



به نام خدا



دانشگاه تهران

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

مبانی علوم شناختی

گزارش تکلیف چهارم

نام و نام خانوادگی	مرضیه علیدادی
شماره دانشجویی	۸۱۰۱۰۱۲۳۶
تاریخ ارسال گزارش	۱۴۰۳/۴/۳۱

## فهرست گزارش سوالات

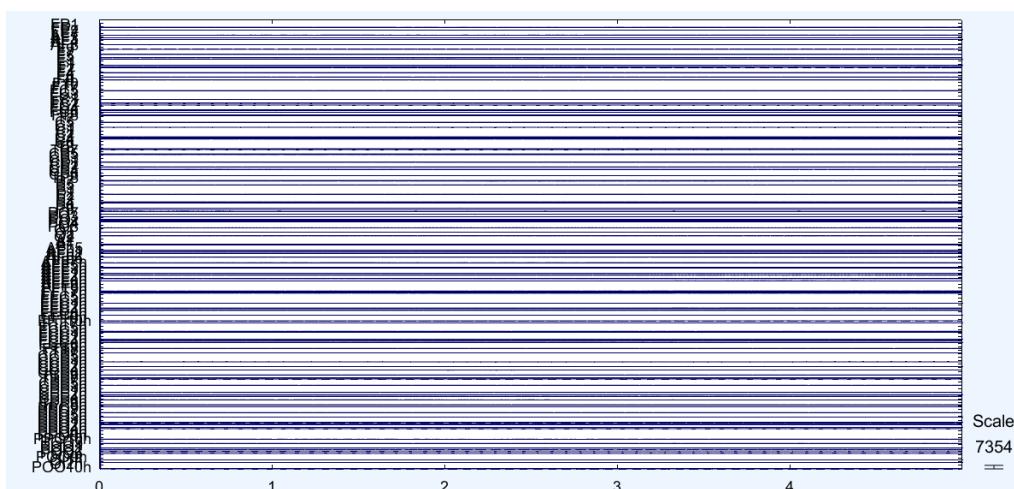
۳.....	بخش اول: پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها
۲۰.....	بخش دوم: پتانسیل مرتبط با رویداد (ERP)
۲۵.....	بخش سوم: تحلیل طیفی (spectral)

## بخش اول: پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها

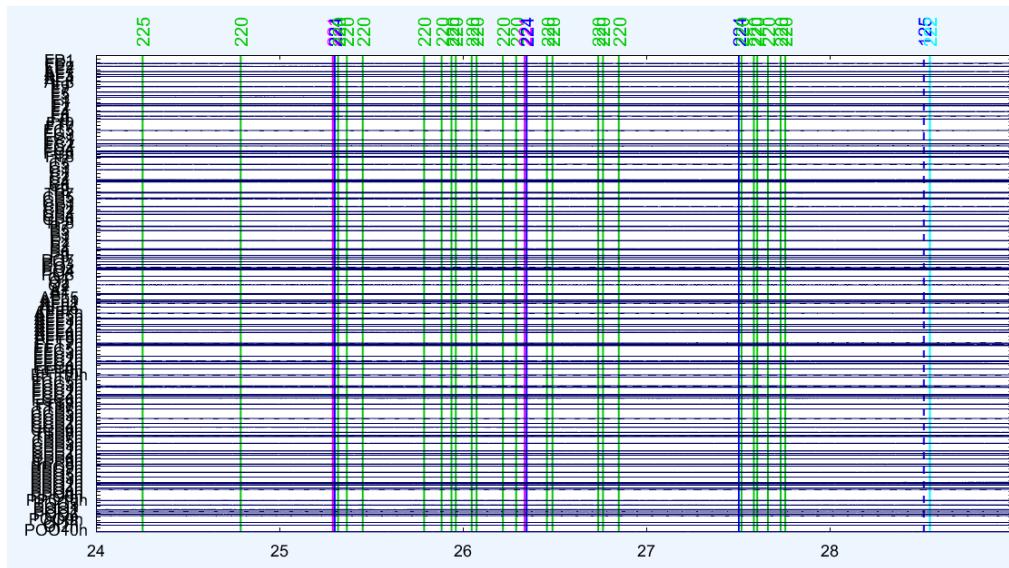
در ابتدا دیتای اولیه توسط ابزار eegLab خوانده شده و اطلاعات event ها و کanalها به آن داده شد. در شکل ۱، اطلاعات این داده اولیه نشان داده شده است. همچنین نمودار مربوط به فعالیت کanalها در شکل ۲ و ۳ نمایش داده شده است. و نمودار نشان دهنده طیفهای آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

Channels per frame	128
Frames per epoch	3170105
Epochs	1
Events	8299
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2641.753
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1653.3

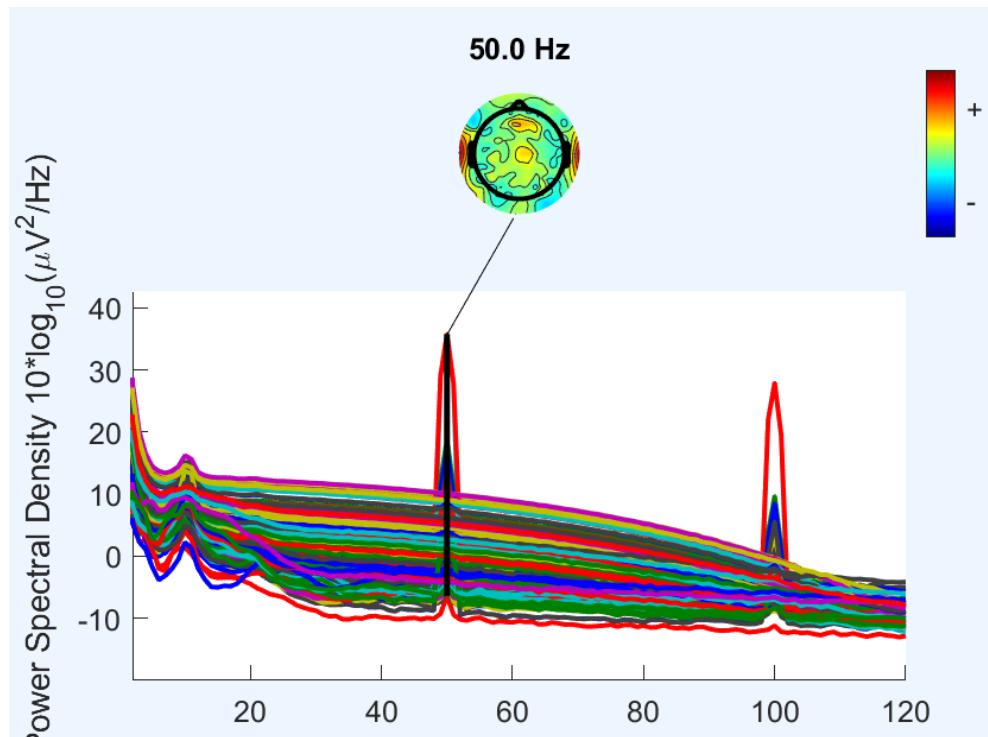
### شكل ۱: اطلاعات داده‌ی اولیه



## شکل ۲: فعالیت کانال‌های داده‌ی اولیه



شکل ۳: فعالیت کانال‌های داده‌ی اولیه

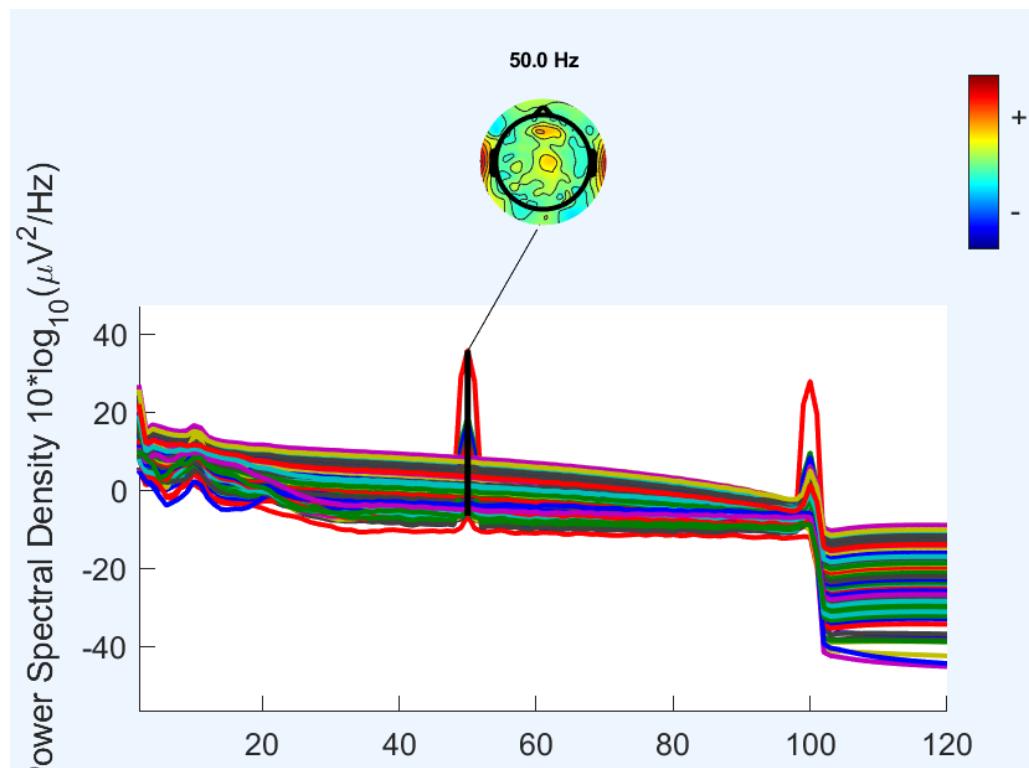


شکل ۴: نمودار قدرت طیف‌های داده‌ی اولیه در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۱۲۰ ثانیه

در ادامه، دو فیلتر lowPass و highPass با مقادیر گفته شده روی داده‌ها اعمال شد. اطلاعات داده‌ها پس از این اعمال فیلتر در شکل ۵ نمایش داده شده است. و نمودار نشان دهنده‌ی طیف‌های آن در شکل ۶ نشان داده شده است.

Channels per frame	128
Frames per epoch	3170105
Epochs	1
Events	8299
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2641.753
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1653.3

شکل ۵: اطلاعات دادهها پس از اعمال فیلترهای lowPass و highPass روی دادهی اولیه

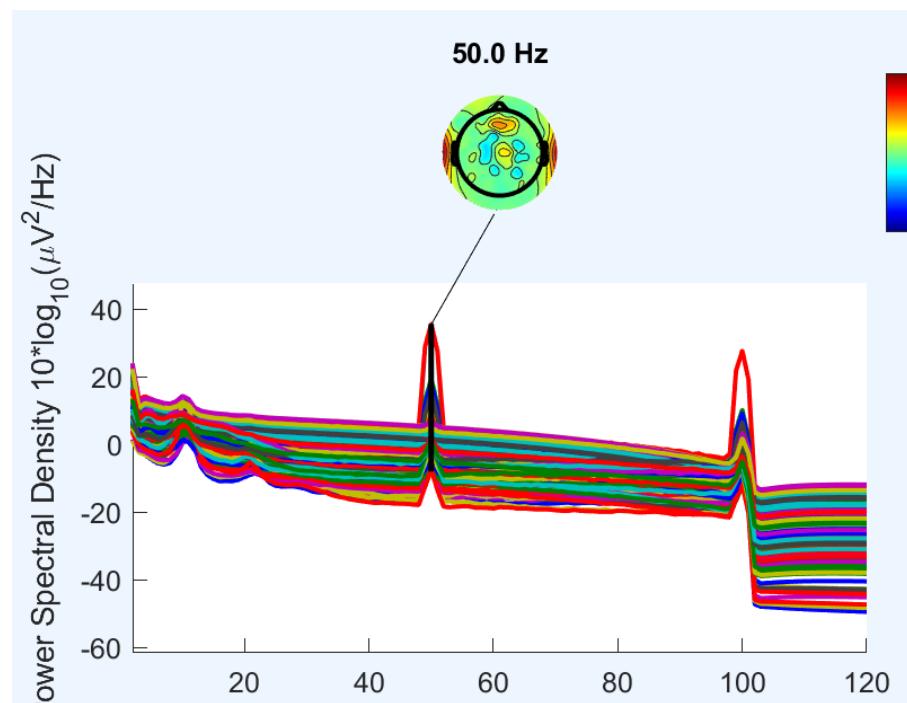


شکل ۶: نمودار قدرت طیفها پس از اعمال فیلترهای lowPass و highPass روی دادهی اولیه در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۱۲۰ ثانیه

سپس رفرنس دهی مجدد از نوع CAR (میانگین) انجام شد. اطلاعات دادهها پس از این عمل در شکل ۷ نمایش داده شده است. و نمودار نشان دهنده طیفهای آن در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، با توجه به اینکه شکل موجها در نواحی نوسانات واضح‌تر شده است، داده‌ی حاصل از این عمل نسبت به داده‌ی قبل از آن برتری دارد برای ادامه‌ی مسیر از آن استفاده خواهد شد.

Channels per frame	128
Frames per epoch	3170105
Epochs	1
Events	8299
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2641.753
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1653.3

شکل ۷: اطلاعات دادهها پس از اعمال رفرنس دهی مجدد

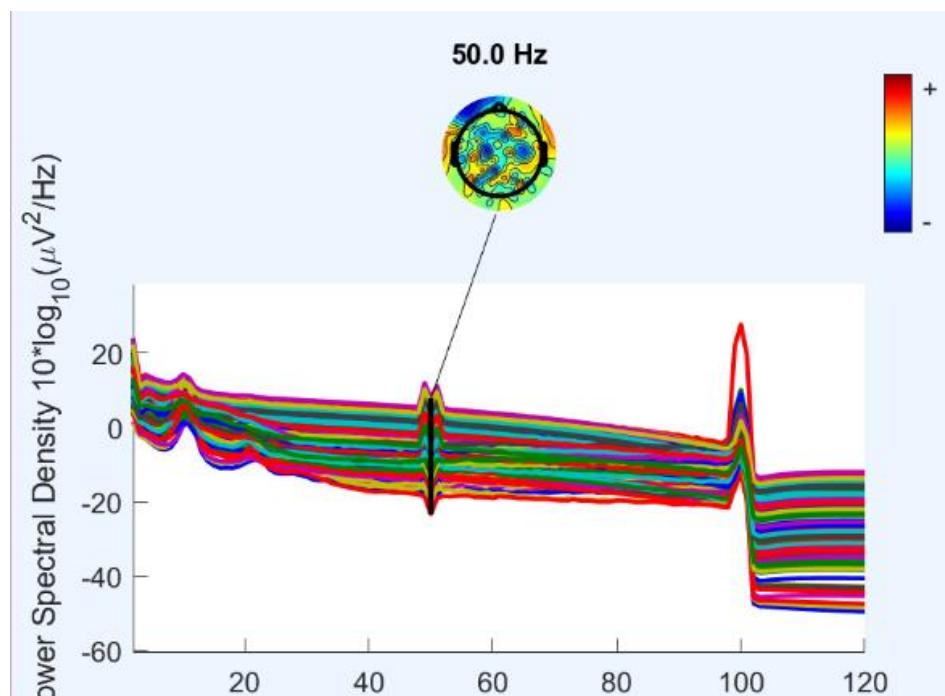


شکل ۸: نمودار قدرت طیفها در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۱۲۰ ثانیه پس از اعمال رفرنس دهی مجدد

در ادامهی پردازش‌ها، فیلتر notch برای کاهش نوسان در محدوده‌ی ۴۹ تا ۵۱ ثانیه بر روی داده‌ها اعمال شد. اطلاعات داده‌ها پس از این عمل در شکل ۹ نمایش داده شده است. و نمودار نشان دهنده‌ی طیف‌های آن در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

Channels per frame	128
Frames per epoch	3170105
Epochs	1
Events	8299
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	2641.753
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1653.3

شکل ۹: اطلاعات داده‌ها پس از اعمال فیلتر notch

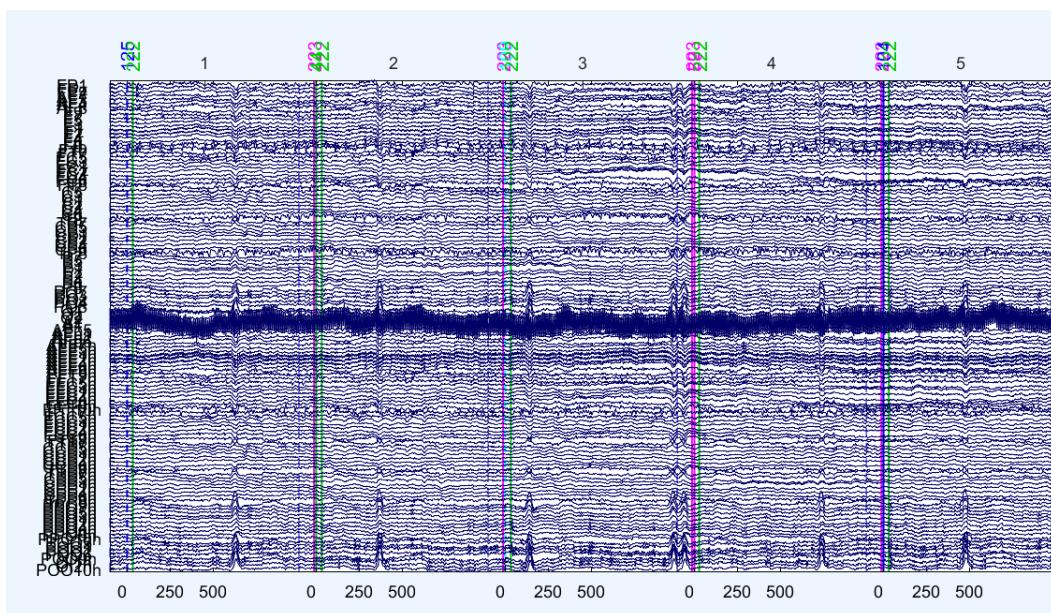


شکل ۱۰: نمودار قدرت طیف‌ها در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۱۲۰ ثانیه پس از اعمال فیلتر notch

ایپاک بندی داده‌ها با تنظیمات خواسته شده انجام شد. اطلاعات داده‌ها پس از این عمل در شکل ۱۱ نمایش داده شده است. همچنین نمودار مربوط به فعالیت کانال‌ها در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

Channels per frame	128
Frames per epoch	1320
Epochs	1548
Events	4514
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	-0.100
Epoch end (sec)	0.999
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1052.5

شکل ۱۱: اطلاعات داده‌ها پس از ایپاک بندی

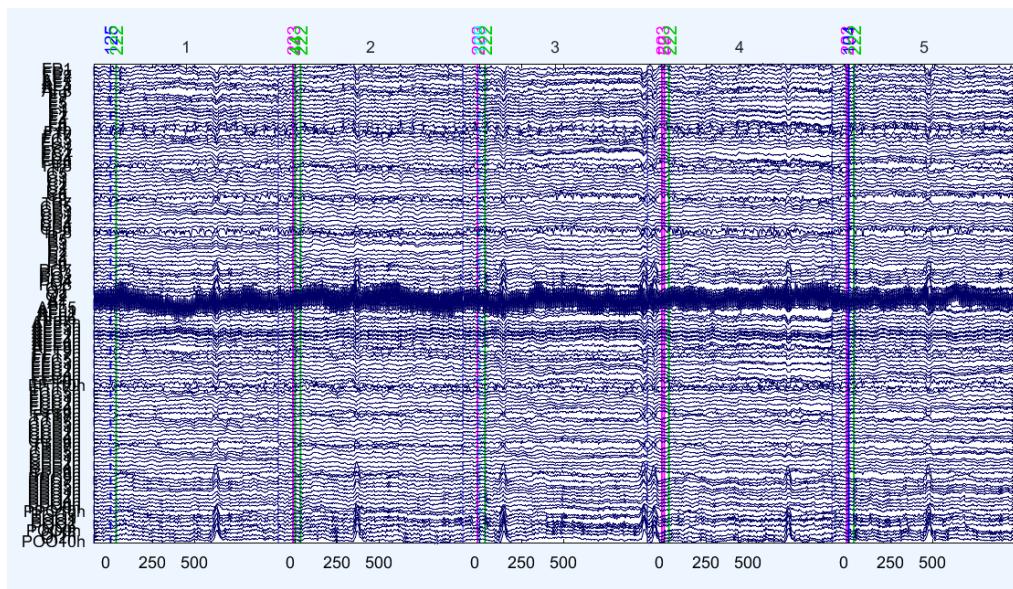


شکل ۱۲: فعالیت کانال‌های داده‌ها پس از ایپاک بندی

سپس baseline ایپاک‌ها نرمال سازی شد. اطلاعات داده‌ها پس از این عمل در شکل ۱۳ نمایش داده شده است. همچنین نمودار مربوط به فعالیت کانال‌ها در شکل ۱۴ نمایش داده شده است.

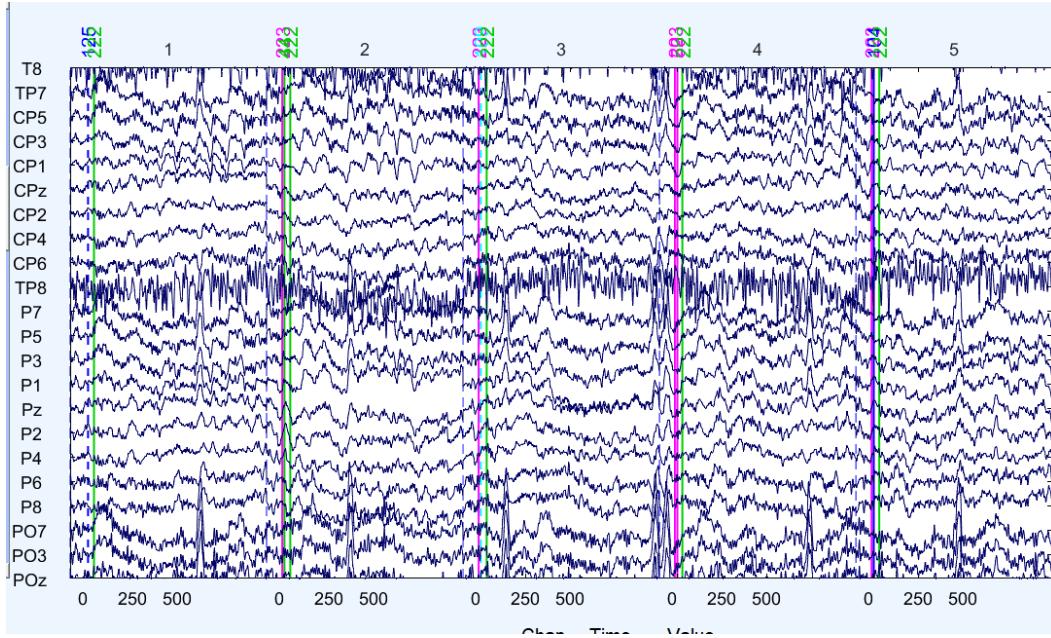
Channels per frame	128
Frames per epoch	1320
Epochs	1548
Events	4514
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	-0.100
Epoch end (sec)	0.999
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1052.5

شکل ۱۳: اطلاعات داده‌ها پس از نرمال سازی baseline ایپاک‌ها

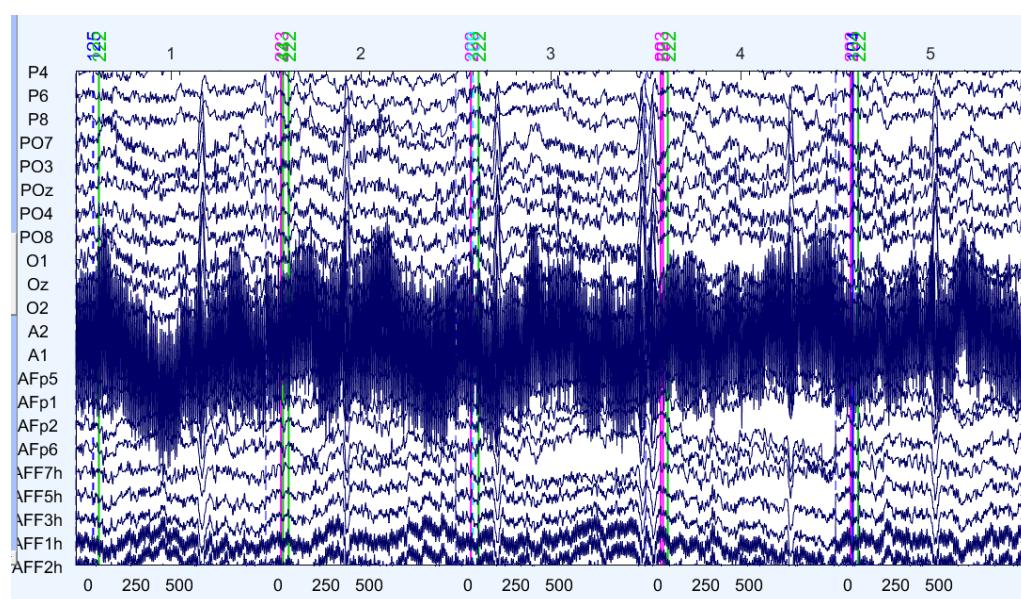


شکل ۱۴: فعالیت کانال‌های داده‌ها پس از نرمال سازی baseline ایپاک‌ها

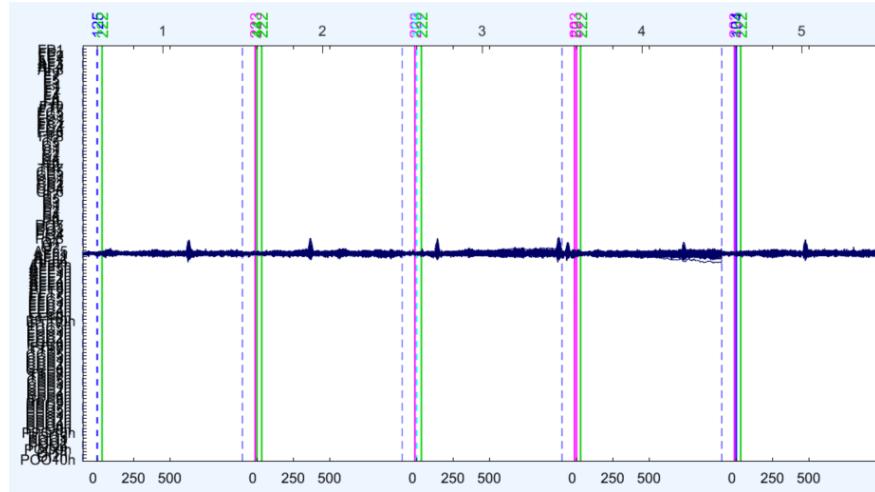
سپس کانال‌ها با هدف تشخیص وجود الکترود دارای نویز بالا یا فعالیت کم بررسی شدند. ۳ الکترود A2 و TP8 (که در کنار گوش قرار دارد) که در شکل ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده اند، حذف شده و با ترسیم شکل موج الکتروودها در حالت stack شکل موج‌ها هموارتر شدند (شکل ۱۷). اطلاعات داده‌ها پس از این عمل در شکل ۱۸ نمایش داده شده است. فایل مربوط به داده‌ها پس از انجام پیش‌پردازش تا این مرحله، با اسم data8.set در فرمت data8.set ضمیمه شده است.



شکل ۱۵: فعالیت غیرنرمال کanal TP8



شکل ۱۶: فعالیت غیرنرمال کanal‌های A1 و A2

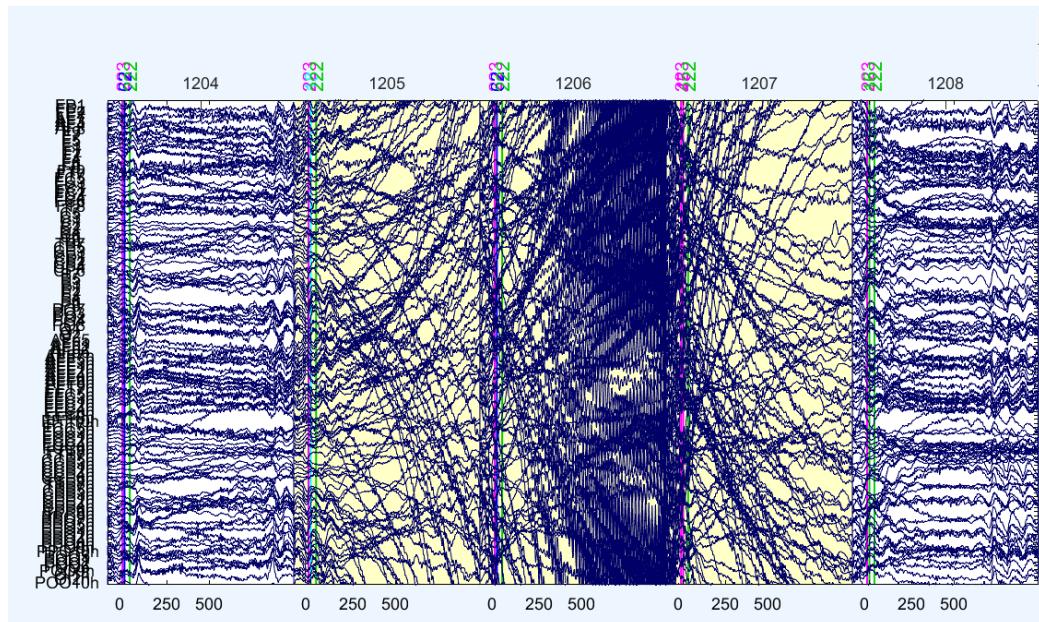


شکل ۱۷: فعالیت کانال‌های داده‌ها و شکل موج الکتروودها در حالت stack پس از حذف کانال‌های دارای فعالیت غیرنرمال

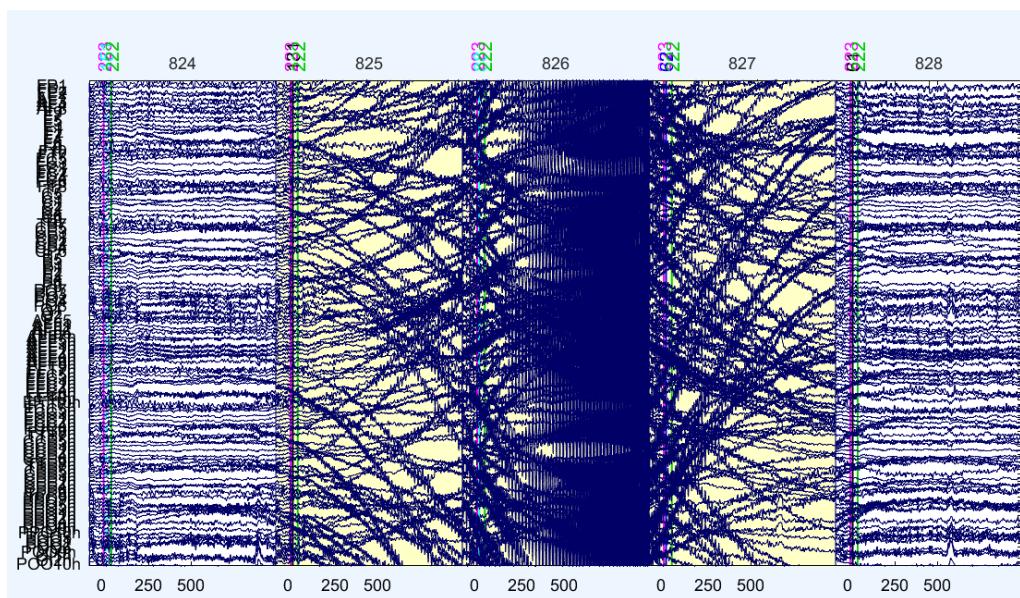
Channels per frame	125
Frames per epoch	1320
Epochs	1548
Events	4514
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	-0.100
Epoch end (sec)	0.999
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1028

شکل ۱۸: اطلاعات داده‌ها پس از حذف کانال‌های دارای فعالیت غیرنرمال

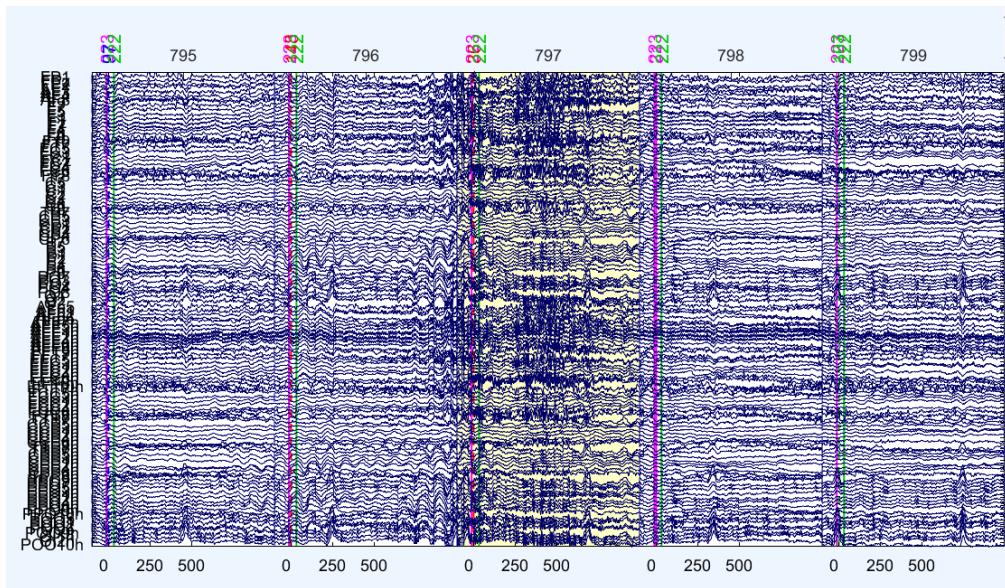
سپس ایپاک‌هایی که شکل موج فعالیت کانال‌های آن‌ها نسبت به ایپاک‌های همسایه به صورت غیرنرمال بود، تشخیص داده و حذف شدند. فعالیت کانال‌های داده‌ها و شکل موج الکتروودها در ایپاک‌های انتخاب شده برای حذف در شکل‌های ۱۹ تا ۲۴ نمایش داده شده است. اطلاعات داده‌ها پس از این عمل در شکل ۲۵ نمایش داده شده است. فایل مربوط به داده‌ها پس از انجام پیش پردازش تا این مرحله، با اسم data9.set در فرمت ضمیمه شده است.



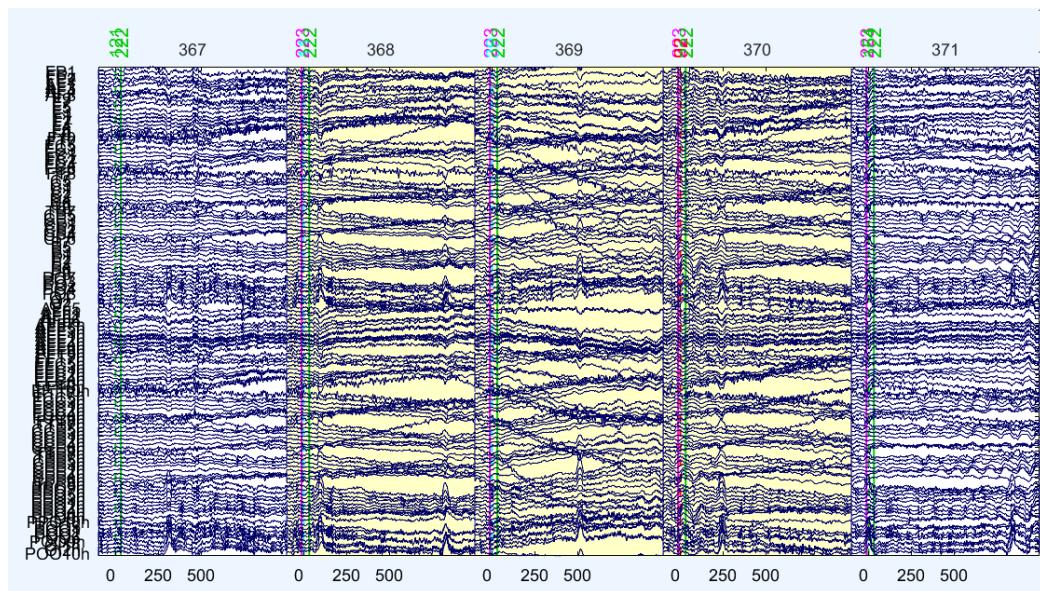
شکل ۱۹: فعالیت غیرنرمال در ایپاکهای ۱۲۰۷ تا ۱۲۰۵



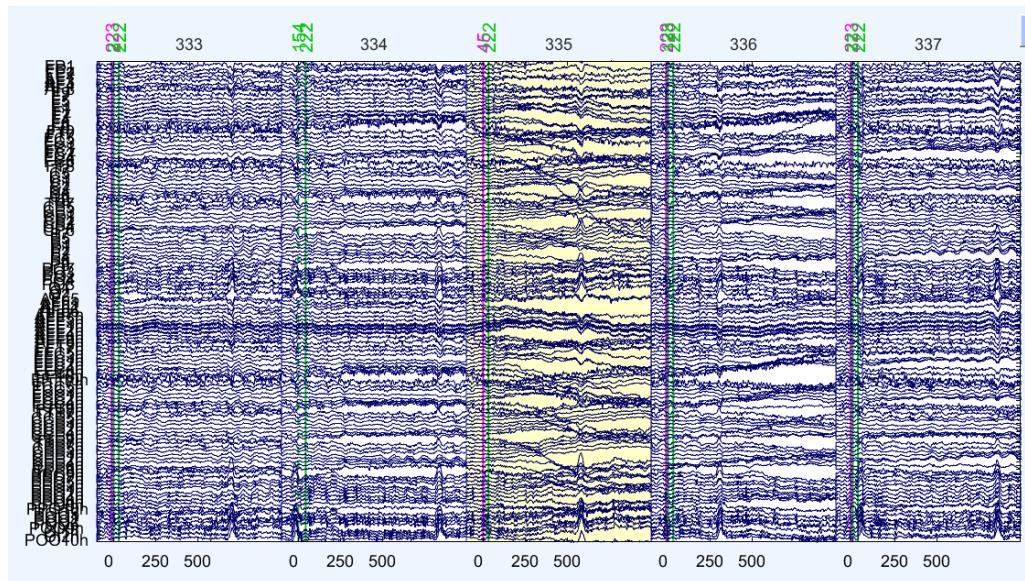
شکل ۲۰: فعالیت غیرنرمال در ایپاکهای ۸۲۷ تا ۸۲۵



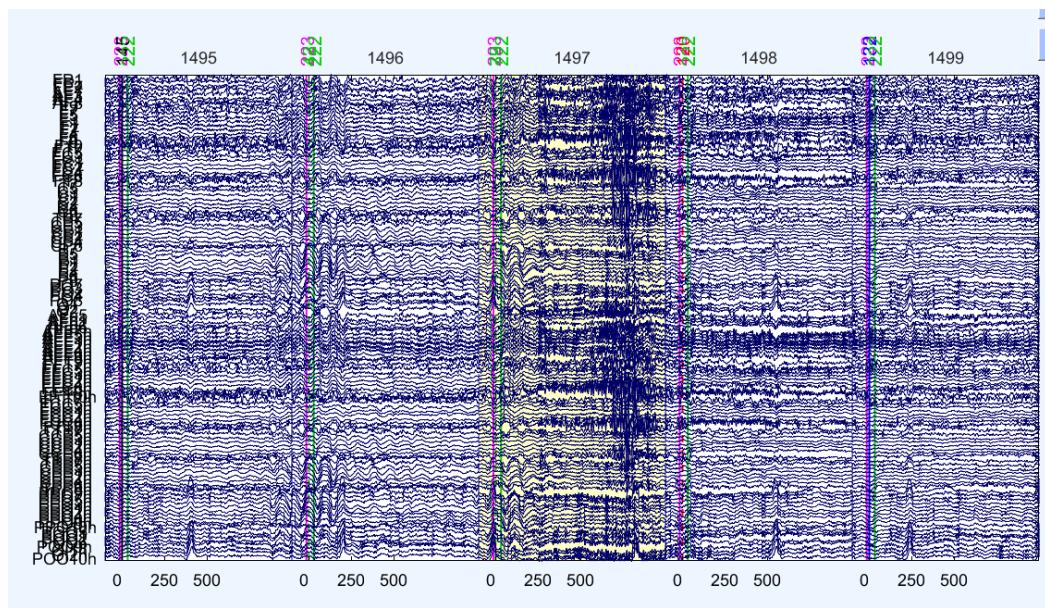
شکل ۲۱: فعالیت غیرنرمال در ایپاک شماره ۷۹۷



شکل ۲۲: فعالیت غیرنرمال در ایپاک‌های ۳۶۸ تا ۳۷۰



شکل ۲۳: فعالیت غیرنرمال در ایپاک شماره ۳۳۵

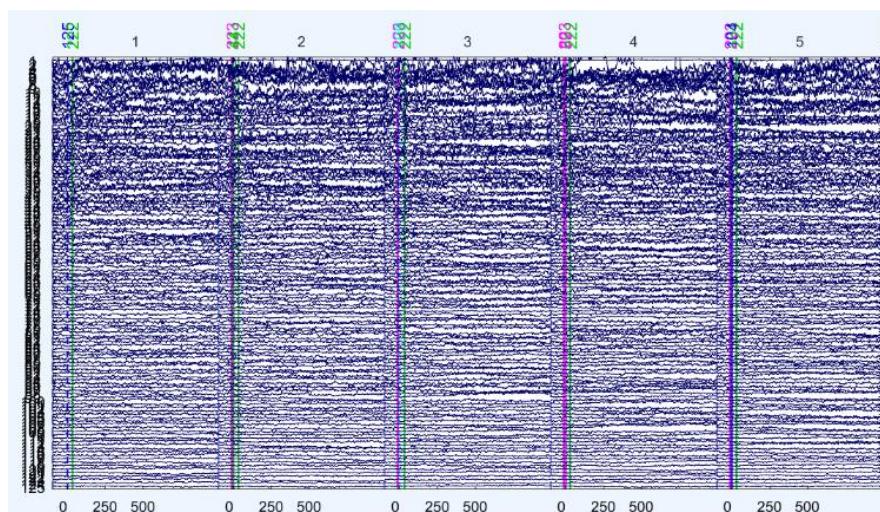


شکل ۲۴: فعالیت غیرنرمال در ایپاک شماره ۱۴۹۷

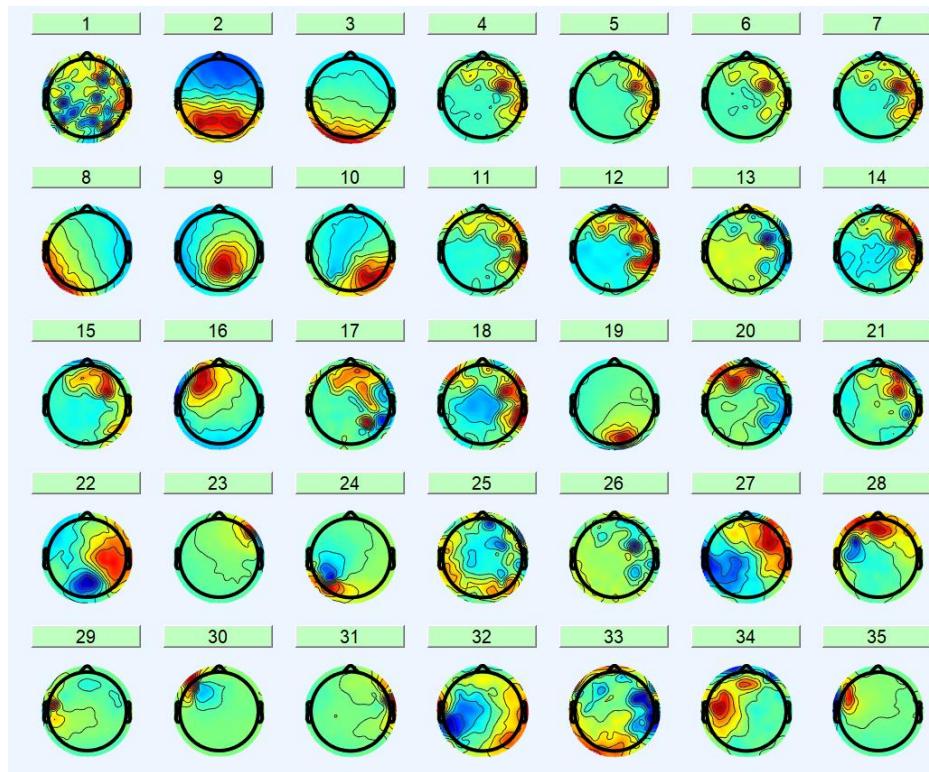
Channels per frame	125
Frames per epoch	1320
Epochs	1536
Events	4479
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	-0.100
Epoch end (sec)	0.999
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	1020

شکل ۲۵: اطلاعات داده‌ها پس از حذف ایپاک‌های دارای کانال‌های دارای فعالیت غیرنرمال

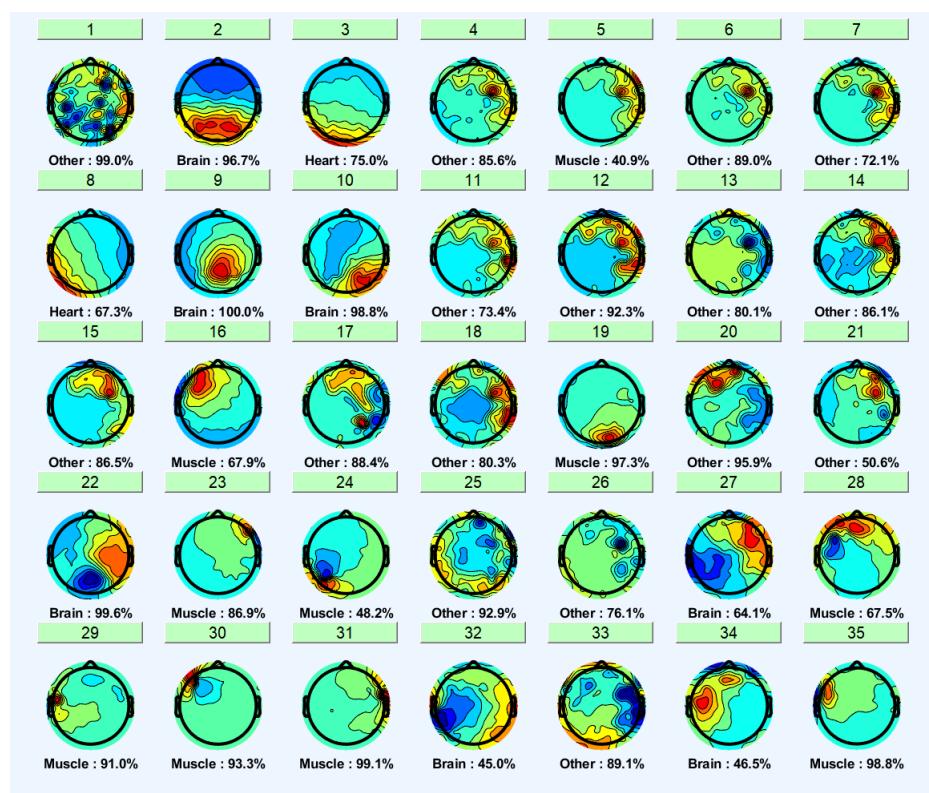
و در نهایت به عنوان آخرین بخش پیش پردازش، ICA روی داده‌ها انجام شد. component کانال‌ها تشخیص داده شده و کانال‌ها در شکل ۲۶ نمایش داده شده‌اند. Component‌های تعدادی از آن‌ها در شکل ۲۷ نشان داده شده‌اند. سپس source هر کدام از آن‌ها به صورت درصدی مشخص شد، که شکل‌های ۲۸ و ۲۹ مربوط به این محاسبه است. در نهایت با تنظیم flag، کانال‌هایی که source آن‌ها بیش از ۹۰ درصد مربوط به عضلات، چشم یا متفرقه بود، حذف شدند. که این شامل ۴۱ مورد بود. اطلاعات داده‌ها پس از اتمام پیش پردازش، در شکل ۳۰ نمایش داده شده است. فایل مربوط به داده‌ها پس از اتمام پیش پردازش، با اسم preprocessed\_data.set در فرمت set. ضمیمه شده است.



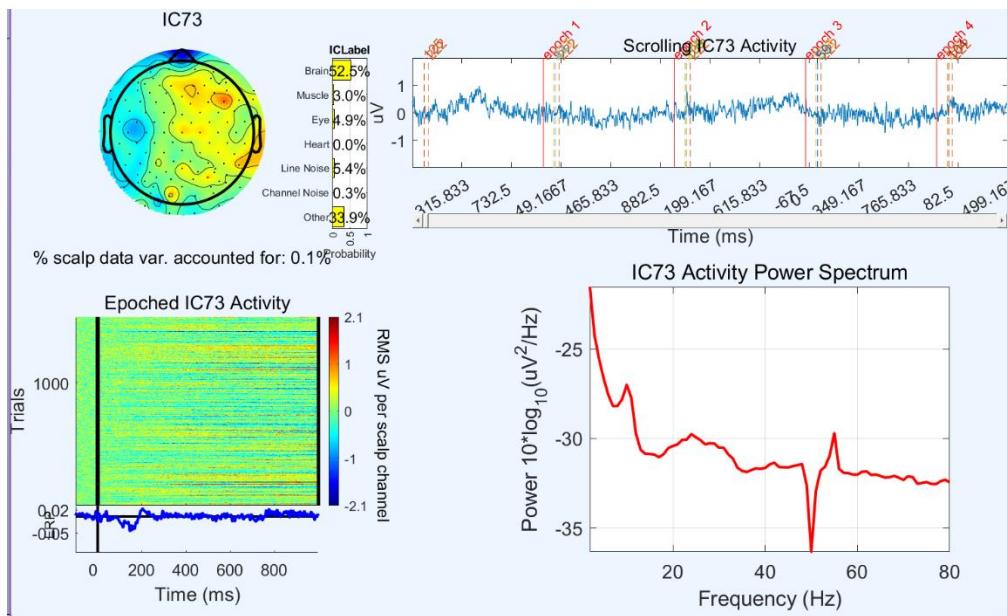
شکل ۲۶: کانال‌ها پس از تشخیص ICA با component



شکل ۲۷: تعدادی از کاتالوگ‌های ICA component تولید شده با



شکل ۲۸: مربوط به تعدادی از کاتالوگ‌های ICA source تولید شده با



شکل ۲۹: مربوط به کانال شماره ۷۳ که بیشتر به فعالیت مغز مربوط می‌شود

Channels per frame	125
Frames per epoch	1320
Epochs	1536
Events	4479
Sampling rate (Hz)	1200
Epoch start (sec)	-0.100
Epoch end (sec)	0.999
Reference	average
Channel locations	Yes
ICA weights	Yes
Dataset size (Mb)	1020.6

شکل ۳۰: اطلاعات داده‌ها پس از اتمام پیش پردازش

• سوال ۱:

در پیش پردازش EEG، فیلترهایی مانند فیلترهای high-pass و notch برای حذف انواع خاصی از نویز و artifactها از داده ها ضروری هستند.

تأثیر فیلتر High-Pass بر دادهها:

یک فیلتر بالا گذر به فرکانس های بالاتر از فرکانس قطع مشخصی اجازه عبور می دهد در حالی که فرکانس های زیر آن قطع را کاهش می دهد. موجب حذف دریفت های آهسته، حفظ اطلاعات فرکانس بالاتر و تحریف سیگنال بالقوه می شود.

تأثیر فیلتر notch یا شکاف بر دادهها:

فیلتر notch یک باند باریک فرکانس خاص را که معمولاً برای حذف تداخل خطوط برق (بسته به کشور ۵۰ یا ۶۰ هرتز) استفاده می شود، ضعیف می کند. موجب حذف نویز خط برق، حفظ فرکانس های دیگر و اعوجاج سیگنال بالقوه می شود.

دلایل این پدیدهها در فیلتر High-Pass

حذف دریفت های آهسته: دریفت های آهسته اغلب به دلیل عوامل غیر عصبی مانند تغییرات امپدانس الکترود، حرکات سر یا عوامل محیطی است که نویز فرکانس پایین را به داده های EEG وارد می کند. یک فیلتر بالا گذر برای حذف این اجزا با کاهش فرکانس های زیر یک آستانه تعیین شده طراحی شده است و امکان تجزیه و تحلیل واضح تری از فعالیت های عصبی را که معمولاً در فرکانس های بالاتر رخ می دهند، فراهم می کند.

دلایل این پدیدهها در فیلتر notch:

حذف نویز خط برق: خطوط برق به دلیل جریان متناوب (AC) مورد استفاده در سیستم های الکتریکی، نویز باند باریکی را در فرکانس مشخص (۵۰ یا ۶۰ هرتز) ایجاد می کنند. این نویز فراگیر است و می تواند سیگنال های عصبی در ضبط EEG را تحت تأثیر قرار دهد. یک فیلتر notch به طور خاص روی این فرکانس تنظیم شده است تا تداخل را بدون تأثیر بر بقیه طیف EEG حذف کند.

• سوال ۲:

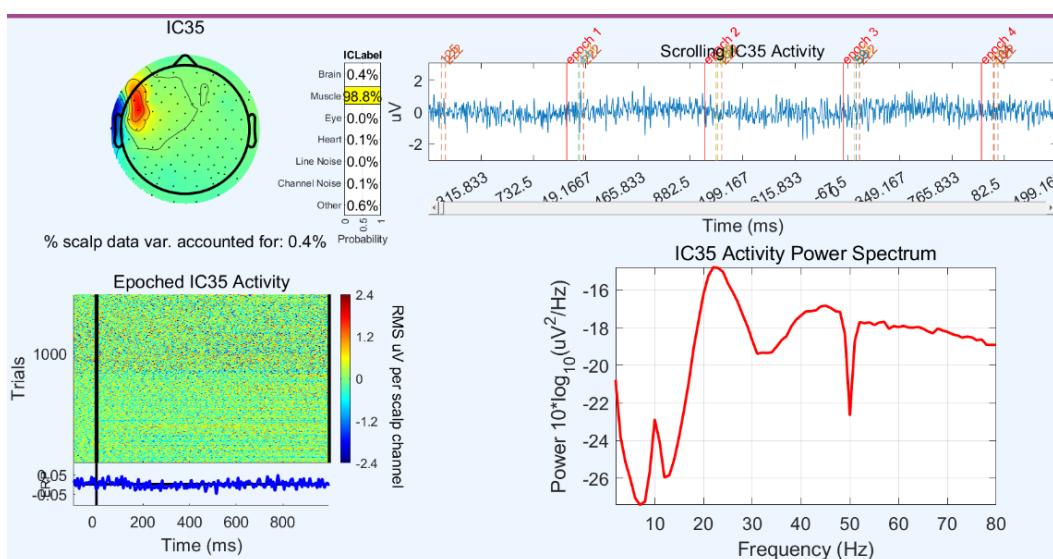
عمل رفرنس شامل انتخاب یک نقطه مرجع (یک الکترود) است که پتانسیل های ثبت شده در الکترودهای دیگر با آن مقایسه می شود. هدف حذف نویز رایج و استاندارد کردن مقادیر ولتاژ است. در

CAR میانگین سیگنال در تمام الکتروودها محاسبه شده و از سیگنال هر الکتروود کم می‌شود. این به کاهش تاثیر نویز که به طور مساوی در تمام الکتروودها وجود دارد کمک می‌کند. مراحل: میانگین سیگنال تمام الکتروودها محاسبه می‌شود و این سیگنال میانگین از هر الکتروود کم می‌شود. نرمال سازی baseline یا تصحیح baseline شامل تنظیم سیگنال EEG برای محاسبه هرگونه جابجایی یا تغییر baseline است که در طول ضبط رخ می‌دهد. این به جداسازی فعالیت عصبی مربوط به رویدادهای خاص از فعالیت پس زمینه مداوم کمک می‌کند. در روش تصحیح baseline مقدار پایه محاسبه شده از کل سیگنال کم می‌شود تا برای تغییر خط مبنا تنظیم شود. مراحل: مقدار baseline از سیگنال می‌شود.

### • سوال ۳:

در جداسازی artifact (ICA)، سیگنال‌های EEG به اجزای مستقل (IC) تجزیه می‌شوند، که هر یک منبع مشخص سیگنال را نشان می‌دهد. برخی از این منابع عصبی (مغز) هستند، در حالی که برخی دیگر artifact هستند (به عنوان مثال، پلک زدن چشم، حرکات ماهیچه ای). هدف شناسایی و حذف component artifact که نشان دهنده این کار برای بهبود نسبت سیگنال به نویز داده‌های عصبی است.

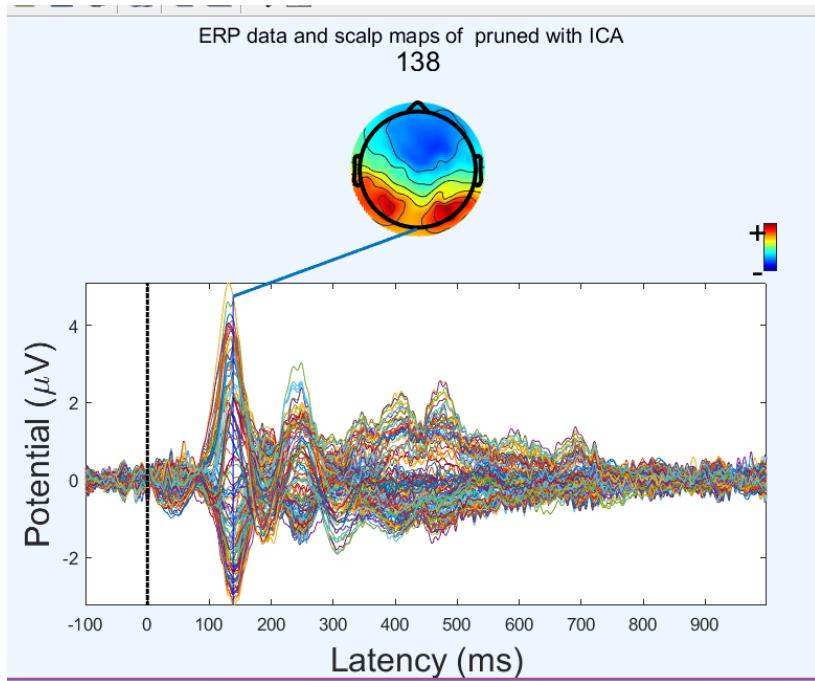
یک نمونه از رسم سیگنال‌های حوزه زمان و فرکانس در شکل ۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۱: یک نمونه از نمودار سیگنال‌های حوزه زمان و فرکانس

## بخش دوم: پتانسیل مرتبط با رویداد (ERP)

- سوال ۱: نمودار مربوط به ERP تمام کانال‌ها در شکل ۳۲ نمایش داده شده است.



شکل ۳۲: نمودار ERP مربوط به همه کانال‌ها

- سوال ۲: با توجه به اینکه هر event مربوط به تصویر صورت است یا خیر، داده‌ها به دو بخش face و non-face جدا شدند (این دو فایل با فرمت set. ضمیمه شده‌اند). برای هر یک، نمودار ERP ترسیم شد. این نمودارها جهت مقایسه در شکل‌های ۳۳ تا ۳۹ ترسیم شده‌اند. یک study با این هدف تولید شد و فایل مربوط به آن ضمیمه شده است.

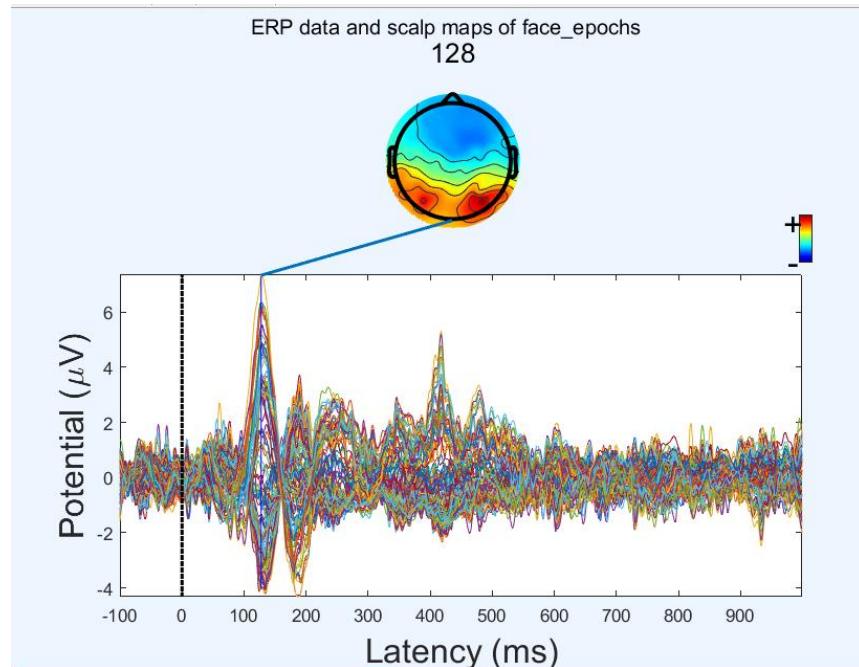
با توجه به شکل ۳۹، که دو نمودار مربوط به میانگین کانال‌ها در صورت و غیر صورت را نشان می‌دهد، هر دو محرك صورت و غیر صورت محدوده فعالیت الکتریکی مشابهی را بر می‌انگیزند.

- در حالی که محدوده‌های کلی قابل مقایسه هستند، تفاوت‌های ظرفی در الگوهای وجود دارد:

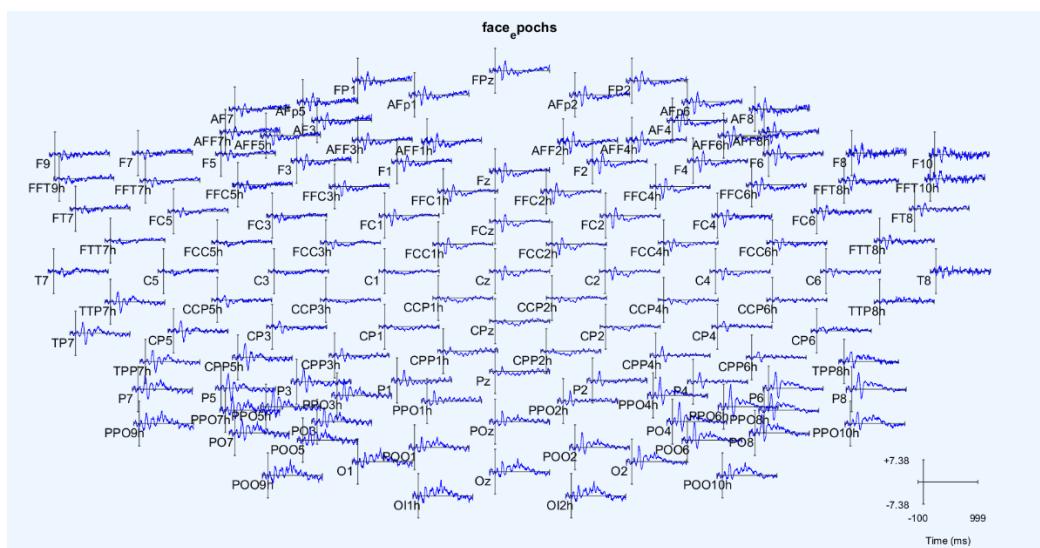
به نظر می‌رسد محرك صورت نوسانات کمی بارزتر در حدود ۲۰۰ میلی ثانیه داشته باشد. فواصل اطمینان در نقاط زمانی خاص گسترش می‌یابد.

و در محرك غیر صورت، نوسانات مشابه اما با الگوهای متمایز نشان داده شده است. فواصل اطمینان نیز متفاوت است.

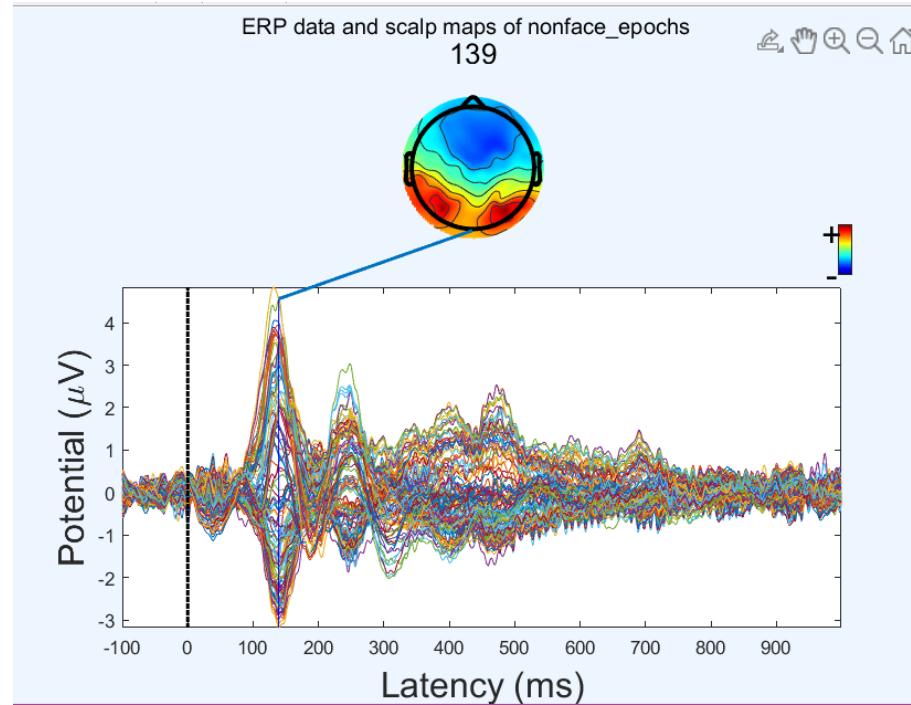
- این تفاوت‌ها ممکن است منعکس‌کننده فرآیندهای شناختی متمایز برای حرکت‌های صورت و غیر صورت باشد.



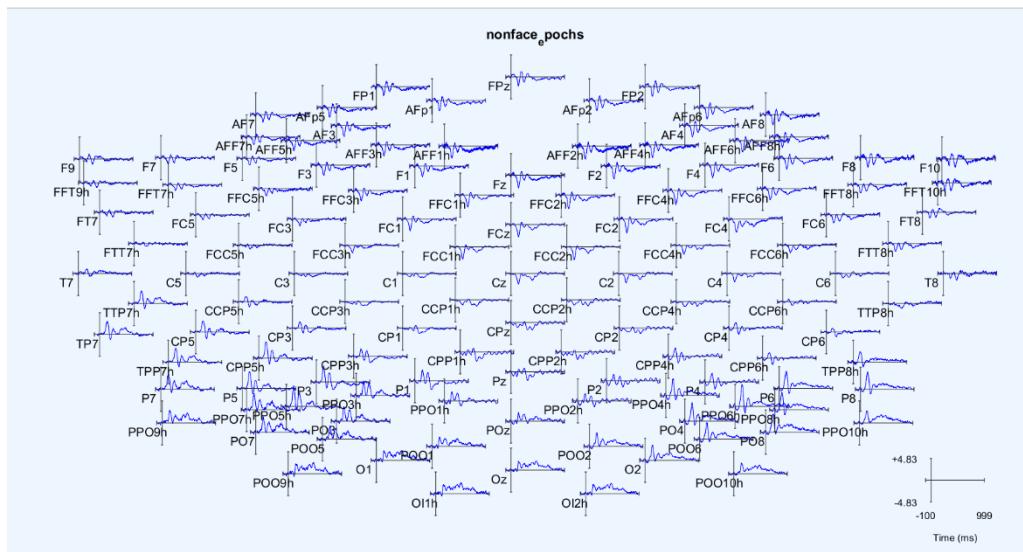
شکل ۳۳: نمودار ERP مربوط به همه کانال‌های مربوط به تصاویر صورت



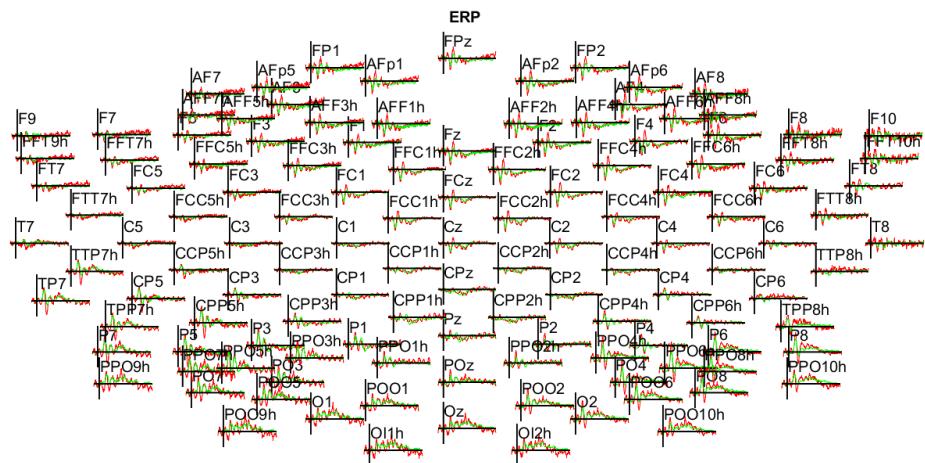
شکل ۳۴: نمودار ERP مربوط به کانال‌های مربوط به تصاویر صورت به صورت جداگانه



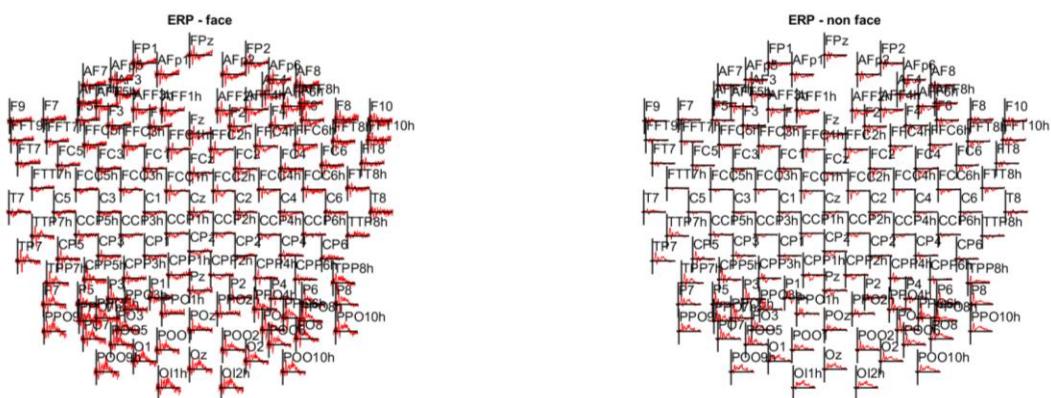
شکل ۳۵: نمودار ERP مربوط به همهی کانال‌های مربوط به تصاویر غیر صورت



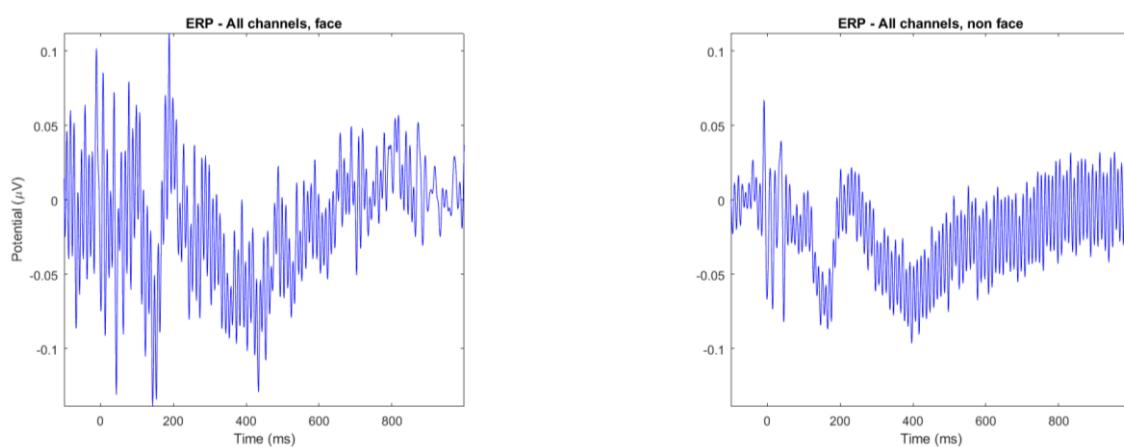
شکل ۳۶: نمودار ERP مربوط به کانال‌های مربوط به تصاویر غیر صورت به صورت جداگانه



شکل ۳۷: مقایسه‌ی نمودارهای ERP مربوط به کانال‌های مربوط به تصاویر صورت با غیر صورت به صورت جداگانه



شکل ۳۸: مقایسه‌ی نمودارهای ERP مربوط به کانال‌های مربوط به تصاویر صورت با غیر صورت به صورت جداگانه (شکل راست متتمرکز بر کانال‌های تصاویر غیر صورت و شکل چپ متتمرکز بر کانال‌های تصاویر صورت)



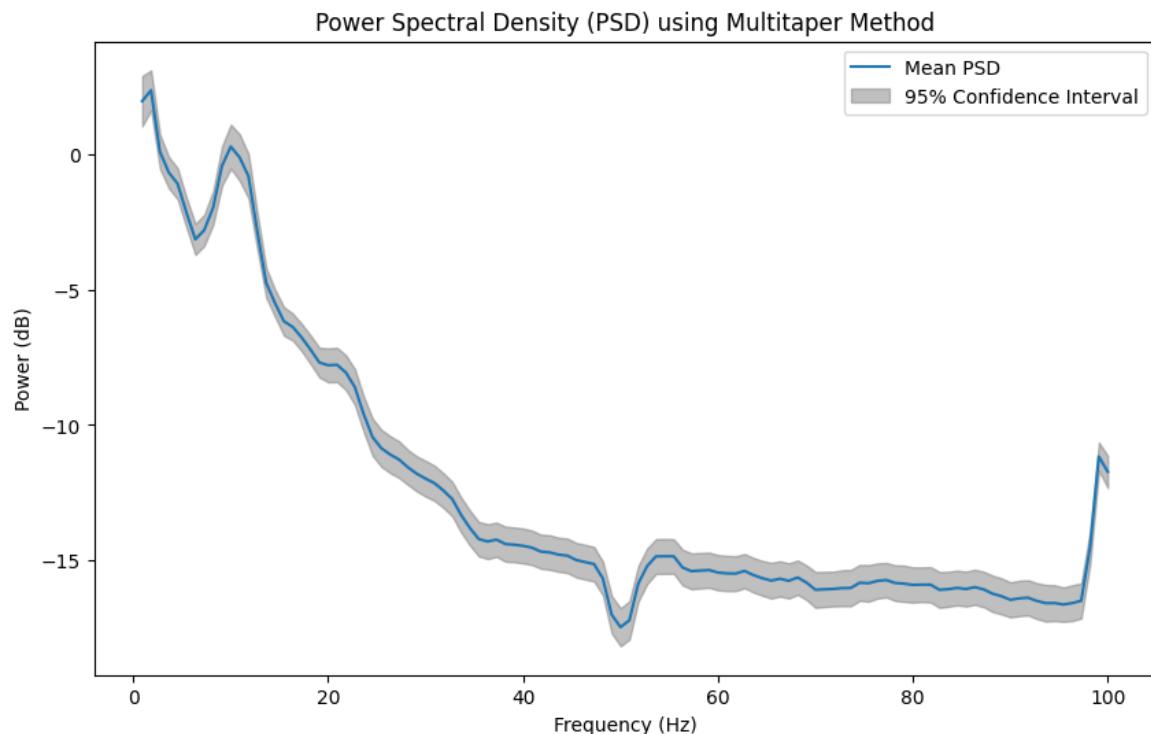
شکل ۳۹: مقایسه‌ی نمودار ERP مربوط به تمام کانال‌های مربوط به تصاویر صورت با غیر صورت (شکل راست متتمرکز بر میانگین کانال‌های تصاویر غیر صورت و شکل چپ متتمرکز بر میانگین کانال‌های تصاویر صورت)

• سوال ۳: تصاویر مربوطه در بخش قبل ترسیم شده اند.

- N170 یک component در ERP است که با درک چهره مرتبط است. معمولاً حدود ۱۷۰ میلی ثانیه پس از شروع محرک رخ می دهد. دامنه آن منعکس کننده پردازش عصبی مربوط به تشخیص چهره است. با توجه به این نمودارها، این component در نمودار erp کانال‌های مربوط به چهره به طور قابل توجهی بیشتر و با نوسان بیشتری نسبت به نمودار erp کانال‌های غیر چهره وجود دارد.

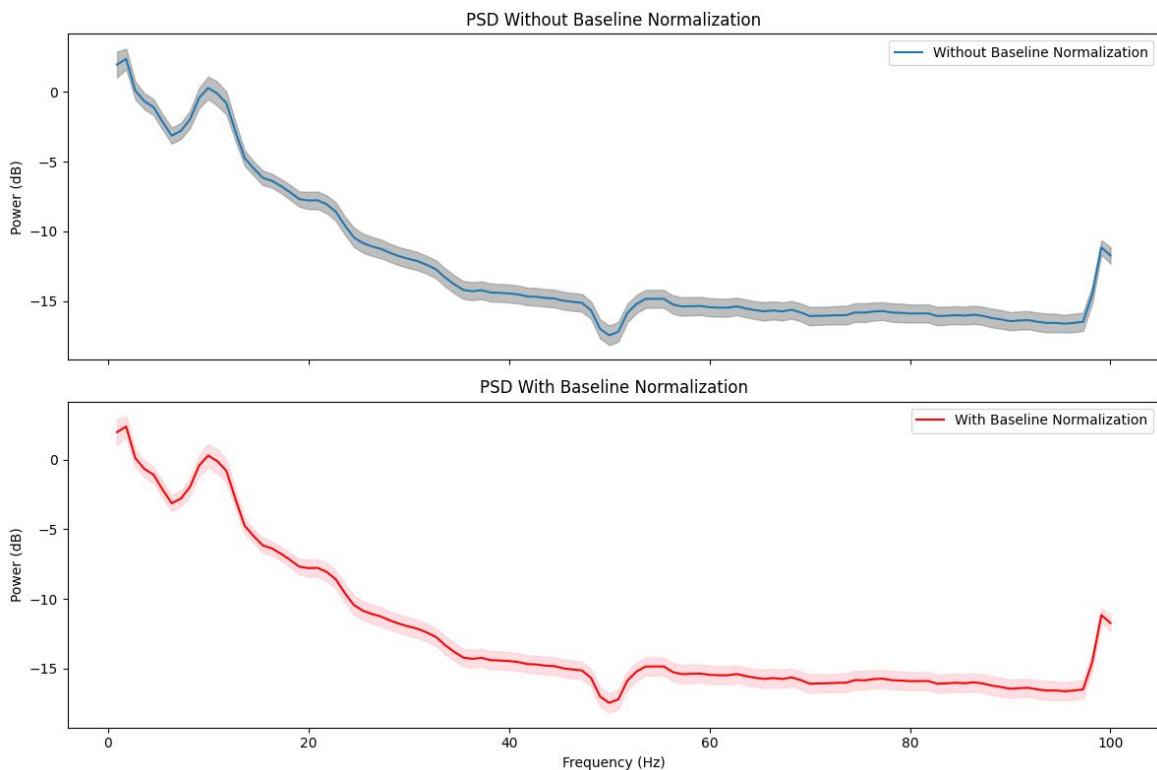
### بخش سوم: تحلیل طیفی (spectral)

- سوال ۱: فایل کد پایتون مربوط به این بخش ضمیمه شده است. نمودار مربوطه در شکل ۴۰ نمایش داده شده است.



شکل ۴۰: نمودار مربوط به چگالی طیفی توان (PSD) با استفاده از روش Multitaper

- سوال ۲: فایل کد پایتون مربوط به این بخش ضمیمه شده است. نمودار مربوطه برای مقایسه دو حالت در شکل ۴۱ نمایش داده شده است. تفاوت میان آنها قابل توجه نیست. ریز تفاوت در داده‌ها در این دو حالت، در ادامه آورده شده است. با توجه به اینکه تفاوت‌ها نزدیک به صفر است، نشان می‌دهد که نرمال سازی baseline به طور قابل توجهی بر توان باندهای مختلف تأثیر نمی‌گذارد.



شکل ۴۱: مقایسه دو نمودار مربوط به چگالی طیفی توان (PSD) با استفاده از روش Multitaper در دو حالت بدون نرمال سازی baseline و با نرمال سازی baseline

میزان تفاوت در ۵ نوع باند این دو حالت به شرح زیر است:

Difference in Delta band power (non-baseline-normalized - baseline-normalized): [-4.44089210e-16 - 4.44089210e-16 4.44089210e-16 0.00000000e+00  
-2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 2.22044605e-16  
-1.11022302e-16 0.00000000e+00 3.05311332e-16 0.00000000e+00  
4.44089210e-16 2.22044605e-16 8.88178420e-16 0.00000000e+00  
-4.44089210e-16 0.00000000e+00 -7.11236625e-17 4.44089210e-16  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.11022302e-16 4.44089210e-16  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.11022302e-16 2.22044605e-16  
4.44089210e-16 0.00000000e+00 8.88178420e-16 1.11022302e-16  
-1.66533454e-16 0.00000000e+00 2.22044605e-16 4.44089210e-16  
-4.44089210e-16 -1.11022302e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
1.66533454e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 2.22044605e-16  
-2.22044605e-16 0.00000000e+00 2.22044605e-16 -1.11022302e-16  
-2.49800181e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 2.22044605e-16  
-3.33066907e-16 1.11022302e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
4.44089210e-16 -1.38777878e-16 -2.22044605e-16 0.00000000e+00  
4.44089210e-16 4.44089210e-16 -9.02056208e-17 2.22044605e-16  
0.00000000e+00 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 -8.88178420e-16  
8.88178420e-16 9.71445147e-17 2.22044605e-16 0.00000000e+00  
-1.66533454e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -8.88178420e-16  
4.44089210e-16 4.44089210e-16 -4.44089210e-16 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 2.22044605e-16 -1.38777878e-17  
0.00000000e+00 -2.22044605e-16 0.00000000e+00 -2.22044605e-16]

4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 4.44089210e-16 0.00000000e+00 2.77555756e-17 2.49800181e-16  
 -2.22044605e-16 -4.44089210e-16 5.55111512e-16 1.77635684e-15  
 0.00000000e+00 -8.88178420e-16 -4.44089210e-16 -2.22044605e-16  
 2.22044605e-16 5.55111512e-16 0.00000000e+00 1.66533454e-16  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 4.44089210e-16] dB

Difference in Theta band power (non-baseline-normalized - baseline-normalized): [ 6.66133815e-16  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -4.44089210e-16  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 5.55111512e-17 1.11022302e-16  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -2.22044605e-16 2.22044605e-16  
 1.76941795e-16 -2.22044605e-16 -4.44089210e-16 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -8.88178420e-16  
 2.22044605e-16 4.44089210e-16 0.00000000e+00 -1.33226763e-15  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 4.44089210e-16  
 -1.11022302e-16 0.00000000e+00 8.88178420e-16 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 -8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -8.88178420e-16 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -1.11022302e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -8.88178420e-16  
 4.44089210e-16 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 1.11022302e-16  
 2.22044605e-16 0.00000000e+00 -8.88178420e-16 8.88178420e-16  
 -8.88178420e-16 8.88178420e-16 4.44089210e-16 4.44089210e-16  
 -2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -8.88178420e-16 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 -2.22044605e-16  
 8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 5.55111512e-17  
 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -4.44089210e-16 2.77555756e-16 1.11022302e-16 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 2.22044605e-16 -4.44089210e-16 -4.44089210e-16 1.11022302e-16  
 3.33066907e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00] dB

Difference in Alpha band power (non-baseline-normalized - baseline-normalized): [ 2.22044605e-16  
 0.00000000e+00 -2.77555756e-16 2.22044605e-16  
 -2.22044605e-16 -4.16333634e-17 -1.11022302e-16 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 2.22044605e-16 -1.11022302e-16 -3.81639165e-17  
 0.00000000e+00 4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 0.00000000e+00 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 1.66533454e-16 -1.11022302e-16 1.38777878e-16 4.44089210e-16  
 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -8.88178420e-16 0.00000000e+00 -4.44089210e-16 1.11022302e-16  
 -5.55111512e-17 8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 -4.44089210e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
 8.88178420e-16 -6.93889390e-17 -1.11022302e-16 2.63677968e-16  
 -2.77555756e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00

```

0.00000000e+00 0.00000000e+00 -4.44089210e-16 4.44089210e-16
-2.77555756e-17 2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 -4.44089210e-16 5.55111512e-17 -1.38777878e-16
8.32667268e-17 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -4.44089210e-16
2.22044605e-16 -4.44089210e-16 -2.22044605e-16 -2.77555756e-17
2.22044605e-16 0.00000000e+00 8.88178420e-16 0.00000000e+00
4.44089210e-16 8.88178420e-16 -2.22044605e-16 -2.22044605e-16
8.32667268e-17 0.00000000e+00 0.00000000e+00 8.88178420e-16
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
4.44089210e-16 -2.22044605e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 4.44089210e-16 2.22044605e-16 1.66533454e-16
-1.66533454e-16 -1.33226763e-15 0.00000000e+00 8.88178420e-16
0.00000000e+00 0.00000000e+00 4.44089210e-16 0.00000000e+00
0.00000000e+00 4.44089210e-16 0.00000000e+00 2.22044605e-16
1.11022302e-16 -2.49800181e-16 -5.55111512e-17 -4.44089210e-16
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 2.22044605e-16
1.66533454e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 8.88178420e-16
0.00000000e+00] dB

```

Difference in Beta band power (non-baseline-normalized - baseline-normalized): [ 0.00000000e+00 - 8.88178420e-16 -1.77635684e-15 -1.77635684e-15

```

0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15
-1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 -1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
-8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -3.55271368e-15
-1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.77635684e-15
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 8.88178420e-16
-1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 1.77635684e-15 -1.77635684e-15 0.00000000e+00
-1.77635684e-15 -1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 1.77635684e-15 0.00000000e+00 -1.77635684e-15
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.77635684e-15
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 8.88178420e-16 8.88178420e-16
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -4.44089210e-16
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 8.88178420e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00
2.66453526e-15 -7.63278329e-16 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00] dB

```

Difference in Gamma band power (non-baseline-normalized - baseline-normalized): [ 0.00000000e+00 -3.55271368e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00
-1.77635684e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15
0.00000000e+00 3.55271368e-15 0.00000000e+00 1.77635684e-15

0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.77635684e-15 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 -7.10542736e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -1.77635684e-15  
1.77635684e-15 0.00000000e+00 3.55271368e-15 3.55271368e-15  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.77635684e-15  
-3.55271368e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -3.55271368e-15  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.77635684e-15 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
-1.77635684e-15 0.00000000e+00 -3.55271368e-15 -1.77635684e-15  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 3.55271368e-15 0.00000000e+00 3.55271368e-15  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 -3.55271368e-15 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -3.55271368e-15  
0.00000000e+00 3.55271368e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 -3.55271368e-15 -3.55271368e-15 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 -3.55271368e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 -3.55271368e-15  
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
0.00000000e+00 -3.55271368e-15 0.00000000e+00 3.55271368e-15  
3.55271368e-15 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00  
-1.77635684e-15 1.77635684e-15 0.00000000e+00 1.77635684e-15  
3.55271368e-15 1.77635684e-15 0.00000000e+00 3.55271368e-15  
1.77635684e-15] dB

---