بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس دانشگاهی

گروه فناوری اطلاعات

گرایش تجارت الکترونیک

کاربرد یک الگوریتم ANFIS برای طبقه‌بندی سیگنال‌های شناسایی توان قلب انسان

از:

مرجان نوبخت گله پردسری

استاد راهنما:

دکتر احمد باقری

استاد مشاور:

دکتر ابوالقاسم میرروشندل

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به مهربان فرشتگان زندگانیم، پدر و مادر عزیزم که:

لحظات ناب باور بودن،

لذت و غرور دانستن،

جسارت خواستن،

عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم،

مدیون حضور سبز آنهاست.

تقدیم به مادربزرگ عزیزم به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق

که محیطی سرشار از امنیت، آرامش و آسایش را در دوران تحصیلم برای من فراهم آورده بود.

تقدیر و تشکر

از خداوند بزرگ سپاسگزارم که در پرتوی عطوفتش، فرصت زندگی در این جهان زیبا و کشف قوانین حاکم بر آن را بر من ارزانی داشت.

از استاد گرامی جناب دکتر احمد باقری، به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی‌چشمداشت ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم آسان نمودند، کمال تشکر را دارم.

از استاد ارجمند جناب دکتر ابوالقاسم میرروشندل که با سعه‌ی صدر مشاوره‌ی این رساله را بر عهده گرفتند، سپاسگذارم.

همچنین از استادان ارجمند، آقایان دکتر ابراهیمی و دکتر احمدی‌فر که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

فصل ۱: مقدمه

۱-۱-مقدمه ۶

۱-۲- ضرورت و اهمیت انجام پژوهش ۷
۱-۳- معرفی و مرور فصول پایان‌نامه ۸

فصل ۲: مکانیسم عملکرد قلب و تولید و ثبت سیگنال‌های قلب

۲-۱- مقدمه ۱۰
۲-۲- ویژگی‌های قلب ۱۰
۲-۳- اساس و مبانی الکتروکاردیوگرافی ۱۱
۲-۴- روش‌های پزشکی موجود برای تشخیص بیماری‌های قلبی ۲۱
۲-۴-۱- آنژیوگرافی ۲۱
۲-۴-۲- اکوکاردیوگرافی ۲۲
۲-۴-۳- تست ورزش ۲۳

فصل ۳: مروری بر الگوریتم‌های پایه

۳-۱- مقدمه ۲۶
۳-۲- شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۶
۳-۳- منطق فازی ۲۹
۳-۴- سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی ۳۱
۳-۵- الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی ذرات ۳۶
۳-۶- بهینه‌سازی تجمعی ذرات با رفتار کوانتومی ۳۷
۳-۷- تبدیل موجک ۳۷
۳-۸- نتیجه‌گیری ۳۹

فصل ۴: پیشینه تحقیق

۴-۱- مقدمه ۴۱

۴-۲- مروری بر پژوهش‌های انجام شده ۴۱

فصل ۴: معرفی روش پیشنهادی

۵-۱- مقدمه ۵۰
۵-۲- معرفی مدل پیشنهادی ۵۰
۵-۲-۱ مجموعه داده‌ی استفاده شده ۵۰
۵-۲-۲- طبقه‌بندی سیگنال‌های الکتروکاردیوگرام ۵۱
۵-۳- پیاده‌سازی مدل پیشنهادی ۵۲
۵-۳-۱ جمع‌آوری داده‌ها ۵۲
۵-۳-۲- استخراج ویژگی‌ها به‌وسیله‌ی تبدیل موجک ۵۲
۵-۳-۳ انتخاب پارامترهای ورودی ANFIS ۵۵
۵-۳-۴- تنظیم توابع عضویت ANFIS ۵۶
۵-۳-۵- نتایج مدل‌سازی ۵۷
۵-۳-۶- ارزیابی مدل پیشنهادی ۶۰
۵-۴- نتیجه‌گیری ۶۱

فصل ۶: نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

۶-۱- مقدمه ۶۳
۶-۲- جمع‌بندی ۶۳
۶-۳- نوآوری‌ها ۶۳
۶-۵- پژوهش‌های آتی ۶۴

مراجع

پیوست

فهرست جداول

جدول ۴-۱ نمونه داده ۳۷

جدول ۴-۲ دقت آموزش و تست ۳۸

جدول ۴-۳ نمونه داده ۴۰

جدول ۵-۱ نمونه داده‌های ورودی ANFIS ۵۱

فهرست اشکال

شکل۲-۱.سیگنال نرمال الکتروکاردیوگرام ۷

شکل ۲-۲. امواج الکتروکاردیوگرام ۸
شکل۲-۳. امواج الکتروکاردیوگرام ۹
شکل۲-۴. موج‌های سیگنال قلب ۱۱
شکل۲-۵. فواصل موج‌های الکتروکاردیوگرام ۱۲
شکل۲-۶. موج دپلاریزاسیون و ریپلاریزاسیون قلب ۱۳
شکل۲-۷. اتصال الکترودها به عضله میانی ۱۵
شکل۲-۸. نحوه اتصال الکترودها به قلب ۱۶
شکل۲-۹. نشاندهنده‌ی چگونگی ورود کاتر به شریان‌های قلب ۱۸
شکل۲-۱۰. اکو کاردیوگرافی ۱۹
شکل۲-۱۱. موج الکتروکاردیوگرام نشاندهنده بیماری قلبی در حین تست ورزش ۲۰
شکل ۳-۱. معماری ANFIS ۲۸
شکل ۳-۲. سیستم استنتاج فازی ۳۰
شکل ۴-۱. ساختار مدل ۳۸
شکل ۴-۲. سیگنال نرمال قلب به همراه PVC ۳۹
شکل ۴-۳. تعداد epoch در مدل MLP ۴۱
شکل ۴-۴. ساختار طبقه‌بندی چند مرحله‌ای سیگنال الکتروکاردیوگرام ۴۲
شکل۵-۱. سیگنال از پایگاه داده آریتمی MIT-BIH ۴۵
شکل ۵-۲. فلوچارت مدل دسته‌بندی سیگنال الکتروکاردیوگرام ۴۷
شکل ۵-۳. نمایش خروجی تبدیل موجک ۴۹
شکل ۴-۴. دیاگرام پراکندگی ۵۳
شکل۴-۵. نتایج دسته‌بندی ۵۳
شکل ۴-۶. GBest ۵۴
شکل۴-۷. نتایج دسته‌بندی ۵۵

چکیده

کاربرد یک الگوریتم ANFIS برای طبقه‌بندی سیگنال‌های شناسایی توان قلب انسان

مرجان نوبخت گله پردسری

بر طبق بررسی‌های اخیر سازمان سلامت جهانی، بیماری‌های قلبی و عروقی در هر سال، علت مرگ حدود ۱۷,۳ میلیون نفر در جهان بوده و رتبه‌ی اول علت مرگ و میر به این بیماری تعلق دارد. تشخیص و درمان زود هنگام بیماری‌های قلبی می‌تواند موجب نجات زندگی بیماران و جلوگیری از آسیب دائمی در بافت قلبی شود. الکتروکاردیوگرافی به عنوان یک ابزار موثر، ساده، کاربردی و کم هزینه در تشخیص بیماری‌های قلبی به کار گرفته می‌شود. اندازه‌گیری الکتروکاردیوگرام بر طبق الکترودهایی است که در مکان‌های مخصوص تعبیه شده و فعالیت‌های قلبی را ثبت کرده و بر طبق شکل و ویژگی‌های الکتروکاردیوگرام، قابلیت تشخیص بیماری وجود دارد. تشخیص درست بیماری‌های قلبی، به صورت دستی، نیازمند ساعت‌ها بررسی الکتروکاردیوگرام توسط پزشک متخصص است. این کار خسته‌کننده و وقت‌گیر بوده و امکان از دست رفتن اطلاعات حیاتی وجود دارد. تشخیص خودکار و سیستم طبقه‌بندی می‌تواند، متخصصین قلب را قادر به شناسایی به موقع بیماری‌های قلبی، سازد. بنابراین، این موضوع منجر به توسعه‌ی کیفیت زندگی بیماران شده که بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش هدف، دسته‌بندی سیگنال‌های الکتروکاردیوگرام نرمال و آریتمی است. این دسته‌بندی به کمک سیستم‌های عصبی فازی تطبیقی صورت گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این نگارش از پایگاه داده‌ی MIT-BIH برگرفته شده‌است. هدف اصلی در این مطالعه، ساخت یک مدل قابل تفسیر با دقت بالا است. در این مدل برای استخراج ویژگی‌ها از تبدیل موجک گسسته بهره گرفته شده و از خروجی این تبدیل به عنوان ورودی مدل ANFIS استفاده شده است. در این مطالعه، برای آموزش مدل ANFIS از الگوریتم Q-PSO بهره گرفته شده‌است. همچنین جهت آموزش مدل از تعداد بسیار کمی داده استفاده شده و این امر سبب افزایش سرعت مدل گردیده است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده‌ی، بهبود طبقه‌بندی و افزایش سرعت نسبت به کارهای گذشته بوده است.

واژه‌های کلیدی: الکتروکاردیوگرام، تبدیل موجک گسسته، استنتاج فازی-عصبی تطبیقی، الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی.

Abstract

Application of an ANFIS Model for Classification of Electrocardiogram Signals

Marjan Nobakht Galehpordsari

According to a recent survey which has been done in the World Health Organization (WHO), cardiovascular disease causes almost 17.3 million deaths each year globally, ranking No.1 in the leading causes of mortality. Electrocardiography is commonly used by the physicians in cardiology since it consist of effective, functioning, simple, non-invasive, and low cost tool to the diagnosis of cardiovascular disease. An ECG recording is a measure of the activity of the heart from electrodes placed at specific locations on the torso. According to ECG's shape and feature, disease could be diagnosed. Early detection and treatment of the heart diseases can rescue the patient's life or prevent permanent damages on tissues of the heart. A correct diagnosis of a heart disease might require manual inspection of many hours of ECG heartbeats by expert physicians. This is tedious and time consuming with high possibility of missing the critical information.This study presents the improvement of detection system based on normal and arrhythmia electrocardiogram classification. In this study, an ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) model is presented to act as a proper tool for data classification. The data used in this study is obtained from MIT-BIH normal sinus ECG database signal and MIT-BIH arrhythmia database signal. The main goal of our approach is to create an interpretable classifier that provides an acceptable accuracy. In this model, the feature extraction using DWT (Discrete Wavelet Transform) is obtained. This extraction is introduced as the input of ANFIS model. In this study, the ANFIS model has been trained with Quantum Behaved Particle Swarm Optimization (QPSO). Comparison of results show that the proposed approach is very fast and accurate to improve the classification.

Keywords: ECG Signal, Discrete Wavelet Transform, Adaptive Neuro-Fuzzy Interface System, Quantum Behaved Particle Swarm.

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

در دهه گذشته شاهد انقلابی در تحقیقات میان رشته‌ای بوده‌ایم که مرزهای نواحی مختلف در این پژوهش‌ها هم‌پوشانی شده و یا به طور کلی ناپدید شده‌است. هرروزه زمینه‌های جدیدی از این پژوهش‌ها ظهور کرده که دو یا چند زمینه را به‌صورت یک هویت جدید معرفی می‌کنند. نمونه‌ای از این پژوهش‌های جدید عبارت‌اند از بیوانفورماتیک (ترکیب زیست‌شناسی با کامپیوتر و سیستم‌های اطلاعاتی)، داده‌کاوی(ترکیب آمار، بهینه‌سازی، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی و پایگاه داده) و فن‌آوری هوشمند مدرن (یکپارچه‌سازی ایده‌ها از ده‌ها زمینه مختلف مانند، زیست‌شناسی، پزشکی، ایمن شناسی، مکانیک آماری و فیزیک). این یکپارچگی در حل مسائل مختلف مفید بوده و روش‌های قدرتمند با قابلیت اعتماد بالایی را برای حل مشکلات زندگی مردم به وجود آورده است[۱].

در گذشته، تحلیل‌گران سیستم با مشکلات متعددی برای یافتن داده جهت ساخت مدل مواجه بودند. امروزه این تصویر تغییر یافته و پایگاه داده‌ها با سرعت باورنکردنی در حال رشد بوده و حجم داده‌های این پایگاه‌ها به ترابایت رسیده‌است. در این حجم بسیار بالای داده، اطلاعات مهم استراتژیک پنهان شده و تصور کمبود داده در گذشته تغییر کرده است. آنچه که برای پژوهش‌های امروز مشکل‌ساز شده‌است، درک حجم زیاد داده‌هایی است که در طول زمان انباشته شده‌است.

دیدگاه پژوهش در زمینه‌های تجزیه و تحلیل آماری و آنالیز داده‌ها، به روشی نوین بازسازی شده‌است. متاسفانه، با این حجم از داده‌ها و پیچیدگی مدل‌های این زمینه، روش‌های سنتی در زمینه‌های آمار، یادگیری ماشین و آنالیز داده‌ها ناکام مانده‌اند. بنابراین نیاز به روش‌هایی وجود دارد که، قادر به کنترل پیچیدگی‌های مدل در یک مدت زمان معقول می‌باشند.

جدیدترین راه حل این مشکل داده‌کاوی نامیده شده که جایگزین روش‌های سنتی در زمینه‌ی یادگیری ماشین و سایر تکنیک‌های آنالیز داده است. علاوه بر این، داده‌کاوی مناسب تصمیم گیرندگانی است که علاقه‌مند به تکنیک‌هایی هستند که بیش از حد متکی به مفروضات اساسی در مدل‌های آماری نبوده است.

چالش این نوع سیستم‌ها این نیست که مفروضاتی در مدل وجود ندارد، بلکه مشکل اینجاست که، موردی که قابل مشاهده و یا پیش‌بینی باشد (حداقل از نظر تصمیم گیرنده) وجود ندارد. با وجود این موضوع، مدل‌هایی که خالی از مفروضات یا حداقل مفروضات بوده، برای استفاده و یا پیاده‌سازی هزینه‌بر است. به این دلیل که این مدل‌ها دارای پیچیدگی ذاتی در حین پردازش داده با ابعاد بالا است. داده‌کاوی فرآیندی است که از ابزارهای مختلف آنالیز داده برای کشف الگوها و روابط بین داده‌ها برای پیش‌بینی معتبر استفاده می‌کند[۱].

داده‌کاوی در حوزه‌ی پزشکی بخش مهمی از علم انفورماتیک زیست-پزشکی بوده و یکی از کاربردی‌ترین موارد استفاده‌ی علوم کامپیوتر در این حوزه می‌باشد. امروزه داده‌کاوی برای حل مشکلات متعدد، در کشف دانش پزشکی بکار گرفته می‌شود. سه مورد از مهمترین دلایل رشد آهسته‌ی داده‌کاوی در حوزه‌ی پزشکی در ادامه مطرح شده‌است. حساسیت علم پزشکی و وابسته بودن آن با جان انسان، حریم شخصی و محرمانگی داده‌های پزشکی و در نهایت اعتماد به نتایج داده‌کاوی منجر به تغییر روش‌های تشخیص در حوزه پزشکی شده و در نتیجه منجر به حساسیت بالا در تحقیقات این زمینه می‌گردد. به هر حال امروزه استفاده از داده‌کاوی در حوزه‌ی پزشکی و سلامت بسیار مرسوم می‌باشد.

۲-۱- ضرورت و اهمیت انجام پژوهش

در ده سال اخیر، بخش عظیمی از تحقیقات بر پردازش سیگنال‌های پزشکی تمرکز دارد. مراقبت‌های پزشکی روزانه، سیگنال‌های پزشکی را در طول مراقبت از بیمار برای تشخیص بیماری، تولید می‌کند. بنابراین استفاده از سیستم‌های پردازش اتوماتیک در آنالیز داده‌های پزشکی مرسوم است. روش‌های نوین قادر به پردازش سریع و ساده‌ی حجم بالای داده‌ها می‌باشد. بر این اساس، متخصصین بر پایه‌ی تعداد بسیار زیاد داده‌های عددی اندازه‌گیری شده در طول آزمایش قادر به تشخیص بیماری هستند. تشخیص بیماری در این حجم بالای داده آسان و بی‌ابهام نیست. بنابراین سیستم‌های اتوماتیک برای کمک و کاهش خطاهای بشری بوجود آمده‌است.

پیچیدگی‌های تشخیص بیماری‌های قلبی، بطور کلی از دو قسم پیچیدگی‌های محاسباتی و پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری تشکیل شده‌است. پیچیدگی‌های محاسباتی در شرایط عادی توسط رایانه انجام شده، در حالی که پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری بر عهده پزشکان و متخصصان می‌باشد. با افزایش قدرت هوش مصنوعی، گسترش و هوشمندسازی پایگاه‌های دانش، نقش رایانه در تشخیص‌های دقیق‌تر پزشکی وضعیت قلب انسان بهبود یافته است.

بیماری‌های قلبی دلیل عمده‌ی مرگ در کشورهای توسعه یافته است. الکتروکاردیوگرام نقش کلیدی در نظارت و تشخیص بیماری را بازی می‌کند. علت محبوبیت الکتروکاردیوگرام سادگی و غیرتهاجمی[1] بودن این آزمایش است. الکتروکاردیوگرام، اطلاعات مهمی در مورد سلامتی بیمار ارائه کرده و متخصص قلب را قادر به تشخیص بیماری‌های قلبی از طریق ریخت‌شناسی[2] و مشخصات مولفه‌های الکتروکاردیوگرام می‌سازد.

[1] Non-Invasive
[2] Morphology

۱-۳- معرفی و مرور فصول پایان‌نامه

این پایان‌نامه مشتمل بر ۶ فصل به شرح زیر است:

- ✓ **فصل ۱.** مقدمه: در این فصل کلیاتی در خصوص موضوع پژوهش، اهمیت و ضرورت انجام این پژوهش مطرح شده‌است.
- ✓ **فصل۲.** مکانیسم عملکرد قلب و تولید و ثبت سیگنال‌های قلب: در این فصل توضیحاتی در مورد قلب و الکتروکاردیوگرام ارائه می‌شود. در بخش ادبیات موضوع روش‌های متداول در تشخیص بیماری‌های قلبی معرفی می‌شوند.
- ✓ **فصل۳.** مروری بر الگوریتم‌های پایه: در این فصل توضیحات مختصری در خصوص تاریخچه، ساختار و کاربردهای الگوریتم‌های ANFIS,PSO,QPSO و تبدیل موجک ارائه خواهد شد.
- ✓ **فصل ۴.** پیشینه تحقیق: در این فصل به بررسی پژوهش‌های انجام گرفته در خصوص تشخیص اتوماتیک بیماری‌های قلبی با استفاده از الکتروکاردیوگرام خواهیم پرداخت.
- ✓ **فصل ۵.** معرفی روش پیشنهادی: در این قسمت به تفصیل به بررسی روش پیشنهادی برای تشخیص بیماری قلبی از طریق الکتروکاردیوگرام پرداخته خواهد شد. همچنین در این فصل برای درک بهتر روش پیشنهادی از داده‌های پزشکی معتبر در سایت فیزیونت برای پیاده‌سازی و ارزیابی مدل استفاده شده‌است.
- ✓ **فصل ۶.** نتیجه‌گیری و جمع‌بندی: در این فصل نوآوری‌ها، محدودیت‌ها و پژوهش‌های آتی در خصوص مدل پیشنهادی ارائه شده‌است.

فصل ۲

مکانیسم عملکرد قلب و تولید و ثبت سیگنال‌های قلب

۲-۱- مقدمه

سیگنال الکتروکاردیوگرام که ناشی از فعالیت الکتریکی قلب می‌باشد، یک روش سریع و امن و در عین حال غیر تهاجمی بوده که برای بررسی وضعیت عملکرد قلب مناسب است. این سیگنال شامل اطلاعاتی است که روند تشخیص و درمان را در بیماری‌های قلبی تسهیل می‌کند. نکته‌ی مهم در پردازش سیگنال‌های الکتروکاردیوگرام استخراج ویژگی‌ها و مولفه‌های حیاتی، برای تشخیص ریتم‌های ناهنجار می‌باشد. اهمیت این موضوع و مشکلات موجود در پردازش سیگنال‌های قلب موجب شده‌است که علاوه بر پزشکان، مهندسین پزشکی و محققان پردازش سیگنال نیز به این حوزه علاقه‌مند شوند. آنالیز سیگنال‌های پزشکی، به خصوص سیگنال‌های قلب بسیار با اهمیت بوده، به گونه‌ای که بعد از گذشت نزدیک به یک قرن از تحقیقات اولیه، این موضوع همچنان در پژوهش‌های پردازش سیگنال مطرح است. در نهایت تمامی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه دو هدف کلی را دنبال می‌کنند. یکی افزایش دقت اطلاعات استخراج شده از سیگنال‌های قلب و دیگری کاهش زمان پردازش و پیچیدگی‌های پیاده‌سازی الگوریتم‌های مورد استفاده می‌باشد. در این مطالعه نیز تلاش شده‌است که به این دو هدف دست یابیم.

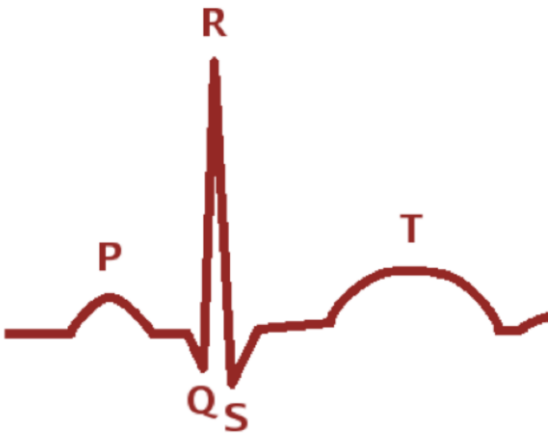
در این فصل کلیاتی در خصوص موضوع پژوهش ارائه شده و سپس نمایی کلی در مورد قلب ، الکتروکاردیوگرام و ویژگی‌های آن ارائه می‌شود. در بخش مرور ادبیات موضوع، به معرفی روش‌های پزشکی بکار رفته جهت تشخیص بیماری‌های قلبی پرداخته‌ایم.

۲-۲- ویژگی‌های قلب

قبل از بحث در مورد پردازش سیگنال الکتروکاردیوگرام، ضروری است بدانیم این سیگنال از کجا آمده و قلب انسان چگونه این سیگنال را تولید می‌کند. دانش پس‌زمینه، جنبه‌های مختلف ویژگی‌های سیگنال الکتروکاردیوگرام را نشان داده و پایه‌ی تحقیقات آتی است.

قلب یکی از ارگان‌های حیاتی در بدن انسان است. بنابراین گسترش روش‌هایی برای تشخیص بیماری‌های قلبی، بسیار اهمیت دارد. الکتروکاردیوگرافی یکی از ابزارهای قدرتمند پزشکی است که برای ارزیابی عملکرد قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد. الکتروکاردیوگرافی روش معمولی برای تفسیر غیر تهاجمی فعالیت‌های الکتریکی قلب می‌باشد. سیگنال‌های الکتریکی قلب توسط یک دستگاه خارجی از طریق اتصال الکترودها به سطح خارجی پوست قفسه سینه بیمار، ثبت می‌شود. این جریان‌ها باعث تحریک عضله قلب، انقباض و استراحت قلب می‌شود[۲]. سیگنال‌های الکتریکی از میان الکترودها به سمت دستگاه الکتروکاردیوگرام حرکت کرده و این رکوردها به عنوان امواج الکتریکی در دستگاه ثبت می‌شود. امواج مختلف باعث انعکاس

فعالیت در نواحی مختلف قلب شده و جریان الکتریکی سیال مربوط به هر قسمت را تولید می‌کند. شکل ۲-۱ نشان‌دهنده‌ی سیگنال نرمال الکتروکاردیوگرام است.



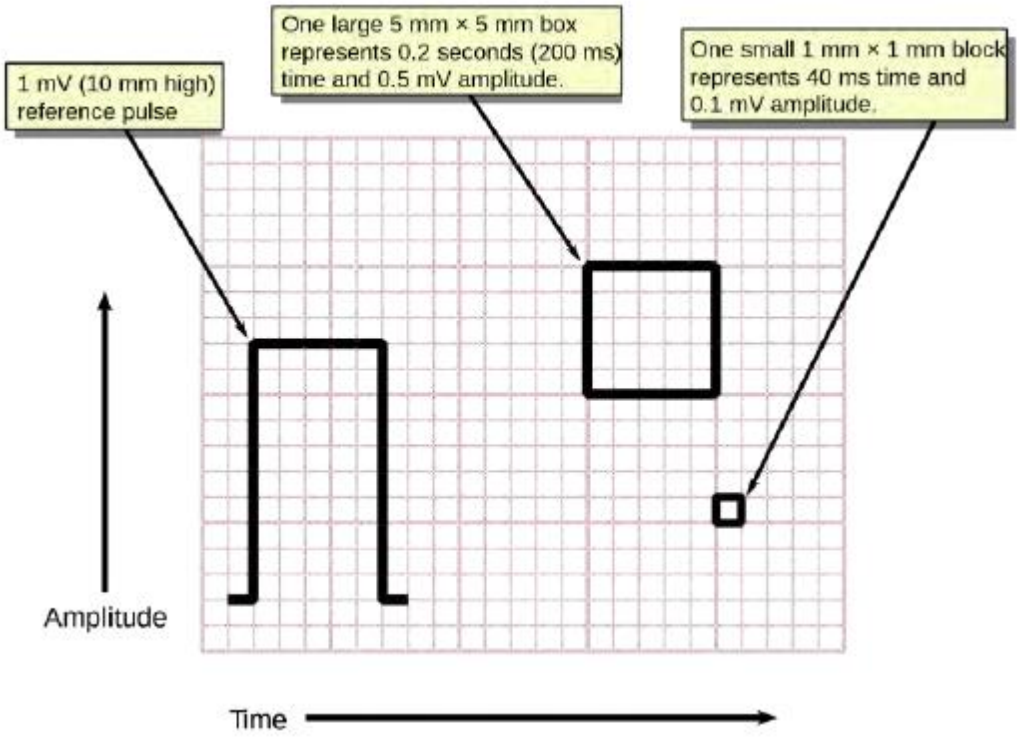
شکل۲-۱- سیگنال نرمال الکتروکاردیوگرام

۲-۳- اساس و مبانی الکترو کاردیوگرافی

قلب بشر، اندام فعال الکتریکی است. الکتروکاردیوگرام از فعالیت الکتریکی قلب بشر تولید شده و واکنش‌های شیمیایی سبب فعالیت‌های الکتریکی ماهیچه‌ی قلب می‌شود. فعالیت‌های الکتریکی(دپلاریزاسیون) قبل از فعالیت‌های مکانیکی (انقباض) پدید می‌آیند. فعالیت‌های الکتریکی، حوادثی که نتیجه آن انقباض و استراحت ماهیچه‌ی قلب بوده را توصیف کرده و در نهایت خون در کل بدن پمپاژ می‌شود.[۳]

الکتروکاردیوگرافی یک روش پاراکلینیکی برای بررسی قلب به شمار آمده که بوسیله‌ی آن می‌توان قلب را از نظر الکتریکی و ساختمانی بررسی کرد. این ابزار برای تشخیص اختلالات الکتریکی و ساختمانی قلب بسیار کارآمد و مهم است[۳].

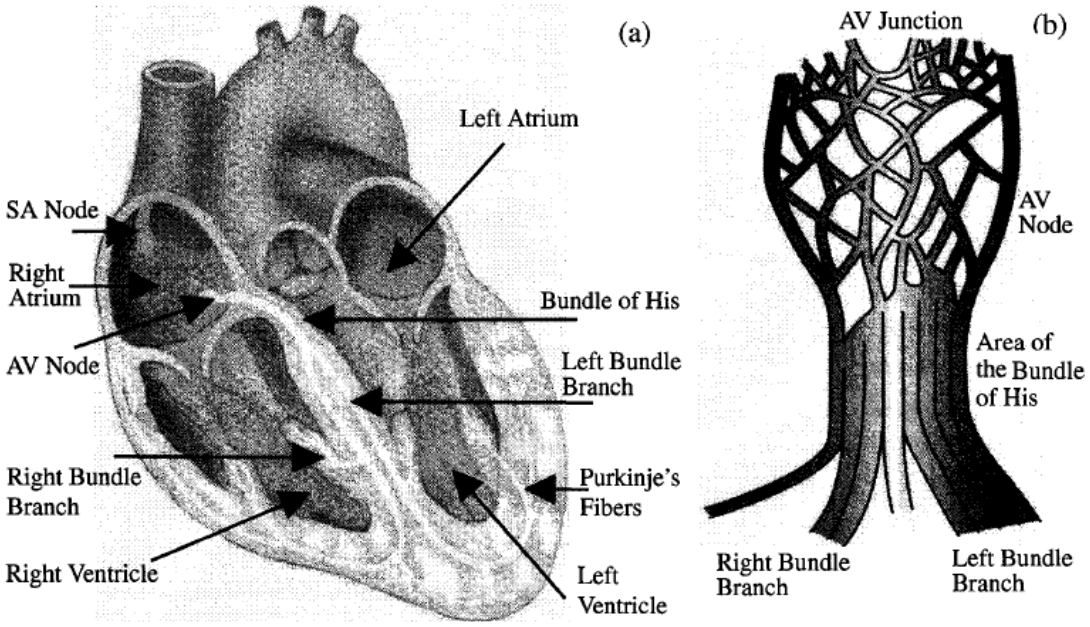
دو پارامتر زمان و ولتاژ از طریق امواج الکتریکی بروی کاغذ درجه‌بندی شده‌است. همانطور که در شکل ۲-۲ مشاهده می‌شود ولتاژ در محور عمودی و زمان در محور افقی نشان داده شده‌است. در شکل زیر هر مربع کوچک (1mm*1mm) نشانگر ۰,۱ میلی ولت و ۰,۰۴ ثانیه است و همچنین هر مربع بزرگ(5mm*5mm) ۰,۵ میلی ولت و نشانگر ۰,۲ ثانیه است. [۴]



شکل ۲-۲.امواج الکتروکاردیوگرام [۴]

ممکن است قلب به عنوان یک سیستم اتصال الکتریکی تصور شود. شکل ۲-۳ سیستم مذکور را نمایش داده که شامل گره سینوس دهلیزی[۳] ، گره دهلیزی بطنی[۴]، شاخه‌های دسته‌ای[۵]، الیاف پورکینژ[۶] است. [۳]

[3] Sinoatrial
[4] Atrioventricular
[5] Bundle Branch
[6] Purkinje Fiber



شکل۲-۳.امواج الکتروکاردیوگرام [۴]

فعالیت الکتریکی قلب از واکنش‌های شیمیایی سلول‌های قلب ناشی می‌شود. قلب انسان شامل صدها هزار سلول است که هر سلول یک سیستم پیچیده با خصوصیات و عملکرد خاص خود بوده که در عملکرد قلب مشارکت می‌کنند. مهمترین وظیفه‌ی این سیستم، عملکرد و یا ضربان هماهنگ قلب است[۳].

واکنش‌های شیمیایی در داخل و خارج سلول‌های یون‌های سیار قلب، رخ داده و تعداد کمی از این یون‌ها از میان پوسته حرکت می‌کنند. این سهولت حرکت که نفوذپذیری نامیده شده، برای یون‌های مختلف متفاوت است. این عدم تعادل یون‌ها در میان پوسته‌ی سلول سبب تولید ولتاژ شده که با حرکت یون‌ها این ولتاژ نیز تغییر می‌کند. پتانسیل عمل به معنی تبادل الکترولیت‌ها در پوسته‌ی سلول قلب در مدت دپلاریزاسیون و ریپلاریزاسیون است. بر این اساس دپلاریزاسیون حرکت الکتریکی سلول‌های قلبی بر اثر ضربه‌های الکتریکی است. ریپلاریزاسیون فرآیندی است که در آن سلول‌ها به سطح استراحت بازمی‌گردند[۴].

برای توضیح بیشتر درباره‌ی دپلاریزاسیون و ریپلاریزاسیون می‌توان گفت که، مرحله‌ی دپلاریزاسیون، مرحله‌ای است که در آن مرحله، غشا نسبت به یون سدیم نفوذپذیر شده و در نهایت تعداد زیادی یون مثبت سدیم به درون نرون جاری می‌شود. به این وضعیت دپلاریزاسیون گفته می‌شود.

در مرحله‌ی رپلاریزاسیون، در چند ده هزارم ثانیه پس از نفوذپذیری غشا نسبت به سدیم، کانال‌های سدیم بسته شده و کانال‌های پتاسیمی به مقدار بیشتری در مقایسه با حالت طبیعی می‌رسند. سپس در اثر انتشار سریع یون‌های پتاسیم به خارج، پتانسیل غشا به حالت منفی زمان استراحت برگشته و در نتیجه، به این حالت رپلاریزاسیون غشا می‌گویند.[۶و۵]

در فرایند تولید پتانسیل عمل قلبی در دهلیز و بطن سه مرحله‌ی اساسی وجود دارد:

۱. دپلاریزاسیون (فاز ۱)
۲. مرحله‌ی کفه (فاز ۲)
۳. ریپلاریزاسیون (فاز ۳)

بنابراین در مجموع ۳ جفت علامت ثبت شده وجود دارد، که شامل دپلاریزاسیون دهلیز و بطن، کفه در دهلیز و بطن، ریپلاریزاسیون در دهلیز و بطن است.

زمانی که قلب در حال استراحت بوده، در گره SA اولین تغییر ولتاژ رخ می‌دهد. این تغییر ناشی از ایجاد پتانسیل عمل در قلب است. بنابراین اولین موج مشاهده شده در الکتروکاردیوگرام ناشی از دپلاریزاسیون دهلیز است. پس از آن انتظار می‌رود که فاز ۲ (مرحله‌ی کفه) رخ داده و در نهایت ریپلاریزاسیون دهلیز بوجود آید. مکان قطعه‌ی ST از انتهای کمپلکس QRS با آغاز موج T، می‌باشد. در واقع این قطعه نمایانگر فاز کفه در رپلاریزاسیون بطنی می‌باشد. قطعه‌ی ST در حالت نرمال روی خط قرار می‌گیرد.

فاصله‌ی شروع پتانسیل عمل تا ریپلاریزاسیون در این فرایند به اندازه‌ی مرحله‌ی کفه بوده، به این دلیل که زمان دپلاریزاسیون تقریبا صفر است (به صورت کاملا عمودی در نمودار پتانسیل عمل نشان داده شده‌است). بنابراین فاصله‌ی دیپلاریزاسیون به اندازه‌ی کفه بوده و عددی بین ۰,۱۵ تا ۰,۲ ثانیه طول می‌کشد. به عبارتی دیگر، از شروع موج P که نشان‌دهنده‌ی دیپلاریزاسیون دهلیز بوده تا ریپلاریزاسیون، ۰,۱۵ تا ۰,۲ ثانیه طول می‌کشد.

مرحله‌ی کفه، پس از موج P به صورت یک خط ثابت درج می‌شود. دلیل این امر این است که، پایان فعالیت دهلیز و ریپلاریزاسیون آن زمانی به پایان می‌رسد که فعالیت بطن (دپلاریزاسیون آن) آغاز می‌شود. همچنین موج ریپلاریزاسیون دهلیز به دلیل حجم زیاد عضله بطنی توسط موج دپلاریزاسیون بطن پوشیده می‌شود[۳].