

دستور کار آزمایش دوم: نویزها و آرتیفکتهای سیگنال EEG و روش حذف آنها

بخش اول: حذف نویز سیگنالهای صرعی غیرتشنجی شبیهسازی شده

در این بخش می خواهیم با استفاده از روش ICA، به بررسی حذف نویز سیگنال EEG شبیهسازی شده بپردازیم (داده های این بخش در پوشه Lab2_1 قرار داده شده اند). با توجه به اینکه در سیگنال شبیهسازی شده، داده بدون نویز (سیگنال مطلوب) را در اختیار داریم، می توانیم با معیارهای کمی الگوریتم های مختلف را بررسی و مقایسه کنیم. بدین منظور از سیگنال EEG صرعی غیرتشنجی (interictal) ۳۲ کاناله استفاده می کنیم. این داده شبیهسازی شده واقع گرایانه، داده بدون نویز (سیگنال مطلوب) است (ماتریس X_{org}). یک سیگنال واقعی شامل نویز ماهیچه و سیگنال Background EEG داده شده است (X_{noise}). می خواهیم نویز را با SNRهای مختلف به سیگنال مطلوب اضافه کنیم و سپس با استفاده از الگوریتم های جداسازی کور منابع سیگنال مطلوب را بازسازی کنیم.

۱- سیگنال بدون نویز X_{org} را رسم کنید. برچسب کانال ها و زمان را مشخص کنید. می توانید از فایل `plotEEG.m` و تابع `disp_eeg.m` استفاده کنید. برای نمایش بهتر می توانید متغیر `offset` (فاصله بین سیگنال نمایش داده شده از دو کانال) را تنظیم کنید.

۲- نویز X_{noise} را رسم کنید. برچسب کانال ها و زمان را مشخص کنید.

۳- نویز را با SNRهای مختلف ($-5dB$ و $-15dB$) با سیگنال اصلی جمع کنید و سیگنال مشاهدات را بسازید. سیگنال نویزی را به ازای $SNR = -15dB$ رسم کرده و با سیگنال بدون نویز مقایسه کنید.

• توضیحاتی در مورد SNR:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10}(SNR) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right)$$

- SNR سیگنال چندکاناله:

$$x[m] = s[m] + N[m]$$
$$\rightarrow SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M s_n[m]^2}{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M N_n[m]^2} \right)$$

- اضافه کردن نویز چندکاناله با SNR مشخص به یک سیگنال چندکاناله:

$$x[m] = s[m] + \sigma N[m]$$

- توجه: σ برای همه کانال‌ها ثابت است (σ های مختلف نداریم).

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\|s\|^2}{\|\sigma N\|^2} = 10 \log_{10} \frac{P_s}{\sigma^2 P_N}$$

$$\rightarrow \frac{P_s}{\sigma^2 P_N} = 10^{\left(\frac{SNR_{dB}}{10}\right)}$$

$$\rightarrow \sigma^2 = \frac{P_s}{P_N} \times 10^{-\left(\frac{SNR_{dB}}{10}\right)}$$

۴- با استفاده از یک روش ICA دلخواه منابع را استخراج کنید. می‌توانید از تابع COM2R.m (الگوریتم Com2) استفاده کنید.

۵- با بررسی همه منابع به دست آمده، منابع مطلوب (منابع اسپایکی) را نگه داشته و بقیه منابع را حذف کنید.

۶- منابع مطلوب را به حوزه سنسور (حوزه مشاهدات) بازگردانید و مشاهدات حذف نویز شده را ایجاد نمایید (X_{den}).

۷- مشاهدات حذف نویز شده را برای کانال‌های ۱۳ و ۲۴ همراه با داده بدون نویز اصلی و داده نویزی رسم نمایید.

۸- خطای RRMSE (نسبی RMSE) را برای هر SNR محاسبه نمایید. نتایج به دست آمده را تحلیل کنید.

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{32} \sum_{t=1}^T \left(x_{org}^{(n)}(t) - x_{den}^{(n)}(t)\right)^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{32} \sum_{t=1}^T \left(x_{org}^{(n)}(t)\right)^2}}$$

بخش دوم: حذف نویز سیگنال‌های صرعی واقعی

پوشه مربوط به این آزمایش (Lab2_2) شامل چهار فایل mat. حاوی سیگنال‌های EEG است (NewData1 تا NewData4). سیگنال‌ها مربوط به بیماران صرعی بوده و در بازه‌های تشنجی یا غیرتشنجی ثبت شده‌اند (فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز). هدف حذف نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال‌های داده شده با استفاده از روش ICA است. دو سیگنال از چهار سیگنال را انتخاب کرده و در مورد هر سیگنال مراحل زیر را انجام داده و نتایج را به دست آورید.

- ۱- سیگنال را در حوزه زمان و با مشخص کردن برچسب همه کانال‌ها رسم نمایید.
 - ۲- سیگنال را از نظر نویز و آرتیفکت بررسی کنید. چه نوع آرتیفکتهای در سیگنال می‌بینید؟ به نظرتان این آرتیفکت با استفاده از روش ICA قابل حذف شدن است؟
 - ۳- یک الگوریتم ICA بر روی سیگنال اعمال کرده و مولفه‌های مستقل و ماتریس ترکیب را به دست آورید. می‌توانید از تابع COM2R.m (الگوریتم Com2) استفاده کنید.
 - ۴- مشخصه زمانی، فرکانسی و فضایی هر مولفه را رسم کرده و در مورد مطلوب یا نامطلوب بودن آن تصمیم‌گیری کنید. برای رسم مشخصه‌های فرکانسی و فضایی می‌توانید به ترتیب از تابع pwelch.m (تابع اصلی متلب) و plottopomap.m استفاده کنید.
- توجه: در مورد مشخصه زمانی و فرکانسی از سطرهای ماتریس منابع استفاده کنید و در مورد مشخصه فضایی ستون‌های متناظر در ماتریس ترکیب را در نظر بگیرید.
- ۵- شماره همه منابع مطلوب را در یک بردار SelSources ذخیره کرده و سیگنال حذف نویز شده را بازیابی کنید:

$$X_{denoised} = A(:, SelSources) \times S(SelSources, :)$$

- ۶- سیگنال حذف نویز شده را رسم کرده و با سیگنال اولیه مقایسه کنید. آیا منابع درستی را انتخاب کرده‌اید؟ آیا حذف نویز به خوبی انجام شده است؟ آیا بایستی مرحله (۵) را دوباره و با دقت بیشتری انجام دهید؟