

استفاده از تحلیل کشیدگی طیفی سیگنال ECG برای شناسایی آریتمی قلبی

اکبر اصغر زاده بناب^۱، مهدی چهل امیرانی^۲، علالدین مهری^۳

۱- گروه مهندسی برق، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، نویسنده مسئول. ۲- گروه مهندسی برق، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. ۳- متخصص قلب و عروق، بیمارستان آذربایجان، ارومیه، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله پژوهشی تاریخچه مقاله دریافت: ۹۷/۷/۱ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۵ کلید واژگان آریتمی قلبی، رزم، طبقه‌بندی ECG، کشیدگی طیفی، طبقه بند K نزدیک‌ترین همسایه نویسنده مسئول Email: a.asgharzadeh@urmia.ac.ir	مقدمه: آریتمی قلبی به خصوص در ساعات اولیه می‌تواند موجب توقف فعالیت قلب و بروز مرگ گردد. از آنجا که اشتباه در تصمیم‌گیری از مهم‌ترین علل مرگ در بیماران بخش مراقبت‌های ویژه قلبی است، لذا شناسایی و کلاس‌بندی آریتمی‌های قلبی با استفاده از سیگنال ECG برای تشخیص بیماران با ناهنجاری‌های قلبی یک منبع اطلاعاتی با ارزش در مواقع بحران و رزم می‌باشد. روش کار: ابتدا با استفاده از فیلترهای دیجیتال و تبدیل موجک گسسته (DWT)، نویزهای سیگنال ECG حذف می‌شوند. در ادامه، با استفاده از تحلیل کشیدگی طیفی، تابع Kurtogram برای مجموعه QRS به دست می‌آید. با تقسیم‌بندی تابع Kurtogram ویژگی‌های مفید از مجموعه QRS استخراج می‌شوند. در نهایت با استفاده از طبقه‌بند K-NN نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، سالم بودن فرد یا نوع آریتمی مشخص می‌شود. یافته‌ها: در این مقاله از سیگنال‌های ECG موجود در پایگاه داده MIT-BIH استفاده می‌کنیم. سیگنال‌های افراد سالم و چهار نوع آریتمی شامل APB، PVC، LBBB و RBBB برای کلاس‌بندی انتخاب شدند. نتایج به دست آمده نشان دادند که روش پیشنهادی با دقت ۹۸/۵۱٪ سیگنال ECG را کلاس‌بندی می‌کند. از آنجا که دقت در تشخیص آریتمی قلبی در پزشکی عامل حیاتی و مهمی می‌باشد، لذا روش پیشنهادی می‌تواند برای تصمیم‌گیری متخصصان قلبی بسیار کارساز باشد. نتیجه‌گیری: با توجه به پیچیدگی محاسباتی پایین روش پیشنهادی و نتایج به دست آمده می‌توان از آن برای تشخیص سریع و دقیق آریتمی قلبی که از موارد موثر پزشکی و یک منبع اطلاعاتی درمانی مهم در رزم می‌باشد، استفاده کرد.

مقدمه

نوار قلب^۱ (ECG) یک ابزار تشخیصی برای گزارش فعالیت الکتریکی قلب است که توسط الکترودهای نصب شده در سطح پوست ثبت می‌گردد. ریخت‌شناسی^۲ و ضربان قلب نشان‌دهنده سلامت تپش قلب انسان است [۱]. سیگنال ECG از روی سطح بدن اندازه‌گیری می‌شود که در شناسایی بیماری‌های قلبی کاربرد دارد [۲]. هر گونه اختلال ضربان و نواخت^۳ قلب یا تغییر در الگوی ریخت‌شناسی، نشانه‌ای از بی‌نظمی^۴ (آریتمی) است که می‌تواند با تحلیل ECG شناسایی گردد. دامنه و مدت زمان موج P-QRS-T حاوی اطلاعات مفید در مورد بیماری قلبی است [۲]. آریتمی به وضعیتی گفته می‌شود که در آن قلب دارای ضربان غیرطبیعی است. در سیگنال ECG، نواخت طبیعی قلب که در آن هیچ اختلال در ریخت‌شناسی سیگنال ECG وجود ندارد، نواخت سینوسی طبیعی^۵ (NSR) نامیده می‌شود. در این مقاله، تشخیص ضربان‌های طبیعی (Normal)

و چهار آریتمی شامل انقباض زودرس بطنی^۶ (PVC)، انسداد شاخه باندل چپ^۷ (LBBB)، انسداد شاخه باندل راست^۸ (RBBB) و ضربان‌های زودرس دهلیزی^۹ (APB) بررسی می‌شوند. در PVC، ناهنجاری از بطن سرچشمه می‌گیرد. انقباض‌های زودرس بطنی، معمولاً دهلیز را دیپولاریزه (غیر متعادل) کرده و از این رو مورفولوژی موج P، ریتم اساسی خود را حفظ و در زمان مورد انتظار رخ نمی‌دهد. انسداد شاخه باندل، انتقال ضربه از گره AV به کل سیستم هدایت را متوقف

- ۱-Electrocardiogram (ECG)
- ۲-Morphology
- ۳-Rhythm
- ۴- Arrhythmia
- ۵-Normal sinus rhythm (NSR)
- ۶- Premature ventricular contractions (PVC)
- ۷-Left bundle branch block (LBBB)
- ۸-Right bundle branch block (RBBB)
- ۹- Atrial premature beat (APB)

می سازند. در LBBB، پالس های الکتریکی ناشی از گره AV از غیر متعادل کردن بطن چپ قلب به صورت طبیعی جلوگیری می کند. هنگامی که شاخه راست مسدود شده است، ضربه الکتریکی از گره AV قادر به انتشار به شبکه هدایت به جهت غیر متعادل کردن سمت راست میوکاردیوم بطنی نیست. ضربان های زودرس دهلیزی در بسیاری از افراد سالم رخ می دهند و به ندرت باعث ظهور علائم می شوند. این ضربان ها در افرادی که در معرض استرس های شدید شغلی قرار دارند بیشتر بروز نموده و کارکنان در محیط های رزم از این امر مستثنی نمی باشند.

در این مقاله، برای تشخیص آریتمی قلبی، ابتدا نویزهای موجود در سیگنال ECG با اعمال فیلتر دیجیتال و روش های پردازش سیگنال حذف می شوند. در ادامه مجموعه های QRS استخراج شده و ویژگی های طیفی از هر مجموعه QRS استخراج می شوند. در نهایت با استفاده از طبقه بندی K-نزدیک ترین همسایه^۱ (KNN) ویژگی ها را طبقه بندی کرده و سالم بودن

فرد یا نوع آریتمی تشخیص داده می شود.

پایگاه داده

در این مقاله، برای ارزیابی روش پیشنهادی از پایگاه داده آریتمی MIT-BIH [۴، ۳] استفاده شده است. این پایگاه داده شامل سیگنال های ECG اندازه گیری شده از ۴۷ فرد متفاوت می باشد. هر اندازه گیری شامل ۲ کانال (MLII and V5) است. سیگنال های ECG زمان پیوسته با فرکانس ۳۶۰ هرتز نمونه برداری شده و به داده دیجیتال تبدیل شده اند. هر اندازه گیری در این پایگاه داده دارای یک فایل حاشیه نویسی^۲ نیز می باشد که شامل محل ضربان قلب (پیک های R) و اطلاعات کلاس (نوع) ضربان می باشد. برای مقایسه عادلانه بین روش پیشنهادی و سایر روش ها، تعداد اندازه گیری ها و ضربان های استفاده شده مشابه پژوهش های قبلی در نظر گرفته شده است [۹-۵]. در این مقاله از ۱۵ اندازه گیری و ۵ کلاس ضربان استفاده شده است که در جدول ۱ مشخصات آن ها آورده شده است.

جدول ۱- تعداد ضربان های استفاده شده برای آموزش و تست از کلاس های مختلف

کلاس	شماره اندازه گیری	تعداد نمونه های آموزشی	تعداد نمونه های تست
Normal	۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۳، ۱۰۵، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۲۳	۳۰	۳۰
APB	۲۰۹، ۲۳۲	۳۰	۳۰
RBBB	۲۰۷، ۲۰۹	۲۰	۲۰
LBBB	۱۰۹، ۱۱۱	۳۰	۳۰
PVC	۲۰۰، ۲۰۱، ۲۲۳، ۲۲۸، ۲۳۳	۲۵	۲۵
مجموع		۱۳۵	۱۳۵

روش پیشنهادی برای تشخیص آریتمی قلبی

در این قسمت روش پیشنهادی برای تشخیص آریتمی قلبی را با جزئیات شرح می دهیم. روش پیشنهادی برای تشخیص آریتمی از سه مرحله اصلی تشکیل شده است: پیش پردازش، استخراج ویژگی و طبقه بندی. در ادامه هر مرحله را با جزئیات شرح می دهیم.

۱- پیش پردازش

سیگنال های ECG شامل دو نویز مهم شامل توان منبع AC [۱۰] و جابجایی خط پایه^۳ [۱۱] هستند. نویز منبع تغذیه یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز می باشد و پهنای باند آن کمتر از ۱ هرتز می باشد. برای حذف این نویز از یک فیلتر باترورث^۴ پایین گذر با چهار قطب و فرکانس قطع نرمالیزه^۵ شده ۰/۱ rad/sample استفاده می شود [۱۰]. نویز تغییر خط پایه، پایین گذر حداکثر تا فرکانس ۰/۳۰ هرتز می باشد که به دلیل تنفس تولید می شود. از تبدیل موجک زمان گسسته^۶

(DWT) برای حذف این نویز استفاده می شود. سیگنال ECG در ۹ مرحله با موجک Daubechies 6 به زیرباند های تخمینی^۷ و جزئیات^۸ تجزیه می شود. ضرایب زیرباند های A9 و D1 و D2 را صفر قرار داده و سیگنال را بازیابی می کنیم [۱۲].

۲- استخراج ویژگی

روش ارائه شده در این مقاله برای استخراج ویژگی از سیگنال های ECG شامل دو مرحله است که در ادامه شرح داده می شوند.

۱- K-nearest neighbor (KNN)

۲- Annotation

۳- Base line drift

۴- Butterworth

۵- Normalized cut-off frequency

۶- Discrete wavelet transform (DWT)

۷- Approximation

۸- Detail

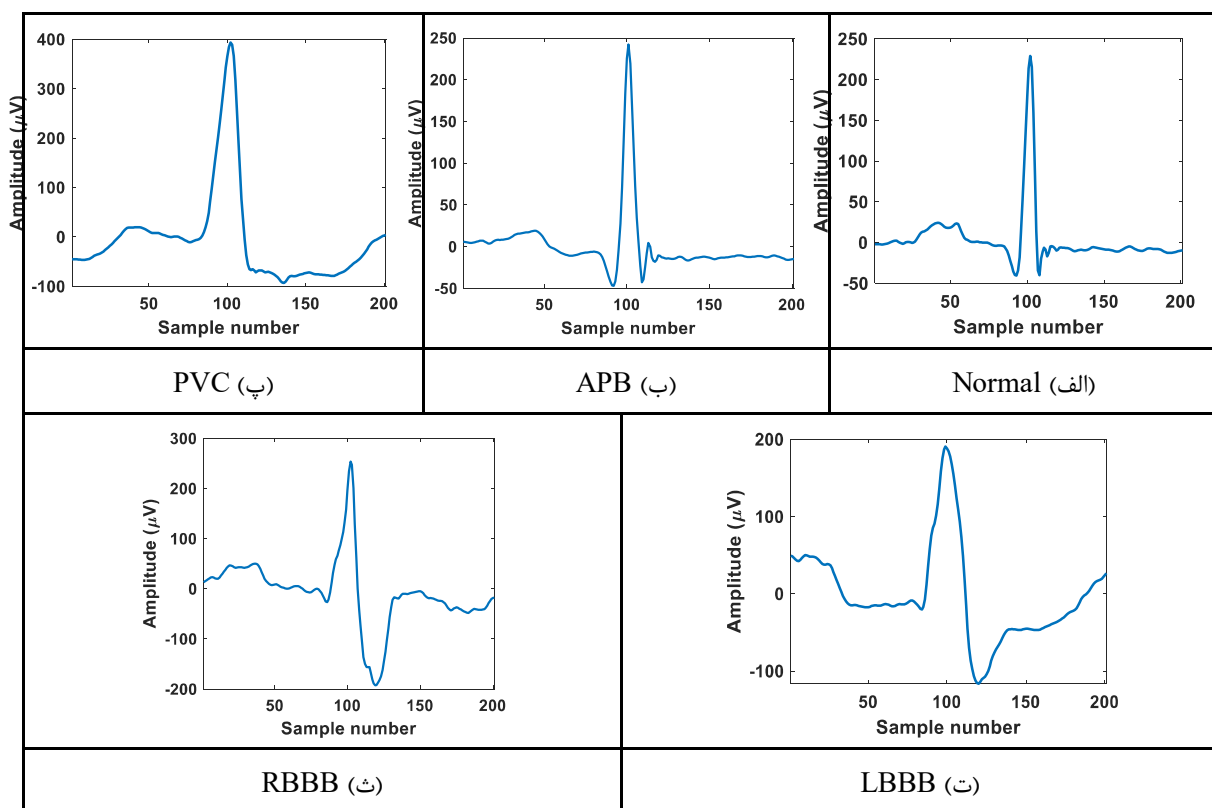
۲-۱- استخراج مجموعه QRS

در پایگاه داده MIT-BIH برای هر سیگنال ECG، یک فایل با پسوند .atr وجود دارد که زمان رخداد پیک‌های R برای هر مجموعه QRS و هم چنین نوع (کلاس) مجموعه QRS بیان شده است. با استفاده از این فایل محل پیک R مشخص شده و ۱۰۰ نمونه در هر طرف پیک R در نظر گرفته می‌شوند و هر سیگنال مجموعه QRS با ۲۰۱ نمونه مشخص می‌شود. در شکل ۱، یک نمونه موج QRS از کلاس‌های مختلف آورده شده است.

۲-۲- محاسبه تابع Kurtogram

در این بخش به توصیف روش استخراج ویژگی از مجموعه QRS می‌پردازیم که بر مبنای تابع Kurtogram استوار است. تابع Kurtogram اطلاعات کلیدی را برای تحلیل طیفی کشیدگی^۱ ارائه می‌کند [۱۳، ۱۴]. کشیدگی توصیف‌کننده میزان قله‌ای بودن یک توزیع احتمالی است [۱۵]. هرچه قدر شکل تابع چگالی احتمال^۲ قله‌ای‌تر و دارای دم پهن‌تر یا دنباله پهن‌تر باشد میزان شاخص کشیدگی برای آن بیشتر است. کشیدگی برابر با گشتاور چهارم بهنجار شده^۳ است، به عبارت دیگر کشیدگی معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است.

شکل ۱- یک نمونه موج QRS از کلاس‌های مختلف



کشیدگی متفاوتی در فرکانس‌های مختلف دارند. بنابراین می‌توان از آن به عنوان ویژگی برای طبقه‌بندی سیگنال‌های ECG استفاده کرد.

همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، بیشینه فرکانس موجود در سیگنال‌های ECG برابر ۱۸۰ هرتز می‌باشد که بر اساس قانون نمونه‌برداری نایکوئیست، نصف فرکانس نمونه‌برداری می‌باشد. برای استخراج ویژگی پیشنهاد می‌کنیم محدوده فرکانسی برای پنجره با طول ۴ به دو بازه (۰-۹۰) Hz و (۹۰-۱۸۰) Hz تقسیم شود. با توجه به شکل ۲، محدوده

تابع Kurtogram مقدار کشیدگی طیفی را برای چندین پنجره با ابعاد متفاوت با استفاده از الگوریتم Kurtogram سریع محاسبه می‌کند. این الگوریتم از فیلتر میان‌گذر و محاسبات ساده شده برای تخمین کشیدگی طیفی برای هر پنجره و فرکانس استفاده می‌کند. این الگوریتم هم چنین تعداد تکرارهایی لازم برای گسترش صفحه فرکانس-پنجره را کاهش می‌دهد [۱۶]. در شکل ۲، تابع تابع Kurtogram برای سیگنال‌های نمایش داده شده در شکل ۱ نمایش داده شده است. با توجه به طول سیگنال‌های ECG، که مجموعه QRS با ۲۰۱ نمونه می‌باشد، تابع Kurtogram فقط در دو سطح و با پنجره با بیشینه طول ۴ محاسبه می‌شود. همان طور که مشاهده می‌شود سیگنال‌های کلاس‌های مختلف مقادیر

۱- Kurtosis

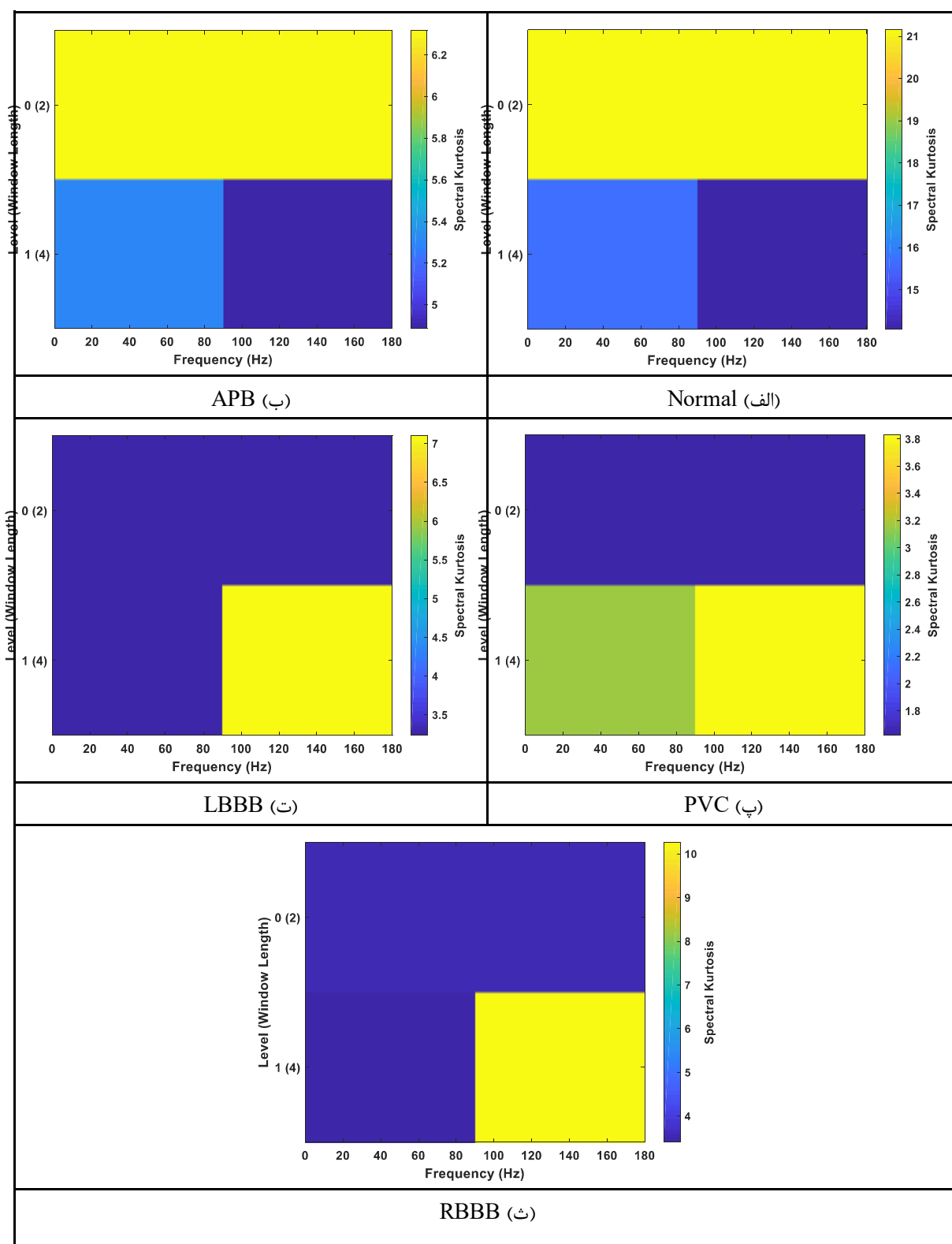
۲- Probability density function (PDF)

۳- Normalized

محاسبه کشیدگی و دو بازه فرکانسی، سه مقدار کشیدگی برای هر سیگنال ECG به دست می‌آید. بنابراین هر سیگنال ECG با سه ویژگی توصیف می‌شود.

فرکانسی برای پنجره به طول ۲ را بخش‌بندی نمی‌کنیم، چون نتاج به ازای پنجره به طول ۲ در بازه فرکانسی تغییرات زیادی ندارند. مقدار کشیدگی برای هر سیگنال در هر سطح برای بازه فرکانسی بیان شده محاسبه می‌شود. با در نظر گرفتن دو سطح

شکل ۲- تابع Kurtogram برای سیگنال‌های ECG از کلاس‌های مختلف



۳- طبقه‌بندی

بعد از استخراج ویژگی، آخرین مرحله برای تشخیص آریتمی قلبی، طبقه‌بندی می‌باشد. در این مقاله از طبقه‌بند K-نزدیک‌ترین همسایه (KNN) استفاده می‌کنیم [۱۷]. طبقه‌بند KNN یک گروه شامل K نمونه از مجموعه نمونه‌های آموزشی که نزدیک‌ترین نمونه‌ها به نمونه تست باشند را انتخاب کرده و بر اساس برتری کلاس یا برچسب مربوط به آن‌ها در مورد دسته داده تست مزبور تصمیم‌گیری می‌نماید. به عبارت ساده‌تر، این روش کلاسی را انتخاب می‌کند که در همسایگی انتخاب شده بیشترین تعداد داده منتسب به آن دسته باشند [۱۸]. در طبقه‌بند KNN برای مشخص کردن کلاس یک داده با کلاس نامشخص به صورت زیر عمل می‌شود:

۱- فاصله نمونه جدید از داده آموزشی به صورت فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود.

۲- K نزدیک‌ترین همسایه‌ها مشخص می‌شوند.

۳- دسته‌ای که بیشترین تعداد دفعات دیده‌شدن را در بین این K نمونه دارا است، به عنوان کلاس داده تست در نظر گرفته خواهد شد.

نتایج

سیگنال‌های ECG استفاده شده برای ارزیابی روش پیشنهادی

جدول ۲- ماتریس ابهام برای روش پیشنهادی

حساسیت (%)	کلاس پیش‌بینی شده					
	RBBB	LBBB	PVC	APB	Normal	
۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۳۰	Normal
۱۰۰	۰	۰	۰	۳۰	۰	APB
۹۶	۰	۱	۲۴	۰	۰	PVC
۹۶/۶۷	۰	۲۹	۰	۰	۱	LBBB
۱۰۰	۲۰	۰	۰	۰	۰	RBBB
۹۸/۵۱			دقت طبقه‌بندی (%)			

جدول ۳- مقایسه بین دقت روش پیشنهادی و برخی روش‌های ارائه شده

روش	طبقه‌بند	تعداد کلاس‌ها	دقت (%)
ویژگی‌های زمانی و ریخت‌شناسی [۸]	بردار پشتیبان ماشین ^۳ (SVM)	۳	۹۷/۱۴
ویژگی‌های تابع انرژی [۶]	شبکه عصبی	۵	۹۵
تبدیل موجک و تحلیل مولفه اساسی ^۴ (PCA) [۵]	شبکه عصبی	۵	۹۵/۵۸
مولفه‌های اساسی bispectrum [۷]	SVM	۵	۹۳/۴۸
تبدیل موجک و آنتروپی تخمینی [۹]	SVM	۵	۹۷/۷۸
روش پیشنهادی	KNN	۵	۹۸/۵۱

۱- Confusion matrix

۲- Sensitivity

۳- Support vector machine (SVM)

۴- Principal component analysis (PCA)

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله یک روش جدید برای طبقه‌بندی سیگنال‌های ECG و تشخیص آریتمی قلبی ارائه شد. روش ارائه شده بر مبنای تحلیل طیفی کشیدگی و به دست آوردن تابع Kurtogram استوار بود. بعد از به دست آوردن سیگنال QRS برای هر تپش قلب، تابع Kurtogram برای آن محاسبه شد. تابع به دست آمده بر اساس طول پنجره و بازه فرکانسی به سه قسمت تقسیم‌بندی گردید و متوسط کشیدگی طیفی در هر قسمت محاسبه شد. در نهایت بردار ویژگی برای هر مجموعه QRS با سه ویژگی تشکیل گردید و با استفاده از طبقه‌بند

KNN تشخیص آریتمی قلبی انجام شد. در این مقاله سیگنال‌های ECG از افراد سالم و چهار نوع بیماری شامل APB، PVC، RBBB و LBBB مورد استفاده قرار گرفت. روش پیشنهادی به دقتی معادل ۹۸/۵۱٪ رسید که نسبت به سایر روش‌های ارائه شده در سال‌های اخیر به دقت تشخیص بالایی دست یافت. با نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی به عنوان عامل تکنیکی می‌توان گفت این روش برای تشخیص دقیق آریتمی قلبی که از عوامل مهم و حیاتی در پزشکی می‌باشد، می‌توان از آن برای تشخیص سریع و دقیق آریتمی قلبی به عنوان یک منبع درمانی مهم و موثر پزشکی در رزم استفاده نمود.

References

- 1-R. Singh, R. Mehta, and N. Rajpal, "Efficient wavelet families for ECG classification using neural classifiers," *Procedia Computer Science*, vol. 132, pp. 11-21, 2018.
- 2-X. Zhai and C. Tin, "Automated ECG Classification using Dual Heartbeat Coupling based on Convolutional Neural Network," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 27465-27472, 2018.
- 3-G. B. Moody and R. G. Mark, "The impact of the MIT-BIH arrhythmia database," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 20, pp. 45-50, 2001.
- 4-A. L. Goldberger et al., "PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals," *Circulation*, vol. 101, pp. e215-e220, 2000.
- 5-T. Ince, S. Kiranyaz, and M. Gabbouj, "A generic and robust system for automated patient-specific classification of ECG signals," *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, vol. 56, pp. 1415-1426, 2009.
- 6-C. Kamath, "ECG beat classification using features extracted from Teager energy functions in time and frequency domains," *IET Signal Processing*, vol. 5, pp. 575-581, 2011.
- 7-R. J. Martis, U. R. Acharya, K. Mandana, A. K. Ray, and C. Chakraborty, "Cardiac decision making using higher order spectra," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 8, pp. 193-203, 2013.
- 8-A. E. Zadeh, A. Khazaei, and V. Ranaei, "Classification of the electrocardiogram signals using supervised classifiers and efficient features," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 99, pp. 179-194, 2010.
- 9-H. Li, X. Feng, L. Cao, E. Li, H. Liang, and X. Chen, "A new ECG signal classification based on WPD and ApEn feature extraction," *Circuits, Systems, and Signal Processing*, vol. 35, pp. 339-352, 2016.

- 10-S. Iravanian and L. Tung, "A novel algorithm for cardiac biosignal filtering based on filtered residue method," *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, vol. 49, no. 11, pp. 1310-1317, 2002.
- 11-H. El-Saadawy, M. Tantawi, H. A. Shedeed, and M. F. Tolba, "Hybrid hierarchical method for electrocardiogram heartbeat classification," *IET Signal Processing*, vol. 12, pp. 506-513, 2017.
- 12-A. Matsuyama and M. Jonkman, "The application of wavelet and feature vectors to ECG signals," *Australasian Physics & Engineering Sciences in Medicine*, vol. 29, pp. 13-17, 2006.
- 13-Y. Lei, J. Lin, Z. He, and Y. Zi, "Application of an improved kurtogram method for fault diagnosis of rolling element bearings," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 25, pp. 1738-1749, 2011.
- 14-D. Wang, W. T. Peter, and K. L. Tsui, "An enhanced Kurtogram method for fault diagnosis of rolling element bearings," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 35, pp. 176-199, 2013.
- 15-Y. Ren, W. Li, B. Zhang, Z. Zhu, and F. Jiang, "Fault Diagnosis of Rolling Bearings Based on Improved Kurtogram in Varying Speed Conditions," *Applied Sciences*, vol. 9, p. 1157-1187, 2019.
- 16-Y. Hong, M. Kim, H. Lee, J. J. Park, and D. Lee, "Early Fault Diagnosis and Classification of Ball Bearing Using Enhanced Kurtogram and Gaussian Mixture Model," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, pp. 1-10, 2019.
- 17-C. Samiha and S. P. Kumar, "A Comparative Analysis of Leaf Disease Detection using Image Processing Technique," *i-manager's Journal on Image Processing*, vol. 5, pp. 40-46, 2018.
- 18-A. K.-y. Yoon, K.-c. Park, D.-k. Oh, H.-y. Cho, and J.-h. Jang, "Analogical Face Generation based on Feature Points," *Journal of Multimedia Information System*, vol. 6, pp. 15-22, 2019.

Spectral Kurtosis of ECG Signal for Cardiac Arrhythmia Detection

Asgharzadeh-Bonab A (MSc), Chehel Amirani M (MSc), Mehri A (MD)

Abstract

Introduction: Cardiac arrhythmia, especially in the early hours, can stop heart activity and cause death. Since mistake in decision making is one of the most important causes of death in patients in cardiac intensive care units, the identification and classification of cardiac arrhythmias using the ECG signal is a valuable information source for diagnosing patients with heart abnormalities in times of crisis and warfare.

Method: At first, the noises of ECG signal are removed using digital filters and discrete wavelet transform (DWT). Then, Kurtogram of each QRS complex is obtained using spectral kurtosis analysis. Informative features are obtained from segments of Kurtogram function. Finally, K-nearest neighbor classifier is used to determine the normality of person or its arrhythmia type is detected.

Results: In this paper, ECG signals from MIT-BIH signal are used. ECG signals of normal persons and four arrhythmias including APB, PVC, LBBB, and RBBB are chosen for classification. Obtained results show that proposed method achieves the accuracy of 98.51% for classification of ECG signals. Since accuracy of cardiac arrhythmia detection is an important and vital issue in medicine, the proposed method can be used by cardiologists to make a robust decision.

Conclusion: Considering the low computational complexity of the proposed method and obtained results, it can be used for fast and accurate cardiac arrhythmia detection, which is a special care resource and important task in physician within war.

Keywords: Cardiac arrhythmia, physician within war, ECG classification, spectral kurtosis, KNN

*Corresponding Author: Department of Electrical Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
Email: a.asgharzadeh@urmia.ac.ir