

## طراحی سیستم نظارت و تشخیص آریتمی‌های قلبی با استفاده از محاسبات ابری و داده‌کاوی

فاطمه بیدار<sup>۱</sup>، حامد وحدت‌نژاد<sup>۲</sup>، غلامرضا شهابادی<sup>۳</sup>، معصومه خزاعی<sup>۴</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی - دانشگاه آزاد - بیرجند - ایران، fatima.bidar65@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر - دانشگاه بیرجند - ایران، vahdatnejad@birjand.ac.ir

۳- دانشجو دکترا برق الکترونیک، دانشکده مهندسی - دانشگاه آزاد - بیرجند - ایران، Ghr.shahabady@gmail.com

۴- کارشناسی ارشد کامپیوتر نرم‌افزار، دانشکده برق و کامپیوتر - دانشگاه آزاد - بیرجند - ایران، m.khazae91@gmail.com

چکیده - سیستم‌های بهداشت و سلامت به دلیل ارتباط با زندگی و جان افراد از اهمیت بسیاری برخوردار هستند. در این مقاله یک معماری پیشنهاد می‌شود که با استفاده از محاسبات فراگیر و ابری به مراقبت و کنترل بیماران قلبی در خانه و از راه دور، و همچنین با استفاده از یک روش هوشمند ترکیبی به تشخیص آریتمی‌های قلبی می‌پردازد. رویکردهای قبلی به تشخیص آریتمی‌های قلبی با استفاده از داده‌کاوی پرداخته‌اند و نظارت و کنترل این بیماران به صورت فراگیر بررسی نشده است. معماری پیشنهادی شامل سه بخش، مؤلفه جمع‌آوری اطلاعات، مؤلفه بیمارستان و مؤلفه ابر است که هر کدام وظایف و عملکرد متفاوتی دارند. همچنین یک روش هوشمند ترکیبی برای تشخیص آریتمی‌های قلبی (کارکرد طبیعی و چهار کارکرد غیرطبیعی) ارائه شده است. که در ساختارش از قطعه‌بندی برای پیش‌پردازش، تبدیل موجک برای استخراج ویژگی، از نرمالیزه کردن برای نرمال کردن مؤلفه‌های بردار ویژگی، الگوریتم PCA برای کاهش ابعاد بردار ویژگی و از طبقه‌بندی کننده SVM استفاده شده است. نتایج حاصل از پیاده‌سازی روی داده‌های برجسب خورده پایگاه داده MIT\_BIH، کارایی خوب روش پیشنهادی را در تشخیص آریتمی‌های قلبی نشان می‌دهد که دارای دقت ۹۹/۲۱٪ می‌باشد.

کلیدواژه - آریتمی‌های قلبی، تبدیل موجک، طبقه‌بندی کننده SVM، محاسبات ابری، محاسبات فراگیر.

هستند که نیاز به کنترل و نظارت مداوم هرروزه دارند استفاده از تکنولوژی‌های محاسبات فراگیر و ابری می‌تواند نقش بسزایی در درمان این بیماری داشته باشد. اما اکثر پژوهش‌های گذشته فقط به تشخیص آریتمی‌های قلبی پرداخته و به نظارت و کنترل از راه دور این بیماران نپرداخته‌اند. از این رو در این مقاله یک معماری پیشنهاد می‌شود که با استفاده از محاسبات فراگیر و ابری به مراقبت و کنترل بیماران قلبی در خانه و از راه دور، و همچنین با استفاده از یک روش هوشمند ترکیبی به تشخیص آریتمی‌های قلبی می‌پردازد. معماری پیشنهادی شامل سه بخش، مؤلفه جمع‌آوری اطلاعات، مؤلفه بیمارستان و مؤلفه ابر است که هر کدام وظایف و عملکرد متفاوتی دارند. همچنین یک روش هوشمند ترکیبی برای تشخیص آریتمی‌های قلبی (کارکرد طبیعی و چهار کارکرد غیرطبیعی) ارائه شده است. نتایج حاصل از پیاده‌سازی روی داده‌های برجسب خورده پایگاه داده MIT\_BIH، کارایی خوب روش پیشنهادی را در تشخیص آریتمی‌های قلبی نشان می‌دهد که دارای دقت ۹۹/۲۱٪ می‌باشد.

در ادامه در بخش دوم کارهای انجام شده در زمینه نظارت و تشخیص آریتمی‌های قلبی بررسی می‌شود. در بخش سوم به

### ۱- مقدمه

امروزه استفاده از تکنولوژی‌های مفید سطح کیفیت زندگی افراد و به خصوص بیماران را افزایش داده و رفاه و آرامش بیشتری را برای آن‌ها به ارمغان می‌آورد [۱]. سیستم‌های بهداشت و درمان فراگیر نوعی از سیستم‌های توزیع شده‌اند که از فناوری‌های ارتباط بی‌سیم مختلف در اجرای آنها استفاده می‌شود. و دارای سخت‌افزارهای ناهمگن می‌باشند [۲]. محاسبات ابری یکی از روش‌های نوین در علم محاسبات فراگیر است که می‌تواند نقش مهمی از نظر امنیت، اشتراک، تجمیع و مدیریت داده‌ها در بخش مراقبت از سلامت ایفا کند [۳]. سیستم اطلاعات سلامت فراگیر مفید است برای کسانی که نیاز به نظارت مستمر دارند اما اغلب به دور از ارائه دهندگان سرویس‌های سلامت زندگی می‌کنند و حضور در جلسات درمانی مکرر برایشان دشوار است [۴]. مسأله این پژوهش طراحی سیستم نظارت و تشخیص آریتمی‌های قلبی بر بستر محاسبات ابری با استفاده از یک روش داده‌کاوی است. از آنجا که آریتمی‌های قلبی از جمله بیماری‌های غیر واگیر و مزمنی

اطلاعات آماری سطح بالا<sup>۱</sup> از ضرایب بسته موجک استنتاج و در نهایت مجموعه ویژگی‌ها به عنوان ورودی به طبقه‌بند نزدیکترین همسایه داده شده است [۹]. در مقاله دیگری، طبقه‌بندی آریتمی‌های قلبی از یک روش کاهش ویژگی که ترکیبی از آنالیز مؤلفه‌های اصلی با آنالیز تفکیک کننده خطی و یک طبقه‌بند شبکه عصبی احتمالی استفاده شده است [۱۰]. در مقاله دیگری، برای تشخیص آریتمی‌های قلبی در مرحله انتخاب ویژگی از آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شده سپس ویژگی‌های انتخاب شده به عنوان ورودی به مدل استنتاج فازی داده می‌شود. دقت متوسط ۹۵/۴۲ درصد برای تشخیص آریتمی‌های قلبی بدست آمده است [۱۱]. در مقاله دیگری، از تبدیل موجک برای استخراج ویژگی استفاده شده و یک روش ترکیبی سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) برای طبقه‌بندی سیگنال‌های قلبی ارائه شده است که ترکیبی از شبکه‌های عصبی تطبیقی و منطق فازی است. دقت طبقه‌بندی ۹۸/۲۴٪ بدست آمده است [۱۲]. در مقاله دیگری، یک روش انتخاب ویژگی خاص-بیماری که شامل مرحله رتبه‌بندی ویژگی یکی مقابل یکی<sup>۲</sup> و مرحله جستجوی ویژگی است که برای طبقه‌بندی از ماشین بردار پشتیبان استفاده کرده است. متوسط دقت طبقه‌بندی از روش انتخاب ویژگی پیشنهادی ۸۶/۶۶ درصد است [۱۳]. در تمامی پژوهش‌های ذکر شده، نمونه‌ها از پایگاه داده MIT-BIH انتخاب شده‌اند.

### ۳- رویکرد پیشنهادی

در شکل ۱ روند تحلیل داده‌ها به صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است که شامل پیش‌پردازش، استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی و طبقه‌بندی داده‌ها می‌باشد. در ادامه، هر یک از این قسمت‌ها به طور مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۳-۱- پیش‌پردازش داده

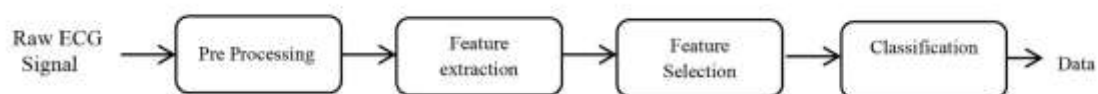
در این مقاله از قطعه‌بندی برای پیش‌پردازش داده‌ها استفاده شده است. بدین صورت که سیگنال‌های قلبی به قطعات زمانی هشت ثانیه تقسیم می‌شوند. در این تقسیم‌بندی زمانی، ضرایب تبدیل موجک برای هر قطعه جدا به عنوان بردار ویژگی محاسبه می‌شود.

معرفی و بیان روش پیشنهادی پرداخته خواهد شد و سپس نتیجه پیاده‌سازی و اجرا سیستم با استفاده از نرم‌افزار متلب در بخش چهارم صورت می‌گیرد. و در بخش آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه شده است.

### ۲- پیشینه پژوهش

اولین پروژه‌های تحقیقاتی برای تشخیص آریتمی‌های قلبی در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد که نتایج آن سیستم‌های نیمه‌اتوماتیک ابتدایی بود که توانایی آن‌ها در استخراج نرخ ضربان قلب خلاصه شده بود و اگر این پارامتر در رنج خطرناکی قرار می‌گرفت پزشکان با شنیدن نشان‌هایی آگاه می‌شدند. در ادامه به مرور تحقیقات انجام شده در زمینه نظارت و تشخیص آریتمی‌های قلبی می‌پردازیم.

در مقاله‌ای با استفاده از ویژگی‌های زمان و ویژگی‌های زمان-فرکانس، که نهایتاً ۶۳ ویژگی حاصل شده و با الگوریتم PCA به کاهش ابعاد ضرایب ویژگی پرداخته شده و نهایتاً از ویژگی‌های بدست آمده برای آموزش شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی ۲۱ آریتمی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج بدست آمده در دقت طبقه‌بندی با ویژگی‌های زمانی به ۸۹٪ و با ویژگی‌های زمان-فرکانس به ۹۳٪ در این مقاله رسیده است [۵]. در مقاله‌ای دیگر از ویژگی‌های آماری برای استخراج ویژگی، FCM برای کاهش ابعاد ویژگی و الگوریتم پرسپترون چند لایه برای طبقه‌بندی آریتمی‌های قلبی استفاده کرده است. در این مقاله دقت طبقه‌بندی به ۹۹/۱٪ رسیده است [۶]. در مقاله دیگری، از تبدیل موجک گسسته برای استخراج ویژگی و از الگوریتم نزدیکترین همسایه برای طبقه‌بندی آریتمی‌های قلبی استفاده کرده است. این سیستم ۱۶ نوع ضربان قلب را طبقه‌بندی و حساسیت سیستم پیشنهادی ۸۵/۵۹٪ است [۷]. در مقاله‌ای دیگر برای تشخیص خودکار ضربان‌های قلب از یک ساختار ترکیبی شامل طبقه‌بندهای SVM، KNN و شبکه عصبی با یک تکنیک جدید استخراج ویژگی هندسی QRS استفاده شده است. دقت ۹۸/۰۶٪ از طبقه‌بندی آریتمی‌های قلبی بدست آمده است [۸]. در مقاله دیگری، ضرایب بسته موجک برای هر نوع از ضربان‌های قلب محاسبه شده سپس



شکل ۱: بلوک دیاگرام مراحل تحلیل داده

<sup>۱</sup>One-Versus-One

<sup>۱</sup>Higher Order Statistics

<sup>۲</sup> Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

### ۲-۳- استخراج ویژگی

در این مقاله استخراج ویژگی با استفاده از تبدیل موجک و محاسبه انرژی سیگنال بدست آمده است. که در تبدیل موجک از پنج سطح تجزیه موجک استفاده شده است و سیگنال‌های ECG با استفاده از موجک مادر sym8 در سطوح مختلف تجزیه شده و ضرایب موجک برای هر سطح تجزیه استخراج شده است. برای محاسبه انرژی سیگنال در این مقاله، انرژی ضرایب در هر سطح تجزیه موجک از روابط زیر بدست می‌آید:

$$ED_i = \sum_{j=1}^N |D_{ij}|^2 \quad (1)$$

$$EA_i = \sum_{j=1}^N |A_{ij}|^2 \quad (2)$$

که در آن  $i$  شماره سطح تجزیه موجک و  $z$  تعداد ضرایب در هر سطح تجزیه موجک است.  $ED_i$  انرژی ضریب جزئیات در سطح تجزیه  $i$ ام و  $EA_i$  انرژی ضریب تقریب در سطح تجزیه  $i$ ام است.

### ۳-۳- انتخاب ویژگی‌های بهینه

بعد از مرحله استخراج ویژگی با استفاده از تبدیل موجک، برای کاهش ابعاد داده‌ها از الگوریتم PCA و برای نرمال کردن بردارهای ویژگی از نرمالیزه کردن استفاده شده است. برای نرمالیزه کردن بردارهای ویژگی در مرحله آموزش و آزمایش، هر مؤلفه از بردارهای ویژگی از میانگین آن مؤلفه در کل بردارهای ویژگی کم شده و حاصل بر انحراف معیار آن مؤلفه تقسیم شده است. رابطه ۳ نرمالیزه کردن هر مؤلفه را نشان می‌دهد.

$$x_i^{j'} = \frac{x_i^j - \mu_i}{\sigma_i} \quad (3)$$

در این رابطه  $x_i^j$  مؤلفه  $i$ ام، زامین بردار ویژگی قبل از نرمالیزه کردن،  $x_i^{j'}$  مؤلفه  $i$ ام، زامین بردار ویژگی پس از نرمالیزه کردن می‌باشد.  $\mu_i$  میانگین این مؤلفه روی کل بردارهای ویژگی آموزش و  $\sigma_i$  انحراف معیار این مؤلفه روی کل بردارهای ویژگی آموزش است.

### ۴-۳- طبقه‌بندی کننده

پس از استخراج ویژگی‌های بهینه، طبقه‌بندی داده انجام می‌گیرد. در این مرحله ویژگی‌های استخراج شده به طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان داده می‌شوند.

### ۵-۳- معماری

معماری پیشنهادی از سه بخش اصلی، مؤلفه جمع‌آوری اطلاعات، مؤلفه بیمارستان و مؤلفه ابر تشکیل شده است که هر کدام وظایف و عملکرد متفاوتی دارند. شکل ۲ ساختار این معماری را نشان می‌دهد.

### ۱-۵-۳- مؤلفه جمع‌آوری اطلاعات

بیشتر عملیات نظارت و تشخیص آریتمی در این قسمت انجام می‌شود. که شامل زیر مؤلفه‌های سنسورهای پوشیدنی، تشخیص و عمل کننده است. سنسورها داده‌های خام بیمار را در محیط خانه جمع‌آوری کرده و از طریق بلوتوث یا اتصالات بدون سیم به دروازه‌های هوشمند یعنی موبایل بیمار ارسال می‌کنند. با بررسی‌های انجام شده در مورد بیماران قلبی می‌توان از سنسور نوار قلب، پایشگر نوار قلب و پایشگر فشار خون برای جمع‌آوری اطلاعات پزشکی استفاده کرد. داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنسورها به زیر مؤلفه تشخیص انتقال داده می‌شوند. همان‌طور که قبلاً بیان شد، این قسمت شامل سه مرحله پیش‌پردازش، استخراج ویژگی و طبقه‌بندی است. که بر اساس مقالات و با توجه به نظر فرد خبره، کارکرد طبیعی (ضربان نرمال قلب) و چهار کارکرد غیرطبیعی قلب (آریتمی) برای طبقه‌بندی در نظر گرفته شده است. چهار کارکرد غیرطبیعی قلب عبارتند از: انقباض زودرس بطنی، بلوک شاخه‌ای راست، بلوک شاخه‌ای چپ و پیس ریتم می‌باشند. نتیجه حاصل از طبقه‌بندی به عمل کننده انتقال داده می‌شود. در حالت ضربان نرمال قلب، بیمار در وضعیت عادی قرار دارد و خطری بیمار را تهدید نمی‌کند. در حالت آریتمی ممکن است بیمار دچار مرگ ناگهانی قلبی و یا ایست قلبی شود. این حالت یک وضعیت اضطراری برای بیمار است و به پزشک یا پرستار اطلاع‌رسانی می‌شود.

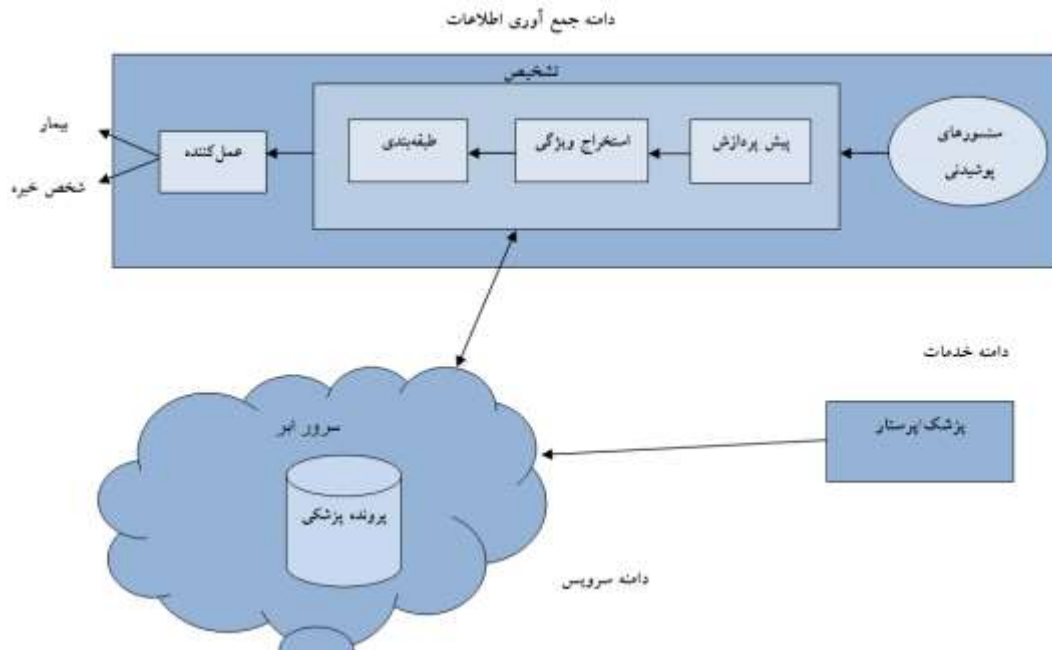
### ۲-۵-۳- مؤلفه بیمارستان

در این قسمت یک فرم دریافت اطلاعات بیمار وجود دارد، که تمام اطلاعات این فرم بعد از تحقیق و مشاوره با افراد متخصص و پزشکان بدست آمده است. این فرم شامل اطلاعات شخصی، اطلاعات پزشکی و سوابق پزشکی بیمار است. این فرم در اختیار پزشکان و پرستاران قرار می‌گیرد تا هنگام مراجعه بیمار به بیمارستان کامل شود. تمام این اطلاعات در پرونده سلامت بیمار

<sup>3</sup> Holter Monitoring Blood Pressure

<sup>1</sup> Sensor Electrocardiogram

<sup>2</sup> Holter Monitoring Rhythm



شکل ۲: شمای معماری سیستم پیشنهادی

اکوی قلب، تست ورزش، اسکن هسته‌ای قلب، FBS، HDL، LDL و VLDL می‌باشد. FBS اندازه‌گیری میزان قند خون ناشتا را نشان می‌دهد و همچنین HDL، LDL و VLDL از پارامترهای مهم برای بررسی میزان چربی خون بیماران قلبی است.

در بستر ابر ذخیره می‌شود تا در آینده زیرمؤلفه تشخیص بتواند از آن‌ها استفاده کند.

### ۳-۵-۳- مؤلفه ابر

داده‌های مهم و ضروری بیمار در ابر ذخیره می‌شود تا در هر زمان و مکان بتوان به آن دسترسی داشت. در صورتی که بیمار دچار آریتمی شود و به یک مرکز درمانی انتقال داده شود، سایر پزشکان که اطلاعات زیادی از بیمار ندارند می‌توانند با مراجعه به پرونده سلامت بیمار<sup>۱</sup> (PHR) در ابر تصمیم به موقع و درستی را اتخاذ کنند. در این سیستم از ابر خصوصی استفاده می‌شود. این پرونده حاوی جداول اطلاعات شخصی، سوابق پزشکی و اطلاعات پزشکی بیمار است که هنگام مراجعه یک بیمار به مرکز درمانی توسط افراد متخصص کامل می‌شود. این اطلاعات برای هر بیمار به صورت جداگانه و حداقل یک‌بار وارد می‌شود. تمام این پارامترها با مشورت افراد خبره و متخصص برای درمان بیماران قلبی پیشنهاد شده است. جدول اطلاعات شخصی بیمار شامل شناسه بیمار، کد بیمه، نام و نام‌خانوادگی، سن، وزن، قد، جنسیت، نام مرکز درمانی و پزشک معالج است. جدول سوابق پزشکی بیمار شامل شناسه بیمار، سابقه بیماری‌های قلبی، دیابت، فشار خون و جراحی‌های انجام شده است. جدول اطلاعات پزشکی بیمار شامل شناسه بیمار، تعداد ضربان قلب، دمای بدن، تعداد تنفس، نوار قلب،

### ۴- ارزیابی

در این قسمت به بررسی شمای کلی فرآیند استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی بهینه و در نهایت طبقه‌بندی داده‌ها پرداخته و در ادامه نتایج حاصل از طبقه‌بندی بیماری‌ها با استفاده از ویژگی‌های بهینه استخراج شده به کمک SVM بیان می‌شوند.

#### ۴-۱- جمع‌آوری سیگنال‌ها و ثبت داده

سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی از نوع سیگنال‌های زمانی پیوسته‌اند. برای پردازش سیگنال‌های ECG و تشخیص آریتمی‌های قلبی از روی آن‌ها ابتدا نیاز است که داده‌های درست و معتبری را ثبت کنیم یا اینکه از مجموعه داده‌ی شناخته شده و استاندارد استفاده کنیم. در این مقاله از سیگنال‌های برچسب خورده پایگاه داده‌ی MIT\_BIH<sup>۲</sup> استفاده شده است [۱۴]. این پایگاه داده شامل ۴۸ ثبت ECG<sup>۳</sup> دو کاناله است که از ۴۷ مورد مطالعاتی در لابراتوار آریتمی BIH بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۹ بدست آمده است. ثبت‌ها با فرکانس ۳۶۰ نمونه بر ثانیه رقمی

<sup>3</sup> Log

<sup>1</sup> Patient Health Record

<sup>2</sup> Massachusetts Institute of Technology- Boston's Beth Israel Hospital

نوع آریتمی	تعداد قطعات	تعداد تشخیص‌های صحیح	درصد خطا	دقت تشخیص
P	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
PVC	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
RBBB	۲۰۳	۲۰۰	۱/۴۸	۹۸/۵۲
LBBB	۲۰۳	۱۸۷	۷/۸۹	۹۲/۱۱
NSR	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
کل آریتمی‌ها	۱۰۱۵	۹۹۶	۱/۸۷	۹۸/۱۲

جدول ۲- نتایج و درصد خطای پنج نوع آریتمی قلبی با استفاده از انرژی سیگنال (با چهار ویژگی)

نوع آریتمی	تعداد قطعات	تعداد تشخیص‌های صحیح	درصد خطا	دقت تشخیص
P	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
PVC	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
RBBB	۲۰۳	۲۰۱	۰/۹۹	۹۹/۰۱
LBBB	۲۰۳	۱۹۷	۲/۹۶	۹۷/۰۴
NSR	۲۰۳	۲۰۳	۰	۱۰۰
کل آریتمی‌ها	۱۰۱۵	۱۰۰۷	۰/۷۹	۹۹/۲۱

مقاله مقایسه شده است. نمودار ۱ مقایسه سه مقاله با کار انجام شده را نشان می‌دهد. هر سه مقاله ژورنال و در سال ۲۰۱۴ انتشار یافته‌اند. که دقت طبقه‌بندی در مقاله (Huang+[11])، ۹۵/۴۲ درصد، در مقاله (Sumathi+[12]) ۹۸/۲۴ درصد و در مقاله (Zhang+[13])، ۸۶/۶۶ درصد است. دقت رویکرد پیشنهادی ۹۹/۲۱ درصد است که نسبت به سه مقاله دیگر دارای دقت بهتری می‌باشد.

#### ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک معماری پیشنهاد شد که با استفاده از محاسبات فراگیر و ابری به مراقبت و کنترل بیماران قلبی در خانه و از راه دور، و همچنین با استفاده از یک روش هوشمند ترکیبی به تشخیص آریتمی‌های قلبی می‌پردازد. بهترین نتیجه با انتخاب قطعه زمانی هشت ثانیه و پنج سطح تجزیه موجک و محاسبه انرژی سیگنال، نرمالیزه کردن بردارهای ویژگی، به کارگیری الگوریتم PCA برای کاهش ابعاد بردار ویژگی و استفاده از طبقه‌بندی کننده SVM، دقت تشخیص به ۹۹/۲۱٪ رسیده است.

شده‌اند و با دقت ۱۱ بیت در بازه ۱۰ میلی ولت ذخیره شده‌اند. دو یا چند کاردیولوژیست مستقلاً هر ثبت را علامت‌گذاری کرده‌اند و تفاوت در اظهار نظرها به بهترین روش رفع شده است. این پایگاه داده یکی از معتبرترین مراجع برای تحلیل بر روی بیماری‌های قلبی در دنیا محسوب می‌شود [۱۵]. در این مقاله پنج نوع آریتمی بکار رفته است که هر نوع شامل سه فایل، و برای هر فایل آریتمی ۶۴۸۰۰۰ نمونه استفاده شده است. با توجه به اینکه هر آریتمی به قطعات زمانی هشت ثانیه تقسیم شده و فرکانس نمونه‌برداری ۳۶۰Hz است، طول هر قطعه نمونه ۲۸۸۰ و تعداد قطعات برای هر فایل آریتمی ۲۲۵ می‌باشد.

#### ۲-۴- پیاده‌سازی

در این مقاله آریتمی‌ها به قطعات زمانی هشت ثانیه تقسیم شده و در این تقسیم‌بندی زمانی، ضرایب تبدیل موجک برای هر قطعه جدا به عنوان بردار ویژگی محاسبه شده سپس با استفاده از این ضرایب، انرژی سیگنال محاسبه می‌شود. از ماشین بردار پشتیبان برای دسته‌بندی آریتمی‌ها استفاده شده است. در این تحقیق، ۷۰ درصد داده برای آموزش طبقه‌بند SVM و ۳۰ درصد باقی‌مانده برای تست طبقه‌بند SVM بکار رفته است. همچنین دسته‌بندی به صورت یکی در برابر همه در SVM انجام گرفته است. بنابراین برای قطعات زمانی هشت ثانیه، تعداد پنج سطح تجزیه موجک (d1-d5) و یک تقریب نهایی (A5) در نظر گرفته، که شش سطح حاصل می‌شود. جهت استخراج ویژگی با استفاده از انرژی سیگنال، انرژی ضرایب جزئیات را از سطح یک تا پنج و انرژی ضریب تقریب سطح تجزیه پنجم را در نظر گرفته، و شش ویژگی حاصل به عنوان یک بردار ویژگی بکار می‌رود. در ادامه کار، به بررسی دقت تشخیص با اجرای الگوریتمی که ابتدا با نرمالیزه کردن به نرمال کردن بردارهای ویژگی و سپس با اجرای الگوریتم PCA به کاهش ابعاد بردارهای ویژگی می‌پردازد.

جدول ۱ نتایج و درصد خطای پنج نوع آریتمی قلبی با استفاده از انرژی سیگنال (با شش ویژگی) را نشان می‌دهد. در این جدول دقت تشخیص ۹۸/۱۲ درصد بدست آمده است. جدول ۲ نتایج و درصد خطای پنج نوع آریتمی قلبی با استفاده از انرژی سیگنال (با چهار ویژگی) را نشان می‌دهد. در این جدول با اجرای الگوریتم PCA ابعاد بردارهای ویژگی از شش ویژگی به چهار ویژگی کاهش یافته است. دقت تشخیص ۹۹/۲۱ درصد بدست آمده است. همچنین کار انجام شده در این مقاله با سه جدول ۱- نتایج و درصد خطای پنج نوع آریتمی قلبی با استفاده از انرژی سیگنال (با شش ویژگی)

Computer methods and programs in biomedicine, Vol. 74, Issue.2, pp.95-108, 2004.

[6] R. B. Ghongade and A. A. Ghatol. "Optimization of a multi-class MLP ECG classifier using FCM." Indian Journal of Science and Technology, Vol.3, Issue.10, pp.1102-1105, 2010.

[7] Y. Kutlu, D. Kuntalp. "A multi-stage automatic arrhythmia recognition and classification system." Computers in biology and medicine, Vol. 41, Issue.1, pp.37-45, 2011.

[8] M. R. Homaeinezhad, S. A. Atyabi, E. Tavakkoli, H. N. Toosi, A. Ghaffari and R. Ebrahimpour. "ECG arrhythmia recognition via a neuro-SVM-KNN hybrid classifier with virtual QRS image-based geometrical features," Expert Systems with Applications, Vol.39, Issue.2, pp.2047-2058, 2012.

[9] Y. Kutlu, D. Kuntalp. "Feature extraction for ECG heartbeats using higher order statistics of WPD coefficients," Computer methods and programs in biomedicine, Vol.105, Issue.3, pp.257-267, 2012.

[10] J. S. Wang, W. C. Chiang, Y. L. Hsu and Y. T. C. Yang. "ECG arrhythmia classification using a probabilistic neural network with a feature reduction method," Neurocomputing, Vol.116, pp.38-45, 2013.

[11] Y. P. Huang, C. Y. Huang and S. I. Liu. "Hybrid intelligent methods for arrhythmia detection and geriatric depression diagnosis," Applied Soft Computing, Vol.14, pp.38-46, 2014.

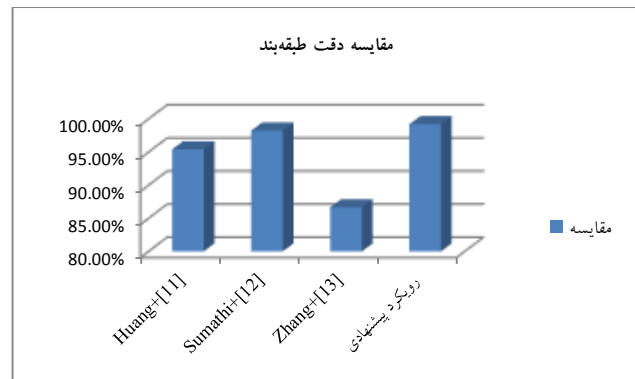
[12] S. Sumathi, H. L. Beaulah and R. Vanithamani. "A Wavelet Transform Based Feature Extraction and Classification of Cardiac Disorder," Journal of medical systems, Vol.38, Issue.9, pp.1-11, 2014.

[13] Z. Zhang, J. Dong, X. Luo, K. S. Choi and X. Wu. "Heartbeat classification using disease-specific feature selection." Computers in biology and medicine, Vol.46, pp.79-89, 2014.

[14] MIT-BIH arrhythmia database, <http://www.physionet.org/physiobank/database/#ecg>, 2012.

[15] G. B. Moody and R. G. Mark. "The impact of the MIT-BIH arrhythmia database," IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol.20, Issue.3, pp.45-50, 2001.

معماری پیشنهادی شامل سه بخش اصلی، مؤلفه جمع‌آوری اطلاعات، مؤلفه بیمارستان و مؤلفه ابر است که هر کدام وظایف و عملکرد متفاوتی دارند. با توجه به سیستم پیشنهادی در این مقاله و نتایج بدست آمده، در این قسمت پیشنهادهایی ارائه شده است.



نمودار ۱: نمودار مقایسه دقت طبقه‌بند

اولاً با توجه به امکان ثبت آسان سیگنال قلبی، تولید یک پایگاه داده بومی امری ضروری خواهد بود، تا با تکیه بر نتایج چنین طرح‌های تحقیقاتی در حل مشکلات مربوط به سلامت افراد خویش گامی برداریم. دوماً از آنجا که بحث سرعت در عمل کیفیت کار را بالا می‌برد، می‌توان روی سرعتی کردن این سیستم نیز مطالعه و تحقیق نمود تا علاوه بر دقت، از سرعت بالایی نیز برخوردار باشد. سوماً سرویسی را به سیستم اضافه کرد که بیمار را در فرایند و پروسه درمان یاری کند. از طریق یادآوری زمان داروها، یادآوری انجام تمرینات ورزشی، اجتناب از رفتارهای ناسالم و ... مثلاً اگر بیمار از مصرف دارو امتناع کند به پزشک یا پرستار اطلاع دهد.

## مراجع

- [1] C. Perrot, G. Finnie and I. Morrison. "Establishing context for software agents in pervasive healthcare systems," IEEE International Conference on In Network-Based Information Systems, pp.447-452, 2012.
- [2] A.K. Triantafyllidis, C. Velardo, D. Salvi, S.A. Shah, V.G. Koutkias and L. Tarassenko. "A survey of mobile phone sensing, self-reporting, and social sharing for pervasive healthcare". IEEE journal of biomedical and health informatics, pp.218-227, 2017.
- [3] O. Ali, A. Shrestha, J. Soar and S.F. Wamba. "Cloud computing-enabled healthcare opportunities, issues, and applications: A systematic review". International Journal of Information Management, pp.146-158, 2018.
- [4] Y. Ahn, A. M. Cheng, J. Baek, M. Jo and H. H. Chen. "An auto-scaling mechanism for virtual resources to support mobile, pervasive, real-time healthcare applications in cloud computing," IEEE Network, Vol.27, Issue.5, pp.62-68, 2013.
- [5] M. G. Tsipouras and D. I. Fotiadis. "Automatic arrhythmia detection based on time and time-frequency analysis of heart rate variability,"