Archive of SID

مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هفتم شماره سوم. ص ۳۲۵-۳۱۸، ۱۳۹۹

# به کارگیری فیلتر وفقی برای حذف نویز از سیگنال‌های ECG با استفاده از تبدیل موجک و یادگیری عمیق

صابر فولادی[۱]، حسن فرسی[۲]*، فریما فرسی[۳]

• دریافت مقاله: ۹۸/۱۰/۳ • پذیرش مقاله: ۹۹/۲/۲۲

**مقدمه:** الکتروکاردیاگرام یکی از روش‌های اندازه‌گیری فعالیت‌های الکتریکی قلب است که این اندازه‌گیری با قرار دادن الکترودهایی روی سطح بدن اندازه‌گیری می‌شود. پزشکان برای تشخیص و شناسایی بیماری‌های قلبی از ابزار مشاهده استفاده می‌کنند که این کار در سیگنال‌های ECG توسط متخصص قلب و عروق انجام می‌شود. به طور خاص بیماری‌های قلبی با بررسی نمایش گرافیکی سیگنال‌های قلبی که با عنوان ECG معرفی شد، انجام می‌شود. سیگنال‌های ECG به دلیل منابع خارجی یا سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی بدن انسان با نویز همراه می‌باشد.

**روش:** در این پژوهش کاربردی یک فیلتر وفقی بر اساس تبدیل موجک و شبکه عصبی عمیق برای کاهش نویز پیشنهاد شد. این مجموعه ترکیبی از تبدیل ویولت، یادگیری وفقی و نگاشت غیرخطی از شبکه‌های عصبی عمیق است. شبکه عصبی عمیق به کمک فیلتر وفقی برای کاهش نویز بیشتر از سیگنال ECG مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**نتایج:** معیار مورد نظر برای ارزیابی کیفیت روش پیشنهادی به منظور حذف نویز، نسبت سیگنال به نویز می‌باشد که هدف این پژوهش افزایش این نسبت می‌باشد که بیانگر بازدهی روش مبتنی بر تبدیل موجک و یادگیری عمیق می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به روش‌های موجود حدود ۹/۵۶ درصد حذف نویز از سیگنال ECG را بهبود می‌بخشد. علت این امر آن است که ضرایب استخراجی از فیلتر وفقی با استفاده از شبکه عصبی عمیق بهینه می‌شوند به گونه‌ای که شکل موج با نویز کمتری را فراهم می‌آورد.

**کلیدواژه‌ها:** سیگنال ECG، تبدیل موجک، یادگیری عمیق

•**ارجاع:** فولادی صابر، فرسی حسن، فرسی فریما. به کارگیری فیلتر وفقی برای حذف نویز از سیگنال‌های ECG با استفاده از تبدیل موجک و یادگیری عمیق. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۹؛ ۷(۳): ۲۵-۳۱۸.

۱.دانشجوی دکتری مهندسی برق مخابرات، گروه مهندسی برق مخابرات ، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر ، پردیس شوکت آباد، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. دکترای تخصصی مهندسی برق مخابرات، استاد تمام، گروه مهندسی برق مخابرات ، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر ، پردیس شوکت آباد، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

* **نویسنده مسئول:** حسن فرسی
**آدرس:** بیرجند، پردیس شوکت‌آباد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
•**شماره تماس:** ۰۵۶۳۲۲۰۲۰۴۹-۴۱۳
• **Email:** hfarsi@birjand.ac.ir

Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

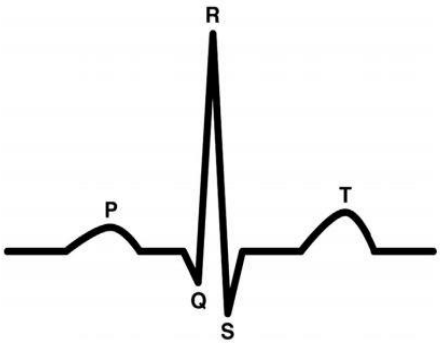


Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

## مقدمه

الکتروکاردیاگرام (electrocardiogram)ECG یکی از روش‌های اندازه‌گیری فعالیت‌های الکتریکی قلب است که این اندازه‌گیری با قرار دادن الکترودهایی روی سطح بدن اندازه‌گیری می‌شود که به طور عمده از ۱۲ سیستم هدایتی برای کسب اطلاعات مربوط به تحرکات قلبی بر روی بدن انسان استفاده می‌شود. در این زمینه موج‌های الکترومغناطیسی به سبب دپولاریزاسون و پولاریزاسیون قلب به واسطه حرکت یون‌های سدیم و پتاسیم در خون ایجاد می‌شود. پزشکان برای تشخیص و شناسایی بیماری‌ها از ابزار مشاهده استفاده می‌کنند که این کار در سیگنال‌های ECG توسط متخصص قلب و عروق انجام می‌شود. به طور خاص بیماری‌های قلبی با بررسی نمایش گرافیکی سیگنال‌های قلبی که با عنوان ECG معرفی شد، انجام می‌شود. سیگنال‌های ECG به دلیل منابع خارجی و یا سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی بدن انسان، با نویز همراه می‌باشد [۱].

طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی ۸۰ درصد مرگ‌ومیر انسان‌ها ناشی از بیماری‌های قلبی است. سیگنال‌های ECG اطلاعاتی شامل وضعیت قلب، موقعیت تنفسی و تحرکات بطنی را ارائه می‌دهد [۲،۳]. سیگنال‌های ECG از پنج مؤلفه مشخص P,Q,R,S و T تشکیل شده است که نمایش گرافیکی آن در شکل ۱ مشاهده می‌گردد؛ که هر کدام از امواج اهمیت و نقش منحصر به فردی دارند و این پارامترها نحوه عملکرد قلب را تعیین می‌کنند؛ که موج‌های P و QRS به ترتیب نشان دهنده پولاریزاسیون دهلیزی و بطنی است و از سوی دیگر موج T نشان دهنده دی پلاریزاسیون بطنی است [۴].




**شکل ۱: نمایش گرافیکی سیگنال ECG**

سیگنال‌ها و تداخلات نویزی مختلفی در سیگنال ECG وجود دارد که ناشی از حرکات دست و بدن بیمار هنگام ثبت سیگنال‌ها و یا تداخلات ناشی از استفاده از وسایل الکتریکی در طی فرآیند ثبت سیگنال ECG می‌باشد [۵].

این تداخلات و نویزها زمان کسب اطلاعات و ثبت آن‌ها به سیگنال ECG اضافه می‌شود که به واسطه اضافه شدن این نویزها و تداخلات، اطلاعات مهم کلینیکی از بین می‌رود [۵]. از این رو نیاز به حذف نویز از سیگنال‌های ECG برای پردازش این سیگنال‌های حیاتی مهم است [۵].

حذف نویز در سیگنال‌های ECG کمک شایانی به تشخیص پزشکی صحیح در این زمینه می‌کند. یک سیگنال ECG حاوی نویز، ممکن است پزشک را از تشخیص دقیق و درست دور سازد؛ لذا حذف نویز به واسطه ثابت نبودن آن و همچنین به دلیل دامنه خیلی پایین پتانسیل‌های تأخیری و نسبت ناچیز سیگنال به نویز در سیگنال، می‌تواند یک فرآیند سخت و مشکل باشد. روش‌های رایج قدیمی برای کاهش نویز شامل فیلترهای پایین گذر و بانک‌هایی از فیلترها می‌باشد که این روش‌ها خود ممکن است اثرات مخربی بر روی سیگنال ECG داشته باشد که خود باعث گمراهی پزشک می‌گردد [۲]. نویزها در سیگنال‌های ECG می‌توانند به گروهای مختلفی تقسیم‌بندی شوند. هر کدام از این گروه‌ها می‌تواند به عنوان یک مجموعه بزرگ‌تر برای زیر گروه‌های خود در نظر گرفته شود. از این رو می‌توان آن‌ها را بر اساس فیزیولوژیکی (مانند نویزهای پایه و نویزهای حاصل از تماس اعضای بدن بیمار)، تکنیکال و فنی (مانند تداخلات زیست محیطی ناشی از منابع تغذیه انرژی) تابش از چراغ‌ها و انتشار فرکانس‌های رادیویی از دستگاه‌های پزشکی در مجاورت بیمار تقسیم‌بندی نمود. این طبقه‌بندی برای سایر سیگنال‌های بیوالکتریک نیز کاربرد دارد [۶].

از جمله این نویزها، تداخل خط برق (Power Line Interference) PLI همراه با سیگنال‌های کابل‌های حمل کننده به ویژه در تجهیزات پزشکی مانند ECG و EEG مشکل‌ساز است. کابل‌هایی که سیگنال‌های ECG و EEG (electroencephalogram) را از اتاق معاینه به تجهیزات مانیتورینگ منتقل می‌کنند، مستعد تداخل الکترومغناطیسی EMI(Electromagnetic interference) فرکانس توان (۵۰ هرتز یا ۶۰ هرتز) توسط خطوط و اتصالات هستند تا جایی که گاهی اوقات سیگنال‌های ECG و EEG کاملاً با این نوع



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

نویزها احاطه شده است. فیلتر کردن چنین سیگنال PLI با توجه به این که فرکانس سیگنال جریان برق متغیر در محدوده فرکانس سیگنال‌های ECG و EEG است یک مشکل چالش برانگیز است. در این پژوهش به دلیل کارآمدی روش پیشنهادی از نوع نویز ترکیبی که شامل تمام نویزها است، استفاده شده است.

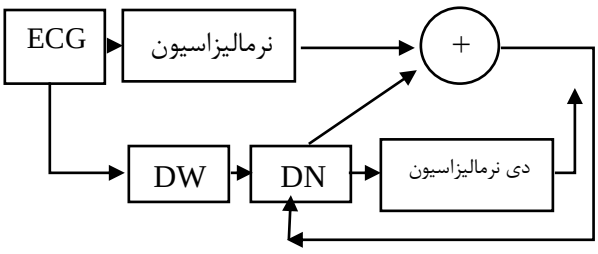
هدف کلی از پژوهش معرفی روش مبتنی بر یادگیری عمیق برای حذف نویز در سیگنال‌های ECG می‌باشد که نسبت به روش‌های دیگر از دقت و اطمینان بالاتری برخوردار می‌باشد [۶]. در این روش از زبان برنامه‌نویسی پایتون (Python) در بستر کراس (Keras) استفاده گردیده است.

## روش

روش پیشنهادی یک پژوهش کاربردی است که در آن از یک فیلتر وفقی بر اساس تبدیل موجک و شبکه عصبی عمیق برای کاهش نویز استفاده شد. این مجموعه ترکیبی از تبدیل ویولت، یادگیری وفقی و نگاشت غیرخطی از شبکه‌های عصبی عمیق است. شبکه عصبی عمیق به کمک فیلتر وفقی برای کاهش نویز بیشتر از سیگنال ECG مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شبکه عصبی به کار رفته در روش پیشنهادی یک شبکه عصبی چندلایه با ۶۴ ورودی است (برای DWT باید در توان ۲ باشد). تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نورون‌های پنهان بر اساس یک سری آزمایش‌های آزمون و خطا انتخاب می‌شوند. دو لایه پنهان وجود دارد. اولین لایه پنهان شامل ۵۶ نورون پنهان و دومین شامل ۱۲ نورون پنهان است. تابع هایپربولیک تانژانت به عنوان تابع فعال‌سازی غیرخطی برای هر نورون استفاده می‌شود.

شکل ۲ شمای کلی آموزش شبکه عصبی عمیق مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.




**شکل ۲: بلوک دیاگرام آموزش شبکه عصبی عمیق**

تبدیل موجک روشی برای نمایش سیگنال در دو بعد زمان و فرکانس است. تمامی توابع موجک از یک موجک به نام موجک مادر تشکیل شده‌اند. تبدیل موجک تابعی از مقیاس می‌باشد که مربوط به فرکانس معکوس و انتقال است که در معادله ۱ نمایش داده شده است.

نسخه‌های تغییر یافته و عریض شده از موجک مادر را می‌توان به صورت تبدیل موجک سیگنال x (t) با عملکرد موجک مادر $\psi(t)$ بیان کرد.

$$\psi_{s,\tau} = \frac{1}{\sqrt{s}}\psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (۱)$$

تبدیل موجک سیگنال x(t) با تابع موجک $\psi_{s,\tau}$ به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$T(s,\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right)dt \quad (۲)$$

تبدیل ویولت ترکیبی از دو فیلتر پایین گذر و بالا گذر می‌باشد؛ که در طول مراحل مختلف بر روی سیگنال اعمال می‌گردد که در این تبدیل‌ها از دو مقیاس کوچک و بزرگ به منظور معرفی فرکانس‌های بالا و پایین استفاده می‌شود؛ که هدف از مقیاس‌های کوچک به دست آوردن رفتار کوتاه مدت سیگنال و هدف از مقیاس‌های بزرگ به دست آوردن رفتار بلندمدت سیگنال است. بدین معنی که تبدیل ویولت با استفاده از سیگنال ECG و انتخاب یک موجک مادر که در این پژوهش از موجک دوباچیز استفاده گردیده است، در هر مرحله سیگنال حاوی فرکانس‌های بالا که بیانگر جزئیات سیگنال می‌باشد و سیگنال حاوی فرکانس پایین که بیانگر تقریبی از سیگنال هست را ارائه می‌دهد. بدین معنی که در این پژوهش از خروجی فیلتر پایین گذر تقریب سیگنال و از خروجی فیلتر بالا گذر جزئیات سیگنال به دست می‌آید که فیلترها ضرایب ویولت و تابع مقیاس‌گذاری را نتیجه می‌دهند. در این پژوهش از کدینگ زیر باند که شامل دنباله‌ای از فرآیندهای فیلتر و کاهش نرخ نمونه‌برداری است، استفاده گردید. در مرحله اول سیگنال ورودی توسط دو فیلتر معرفی شده بالا گذر و پایین گذر فیلتر شده و خروجی هر دو فیلتر با ضریب ۲ کاهش نمونه‌برداری گردید. در مرحله دوم خروجی فیلتر پایین گذر مرحله اول توسط همان فیلترهای پایین گذر و بالا گذر فیلتر شده و با ضریب ۲



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

کاهش نرخ پیدا می‌کنند تا دنباله خروجی با طول N/4 تولید گردد و این روند فیلتر کردن خروجی فیلتر پایین گذر و کاهش نرخ یافتن ادامه می‌یابد.

با استفاده از تبدیل موجک، سیگنال ECG به ضرایب ویولت تجزیه می‌گردد. برای این منظور از موجک دوباچیز db2 به منظور استخراج ویژگی‌ها استفاده می‌شود. به منظور بازیابی سیگنال از حالت نویزی در روش تبدیل موجک، آستانه سازی ویولت را انجام داده و بدین صورت ضرایب کوچک ویولت به صفر تنظیم شده و ضرایب سازگار با سیگنال حفظ می‌گردد. این فرآیند اطلاعات غیرضروری را برای شبکه عصبی عمیق کاهش داده و منجر به استفاده بهینه از شبکه عصبی عمیق پیشنهادی می‌گردد.

شبکه‌های عصبی عمیق (Deep Neural Network) DNN اخیراً در زمینه‌های تجزیه و تحلیل سیگنال به طور چشمگیری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷،۸].

تکنیک فیلترهای وفقی متکی بر تبدیل موجک با بهره‌گیری از شبکه عصبی عمیق به عنوان راهکار در حذف نویز سیگنال‌های ECG برای این پژوهش استفاده شده است.

هدف از این پژوهش ماکسیمم کردن نسبت سیگنال به نویز است. معماری پیشنهادی برای شبکه عصبی عمیق از دولایه کانولوشن، دو لایه ادغام ماکسیمم و یک لایه تماماً متصل استفاده گردیده است؛ که لایه کانولوشن همان عملیات ریاضی کانولوشن را پیاده‌سازی می‌کند، در این لایه پارامترها مجموعه‌ای از فیلترها با توانایی یادگیری می‌باشند که از لحاظ مکانی کوچک بوده؛ اما در امتداد عمق ورودی ادامه پیدا می‌کند. پس از لایه‌های کانولوشن با بهره‌گیری از لایه ادغام ماکسیمم سعی در کاهش اندازه که منجر به کاهش محاسبات و افزایش سرعت می‌گردد، شده است. در نهایت پس از هر یک از این لایه‌ها از توابع فعال‌ساز ReLU به منظور نگاشت از فضای مختلط به فضای حقیقی استفاده گردید؛ که در این صورت با تغییر وزن سیناپسی نورون‌ها ارتباط بیشتری میان نورون‌ها حاصل می‌گردد.

## نتایج

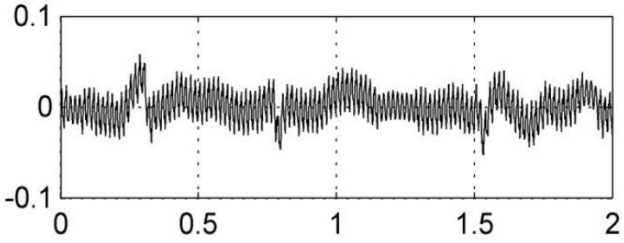
تمامی سیگنال‌ها در این پایگاه داده [۹] با وضوح ۱۱ بیت بر سمپل ثبت شده‌اند. ۴۰۰۰ نمونه از این پایگاه داده برای آموزش شبکه عصبی عمیق و ۴۰۰۰ نمونه دیگر برای آزمون نمونه‌های پایگاه داده استفاده شد.

معیار مورد نظر برای ارزیابی کیفیت روش پیشنهادی به منظور حذف نویز، نسبت سیگنال به نویز می‌باشد که هدف این پژوهش افزایش این نسبت می‌باشد که بیانگر بازدهی روش مبتنی بر تبدیل موجک و یادگیری عمیق می‌باشد. در فرمول ۳ $s[n]$ بیانگر سیگنال و $\hat{s}[n]$ تخمینی از سیگنال می‌باشد.

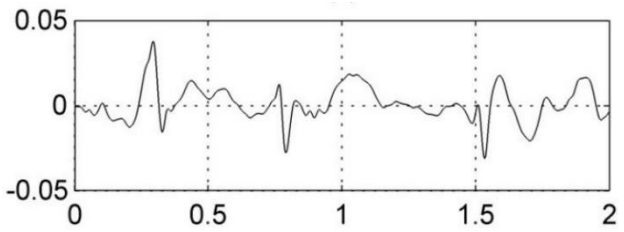
$$SNR_{db} = 10\log \frac{\sum_{n=1}^{N} |s[n]|^2}{\sum_{n=1}^{N} |\hat{s}[n] - s[n]|^2} \qquad (۳)$$

**جدول ۱: مقایسه نتایج روش پیشنهادی با سایر روش‌ها**

| روش | مقدار SNR | مقدار بهبود در SNR |
|---|---|---|
| ترکیب فیلترها | ۱۶/۲۴ | ۶/۵۲ |
| تبدیل موجک | ۱۰/۲۲ | ۰/۵ |
| روش مرجع [۴] | ۱۰/۴۳ | ۰/۷۱ |
| تبدیل سری فوریه [۱] | ۱۸/۰۹ | ۸/۳ |
| روش پیشنهادی | ۱۹/۲۸ | ۹/۵۶ |




**شکل ۳: سیگنال ECG قبل از حذف نویز**




**شکل ٤: سیگنال ECG بعد از حذف نویز**

نتایج شبیه‌سازی در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است که بیانگر حذف نویز ترکیبی در سیگنال ECG به صورت بصری می‌باشد. در این راستا نتایج عددی نسبت سیگنال به نویز در جدول ۱ با سایر روش‌های پیشنهادی مورد مقایسه قرار گرفته است که این مقایسه نشان از کارایی روش پیشنهادی در افزایش نسبت سیگنال به نویز که همان حذف نویز در سیگنال ECG می‌باشد را دارد. روش پیشنهادی به علت بهره‌گیری از



www.SID.ir

Archive of SID


Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

یادگیری عمیق در طی فرآیند آموزش شبکه عصبی جزئیات و ویژگی‌های سطح بالایی را از سیگنال ECG استخراج می‌کند که حاصل آن در خروجی یک سیگنال با نویز اندک می‌باشد که این نتیجه پزشکان را در تصمیم‌گیری دقیق برای تشخیص بیماری‌های قلبی کمک می‌کند.

## بحث و نتیجه‌گیری

روش‌های مختلفی برای حذف نویز از سیگنال ECG به کار گرفته شده است که در این پژوهش از یک فیلتر وفقی بر اساس تبدیل موجک و شبکه عصبی عمیق استفاده شده است. جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های مبتنی بر موجک [۱۰] و فیلترینگ بیزین غیرخطی [۱۱] و فیلتر کالمن [۱۲] و روش‌های مطرح دیگر را نام برد. یکی از روش‌های موفق‌آمیز برای حذف نویز از سیگنال‌های ECG استفاده از آنالیز موجک می‌باشد این روش به دلیل سیگنال‌های ناپایدار و همچنین ارائه رزولاسیون بهتر در دامنه زمان فرکانسی از بازدهی بالاتری نسبت به آنالیز فوریه برخوردار می‌باشد [۱۳]. در مطالعه مقایسه‌ای AlMahamdy و همکاران تبدیل موجک در اغلب موارد نتایج بهتری را ارائه می‌کند [۱۴] در این راستا Srivastava و همکاران، از تبدیل موجک گسسته برای استخراج ویژگی از سیگنال ECG استفاده نمودند که این روش مبتنی بر عصبی–فازی ترکیبی از شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی می‌باشد، این روش برای طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت و دقت بیش از ۹۰٪ و حساسیت بین ۶۰٪ تا ۷۰٪ را برای محققان ارائه کرد [۱۵].

فاکتورهای مختلفی در فیلتر کردن نویز به منظور پردازش سیگنال‌های ECG به کار می‌رود که بیشتر تکنیک‌های مبتنی بر بانک فیلتر برای حذف نویز در سیگنال ECG بر امواج P و R اثر می‌گذارند [۱۶،۱۷].

در پژوهشی با استفاده از یک فیلتر وفقی چند مرحله‌ای انواع مختلف نویز در سیگنال‌های ECG کاهش یافته و از این فیلتر به منظور حذف نویز در روش‌های دیگر استفاده گردیده است. [۲].

فیلتر پیشنهادی در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد که منجر به تشخیص خودکار در این زمینه می‌گردد. در بیشتر روش‌های فوق، تکنیک‌های جداگانه‌ای برای حذف نویزهای مختلف پیشنهاد شده است و گاهی اوقات اطلاعات فرآیند سیگنال ECG در طول فرآیند افزایش می‌یابد؛ بنابراین نیاز به یک روش است که توانایی استخراج ویژگی‌های مؤثر و عمیق از سیگنال‌های ECG و حذف آن‌ها بدون تأثیر بر ساختار سیگنال را داشته باشد؛ لذا روش پیشنهادی با بهره‌گیری از تبدیل موجک و استفاده از الگوریتم مربوط به روش یادگیری عمیق در این راستا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۰–۱۸].

تجزیه و تحلیل سیگنال‌های ECG با استفاده از تبدیل موجک در هر دو بعد فرکانس و زمان نشان از کاهش چشمگیر نویز در این سیگنال‌ها دارد. در این پژوهش با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی عمیق که یکی از الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌باشد، ترکیبی از این دو تکنیک به منظور کاهش نویز در سیگنال ECG ارائه شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان از کارایی بالای روش پیشنهادی در این زمینه دارد. شبکه عصبی کانولوشن (convolutional neural network) یکی از مهم‌ترین روش‌های یادگیری عمیق است که لایه‌های متعدد در آن به شیوه‌ای جدید آموزش می‌بینند. این شبکه‌ها نوعی از شبکه عصبی چند لایه بوده که برای داده‌های دو بعدی مانند تصویر طراحی شده است. بخش‌های مختلف تصویر به عنوان ورودی به لایه‌های شبکه عصبی که به صورت سلسله مراتبی می‌باشند اعمال می‌شود و در هر لایه با اعمال فیلترهای دیجیتال ویژگی‌های مناسبی از تصویر استخراج می‌شود.

لایه‌های کانولوشن با استفاده از کرنل‌های مختلف ویژگی‌های مختلف تصویر را کانوالو می‌کنند. عملیات کانوالو سه ویژگی مهم دارد که شامل ۱) مکانیزم اشتراک گذاری وزن‌ها در همان ویژگی که تعداد پارامترها را کاهش می‌دهد. ۲) اتصال یادگیری محلی ۳) تغییر ناپذیری با توجه به موقعیت جسم می‌باشد.

یادگیری عمیق، تشخیص الگو و یادگیری ماشین را متحول ساخته که این عمل مربوط به تخصیص اعتبار در سیستم‌های وفقی با زنجیرهای طولانی می‌باشد. اصطلاح یادگیری عمیق اولین بار به ماشین یادگیری دکارت و شبکه‌های عصبی مصنوعی ANN(Artificial Neural Network) اطلاق شد. پس از آن بیشتر یاد گیرنده‌های عمیق در زمینه شبکه‌های عصبی مصنوعی در بین مردم از محبوبیت ویژه‌ای برخوردار شدند. در یادگیری، ویژگی‌های غیرخطی چندین لایه استخراج می‌شود و به یک دسته‌بندی کننده اعمال شده و آن هم تمامی این ویژگی‌ها را با هم ترکیب می‌کند تا بتواند یک پیش‌بینی انجام دهد. یکی از مواردی که ما را به استفاده از تعداد لایه‌های بیشتر در یادگیری عمیق ترغیب می‌کند استفاده از


www.SID.ir

Archive of SID


Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

تعداد لایه‌های بیشتر به منظور استخراج ویژگی‌های بیشتر می‌باشد.

روش کار در یادگیری عمیق عملاً از مغز انسان و نحوه کار قسمت پردازش‌گر بینایی مغز است که نورون‌های مربوط به سلسله مراتب اولیه که اطلاعاتی دریافت می‌کنند حساس می‌باشند و در ادامه خروجی‌ها در یک سلسله مراتب دیگر به ساختارهای پیچیده‌تری حساس می‌باشند. به طور کلی یادگیری عمیق در این نوع شبکه‌ها وابستگی زمانی را هم با خود در بر دارد، همان‌طور که در شبکه‌های عصبی ورودی شبکه از ورودی قبلی تأثیر می‌پذیرد و تقریباً یک حافظه در شبکه عصبی ایجاد می‌شود؛ بنابراین یادگیری عمیق در یادگیری ویژگی‌های سلسله مراتبی غیرخطی عمیق خلاصه نمی‌شود بلکه می‌توان از آن در یادگیری وابستگی‌های زمانی غیر خطی طولانی در داده‌های ترتیبی هم استفاده کرد.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه به صورت مستقل و بدون حمایت مالی هیچ سازمانی انجام گرفته است، پژوهشگران از کلیه افرادی که در این مطالعه همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## تعارض منافع

این مطالعه هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارد.

**References**

**1.** Bahaz M, Benzid R. Efficient algorithm for baseline wander and powerline noise removal from ECG signals based on discrete Fourier series. Australas Phys Eng Sci Med 2018;41(1):143-60. doi: 10.1007/s13246-018-0623-1

**2.** Sharma N, Singh Sidhu J. Removal of noise from ecg signal using adaptive filtering. Indian Journal of Science and Technology 2016;9(48). doi: 10.17485/ijst/2016/v9i48/106424

**3.** Sharma RR, Pachori RB. Baseline wander and power line interference removal from ECG signals using eigenvalue decomposition. Biomedical Signal Processing and Control 2018;45:33–49. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.05.002

**4.** Oliveira BR, Duarte MA, Abreu CC, Vieira Filho J. A wavelet-based method for power-line interference removal in ECG signals. Res Biomed Eng 2018;34(1):73–86. https://doi.org/10.1590/2446-4740.01817

**5.** Yazdanpanah B, Kumar KS, Raju GS. Notice of Removal: Noise removal ecg signal using non-adaptive filters and adaptive filter algorithm. International Conference on Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO); 2015 Jan 24-25; Visakhapatnam, India: IEEE; 2015. doi: 10.1109/EESCO.2015.7253664

**6.** Singh P, Srivastava I, Singhal A, Gupta A. Baseline wander and power-line interference removal from ECG signals using Fourier decomposition method. Machine Intelligence and Signal Analysis Singapore: Springer; 2019. p. 25-36. p. 25-36.

**7.** Farsi H, Mozaffarian MA, Rahmani H. Improving voice activity detection used in ITU-T G. 729. B. Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Signal and Telecommunications; 2009 Jan; p. 11–5.

**8.** Hosseini SM, Farsi H, Yazdi HS. Best clustering around the color images. International Journal of Computer and Electrical Engineering 2009;1(1):20. doi: 10.7763/IJCEE.2009.V1.4

**9.** https://physionet.org/

**10.** Mohammadzadeh S, Farsi H. Image retrieval using color-texture features extracted from Gabor-Walsh wavelet pyramid. Journal of Information Systems and Telecommunication 2014; 2(1): 31-40. doi: 10.7508/jist.2014.01.004

**11.** Sayadi O, Shamsollahi MB. ECG denoising and compression using a modified extended Kalman filter structure. IEEE Trans Biomed Eng 2008;55(9):2240-8. doi: 10.1109/TBME.2008.921150

**13.** Hosseini SM, Nasrabadi A, Nouri P, Farsi H. A novel human gait recognition system. International Journal of Computer and Electrical Engineering 2010;2(6):1043. doi: 10.7763/IJCEE.2010.V2.273

**14.** AlMahamdy M, Riley HB. Performance study of different denoising methods for ECG signals. Procedia Computer Science 2014;37:325-32. doi: 10.1016/j.procs.2014.08.048

**15.** Srivastava VK, Prasad D. DWT-based feature extraction from ECG signal. American Journal of Engineering Research 2013;2(3):44-50.

**16.** Jenkal W, Latif R, Toumanari A, Dliou A, El B'charri O, Maoulainine FM. An efficient algorithm of ECG signal denoising using the adaptive dual threshold filter and the discrete wavelet transform. Biocybernetics and Biomedical Engineering 2016;36(3):499-508. doi: 10.1016/j.bbe.2016.04.001

**17.** Mohamadzadeh S, Farsi H. Content based video retrieval based on HDWT and sparse representation. Image Analysis & Stereology 2016;35(2):67-80. doi: 10.5566/ias.1346

**18.** Qureshi R, Rizvi SA, Musavi SH, Khan S, Khurshid K. Performance analysis of adaptive



www.SID.ir

Archive of SID


algorithms for removal of low frequency noise from ECG signal. International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies (ICIEECT); 2017 Apr 5; Karachi, Pakistan: IEEE; 2017. p. 1-5. doi: 10.1109/ICIEECT.2017.7916551

**19.** Haritha C, Ganesan M, Sumesh EP. A survey on modern trends in ECG noise removal techniques. International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT); 2016 Mar 18-19; Nagercoil, India: IEEE; 2016. p. 1-7. doi: 10.1109/ICCPCT.2016.7530192

**20.** Vijayakumari B, Devi JG, Mathi MI. Analysis of noise removal in ECG signal using symlet wavelet. International Conference on Computing Technologies and Intelligent Data Engineering (ICCTIDE'16); 2016 Jan 7-9; Kovilpatti, India: IEEE; 2016. p. 1-6. doi: 10.1109/ICCTIDE.2016.7725336

Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021



www.SID.ir

Archive of SID

Original Article

*Journal of Health and Biomedical Informatics*
*Medical Informatics Research Center*
*2020; 7(3):318-325*

# Adaptive Filtering Strategy to Remove Noise from ECG Signals Using Wavelet Transform and Deep Learning

**Fooladi Saber[1], Farsi Hassan[2]*, Farsi Farima[3]**

• **Received:** 24 Dec 2019 • **Accepted:** 11 May 2020

**Introduction:** Electrocardiogram (ECG) is a method to measure the electrical activity of the heart which is performed by placing electrodes on the surface of the body. Physicians use observation tools to detect and diagnose heart diseases, the same is performed on ECG signals by cardiologists. In particular, heart diseases are recognized by examining the graphic representation of heart signals which is known as ECG. The ECG signals are accompanied by noise due to external sources or other physiological processes in the human body.

**Method:** In this applied research, an adaptive filter based on wavelet transform and deep neural network was proposed to reduce the noise. The proposed method was a combination of wavelet transform, adaptive learning, and nonlinear mapping of deep neural networks. Deep neural network was used with an adaptive filter to reduce more noise in the ECG signal.

**Results:** Signal-to-Noise ratio (SNR) was used as a criterion to evaluate the quality of the proposed method to remove noise. In fact, the objective of this research was to increase this ratio which indicates higher efficiency of the method based on wavelet transform and deep learning.

**Conclusion**: The results of the simulation showed that the proposed method improved the removal of noise from the ECG signal about 9.56% compared to existing methods. The reason is that the coefficients extracted from adaptive filter were optimized using deep neural network so that it provided a low-noise waveform.

**Keywords:** ECG Signal, Wavelet Transform, Deep Learning

• **Citation:** Fooladi S, Farsi H, Farsi F. Adaptive Filtering Strategy to Remove Noise from ECG Signals Using Wavelet Transform and Deep Learning Journal of Health and Biomedical Informatics 2020; 7(3): 318-25. [In Persian]

1. Ph.D. Student in Electrical Engineering-Telecommunications, Electrical Engineering-Telecommunications Dept., Faculty of Electrical Engineering and Computer, Shokatabad Campus, University of Birjand, Birjand, Iran
2. Ph.D. in Electrical Engineering-Telecommunications, Professor, Electrical Engineering-Telecommunications Dept., Faculty of Electrical Engineering and Computer, Shokatabad Campus, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Medical Doctoral Student, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
***Corresponding Author:** Hassan Farsi
**Address:** Faculty of Electrical Engineering and Computer, Shokatabad Campus, University of Birjand, Birjand, Iran
•**Tel:** 00985632202049-413 • **Email:** hfarsi@birjand.ac.ir

Downloaded from jhbmi.ir at 11:37 +0330 on Monday January 11th 2021

www.SID.ir