

دستور کار آزمایش چهارم: الگوهای سیگنال EEG و روش‌های تشخیص آن‌ها

### بخش اول: پتانسیل وابسته به رخداد

سیگنال ERP\_EEG (ذخیره شده در EEG\_ERP.mat) شامل EEG ثبت شده از یک کانال (Pz) است. سیگنال مغزی در پاسخ به یک تحریک بینایی ثبت شده و شامل پتانسیل وابسته به رخداد P300 و EEG زمینه است. ۲۵۵۰ آزمایش انجام شده و سیگنال مغزی در پاسخ به تحریک ثبت شده است. فرکانس نمونه‌برداری ۲۴۰ هرتز بوده و در هر آزمایش از زمان تحریک تا ۱ ثانیه بعد از آن سیگنال ثبت شده است.

با فرض اینکه در تمام آزمایش‌ها تأخیر پاسخ مغزی به تحریک برابر باشد، می‌خواهیم با استفاده از متوسط‌گیری سنکرون حداقل تعداد لازم برای آزمایش‌ها را که بتوان پاسخ P300 را از آن استخراج نمود، تعیین کنیم.

الف) به ازای  $N=100:100:2500$ ، پاسخ میانگین به دست آمده از  $N$  الگو را رسم کنید. نمودارها را در یک شکل رسم کرده و آنها را بر حسب افزایش  $N$  مقایسه نمایید.

ب) به ازای  $N = 1:2550$ ، ماکزیمم قدرمطلق دامنه سیگنال را بر حسب تعداد الگوهای میانگین‌گیری شده در یک نمودار رسم کنید.

ج) خطای root mean square بین الگوی میانگین  $i$ -ام و الگوی میانگین  $i-1$ -ام بر حسب تعداد الگوی میانگین‌گیری شده  $N = 1:2550$  در یک نمودار رسم کنید.

د) با استفاده از نتایج به دست آمده در بخش‌های (الف)، (ب) و (ج)، تعداد لازم برای آزمایش‌ها که بتوان پاسخ P300 را از آن استخراج نمود چند است؟ (تعداد به دست آمده را  $N_0$  می‌نامیم)

ه) در یک نمودار پاسخ میانگین به دست آمده از بخش (د) را همراه با پاسخ‌های میانگین زیر رسم کرده و مقایسه نمایید. نتایج به دست آمده را بررسی و تحلیل کنید.

- پاسخ میانگین به ازای  $N = 2550$
- پاسخ میانگین به ازای  $N = \frac{N_0}{3}$
- پاسخ میانگین به ازای  $N = N_0$  با انتخاب  $N_0$  پاسخ تصادفی از بین ۲۵۵۰ پاسخ
- پاسخ میانگین به ازای  $N = \frac{N_0}{3}$  با انتخاب  $\frac{N_0}{3}$  پاسخ تصادفی از بین ۲۵۵۰ پاسخ

و) چند نمونه از آزمایش‌های واقعی مبتنی بر سیگنال P300 را بررسی کنید. در آزمایش‌های واقعی که از الگوهای P300 استفاده می‌شود (مانند رابط‌های مغز و رایانه مبتنی بر P300)، از چه تعداد تکرار الگوی P300 استفاده می‌شود؟ آیا این تعداد با نتایج به دست‌آمده در بخش‌های قبل همخوانی دارد؟ علت وجود این تفاوت را توضیح دهید.

### بخش دوم: پتانسیل برانگیخته بینایی حالت دائم

فایل SSVEP\_EEG.mat شامل سیگنال SSVEP ثبت‌شده از یک کاربر است. این فایل شامل یک ماتریس SSVEP\_Signal (سیگنال EEG ثبت‌شده از ۶ کانال Pz، Oz، P7، P8، O2 و O1 با فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز)، یک ماتریس Events (فرکانس‌های تحریک) و یک ماتریس Event\_Samples (نمونه زمانی متناظر با شروع هر تحریک) است. هدف تعیین فرکانس تحریک از روی سیگنال EEG ثبت‌شده در هر آزمایش است.

الف) برای هر کانال از داده، با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر، فرکانس‌های زیر ۱ هرتز و بالای ۴۰ هرتز را حذف کنید. برای هر کانال، سیگنال حذف‌نویز شده را در یک نمودار همراه با سیگنال اصلی رسم کنید.

ب) ۱۵ آزمایش متناظر با ۱۵ تحریک را هر یک به اندازه پنجره ۵ ثانیه‌ای جدا کنید.

ج) برای هر آزمایش، محتوای فرکانسی هر شش کانال را محاسبه کرده و در یک شکل رسم کنید. می‌توانید از تابع pwelch استفاده کنید. با استفاده از legend مناسب مشخص کنید که هر نمودار مربوط به کدام کانال است.

د) آیا برای یک آزمایش، همه کانال‌ها از نظر محتوای فرکانسی یکسان هستند؟ تفاوت محتوای فرکانسی کانال‌ها به چه دلیل است؟

ه) آیا برای هر آزمایش، با استفاده از محتوای فرکانسی کانال‌ها می‌توانید فرکانس غالب را تعیین کنید؟ قله‌های فرکانسی مربوط به چه فرکانس‌هایی هستند؟ هر کدام از این قله‌ها چرا ایجاد شده‌اند؟

و) روش دیگری برای تعیین فرکانس غالب در سیگنال SSVEP می‌شناسید که نسبت به استفاده از محتوای فرکانسی تک‌تک کانال‌ها نتیجه بهتری ایجاد کند؟ با جستجو در اینترنت و مقالات مربوطه، روش‌های دیگر برای پردازش سیگنال‌های SSVEP و تعیین فرکانس غالب را نام ببرید.

### بخش سوم: سنکرون سازی/ناسنکرون سازی وابسته به رخداد

فایل FiveClass\_EEG.mat شامل سیگنال EEG ثبت شده با فرکانس نمونه برداری ۲۵۶ هرتز از یک کاربر در حین انجام تکالیف مختلف ذهنی است. سیگنال EEG از ۳۰ کانال زیر (سیستم بین المللی ۲۰-۱۰) ثبت شده است:

AFz, F7, F3, Fz, F4, F8, FC3, FCz, FC4, T3, C3, Cz, C4, T4, CP3, CPz, CP4, P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO3, PO4, O1, and O2.

به شخص پنج وظیفه ذهنی محول شده است:

۱- ساخت کلمات در ذهن (کلمات بایستی با حرفی که بر روی صفحه نمایشگر نشان داده می شوند، شروع شوند)

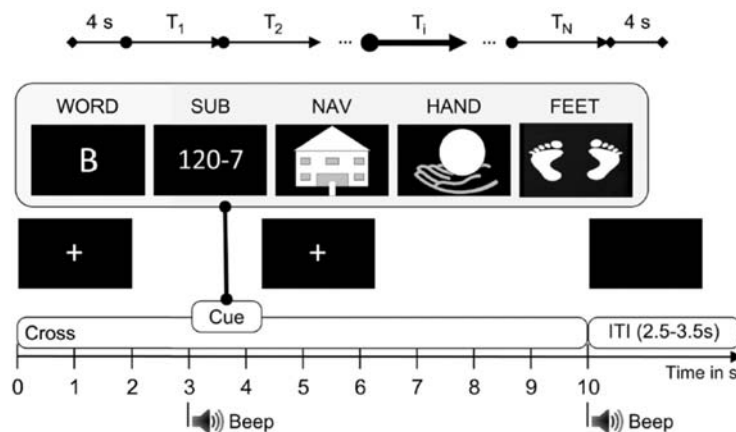
۲- انجام عمل تفریق ذهنی ( دو عدد بر روی صفحه نمایشگر نشان داده می شوند، فرد بایستی عدد کوچکتر را از عدد بزرگتر کم کند و این کار را تکرار نماید. مثال:  $120 - 7 = 113$  ،  $113 - 7 = 106$  و ...)

۳- جهت یابی (navigation) ( شخص بایستی خود را در محلی مانند خانه تصور کند و مسیر رسیدن به جای خاصی از خانه را تصور کند)

۴- تصور حرکت دست

۵- تصور حرکت پا

در انجام هر وظیفه ذهنی، ابتدا (زمان صفر) علامت + بر روی نمایشگر نشان داده می شود (برای تمرکز و آمادگی انجام آزمایش) و بعد از ۳ ثانیه صدای بوق پخش شده و وظیفه فرد بر روی صفحه نمایشگر نشان داده می شود. فرد مورد آزمایش بایستی این وظیفه را به مدت ۷ ثانیه انجام دهد (تا زمانی که بوق دوم پخش شود). بین هر دو آزمایش ۲/۵ تا ۳/۵ ثانیه زمان استراحت وجود دارد. شکل زیر زمان بندی انجام آزمایش را نشان می دهد.



داده آزمایش شامل چند ماتریس به صورت زیر است:

- $X$ : ماتریس EEG ثبت شده به ابعاد  $time\ samples \times channels$  شامل ۲۰۰ بار انجام آزمایش
- $y$ : برچسب کلاس مربوط به هر یک از ۲۰۰ آزمایش
- $trial$ : شماره نمونه زمانی شروع هر یک از ۲۰۰ آزمایش (متناظر با لحظه نمایش دادن + در ابتدای آزمایش)

در این آزمایش می‌خواهیم تغییرات سیگنال را در باندهای مختلف فرکانسی در هر یک از پنج کلاس مختلف بررسی کنیم.

الف) ابتدا سیگنال هر یک از کانال‌ها را در چهار باند زیر فیلتر کنید:

دلتا (۱ تا ۴ هرتز)، تتا (۴ تا ۸ هرتز)، آلفا (۸ تا ۱۳ هرتز) و بتا (۱۳ تا ۳۰ هرتز)

به این منظور می‌توانید از فیلتر زیر استفاده کنید (به طور مثال برای باند آلفا):

```
% Bandpass filter between 8 - 13
fs = 256;           % Sampling Frequency
N      = 4;         % Order
Fpass1 = 8;         % First Passband Frequency
Fpass2 = 13;        % Second Passband Frequency
Apass  = 1;         % Passband Ripple (dB)

% Construct an FDESIGN object and call its CHEBY1 method.
h = fdesign.bandpass('N,Fp1,Fp2,Ap', N, Fpass1, Fpass2,
Apass, fs);
Hd = design(h, 'cheby1');
for c=1:30
    Alpha_X(:,c) = filter(Hd,X(:,c));
end
```

برای اطمینان از عملکرد درست فیلترها، برای حدود ۵ ثانیه از کانال اول  $X$ ، سیگنال اولیه و چهار سیگنال به دست آمده در باندهای مختلف را رسم کنید.

ب) تریال‌های ۱۰ ثانیه‌ای را از داده سیگنال‌های به دست آمده جدا کنید (با استفاده از اطلاعات موجود در بردار  $trial$ ).

مثال:

```
for i=1:200
    Alpha_Trials(:, :, i) = Alpha_X(trial(i): trial(i)+256*10, :);
end
```

ج) به منظور محاسبه توان هر نقطه، مربع دامنه تمام نقاط زمانی را برای هر تریال در هر باند و هر کانال محاسبه نمایید.

د) با توجه به برچسب ۲۰۰ تریال (در بردار  $y$ )، داده‌های مربوط به ۵ کلاس مختلف را جدا کرده و برای هر یک از باندها، میانگین هر کانال را بر روی تریال‌های آن کلاس (نتایج قسمت ج) به دست آورید. خروجی این مرحله چهار تانسور به ابعاد زیر خواهد بود:

$$\Delta X_{avg} \in \mathbb{R}^{2560 \times 30 \times 5}$$

$$\Theta X_{avg} \in \mathbb{R}^{2560 \times 30 \times 5}$$

$$\alpha X_{avg} \in \mathbb{R}^{2560 \times 30 \times 5}$$

$$\beta X_{avg} \in \mathbb{R}^{2560 \times 30 \times 5}$$

که ۳۰ تعداد کانال‌ها بوده و ۵ تعداد کلاس‌هاست.

ه) برای هموار کردن تغییرات در سیگنال‌های میانگین بخش (د)، با استفاده از یک پنجره مستطیلی به صورت  $\text{newWin} = \text{ones}(1, 200) / \text{sqrt}(200)$  و با استفاده از دستور  $\text{conv}$  سیگنال هر کانال در هر یک از آزمایش‌ها و در هر باندی را فیلتر کنید.

و) یک کانال (ترجیحاً کانالی از بخش‌های مرکزی سر، مانند  $CPz$ ) را انتخاب کرده و نتایج قسمت (ه) را به صورت زیر برای آن رسم کنید:

- برای هر باند فرکانسی، سیگنال میانگین زمانی (در بازه ۱۰ ثانیه) برای هر ۵ کلاس را در یک شکل رسم کنید (در مجموع چهار شکل و در هر شکل ۵ نمودار).

و) با توجه به اینکه وظایف ذهنی، حدوداً از ثانیه سوم شروع می‌شوند، با مقایسه نمودارهای به دست آمده از قسمت (و) چه نتایجی در مورد اطلاعات فرکانسی مربوط به پنج کلاس می‌توان به دست آورد؟