



دانشگاه زنجان

دانشکده برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش الکترونیک

عنوان

استخراج پارامترهای مرتبط با فشار خون

از روی سیگنال های الکتروکاردیوگرام و فوتوپلتیسموگرافی

نگارش

عاطفه حسنی

استاد راهنما

دکتر مصطفی چرمی

شهریور ۹۶

## چکیده

فشار خون یکی از پارامترهای مهم حیاتی در بدن است. حجم بسیار زیادی از مطالعات در سال های گذشته به تخمین فشار خون از روی ویژگی های سیگنال الکتروکاردیوگرام و فوتوپلتیسموگراف اختصاص پیدا کرده است. با توجه به اهمیت ثبت فشارخون در طولانی مدت بر آن هستیم که در این پروژه برخی از ویژگی های مهم را محاسبه کنیم. از این ویژگی ها می توان به PTT (زمان گذر پالس)، HRT (نرخ ضربان قلب)، PAT (زمان رسیدن موج نبض) اشاره کرد. اولین قدم برای محاسبه این پارامترها، پیش پردازش داده ها است. در مرحله پیش پردازش داده ها و همچنین استخراج ویژگی ها از تابع ویولت استفاده کرده ایم.

در روش بدون کاف و تخمین فشارخون توسط سیگنال الکتروکاردیوگرام و فوتوپلتیسموگراف، محاسبه پارامترهای ذکر شده الزامی هستند. این پروژه در محیط نرم افزار متلب شبیه سازی شده است.

## واژه های کلیدی:

الکتروکاردیوگرام، فوتوپلتیسموگرافی، زمان گذر پالس، نرخ ضربان قلب، پیک R

فهرست مطالب	صفحه
<b>فصل اول</b>	<b>۱</b>
مقدمه.....	۱
<b>فصل دوم</b>	<b>۲</b>
<b>الکتروکاردیوگرام</b>	<b>۲</b>
۱-۲-تاریخچه الکتروکاردیوگرافی در پزشکی .....	۳
۲-۲- شکل ECG و نام گذاری اجزای آن .....	۴
۲-۳-کاغذ الکتروکاردیوگرام.....	۶
<b>فصل سوم</b>	<b>۷</b>
<b>فوتوپلیتیسموگراف</b>	<b>۷</b>
۱-۳-فوتوپلیتیسموگرافی .....	۹
۲-۳-تاریخچه فوتوپلیتیسموگرافی در پزشکی .....	۱۰
۳-۳-اندازه گیری فوتوپلیتیسموگرافی.....	۱۰
۳-۴-شکل اجزا فوتوپلیتیسموگرافی .....	۱۳
<b>فصل چهارم</b>	<b>۱۴</b>
<b>پیش پردازش سیگنال فوتوپلیتیسموگراف و الکتروکاردیوگرام</b>	<b>۱۴</b>
۱-۴-مشکلات آنالیز سیگنال PPG.....	۱۵
۱-۴-۱-نویز برق شهر .....	۱۵
۱-۴-۲-اغتشاش حرکتی .....	۱۶
۱-۴-۳-دامنه کوچک سیگنال PPG.....	۱۶
۱-۴-۴-انقباض نابهنگام بطنی .....	۱۷
۲-۴-مشکلات آنالیز سیگنال ECG.....	۱۷
۲-۴-۱-نویز تصادفی ناشی از برق شهر .....	۱۷
۲-۴-۲-انحراف خط مبدا در سیگنال ECG.....	۱۸
۲-۴-۳-نویز ناشی از انقباض ماهیچه ها (EMG) .....	۱۸
۲-۴-۴-اغتشاش حرکتی .....	۱۸
۳-۴-پردازش داده ها.....	۱۸
۳-۴-۱-تبدیل فوریه .....	۱۹
۳-۴-۲-تبدیل فوریه زمان-کوتاه (STFT).....	۲۰
۳-۴-۳-آنالیز چند رزولوشنه .....	۲۲
۴-۳-۴-تبدیل ویولت پیوسته .....	۲۲
۴-۳-۵-تبدیل ویولت گسسته .....	۲۳



## فهرست اشکال

- شکل ۱.۲ : نحوه قرارگیری الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف بر روی بدن..... ۳
- شکل ۲.۲: نمایی از ECG بر روی کاغذ الکتروکاردیوگرام..... ۴
- شکل ۳.۲ اجزای تشکیل دهنده سیگنال ECG..... ۵
- شکل ۴.۲: نمایی از سیگنال ECG و تقسیم بندی آن..... ۶
- شکل ۱.۳: نمایی از سیگنال ppg..... ۱۱
- شکل ۲.۳ الف) سیگنال ثبت شده با روش تماس پروب با بدن ب) سیگنال ثبت شده با روش عدم تماس پروب با بدن ۱۲
- شکل ۳.۳ نحوه قرارگیری سنسورها در دو روش انتقالی و انعکاسی (گوش و دست چپ) [۵]..... ۱۳
- شکل ۴.۳ شمای کلی سیگنال PPG و نحوه تفکیک اجزای آن..... ۱۳
- شکل ۱.۴ نويز سيگنال PPG، طيف نشان دهنده يك پيك در فرکانس اصلی ۵۰ هرتز و همچنین پیک دوم در هارمونیک دوم آن ۱۰۰ هرتز است. [۳]..... ۱۵
- شکل ۲.۴ ب) انحراف خط مبدا در سیگنال [۳] الف) اغتشاش حرکتی و خطوط قند در سیگنال PPG [۳]..... ۱۶
- شکل ۳.۴ سیگنال PPG با دامنه کوچک [۳]..... ۱۶
- شکل ۴.۴ الف) اغتشاش ها در سیگنال PPG [۳] ب) انقباض نا بهنگام بطنی سیگنال PPG [۳]..... ۱۷
- شکل ۵.۴ سیگنال الکتروکاردیوگرافی همراه با نويز..... ۱۷
- شکل ۶.۴ انحراف خط مبدا در سیگنال ECG..... ۱۸
- شکل ۷.۴ تبدیل فوريه زمان کوتاه..... ۲۰
- شکل ۸.۴ نمایش گرافیکی نحوه پنجره کردن سیگنال غیر ایستا به منظور محاسبه تبدیل فوريه زمان-کوتاه..... ۲۱
- شکل ۹.۴ ساختار بانک فیلتری برای اجرای تبدیل ویولت گسسته..... ۲۴
- شکل ۱۰.۴ مراحل پیش پردازش سیگنال های ECG و PPG..... ۲۶
- شکل ۱۱.۴ مقایسه تعدادی از توابع ویولت مادر..... ۲۷
- شکل ۱۲.۴ تجزیه سیگنال در ۳ سطح و نمایش محتوای دو بردار C و L..... ۲۸
- شکل ۱۳.۴ الف) سیگنال اصلی ب) سیگنال با آستانه گذاری سخت ج) سیگنال با آستانه گذاری نرم..... ۳۰
- شکل ۱۵ الف) تشخیص پیک سیگنال ECG ب) تشخیص پیک سیگنال PPG..... ۳۴



فهرست جداول

جدول ۱.۳: انواع مختلف پلتیسیموگراف، روش اندازه گیری و کاربرد آن ها ..... ۹

جدول ۱.۴: مطالعات انجام شده پیرامون حذف نویز سیگنال های ECG و PPG در سال های اخیر ..... ۲۵

جدول ۲.۴: تابع های ویولت مورد استفاده ..... ۲۷

جدول ۳.۴: محدوده فرکانسی ضرایب جزئیات و تقریب ..... ۳۰

جدول ۱.۶: نتایج تخمین نرخ ضربان قلب برای دو سیگنال ECG و PPG ..... ۴۴





فشارخون نیرویی است که خون در اثر حرکت در رگ ها به دیواره های آن وارد می کند. فشار خون به دو صورت تهاجمی (اندازه گیری مستقیم) و غیر تهاجمی (اندازه گیری غیر مستقیم) قابل اندازه گیری است. روش غیرتهاجمی بر مبنای استفاده یا عدم استفاده از کاف به دو گروه تقسیم می شود. در روش بدون کاف فشارخون بر مبنای سیگنال های ثبت شده تخمین زده می شود.

باتوجه به اهمیت اندازه گیری فشارخون در دراز مدت، در این پروژه برآن هستیم تا پارامترهای اساسی مربوط به تخمین فشار خون را بدست آوریم. از جمله این پارامترها می توان به نرخ ضربان قلب، زمان گذر پالس و زمان رسیدن موج نبض اشاره کرد. قابل توجه است، در این پژوهش از سیگنال های الکتروکاردیوگرام و فوتوپلتیسموگراف استفاده کرده ایم. برای پیش پردازش داده ها و همچنین استخراج ویژگی ها تبدیل ویولت گسسته به کار برده شده است.

این پروژه به شرح زیر سازماندهی شده است:

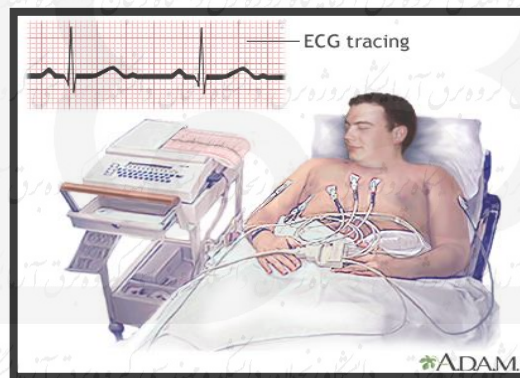
در بخش ۲، ما یک شرح مختصر از سیگنال الکتروکاردیوگرام ارائه می دهیم. بخش ۳ به توصیف سیگنال فوتوپلتیسموگرافی اختصاص یافته است. بخش ۴، پیش پردازش سیگنال های فوتوپلتیسموگراف و الکتروکاردیوگرام و بخش ۵، استخراج پارامترهای مرتبط با فشار خون از دو سیگنال PPG و ECG و در نهایت در بخش ۶، نتایج حاصل را ارائه می دهیم.



الکتروکاردیوگرافی روشی برای ثبت فعالیت الکتریکی قلب است. مردم این روش غیرتهاجمی و بدون درد را به عنوان نوار قلب می شناسند.

عضلات قلب برای ایجاد انقباض و انبساط لازم جهت پمپ نمودن خون به نقاط مختلف بدن، به یک سیستم مستقل تحریک الکتریکی نیاز دارند. یکی از مشخصه های مهم که بیانگر سلامت یا بیماری قلب است چگونگی عملکرد این سیستم است. برای اینکه بتوان نحوه کارکرد این سیستم قلب را مورد مطالعه قرار داد، راه های گوناگونی وجود دارد.

یکی از قدیمی ترین و پر کاربرد ترین روش های مطالعه عملکرد سیستم قلبی، مطالعه چگونگی انتشار سیگنال های الکتریکی قلب است. الکتروکاردیوگراف با نمونه برداری از سیگنال های الکتریکی حاصل از عملکرد الکتریکی قلب، نحوه انتشار این سیگنال در نواحی مختلف بدن را مورد مطالعه و سنجش قرار می دهد. ثبت حرکت های مکانیکی و تغییرات فشار درون حفره های قلب را کاردیوگرافی و منحنی ثبت شده را کاردیوگرام می گویند. این پدیده الکتریکی با توجه به هادی بودن بافت های بدن تا سطح پوست منتشر می شود. ثبت این پدیده الکتروکاردیوگرافی نام دارد. برای ثبت آن، الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف را بر روی پوست قرار می دهند و جریان الکتریکی قلب که بوسیله دستگاه تقویت می شود به صورت یک منحنی روی کاغذ رسم، یا روی صفحه حساس مانیتور نمایش داده می شود. شکل ۱.۲ محل قرار گیری الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف بر روی بدن را نشان می دهد.



شکل ۱.۲: نحوه قرار گیری الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف بر روی بدن

## ۲-۱- تاریخچه الکتروکاردیوگرافی در پزشکی

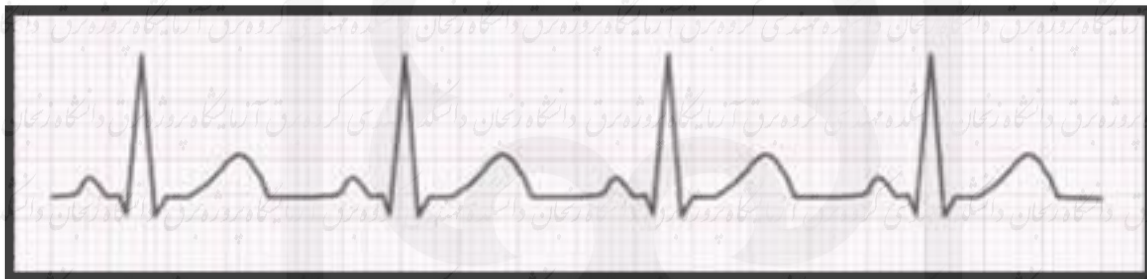
الکتروکاردیوگرافی از کلمه یونانی الکترو ایجاد شده است زیرا مربوط به فعالیت الکتریکی است. کاردیو به معنای قلب و گراف به معنای نوشتن در زبان یونانی است.

سال ۱۸۷۸ میلادی دو محقق انگلیسی برای اولین بار امواج الکتریکی قلب یک قورباغه را ثبت کردند. پس از آن یک دانشمند دیگر به نام آگوستوس والر، تحقیقات آن ها را ادامه داد. در حقیقت او اولین فردی بود که امواج ثبت شده قلب را الکتروکاردیوگرام نام گذاری کرد. در سال ۱۸۹۱ محققان نشان دادند که در هر ضربان قلب شاهد یک سری تغییرات ۳ مرحله ای در جریان الکتریکی عبوری از قلب خواهد بود. در نهایت ویلم اینتوون، نخستین فردی بود که موفق شد ۵ مرحله مختلف در جریان الکتریکی قلب را از هم مجزا سازد و برای هر بخش نام اختصاصی انتخاب کند.

الکتروکاردیوگرام<sup>۱</sup> از سال ۱۹۰۱ تاکنون به عنوان مهم ترین ابزار تشخیصی پزشکی باقی مانده و تشخیص بسیاری از بیماری های قلبی را آسان کرده است. الکتروکاردیوگرام برای تشخیص بسیاری از اختلالات قلبی از قبیل ریتم های غیرطبیعی قلب، گرفتگی رگ های کرونر، سکته های قلبی، هیپرتروفی عضلات قلب، علل تنگی نفس، اختلالات الکتrolیتی، اثرات داروها و... کاربرد دارد.

## شکل ۲-۲- ECG و نام گذاری اجزای آن

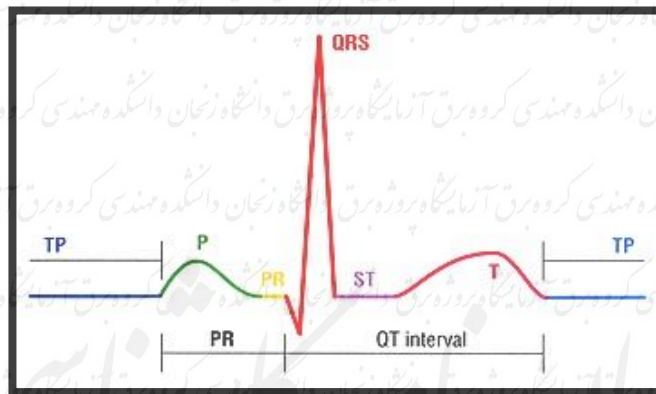
الکتروکاردیوگرام یک فرد طبیعی مطابق با شکل ۲.۲ بر روی کاغذ الکتروکاردیوگرام نقش می بندد.



### شکل ۲.۲: نمایی از ECG بر روی کاغذ الکتروکاردیوگرام

هر کدام از اجزای مشاهده شده بر روی شکل ۲.۲، نشان دهنده ی بخشی از فعالیت الکتریکی سلول های قلب هستند. این اجزا به صورت قراردادی در تمام دنیا نام گذاری شده اند.

<sup>۱</sup> Electrocardiogram (ECG)



### شکل ۳.۲۰: اجزای تشکیل دهنده سیگنال ECG

هر گونه انحراف از خط مبدا را یک موج می‌نامند. بخشی از خط مبدا که بین دو موج قرار می‌گیرد، قطعه و به مجموع یک قطعه<sup>۱</sup> و حداقل یک موج، فاصله<sup>۲</sup> گفته می‌شود. در ادامه بخش‌های مختلف سیگنال

ECG را بررسی می‌کنیم:

✓ **موج P:** عبور جریان الکتریکی از دهلیزها، اولین موج ECG را ایجاد می‌کند. این

موج P نام دارد. موج P در حالت طبیعی گرد، مثبت و قریب بوده و نشان دهنده دیپولاریزاسیون

دهلیزها است.

✓ **کمپلکس QRS:** از مجموع سه موج تشکیل شده است و مجموعاً نشان دهنده دیپولاریزاسیون

بطن‌ها است. اولین موج منفی بعد از P، موج Q نام دارد. اولین موج مثبت بعد از P را موج R و

اولین موج منفی بعد از R را S می‌نامند. چون هر سه موج با هم دیده نمی‌شوند، مجموع این

سه موج را با هم یک کمپلکس QRS می‌نامند.

✓ **فاصله PR:** از ابتدای موج P تا شروع کمپلکس QRS به این نام خوانده می‌شود. این فاصله

نشان دهنده زمان سپری شده برای رسیدن موج دیپولاریزاسیون از دهلیزها به بطن‌ها است.

✓ **قطعه ST:** از انتهای کمپلکس QRS تا ابتدای موج T را قطعه ST نام‌گذاری کرده‌اند. این

قطعه نشان دهنده مراحل ابتدایی ریپولاریزاسیون بطن‌ها است.

✓ **موج T:** موجی گرد و مثبت است که بعد از QRS ظاهر می‌شود. این موج نشان

دهنده مراحل انتهایی ریپولاریزاسیون بطن‌ها است.

<sup>۱</sup> Segment

<sup>۲</sup> Interval



## منابع و مراجع

[1] B. U. Köhler, C. Henning and R. Orgelmeister The principles of software QRS detection IEEE Eng. Med. Biol. Mag. 21:42-57, Jan/Feb 2002

[2] K. Shelley and S. Shelley, Pulse Oximeter Waveform: Photoelectric

Plethysmography, in Clinical Monitoring, Carol Lake, R. Hines, and C. Blitt, Eds.: W.B. Saunders Company, 2001, pp. 420-428

[3] Elgendi, Mohamed. "On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals.

*Current cardiology reviews* 8, no. 1 (2012): 14-25.

[4] Availabel URL: [www.fontyssensorwiki.nl](http://www.fontyssensorwiki.nl)

[5] Maeda, Yuka, Masaki Sekine, and Toshiyo Tamura. "The advantages of wearable

green reflected photoplethysmography. *Journal of medical systems* 35, no. 5 (2011): 829-834.

[6] Elgendi, Mohamed. "On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals.

*Current cardiology reviews* 8, no. 1 (2012): 14-25.

[7] V. Jindal, J. Birjandtalab, M. B. Pouyan, and M. Nourani, "An adaptive deep learning approach for PPG-based identification, in Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the, 2016, pp. 6401-6404.

[8] S. Sun, R. Bezemer, X. Long, J. Muehlsteff, and R. Aarts, "Systolic blood pressure estimation using PPG and ECG during physical exercise, *Physiological measurement*, vol. 37, p. 2154, 2016.

[9] H. Lin, W. Xu, N. Guan, D. Ji, Y. Wei, and W. Yi, "Noninvasive and continuous blood pressure

monitoring using wearable body sensor networks, *IEEE Intelligent Systems*, vol. 30, pp. 38-48, 2015.

[10] K. Duan, Z. Qian, M. Atef, and G. Wang, "A feature exploration methodology for learning based cuffless blood pressure measurement using photoplethysmography, in *Engineering in*

Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the, 2016, pp. 6385-6388

[ 11 ] M. Kachuee, M. M. Kiani, H. Mohammadzade, and M. Shabany, "Cuffless Blood Pressure Estimation Algorithms for Continuous Health-Care Monitoring, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 64, pp. 859-869, 2017.

[12] Singh, B. N. & Tiwari, A. K. (2006). Optimal selection of wavelet basis function applied to ECG signal denoising. *Digital signal processing*, 16(3), 275-287