین رفتن جریان خون و وقوع یک ایسکمی شدید رخ می دهد. این توقف گردش خون ممکن است ناگهانی و بدون هیچ علائم قبلی نمایان گردد یا پس از چند حمله آنژینی (درد قفسه سینه) نمود یابد. عمده ترین دلیل سکته قلبی بسته شدن عروق کرونر است، که منجر به درد موضعی قفسه سینه شده که در مرکز شروع و به سمت آرواره بازوها پشت و گردن انتشار پیدا می کند و بیشتر از ۲۰ دقیقه طول می کشد. این بیماری در صورت عدم تشخیص به موقع منجر به مرگ بیمار می گردد.

روش کار مقالات مختلف

الگوریتم های مختلفی برای شناسایی سکته قلبی از روی سیگنال ECG ارائه شده اند. در این الگوریتم ها غالباً ویژگی های حوزه زمان یا فرکانس سیگنال ECG به کار گرفته شده است. این ویژگی ها شامل مشخصات ساختاری شکل موج ECG مانند فاصله دو پیک متوالی R، عرض کمپلکس QRS، طول قطعه ST و نرخ ضربان قلب و ... است.

فیلیپ دی چزال و همکاران در مرجع [۱] ۵ ضربان نرمال، ضربان اکستروپیک بطنی (VEB)، ضربان خارج رحمی سوپراوانتراکال (SVEBs)، ترکیب نوعی ضربان نرمال و ناشناخته را طبقه بندی کرده اند. آنها نقطه پایانی را به صورت دستی تعیین کردند. آنها از ویژگی های مورفولوژی ECG، فاصله R-R و اطلاعات تقسیم بندی ضربان قلب برای تشخیص استفاده کردند. حساسیت برای SVEB VEB 75.9% و برای VEB 77.7%، و مقادیر پیش بینی مثبت ۳۸.۵٪ و ۸۱/۹٪ و نرخ مثبت کاذب ۴.۷٪ و ۱.۲٪ به ترتیب به دست آمد.

Turker Ince و همکاران در مرجع [۲] یک طبقه بندی ضربان الکتروکاردیوگرام (ECG) مخصوص بیمار پیشنهاد کردند که برای پیش بینی دقیق سکته قلبی طراحی شده است. آنها از تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA) برای تبدیل موجک دینامیکی (DWT) و ANN برای پیش بینی ECG استفاده کردند. در اینجا الگوریتم بهینه سازی ذرات چند بعدی (MD-PSO) با ANN استفاده گردید.

SI و همکارانش در مرجع [۳] بیان کردند که ویژگی های برگرفته از ECG برای پیش بینی تخریب مجاری بطنی زودرس (OT) و (PVC) قبلاً ارائه شده است، اما پیش بینی های موثر برای عروق کرونری راست (RCC) باقی مانده است. ۱۰۶ بیمار (۵۹ مرد، ۱۴ ± ۵۶ سال) که تحت درمان قرار گرفته بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. الگوهای مختلف الکتروکاردیوگرام و اندازه گیری ها برای شناسایی ویژگی های منحصر به فرد انقباضات زودرس بطنی RCC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. شاخص زمان موج R (RWDI) به عنوان یک درصد با تقسیم طول دوره ی کمپلکس QRS با طولانی ترین طول موج R در لید V1 یا V2 محاسبه شد. نتایج نشان داد که RWDI > 43.6% و دامنه موج S در aVL < 0.95mV است و مقادیر پیش بینی RCC PVC با حساسیت ۸۳٪ به دست آمد. پیش بینی های زیادی در زمینه مرگ ناگهانی قلبی و فیبریلاسیون دهلیزی انجام شده است که به نتایج خوبی دست یافته اند.

azneitA و همکارانش در مرجع [۴] توانستند با استفاده از استخراج ۱۳ ویژگی (۳ گروه اصلی: پارامترهای زمانی و پارامترهای طیفی و پارامترهای پیچیده) و در نهایت استفاده از ماشین بردار پشتیبان مرگ ناگهانی قلبی را پیش بینی کنند.

zerimaR و همکارانش [۵] توانستند با استفاده از استخراج ویژگی هایی نظیر پراکندگی جبرانی رپولاریزاسیون و شاخص کمی کننده موج T و شیب ضربان قلب تلاطم مرگ ناگهانی قلبی را پیش بینی کنند و بهترین نتایج زمانی حاصل گردیده است که از ترکیب دو ویژگی AAI و $\Delta \alpha$ استفاده کردند و توانستند مرگ ناگهانی قلبی را پیش بینی کنند.

در مقاله Siderid و همکارانش [۶] به ساخت مدل های پیش بینی فشار خون شریانی مداوم با استفاده از شبکه های بازگشتی پرداخته

اند. در این مقاله یک روش برای توسعه مدل های بسیار دقیق و مداوم فشار خون شریانی (ABP) تنها با استفاده از فوتوپلتیسموگرافی (PPG) انگشت ارائه شده است. در مقایسه با رویکردهای پیشین، محققین در این مقاله به توسعه یک سیستمی پرداخته اند که نشان می دهد رفتار زمانی پویا باعث افزایش دقت در مدل سازی ABP می شود. روش ارائه شده، مانیتورینگ فشار خون مداوم را برای بیماران از طریق سیستم سلامت کنترل از راه دور (RMS) بدون ناراحتی از کاف فشار خون یا سنسور ECG امکان پذیر می کند. چنین سیستمی بطور بالقوه باعث افزایش رضایت بیمار و ارائه طبقه بندی دقیق تر خطر و پیش بینی بوده و به نوبه خود، این می تواند منجر به مدیریت بهتر نارسایی قلبی شود.

در مقاله Ge و همکارانش [۷] به تبعیض در مراحل مختلف انفارکتوس میوکارد (سکته قلبی) با استفاده از الکتروکاردیوگرام پهن باند پرداخته اند. اغلب سیگنال های الکتروکاردیوگرام معمولی (ECG) معمولاً انرژی سیگنال را در باند ۰.۵ تا ۱۰۰ هرتز حفظ می کنند؛ اما فرکانس های بالاتر حاوی اطلاعات تشخیصی ارزشمند هستند که در سیگنال های ECG پهن باند وجود دارد. در واقع مطالعات موجود بر روی تشخیص انفارکتوس میوکارد مبتنی بر کامپیوتر بر اساس سیگنال های معمول ECG است و اطلاعات تشخیصی ارزشمند هنوز به اندازه کافی مورد استفاده قرار نگرفته است. در این تحقیق از ضرایب خودکارآمدی چند متغیره سیگنال های ECG متعامد (OECG) با پهن باند در طبقه بندی مراحل مختلف انفارکتوس میوکارد شامل HC، MIES و MIAS استفاده شده است. نتایج تجربی این تحقیق نشان می دهد که دقت طبقه بندی انفارکتوس میوکارد توانسته با سیگنال های ECG پهن باند بهبود یابد و ویژگی های استخراج شده از سیگنال های OECG پهن باند با فرکانس ۰-۲۵ هرتز بهترین نماینده برای تشخیص مراحل مختلف انفارکتوس میوکارد بوده است. علاوه بر این از سیگنال OECG پهن باند ویژگی های طبقه بندی شده و کارآمدی می توانند برای طبقه بندی مراحل انفارکتوس میوکارد با دقت بالا استخراج شوند. در این مقاله از مدل رگرسیون چند متغیره خودکار (MAR)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و درخت تصمیم گیری باینری برای استخراج ویژگی های طبقه بندی از سیگنال های OECG پهن باند بهره برده شده است.

در مقاله [۸] بیان شد که نارسایی احتقانی قلب یک بیماری قلبی مزمن است که همراه با علائم ناتوان کننده ای است که منجر به افزایش مرگ و میر، بیماری، هزینه های مراقبت های بهداشتی و کاهش کیفیت زندگی می شود. الکتروکاردیوگرام (ECG) یک روش تشخیصی غیرتهاجمی و ساده است که ممکن است تغییرات قابل تشخیص CHF را نشان دهد. با این حال، تشخیص دستی سیگنال ECG اغلب به دلیل دامنه و مدت زمان کمی از سیگنال های ECG دچار خطا می شود و به طور جداگانه، برای تشخیص CHF حساس و خاص نیست. یک سیستم خودکار رایانه ای می تواند عینیت تشخیصی و قابلیت اطمینان سیگنال های ECG را در CHF افزایش دهد. ما در اینجا یک مدل شبکه عصبی کانولوشن عمیق ۱۱ لایه (CNN) برای تشخیص CHF در اینجا ارائه شد. این مدل پیشنهادی CNN به حداقل پردازش سیگنال های ECG نیاز دارد و هیچ ویژگی مهندسی یا طبقه بندی مورد نیاز نیست. برای آموزش و آزمایش مدل پیشنهادی CNN از چهار مجموعه مختلف داده (A، B، C و D) استفاده شد. مدل پیشنهادی CNN می تواند عملی شود و با ارائه تفسیر عینی تر و سریعتر از سیگنال های ECG به عنوان یک کمک تشخیصی برای متخصص قلب و عروق عمل می کند.

در مقاله [۹] روشی بر اساس دو مدل یادگیری عمیق شامل یک شبکه عصبی کانولوشنی (CNN) و یک شبکه عصبی بازخداد (RNN) برای تشخیص سکته میوکاردیال حاد (AMI) از روی نمونه سیگنال های ECG پایگاه داده ECG-VIEW II ارائه شده است. در این مرجع از تکنیک نمونه گیری بیش از حد اقلیتی ترکیبی (SMOTE) برای عدم تعادل کلاس ها استفاده شده است. نتایج این مرجع نشان دهنده دقت ۸۹٪/۹، ۸۴٪/۶ برای مدل های RNN، CNN است.

در مرجع [۱۰] از روش شبکه عصبی بازخداد (RNN) برای تشخیص سکته میوکاردیال بر اساس سیگنال ECG و ویژگی های کلینیکی

استفاده شده است. این ویژگی ها شامل سن، جنسیت، سیگار کشیدن، فشار خون و سطح چربی خون در کنار ۱۲ لید سیگنال ECG به منظور بهبود عملکرد کلاس بندی استفاده شده است. نتایج اعمال روش پیشنهادی این روش بر روی پایگاه داده PTB نشان عملکرد مناسب این روش در کلاس بندی سیگنال ECG برای تشخیص سگته میوکاردیال است.

در مرجع [۱۱] دو چارچوب شامل ادغام تصویر چند حالت (MIF) و ادغام ویژگی چند حالت (MFF) برای تشخیص سگته میوکاردیال ارائه شده است. در این روش، سیگنال ECG در ورودی های دو چارچوب ذکر شده به سه تصویر مختلف با استفاده از میدان زاویه ای گرامیان (GAF)، طرح بازخداد (RP) و میدان تبدیل مارکوف (MTF) تبدیل می شوند. سپس این سه تصویر با سه حالت مختلف ادغام شده و به یک تصویر واحد تبدیل می شوند و به عنوان ورودی به شبکه عصبی کانولوشنی (CNN) اعمال می گردند. نتایج پیاده سازی این روش بر روی پایگاه داده MIT-BIH بیانگر عملکرد موثر این روش در تشخیص آریتمی قلبی و تشخیص سگته میوکاردیال است.

در مرجع [۱۲] از مدل شبکه عصبی کانولوشنی و مدل یکتای گابور برای تشخیص چهار کلاس مربوط به ناهنجاری قلبی شامل نرمال، بیماری عروق کرونر (CAD)، سگته میوکارد (MI)، نارسایی احتقانی قلب (CHF) استفاده شده است. به علاوه در این مرجع از بالانس وزن برای بالانس کردن عدم بالانس داده استفاده شده است. نتایج این روش نشان دهنده آن است که مدل یکتای گابور نسبت به مدل شبکه عصبی کانولوشنی حجم محاسبات و پیچیدگی پایین تری دارد و درصد دقت کلاس بندی هر دو مدل بالای ۹۸/۵٪ است.

در مرجع [۱۳] از مدلی بر اساس شبکه عصبی کانولوشنی و حافظه دراز مدت-کوتاه مدت (LSTM) برای کلاس بندی آریتمی قلبی به منظور استخراج ویژگی های زمانی عمیق استفاده شده است. در این مرجع شبکه عصبی کانولوشنی عمیق برای کدگذاری سیگنال ECG و استخراج ویژگی های ریخت شناسی استفاده شده است. در ادامه ویژگی های ذاتی از طریق ویژگی های ریخت شناسی با به کارگیری LSTM به صورت عمیق استخراج می شوند. نتایج پیاده سازی این روش بر روی داده های پایگاه داده MIT-BIH نشان دهنده عملکرد بالای این روش در تشخیص آریتمی های قلبی است.

در مرجع [۱۴] از سیگنال های تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) و ECG برای تشخیص دو اختلال تاکی کاردی بطنی (VT) و فیبریلاسیون بطنی (VF) در نوزادان و کودکان استفاده شده است. در این مرجع از طبقه بندی کننده شورایی و به کارگیری ۳۰ ویژگی مختلف از جمله درجه اوج، فاکتور شکل، بعد فراکتال، آنتروپی و غیره برای کلاس بندی این دو اختلال قلبی در نوزادان و کودکان استفاده شده است.

در مرجع [۱۵] از شبکه عصبی با ساختار LSTM برای تشخیص سگته میوکاردیال از روی ضربان قلب با استفاده از تک لید سیگنال ECG استفاده شده است. در روش پیشنهادی این مقاله از اعتبارسنجی متقابل برای جلوگیری از اورفیتینگ و نشت داده استفاده شده است. نتایج روش نشان دهنده تشخیص سگته میوکاردیال تقریباً به صورت آنی (۴۰ میلی ثانیه) با درصد دقت ۸۹/۵۶ درصد است.

در مقاله [۱۶] بیان شد که دستگاه سیگنال تصویری دارای تعداد زیادی واحد خروجی سیگنال تصویر برای خروجی سیگنالهای تصویری، واحد ترکیبی سیگنال تصویر برای ترکیب تعداد سیگنالهای تصویری خروجی از تعداد واحدهای خروجی سیگنال تصویر و واحد تولید سیگنال هماهنگ سازی فاز برای همگام سازی با یک سیگنال مرجع است.

در مقاله [۱۷] بیان شد که در رادار توسعه یافته SAR، حالت بیستاتیک متناوب می تواند بدون اتصال همگام سازی بین دو ماهواره در مقایسه با روش همگام سازی جایگزین پالسی با مرجع فاز را انجام دهد. پردازش همگام سازی فاز، استخراج اختلافات فاز اسلاتور از پژواک های بیستاتیک است. یک مدل سیگنال از هماهنگ سازی فاز در حالت بیستاتیک متناوب ارائه شده است. سپس روش پردازش همگام سازی فاز مورد مطالعه قرار می گیرد. برای کاهش خطاهای فاز معرفی شده توسط تصویربرداری SAR، یک روش پردازش پیشنهاد شده است. برای تعمیم روش پردازش، یک حوزه اکو با استفاده از همبستگی پژواک های بیستاتیک پیشنهاد شده است. در نهایت، خطاهای فاز باقیمانده هر دو روش پردازش پیشنهادی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. آزمایش های شبیه سازی روش پردازش همگام سازی فاز پیشنهادی و نتایج تجزیه و تحلیل خطای فاز را تأیید می کند.

بر اساس مراجع مرور شده، متداول ترین روش برای تشخیص سکته قلبی، آنالیز سیگنال فعالیت الکتریکی قلب الکتروکاردیوگرام است. ECG اطلاعات مهمی در مورد نحوه عملکرد قلب و نارسایی های آن در اختیار ما قرار می دهد. از آنجایی که بیماری های قلبی گسترده اند و همچنین پارامترهای زیادی می توان از سیگنال ECG استخراج نمود، لذا در کارهای گذشته در این زمینه تنوع فراوانی در انتخاب بیماری ها، پارامترهای استخراجی از ECG و روش انتخابی جهت تشخیص سکته قلبی مشاهده می گردد. اکثر سیستم های تشخیص سکته قلبی شامل بخش های دریافت سیگنال قلبی، پیش پردازش سیگنال، استخراج ویژگی هایی که بر اساس آن بتوان تشخیص را انجام داد و در نهایت یک طبقه بندی کننده برای تعیین سکته قلبی می باشند. هر یک از این بخش ها می تواند به روش های مختلفی پیاده سازی شود که این نحوه پیاده سازی بر دقت و کارایی سیستم کلی موثر است.

نتیجه گیری

بر اساس مراجع مرور شده، متداول ترین روش برای تشخیص سکته قلبی، آنالیز سیگنال فعالیت الکتریکی قلب الکتروکاردیوگرام است. ECG اطلاعات مهمی در مورد نحوه عملکرد قلب و نارسایی های آن در اختیار ما قرار می دهد. با توجه به اهمیت تشخیص بیماری های قلبی، ابزارها و روش های مختلفی جهت بررسی نحوه عملکرد قلب در پزشکی امروز ابداع شده است که از جمله آن ها می توان به ثبت و آنالیز فعالیت الکتریکی قلب (ECG)، بررسی رفتار و تصویربرداری از قلب به روش هایی نظیر PET، CT-Scan، MRI، آنژیوگرافی و ... اشاره نمود. در تمام این روش ها هدف به دست آوردن انواع مختلف و مکمل اطلاعات ساختاری و عملکردی از قلب است به نحوی که به کمک آن ها پزشک متخصص نه تنها توانایی تشخیص نوع بیماری قلب را داشته باشد، بلکه بتواند بروز نارسایی قلبی احتمالی در آینده را نیز پیش بینی و از آن جلوگیری نماید.

یکی از روش هایی که امروزه به طور روزافزون برای بررسی فعالیت قلب و تمایز انواع مختلف نارسایی های قلبی از هم مورد توجه متخصصین قرار گرفته، تجزیه و تحلیل سیگنال ECG و استفاده از آن برای تشخیص آریتمی های مختلف است. در دهه های گذشته الگوریتم های بسیاری برای تشخیص خودکار سکته قلبی از روی سیگنال ECG ارائه شده اند. همچنین تحقیقات سال های اخیر نشان می دهد که می توان با فن های پردازش نوینی که امروزه در دسترس است، اطلاعات بیشتر و مهم تری را از این سیگنال استخراج کرد و جهت پیش بینی وقوع برخی بیماری های قلبی به کاربرد.



مراجع

- [1] Turker Ince, Serkan Kiranyaz, Manoj Gabbouj, “Automated patient- specific classification of Ischemia,” Engineering in Medical and Biology Society, 30th Annual International IEEE Confrence, pp. 5474-5477, 2008.
- [2] Im, Sung Il, et al. "New electrocardiographic criteria for predicting successful ablation of Ischemia from the right coronary cusp." *International journal of cardiology* 224 (2016): 199-205.
- [3] Atienza, F. A., et al. (2014). "Detection of Life-Threatening Arrhythmias Using Feature Selection and Support Vector Machines." *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, 61(3): 9.
- [4] Atienza, F. A., et al. (2014). "Detection of Life-Threatening Arrhythmias Using Feature Selection and Support Vector Machines." *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, 61(3): 9.
- [5] Sideris, Costas, et al. "Building continuous arterial blood pressure prediction models using recurrent networks." *Smart Computing (SMARTCOMP), 2016 IEEE International Conference on*. IEEE, 2019.
- [6] Turker Ince, Serkan Kiranyaz, Manoj Gabbouj, “Automated patient- specific classification of Ischemia,” Engineering in Medical and Biology Society, 30th Annual International IEEE Confrence, pp. 5474-5477, 2018.
- [7] Xiao, Ran, et al. "A deep learning approach to examine ischemic ST changes in ambulatory ECG recordings." *AMIA Summits on Translational Science Proceedings* 2018 (2018): 256.
- [8] L. Ibrahim, M. Mesinovi, K. W. Yang, and M. A. Eid,” Explainable Prediction of Acute Myocardial Infarction Using Machine Learning and Shapley Values” *IEEE Access*, Vol. 8, No. 1, pp. 210410-210417, 2020
- [9] E. Prabhakararao and S. Dandapat, “Attentive RNN-Based Network to Fuse 12-Lead ECG and Clinical Features for Improved Myocardial Infarction Diagnosis” *IEEE*

SIGNAL PROCESSING LETTERS, VOL. 27, No. 1, pp. 2029-2033, 2020

- [10] Z. Ahmad, A. Tabassum, L. Guan, N. M. Khan, "ECG Heartbeat Classification Using Multimodal Fusion", *IEEE Access*, Vol. 9, No. 1, pp. 100615-100626, 2021
- [11] V. Jahmunah, E.Y.K. Ng, Tan Ru San, U. Rajendra Acharya, "Automated detection of coronary artery disease, myocardial infarction and congestive heart failure using GaborCNN model with ECG signals", *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 134, pp. 104457, 2021
- [12] Weijia Lu, Jiehui Jiang, Liang Ma, Hao Chen, Huiqun Wu, Ming Gong, Xiaojuan Jiang, Mengkang Fan, "An arrhythmia classification algorithm using C-LSTM in physiological parameters monitoring system under internet of health things environment" *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021
- [13] S. Mandal *, P. Mondal, A. H. Roy, "Detection of Ventricular Arrhythmia by using Heart rate variability signal and ECG beat image", *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 68, 102692, 2021
- [14] H. Martin, W. Izquierdo, M. Cabrerizo, A. Cabrera, M. Adjouadi, "Near real-time single-beat myocardial infarction detection from single-lead electrocardiogram using Long Short-Term Memory Neural Network", *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 68, pp. 102683, 2021
- [15] Ebata, Kazuyoshi, Yasushi Noguchi, and Kazuo Aoki. "Image signal processing apparatus and phase synchronization method." U.S. Patent Application No. 11/187,811.
- [16] Time- Variant Power Spectrum Analysis for the Detection of Transient Episodes in HRV Signal, Anna M. Bianchi, Luca Mainardi, Ettore Petrucci, Maria G. Signorini, Mauro Mainardi, and Sergio Cerutti, Member, IEEE, vol40, no.2, 1993.
- [17] He, Zhihua, et al. "Phase synchronization processing method for alternating bistatic mode in distributed SAR." *Journal of Systems Engineering and Electronics* 24.3 (2013): 410-416.



13th International Conference on

Electrical , Electronic
Engineering and Smart Grids

Event Place: Tbilisi, Georgia

www.Eesconf.ir

سیزدهمین کنفرانس بین المللی

مهندسی برق، الکترونیک و شبکه های هوشمند | گرجستان



13th International Conference on Electrical , Electronic Engineering and Smart Grids
مجله های معتبر بین المللی ۳۱ شهریور ماه ۱۴۰۳