

باسم‌هه تعالی



## گزارش تمرین کامپیوترا سری دوم

### درس پردازش سیگنال‌های EEG

دانشکده مهندسی برق

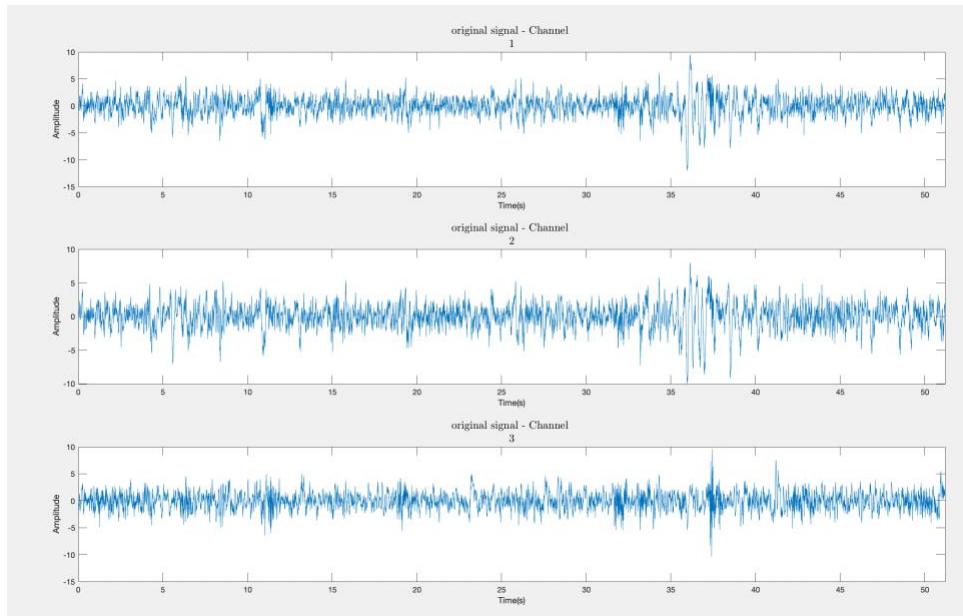
استاد: سپیده حاجی‌پور

گردآورنده: رادین خیام - ۹۹۱۰۱۵۷۹

-۱ سوال

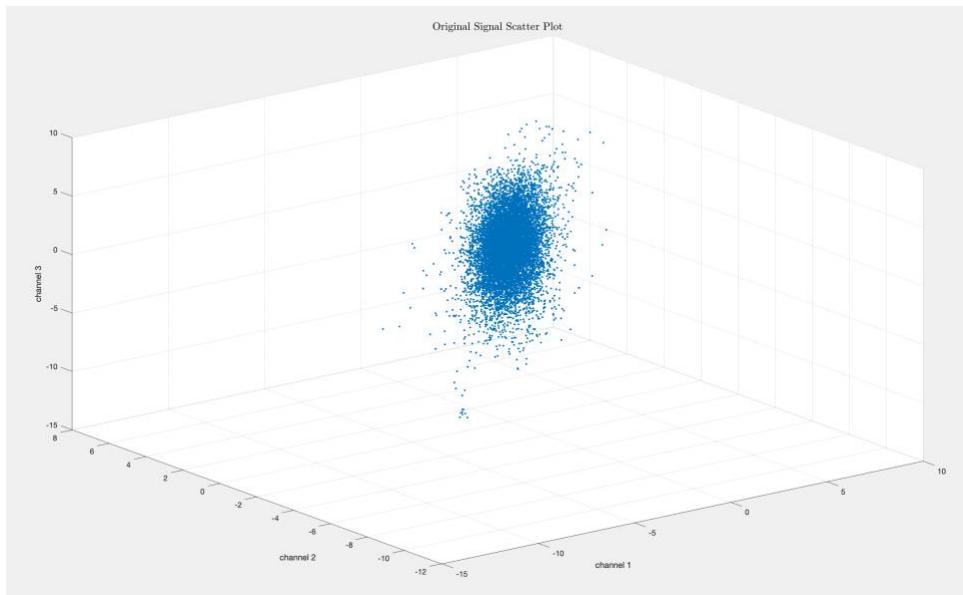
(الف)

رسم سیگنال هر سه کانال در حوزه زمان:



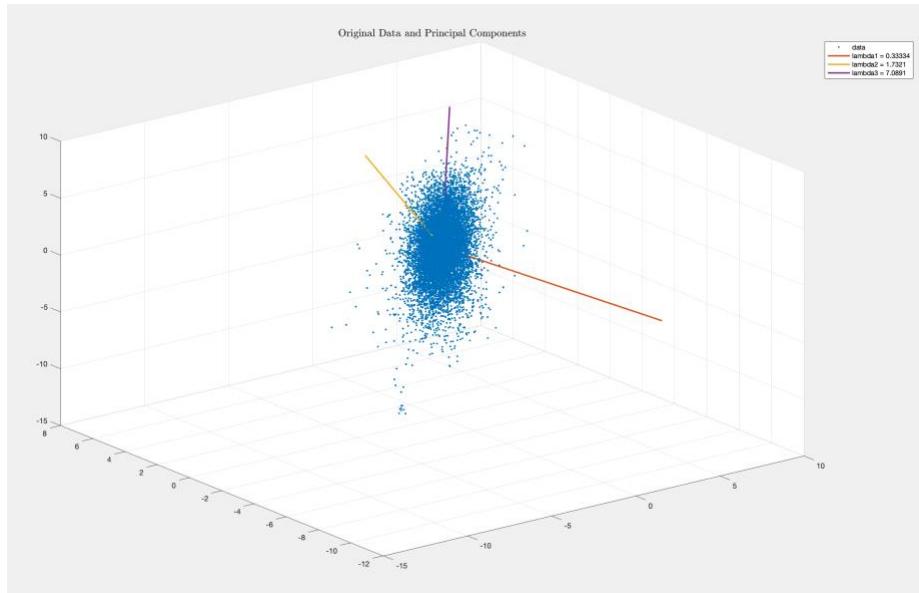
(ب)

رسم نمودار پراکندگی داده‌ها در فضای سه بعدی که هر یک از محورهای ما متناظر با یک کانال می‌باشند:

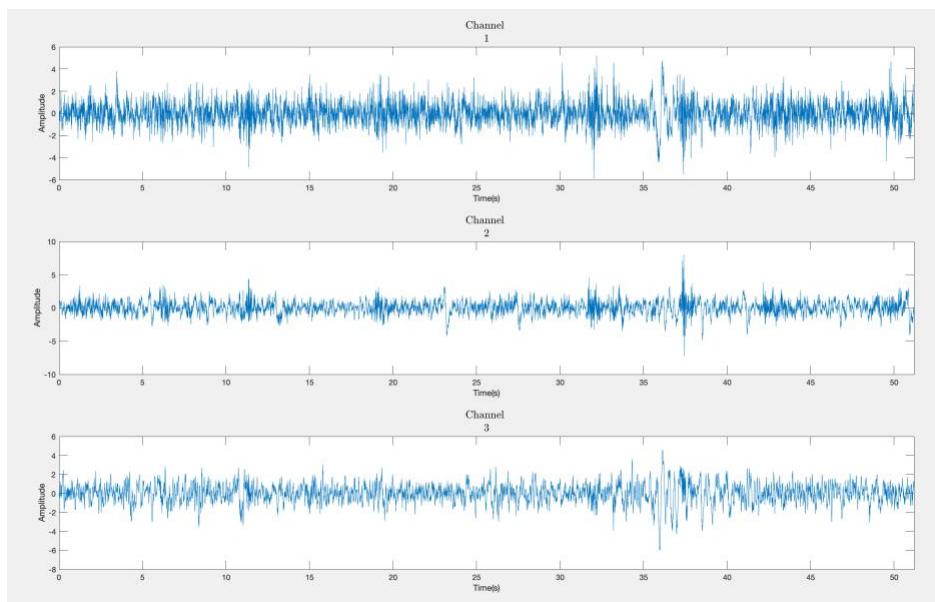


(ج)

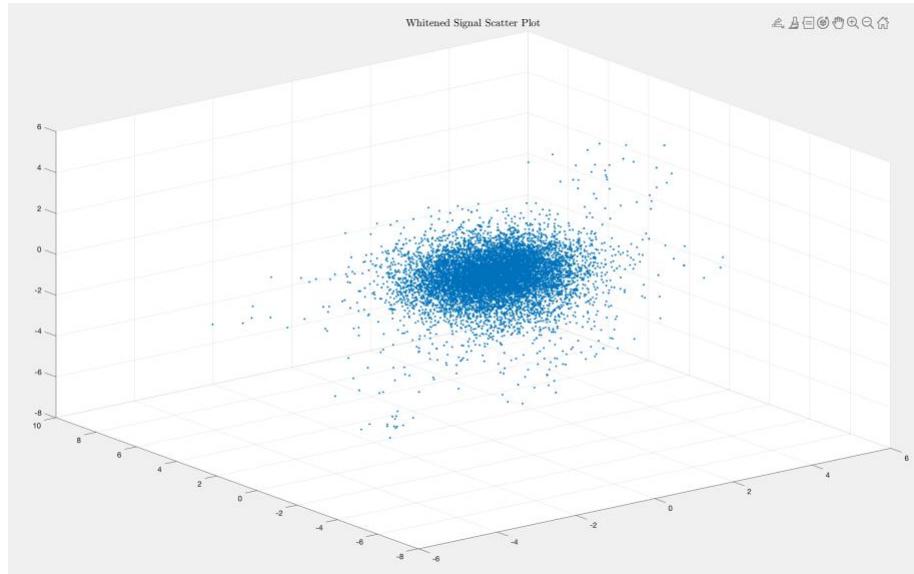
راستای بنش بیشترین پراکندگی داده‌ها (متناظر با بزرگترین مقدار ویژه) و بعد از آن به ترتیب راستاهای زرد و فرمز بیشترین پراکندگی را دارند.



رسم سیگنال‌های سفید سازی شده در حوزه زمان:



## رسم نمودار پراکندگی سیگنال‌های سفید سازی شده:

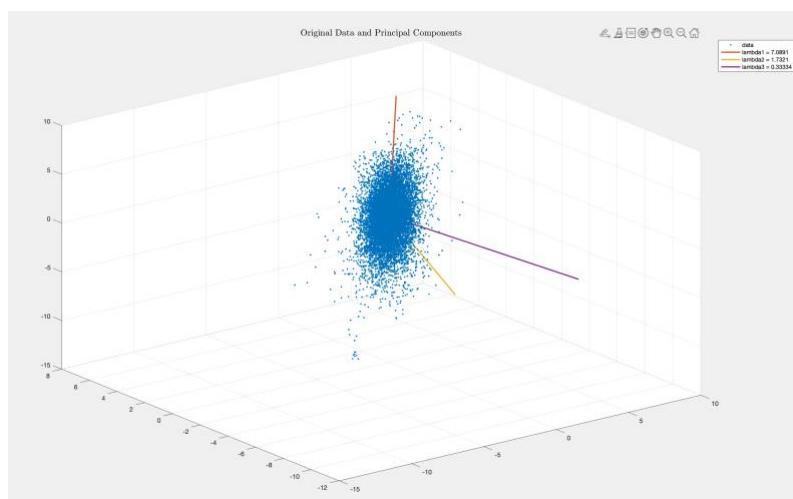


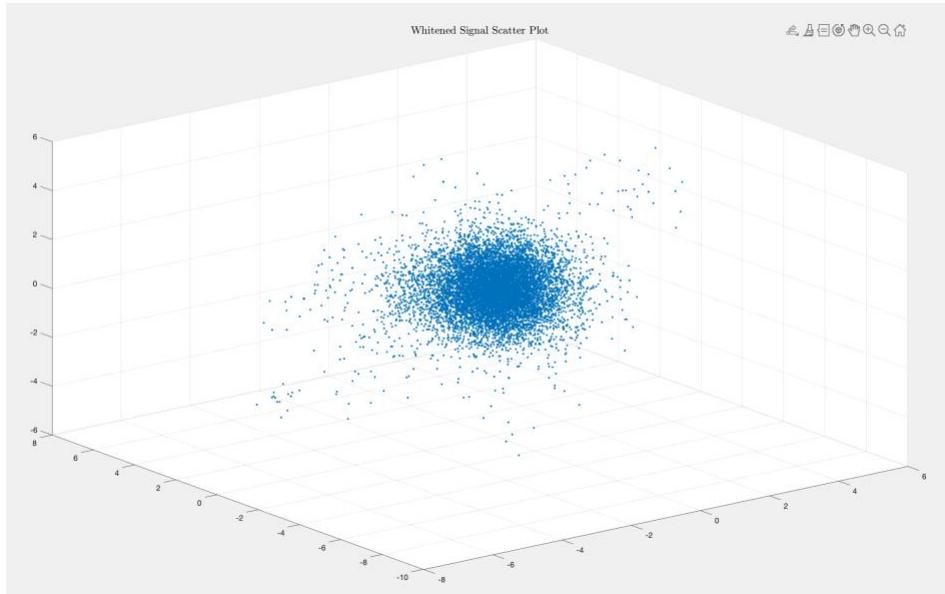
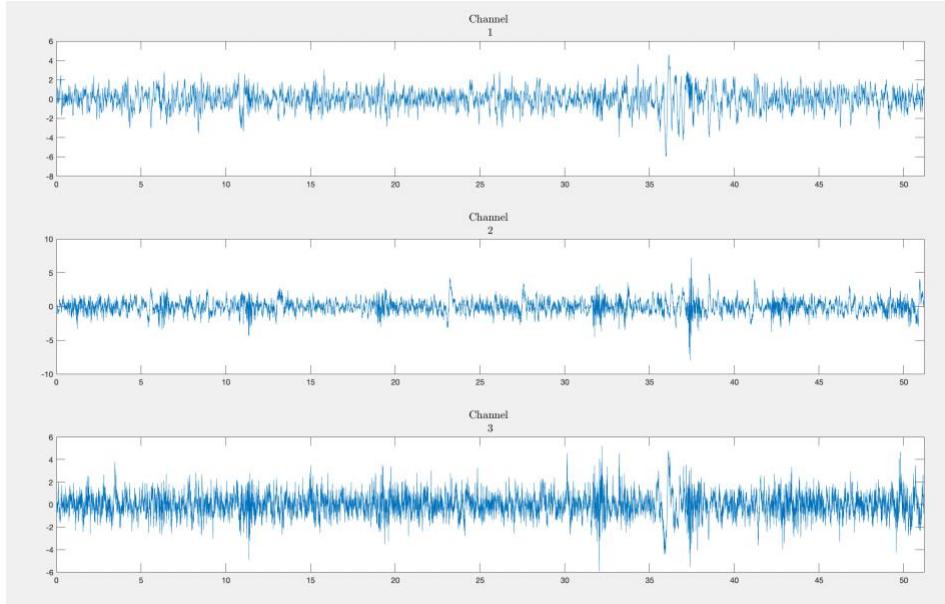
همانطور که مشاهده می‌شود دیتاهای سفید سازی شده مانند یک کره حول مرکز مختصات شده‌اند.

(d) در این بخش می‌خواهیم از دستور `pca` متلب استفاده کنیم:

پس از اعمال این دستور بر روی ماتریس مشاهدات ما سه خروجی دریافت می‌کنیم به نام‌های `coeff`, `score`, `latent` که به ترتیب از راست به چپ متناظر با مقادیر  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$ ، تصویر سیگنال بر روی هر یک از راستاهای اصلی و در آخر بردارهای  $\lambda_3$  یا همان بردارهایی که راستاهای اصلی را نشان می‌دهند.

با استفاده از این دستور مراحل قبل را تکرار می‌کنیم و به نتایج زیر میرسیم:



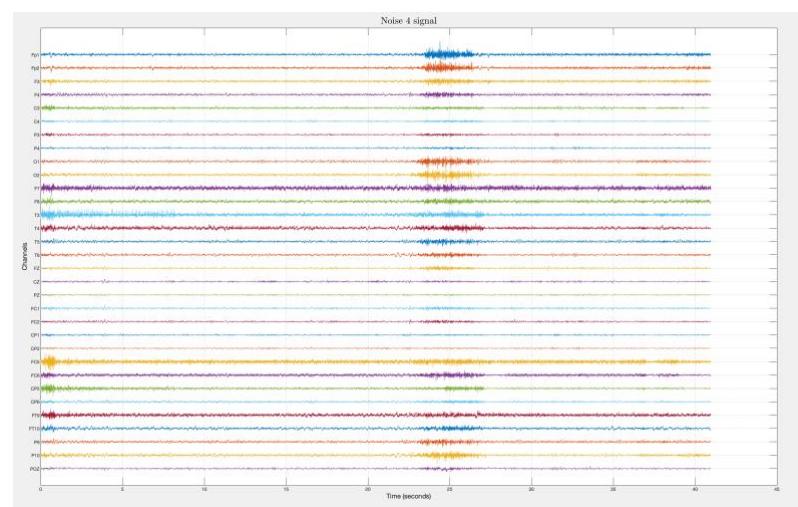
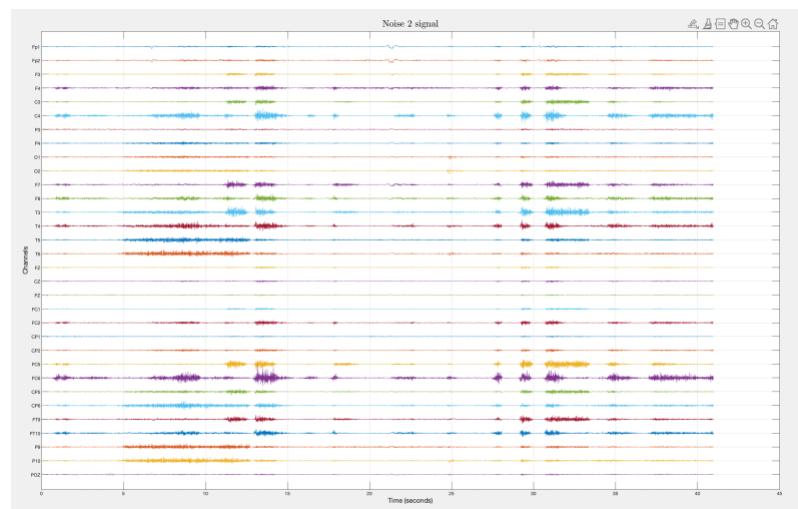
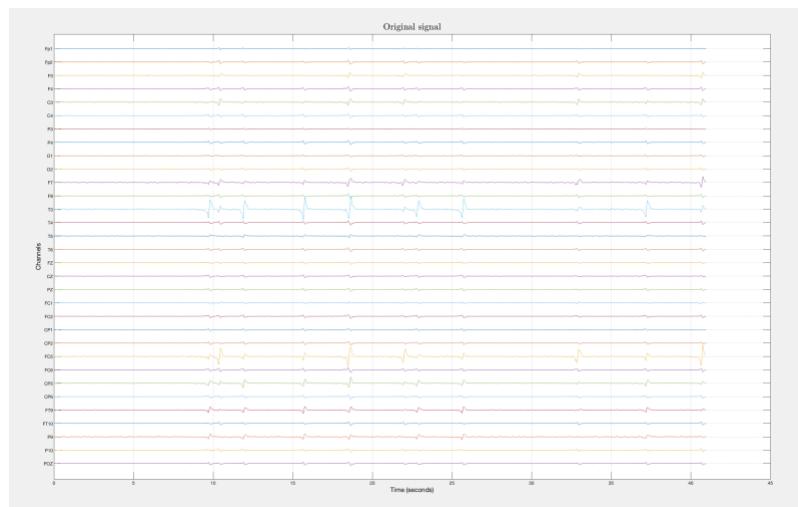


نتایج کاملا مشابه هستند صرفا در نشانهای راستاها یک منفی یک در بردار ضرب شده که اهمیت ندارد. و باز هم همان راستای قبلی را نشان می‌دهد. نکته دیگر هم این هست که در این جا مقادیر ویژه به ترتیب از بزرگ به کوچک بست آمده برای همین رنگ راستاها مطابق با شکل قبلی نیست و ترتیب سیگنال‌ها در حوزه زمان عوض شده است.

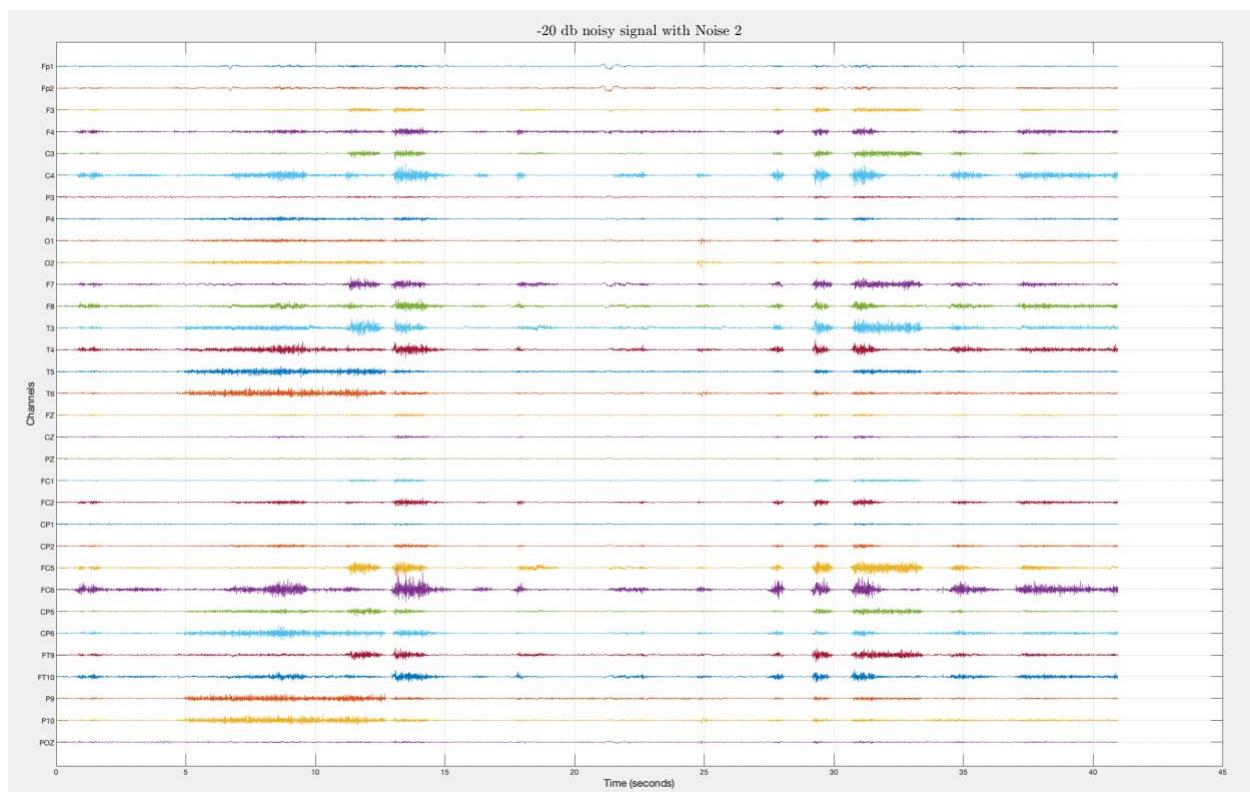
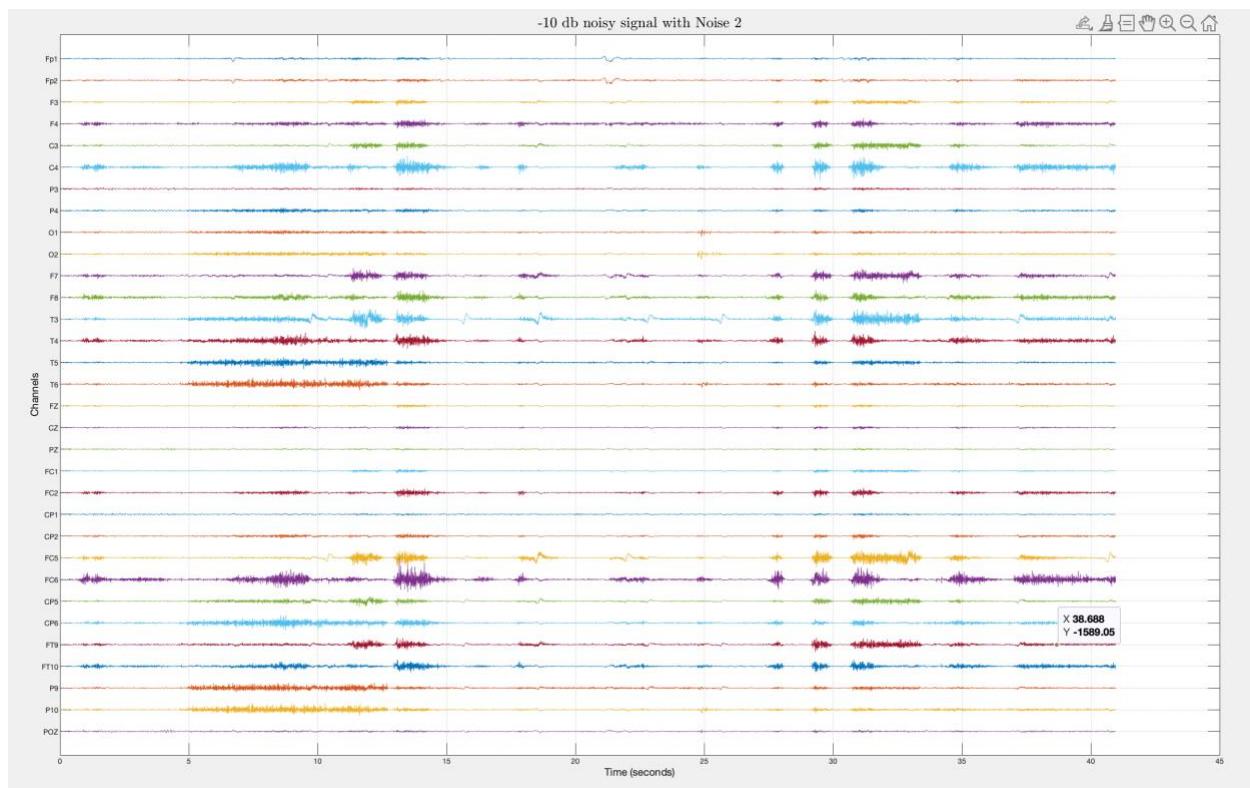
(۵) می‌توانیم pca را به وسیله تجزیه مقادیر تکین انجام دهیم. فرض کنید ماتریس مشاهدات  $A$  نام دارد، پس از اعمال SVD بر روی ماتریس مشاهدات ما به عبارت  $A = U\Sigma V^T$  می‌رسیم. ماتریس  $U$  بردار ویژه‌های راستاها می‌باشد و این ماتریس هم با یک ضریب متناظر با ماتریس کواریانس هست، بنابراین ماتریس  $U$  شامل همان بردارهای راستاها اصلی ما هست. همچنین عناصر روی قطر اصلی ماتریس  $\Sigma$  را یک مقدار ویژه‌های ماتریس  $AA^T$  هستند و برای بدست آوردن مقادیر ویژه ماتریس کواریانس از روی این‌ها باید اینگونه عمل کنیم که عناصر ناصف روی قطر را به توان دو برسانیم و تقسیم بر طول سیگنال بکنیم. با انجام دادن این موارد بینیم که بردار ویژه‌ها و مقادیر ویژه مطابق با قسمت‌های قبل بست می‌باشد و بینیم فرایند سفید سازی را انجام دهیم. واریانس داده‌ها و گشیدگی آن‌ها متناظر با مقادیر ویژه ماتریس کواریانس یا همان مقادیر تکین می‌باشد. به صورت کلی می‌توانیم بگوییم که در تجزیه مقادیر تکین، ماتریس تکین چپ و راست ماتریس‌های متعامدی هستند که وظیفه چرخش و بازنگاری بر عهده دارند. ماتریس  $\Sigma$  هم وظیفه اسکیل کردن را بر عهده دارد.

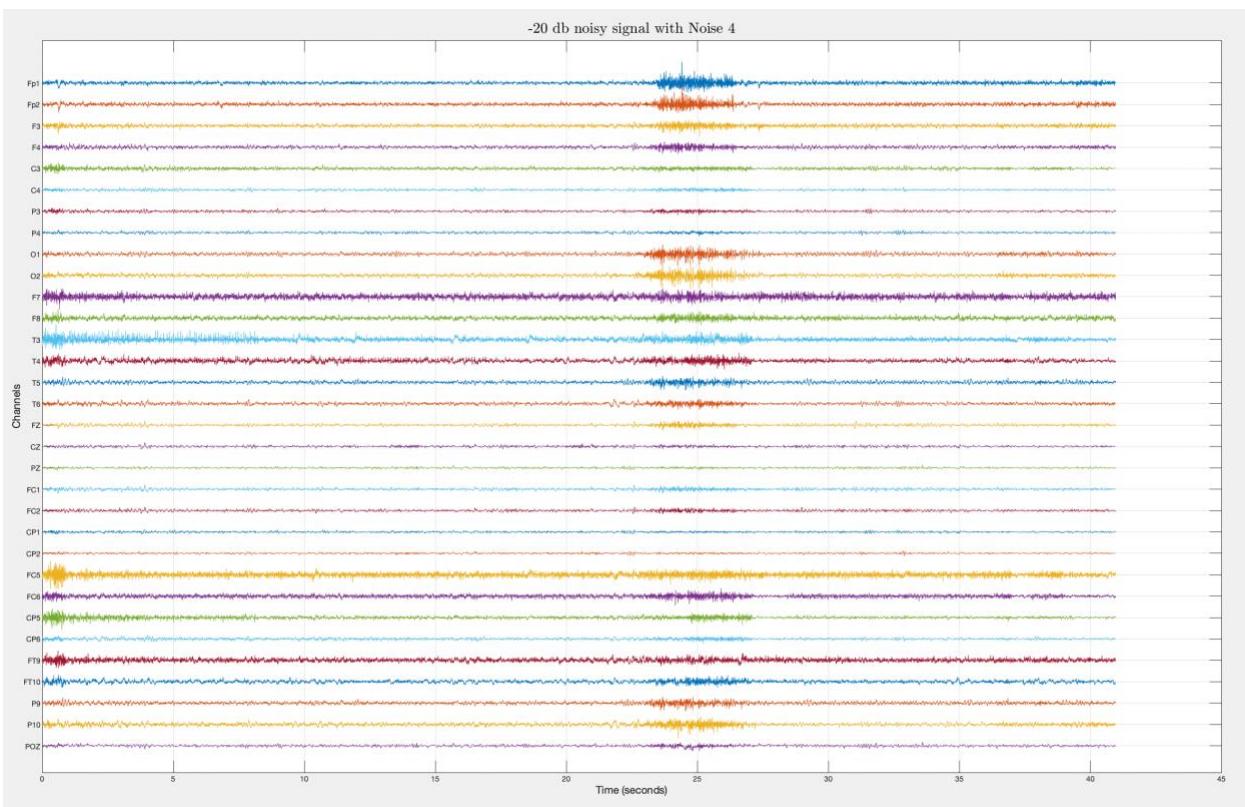
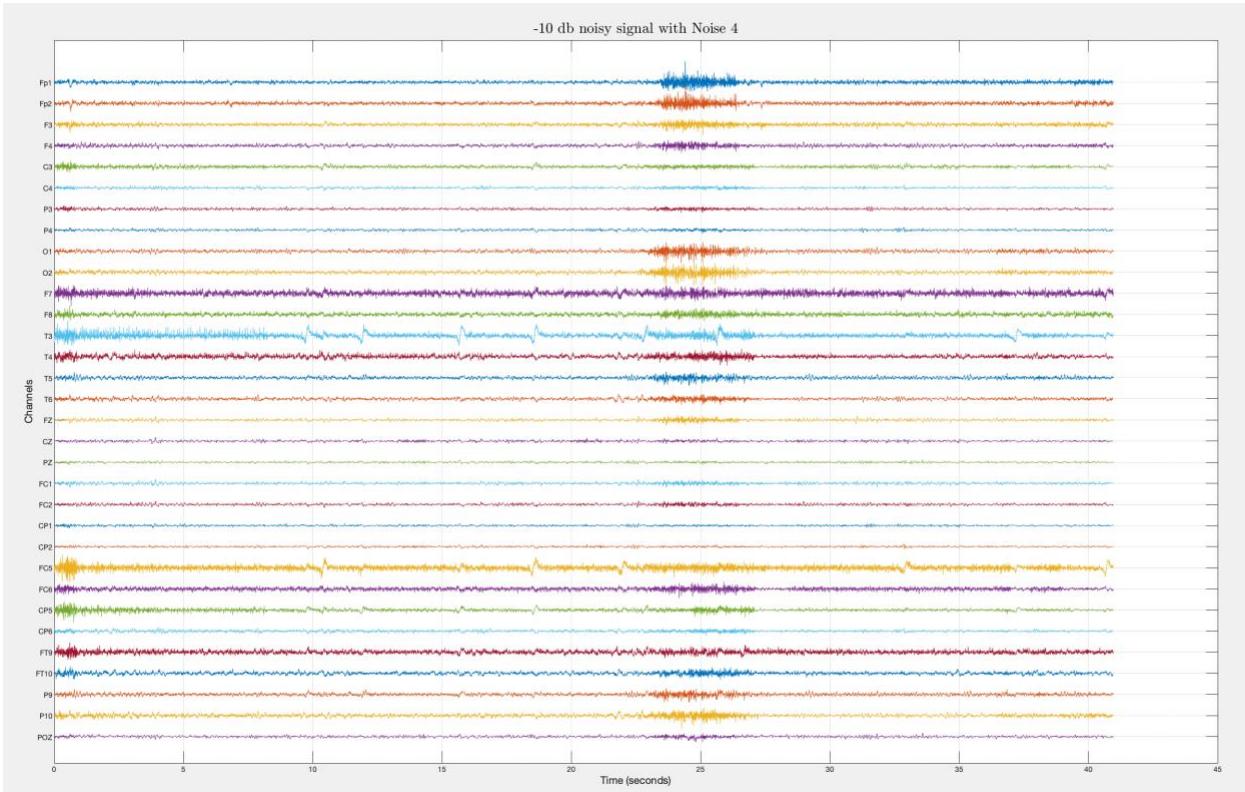
(الف)

رسم سیگنال‌های نویز و سیگنال اورجینال، ما در این شبیه سازی از سیگنال نویز ۲ و ۴ استفاده می‌کنیم:



حال سیگنال‌های نویزی را با اضافه کردن این دو نویز به سیگنال اورجینال می‌سازیم با دو SNR منفی ۱۰ و منفی ۲۰ می‌سازیم:

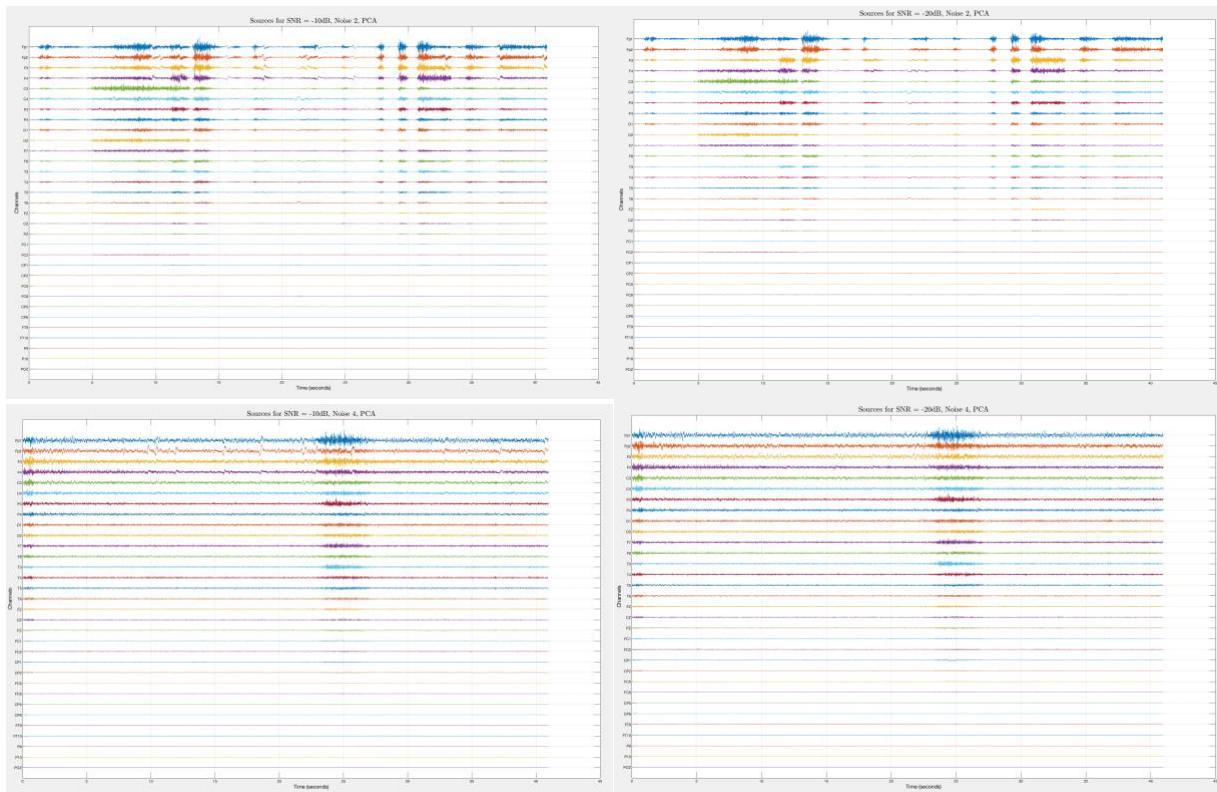




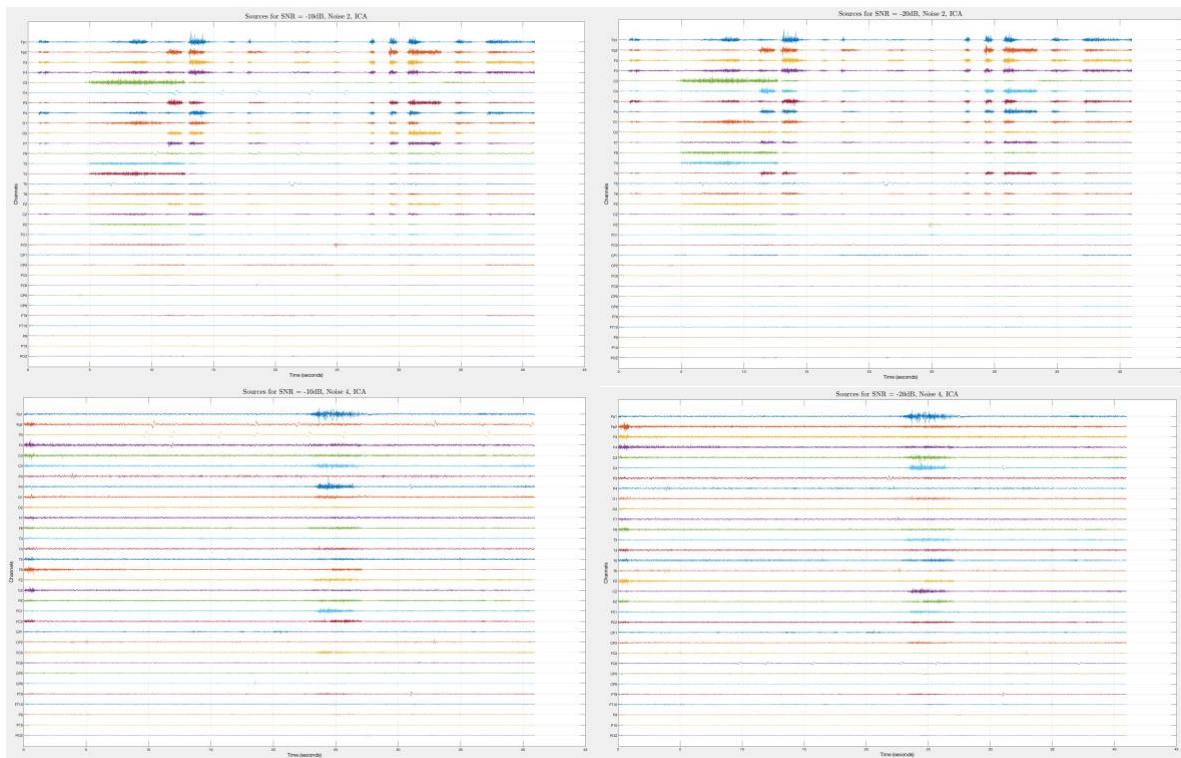
نویز چهار به گونه‌ای هست که انتظار می‌رود نویز ناشی از EMG باشد و می‌بینیم که با اضافه کردن نویزها با SNR بزرگتر تاثیر آن‌ها بر روی سیگنال بیشتر شده است.

(ب)

استفاده از روش PCA برای استخراج منابع چهار سیگنال نویزی (نویز ۲ با SNR منفی ۱۰ و منفی ۲۰، نویز ۴ با SNR منفی ۱۰ و منفی ۲۰)



استفاده از روش ICA به کمک الگوریتم Com2 برای استخراج منابع چهار سیگنال نویزی (نویز ۲ با SNR منفی ۱۰ و منفی ۲۰، نویز ۴ با SNR منفی ۱۰ و منفی ۲۰):



(ج)

در روش PCA مشاهده می‌کنیم که مطابق با انتظار منابع اول دارای نوان زیاد و منابع آخر دارای نوان کم می‌باشند. در فرآیند حذف نویز فرض می‌کنیم که نویز‌های ما توان کمی داشته‌اند و منابع پایین که نوان کمتری دارند را برابر با صفر قرار می‌دهیم و به فضای سنسور بر می‌گردیم.  
در روش ICA تک تک منابع بدست آمده را نگاه می‌کنیم و آنها یکی که فعالیت اسپایکی مانند EEG دارند را نگه می‌داریم و بقیه را صفر می‌کنیم سپس به حوزه سنسور بر می‌گردیم.  
منابع اختیاب شده به صورت زیر بوده است:

```

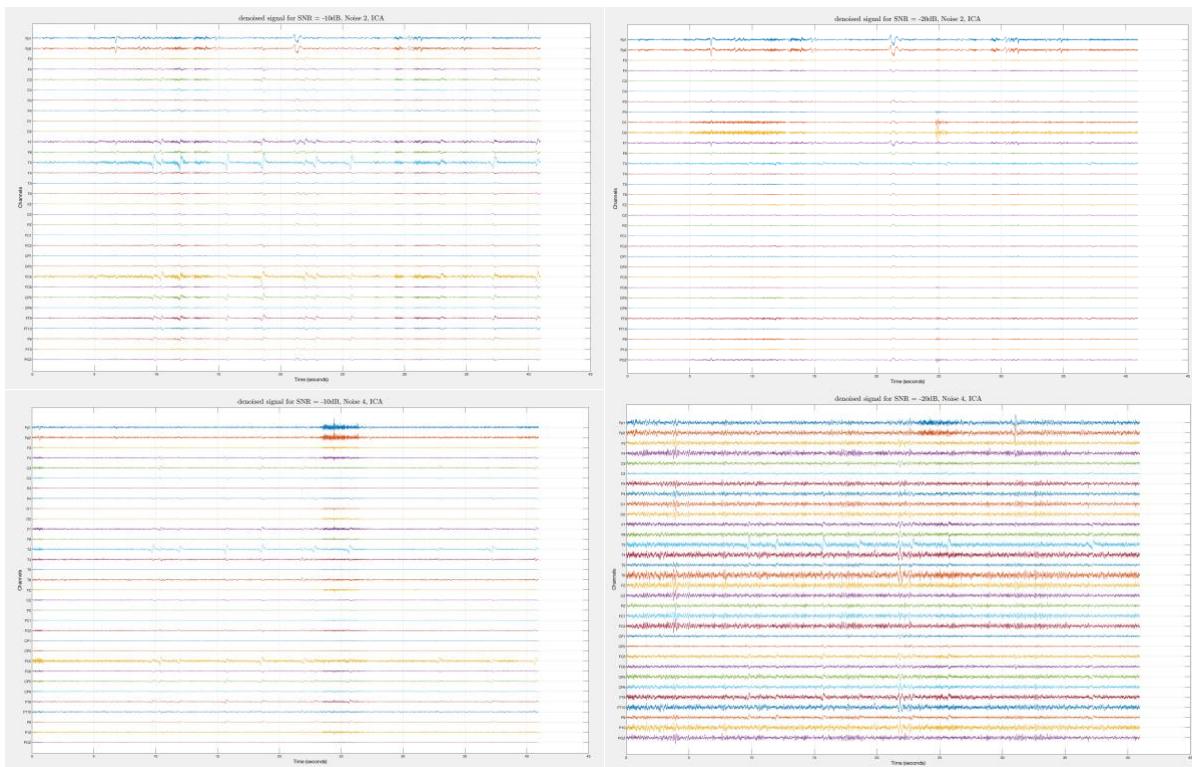
desired_PCA_10_N2 = 1:8;
desired_PCA_20_N2 = 1:8;
desired_PCA_10_N4 = 1:8;
desired_PCA_20_N4 = 1:8;

desired_ICA_10_N2 = [6,12,15,25];
desired_ICA_20_N2 = [15,19,21];
desired_ICA_10_N4 = [2,3,8,10,27,28];
desired_ICA_20_N4 = [7,8,16,25,28,30];

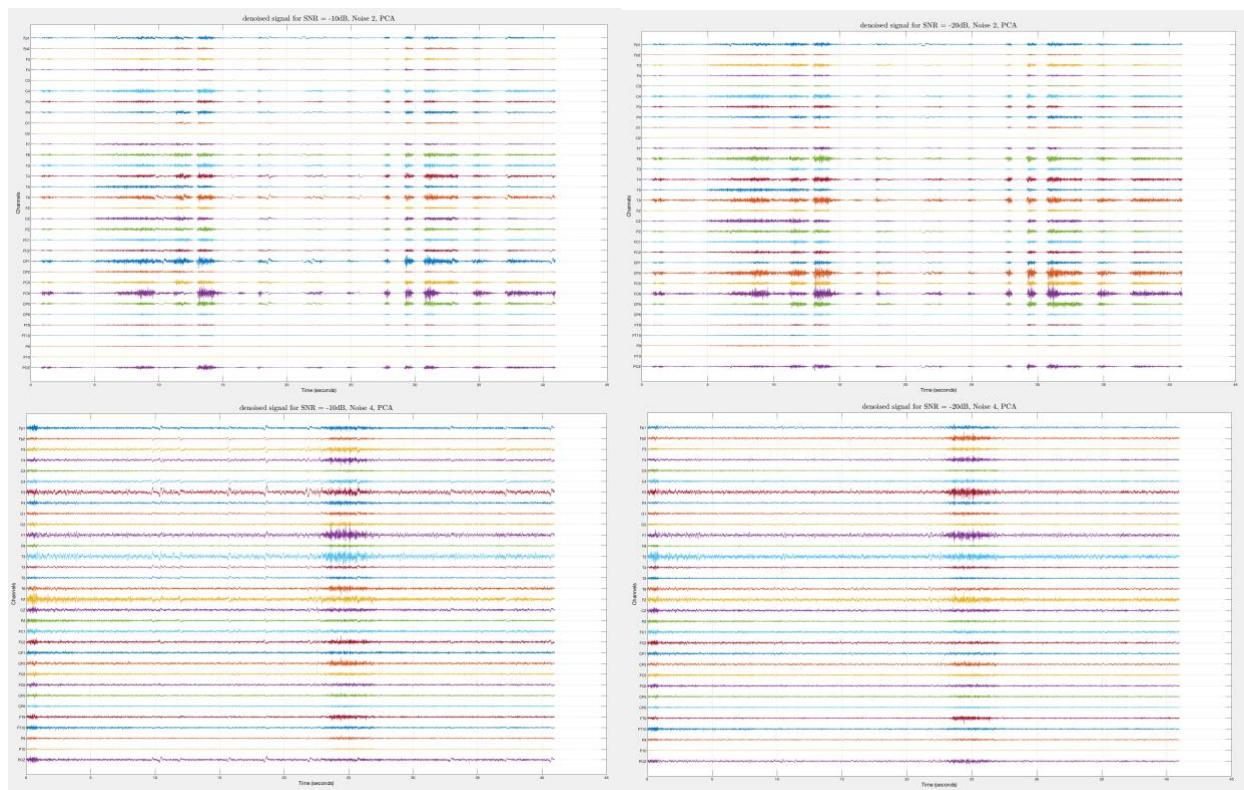
```

(د)

نتایج روش ICA:

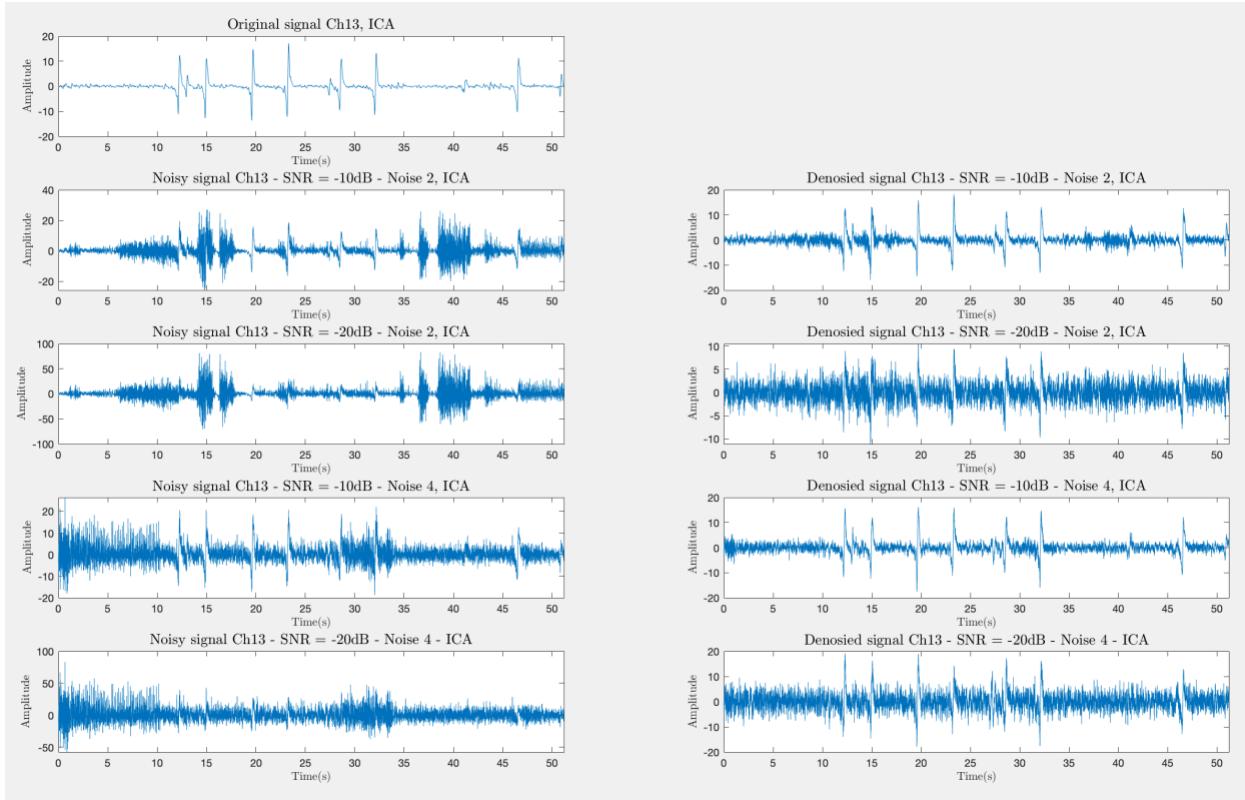


## نتایج روش PCA:

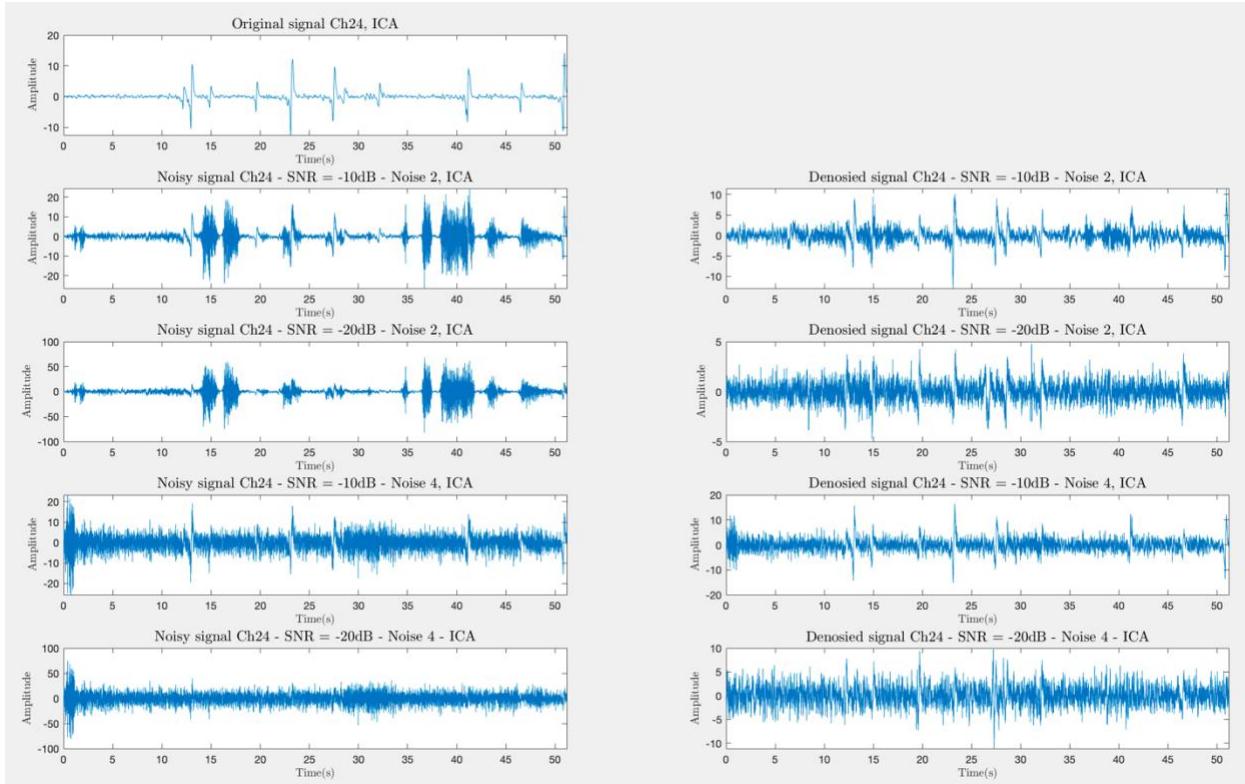


میبینیم که نتایج روش ICA به مراتب نزدیکتر هست به سیگنال بدون نویزی که در ابتدا داشتیم. و تقریباً روش PCA در جدا کردن سیگنال مطلوب ناموفق بوده است.

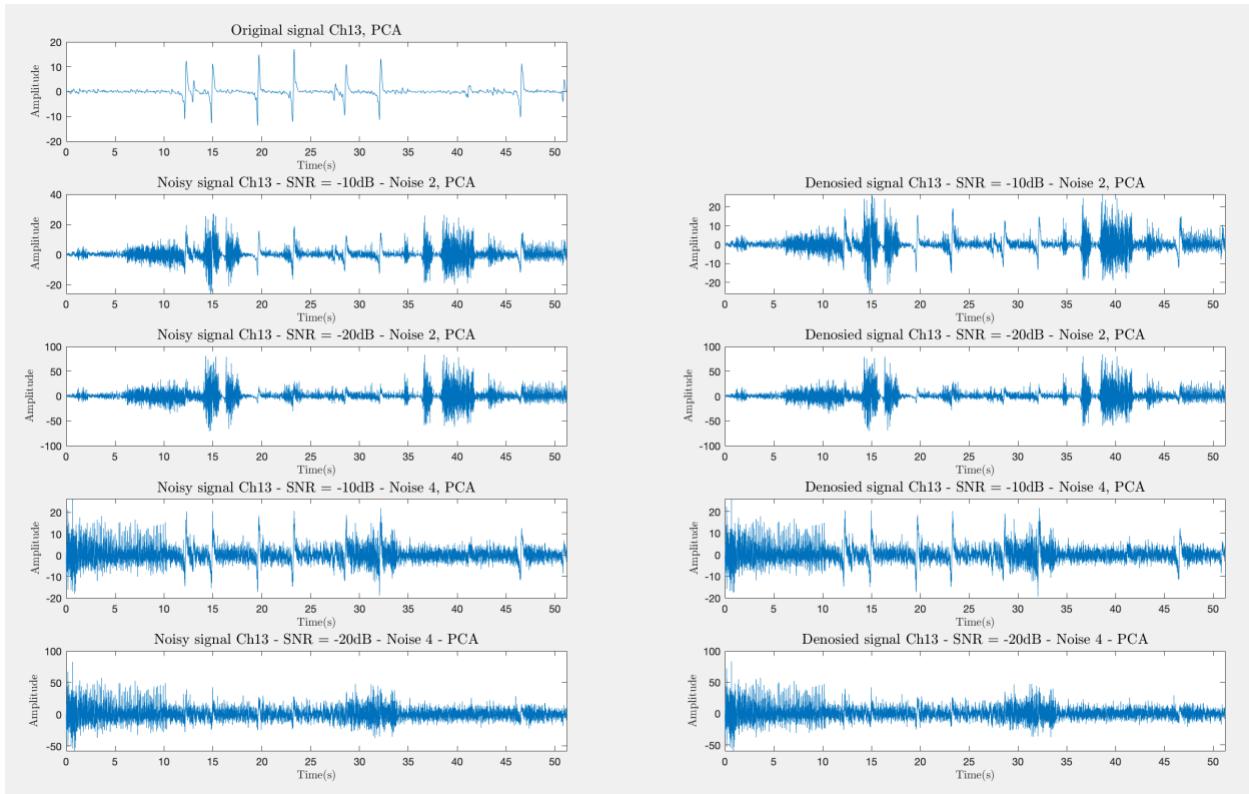
۱۳ کانال برای ICA روش نتایج (۵)



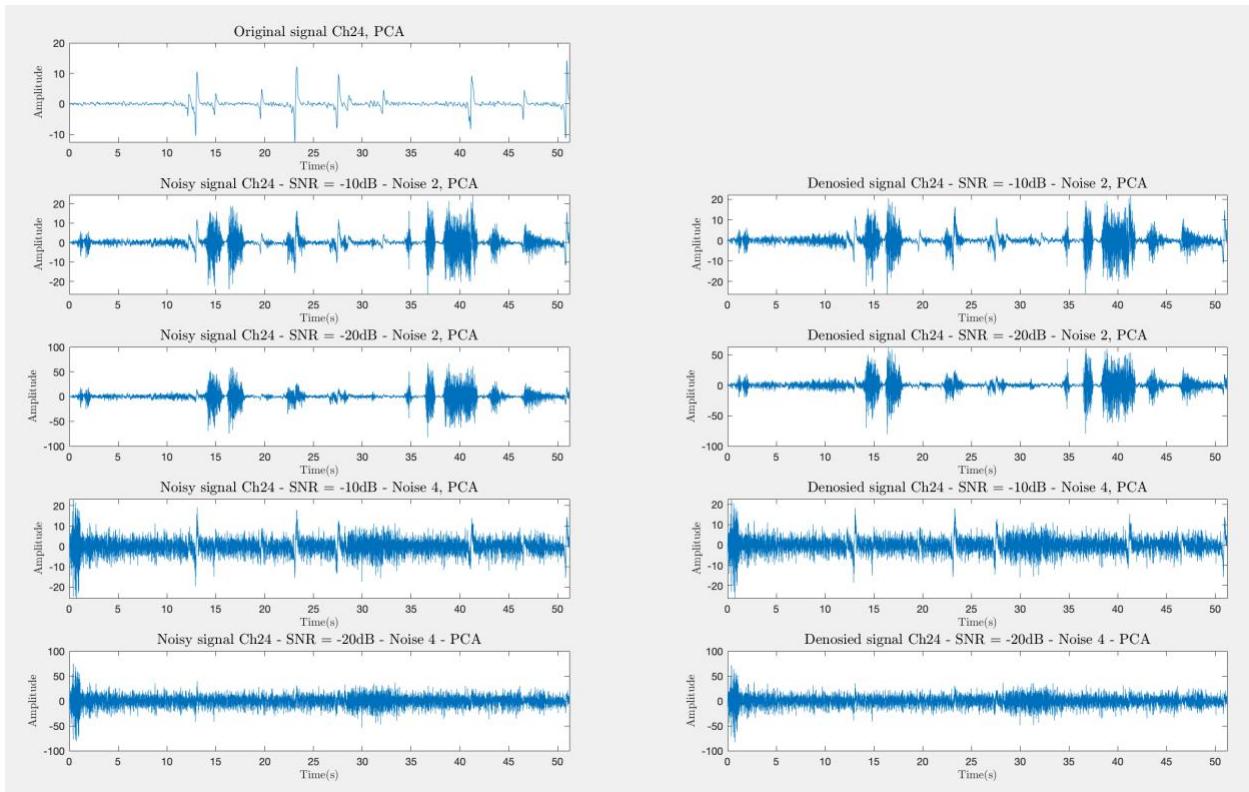
۲۴ کانال برای ICA روش نتایج (۶)



نتایج روش PCA برای کانال 13:



نتایج روش PCA برای کانال 24:



(و)

نتایج برای نویزهای مختلف و دو روش PCA و ICA:

---

RRMSE of ICA for Noise 2 and SNR -10 dB:  
0.8341

RRMSE of ICA for Noise 2 and SNR -20 dB:  
2.2351

RRMSE of ICA for Noise 4 and SNR -10 dB:  
1.3760

RRMSE of ICA for Noise 4 and SNR -20 dB:  
3.9480

RRMSE of PCA for Noise 2 and SNR -10 dB:  
2.8858

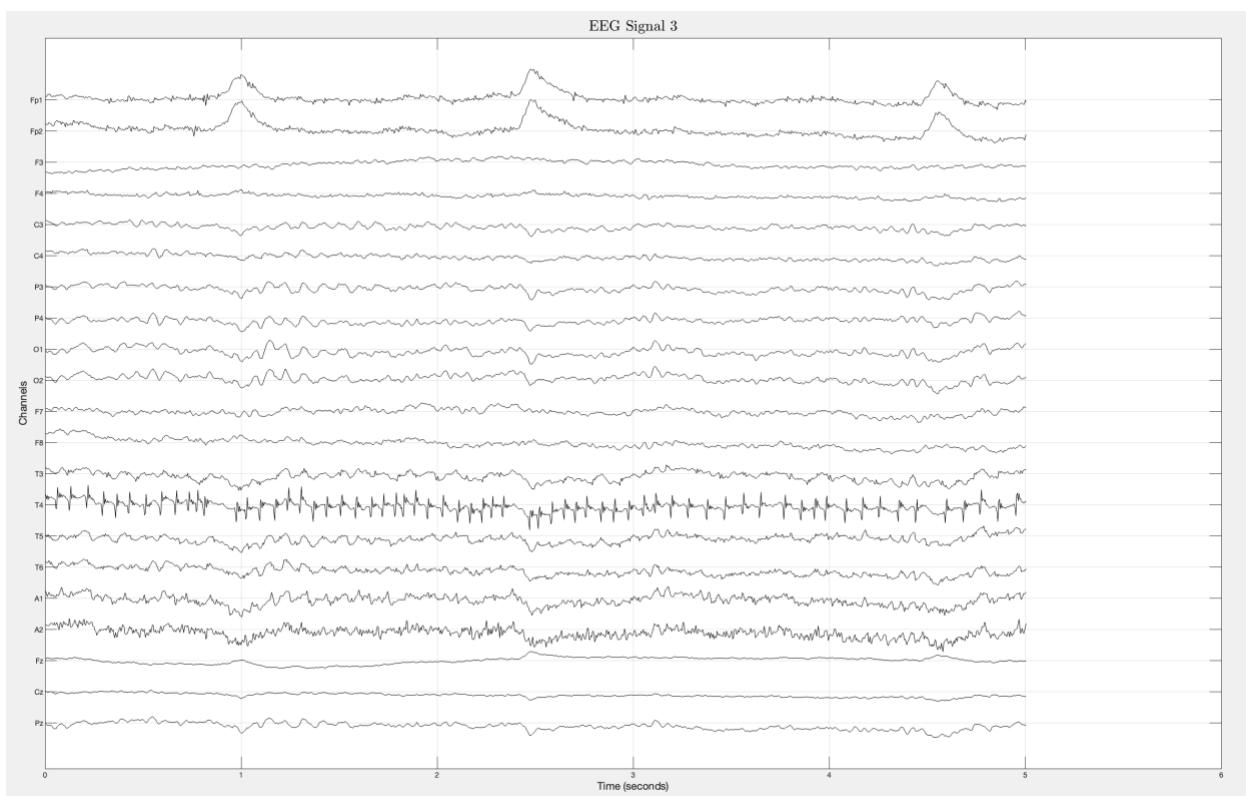
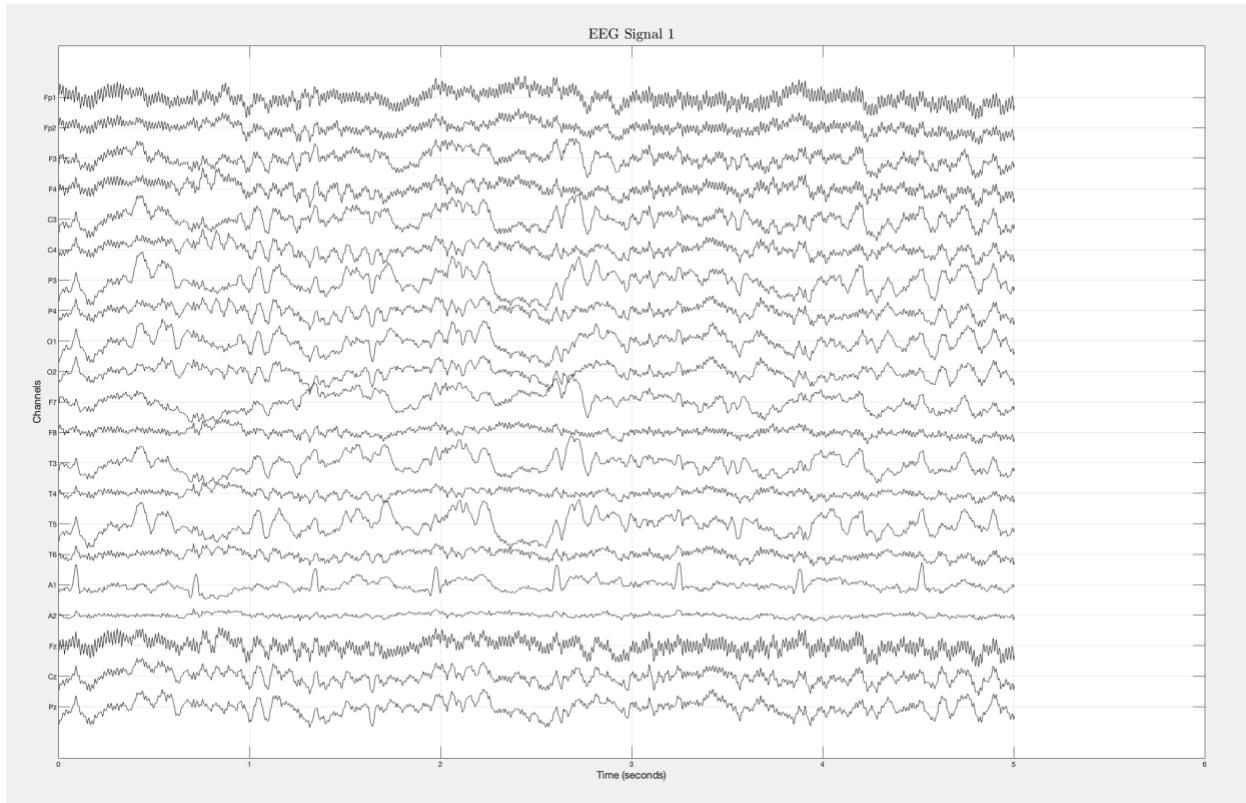
RRMSE of PCA for Noise 2 and SNR -20 dB:  
9.1259

RRMSE of PCA for Noise 4 and SNR -10 dB:  
2.8046

RRMSE of PCA for Noise 4 and SNR -20 dB:  
8.8666

همانطور که مشخص است روش ICA عملکرد بسیار بهتری داشته است، به خصوص در زمانی که نویز مون مقدار زیادی داشته است.

(الف)  
سیگنال ۱ و ۳ را انتخاب می‌کنیم.



(ب)

تشخیص اینکه هر سیگنال چه نویزی دارد صرفا با بین سری زمانی آن کمی نشوار است، من سعی می‌کنم چند مورد که واضح است را در اینجا نام ببرم.

سیگنال اول: در کانال‌های FP1، FP2 و Fz آرتیفکت ناشی از EMG مشهود است. در کانال A1 آرتیفکت ناشی از پلک زدن مشاهده می‌شود. همچنین نویز ناشی از برق شهر در چندین کانال دیده می‌شود.

سیگنال سوم: آرتیفکت EMG در کانال T4 و A2 مشاهده می‌شود. شکل سیگنال کانال T4 تناوبی طور هست می‌تواند مربوط به قلب باشد. در الکترودهای FP1 و FP2 که نزدیک به چشم هستند آرتیفکت پلک زدن یا پرش پلک مشاهده می‌شود.

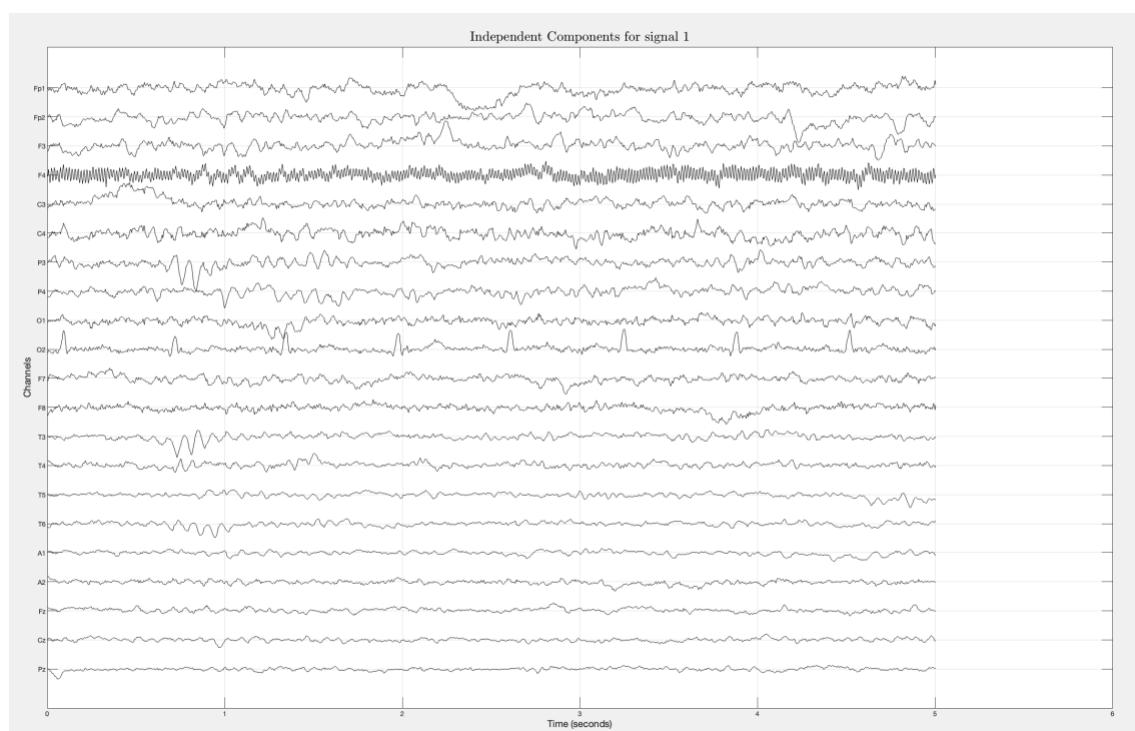
همانطور که می‌بینیم بیشتر نویزها مربوط به حرکات چشم و EMG هستند که می‌دانیم تا حد خوبی با روش ICA قابل جبران می‌باشند.

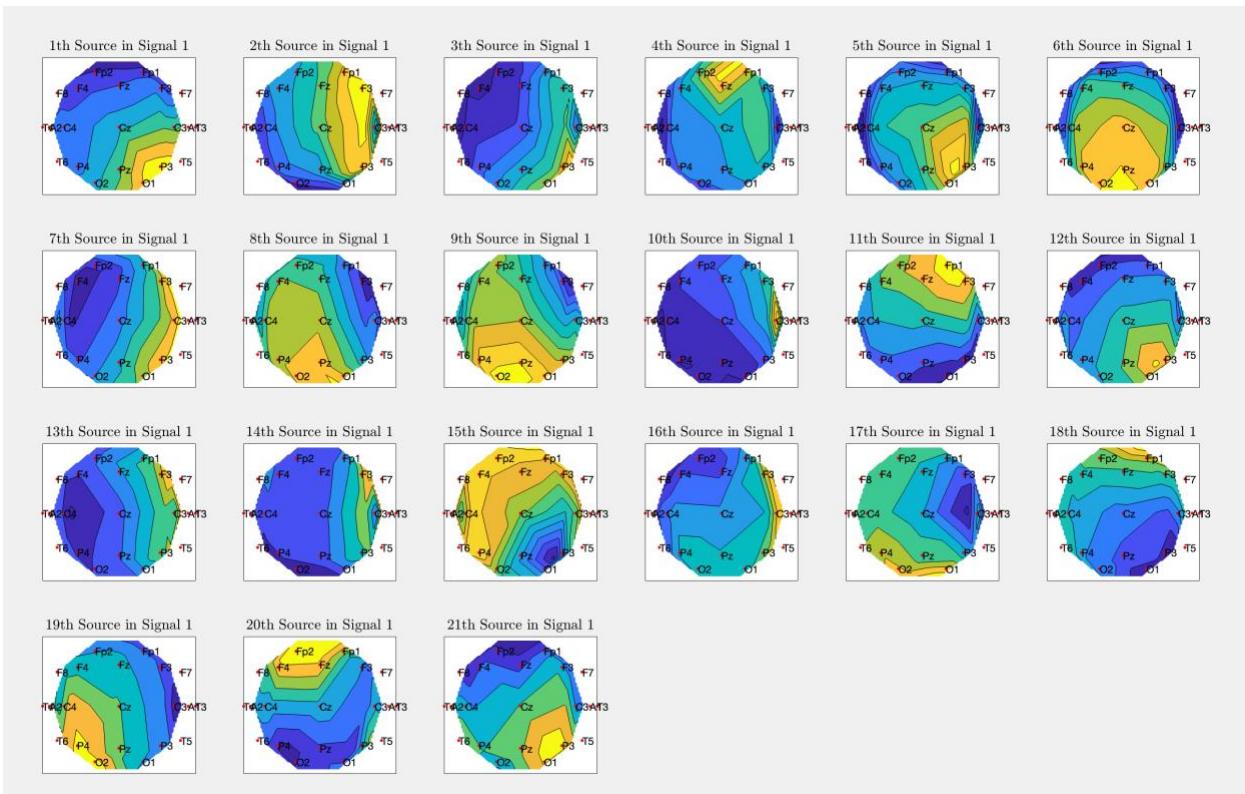
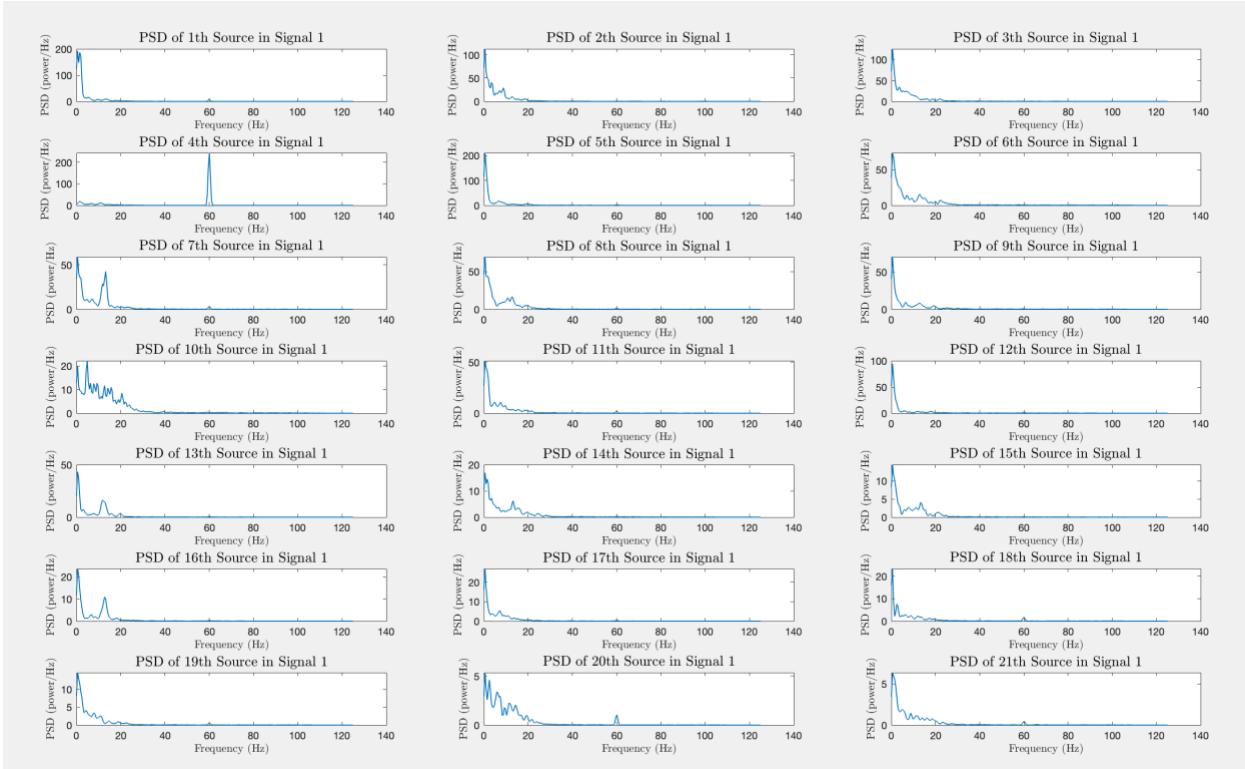
(ج)

برای بدست آوردن مولفه‌های مستقل و ماتریس ترکیب از همان الگوریتم Com2 استفاده کردیم.

(د)

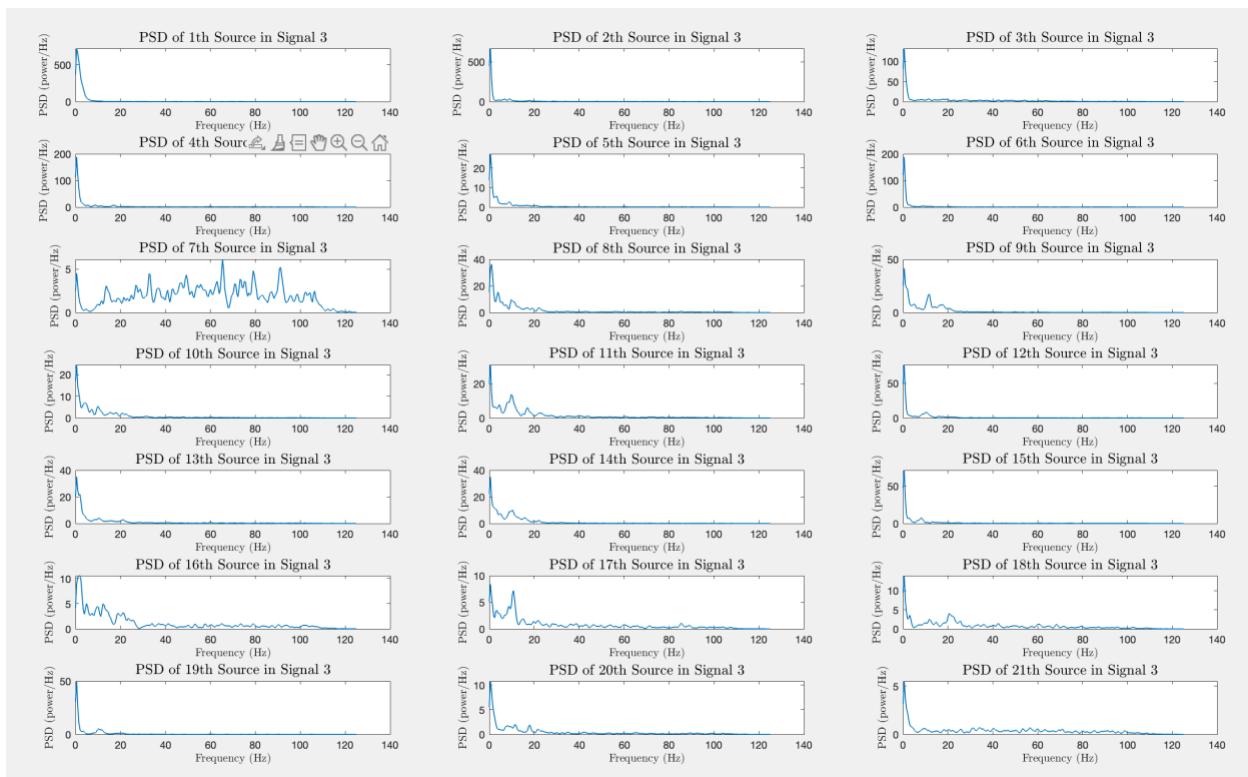
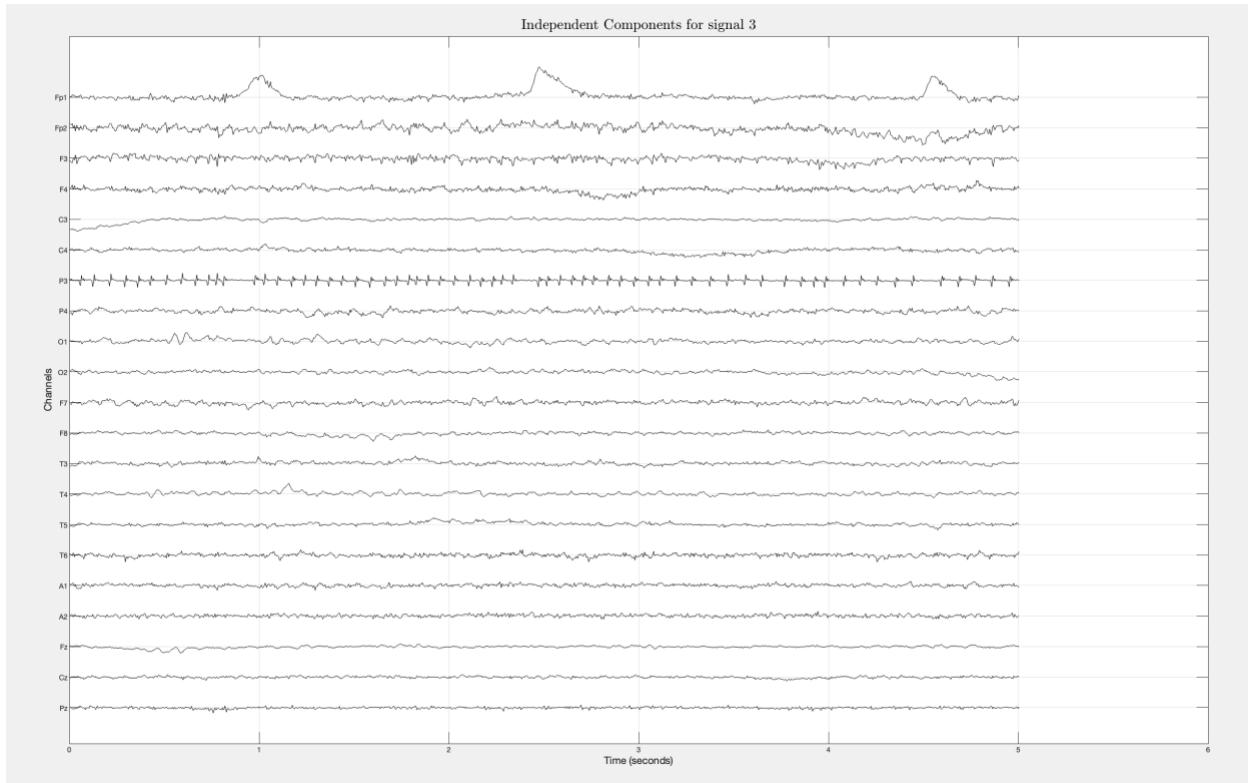
در ابتدا نتایج بدست آمده برای سیگنال ۱ را بررسی می‌کنیم:

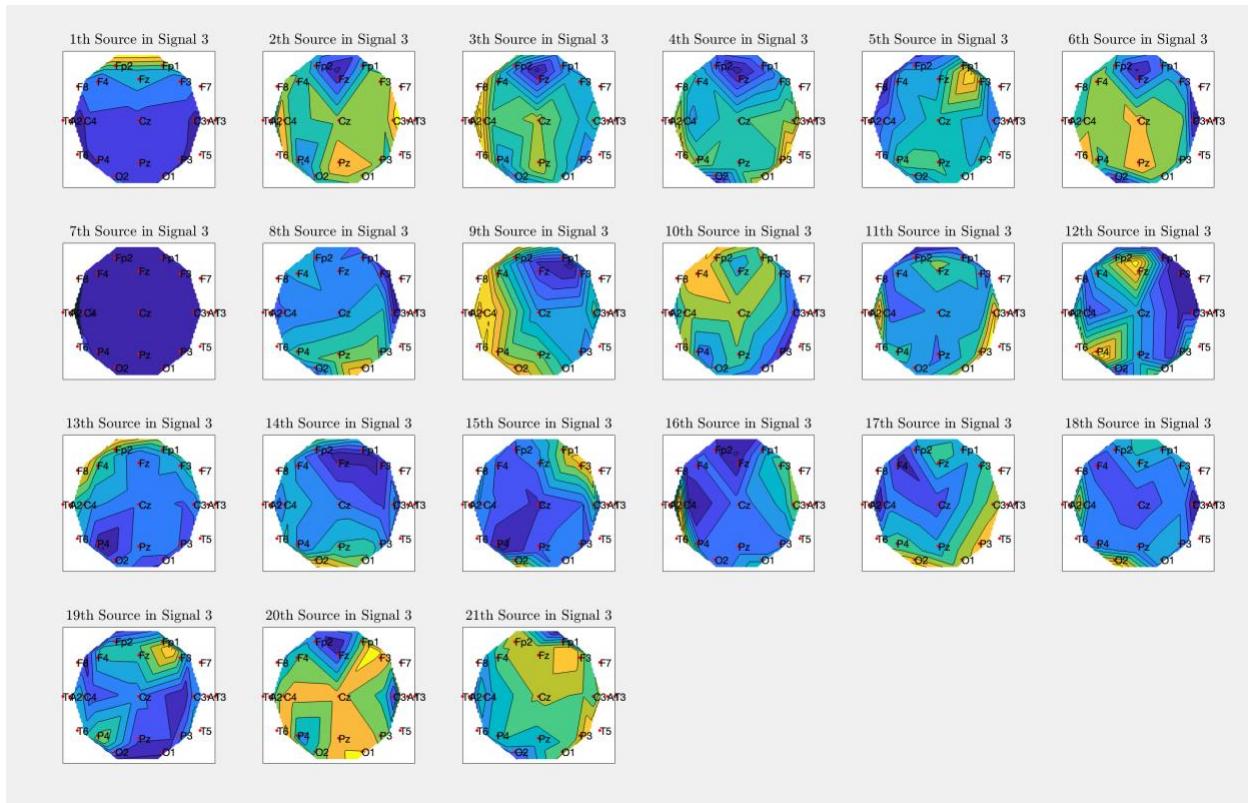




سورس ۴ مربوط به برق شهر هست. سورس ۱۰ مربوط به پلک زدن. بقیه سورس‌ها را نگه می‌داریم چون نشانه واضحی از آرتیفیکت بودن پیدا نمی‌شود و ممکن است شامل اطلاعات مفید باشند.

### حال برای سیگنال ۳:





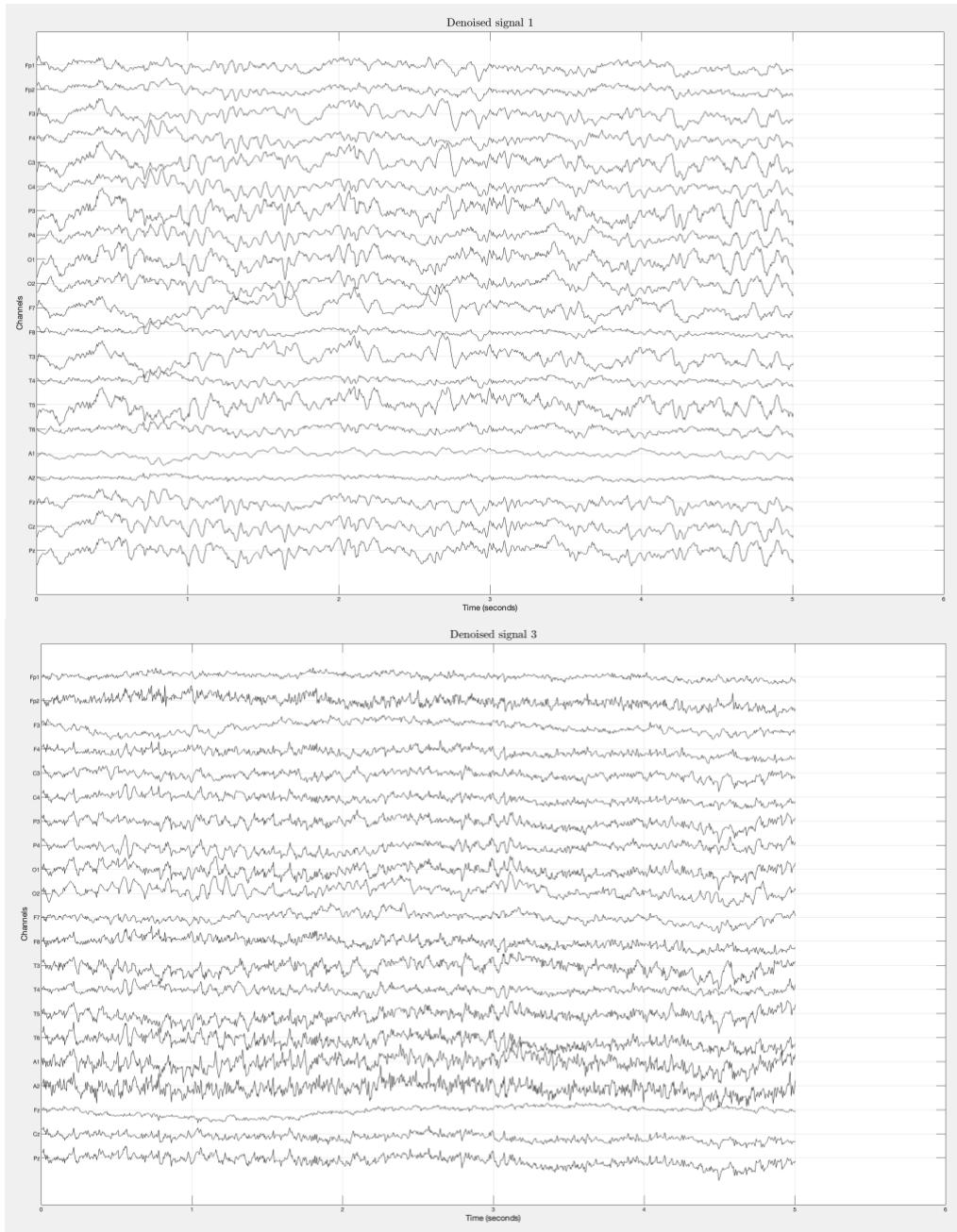
سورس ۷ به طرز واضحی ناشی از EMG هست، محتوای فرکانسی هم خیلی زیاده در فرکانس های بالا پس حذف شد. سورس ۱۶ هم تقریباً فعالیت نقطه‌ای مغز را نشان می‌دهد و فرکانس های بالا هم زیاد دارد برای همین حذف می‌کنیم. سورس ۱ هم ناشی از بلک زدن هست. سورس ۳، ۴ و ۵ می‌شون شبیه فعالیت سالم EEG نیست محتویات فرکانسی هم نزدیک به دی سی هست برای همین حذف شون می‌کنیم. سورس ۸ هم احتمالاً مربوط به EMG بود.

(۵)

برای هر کدام از این دو سیگنال این سورس‌ها را نگه داشته‌ایم: (دقت شود که از همان سیاست اینکه اگر مطمئن نیستیم سورسی مربوط به آرتیفیکت هست نباید آن را حذف کنیم استفاده شده است، یعنی سعی کردیم که به اشتباہ قسمتی از سیگنال مطلوب را تحت عنوان نویز بیرون نریخته باشیم)

```
SelSources_1 = [1,2,3,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21];
SelSources_3 = [2,6,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21];
```

دو سیگنال دی‌نویز شده به شکل زیر هستند:



همانطور که دیده می‌شود این روش توانسته است که تا حد خوبی آرتیفیکت‌هایی مانند EOG، EMG و نویز برق شهر را حذف کند و سیگنال مطلوب را به ما بدهد، به ویژه در سیگنال ۱.

در رابطه با تکرار آزمایش هم بهله ما چند بار این روند را تکرار کردیم تا به نتیجه‌های که مشاهده می‌کنید بررسیم و به نظر سیگنال بست آمده مطلوب است و با این روش بیش از این نمی‌توانیم آرتیفیکت‌ها را حذف کنیم.