



پروژه درس سیگنال ها و سیستم ها – فاز اول

امیرعلی رجایی



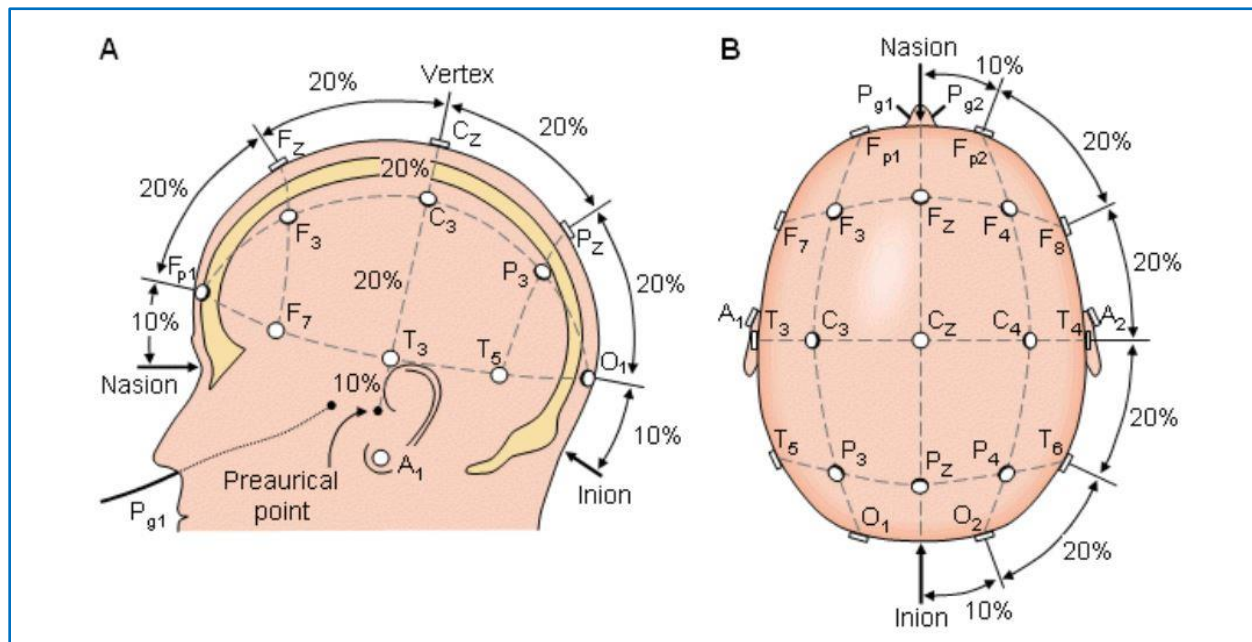
بهار 1403

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

Epileptic Seizure Prediction Using Spectral Entropy-Based Features of EEG

1. مقدمه : آشنایی با EEG و پاسخگویی به چندین سوال پایه ای

پرسش: با توجه به تصاویر زیر، شیوه نام گذاری الکترود ها در سیستم EEG 10-20 را توضیح دهید.



شکل 1 - نمای فوقانی و جانبی از قرارگیری الکترود ها بر روی سر در سیستم EEG 10-20

سیستم EEG 10-20، یک شیوه استاندارد برای قراردادی الکترود ها بر روی سر برای دریافت سیگنال های مغزی است. الکترودها بر اساس موقعیت قرارگیری آن ها بر روی سر، با استفاده از ترکیبی از حروف و اعداد نام گذاری می شوند. حروف F، T، C، P و O به ترتیب نشان دهنده نواحی Frontal، Temporal، Central، Parietal و Occipital در مغز هستند (به ترتیب به معنی نواحی جلویی، گیجگاهی، مرکزی یا میانی، جداری، و پس سری). اعداد نشان دهنده فاصله الکترود ها هستند و بر اساس یک سری اندازه گیری های خاص بر روی جمجمه، برحسب درصد، هستند؛ برای مثال، الکترود های Fp1 و Fp2 در فواصل ده درصدی بیست درصدی بین Landmark های خاصی از جمجمه جایگذاری می شوند. این شیوه نام گذاری به محققین و پزشکان کمک می کند تا موقعیت قرارگیری هر الکترود را به راحتی تشخیص دهند و مقایسه اطلاعات EEG بین کیس های مختلف را آسان و هموار می کند.

پرسش: فعالیت های مرتبط به هر یک از باند های فرکانسی در EEG را مشخص کنید.

سیگنال های EEG بر اساس فرکانس، به 5 دسته اصلی تقسیم می شوند که هر یک با فعالیت های خاصی از مغز مرتبط هستند:

- باند فرکانسی Delta (0.5 هرتز تا 4 هرتز): مربوط به خواب عمیق و مرحله سوم از خواب که خواب امواج آهسته نام دارد، می باشد. این مرحله از خواب، آرام ترین مرحله ای است که در آن امواج مغز و ضربان قلب کند می شود و فشار خون کاهش می یابد.

- باند فرکانسی Theta (4 هرتز تا 8 هرتز) : مربوط به زمان های خوب آلودگی، مراقبه و مدیتیشن، و مراحل اولیه از خواب است.
- باند فرکانسی Alpha (8 هرتز تا 13 هرتز) : مربوط به زمان هایی است که بدن در حالت آرامش قرار دارد. (معمولاً همراه با چشم های بسته)
- باند فرکانسی Beta (12 هرتز تا 30 هرتز) : مربوط به زمان های فعال و هوشیار ذهنی و زمان های حل مسئله، تصمیم گیری و تمرکز است.
- باند فرکانسی Gamma (30 هرتز تا 100 هرتز) : مربوط به سطوح بالا از فعالیت های ادراکی مانند توجه، یادگیری و بازیابی حافظه و خاطرات است.

پرسش: با توجه به باند های فرکانسی و معیار Nyquist ، چه فرکانس نمونه برداری ای برای سیگنال های EEG مناسب است؟

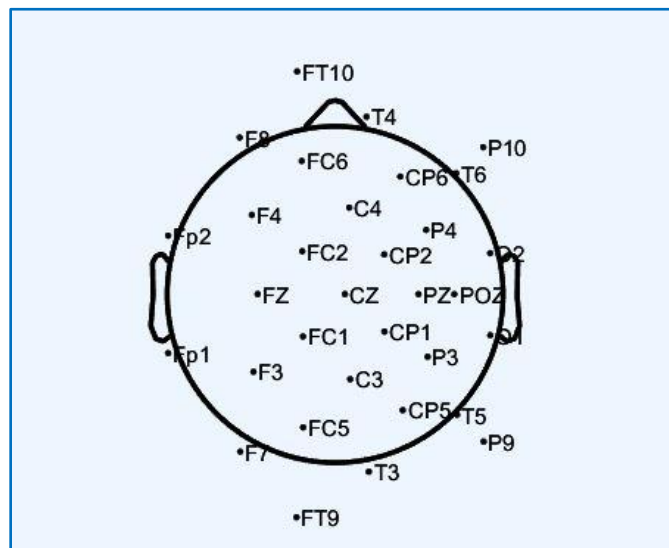
برای این که به طور دقیق، جزئیات پیچیده امواج مغزی را دریافت کرده و بدون اثرات aliasing مطالعه و آنالیز کنیم، نیاز است که فرکانس نمونه برداری مناسبی برای این امواج برگزینیم. با توجه به اطلاعات ارائه شده در سوال قبل، ماکسیمم فرکانس موجود در امواج مغزی، 100 هرتز می باشد. برای این که شرایط Nyquist Rate را برآورده کنیم، نیاز است فرکانس نمونه برداری را حداقل دو برابر بزرگترین فرکانس موجود در سیگنال انتخاب کنیم؛ بنابراین، حداقل فرکانس نمونه برداری مناسب برای سیگنال های مغزی، 200 هرتز می باشد.

2. انجام دستورات Preprocessing بر روی داده اول

بعد از نصب EEGLAB و اضافه کردن پلاگین های خواسته شده به EEGLAB مراحل زیر را به ترتیب انجام می دهیم:

1. بارگذاری داده در EEGLAB

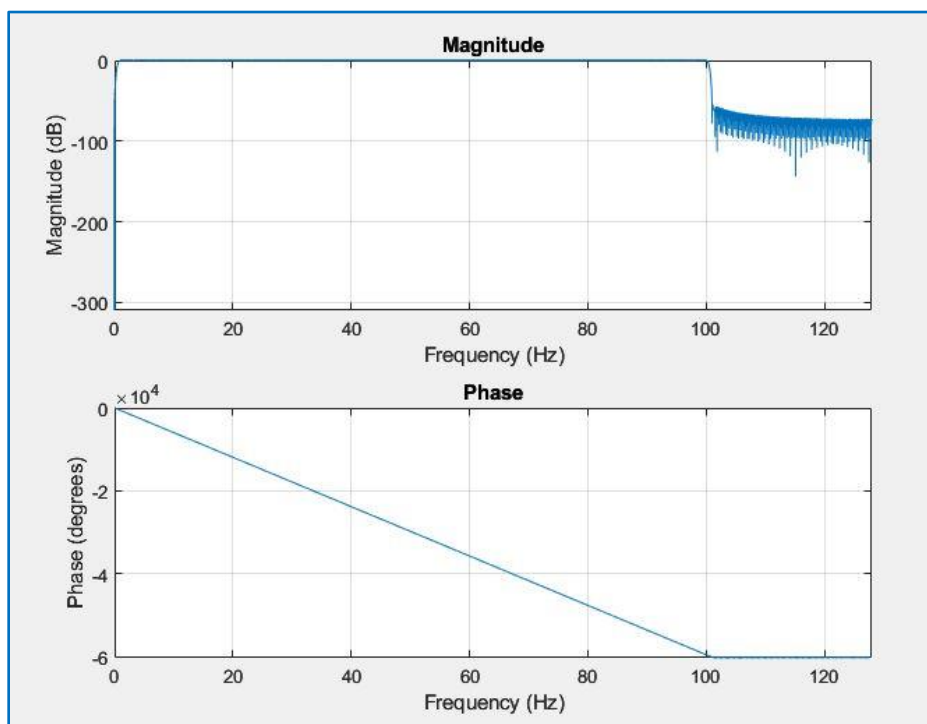
ابتدا کار را با داده اول (noisy_data1) پیش می بریم و در نهایت مراحل گفته شده را برای داده دوم نیز انجام می دهیم. در تب File با استفاده از گزینه import data سیگنال های مغزی ارائه شده در فایل پروژه را بارگذاری می کنیم و فرکانس نمونه برداری را بر روی 256 هرتز تنظیم می کنیم. همچنین در بخش channel location file or info فایل مربوط به لوکیشن الکترود ها که در پوشه اصلی پروژه ارائه شده را اضافه می کنیم.



شکل 2 – لوکیشن چنل ها مربوط به داده اول

2. اعمال فیلتر بر روی داده

در این بخش با استفاده از گزینه `filter the data` یک فیلتر میان گذر از نوع FIR ساخته و فرکانس های زیر 1 هرتز را در سیگنال فیلتر می کنیم، به این صورت که فرکانس لبه پایینی فیلتر را بر روی 1 هرتز و فرکانس لبه بالایی را بر روی 100 هرتز تنظیم می کنیم. در تصویر زیر پاسخ فرکانسی فیلتر تولید شده را آورده ایم:



شکل 3 - پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر ایجاد شده

اکنون با استفاده از پلاگین CleanLine یک Notch Filter می سازیم و نویز ناشی از برق شهر که فرکانس 50 هرتز دارد را فیلتر می کنیم.

3. Re-Referencing

ابتدا با استفاده از گزینه `Re-reference the data`، داده را به میانگین چنل های داده برداری `Re-reference` می کنیم. حال با استفاده از گزینه `Reject data using Clean Rawdata and ASR` نویز ها و `artifact` های ناشی از پلک زدن، حرکت ماهیچه ها و... را حذف می کنیم. مقدار انحراف معیار مجاز برای این قسمت را بر روی 8 تنظیم می کنیم. اکنون مجدداً داده را به میانگین چنل ها `Re-reference` می کنیم.

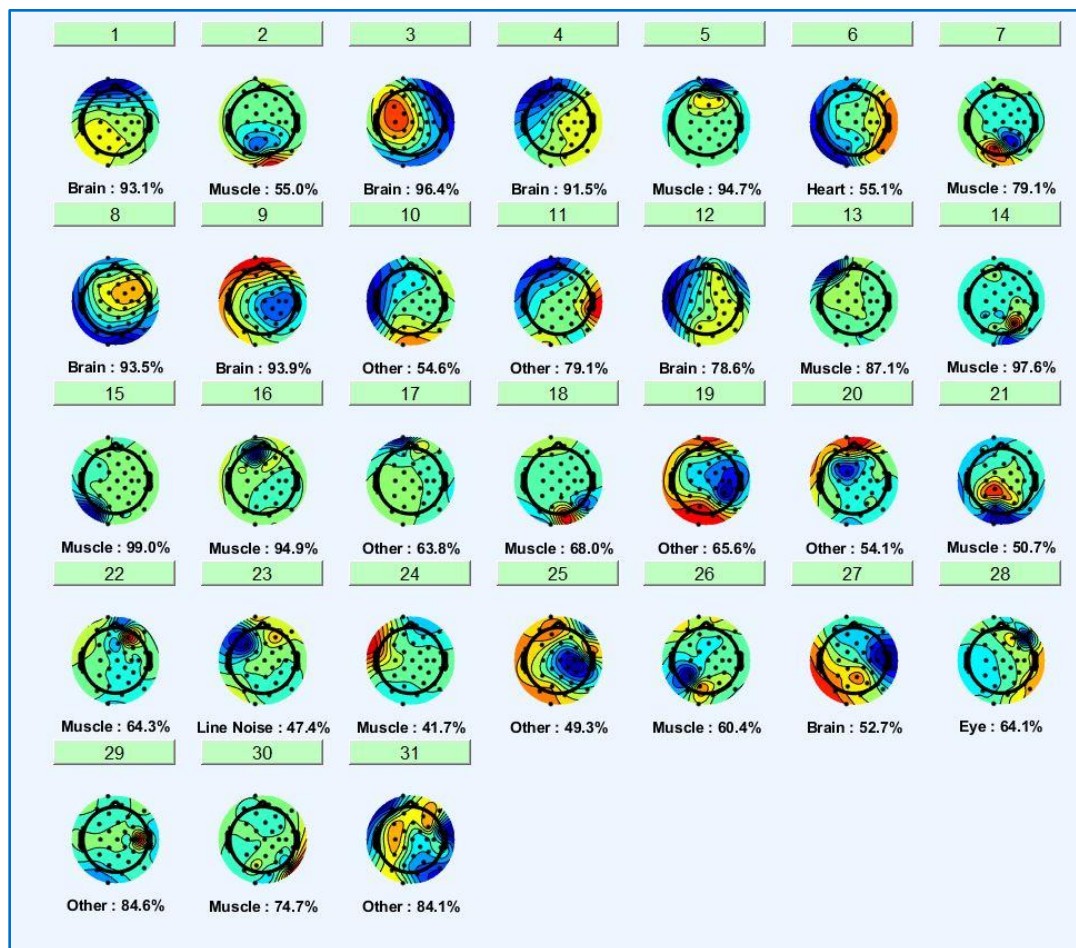
4. Independent Component Analysis

در گام بعد، فرایند ICA را اجرا می کنیم تا سورها های مستقل سازنده سیگنال های EEG را بیابیم. در صفحه بعد تصویر `Component` های بدست آمده را آورده ایم. حال `Component` هایی که ناشی از ارگان هایی مانند چشم و ماهیچه هستند را حذف می کنیم تا سیگنال بدون نویز نهایی بدست آید.

5. Epoching and Reshaping

در این بخش، نیاز است که داده را به `Epoch` های مختلف تقسیم کنیم و `Event` های مربوطه که در هنگام ضبط سیگنال های مغزی، بر روی بیمار برای تحریک کردن قشر خاصی از مغز انجام داده ایم را بر روی سیگنال های مان مشخص کنیم.

از آنجایی که داده های ما بسیار کوتاه است، انجام این مرحله، کاری تقریباً بیهوده است و ما انجام این کار را با جزئیات مفصل به فاز دوم پروژه واگذار می کنیم.



شکل 4 – Component های بدست آمده برای سیگنال های داده اول

6. Save Processed Data

در نهایت خروجی تمام مراحل انجام شده را ذخیره می کنیم تا مراحل انجام پروژه قابل مشاهده باشد.

7. Subsampling

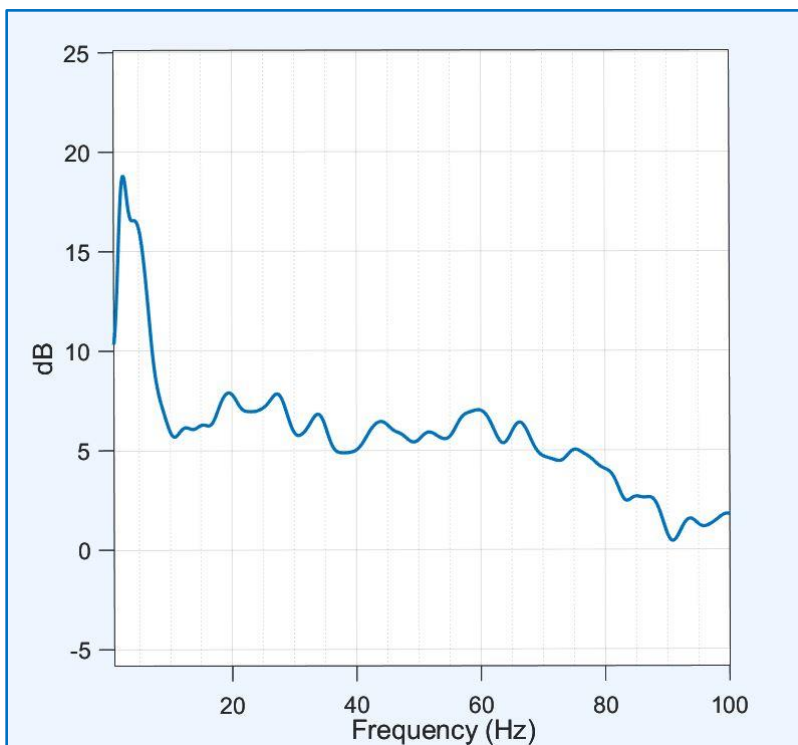
در این بخش، کانال های مهم را (برای مثال Fp1 ، Fp2 ، F3 ، F4 ، Cz ، Pz) جدا می کنیم و به عنوان داده های مهم در یک فایل جدا، برای انجام کار های پردازشی آینده، ذخیره می کنیم.

3. موارد تحویلی برای داده اول

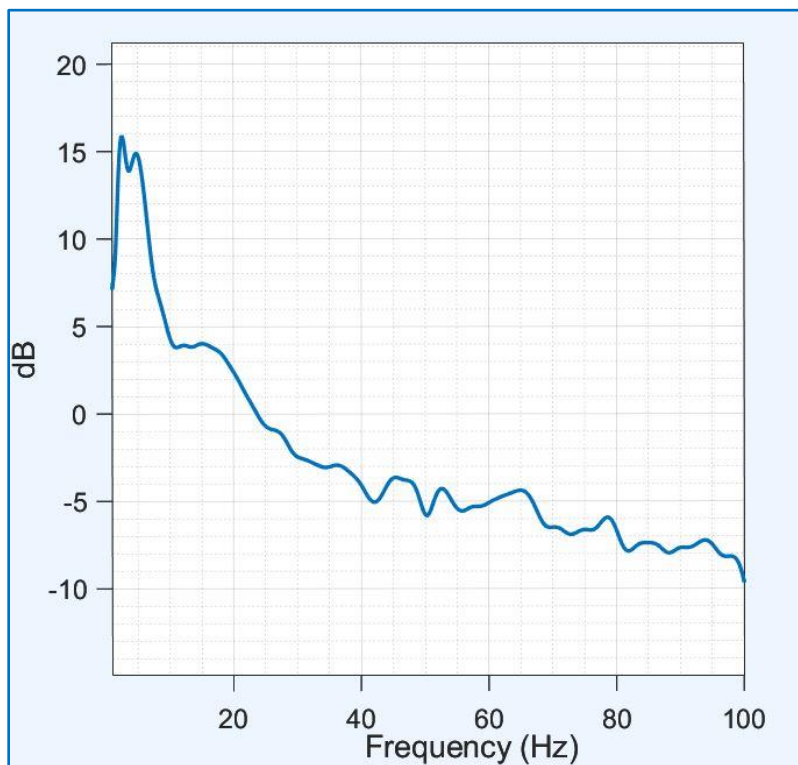
1. Data Frequency Spectrum

در بخش plot گزینه channel time-frequency را انتخاب می کنیم و با اعمال تنظیمات مناسب، طیف فرکانسی سیگنال ها قبل و بعد از فیلتر کردن و پیش پردازش را به دست می آوریم. در صفحه بعد تصاویر طیف فرکانسی کانال Fz را قبل و بعد از فیلتر کردن و پیش پردازش آورده ایم. از آنجایی که داده ما مربوط به زمان دست دادن حمله به بیمار نبوده است، انتظار داریم فرکانس های زیر 30 هرتز در داده پردازش شده، موثر تر و بیشتر باشند.

همانطور که دیده می شود در داده پردازش شده، فرکانس های بالا 30 هرتز به عنوان نویز و Artifact تشخیص داده شده اند و فیلتر شده اند.



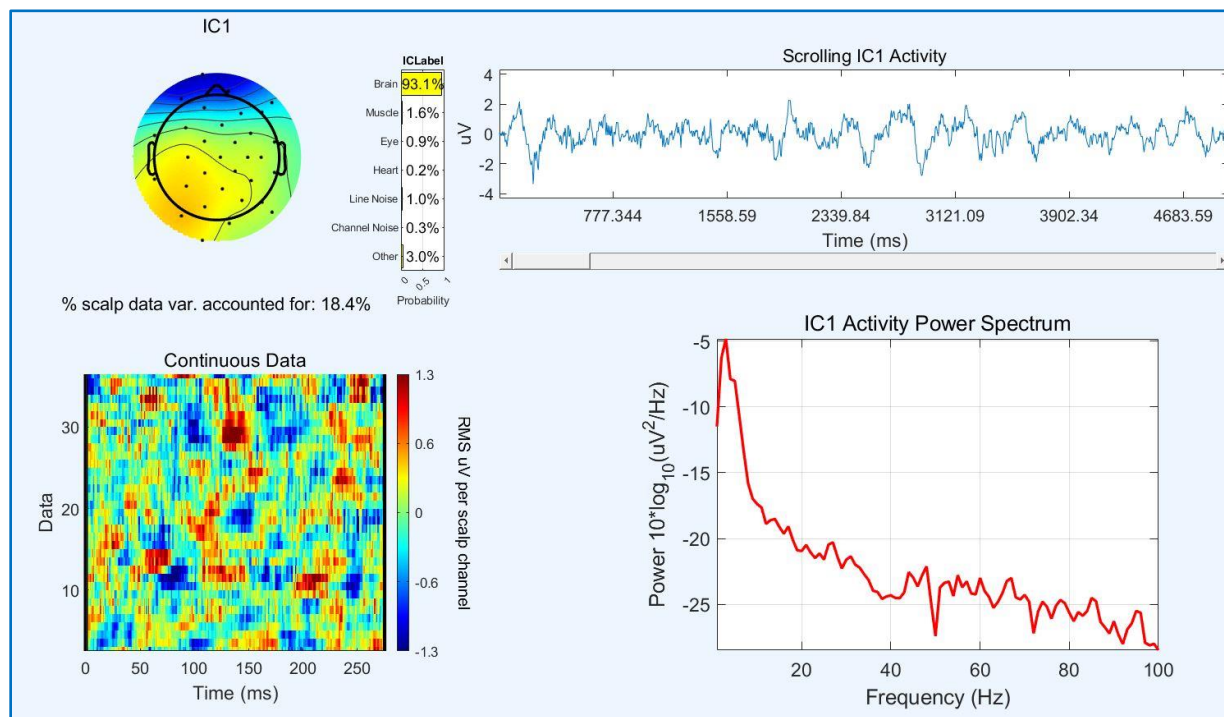
شکل 5 - طیف فرکانسی سیگنال کانال Fz قبل از پیش پردازش



شکل 6 - طیف فرکانسی سیگنال کانال Fz بعد از پیش پردازش

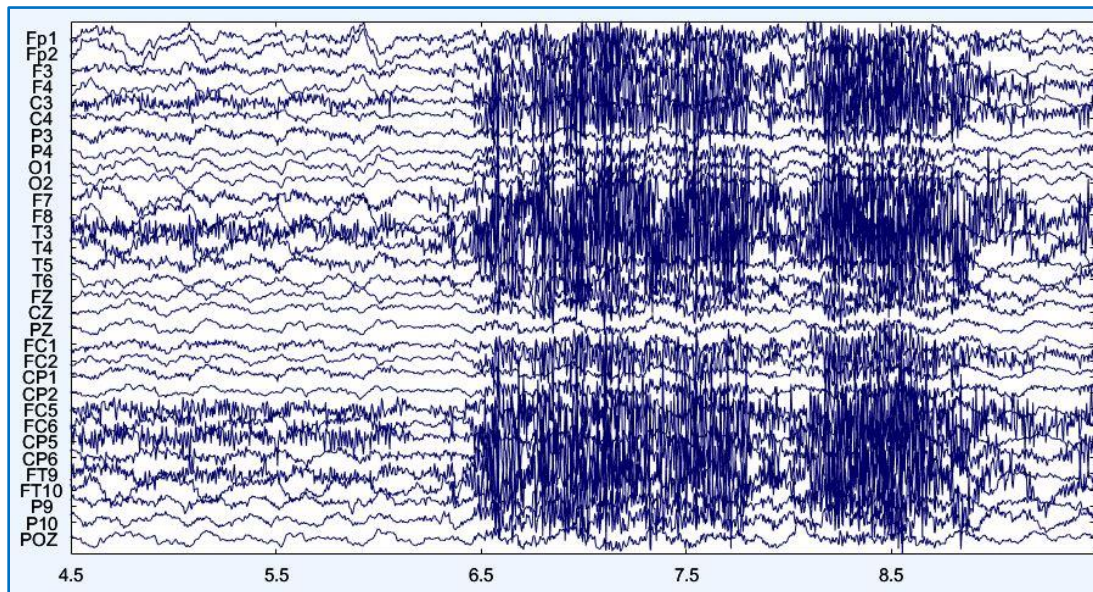
2. ICA Component

در تصویر زیر، به عنوان نمونه، نمودارهای مربوط به Component اول ICA که با دقت بالایی مربوط به مغز تشخیص داده شده است را آورده ایم.

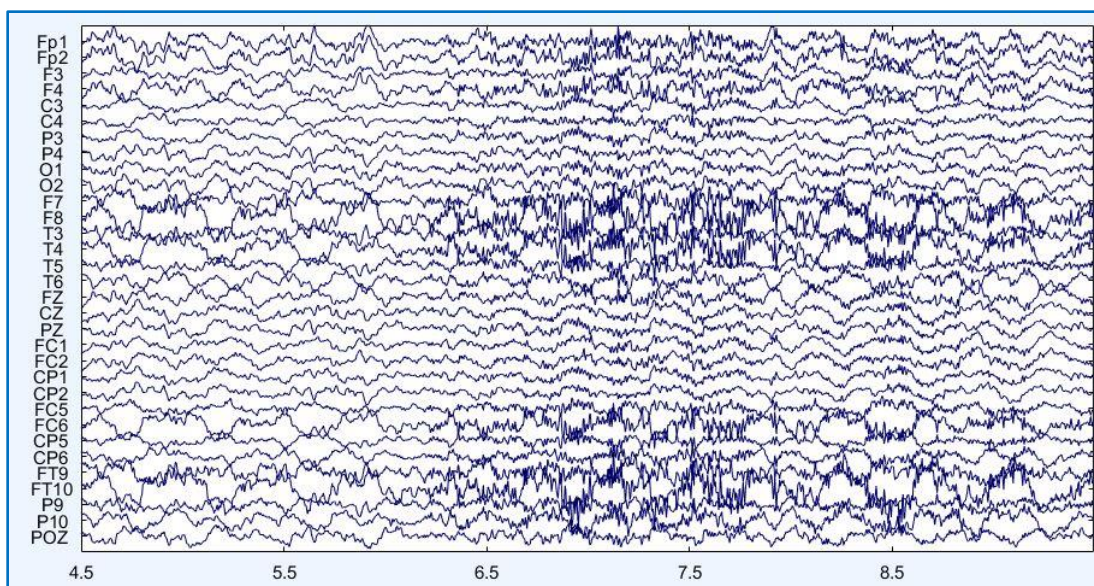


شکل 7 - نمودارهای مربوط به Component اول ICA

همانطور که دیده می شود، اندازه دامنه سیگنال تولید شده توسط این Component در ناحیه جلوی سر بیشتر از ناحیه میانی است؛ به این معنی که این Component نقش مهمی در تولید سیگنالهای ناحیه Frontal یا همان جلویی مغز دارد. همچنین نمودار Activity Power Spectrum در پایین تصویر ارائه شده است. (تاثیر حذف نویز برق شهر قابل مشاهده است.)



شکل 8 - سیگنال های 32 کانال قبل از انجام فرایند پیش پردازش



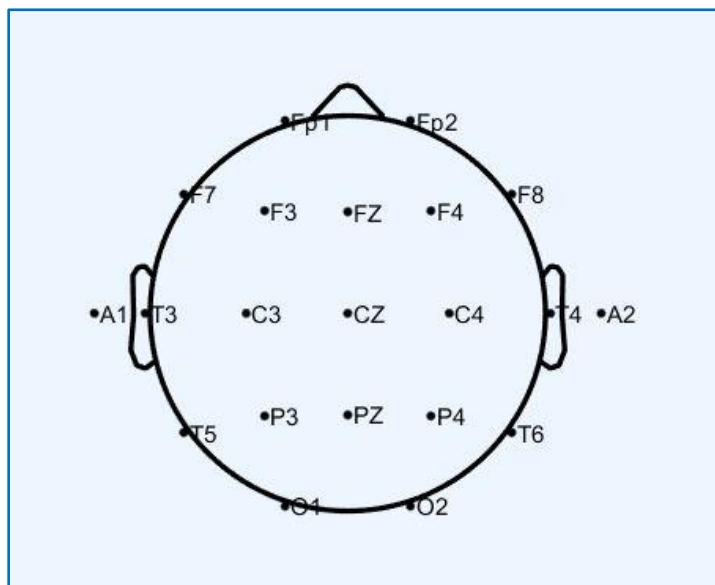
شکل 9 - سیگنال های 32 کانال قبل از انجام فرایند پیش پردازش

3. Final Data

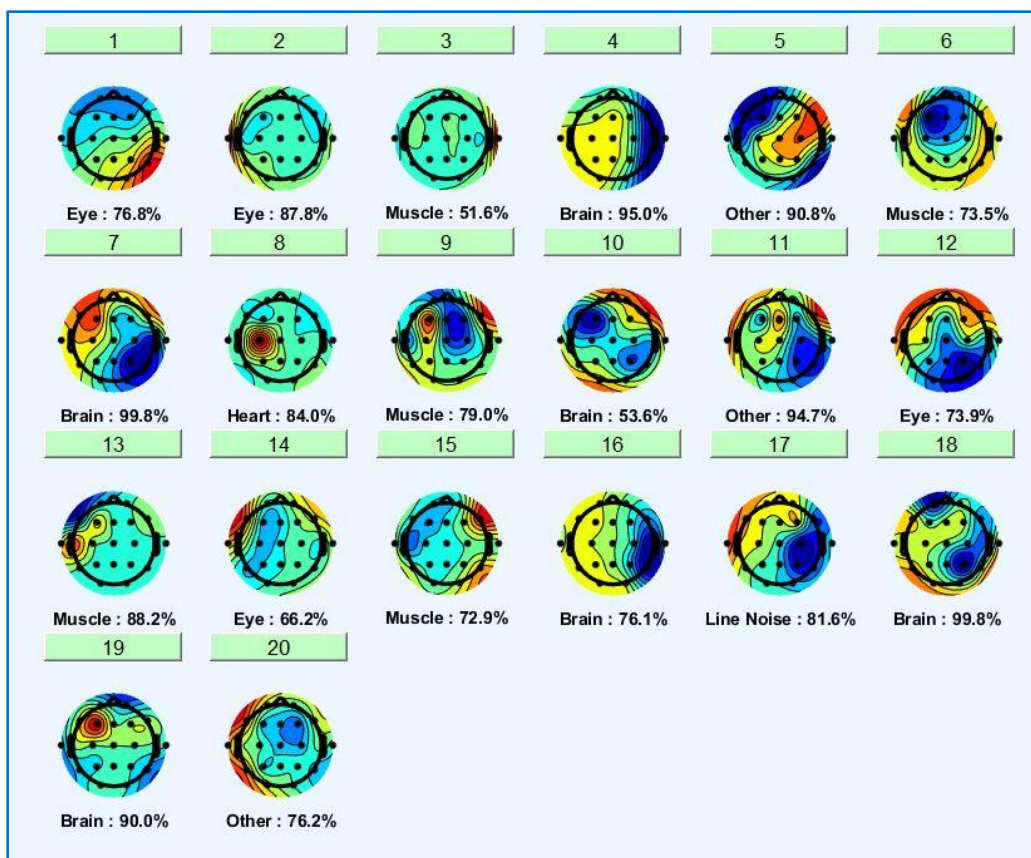
داده های به دست آمده در هر مرحله در قالب یک فایل set. ذخیره شده و در فایل ارائه شده، ضمیمه شده است. در شکل ها 8 و 9 که در بالا آورده شده، تصویر سیگنال های مربوط به هر 32 کانال در یک بازه 5 ثانیه ای دلخواه، یکبار قبل و یکبار بعد از پردازش را می بینیم. مشاهده می شود که سیگنال ها به طور کامل فیلتر شده و هرگونه نویز و Artifact حذف شده است.

4. انجام مراحل پیش پردازش بر روی داده دوم و ارائه نتایج

این بار مراحل پیش پردازش را بر روی داده دوم با فرکانس نمونه برداری 250 هرتز انجام می دهیم. در بخش حذف Artifact، مقدار انحراف معیار را بر روی 5 قرار می دهیم و ادامه مایم...



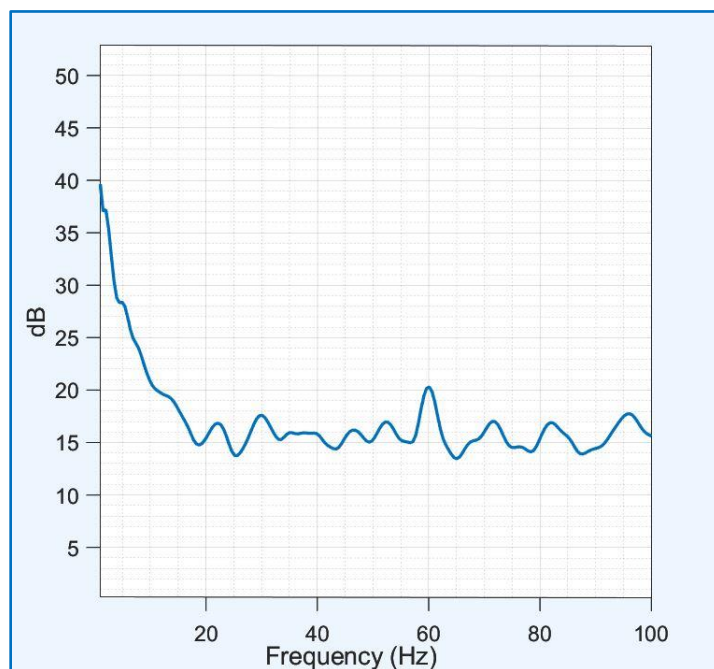
شکل 10 - لوکیشن الکترود ها برای داده دوم



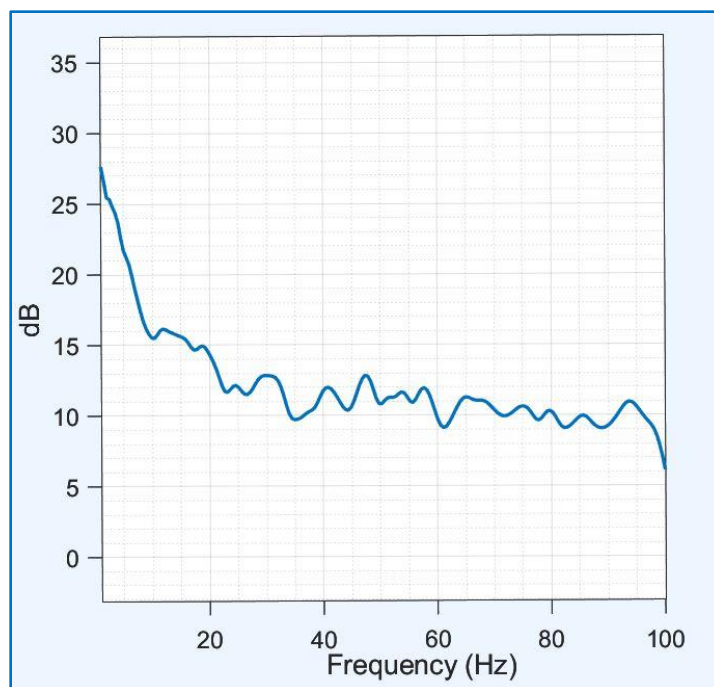
شکل 11 - Component های بدست آمده برای سیگنال های داده دوم

1. Data Frequency Spectrum

مجددا مانند قبل، طیف فرکانسی کانال 1، قبل و بعد از پیش پردازش را بدست آورده و نمایش می دهیم:



شکل 12 - طیف فرکانسی سیگنال کانال Fz قبل از پیش پردازش

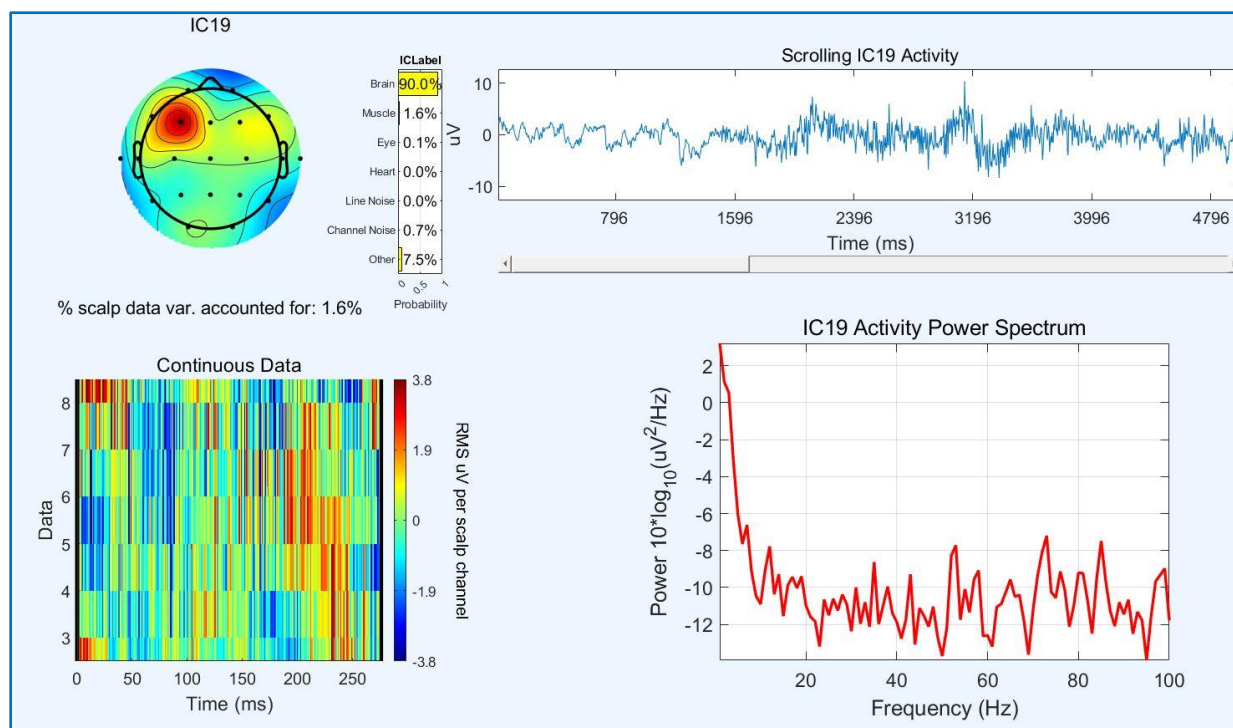


شکل 13 - طیف فرکانسی سیگنال کانال Fz بعد از پیش پردازش

با توجه طیف فرکانسی به دست آمده، به نظر می آید سیگنال های ما در هنگام دست دادن حمله به بیمار ضبط شده اند چرا که از همه فرکانس ها مقدار زیادی در طیف فرکانسی موجود است.

2. ICA Component

در شکل زیر، نمودار های مربوط به Component نوزدهم ICA برای داده دوم را مشاهده می کنیم:



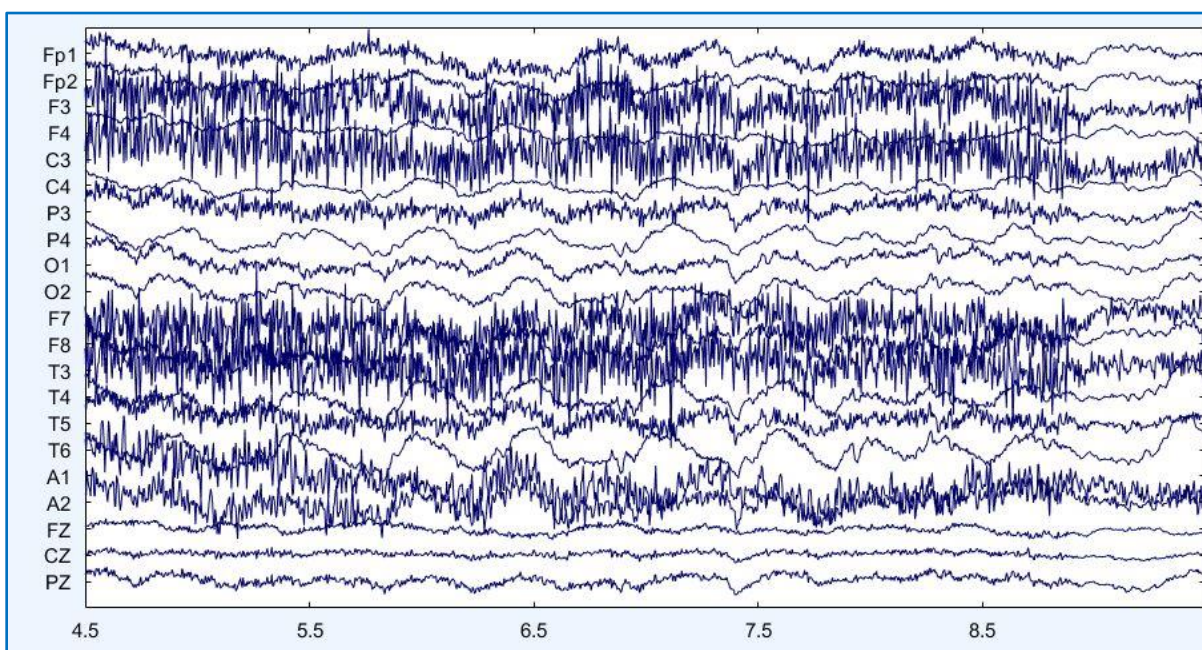
شکل 14 - نمودار های مربوط به Component نوزدهم ICA

همانطور که دیده می شود، این Component تاثیر چشمگیری در ساختن سیگنال های دریافت شده در اطراف الکتروود F3 دارد که در بخش Frontal یا همان جلویی مغز قرار دارد. نمودار Activity Power Spectrum نیز در پایین تصویر قابل مشاهده است.

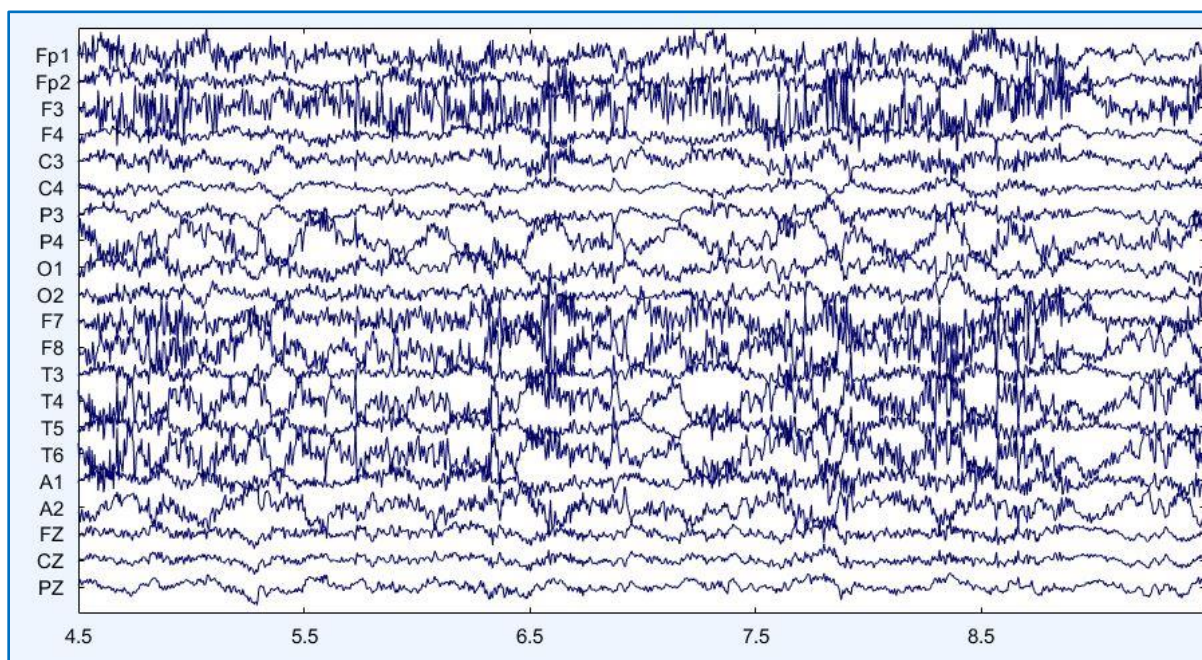
3. Final Data

داده های به دست آمده در هر مرحله در قالب یک فایل set. ذخیره شده و در فایل ارائه شده، ضمیمه شده است.

همچنین در ذیل بخشی از داده اصلی قبل و بعد از انجام مراحل پیش پردازش قابل مشاهده است:



شکل 15 - سیگنال های 21 کانال قبل از انجام فرایند پیش پردازش



شکل 16 - سیگنال های 21 کانال بعد از انجام فرایند پیش پردازش

❖ چند نکته راجع به انجام مراحل پروژه

1- در مرحله حذف نویز برق شهر، سیگنال ها هم به روش Basic FIR Filter و هم به روش CleanLine فیلتر شده اند، اما مشاهده می شود، که همچنان نویز برق شهر به خوبی فیلتر نشده است.

2- در بخش Removing Artifacts مقدار انحراف معیار ها به طور دلخواه و به گونه ای انتخاب شده که Distortion های سیگنال از بین برود و معیاری برای تشخیص خوب یا بودن بودن مقدار انتخابی وجود نداشته است. هرچند که بهتر است این مقدار با مدت زمان سیگنال یک نسبت مستقیم داشته باشد؛ به این معنی که هرچه طول سیگنال بیشتر باشد، مقدار انحراف معیار انتخابی نیز بیشتر باشد.

3- در بخش Deliverables ، از آن جایی که منظور از frequency spectrum به طور کامل توضیح داده نشده است، ما تبدیل فوریه یا همان پاسخ فرکانسی خروجی را به عنوان frequency spectrum استخراج کردیم؛ هرچند نمودار های Activity Power Spectrum برای تمام دیتاست های ذخیره شده قابل استخراج است.

4- همانطور که در متن پروژه نیز اشاره شد، مرحله Epoching and Reshaping به فاز دوم پروژه واگذار شده است.