

به نام خدا

تمرین سری دوم درس BCI

محمدمهری حبیبی

استاد: دکتر شالچیان

پاییز-زمستان 1402

فهرست

3	بخش اول
3	وارد کردن داده به EEGlab
5	بخش دوم : رفرانس دهی
5	سوال 1
5	(1) رفرانس دهی با استفاده از CAR
6	(2) رفرانس دهی با Single Mastoid
7	(3) رفرانس دهی با Mastoids Average
8	سوال 2
8	(4) رفرانس دهی با کد برای CAR و مقایسه با نتایج EEGlab
9	بخش سوم : تغییر فرکانس نمونه برداری
9	سوال 3
13	بخش چهارم : ICA
13	سوال 4
13	مقایسه الگوریتم ها
23	استفاده از الگوریتم SOBI برای بدست آوردن Component ها
30	سوال 5
31	تفاوت در سطح منبع و سطح سنسور
31	مزایا و معایب استفاده از اطلاعات سطح منبع و سطح سنسور

۱- با استفاده از ابزار EEGLab و روش‌های زیر سیگنال‌های ثبت شده را رفرنس دهی کنید: (نتایج هر روش را برای ۴ کانال رسم کنید).

- CAR •
- Single Mastoid •
- Mastoids Average •

۲- با استفاده از یکی از روش‌های بخش قبل، رفرنس دهی مجدد را با استفاده از کدنویسی اجرا کرده و نتایج را مشاهده، گزارش و مقایسه نمایید.

۳- فرض کنید که برای مطالعه تصور حرکت، امواج آلفا و بتا مورد استفاده قرار گیرند؛ برای این منظور، سیگنال را تا حد امکان کاهش نرخ نمونه برداری دهید و طیف فرکانسی امواج آلفا و بتا را قبل و بعد از کاهش نرخ، نشان دهید و مقایسه کنید.

۴- با استفاده از روش ICA ارائه شده، منابع سیگنال‌های EEG را به دست آورده و سیگنال‌های مشکوک به نویز و آرتیفکت (آرتیفکت مربوط به حرکات چشم و پلک زدن و یا سایر نویزها) را جداسازی کنید. (تصویر مربوط به سیگنال نویز شناسایی شده، نوع نویز و سیگنال‌های بدون نویز را مشاهده و گزارش کنید و انواع روش‌های SOBI و ... را باهم مقایسه کنید).

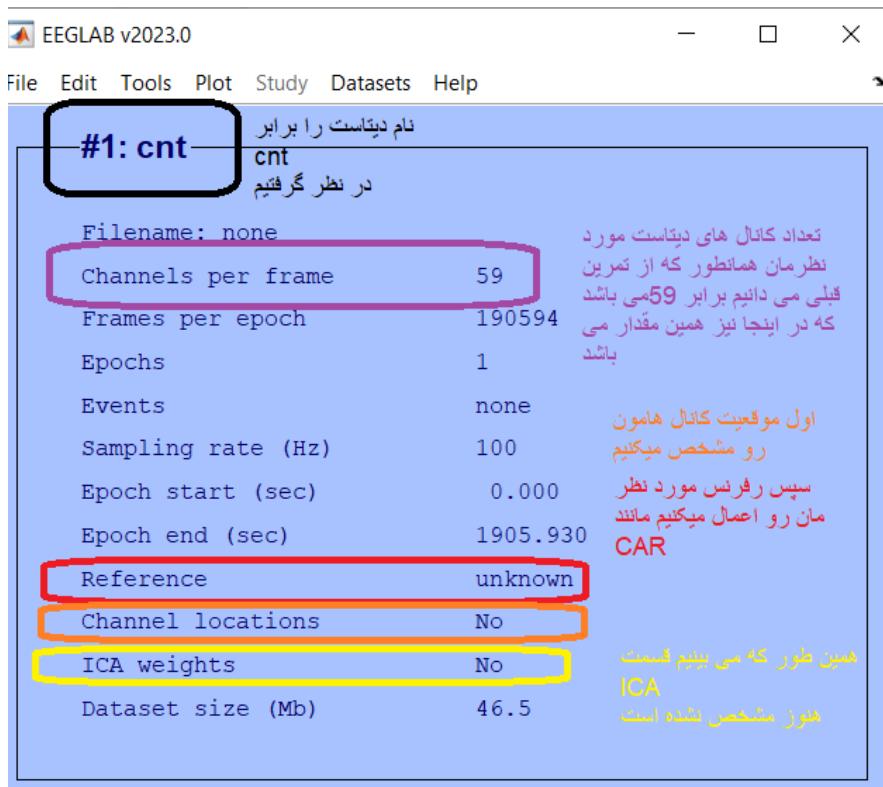
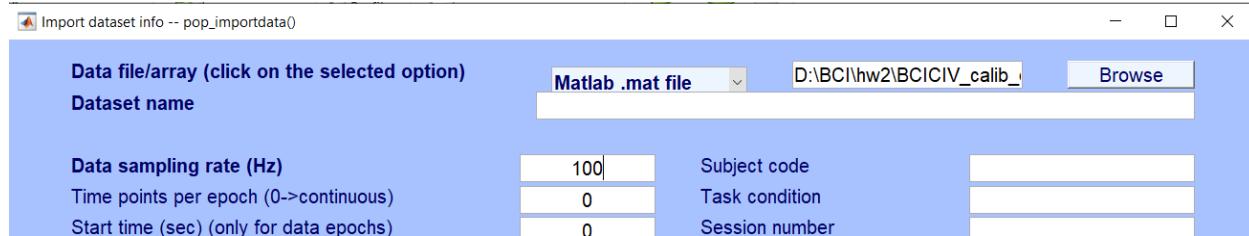
۵- به نظر شما، منابعی که از آنالیز ICA استخراج می‌شوند، میتوانند بعنوان ویژگی برای طبقه بندی تصور حرکت استفاده شوند؟ تحلیل شما از تفاوت تحلیل در سطح منابع و سطح سنسور چیست؟ هریک چه مزایا و معایبی می‌توانند داشته باشد؟

بخش اول

وارد کردن داده به EEGlab

با وارد کردن فایل سیگنال مان ینی "CNT" و مشخص کردن فرکانس نمونه برداری دیتاست که برابر 100Hz می باشد

دیتا را وارد EEGlab میکنیم



در ادامه ابتدا، channel locations را مشخص کنیم تا موقعیت الکترود ها را برای دیتابس است مورد نظر در EEGlab مشخص کنیم. برای اینکار همینطور که می بینیم وقتی Read location را بزنیم و فایل electrode_location.locs را ایمپورت میکنیم و در ادامه برای اینکه نمایش موقعیت الکترود ها را ببینیم از قسمت Plot 2-D استفاده میکنیم

Channel information ("field_name"):

Channel label ("label")	AF3
Polar angle ("theta")	376.325
Polar radius ("radius")	0.42924
Cartesian X ("X")	79.5661
Cartesian Y ("Y")	-23.3044
Cartesian Z ("Z")	18.7389
Spherical horiz. angle ("sph_theta")	-376.325
Spherical azimuth angle ("sph_phi")	12.7359
Spherical radius ("sph_radius")	85
Channel type	
Reference	
Index in backup 'urchanlocs' structure	1
Channel in data array (set=yes)	<input checked="" type="checkbox"/>

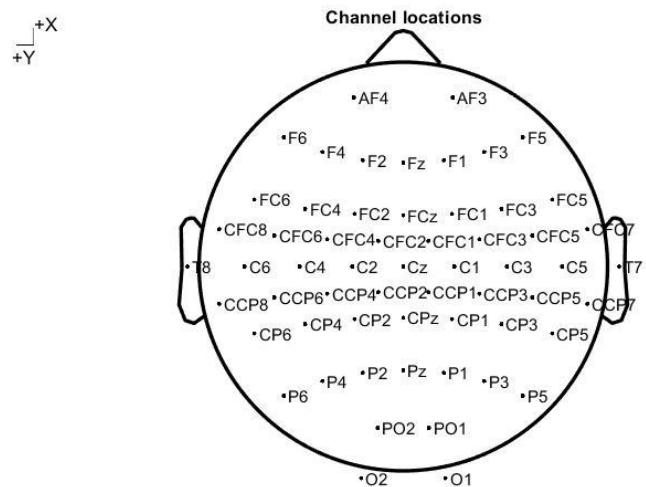
Channel number (of 59)

Delete chan Insert chan << < 1 > >> Append chan

Plot 2-D Plot radius (0.2-1, []=auto) Nose along +X Plot 3-D (xyz)

Read locations Read locs help Look up locs Save (as .ced) Save (other types)

#1: cnt	
Filename:	none
Channels per frame	59
Frames per epoch	190594
Epochs	1
Events	none
Sampling rate (Hz)	100
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	1905.930
Reference	unknown
Channel locations	Yes
ICA weights	No
Dataset size (Mb)	46.6



59 of 59 electrode locations shown

(1) اول فایل موقعیت کانال ها که از دیتابست
مون بست اوریده را با
Read locations
بارگذاری میکنیم

(2) سپس با ایکون
plot 2_D
موقعیت توییدی الکترود ها رو
میتوانیم مشاهده کنیم

بخش دوم: رفرنس دهی

سوال 1

(1) رفرنس دهی با استفاده از CAR

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

亨民 طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

亨民 طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

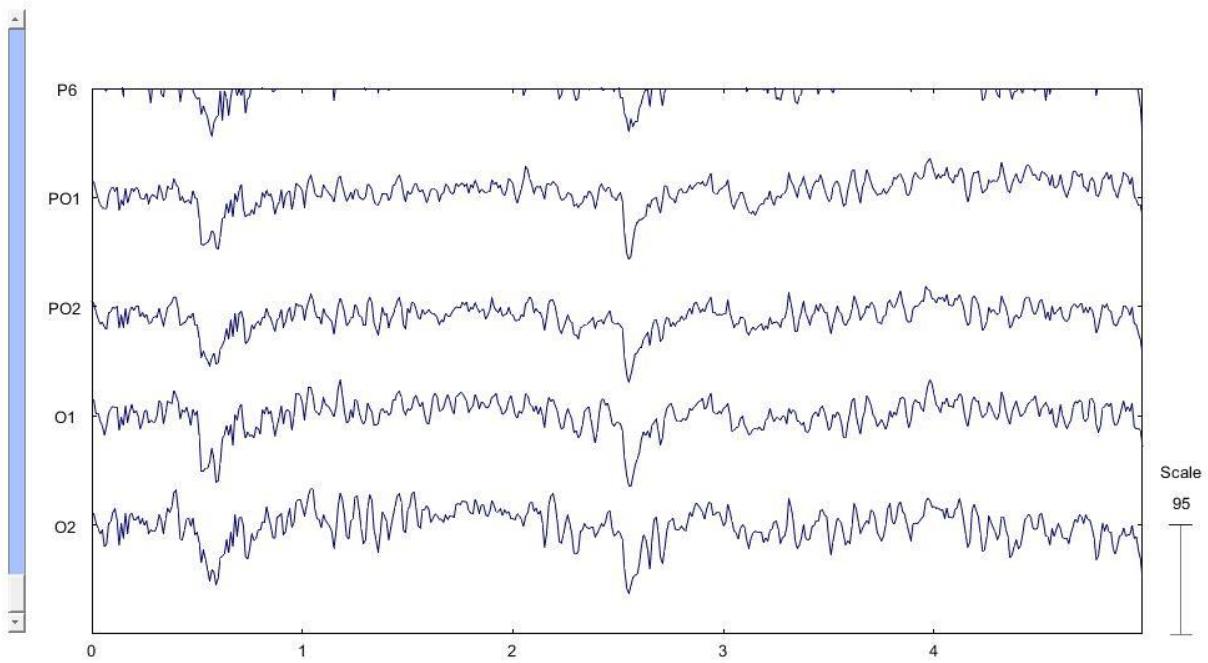
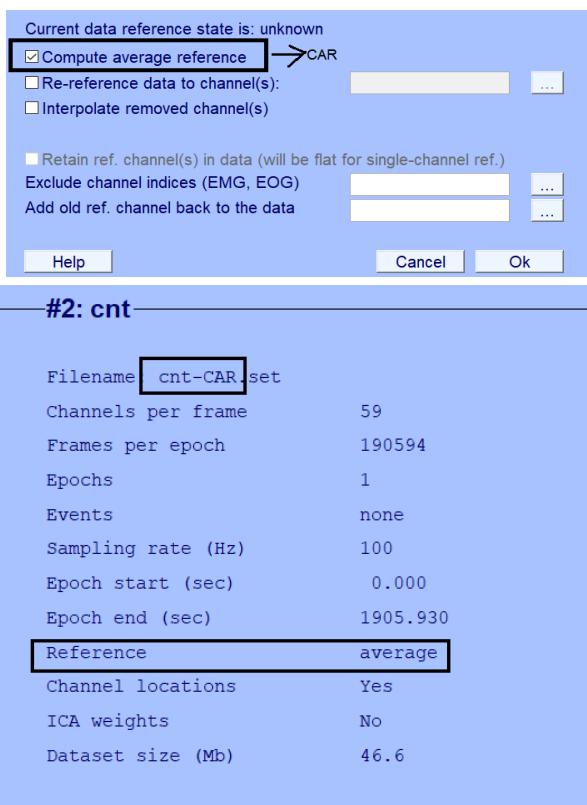
همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

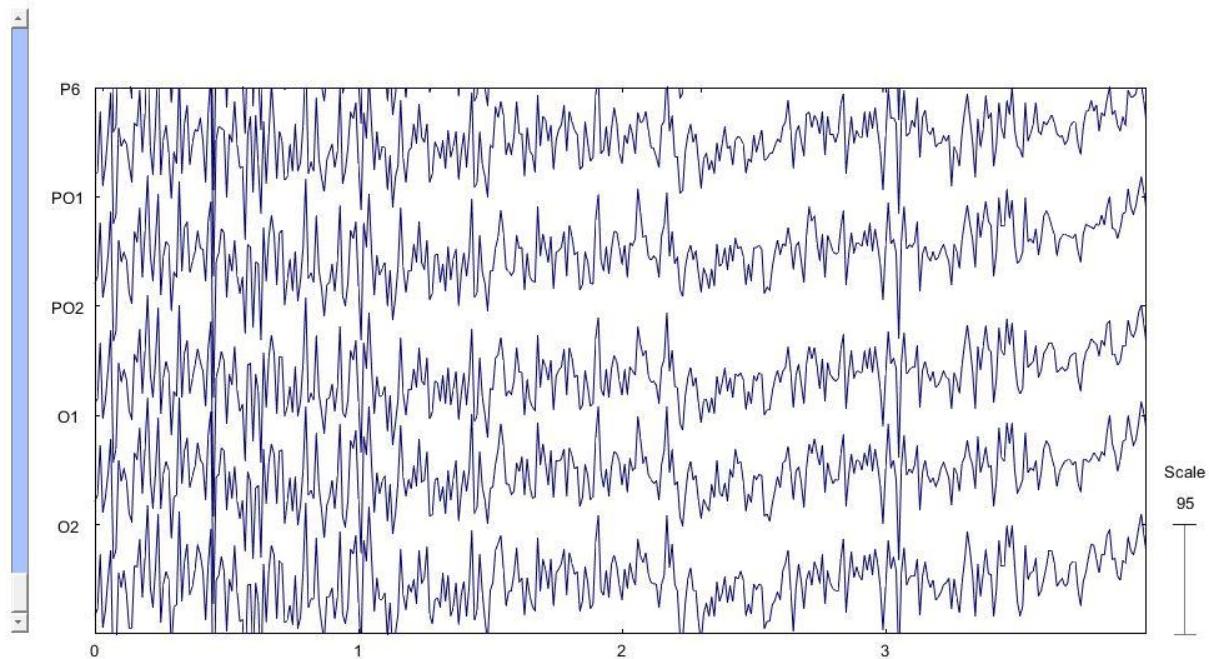
همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن

همین طور که در کارد علامت زده شکل رویرو می بینیم با مشخص کردن



(2) رفنس دهی با Single Mastoid

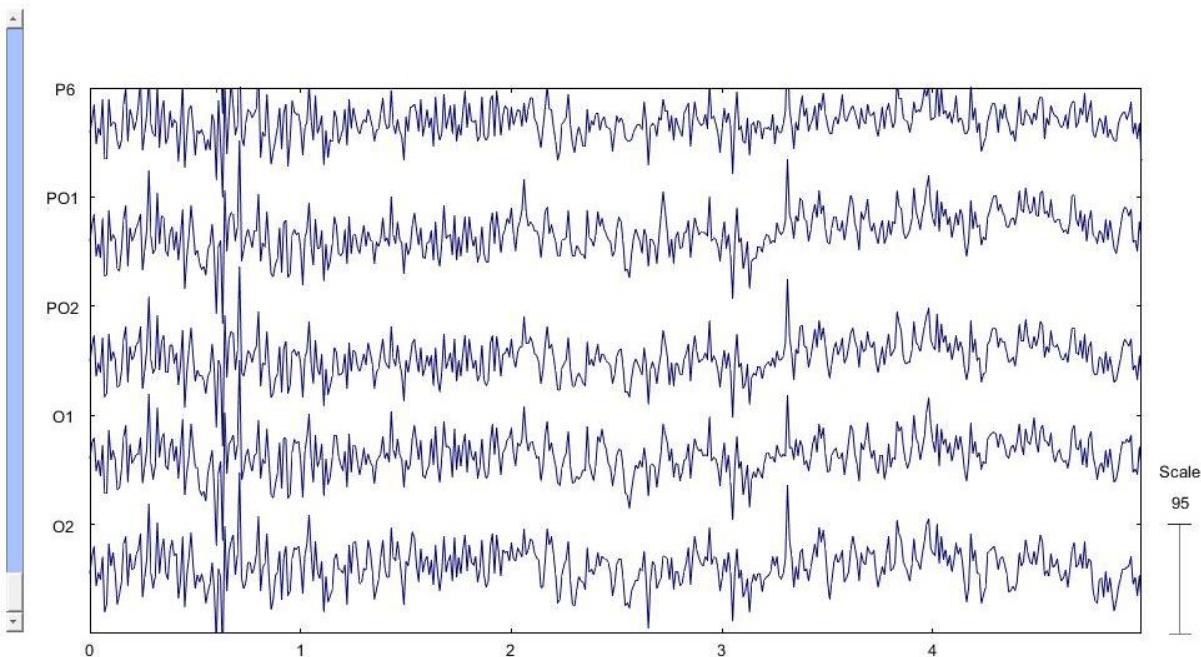
#5: cnt-singleMastoid	
Filename:	none
Channels per frame	58
Frames per epoch	190594
Epochs	1
Events	none
Sampling rate (Hz)	100
Epoch start (sec)	0.000
Epoch end (sec)	1905.930
Reference	T7
Channel locations	Yes



(3) رفنس دهی با Mastoids Average

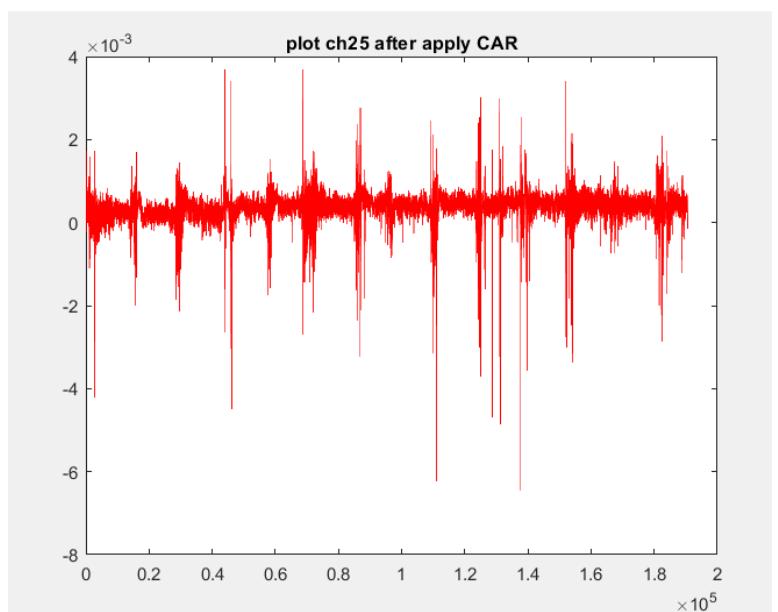
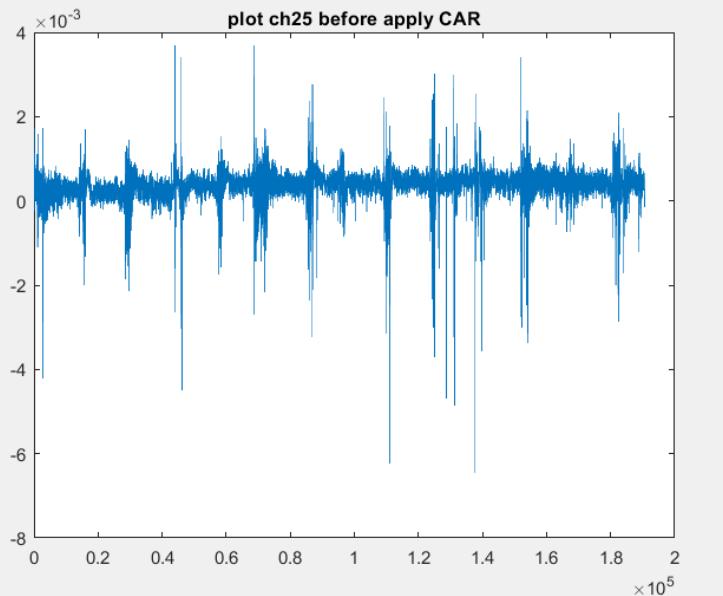
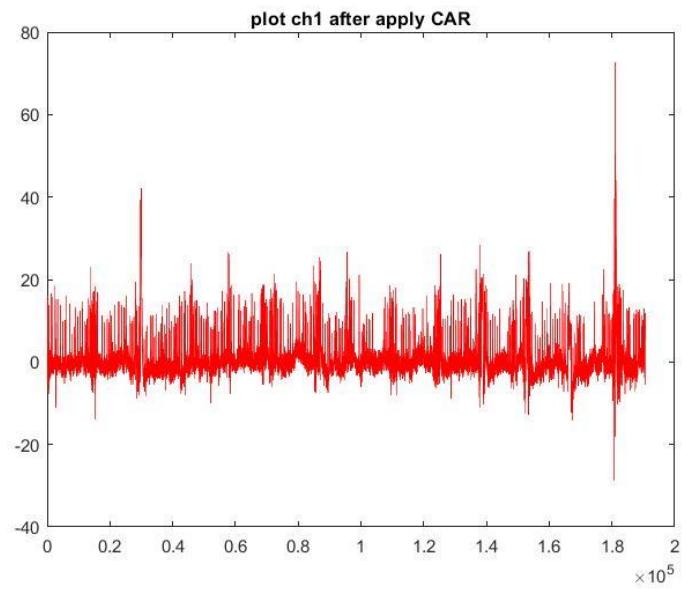
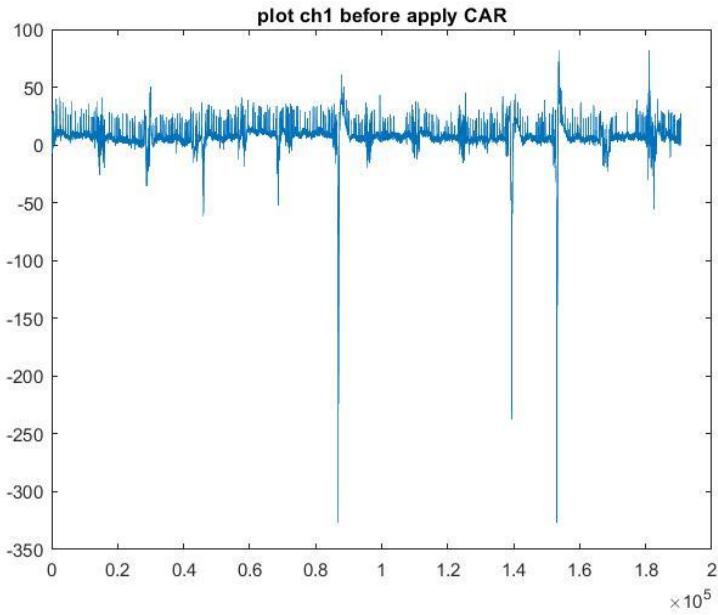
#3: cnt-averageMastoid

```
Filename: none
Channels per frame      57
Frames per epoch        190594
Epochs                  1
Events                  none
Sampling rate (Hz)      100
Epoch start (sec)       0.000
Epoch end (sec)         1905.930
Reference               T7 T8
Channel locations       Yes
```



سوال 2

(4) رفرنس دهی با کد برای CAR و مقایسه با نتایج EEGlab



همانطور که انتظار داشتیم فرقی بین نتایجی که با استفاده از EEGLab برای رفرنس دهی و خود متلب (کد) وجود ندارد

For motor imagery classification, the desired frequency band is 8–30 Hz. This frequency band contains alpha (8–13 Hz) and beta (14–30 Hz) waves.

بخش سوم :تغییر فرکانس

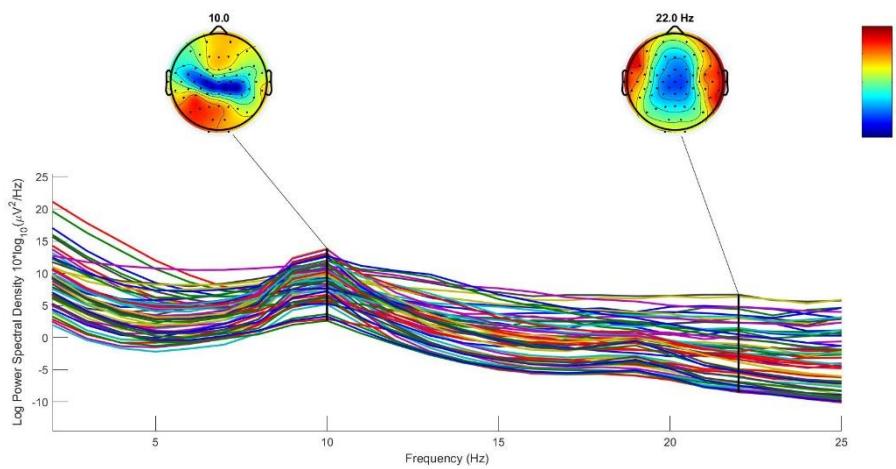
نمونه برداری

سوال 3

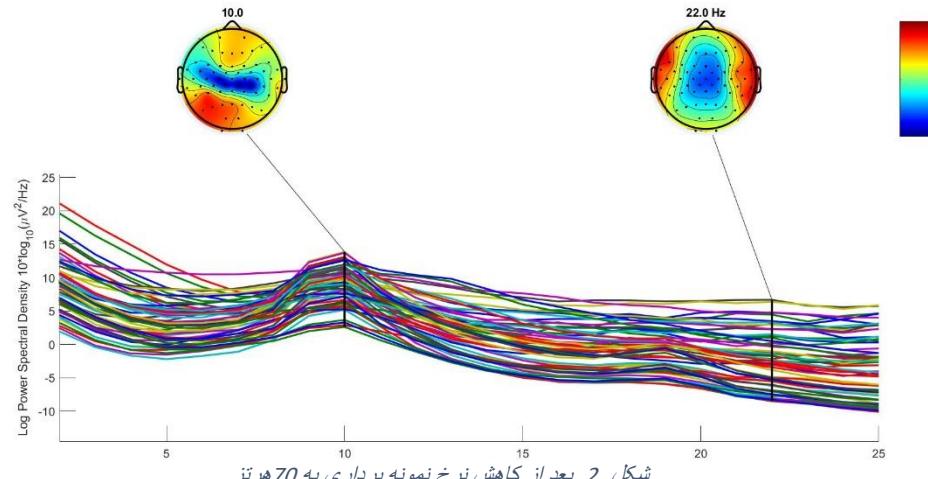
تغییر فرکانس نمونه برداری با توجه به تسک مورد نظرمان که motor imagery هست ،می باشد .برای همین اگر باند فرکانسی 8تا 30 هرتز را در نظر بگیریم ،بیشتر اطلاعات مربوط به تصور حرکتی را میتوانیم استخراج کنیم .همان طور که می دانیم فرکانس نمونه برداری دیتابست مون برابر 100 هرتز می باشد ،بنابراین کافی است این فرکانس را تقریبا به 60 یا 70 هرتز کاهش بدیم ،چراکه طبق قضیه نایکویست شنون اگر فرکانس نمونه برداری یک سیگنال برابر 60 هرتز باشد ،حداکثر اطلاعاتی که مولفه های فرکانسی آن دارند تا 30 هرتز می باشد .

با این توضیح پس می تونیم فرکانس را تا 60 هرتز کاهش بدیم که ما در اینجا تا 70 هرتز کاهش دادیم .

#3: cnt resampled70hz	
Filename:	none
Channels per frame	59
Frames per epoch	133416
Epochs	1
Events	none
Sampling rate (Hz)	70



شکل 1_قبل از کاهش نرخ نمونه برداری



شکل 2_بعد از کاهش نرخ نمونه برداری به 70 هرتز

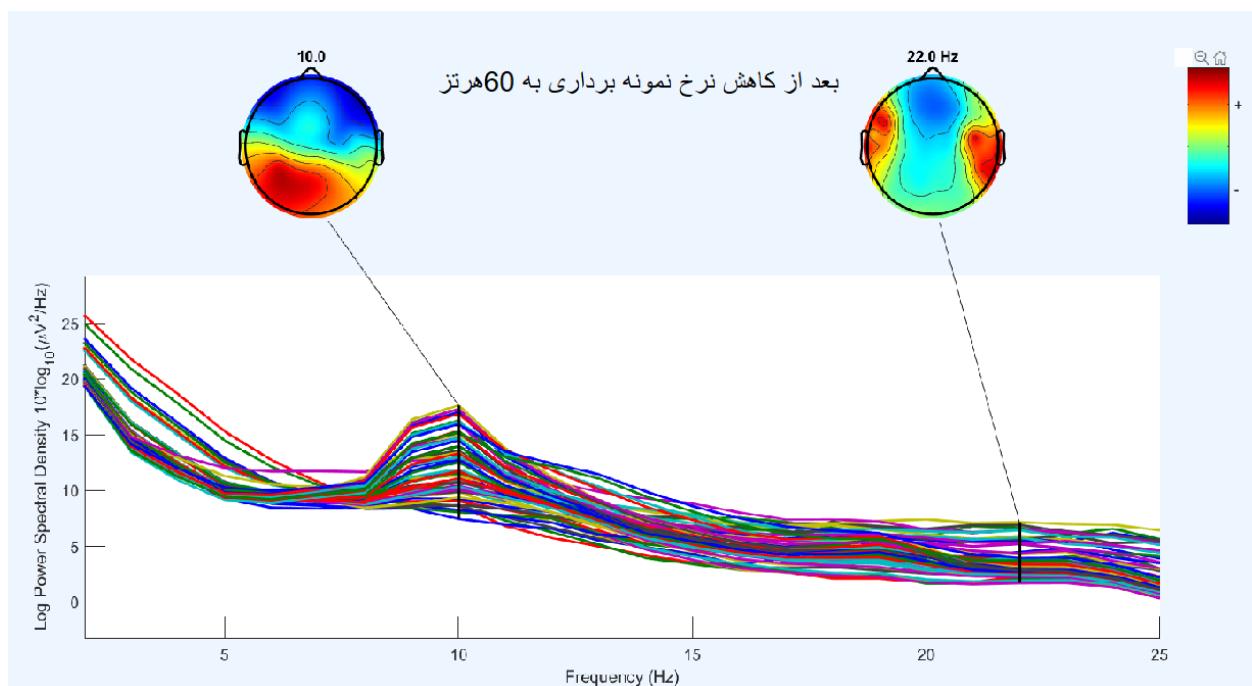
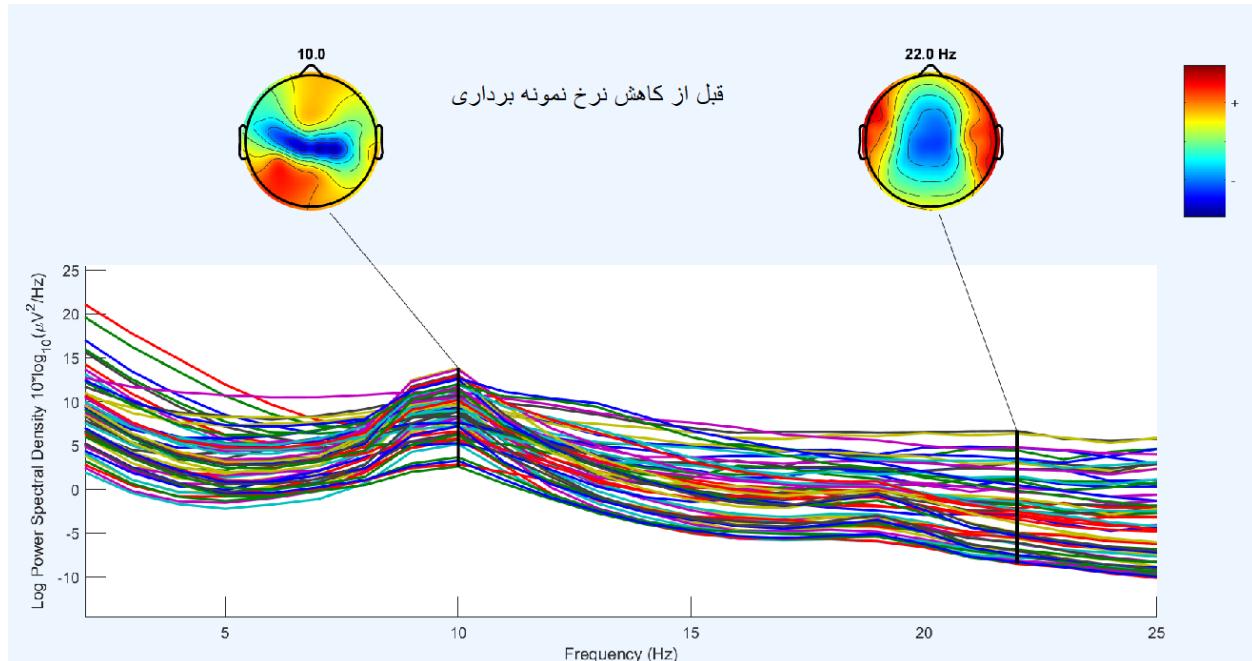
نتیجه :

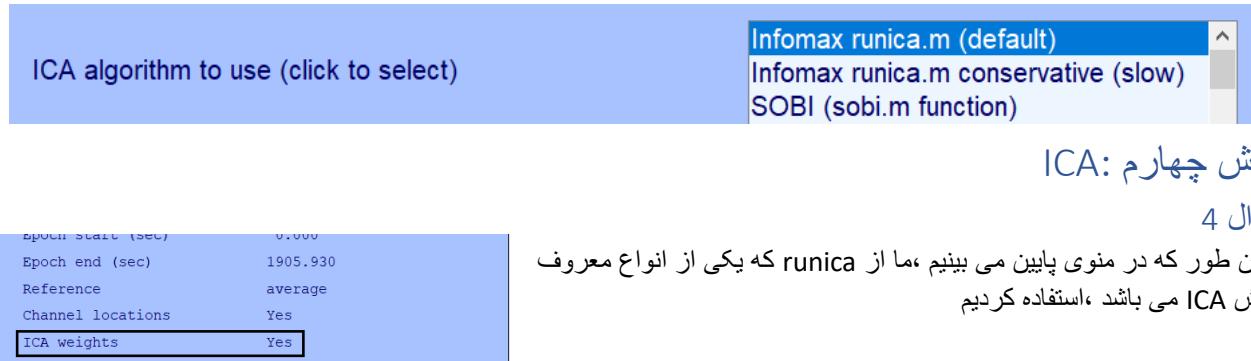
همانطور که انتظار داشتیم توپولات مربوط به باند های فرکانسی 8 تا 30 که در اینجا بعنوان نماینده باند الفا را 10 هرتز و نماینده باند بتا را 22 هرتز مشخص کردیم چه در دیتاست زمانی که فرکانس نمونه برداری 100 هرتز می باشد و چه در دیتاست مون بعد از کاهش نرخ نمونه برداری به 70 هرتز که همچنان اطلاعات این باندها را شامل می شود، یکی می باشد.

#4: cnt resampled60hz	
Filename:	none
Channels per frame	59
Frames per epoch	114357
Epochs	1
Events	none
Sampling rate (Hz)	60

قبل از کاهش نرخ نمونه برداری $f_s = 100 \text{ Hz}$

بعد از کاهش نرخ نمونه برداری $f_s = 60 \text{ Hz}$





بخش چهارم: ICA

سوال 4

همین طور که در منوی پایین می بینیم، ما از runica که یکی از انواع معروف روش ICA می باشد، استفاده کردیم

بعد از اینکه صبر کردیم و مراحل شبیه سازی انجام شود قسمت مربوط که با کارد مشکی مشخص هست در شکل پایین، را می بینیم

مقایسه الگوریتم ها

الگوریتم Infomax: در واقع بطور خلاصه تمرکز آن بر روی مشخصات آماری سیگنال می باشد و سعی میکند که

component هایی را پیدا کند که از لحاظ آماری مستقل از هم باشد

الگوریتم Infomax(slow): شبیه الگوریتم Infomax می باشد با این تفاوت که حالت محافظانه تری می باشد بنابراین

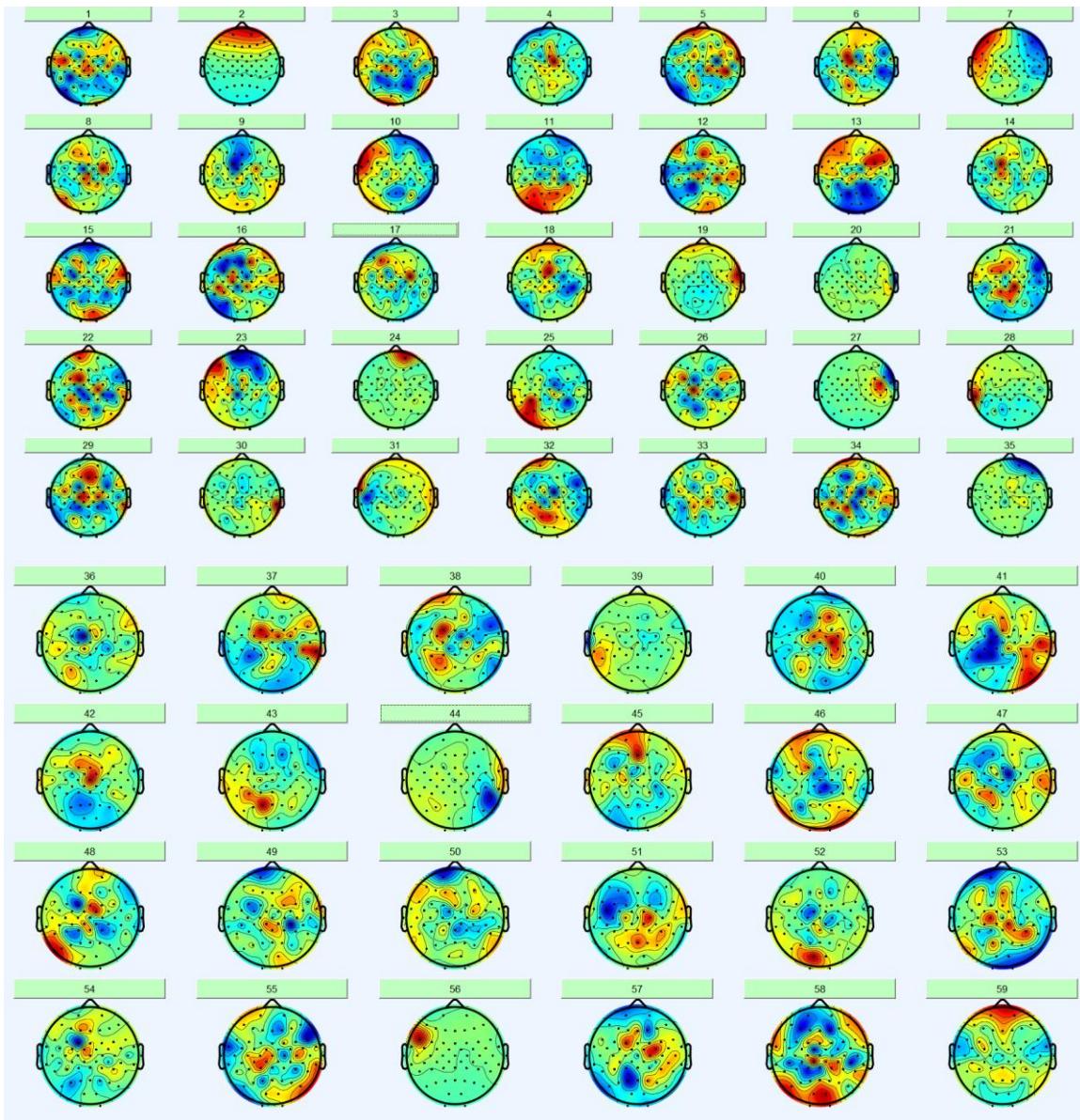
احتمالاً زمان بیشتری نیاز به اجرا دارد ولی دقت بیشتری برای تشخیص Component هایی که نویزی می باشد، به ما

میدهد.

الگوریتم SOBI: تقریباً شبیه همون الگوریتم infomax کار میکند با این تفاوت که علاوه به اینکه تمرکز داره که

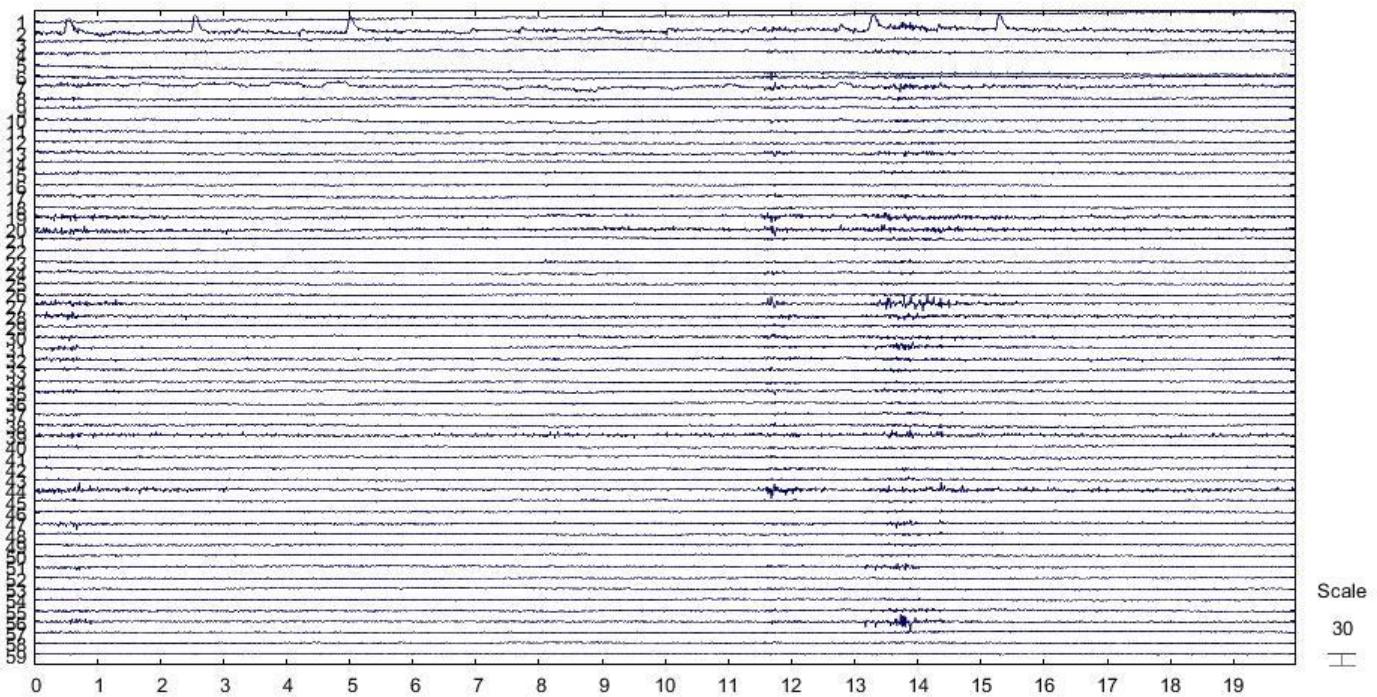
compoent ها مستقل از هم باشند به روابط زمانی این مولفه نیز توجه داره و هدفش این هست که در زمان نیز این مولفه

ها مستقل از هم باشند.

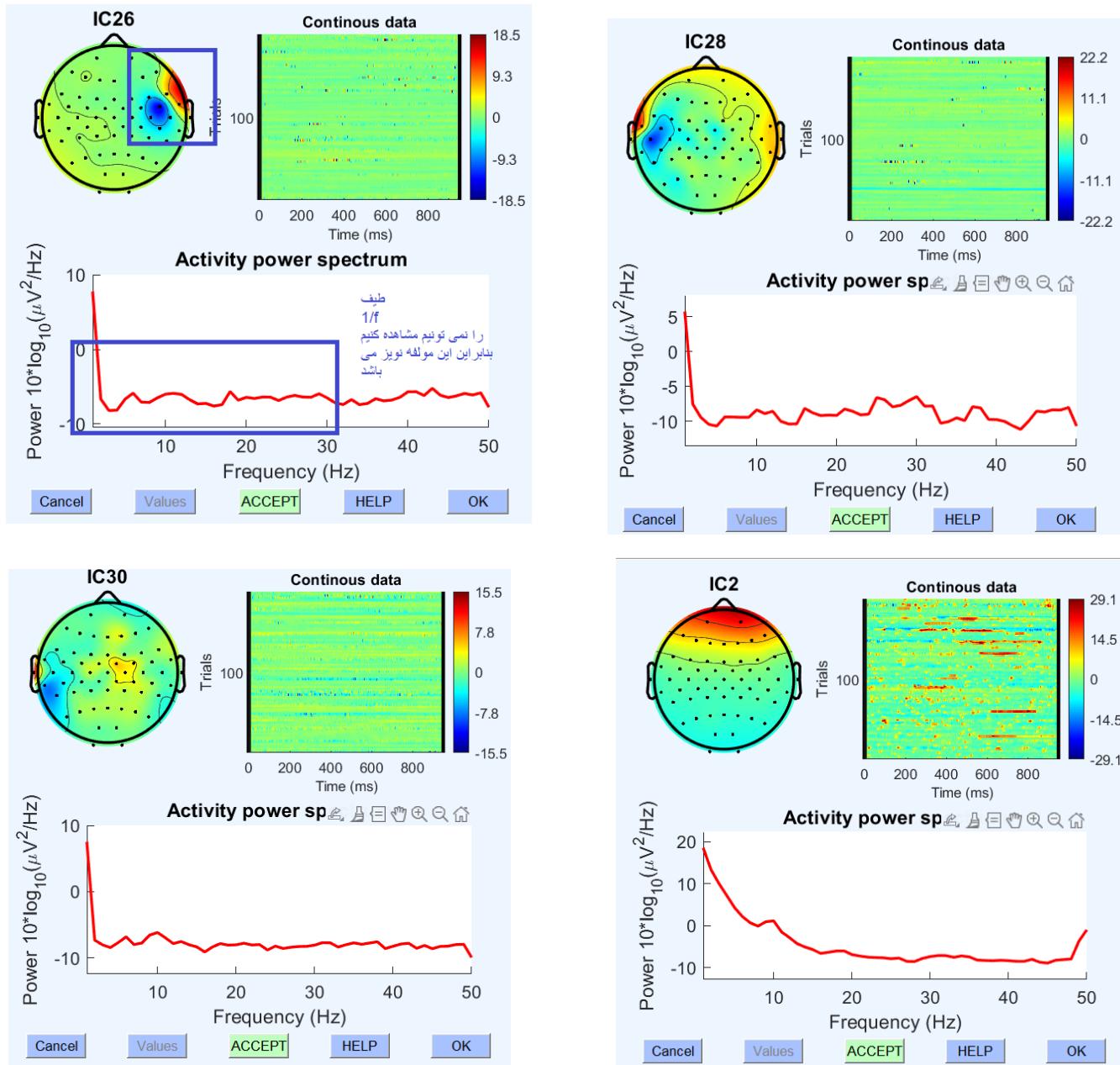


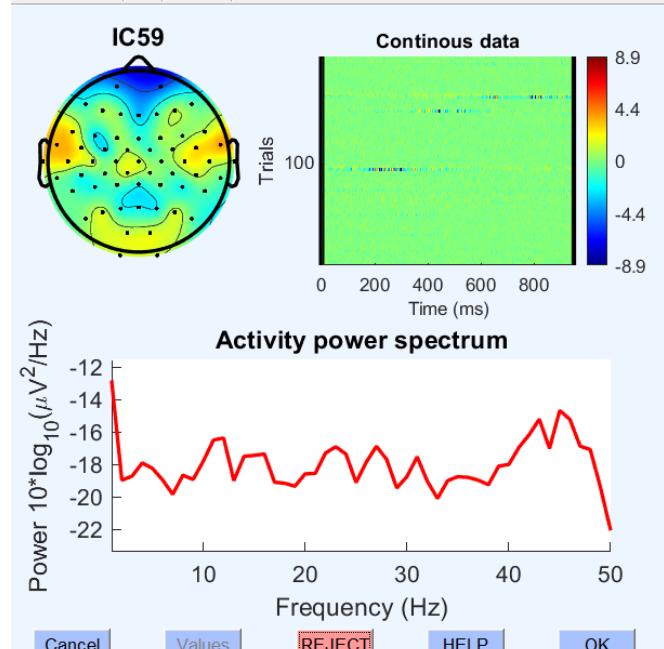
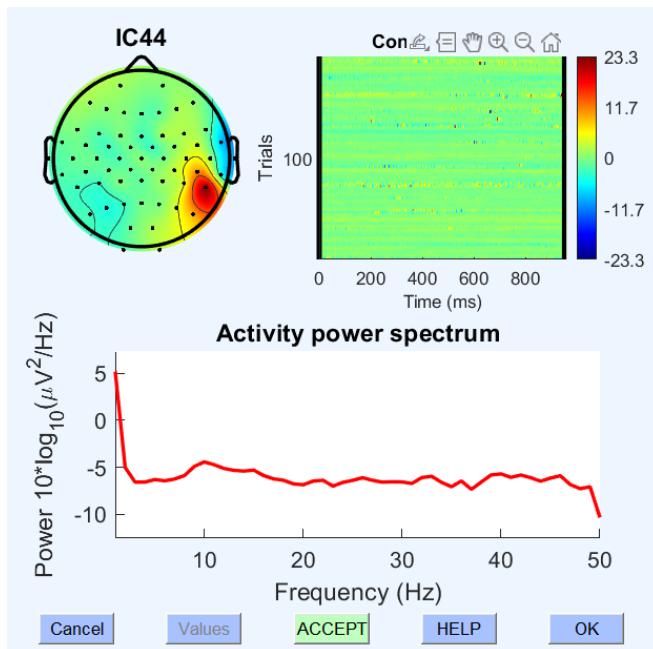
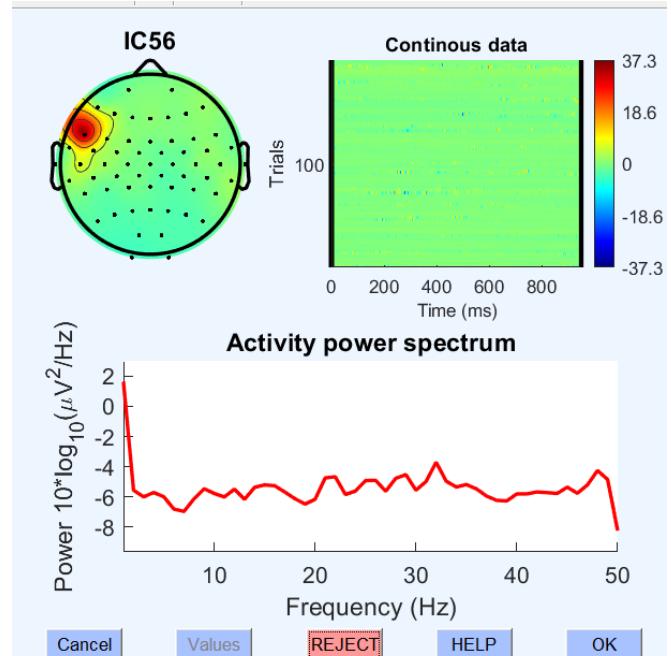
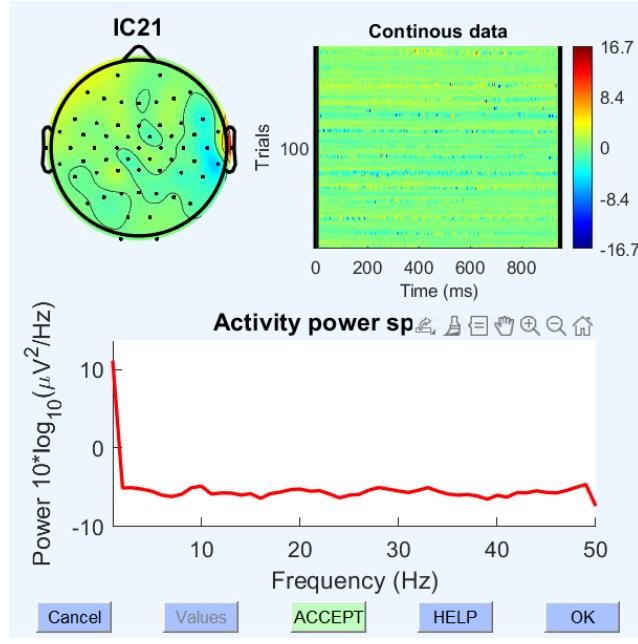
نمایش component‌ها را در شکل بالا می‌بینیم، 59 تا component داریم که می‌توانیم با استفاده از اطلاعاتی که هر کدام از این component‌ها بهمون میده به خوبی تشخیص بدیم که کدام یک از این component‌ها حاوی اطلاعات سیگنال و کدام یک از انها نویز می‌باشد.

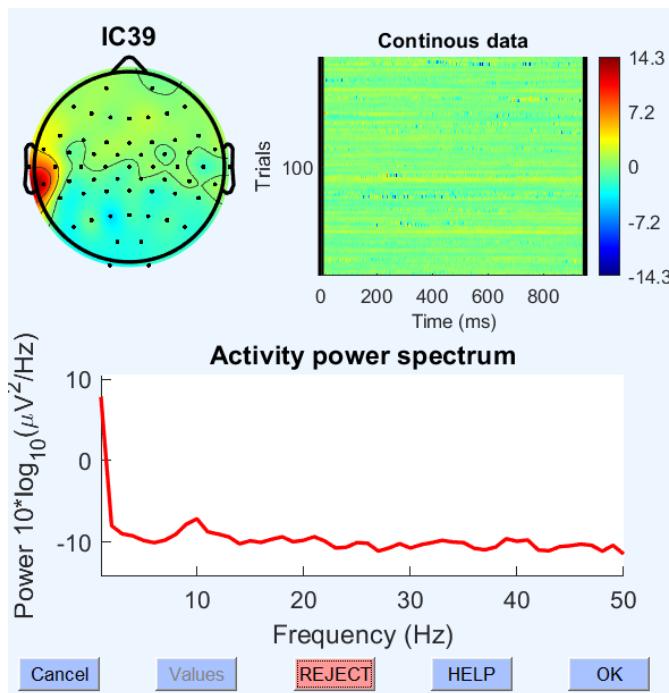
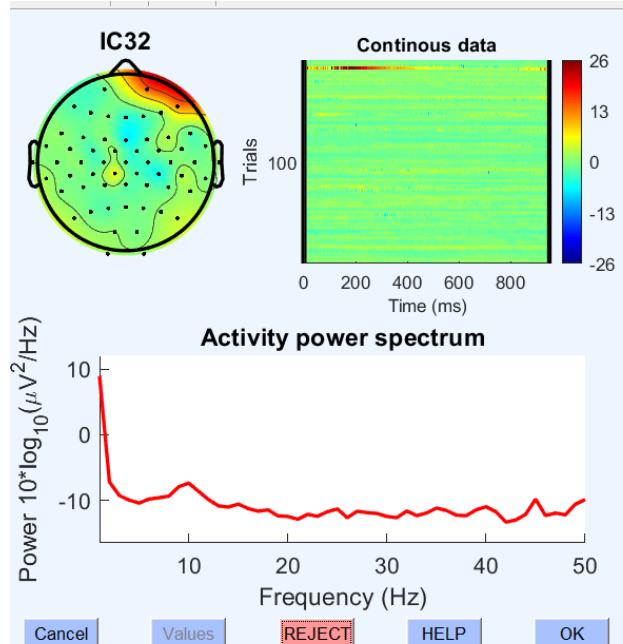
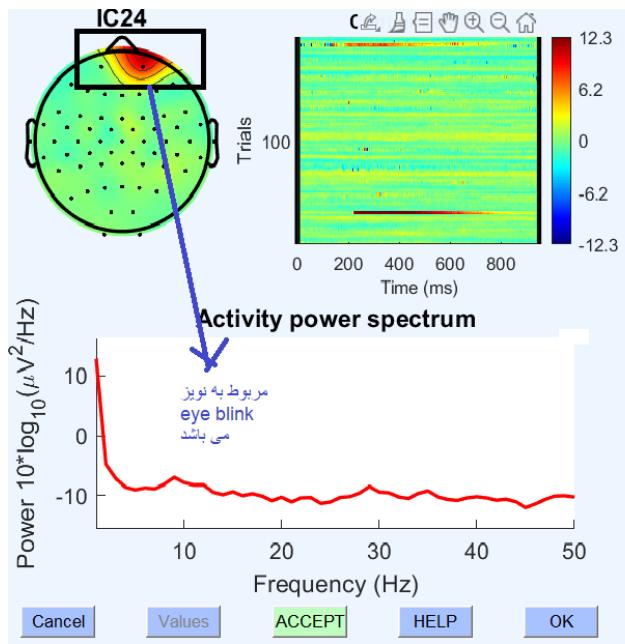
در شکل پایین نیز می توانیم Component 59 را در حوزه زمان ببینیم تا با استفاده از هم توپوپلات و هم در حوزه زمان بهتر بررسی کنیم که کدام یک از component‌ها حاوی نویز می باشند

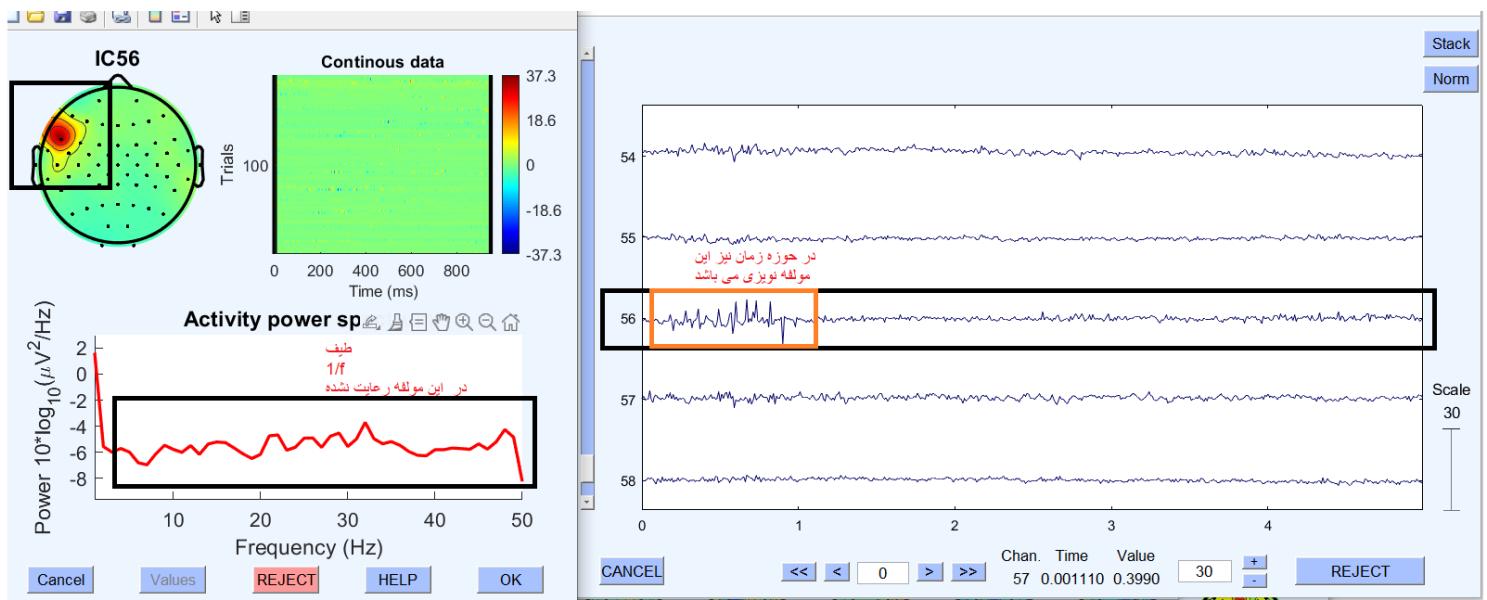


برای اینکه بتونیم بهتر تشخیص بدیم که کدام یک از این 59، Component اطلاعات نویزی می باشد، می تونیم نمایش سیگنال آن را در حوزه زمان و همچنین فرکانس بررسی کنیم. در ادامه component‌هایی که به نظر می رسد نویزی می باشد را مورد بررسی قرار دادیم









همین طور که در کادر پایین نیز مشخص می باشد این component ها را بعنوان نویزی در نظر گرفتیم و قصد داریم این ها را حذف کنیم

Components [2,21,24,26,28,30,32,39,44,56,59] flagged for rejection.

Do you want to remove these components?

Note: we recommend removing components in STUDY instead

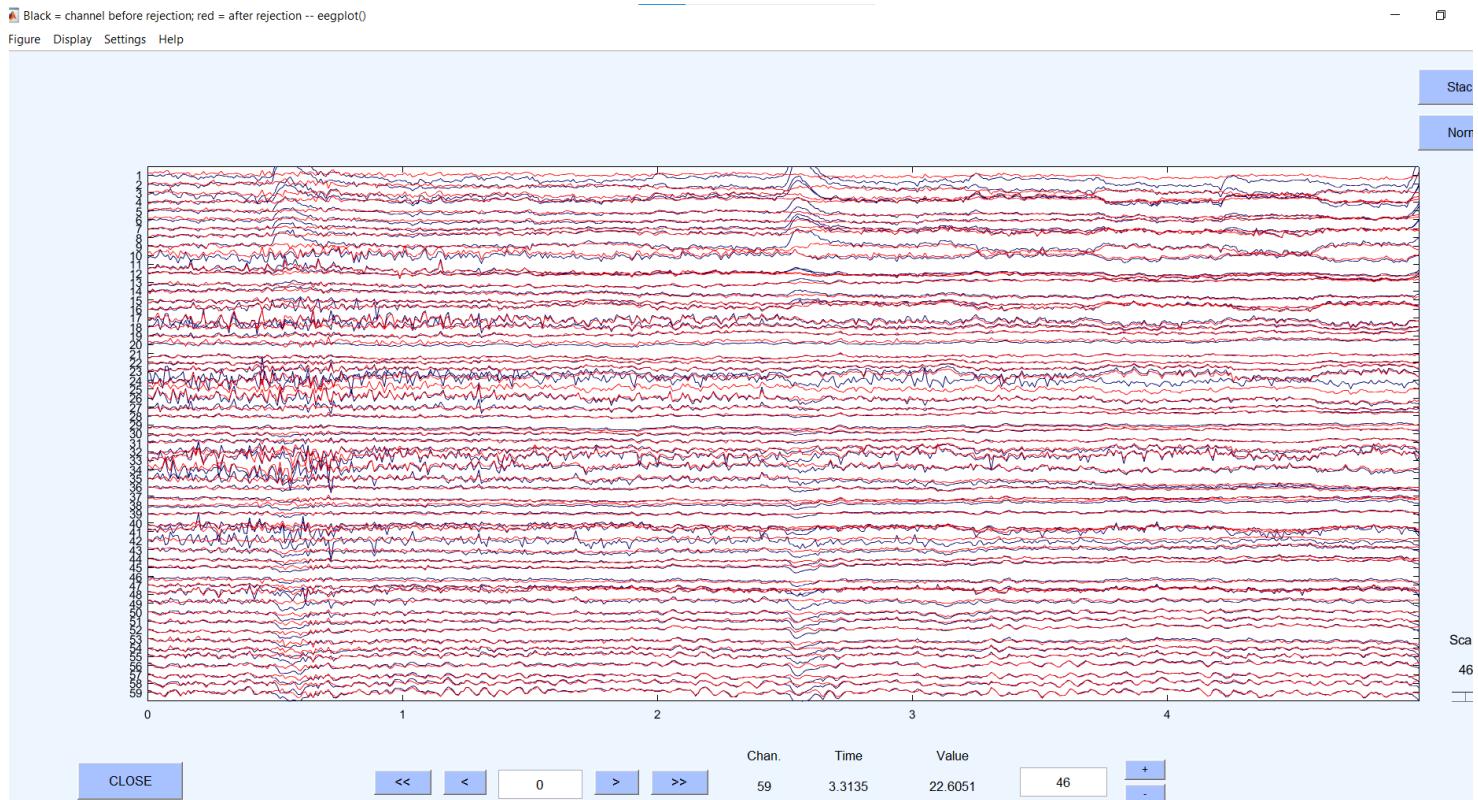
Cancel

Manual rej.

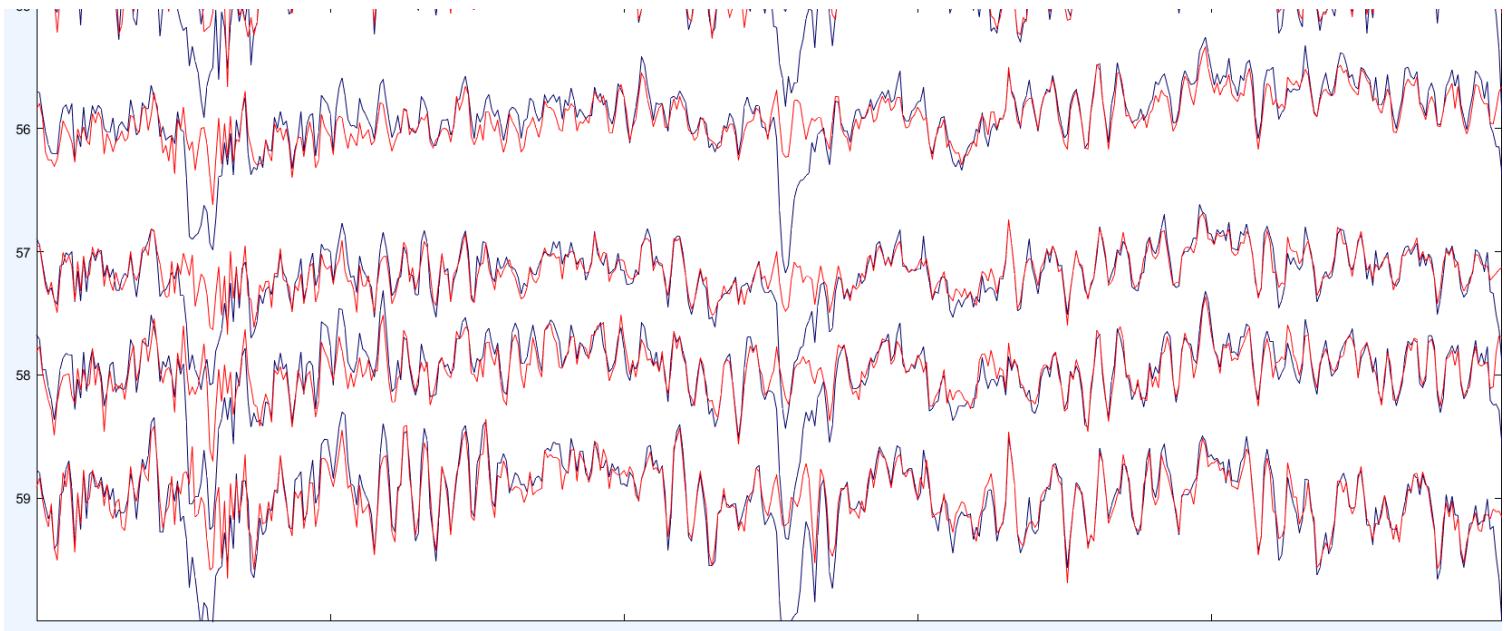
Yes

قبل از اینکه component‌های حاوی نویز را حذف کنیم، میتوانیم نمایش همزمان component‌ها قبل از اجرای حذف و

بعد از اجرای حذف که با رنگ قرمز مشخص می‌باشد را در شکل پایین ببینیم



شکل پایین در واقع همان شکل صفحه‌ی قبل می‌باشد با این توضیح که صرفاً یک بزرگنمایی انجام دادیم تا آخر را بهتر مشاهده کنیم و مقایسه بهتری داشته باشیم که بعد از حذف این component‌های نویزی، به چه صورت می‌شود که با رنگ قرمز مشخص هستند (بعد از حذف یک سری از component‌ها)



استفاده از الگوریتم SOBI برای بدست آوردن Component ها

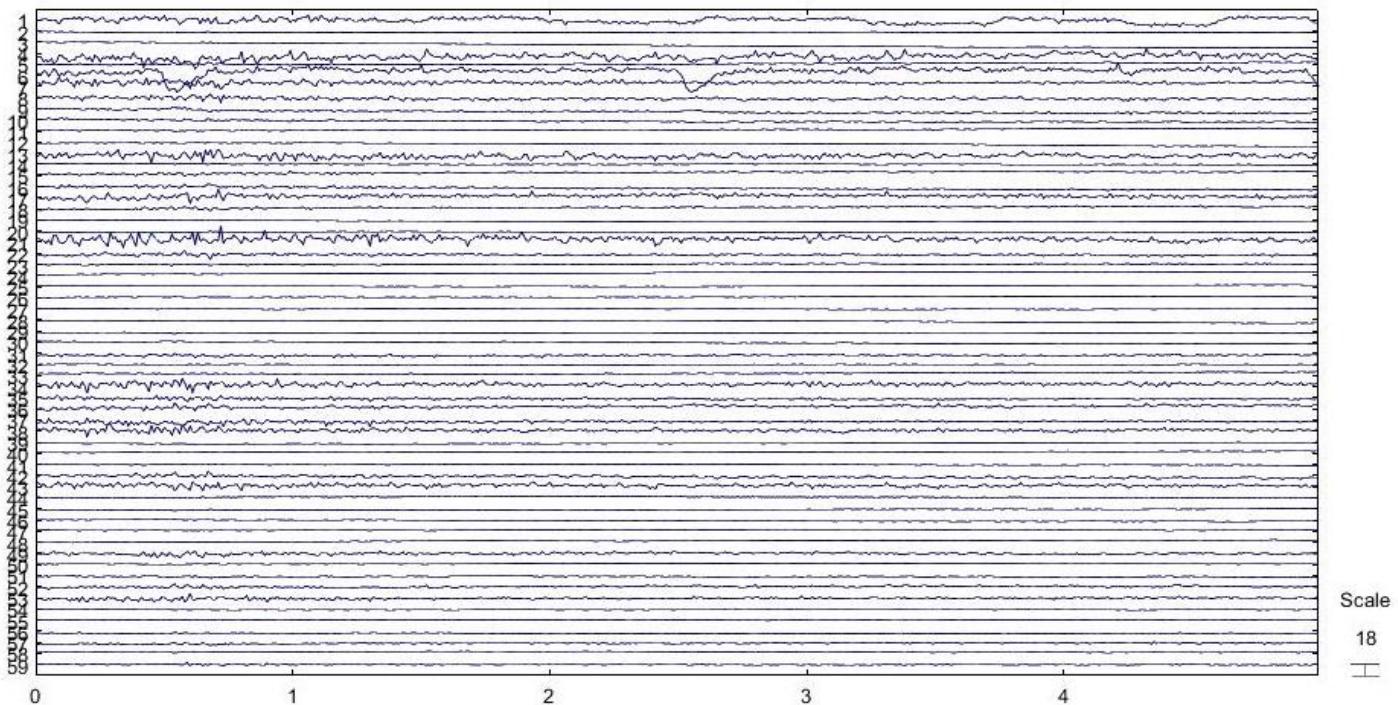
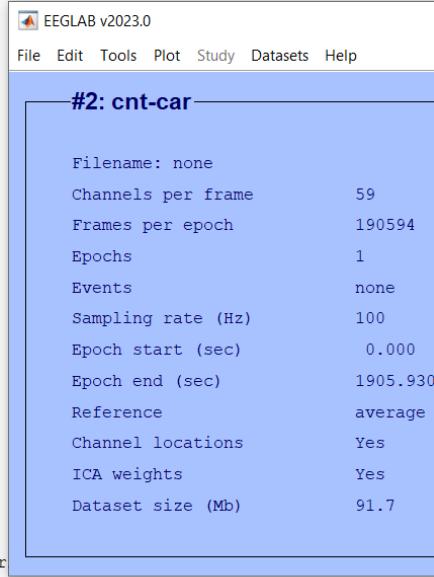
```

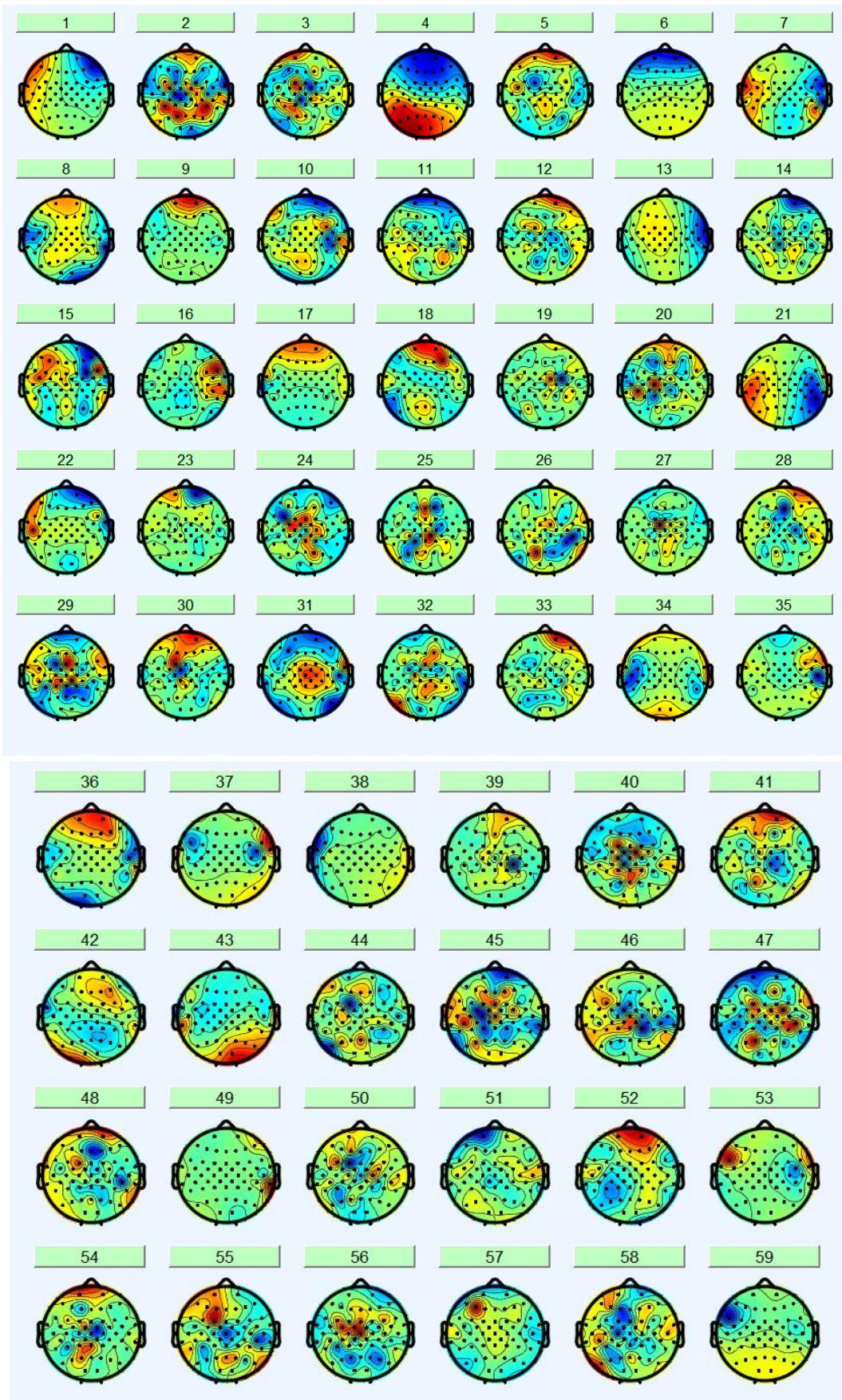
Attempting to convert data matrix to double precision for more accurate ICA results.

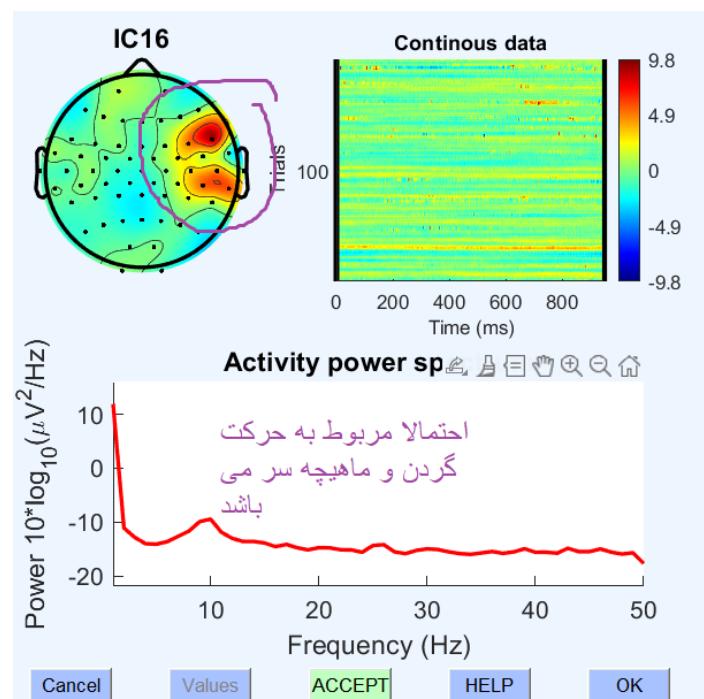
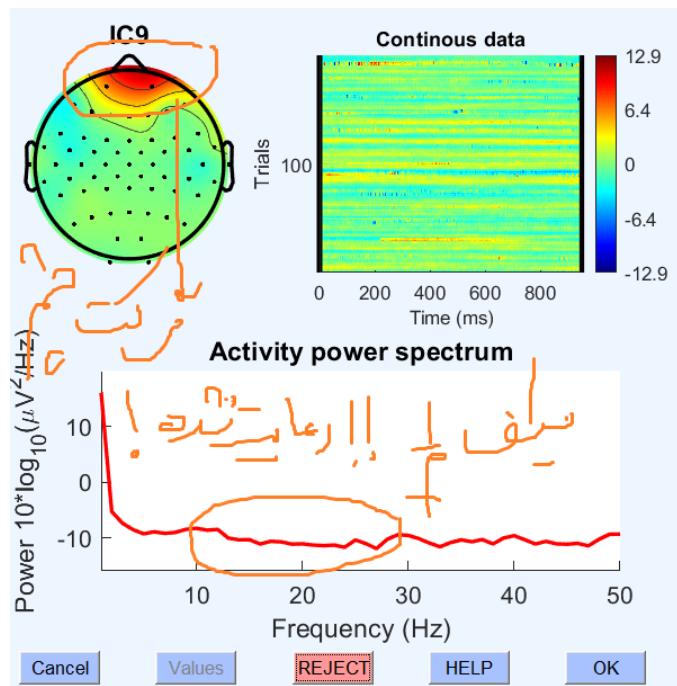
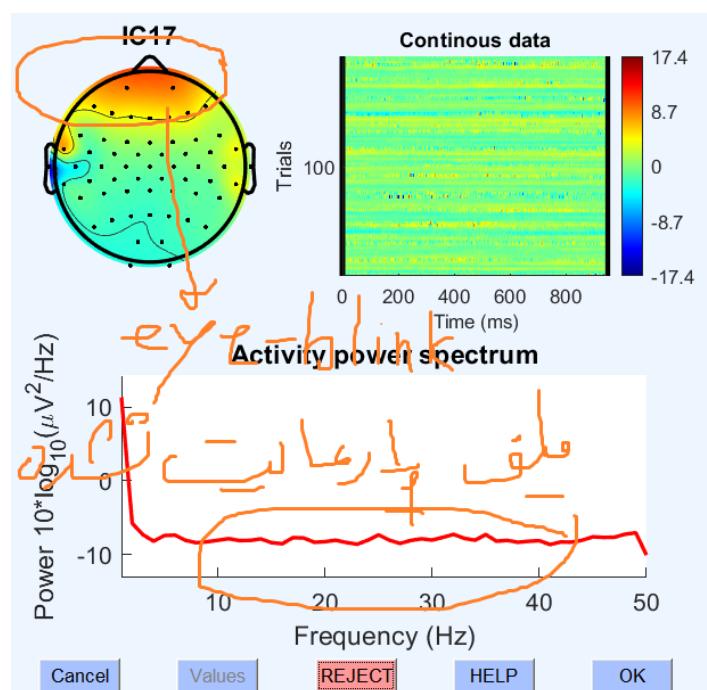
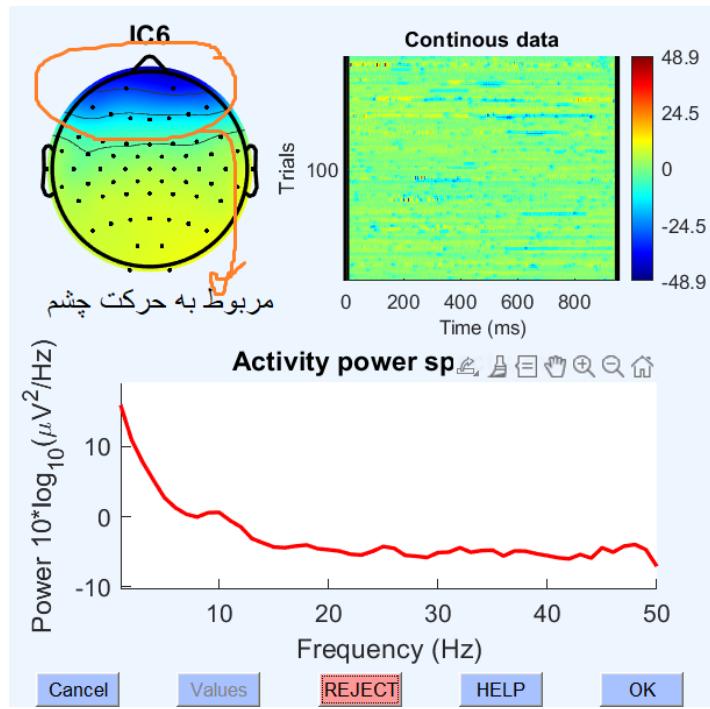
1 step
2 step
3 step
4 step زمانی که از الگوریتم
5 step SOBI
6 step استفاده میکنیم
7 step با تعداد استپ های خیلی کمتری و در
8 step نتیجه زمان کمتری میرد که به مولفه ها
9 step بررسیم
10 step
11 step
12 step
13 step
14 step
15 step
16 step
17 step
18 step
19 step
20 step
21 step
22 step
Scaling components to RMS microvolt
eeg_checkset: recomputing the ICA activation matr
Done.

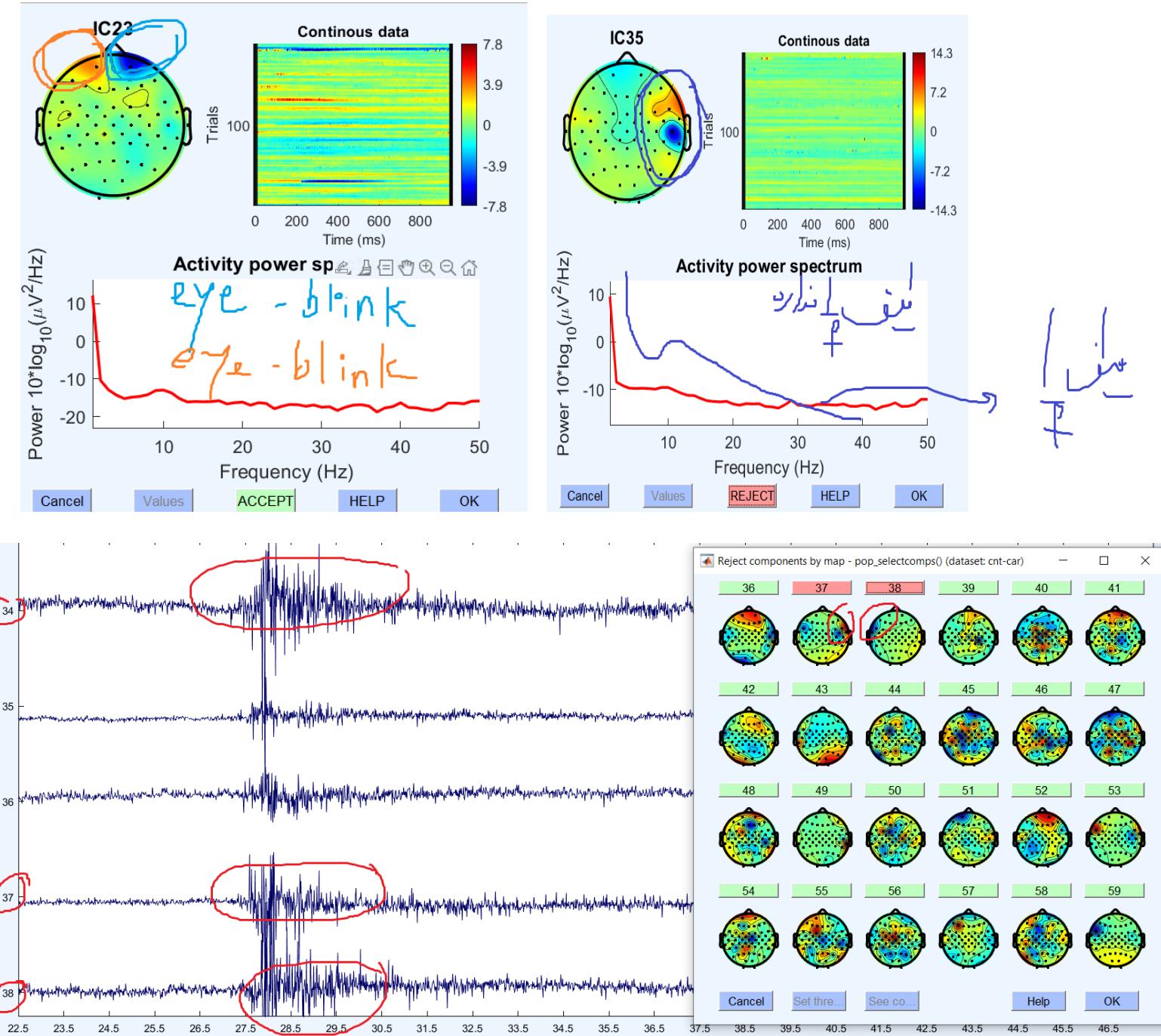
...

```









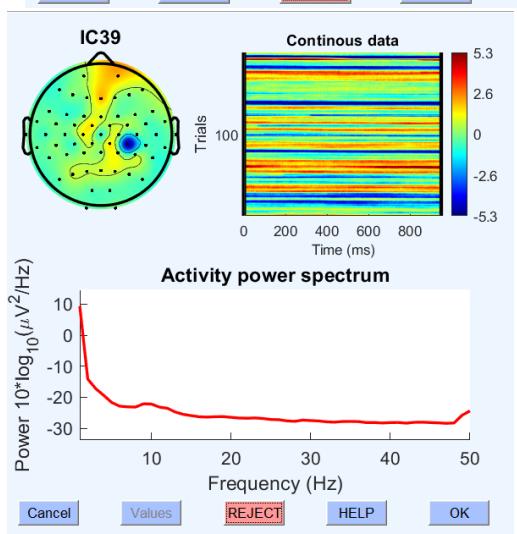
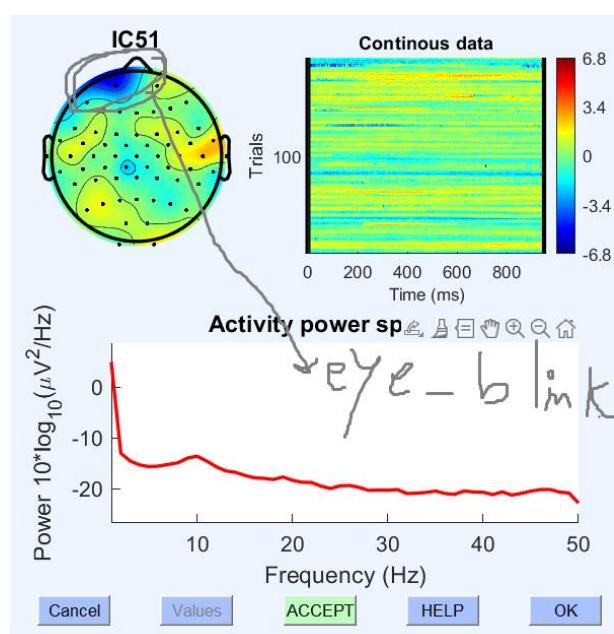
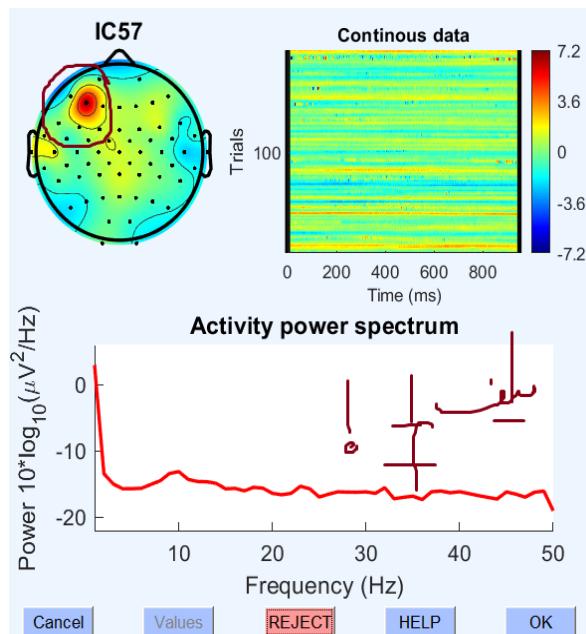
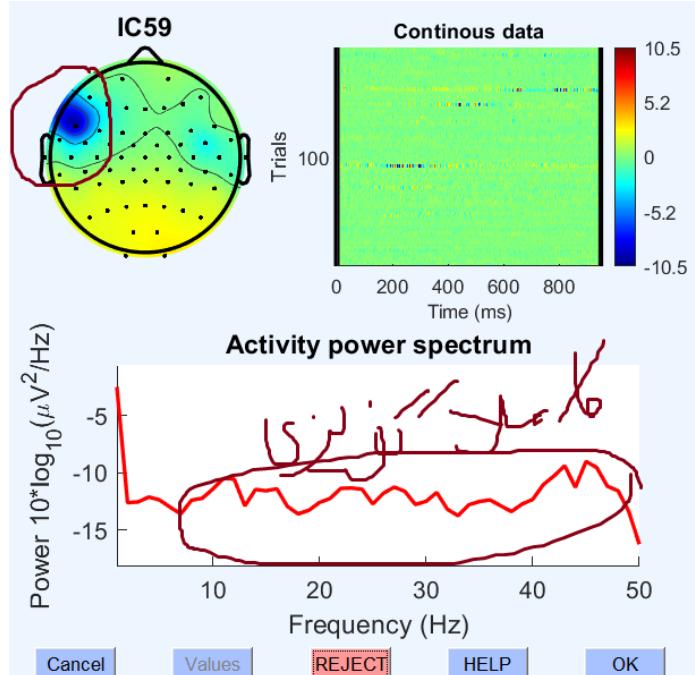
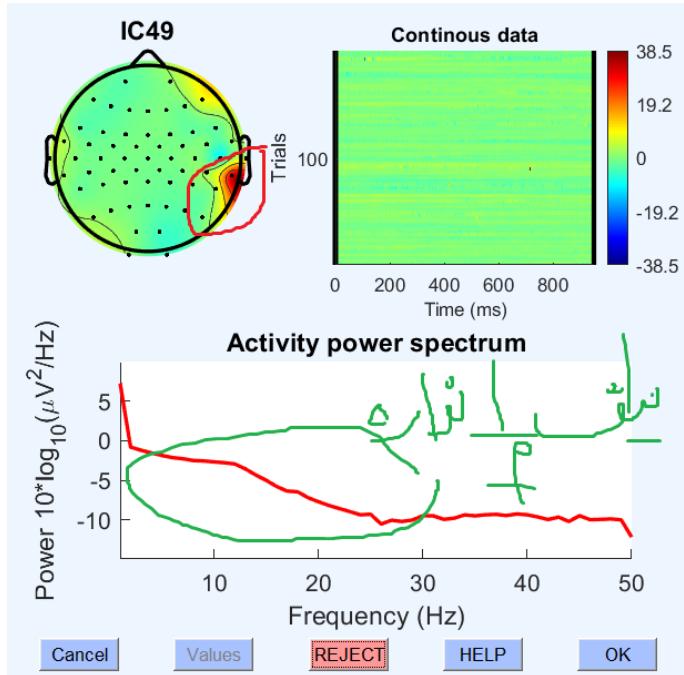
به وسیله تحلیل شکل بالا نیز می تونیم درایبیم کدام Component‌ها نویزی هستند، به این صورت نمایش حوزه زمان

این مولفه‌ها را در شکل بالا سمت چپ مشاهده می‌کنیم، همین طور توپو پلات این مولفه‌ها را در شکل بالا سمت راست

می‌بینیم، می تونیم نتیجه بگیریم که Component‌ها یا مولفه‌هایی که از طریق topo پلات آنها شک برانگیز هستند در

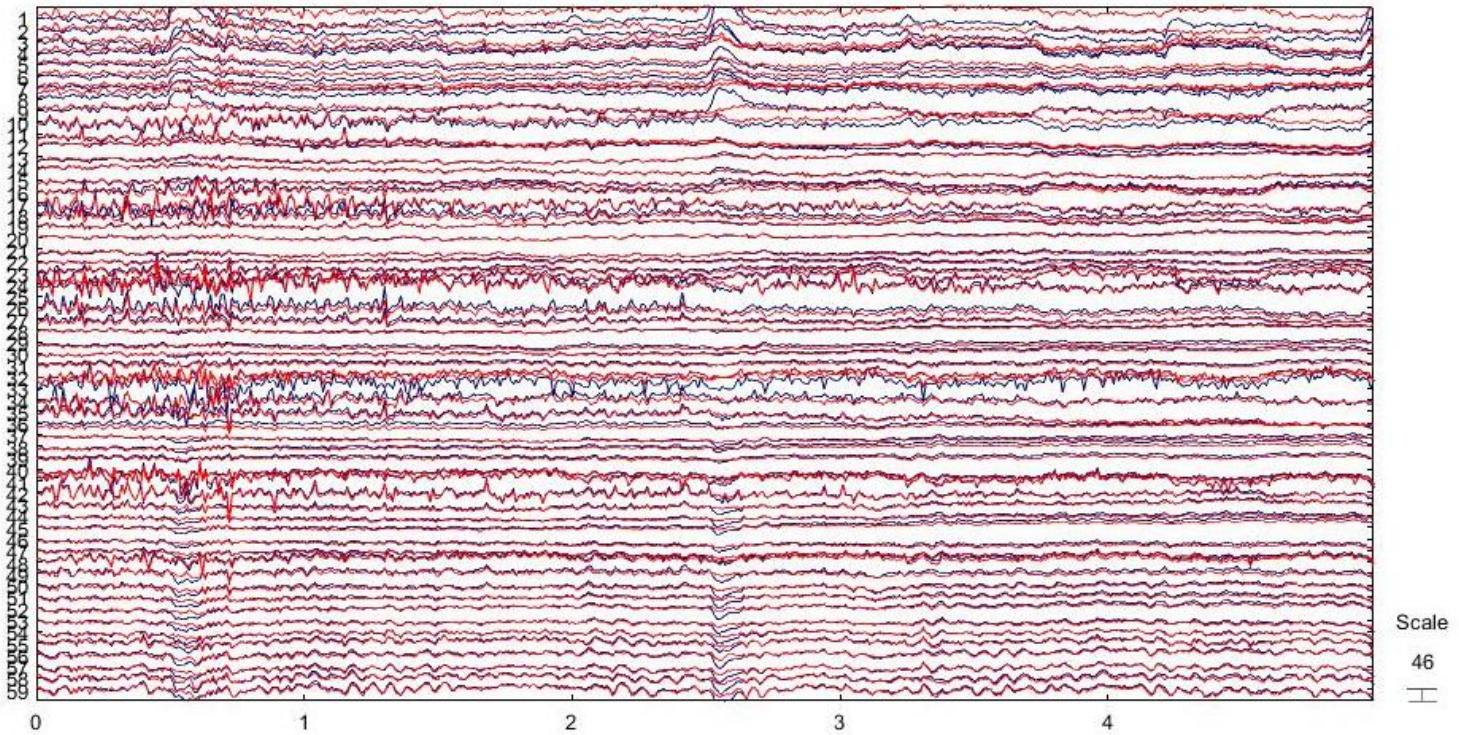
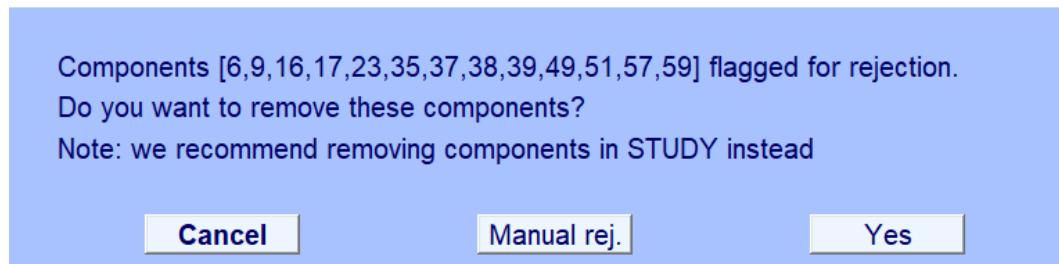
حوزه زمان نیز رفتار نویزی از خودشان نشان میدهند مانند مولفه‌های 38 و 37 و 34 که در شکل بالا علامت گذاری

کردیم بعنوان مولفه‌های نویزی.



حالا نوبت به این می رسد که بعد از تحلیل تمامی مولفه ها، مولفه هایی که با احتمال خیلی بالای نویزی هستند را حذف

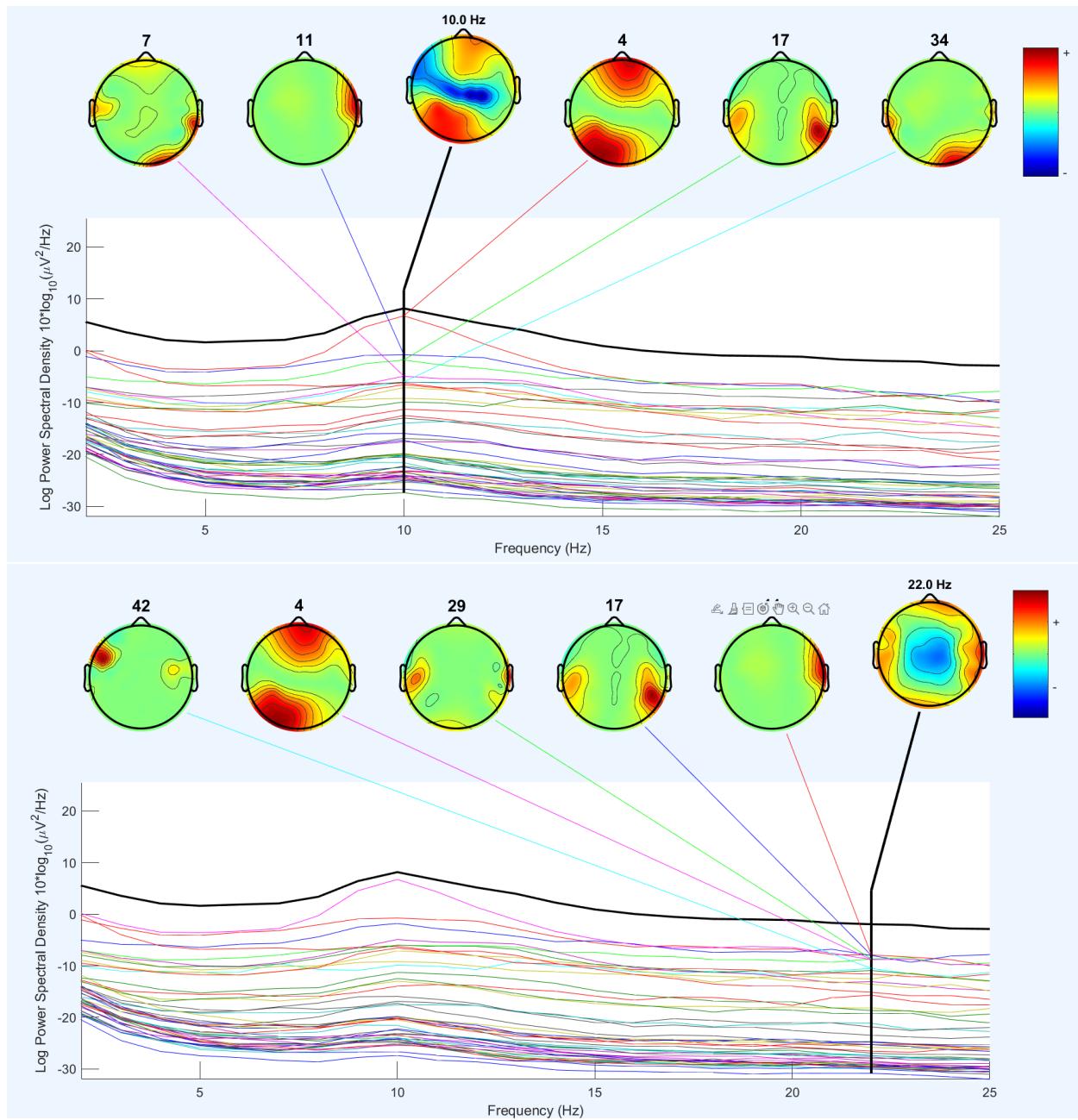
کنیم و نتیجه مانند شکل پایین بدست می اوریم :

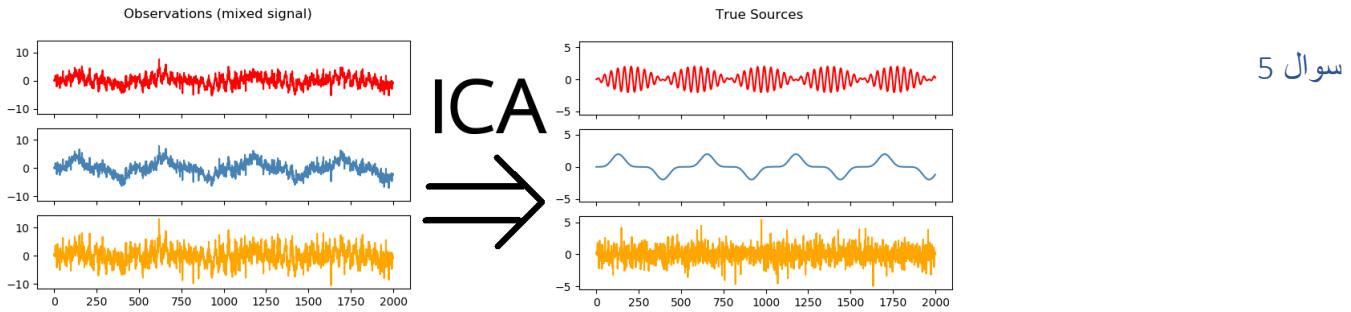


در ادامه نیز نمایش مولفه هایی که با استفاده از الگوریتم SOBI بدست می ایند را در حوزه فرکانس برای خصوصاً دو

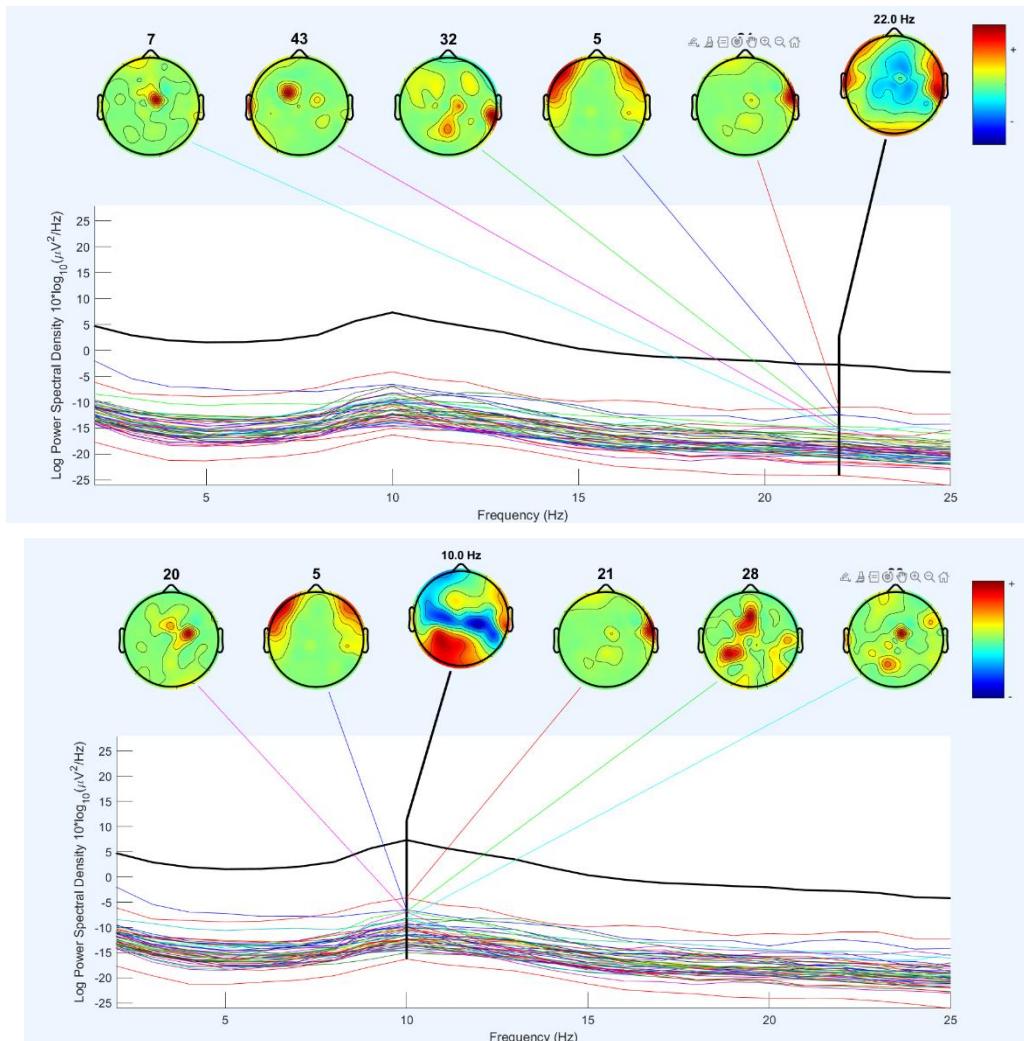
باند مطرح تسک تصور حرکتی ینی آلفا و بتا که در اینجا ما مولفه های فرکانسی 10 و 22 هرتز می باشد را در نظر

گرفتیم؛ نمایش می دهیم :

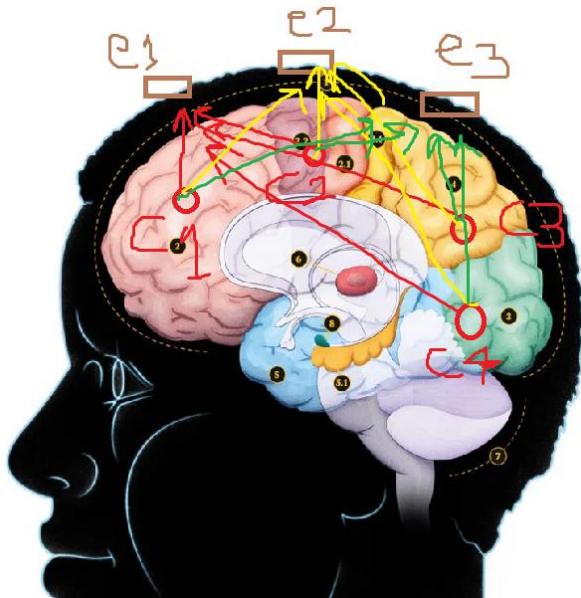




در جواب این سوال که آیا میتوان از component‌هایی که با استفاده ICA بدست آوردیم؛ برای ویژگی‌ها استفاده کردیم باید بگیم بله می‌توانیم از component‌هایی که حاوی سیگنال EEG می‌باشند و دیگر نویز ندارند استفاده کنیم، در شکل پایین نیز همانطور که می‌بینیم نمایش تopoپلات Component‌ها را در حوزه فرکانس می‌بینیم که می‌توانیم در نظر بگیریم بنابراین حاوی اطلاعات خوبی برای این مسئله‌ی مورد نظر مون هستند.



در دو شکل روبرو نیز نمایش مولفه‌هایی که با استفاده از الگوریتم RUNICA بدست می‌آیند را در حوزه فرکانس برای خصوصاً دو باند مطرح تسلیت نصیر حرکتی یعنی آلفا و بتا که در اینجا ما مولفه‌های فرکانسی 10 و 22 هرتز می‌باشد را در نظر گرفته‌ی نمایش می‌دهیم:



تقاوت در سطح منبع و سطح سنسور :

همین طور که در شکل بالا می بینیم بعنوان مثال 4تا COMPOENT در نظر گرفتیم و با 3 الکترود ثبت را انجام می دهیم، با توجه به ماتریسی که از شکل بالا نیز بدست آمده، سهم هر کدام از Component ها که به الکترود مورد نظر نزدیک تر باشد، بیشتر می باشد، بعنوان مثال سهم C1 در الکترود E1 بیشتر می باشد نسبت به سهم C4 در الکترود E1

مزایا و معایب استفاده از اطلاعات سطح منبع و سطح سنسور:

در اینجا مثلاً وقتی از اطلاعات C4 استفاده میکنیم می دانیم که اکثر اطلاعات آن مربوط به بینایی می باشد چراکه مولفه‌ی مربوط به قسمت Occipital می باشد ولی وقتی از اطلاعات الکترود E3 استفاده کنیم در واقع صرفاً از یک ناحیه اطلاعات نداریم و از هر کدام از ناحیه به یک مقدار هم با توجه به نزدیک بودن الکترود مورد نظر به ناحیه محل ثبت تغییر میکند، می باشد.

بطور خلاصه می تونیم نتیجه گیری بصورت زیر داشته باشیم :

اطلاعات در سطح منبع چندین مزیت دارد در واقع استفاده از ICA برای بدست آوردن آن این خوبی ها را دارد :، از جمله حذف مصنوعات، بهبود مکان یابی فضایی، کاهش ابعاد داده ها و عملکرد طبقه بندی پیشرفته. با این حال، اثربخشی ICA به کیفیت داده های EEG و ویژگی های تصویربرداری خاص بستگی دارد، که انتخاب دقیق اجزا و اعتبارسنجی را برای نتایج معنی دار ضروری می سازد.