



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۷۴۳ گروه ۳ - سیگنال‌ها و سیستم‌ها - بهار ۱۴۰۰-۰۱

تمرین متلب سری سوم

موعد تحویل: مطابق CW

نحوه‌ی تحویل:

- گزارش تمرین خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید. در گزارش لازم است تمامی خروجی‌ها و نتایج نهایی، پرسش‌های متن تمرین، و توضیح مختصری از فرآیند حل مسأله‌ی خود در هر قسمت را ذکر کنید.
- کد کامل تمرین را در قالب یک فایل m. تحویل دهید. لازم است بخش‌های مختلف تمرین در sectionهای مختلف تفکیک شوند و کد تحویلی منظم و دارای کامنت‌گذاری مناسب باشد. بدیهی است آپلود کردن کدی که به درستی اجرا نشود، به منزله‌ی فاقد اعتبار بودن نتایج گزارش شده نیز می‌باشد.
- توابعی را که (در صورت لزوم) نوشته‌اید، حتما در انتهای فایل m. ضمیمه کنید و از ایجاد فایل مجزا خودداری کنید
- مجموعه‌ی تمامی فایل‌ها (گزارش، کد اصلی، توابع، و خروجی‌های دیگر در صورت لزوم) را در قالب یک فایل zip/.rar. ذخیره کرده و از طریق سامانه‌ی CW تحویل دهید.
- تمرین‌های متلب به صورت گروه‌های دو نفره هستند در فایل گزارش حتما نام هر دو همگروهی نوشته شده و از هر گروه تنها یک نفر تمرین را در CW آپلود کند
- نام‌گذاری فایل‌های تحویلی را به صورت HW03_StudentNumber1_StudentNumber2.pdf/.m/.zip/.rar انجام دهید.

معیار نمره دهی:

- ساختار مرتب و حرفه‌ای گزارش
- استفاده از توابع و الگوریتم‌های مناسب
- پاسخ به سؤالات تئوری و توضیح روش‌های مطلوب سوال
- کد و گزارش خروجی کد برای خواسته‌های مسأله

نکات تکمیلی:

- همواره در تمامی تمارین تا سقف ۰/۲۵ نمره اضافه برای قسمت‌های امتیازی و نیز هر گونه روش‌های ابتکاری و فرادرسی در نظر گرفته می‌شود.
- شرافت انسانی ارزشی به مراتب بالاتر از تعلقات دنیوی دارد. رونویسی تمارین، زیر پا گذاشتن شرافت خویشتن است؛ به کسانی که شرافتشان را زیر پا می‌گذارند هیچ نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

۱ پیانو دیجیتال

۱. مک دانلد پیر قصد دارد برای تولد نوه اش آهنگ معروف خود- مک دانلد پیر مزرعه داشت- را هدیه دهد. مک دانلد به علت کهولت سن از شما کمک می‌خواهد. کلید های پیانو در زیر نمایش داده شده اند همچنین نت این آهنگ نیز در ادامه آمده است. حال شما باید با استفاده از نت های داده شده و پیدا کردن فرکانس هر نت در اینترنت، آهنگ مک دانلد پیر را برای او تنظیم کنید. تابعی به نام digital_piano بنویسید که نت ها و ضرب آن ها را به عنوان ورودی بگیرد و آهنگ مورد نظر را به صورت آرایه به عنوان خروجی تحویل دهد.

A♯		C♯			D♯	F♯		G♯	A♯	C♯		D♯	F♯	
A۴	B۴	C۴	D۴	E۴	F۴	G۴	A۵	B۵	C۵	D۵	E۵	F۵	G۵	

اگر با نتخوانی آشنا هستید می‌توانید از نت زیر استفاده کنید. در غیر این صورت جدولی شامل نت ها و مقدار ضرب هر نت در اختیار شما قرار گرفته است. هر نت باید به مقدار ضرب خود نگه داشته شود. یک ضرب معادل یک واحد زمان است.



شکل ۱: نت آهنگ مک دانلد پیر مزرعه داشت

F5	F5	F5	C5	D5	D5	C5	A5	A5	G5	G5	F5	نت
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	ضرب

شکل ۲: جدول نت آهنگ مک دانلد پیر مزرعه داشت: جدول را از چپ به راست بخوانید

توجه:

- در هنگام اجرای هر نت ، زمان bouncing کلید ها را در نظر داشته باشید.
- فایل آهنگ ساخته شده را با استفاده از دستور audiowrite ذخیره کنید. نام فایل را به صورت Old_Mc.Donald.wav قرار دهید و همراه فایل گزارش ارسال نمایید.
- ۲. سیگنال آهنگ ساخته شده را در حوزه فرکانس ترسیم کنید. پهنای باند این سیگنال چقدر است؟
- ۳. در مورد echo و reverberation تحقیق کنید. فرق این دو چیست؟
- ۴. سیستم هر یک از جلوه های صوتی echo و reverberation را با استفاده از یک معادله تفاضلی مدل کنید.

۵. تابعی با نام `echo` بنویسید که فایل صوتی را به عنوان ورودی بگیرد و بر روی آن اعمال کند
۶. تابعی با نام `reverb` بنویسید که فایل صوتی و تعداد اعمال `reverb` را به عنوان ورودی بگیرد و بر روی آن اعمال کند
۷. با استفاده از دو تابع `echo` و `reverb` که نوشته اید، این دو جلوه صوتی را بر روی آهنگ مک دانلد پیر مزرعه داشت اعمال کنید و خروجی آن‌ها را با نام‌های `Old_Mc.Donald_echo.wav` و `Old_Mc.Donald_reverb_NumberOfEffect.wav` ذخیره کنید و همراه فایل گزارش ارسال نمایید
۸. سیگنال‌های خروجی بخش قبل را در حوزه فرکانس ترسیم کنید. نتایج بدست آمده را با سیگنال بدون جلوه مقایسه و بحث کنید.

۲ نویز

۱. مک داندل پس از اینکه آهنگ شما را برای نوه اش فرستاد با مشکل جدیدی روبه رو شد. آهنگ پس از ارسال بسیار نویزی است و آهنگ به وضوح شنیده نمیشود. مک داندل برای ارسال آهنگش به شکل زیر عمل کرده است و سیگنالی به شکل زیر تولید و آن را ارسال کرده است: $m(t)$ همان سیگنال آهنگ است.

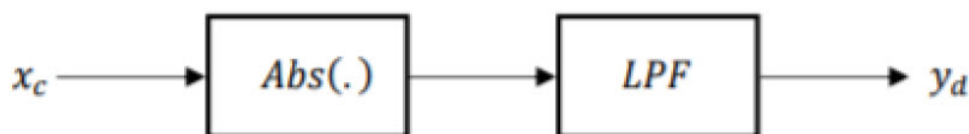
$$x(t) = A_c(1 + \mu m(t))\cos(2\pi f_c t), A_c = 0.1, f_c = 20\text{ kHz}, \mu = 0.7 \quad (1)$$

این سیگنال $x(t)$ را در حوزه زمان و فرکانس ترسیم کنید.

۲. سیگنال $x(t)$ فوق پس از عبور از کانال فیزیکی مانند *twistedpair*، *coaxialcable* و... با یک نویز سفید گوسی جمع میشود و به دست نوه مک داندل میرسد. در مورد نویز سفید گوسی جمع شونده تحقیق کنید

۳. با استفاده از دستور *AWGN* در متلب، یک نویز سفید گوسی با سیگنال $x(t)$ جمع کنید. در مورد پارامتر *SNR* در این تابع و تاثیر آن بر خروجی تابع توضیح دهید.

۴. با استفاده از بلوک دایگرم زیر، سیگنال آهنگ موجود در سیگنال نویزی که تولید کرده اید را آشکار کنید. مقدار *SNR* را از 20 dB کاهش دهید و تاثیر این پارامتر را در آشکار سازی پیام بیان کنید. حداقل به ازای ۳ مقدار مختلف *SNR* آشکار سازی فوق را انجام دهید و سیگنال های خروجی را با نام *Old_Mc.Donald_noisy_SNR_dB.wav* ذخیره کرده و همراه فایل گزارش ارسال نمایید. به ازای چه مقدار *SNR* آهنگ دیگر قابل شنیدن نیست؟ بهترین سیگنال آشکار سازی شده را در حوزه فرکانس رسم کنید



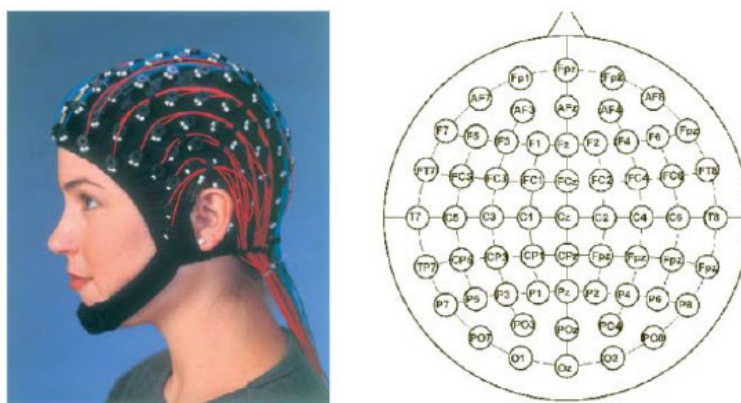
شکل ۳: آشکار سازی پیام

۳ پردازش و تحلیل سیگنال‌های پزشکی EEG

در این بخش با مقدمات پردازش سیگنال‌های EEG آشنا می‌شویم، تا علاوه بر آشنایی بیشتر با این نوع سیگنال‌ها برای انجام پروژه درس نیز آمادگی کسب کنید. در ابتدا یک سری توضیحات اولیه در باره سیگنال‌های مغزی EEG و همچنین آزمایشی (task) که دیتای این قسمت مبتنی بر آن است، می‌دهیم.

نوار مغزی، الکتروانسفالوگرافی (Electroencephalography) یا EEG ثبت فعالیت الکتریکی مغز از طریق نصب الکترودهای سطحی بر روی سر و به صورت غیر تهاجمی می‌باشد. در حالت کلی در یک سیستم EEG، اثر الکتریکی فعالیت نورون‌های مغز از طریق الکترودهای نصب شده بر روی سر به دستگاه انتقال داده شده و پس از تقویت و حذف نویز به صورت سیگنال زمانی ثبت و نمایش داده می‌شود. سیگنال ثبت شده می‌تواند مستقیماً و یا پس از پردازش کامپیوتری توسط پزشک و یا متخصص علوم اعصاب مورد تحلیل قرار بگیرد. به کمک الکتروانسفالوگرافی می‌توان در انواع فعالیت‌های مغزی به تعیین میزان آن فعالیت و شناسایی نواحی درگیر مغزی پرداخت. در نتیجه بررسی و تحلیل سیگنال ثبت شده از طریق الکتروانسفالوگرافی در طیف گسترده‌ای از کاربردهای تشخیصی و پژوهشی، همچون موارد زیر، نقش مؤثری دارد:

- ۱- تشخیص آسیب مغزی سربال و تعیین محل آن ۲- بررسی حملات صرعی ۳- تشخیص اختلالات روانی مانند آلزایمر
- ۴- مطالعه خواب و بررسی اختلالات آن ۵- مشاهده و تحلیل پاسخ‌های مغز به محرک‌های حسی ۶- پژوهش‌های مرتبط با سیستم‌های واسط مغز - رایانه (Brain Computer Interface - BCI). ثبت‌های سیگنال مغزی از بیماران معمولاً در حالت بیداری صورت می‌گیرد. البته بسته به نوع آزمایش ممکن است از فرد خواسته شود که چشمهای خود را باز یا بسته نگه دارد. در حالت چشم باز، گاه از طریق یک چراغ چشمک زن (فوتیک)، حساسیت بیمار به تحریک نوری سنجیده می‌شود. برای نمونه بروز حمله صرعی در پاسخ به تحریک نوری از این طریق قابل بررسی می‌باشد.



شکل ۴: دستگاه EEG ۶۴ کاناله

روش‌ها و استاندارد‌های متعددی برای گرفتن دیتا از طریق EEG است که یکی از مشهورترین آنها استاندارد ۱۰-۲۰ است. در این استاندارد ما ۱۹ الکتروود در ۱۹ مکان متفاوت از سطح مغز بیمار قرار می‌دهیم تا فعالیت مغزی وی را ضبط کنیم. این کانال‌ها در تصویر بالا مشخص شده‌اند.

دیتایی که در این تمرین در اختیار شما قرار گرفته است شامل ۵ ثانیه حالت استراحت (rest) در ابتدا و ۵ ثانیه استراحت در انتهای آزمایش است. بعد از ۵ ثانیه استراحت ابتدایی این آزمایش با ۴۰ ثانیه آزمایش (task) شنوایی و ۲۰ ثانیه استراحت همراه است. و این روند ادامه پیدا می‌کند تا تعداد ۶ task و ۵ استراحت ۲۰ ثانیه‌ای داشته باشیم (که این روند جدای ۵ ثانیه استراحت اولیه و نهایی است). پس روند زمانی آزمایش به صورت زیر است:

$$time = [5, 40, 20, 40, 20, 40, 20, 40, 20, 40, 20, 40, 5]$$

در این آزمایش در هر ثانیه ۲۵۰ نمونه از سیگنال مغزی برداشته شده است (اصطلاحاً فرکانس نمونه برداری ۲۵۰ هرتز است). پس در کل ما ۸۷۵۰۰ درایه برای هر کانال در دیتای قرار گرفته شده در فایل تمرین داریم.

۱.۳ توان کانال های متفاوت و ترسیم topography

در این بخش با توجه به اطلاعاتی که از توان یک سیگنال دارید به محاسبه توان در هر یک از کانال ها و ترسیم توپوگرافی توان می پردازیم. دیتای بیماری که در این قسمت تحت فایل data.mat در اختیار شما قرار گرفته است شامل یک ماتریس به ابعاد ۱۹*۸۷۵۰۰ است که یک بعد آن دیتای گرفته شده در زمان و دیگری هر یک از کانال ها هستند. ترتیب کانال ها به ترتیب زیر است.

```
channel_title = ["Fp1", "Fp2", "F7", "F3", "Fz", ...
"F4", "F8", "T7", "C3", "Cz", ...
"C4", "T8", "P7", "P3", "Pz", "P4", "P8", "O1", "O2"]
```

۱.۱.۳ سوال اول

دیتای data.mat را لود کرده و برای هر کانا ۵ ثانیه استراحت اول و آخر را حذف کنید تا دیتا از طول ۸۷۵۰۰ به طول ۸۵۰۰۰ برسد.

۲.۱.۳ سوال دوم

معمولاً دامنه دیتا های EEG ضبط شده با یکدیگر تفاوت دارند برای اینکه این تفاوت (که معمولاً ناشی از عوامل محیطی مانند حجم ژل تزریقی به هر الکترود است) در فرایند پردازشی تاثیر نگذارد از توابع نرمالیزه کننده ای مانند zscore استفاده میشود.

راجع به تابع zscore() در متلب تحقیق و نحوه کار آن را در گزارش بیاورید. همچنین این تابع را بر روی هر ۱۹ کانال دیتای داده شده پیاده سازی کنید.

سپس هر ۵ وقفه استراحت ۲۰ ثانیه ای را با یکدیگر میانگین بگیرید تا یک سیگنال میانگین استراحت به طول ۲۰ ثانیه محاسبه شود. همین کار را برای سیگنال های ۴۰ ثانیه ای تحریک (آزمایش) نیز انجام دهید تا سیگنال ۴۰ ثانیه ای میانگین آزمایش محاسبه شود. (به بردار time دقت کنید تا میانگین گیری درست صورت گیرد).

۳.۱.۳ سوال سوم

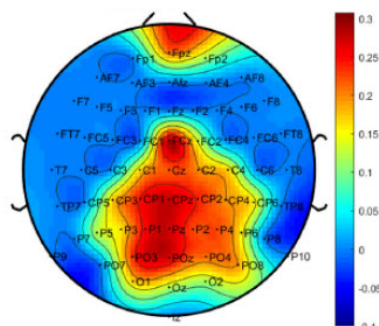
پس از انجام مرحله قبل روی دیتای نرمالیزه شده توان هر یک از الکترود ها را برای میانگین سیگنال استراحت و میانگین سیگنال آزمایش محاسبه کنید. و در بردار های Ptask، Prest آنرا ذخیره کنید. راهنمایی:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x[i]^2, N = \text{length}(x)$$

توان سیگنال با استفاده از رابطه بالا محاسبه میشود. (هر چند در بسیاری از پردازش ها توان باند های خاصی مد نظر است که معمولاً آن ها برای بررسی استخراج میشوند).

۴.۱.۳ سوال چهارم

در بسیاری از تحلیل‌های دیتای EEG مقایسه پارامترها (مانند توان) در میان همه کانال‌ها و نحوه توضیح این پارامتر روی سر حائز اهمیت است. از این نقشه‌هایی مانند شکل زیر در بسیاری از مقالات دیده میشود که به آن‌ها توپوگرافی میگویند.



شکل ۵: topography map

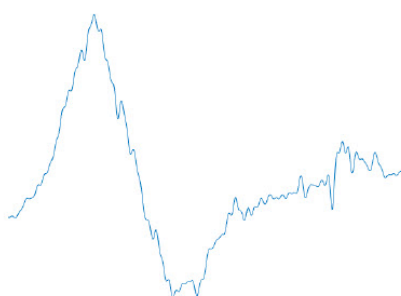
با استفاده از تابع topography که در فایل تمرین ضمیمه شده این نقشه‌ها را برای دو حالت استراحت و آزمایش ترسیم کنید. (برای یادگیری نحوه کار با این تابع توضیحات داده شده در خود فایل آن را مرور کنید).

۵.۱.۳ سوال پنجم

مشاهدات خود از نتیجه قسمت قبل را بازگو کنید.

۲.۳ شمردن پلک‌های زده شده توسط بیمار با تحلیل نتایج دیتای کانال $Fp1$

در آزمایش‌های متفاوتی که با دستگاه EEG روی بیماران صورت میگیرد حالت باز یا بسته بودن چشم‌ها بسیار مهم است. دیتای آزمایش بالا در حالت چشم باز گرفته شده است پس طبق انتظار بیمار پلک میزند. از نکات بسیار جالب این است که بدلیل نزدیکی الکترود $Fp1$ به چشم نویز ناشی از پلک زدن روی آن کاملاً مشخص است (شکل ۸: نویز ایجاد شده روی این الکترود را تحت پلک زدن نمایش میدهد). در این بخش ما با توجه به سیگنال $Fp1$ تعداد پلک زدن‌ها را می‌شماریم.



شکل ۶:

۱.۲.۳ سوال اول

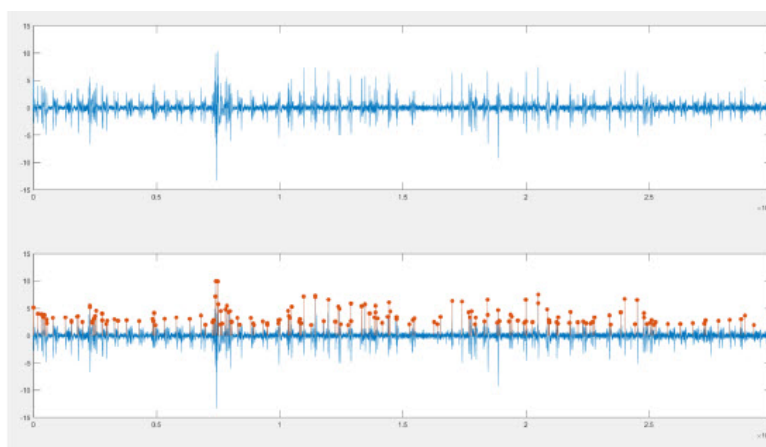
در سیگنال این کانال هر زمان که بیمار پلک میزند یک جهش ناگهانی رخ می‌دهد و ما یک پیک را مشاهده می‌کنیم. در ابتدا شما دیتای قرار گرفته تحت عنوان eye.mat را لود کنید. و در workspace بیاورید.

۲.۲.۳ سوال دوم

همانطور که در شکل ۸ نیز مشاهده می‌شود به هنگام پلک زدن یک پیک در سیگنال این الکتروود دیده می‌شود پس ما با شمردن این پیک‌ها می‌توانیم تعداد پلک زدن‌ها را بشماریم. با پنجره‌هایی به طول ۵۰۰ درایه سیگنال را پیمایش کنید و در هر یک از این پنجره‌ها مقدار ماکسیمم را محاسبه کنید. اگر این مقدار ماکسیمم از ۲.۵ بیشتر بود آن را یک پلک زدن بشمارید. توضیح دهید چرا روش بالا تعداد پلک زدن‌ها را می‌دهد.

۳.۲.۳ سوال سوم

تعداد پلک زدن‌ها را محاسبه کنید. نموداری مشابه نمودار زیر تولید کنید که محل پلک زدن‌ها را مشخص می‌کند.



شکل ۷: نتیجه نهایی

دیتای بخش آخر این قسمت تمرین از جناب آقای ارشیا افضل گرفته شده است: