

بسم تعالی



آزمایشگاه پردازش سیگنال ها و تصاویر پزشکی

گزارش ازمایش ۱ : نمایش سیگنالهای EEG و ECG در حوزههای مختلف و بررسی مفاهیم نمونه
برداری، DFT و STFT

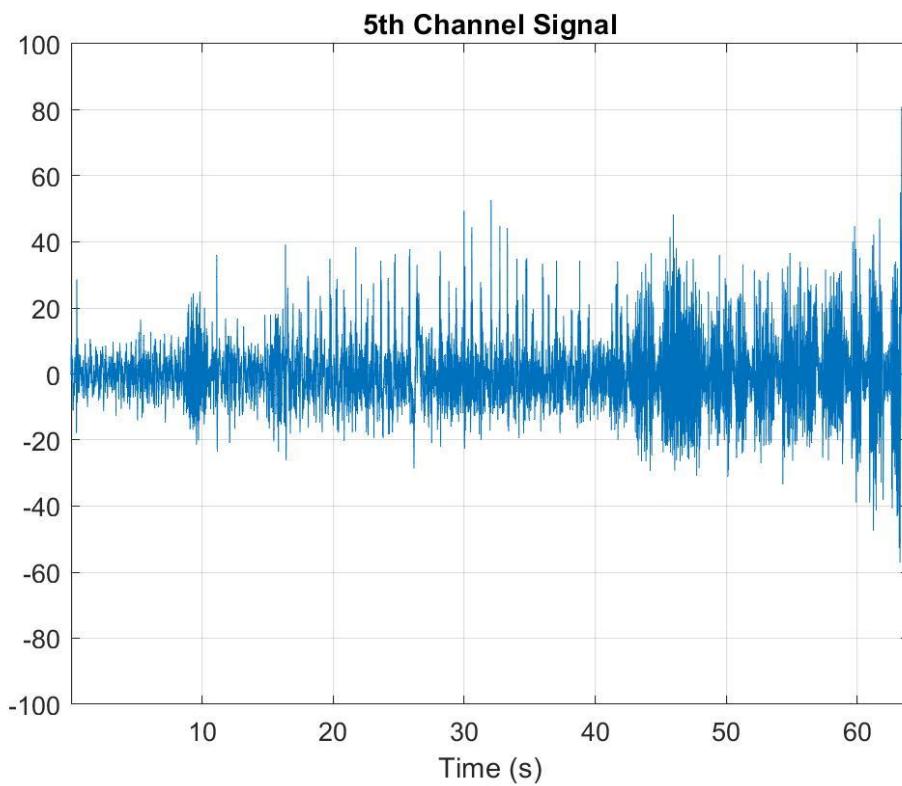
امیرحسین زاهدی ۹۹۱۰۱۷۰۵

آرشام لولوهری ۹۹۱۰۲۱۵۶

پاییز ۱۴۰۲

بخش اول: سیگنال الکتروانسفالوگرام

۱. کanal پنجم را در حوزه زمان رسم می کنیم:

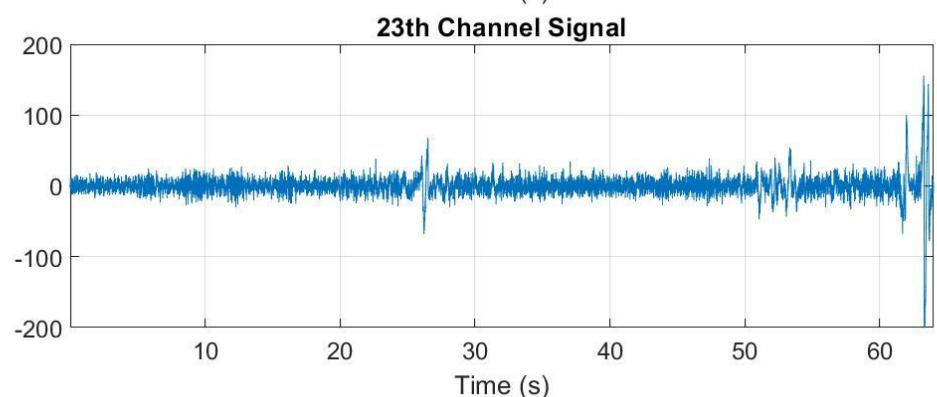
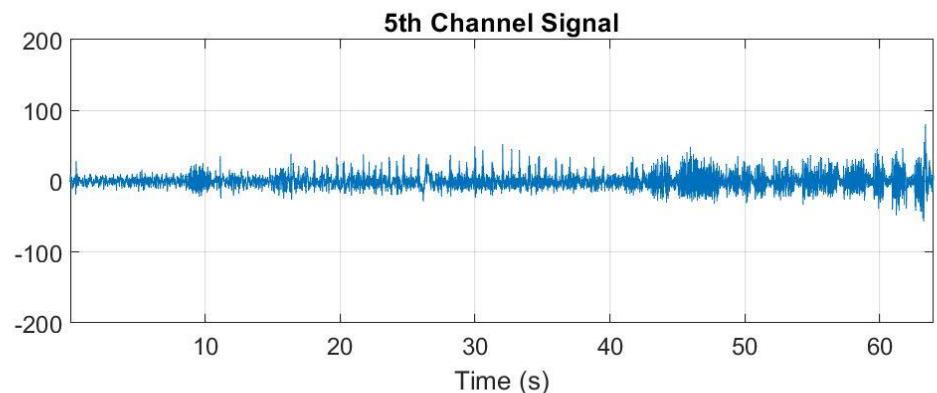


۲. سیگنال رسم شده را در چهار بازه زمانی (۱۵ ثانیه ابتدایی، ۱۸ تا ۴۰، ۴۰ تا ۵۰ و ۵۰ به بعد) بررسی می کیم.

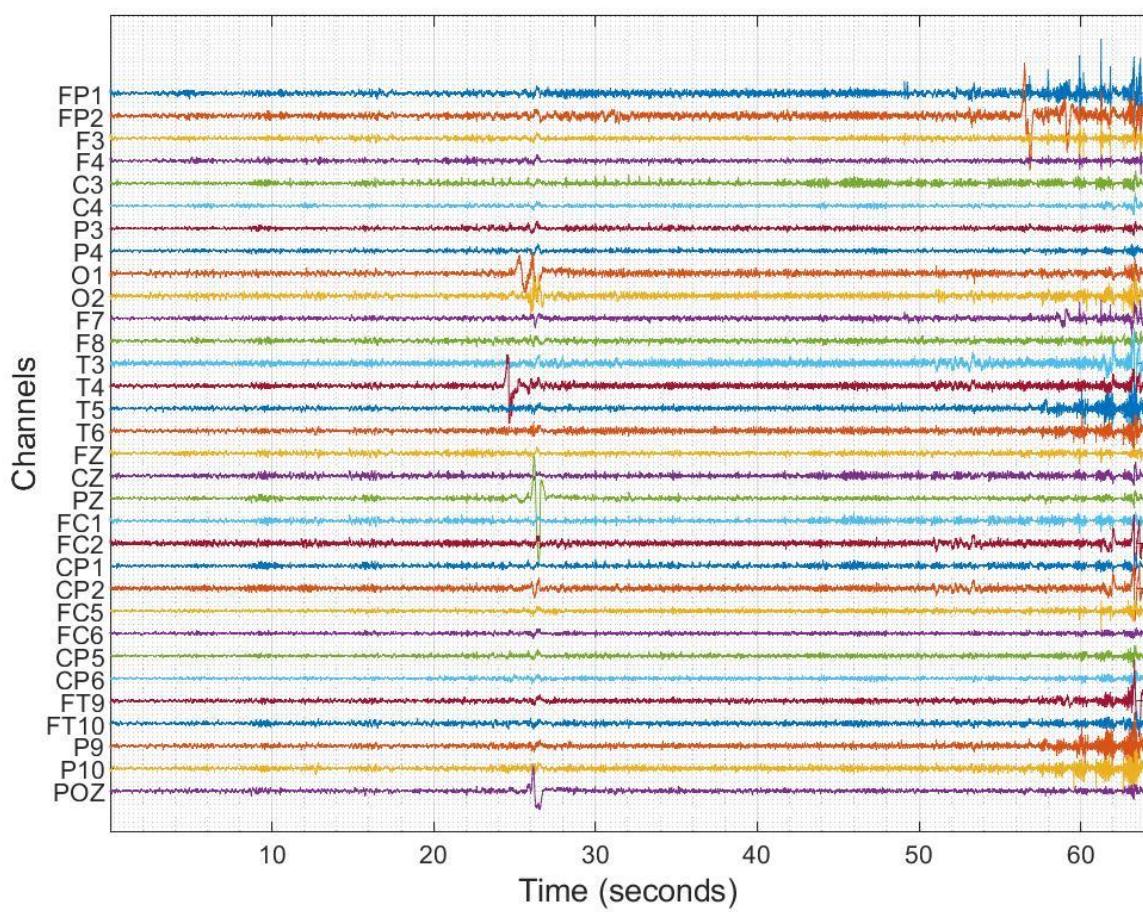
در ۱۸ ثانیه ابتدایی دامنه سیگنال به نسبت بخش های دیگر کمتر است ولی هر چه به بازه های جلوتر می رویم روند دامنه روند افزایشی به خود می گیرد و این روند افزایشی در بازه ۶۴ تا ۵۰ ثانیه به ماکسیمم خود می رسد. (در حدود ۸۰ به نسبت حدود ۱۰ در ثانیه های ابتدایی). همچنین فشردگی سیگنال نیز با زمان افزایش پیدا کرده است گویی که فرکانس های بالاتر نیز در سیگنال دخیل شده باشند. احتمال تاثیر سیگنال های عضلانی از حدود ثانیه ۴۰ به بعد وجود دارد.

۳. طبیعتاً شکل زمانی متفاوت یا حتی بسیار متفاوتی با کanal پنجم دارد. کanalی که رسم شده است کanal ۲۳ است. اما همانطور که می توانیم با قیاس دو کanal متوجه بشویم، در کanal جدید نیز همان روند افزایش دامنه و حتی فرکانس در طول زمان قابل مشاهده است. البته دامنه ماکسیمم مشاهده شده در این کanal بسیار بزرگتر است و می توان نویز هایی مانند پلک چشم را نیز در طول آن مشاهده کرد.

دو سیگنال در دو ردیف برای مقایسه بهتر رسم شده اند:



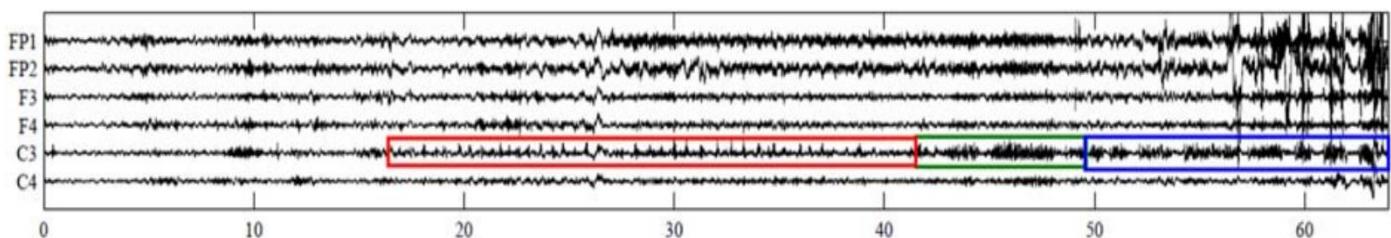
۴. ابتدا کانال ها را با استفاده از کد داده شده رسم می کنیم:



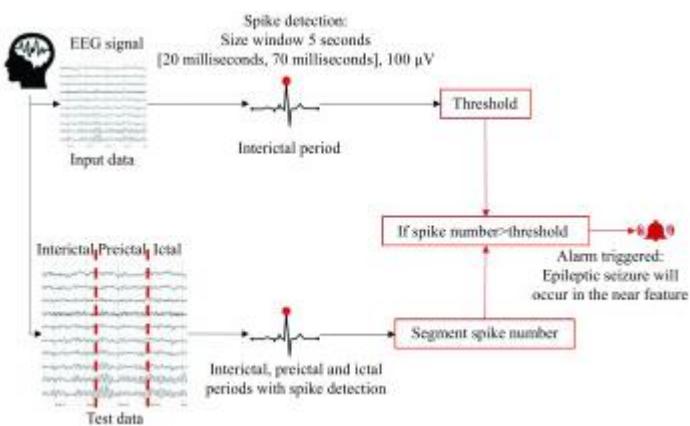
آفست تعیین شده را به جای تقسیم بر ۵، بر ۳ تقسیم می کنیم تا فاصله بین کانال ها بیشتر شوند و سیگنال ها واضح تر باشند.

به طور کلی افزایش فرکانس و دامنه در ثانیه های پایانی تمامی کانال ها به دلیل تکان های عضلانی ناشی از صرع مشخص است. کانال پنجم اما برخلاف بسیاری از کانال های جانبی و البته مشابه با تعدادی از کانال های نزدیک به کانون صرع، دامنه جهش سیگنال کمتری را تجربه کرده است اما نکته قابل توجه در این سیگنال به عنوان نقطه شروع صرع، افزایش فرکانسی سیگنال این کانال در زمان هایی زودتر از دیگر کانال ها است. شاید بتوان گفت از حدود ثانیه ۴۰، دامنه و فرکانس این کانال زودتر از دیگر کانال ها افزایش پیدا کرده است که احتمالاً نشانی از وقوع صرع در ثانیه های آتی داشته است. حتی می توانیم مشاهده کنیم که سیگنال هایی که به این نقطه نزدیک تر هستند نیز زودتر از بقیه این فرایند را تجربه کرده اند.

۵. تصویر شش کانال ابتدایی سیگنال های EEG در زیر قابل مشاهده هستند.



همانطور که در دستور کار ذکر شده است بخش قرمز فرایند قبل از صرع، بخش سبز بازه زمانی پیش از شروع تشنج و بخش



1

Spikes number in interictal, preictal, and ictal EEG periods

EEG periods	Segments number	Mean	Maximum spike/segment
Interictal	100	0.43	4
Preictal	100	0.99	7
Ictal	100	3.13	11

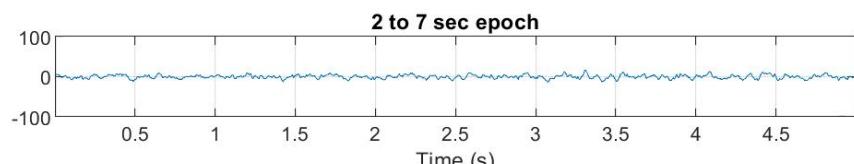
آبی زمان تشنج را نشان می دهد. بخش اول حاوی اسپاپیک های متناوب است که دامنه بزرگتری نسبت به فرکانس های دیگر دارند. بخش دوم نیز فرکانس سیگنال و دامنه هر دو افزایش پیدا میکنند که افزایش فرکانس بسیار شدید و مشهود است. در بخش آخر نیز یک بی نظمی در حوزه زمان را مشاهده می کنیم که در زمان هایی فعالیت شدید دامنه را می بینیم و در بخش هایی خیر. البته فرکانس های بالا همچنان دیده

می شوند ولی نسبت به بخش سبز این فعالیت ها کند تر هستند. در قبل از تشنج شاهد اسپاپیک هایی هستیم که در بالا نیز اشاره شد، این اسپاپیک ها در بازه امواج تا ۵ تا ۷ هرتز هستند که می توانند در پیش بینی کمک کننده باشند.

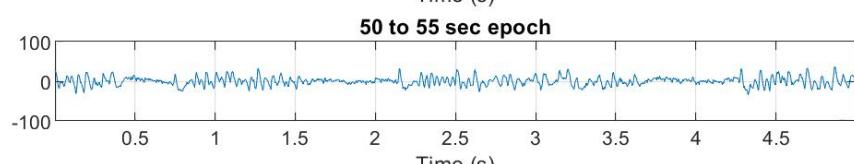
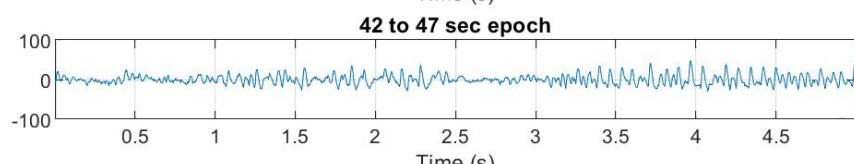
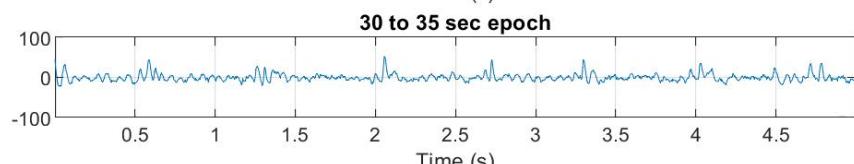
۶. ابتدا ۴ سیگنال ۵ ثانیه ای گفته شده را از سیگنال اصلی جدا کرد و در حوزه زمان نمایش می دهیم. سپس با استفاده از توابع `DFT` و `fftshift` هر کدام از سیگنال های ۵ ثانیه ای را بدست آورده و رسم می کنیم. برای اینکه رسم به درستی صورت بگیرد باید فرکانس و نقاط متناظر آن را به درستی تعریف کنیم که از

```
N = length(epoch(1,:));
f = fs*(-N/2:N/2-1)/N;
epoch_fft(1,:) = fft(epoch(1,:));
epoch_fft(1,:) = fftshift(epoch_fft(1,:));
plot(f,abs(epoch_fft(1,:)));
```

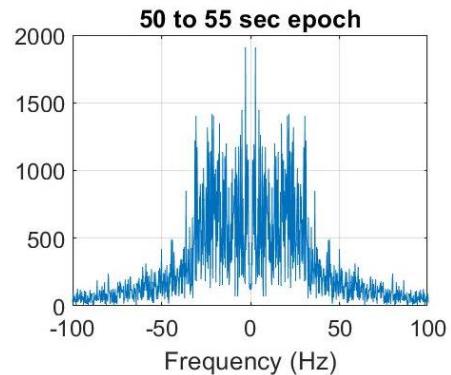
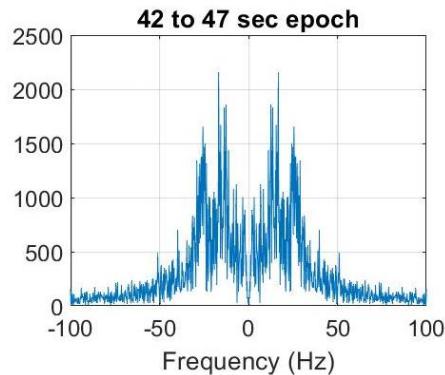
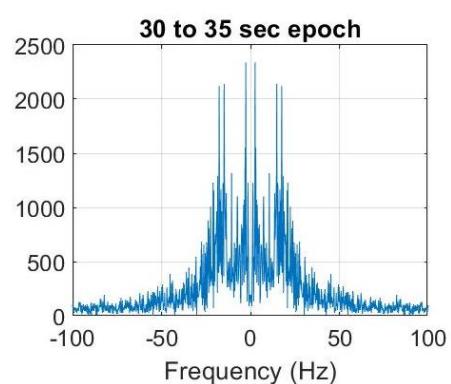
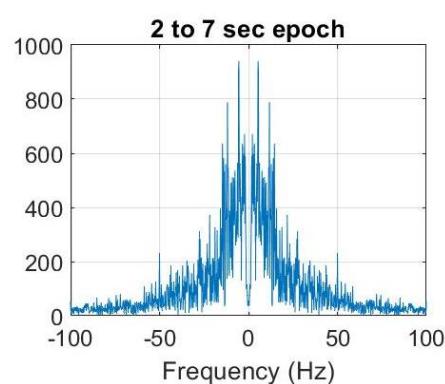
استفاده کردیم. چون که فرکانس نمونه برداری ۲۵۶ است، می توانیم تا فرکانس های مثبت و منفی ۱۲۸ را نمایش دهیم.



نمایش حوزه سیگنال:



نمایش در حوزه فرکانس:



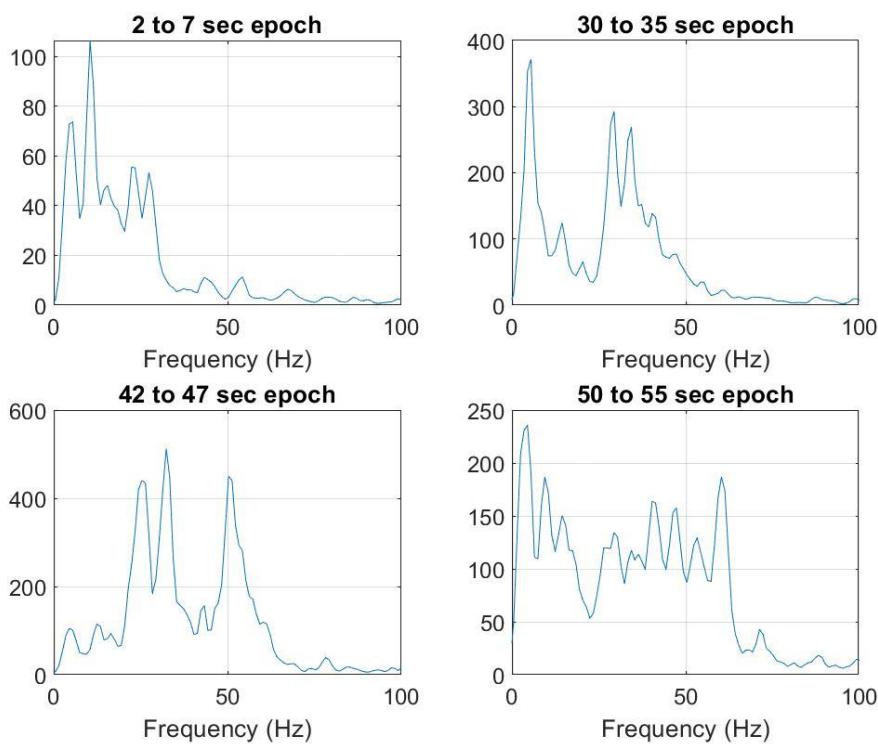
همانطور که مشاهده می شود، با اینکه می توانستیم تا فرکانس ۱۲۸ هرتز را نشان دهیم، تا ۱۰۰ هرتز را نشان داده ایم ولی شاید بتوان گفت که بالای ۷۰ هرتز محتوای فرکانس چندانی برای فنايش ندارد.

اگر بخواهیم تحلیل کنیم نیز مشاهده می کنیم که هر چه به جلو می رویم، محتوای فرکانسی فرکانس های بالاتر افزایش پیدا می کند که نشان از فعالیت امواج با فرکانس بالاتر در زمان قبل از تشنج و تشنج دارد. در بازه ۳۰ تا ۳۵ ثانیه که زمان ایکتال قبل از تشنج است، شاهد محتوای فرکانسی بسیار زیادی در فرکانس خاصی در حدود ۱۰ هرتز هستیم که احتمالاً به دلیل همان اسپایک های ریتمیک تولید شده است.

۷. در استفاده ازتابع `pwelch` جز خود سیگنال، پارامتری را به عنوان ورودی ندادیم زیرا که با دادن اندازه پنجره و میزان اورلپ تغییر خاصی در سیگنال رسم شده مشاهده نشد که باعث دقیق بیشتر شود، پس همان معمولی را رسم کردیم.

```
epoch_pwelch(1,:) = pwelch(epoch(1,:));
epoch_pwelch(1,:) = fftshift(epoch_pwelch(1,:));
```

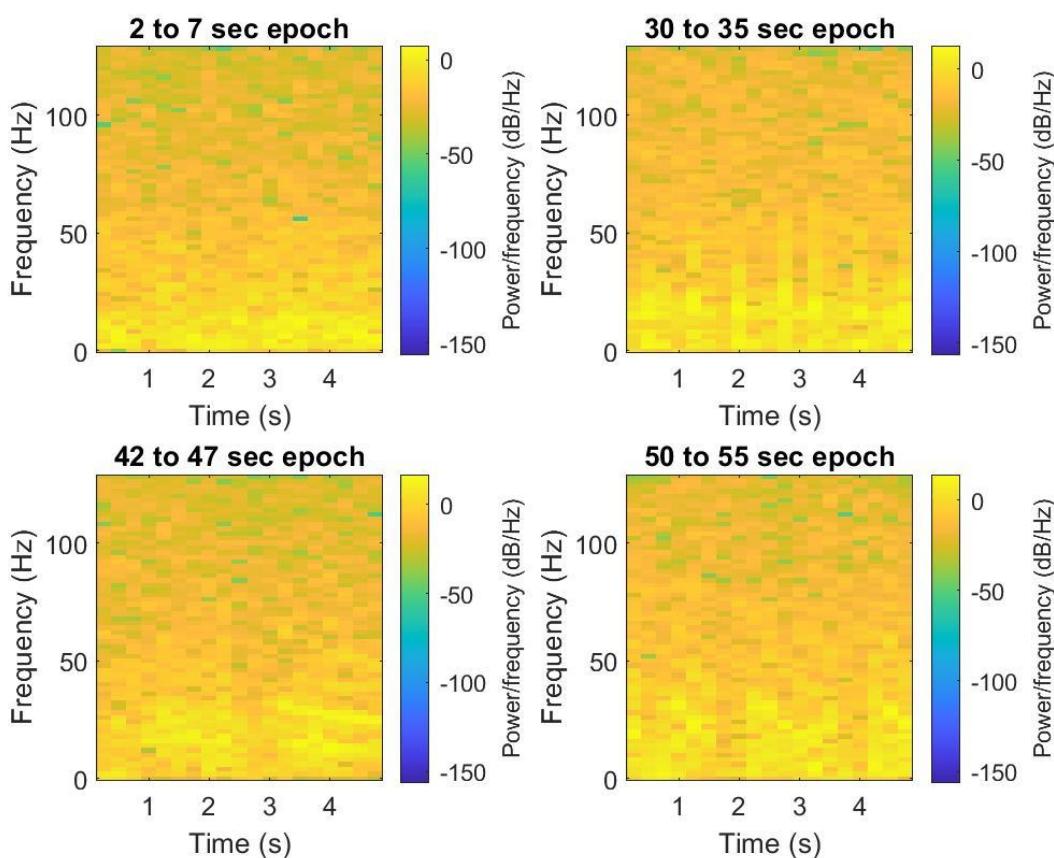
از دستور بالا استفاده کردیم تا مبدا همان فرکانس ۰ باشد.



این تابع از روشی شبیه STFT برای محاسبه حوزه فرکانس و بدست آوردن چگالی طبف توان استفاده می کند. همانطور که از مودارها مشخص است، صحبت های قبلی درباره افزایش محتوای فرکانسی در فرکانس های بالاتر در زمان های بزرگتر می توانند تکرار شوند. جز در بازه ۵۰ تا ۵۵ می توان با تقریب خوبی اعلام کرد که به محتوای بالاتر از ۶۰ الی ۷۰ هرتز نیازی نیست و می توان فیلتر کرد. در زمان ۲ الی ۷ ثانیه که فعالیت نورمال انجام می شده است، فعالیت های نورونی کمتر بوده اند و فرکانس های پایین دامیننت تر بوده اند. در بازه ۳۰ الی ۳۵ در حدود ۱۰ هرتز یک پیک را شاهد هستیم

که نمی دایم دلیلش چه می تواند باشد. با توجه به اینکه مرحله قبل از تشنج است شاید بتوان گفت که اسپاکت های ریتمیک را نشان می دهد. بازه ۴۲ تا ۴۷ همان بازه ای است که فرکانس و دامنه سیگنال بشدت افزایش پیدا می کند. در نودار نیز شاهد فعالیت بسیار زیاد فرکانس ۵۰ هرتز و فرکانس های آن محدوده هستم. نکته جالب فعالیت بسیار کم فرکانس های زیر ۱۰ هرتز است. در بازه آخر نیز همان بی نظمی و افزایش بازه فرکانسی را شاهد هستیم. اتفاقاً در این بخش گویا میزان تاثیر فرکانس های مختلف شبیه یکدیگر می شوند.

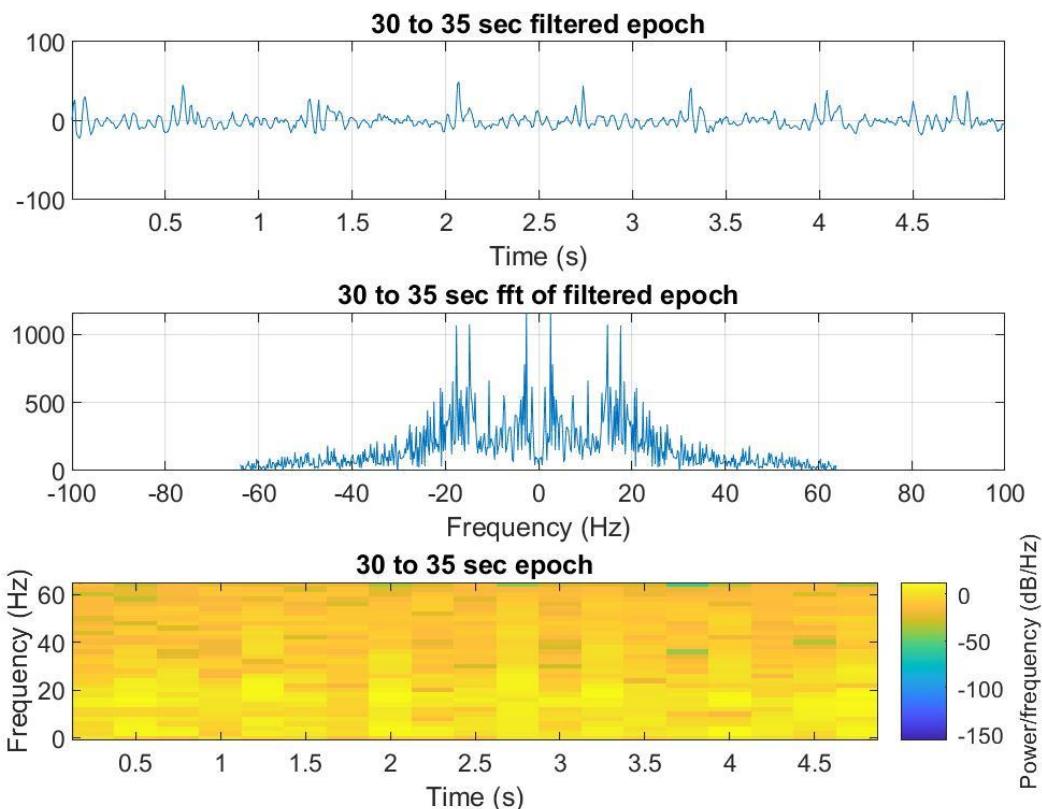
۸. اسپکتограм ها را با همان پارامتر های گفته شده رسم میکنیم:



تحلیل های این بخش با دو بخش قبلی احتمالاً شباهت بسیاری داشته باشد. به طور کلی شاهد فعالیت فرکانس های پایین در هر چهار بازه هستیم که البته در ۴۲ تا ۴۷ این مسئله کمنگ تر است. فعالیت های فرکانسی همان بخش قبلیست که بیشتر مورد بررسی قرار نمی گیرد. اما از دید حوزه زمان-فرکانسی، بازه ۳۰ الی ۳۵ جالب است و حتی حالت ستون مانندی درست شده است و گویا در بازه های بخصوص فرکانس های حدود ۲۰ هرتز فعال شده و دوباره کمنگ شده اند. بی نظمی فرکانسی در طول زمان در بازه ۵۰ الی ۵۵ نیز دیده می شود و چیزی شبیه ستون های حرارتی درست شده اند. اما بازه ۲ الی ۷ روند تقریباً ثابتی را به لحاظ محتوای فرکانسی در بازه های زمانی داشته است.

۹. از آن جایی که فرکانس مونه برداری ۲۵۶ است، می توانیم تا ۱۲۸ هرتز محتوای فرکانسی را رسم کنیم اما چون که نهایت فرکانس قابل توجه در بازه ۳۰ الی ۳۵، تا ۶۰ هرتز است، می توانیم که سیگنال را دوون سمپل به میزان ۲ بکنیم تا فرکانس مونه برداری ۱۲۸ و فرکانس قابل رسم تا ۶۴ هرتز شود. به همین دلیل از فیلتر پایین گذرباترورث از درجه ۶ و فرکانس قطع ۶۰ هرتز استفاده می کنیم تا قبل از دوون سمپل سیگنال را فیلتر کرده باشیم.

نمودارهای حوزه های زمان، فرکانس و زمان-فرکانس:



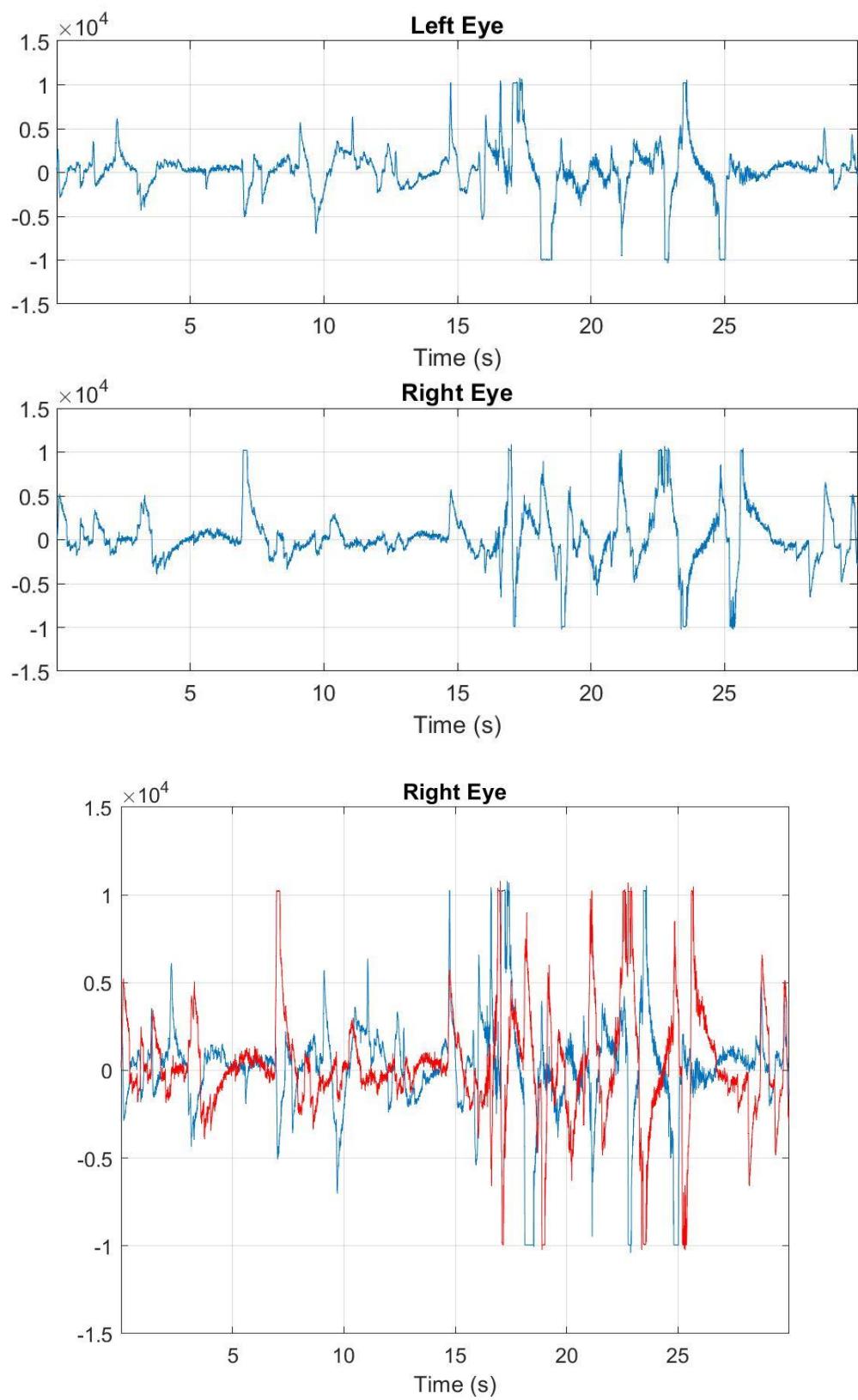
در حوزه زمان-فرکانس که تغییری قابل مشاهده نیست که بتوان اظهار نظر کرد. در حوزه زمان شاید بتوان گفت که تغییرات شدید که دامنه خیلی کوچکی داشتند در سیگنال جدید کمتر شده است و سافت تر شده است به اصطلاح.

در حوزه فرکانس نیز فرکانس های بالای ۶۰ هرتز حذف شده اند و فرکانس های پایین که اصل محتوا را شامل می باشند تقریباً تغییری نداشته اند.

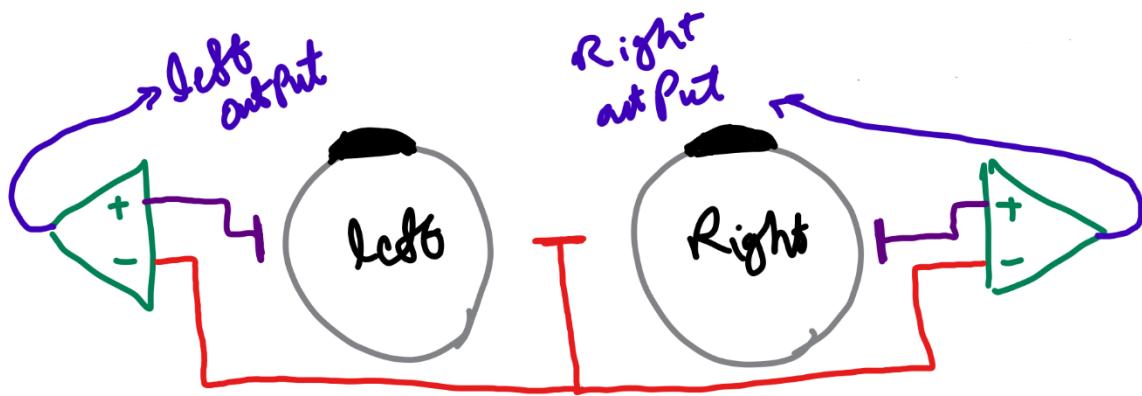
پس دوون سمپلی که انجام شده است تاثیری بر صحت محتوای سیگنال نگذاشته است.

بخش سوم: سیگنال الکتروآکولوگرام

۱. سیگنال ها را در حوزه زمان رسم می کنیم.



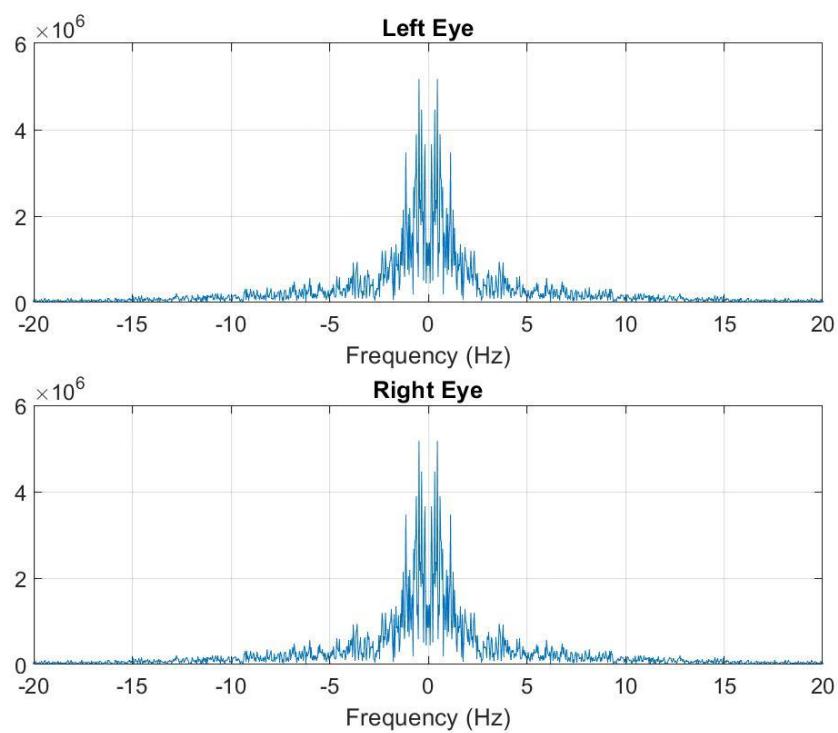
همانطور که مشاهده می شود انگار که دامنه های دو سیگنال شبیه به هم اما قرینه یکدیگر هستند. البته که می توان مشاهده کرد که در بعضی لحظات دامنه یک سیگنال بسیار بزرگتر از دیگری است یا حتی هم جهت هستند اما آن چیری که بیشتر از همه توجه را جلب می کند شباهت ظاهری سیگنال به طور کلی و قرینه بودن آن است. گویا نحوه قرار گیری الکترود ها به شکل زیر است:

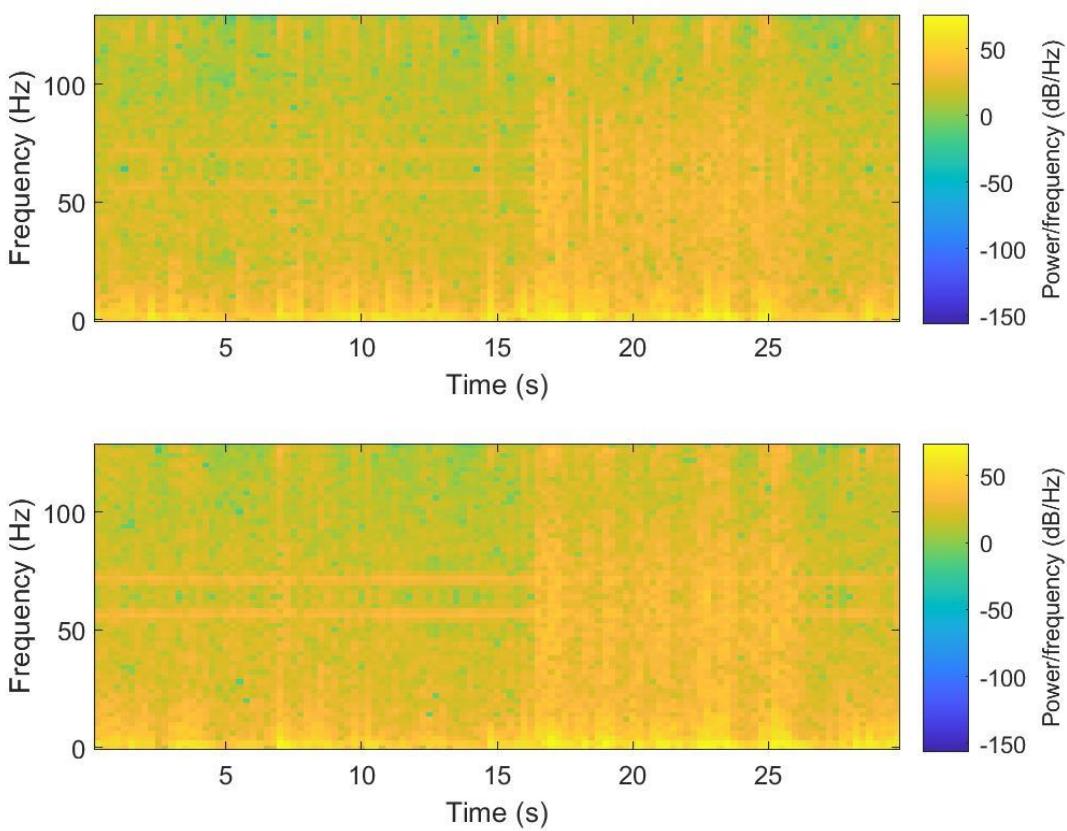


چون که چشم ها با یکدیگر به جهت های مختلف می روند، اینگونه قرینگی به وجود می آید.

همچنین از سیگنال زمانی چشم می توان به بسیار کم فرکانس بودن آن پی برد. همچنین تغییر زاویه چشم می تواند حاوی دامنه های بسیار کم و پیک های بسیار بزرگ باشد.

۲. طیف فرکانسی و زمان فرکانسی دو سیگنال را رسم می کنیم.



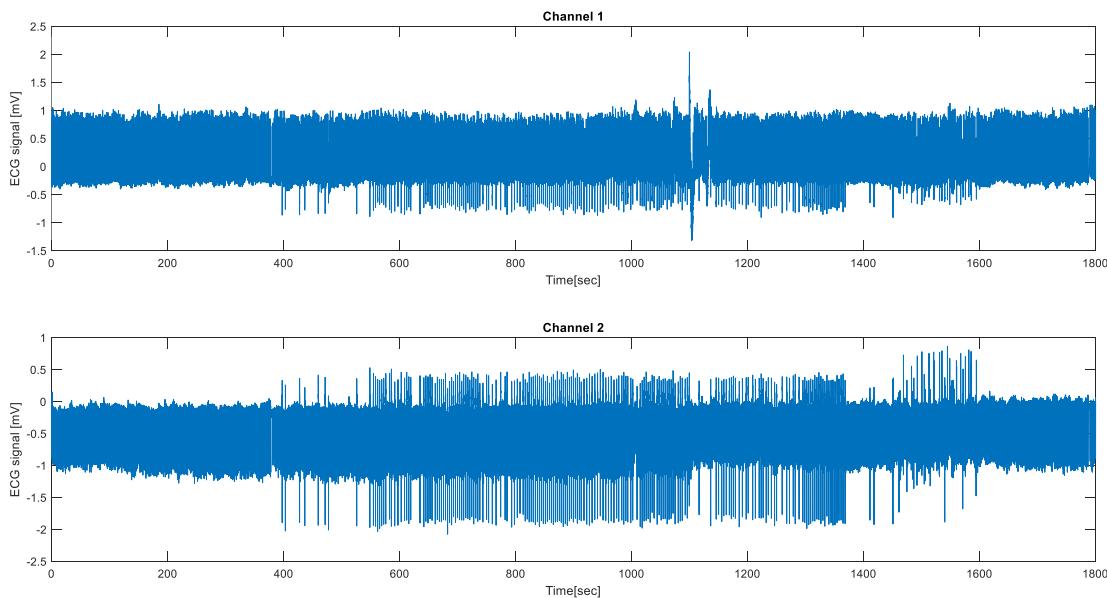


توقع داریم که حرکت چشم چندان تند نباشد به همین دلیل توقع داریم که از چشم دریافت می کنیم فرکانس های بسیار پایینی مانند بازه زیر ۵ هرتز داشته باشد که اینطور نیز هست. به دلیل همزمانی حرکت، محتوای فرکانسی هر دو سیگнал بسیار شبیه یکدیگر است.

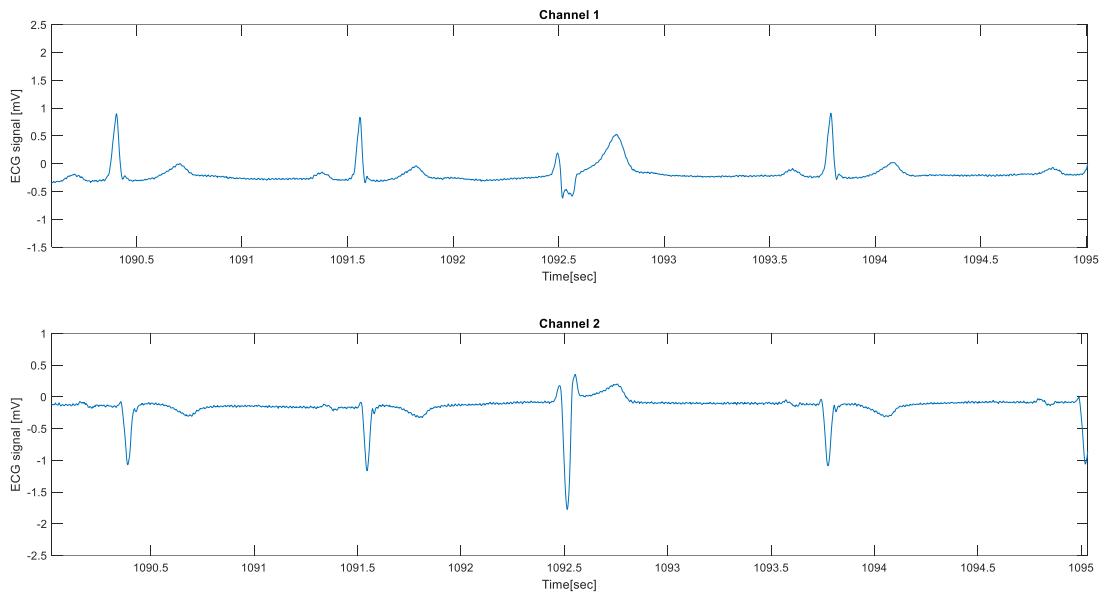
همانطور که در حوزه زمان قابل مشاهده است، از حدود ۱۵ لی ۲۵ ثانیه، چشم در حال حرکت های پر دامنه و احتمالا سریع است زیرا که در حوزه زمان-فرکانس، در این بازه محتوای فرکانسی سیگنال های بالاتر افزایش پیدا کرده است. اما تا ثانیه ۱۵ بسیار آرام تر است.

بخش دوم: ECG

(۱) کد مربوط به این بخش در section اول از فایل این سوال آمده است. توضیحات بخش به بخش کد در غالب کامنت آورده شده است. در این بخش ابتدا دیتا load شده و سپس با استخراج فرکانس نمونه برداری و ساخت بردار زمان، سیگنال دو کanal plot میشود. شکل زیر، کل سیگنال دو کanal را در طول زمان نشان میدهد:



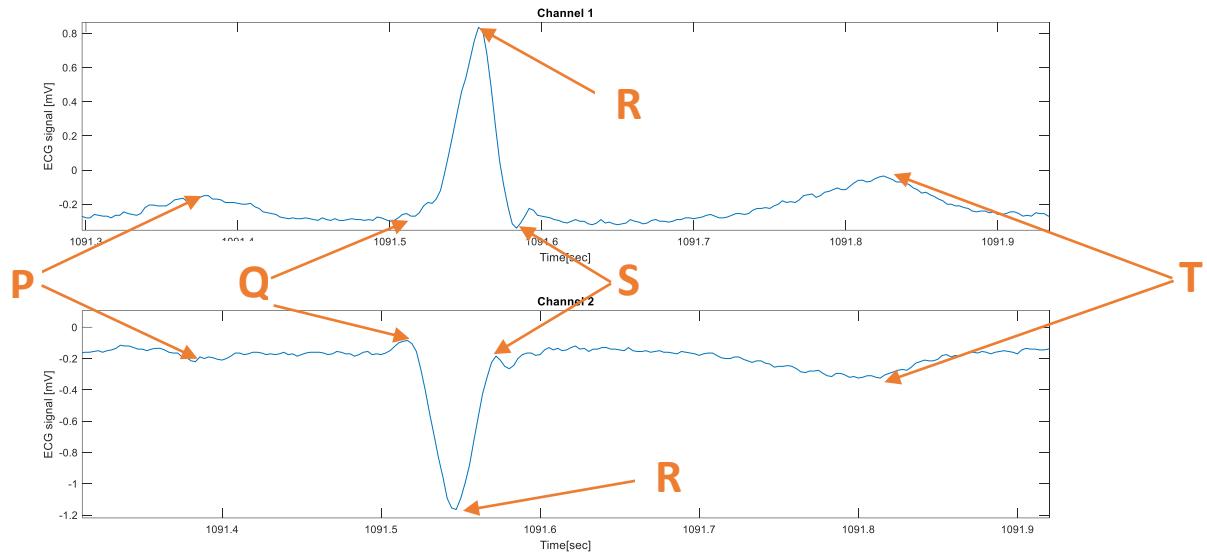
از همین شکل نیز تفاوت هایی از قبیل علامت دامنه سیگنال در دو کanal مشهود است. حال زوم کرده و سیگنال را دقیق تر مشاهده میکنیم:



در هر کanal، ضربان ها در طول زمان مشابه هم نیست و گاه به دلیل اختلال و ناهنجاری، سیگنال قلب از حالت ضربان نرمال تفاوت پیدا میکند (مثل ضربان موجود در زمان 1092.5 در بالا).

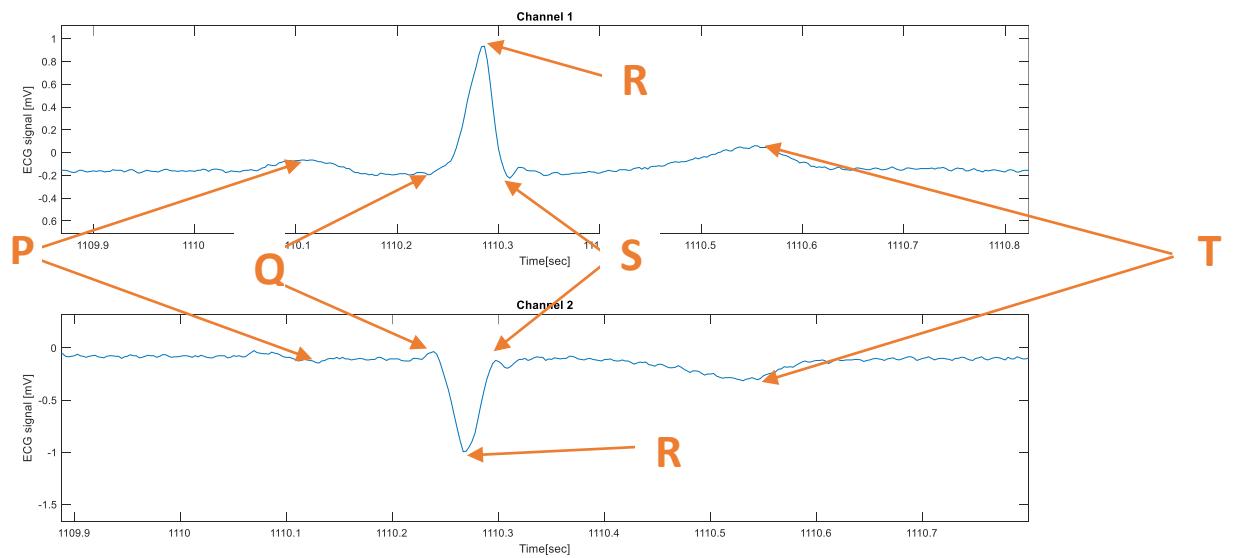
ضربان موجود در یک زمان مشخص، در دو کanal با هم تفاوت دارد. در ضربان های نرمال، میتوان گفت سیگنال دو کanal تا حدی قرینه‌ی یکدیگرند، اما در ضربان های غیرنرمال، حتی شکل آنها نیز ممکن است کاملاً متفاوت باشد. علت این تفاوت‌ها این است که این دو کanal، سیگنال الکتریکی را از دو متفاوت از قلب دریافت میکنند. با وجود رفرنس مشخص، ممکن است سیگنال یکی مثبت و دیگری منفی شود. از طرفی ناهنجاری‌ها ممکن است فقط آثار مخرب روی یکی از lead‌ها گذاشته باشند (مثل نمونه بالا)، و در نتیجه سیگنال ثبت شده از lead دیگر، خیلی با حالت عادی تفاوتی نکرده و تقریباً نرمال بنظر آید. این میتواند موجب شود که حتی شکل سیگنال دو کanal نیز با یکدیگر متفاوت شود. (طبق توضیحات دیتا، دو کanal، سیگنال‌ها را از modified lead V1 و modified limb lead II در قلب ثبت کرده‌اند).

حال روی نمودار های بالا زوم کرده و بعنوان نمونه، ضربان زیر را بررسی کرده و موجهای آن را (روی شکل) مشخص میکنیم:



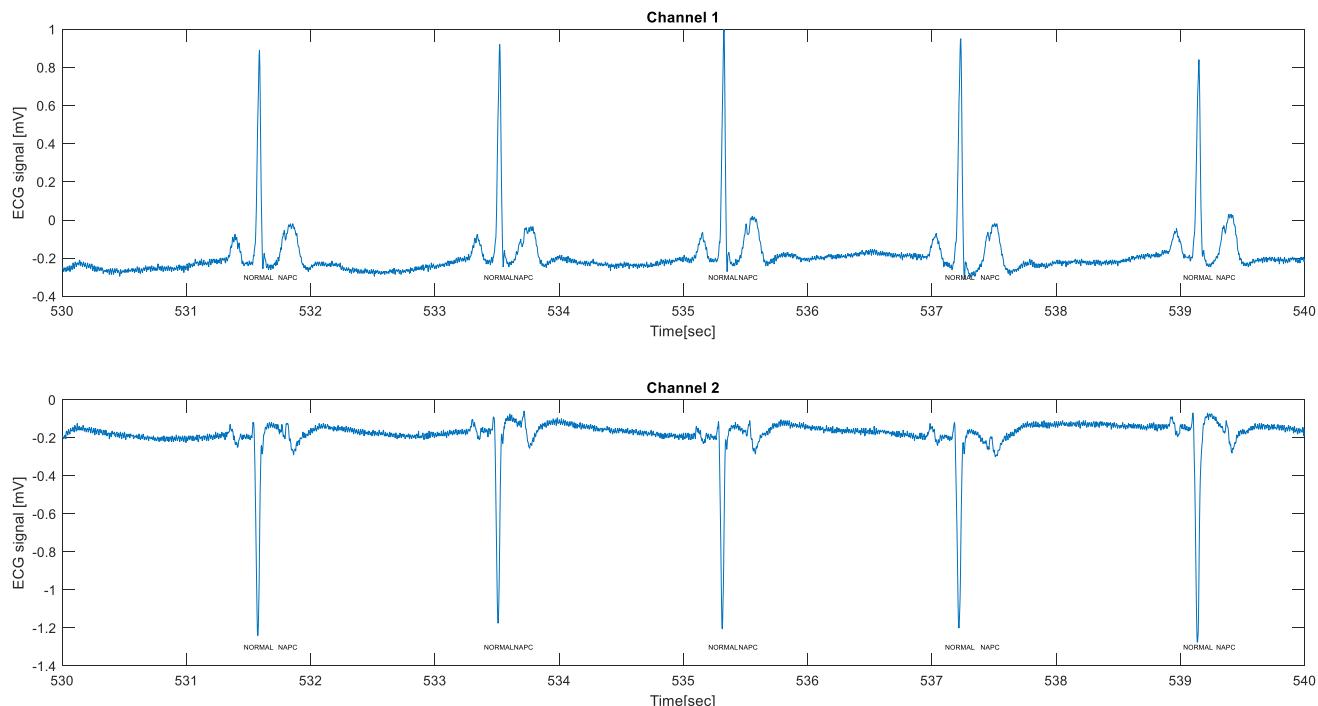
در کanal دوم، شکل موجها بدليل منفی بودن دامنه سیگنال، فرم قرینه دارد.

ضربان دیگری را نیز تحلیل میکنیم:



(۲) کد این بخش در section دوم از فایل آمده است. در این بخش از تابع num2label که در آخرین section آمده، استفاده شده است. این تابع عدد string آریتمی را طبق داده های موجود میگیرد، و نوع ناهنجاری را به صورت خروجی میدهد.

ابتدا بازه ای از زمان که میخواهیم سیگنال را در آن رسم کنیم، در duration مشخص میکنیم (زیرا اضافه کردن label ها به بازه ای بزرگی از زمان، نمودار شلوغی را حاصل میکند). بعنوان نمونه، ما بازه زمانی 530s تا 540s را انتخاب میکنیم. سپس ناهنجاری هایی که داخل این بازه قرار دارند را انتخاب کرده، و پس از رسم سیگنال ها، با استفاده از text، این لیبل ها را به نمودار اضافه میکنیم. برای بازه ای مذکور، نتیجه به صورت زیر است که ناهنجاری NAPC در آن لیبل گذاری شده است:

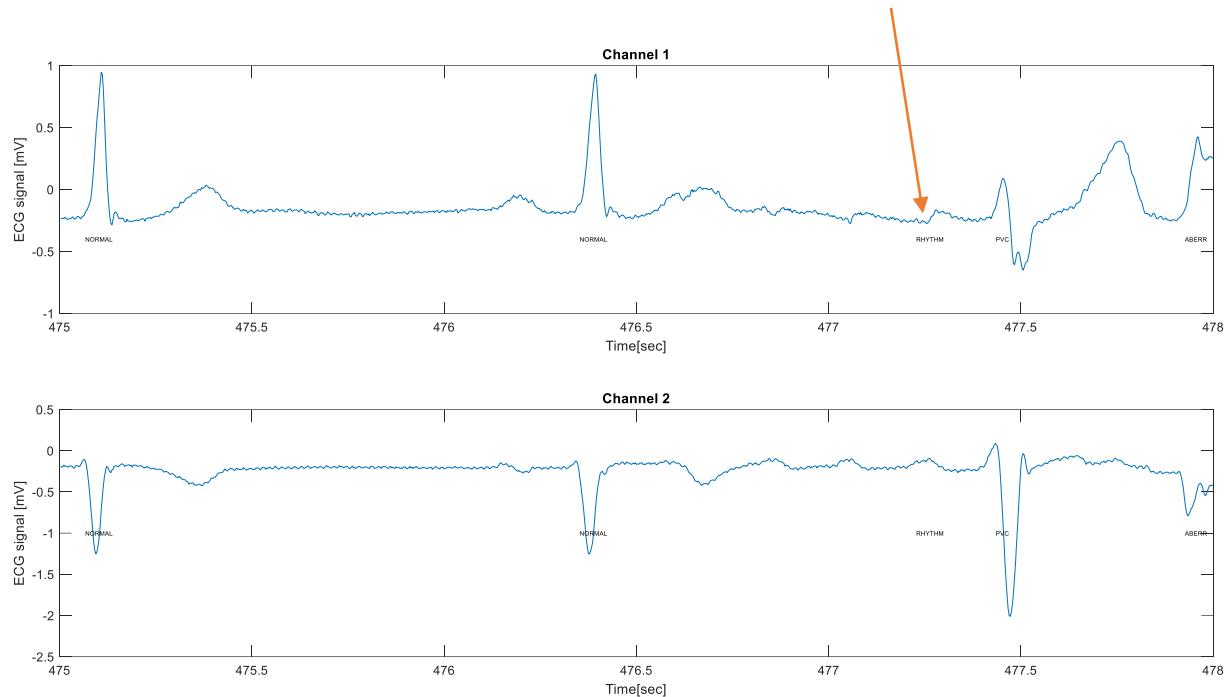


(۳) توضیح مختصر ناهنجاری های موجود، همراه با مقایسه با ضربان نرمال:

• **RHYTHM**: این ناهنجاری وجود نوعی اشکال در الگو و pattern

سیگنال ضربان قلب است، طوریکه شکل و فرم سیگنال را از حالت عادی خارج کند. در این حالت ممکن است موجهای P,Q,R,S,T یا حداقل تعدادی از آنها به خوبی مشاهده نشوند. دلایل این ناهنجاری متنوع بوده و میتواند ناشی از مشکلات سیگنال های الکتریکی در قلب، بیماری های قلبی (از جمله حمله قلبی)، کیفیت زندگی (مانند استرس زیاد و کمبود خواب)، سن، ژنتیک و... باشد.

یکی از نمونه های آن در زیر آمده است و با لیبل Rhythm مشخص شده است. دو ضربان نرمال نیز قبل از این ضربان وجود دارد که اختلاف الگوی آنها با Rhythm کاملاً واضح است. در ریخت ضربان نرمال، موجهای P,Q,R,S,T کاملاً مشخص هستند اما در موج دارای این ناهنجاری، موجهای Q,R,S را نمیتوان دید. صرفاً موجی با دامنه کم در این ضربان شکل گرفته که بیشتر شبیه به موج P,T میباشد. پس بنظر می آید که این ناهنجاری حتی میتواند موجب حذف شدن برخی موجهای شود، و نیز دامنه و مدت زمان ضربان را نیز تغییر دهد.

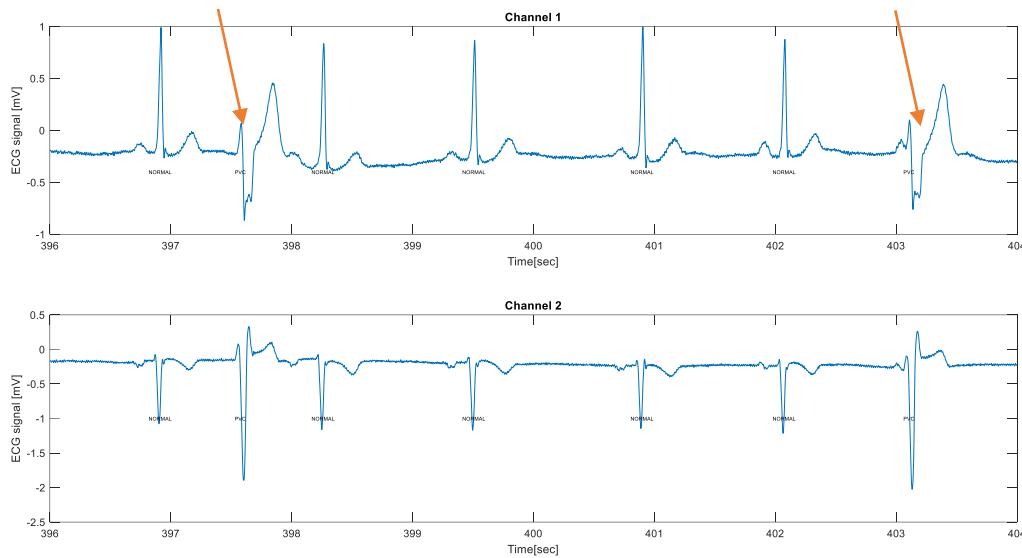


• (Premature ventricular contraction) **PVC**: این ناهنجاری

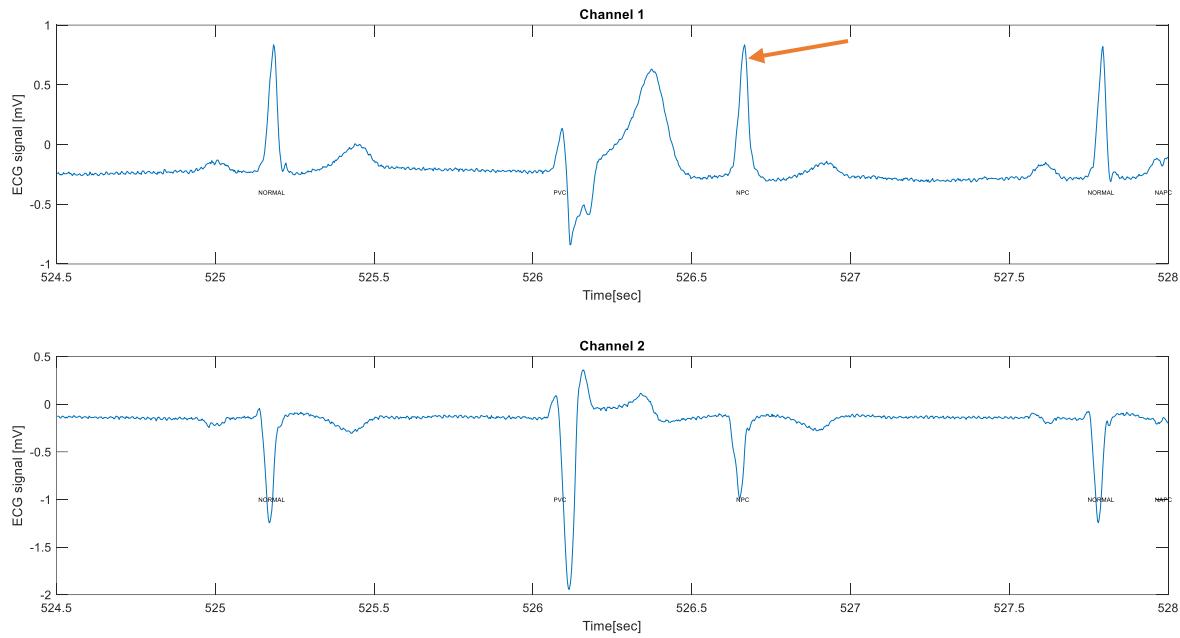
زمانی رخ میدهد که در چرخه *cardiac cycle*, انقباض بطنی، زودتر از زمان خود رخ بدهد. در واقع یک سیگنال الکتریکی در بطن ها ایجاد میشود که موجب این پدیده شده، و در نتیجه، ضربان زودتر از زمان معین رخ میدهد.

عوامل این ناهنجاری علاوه بر موارد عمومی مذکور در بالا (سن و بیماری قلبی و کیفیت زندگی و...) میتواند مربوط به مصرف بیش از اندازه کافئین نیز باشد.

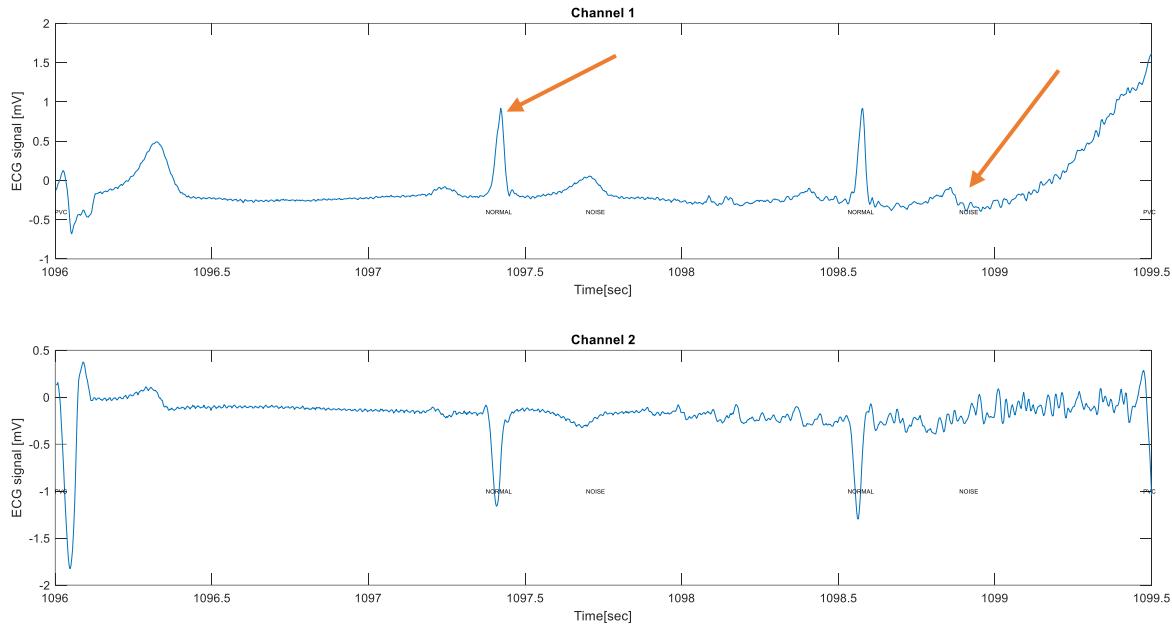
شكل سیگنال در زیر آمده است (دو نمونه PVC). مطابق با توضیحات بالا، ضربان PVC زودتر از زمان نرمال رخ داده و موجهای QRS آن، شکلی کاملاً متفاوت گرفته اند و اندکی نیز پهن تر از QRS ضربان نرمال هستند:



• **NPC**: منشا این ناهنجاری (Nodal Premature Contraction) به گرهی atrioventricular node یا همان AV node در قلب بر میگردد. این ناهنجاری زمانی رخ میدهد که یک impulse الکتریکی غیرنرمال و زودهنگام در این گره برقرار شود، و منجر به ضربان زودهنگام قلب میشود. عوامل ایجاد این ناهنجاری تقریبا مشابه PVC است. یک نمونه از آن در زیر آمده است. مشابه PVC، برخی یا همه موجهای QRS ممکن است در این اختلال دیده نشوند. در زیر، در مقایسه با ضربان نرمال ابتدای نمودار، میتوان دید که در NPC، موجهای P و Q و S چندان واضح نیستند.



• **NOISE**: این اشکال در واقع ناشی از افتادن یک نوع نویز روی سیگنال ECG و در حین ثبت سیگنال است، که تداخل در سیگنال ایجاد کرده و کیفیت سیگنال را کاهش میدهد. عوامل متعددی میتواند منجر به نویز شود، از قبیل: حرکت بیمار، ارتباط الکتریکی ضعیف کانال با پوست، نویز های ناشی از فعالیت عضلانی در اطراف محل ثبت، و حتی تنفس بیمار. دو نمونه از آن در زیر آمده که به وضوح، شما میل موجها را تحت تاثیر قرار داده است:

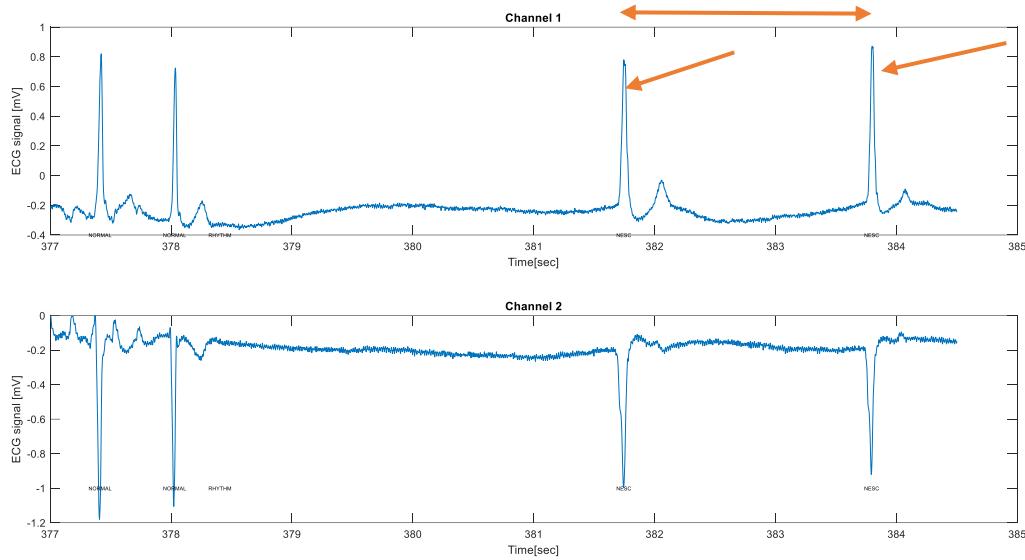


• **NESC:** این ناهنجاری (Nodal escape beat) زمانی رخ میدهد که

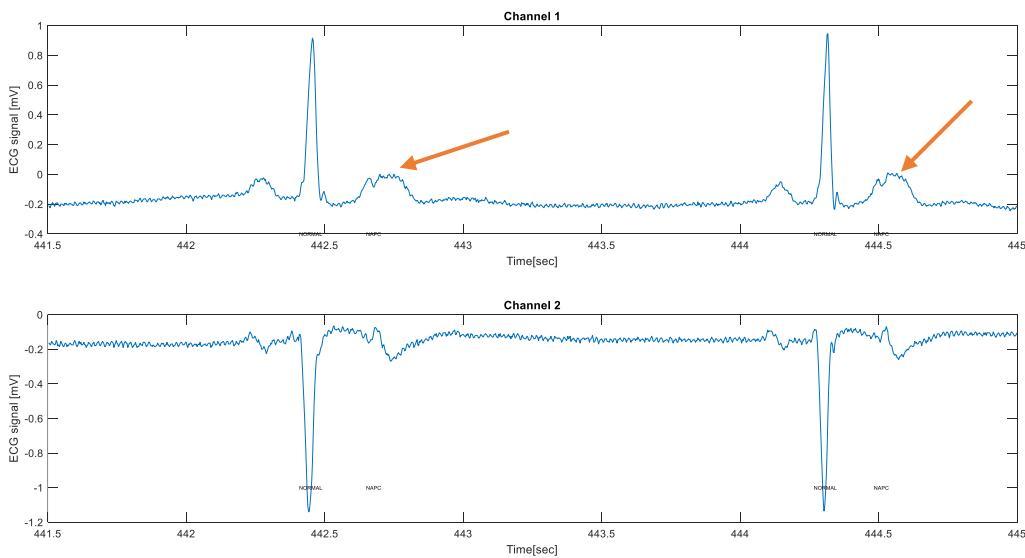
گره SA در دهلیز راست، نتواند ضربان قلب را با نرخ درستی ایجاد کند.

در این شرایط معمولاً بخش دیگری از قلب، مثل AV node یا دهلیز،
بجای این گره، ضربان را ایجاد میکند. این موجب میشود شکل ضربان، با
فرم نرمال خود متفاوت شود. عوامل ایجاد آن، علاوه بر عملکرد نادرست
گره SA، میتواند کم بودن نرخ ضربان قلب، ایسکمی (کمبود خون در
عضله قلب)، و برخی داروهایی که روی قلب تاثیر میگذارند باشد.

معمولًا از نظر مورفولوژی، موجهای یک ضربان در این ناهنجاری دچار
تغییر میشوند. در زیر، میبینیم که برای این ضربان، موج P محسوسی
دیده نمیشود. ضمناً همانطور که در زیر نیز میبینیم، بعد از این اختلال،
اندکی فاصله زمانی تا ضربان بعدی بیشتر است، تا قلب بتواند خود را از
وضعیت غیر نرمال reset کند:

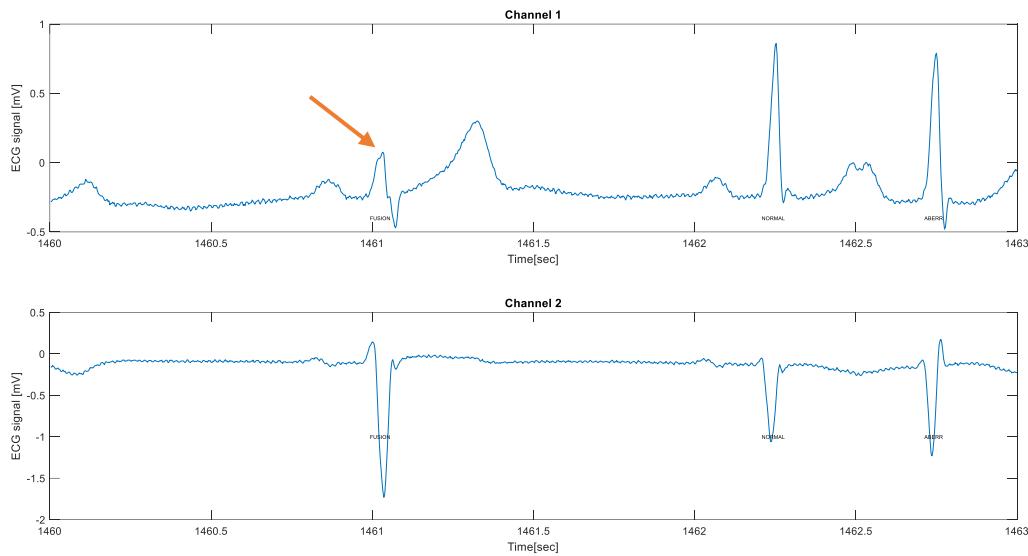


• این ناهنجاری (non-conducted P-wave)، زمانی رخ میدهد که دهليزها نتوانند impulse الکتریکی خود را به بطن ها منتقل کنند. در نتیجه، P-wave که نمایانگر انقباض دهليز است در سیگنال دیده میشود، اما موجهای QRS قابل مشاهده نخواهند بود (که مربوط به انقباض بطنی هستند) که در نمونه‌ی زیر نیز مibینیم. عوامل آن میتواند فیبریلاسیون دهليز (AF)، مصرف برخی داروها، Heart block، و کمبود جریان خون در عضله قلب باشد.



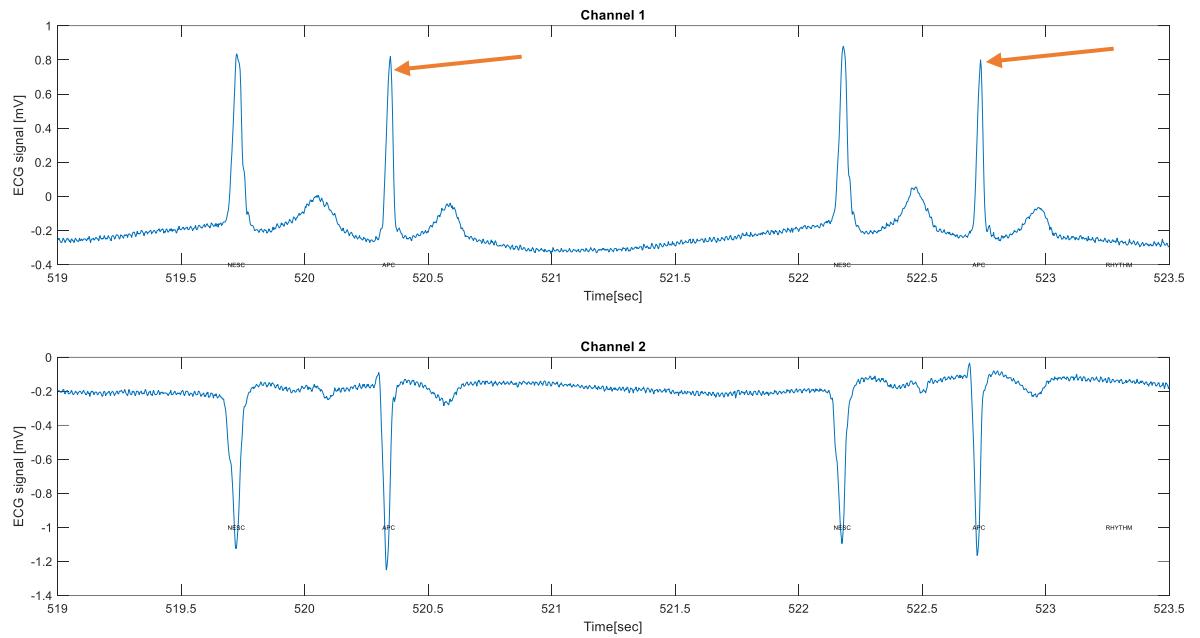
• **FUSION:** این ناهمجاري زمانی رخ میدهد که جريان های الکتریکی قلب، منجر به ایجاد ضربانی شوند که ترکیبی از یک ضربان قلب نرمال و یک ضربان بطنی است. عوامل آن میتوانند بیماری های ساختاری قلب، حمله قلبی، PVC (که بالاتر توضیح داده شد) و... باشد.

نمونه ای از FUSION در زیر آمده که میبینیم شکل موجهای QRS به دلیل تداخل دو موج مذکور، از حالت نرمال متفاوت شده است:



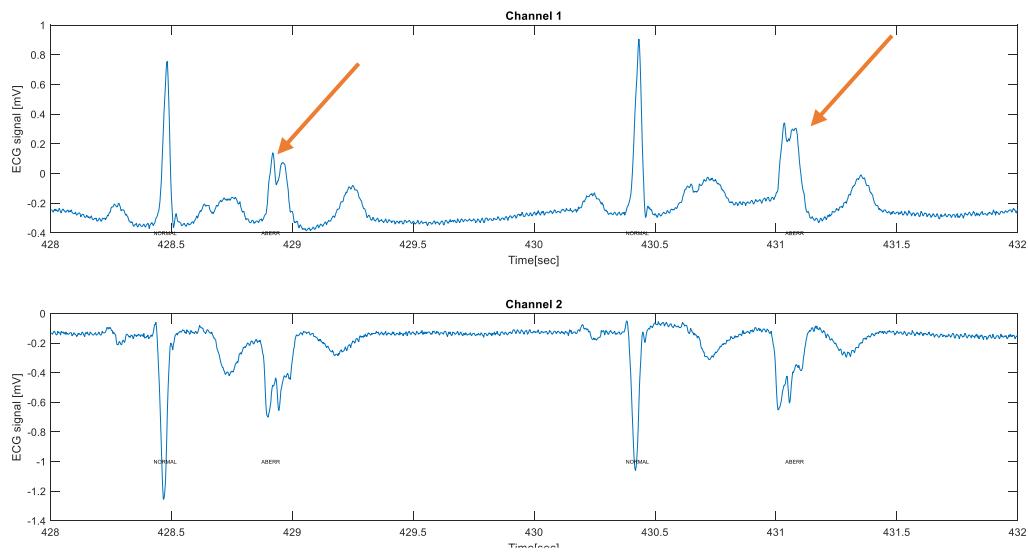
• **APC:** این ناهمجاري (Atrial Premature Contraction) زمانی رخ میدهد که در دهلیز، یک impulse الکتریکی شکل بگیرد و منجر به ایجاد زودهنگام یک ضربان شود. عوامل آن میتواند استرس، مصرف زیاد کافئین، برخی داروهای... باشد.

دو نمونه از آن در زیر آمده. این سیگنال ها معمولاً زودتر از زمان پیش بینی شده (نسبت به ضربان قبلی) رخ میدهند (مشابه زیر) و ممکن است شکل موجهای QRS آنها نیز با نرمال متفاوت باشد:

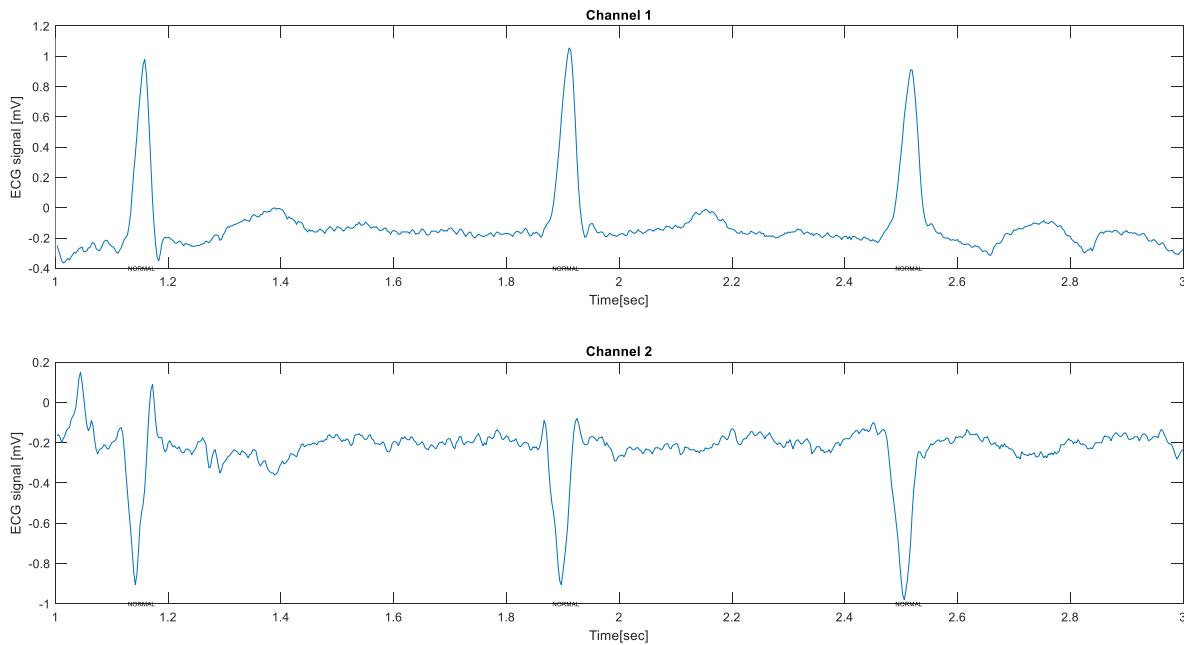


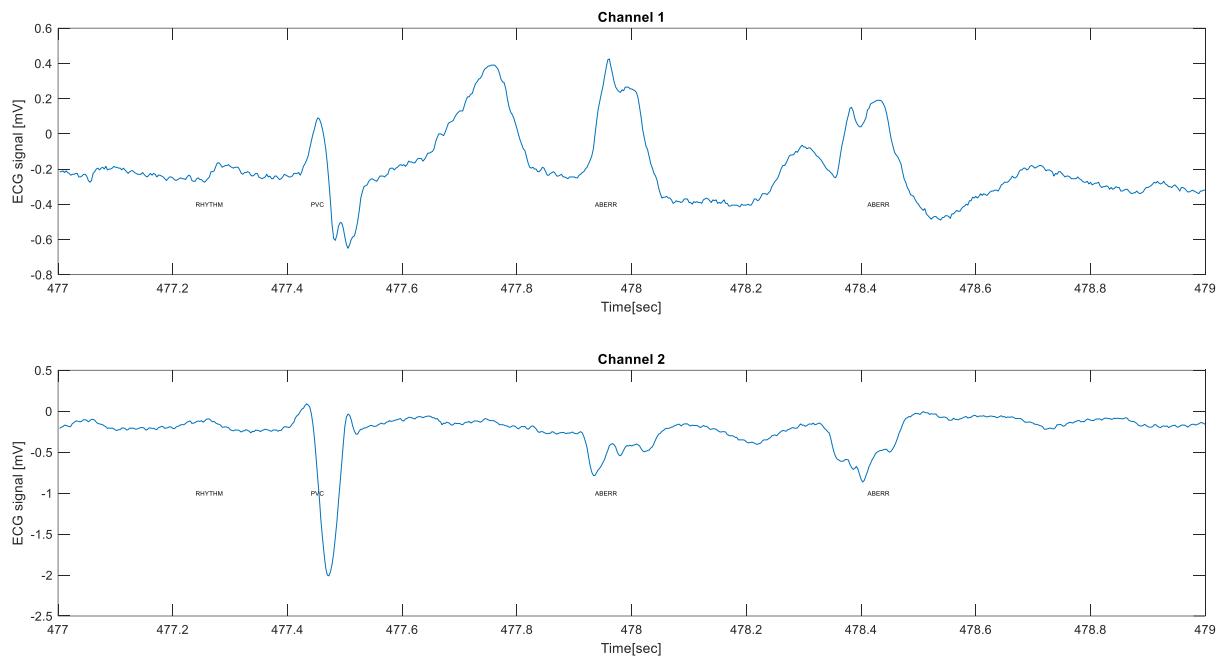
: ABERR •

منشا این ناهنجاری (Aberrated atrial premature beat)، در دهليز است و منجر به ايجاد يك ضربان زودهنگام و غيرنرمال ميشود. اين ناهنجاری ناشی از وجود يك جريان الکتریکی غيرنرمال در دهليزها و بطن هاست و منجر به ايجاد يك QRS غيرمعمول (از نظر شكل و مدت زمان) ميشود. در نمونه زير نيز اين پدیده را مibinيم. عوامل آن ميتوانند فيبريلاسيون دهليز، مشكلات ساختاري قلب، مصرف برخى داروها و... باشد.

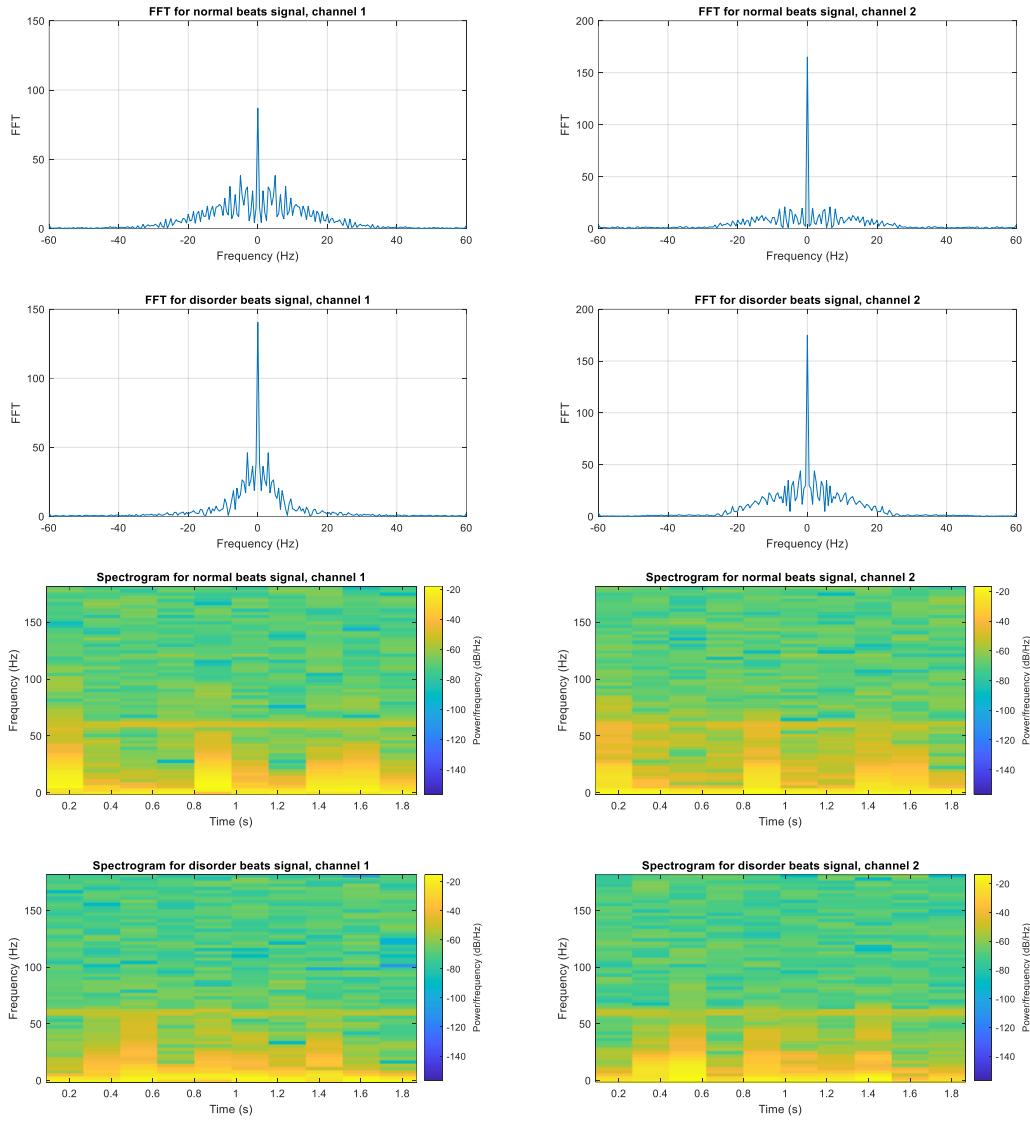


۴) کد این بخش در دو section آخر فایل، با عنوان Part 2, Q4 آمده است.
 بخش اول نمایش حوزه زمان و بخش دوم، تحلیل فرکانسی و زمان-فرکانسی سیگنال هاست. کد بخش اول، مشابه بخش قبل است اما دو بازه برای نمایش نمودار باید داده شود. یکی برای ضربان های نرمال، و یکی ناهمجارتی ها. برای ضربان های نرمال، بازه زمانی ۱ تا ۳ ثانیه، و برای ناهمجارتی ها، بازه ۴۷۷ تا ۴۷۹ ثانیه را انتخاب کرده ایم:

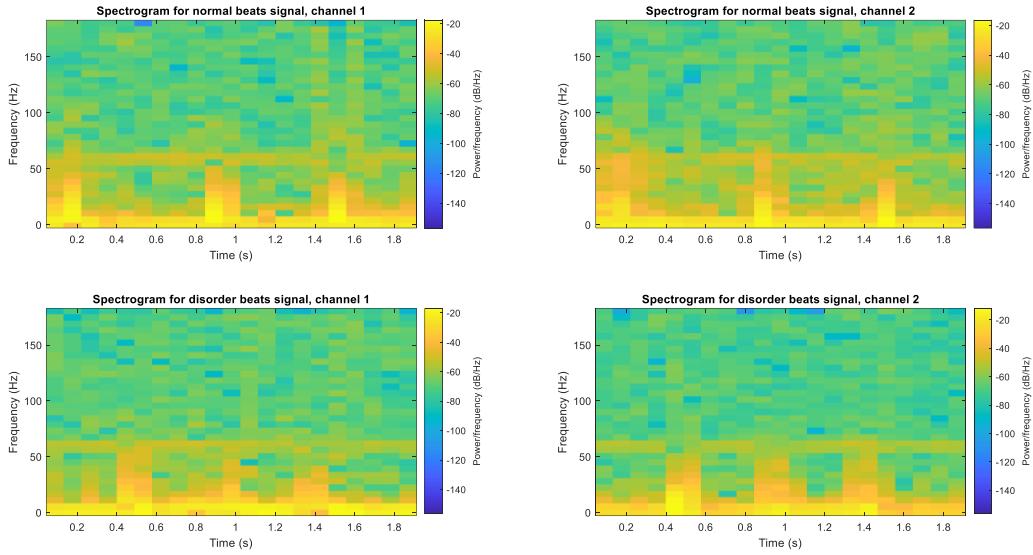




برای رسم نمودارهای حوزه فرکانس، از کد بخش آخر با عنوان استفاده میشود. این **Part2, Q4: analysis** هردو کanal و برای هر دو قطعه سیگنال انتخاب شده (ضربان های نرمال و ناهنجاری ها) حساب و رسم میکند. سپس برای تحلیل زمان-فرکانسی، از **spectrogram** استفاده شده. برای این قسمت، دو نمودار رسم میشود. در اولی، تنظیمات و پارامترهای ورودیتابع **spectrogram** مشابه سوال ۸ از بخش EEG است. در نمودار دوم، طول پنجره همینگ برای محاسبه STFT، از ۱۲۸ به ۶۴ کاهش پیدا کرده است تا اندکی رزولوشن زمانی بهتری داشته باشیم (تعداد پنجره های زمانی با این کار دوبرابر میشود). در نهایت سه نمودار به شکل زیر خواهیم داشت:



و با رزولوشن زمانی بهتر، طیف زمان-فرکانسی به صورت زیر بدست می آید:



ابتدا FFT ها در دو نوع سیگنال موجود مقایسه میکنیم. در کanal اول (ستون سمت چپ در تصویر FFT بالا)، به وضوح میتوان مشاهده کرد که سیگنال دارای ناهنجاری، مولفه های فرکانس پایین قوی تری دارد و به خصوص ترم DC سیگنال، بسیار بزرگتر از سیگنال ضربان های نرمال است. اما این طیف در سیگنال های ناهنجاری، خیلی سریع افت کرده است، بطوریکه تقریبا در فرکانس های بالاتر از ۱۰ هرتز، سیگنال ضربان های نرمال مولفه های فرکانسی قوی تری دارد. در کanal دوم نیز میتوان بر جسته بودن مولفه های فرکانس پایین در سیگنال ناهنجاری را تایید کرد.

حال طیف زمان-فرکانسی (spectrogram) را بررسی میکنیم. از مقایسه‌ی این نمودارها با سیگنال زمانی رسم شده، توجه داریم بازه هایی از زمان که مولفه هایی فرکانس بالا (تا حدود ۵۰ هرتز) داریم، همان بخش هایی هستند که ضربان قلب اتفاق افتاده. برای مثال، یک ضربان قلب نرمال در حدود زمان ۱.۸ تا ۲ ثانیه داریم، که یعنی بازه‌ی ۰.۸ تا ۱ ثانیه پس از شروع بازه. به همین دلیل

در همین بازه از طیف زمان-فرکانسی، مولفه هایی تا فرکانس حدود ۵۰ هرتز دیده میشود. پس هر **beat** در واقع شامل تمام این فرکانس ها میباشد.

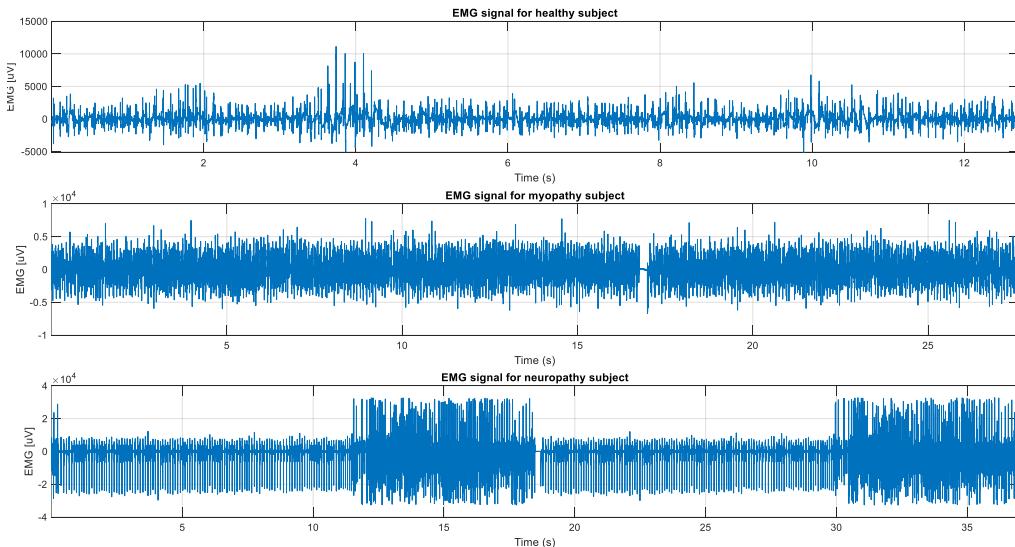
حال از مقایسه ی طیف سیگنال نرمال با سیگنال دارای ناهنجاری، میتوان دید که ضربان های ناهنجار، مولفه های فرکانس بالای ضعیف تری دارند و کشیدگی فرکانس تا ۵۰ هرتز، در ضربان های نرمال بهتر اتفاق افتاده است (این ضعیف تر بودن مولفه های فرکانس بالا را، در FFT نیز مشاهده کردیم). (توجه داریم **colorbar** در هر چهار نمودار مشابه و یکسان است و در نتیجه چنین مقایسه هایی قابل انجام است). از طرفی بسته به نوع ناهنجاری، پهنانی این سیگنال ها متفاوت بوده و در نتیجه پهنانی افقی مربوط به ضربان ها، در طیف ناهنجار، میتواند بیشتر یا کمتر از طیف نرمال باشد.

بخش چهارم: EMG

سه دیتای EMG از سه شخص مسن، و به ترتیب سالم، دارای بیماری myopathy، و دارای بیماری neuropathy و از یکی از عضلات ساق پای آنها (tibialis anterior) گرفته شده است. این دیتا ها توسط سوزن وارد شده به عضله ثبت شده و تسک بیمار این بوده که تلاش کند مچ پای خود را خم کرده و این عضله را منقبض کند.

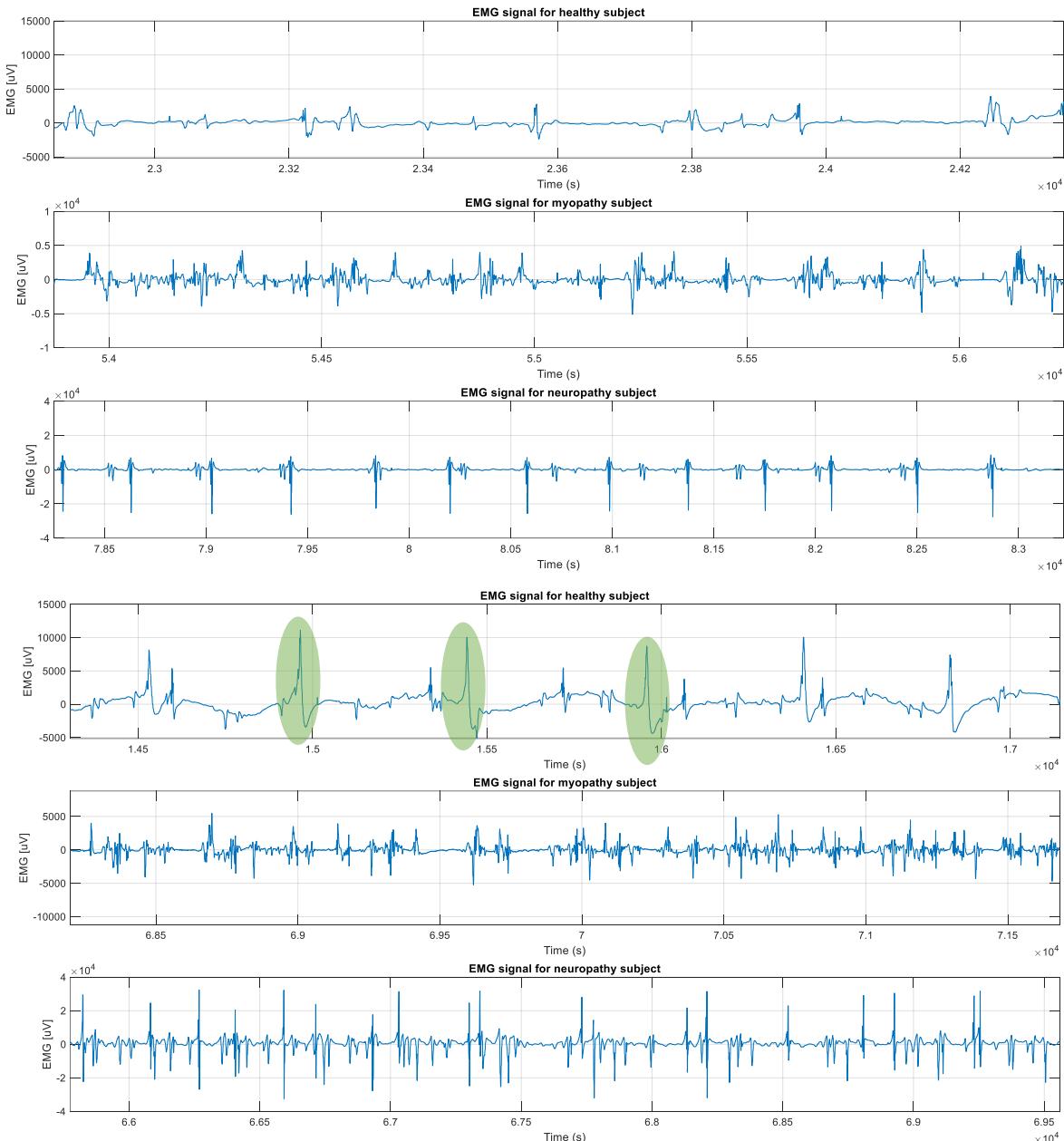
(۱) در کد مربوط به این بخش، در section اول دیتا load شده و فرکانس نمونه برداری تعیین میشود.

دوم برای رسم سیگنال حوزه زمان است. توضیحات در غالب کامنت آورده شده است. کل سیگنال ها به تفکیک بیماران، به صورت زیر هستند:



به صورت کلی میتوان دید که دامنه نوسان سیگنال بیمار نوروپاتی، بسیار بزرگتر از بیمار مایوپاتی و شخص سالم است (و دامنه دو سیگنال اول تقریبا مشابه

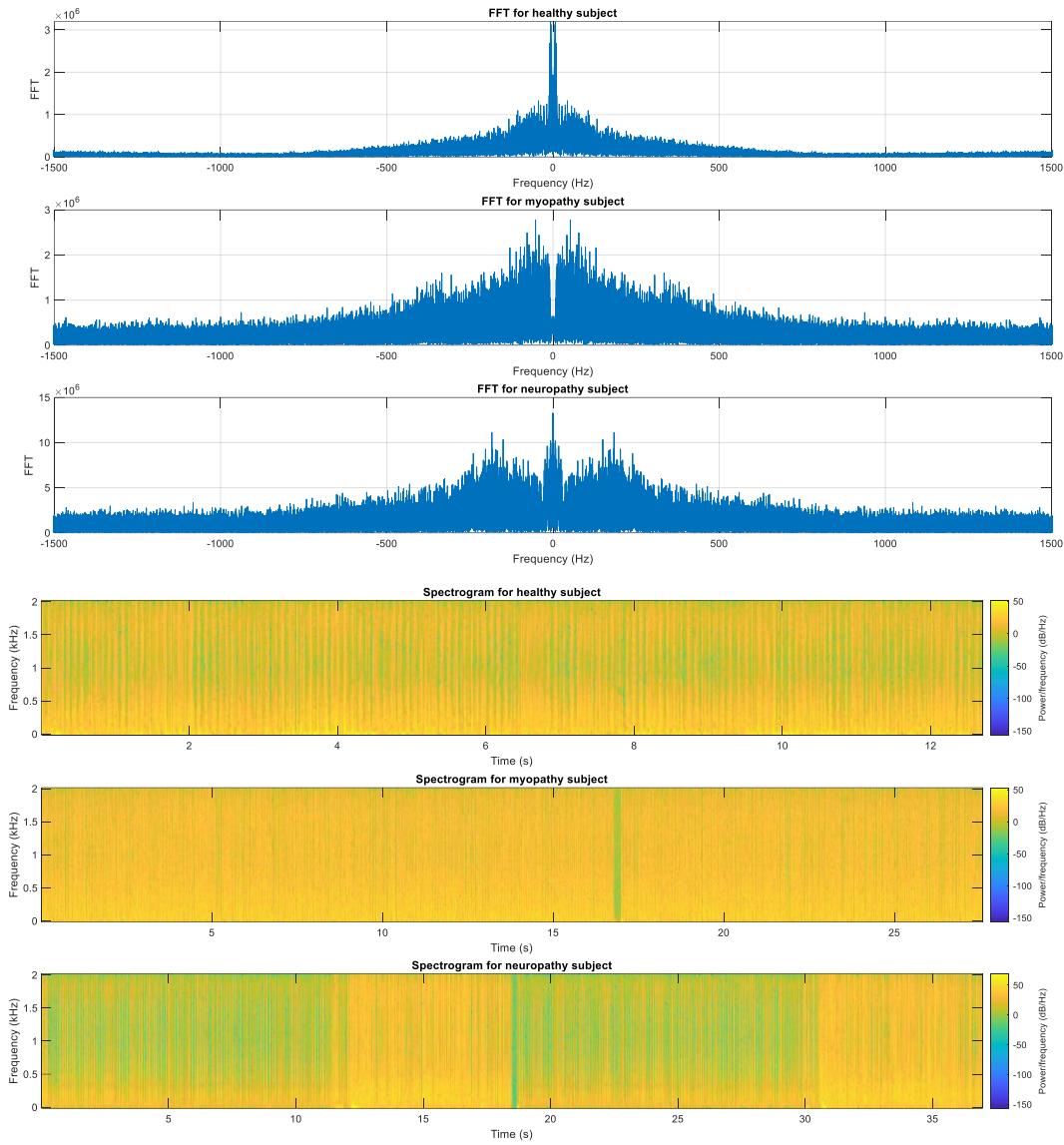
است). بعلاوه، سیگنال نوروپاتی بیشتر در ولتاژ های منفی، سیگنال سالم بیشتر در ولتاژ های مثبت، و سیگنال مایوپاتی در هردو سمت پخش شده است. حال تصاویر زوم شده ای از بخش های مختلف این سه سیگنال میبینیم:



به صورت کلی برخی تفاوت ها در این سه سیگنال مشاهده میشود. برای سیگنال نوروپاتی، بارزترین ویژگی، وجود بخش های ضربه مانند با پهناهی بسیار

کم و دامنه‌ی بزرگ است که عموماً نیز در ولتاژ منفی قرار گرفته‌اند. این ضربه‌ها تا حد کمی در مایوپاتی نیز دیده می‌شود اما دامنه‌آنها کمتر بوده و نظم‌کمتری نیز دارند. در سیگنال سالم اما چنین ضربه‌هایی با این شدت و با این مدت زمان کوتاه، دیده نمی‌شود. در کل سیگنال سالم نوسانات کمتری دارد و رفتار ناگهانی کمتری به نسبت دو سیگنال دیگر از خود بروز میدهد. برخی بخش‌ها در سیگنال سالم بطور متناوب تکرار می‌شوند (مثل بخش مشخص شده به رنگ سبز در شکل بالا) اما برخی دیگر رندوم بوده و تکرار نمی‌شوند. سیگنال مایوپاتی رفتار رندوم تری دارد و چندان قابل پیش‌بینی نیست. سیگنال نوروپاتی نیز در برخی جاها رفتار تکرار شونده از خود نشان میدهد. ویژگی دیگر در سیگنال مایوپاتی، این است که گاه‌ها impulse‌ها با یک دامنه بزرگ شروع می‌شوند و به تدریج دامنه افت می‌کند.

(۲) کد این بخش در section بعدی آمده است. کد و روش تحلیل فرکانسی و زمان-فرکانسی، مشابه کاری است که برای ECG انجام شد. نمودارهای حاصل برای سه سیگنال به صورت زیر هستند:



در FFT ها، تفاوت های بارزی وجود دارد. سیگنال سالم، عمدۀ مولفه های فرکانسی اش در نزدیکی صفر است و هرچه به سمت مولفه های بزرگتر حرکت کنیم، سهم این مولفه ها کمتر میشود. اما در myopathy کاملاً بر عکس است. سهم فرکانس های پایین کم بوده (که ترم DC آن از پخش بودن سیگنال در سمت مثبت و منفی نیز قابل تایید است) و از جایی به بعد (حدود فرکانس ۱۰-۲۰ هرتز به بعد)، سهم فرکانسها زیاد میشود (شکل نویزمانند این سیگنال از طریق این فرکانسهای بالا قابل تایید است). روند کاهش سهم ها از این نقطه به

بعد، مشابه سیگنال سالم است. در سیگنال نوروپاتی نیز مولفه های فرکانس پایین نقش دارند و ترم DC نیز به خوبی وجود دارد (دیدیم که این سیگنال تا حدی آفست به سمت ولتاژهای منفی دارد). اما در فرکانس های بالا نیز، پیکی در حدود فرکانسی $50-70$ هرتز دیده میشود.

در spectrogram ها، تا حدودی میتوان همین ویژگی ها را دوباره دید. در سیگنال سالم، سهم فرکانس های حوالی 1kHz کم است و بعد از آن اندکی بیشتر میشود، که این تا حدی در FFT نیز دیده میشود. در سیگنال myopathy، مطابق انتظار، مولفه های فرکانس بالا نیز سهم قابل توجهی دارند و در سیگنال neuropathy نیز، مولفه های فرکانس بالا در برخی زمانها حضور دارند و در برخی زمانهای دیگر اثر بسیار کمتری دارند. از مقایسه این طیف با سیگنال حوزه زمان، میبینیم که مولفه های فرکانس بالا، مربوط به زمانهایی هستند که دامنه در هردو سمت مثبت و منفی ولتاژ وجود دارد.

(۳)

• **Neuropathy**: این بیماری ناشی از آسیب و عملکرد نادرست نورون های محیطی (Peripheral nerves) است که میتواند منجر به علائمی مثل بی حسی، درد، گزگز کردن و یا تضعیف عضله شود. عوامل آن متعدد است، برای مثال دیابت، مواد سمی مثل الکل، مشکلات روانی و Trauma، عوامل ارثی و کمبود مواد مغذی در بدن از عوامل ایجاد این بیماری هستند.

Myopathy • این اصطلاح در واقع به بیماری هایی گفته میشود که

بافت عضلانی بدن را تحت تاثیر قرار داده و عملکرد آن ها را مختل میکند. در این ناهنجاری، عملکرد نادرست فیبرهای عضلانی موجب تضعیف عضلات میشود. این اختلال میتواند انتسابی و یا اکتسابی باشد و علائم آن میتواند تضعیف عضلات، اختلالات تنفسی، تأخیر در حرکات عضلانی (motor delay) و... باشد.

یکی از انواع مشکلاتی که در این اختلال وجود دارد و با EMG قابل تشخیص است، این است که ممکن است بر عکس فرایند نرمال عضله، ابتدا واحدهای موتوری بزرگتر فعالیت خود را شروع کنند و در ادامه نوبت به فیبرهای کوچک برسد. این، میتواند توجیهی برای سیگنال حوزه زمان Myopathy در بالا باشد که دیدیم در آن، گاه پتانسیل ها با یک دامنه بزرگ شروع شده، و سپس دامنه شان کوچکتر میشود.