



Sharif University of Technology
Department of Electrical Engineering

EE 25710-2

Introductory Computational Neuroscience

Winter-Spring 1396-97

Homework 3

Due Date: دوشنبه ۱۷ اردیبهشت

نحوه ی تحویل: (عدم رعایت سیستم نام گذاری مذکور موجب کسر نمره می شود.)

- ❖ گزارش کار با فرمت HW03_FamilyName_StudentNumber.pdf: در گزارش باید به تمامی سوالات تمرین پاسخ دهید، نمودارها و نتایج به دست آمده را ارائه کرده و توضیحات کلیه ی فعالیت هایتان را مکتوب کنید.
- ❖ فایل اصلی متلب با فرمت HW03_FamilyName_StudentNumber.m: شامل کدی که تمام بخش های تمرین را اجرا کند. کد باید کامنت گذاری مناسب داشته باشد و بخش های تمرین در آن تفکیک شده باشند.
- ❖ تمامی آنچه که اجرا شدن کد به آن ها نیاز دارد: توابعی که خواسته شده تا بنویسید، دیتایی که خواسته شده تا ضمیمه کنید و ...
- تمامی فایل های مورد نظر را در پوشه ای با فرمت HW03_FamilyName_StudentNumber.rar یا zip. روی سامانه ی CW بارگذاری کنید.

معیار نمره دهی:

- ❖ ساختار مرتب و حرفه ای گزارش: ۱۰٪
- ❖ استفاده از توابع مناسب و الگوریتم های مناسب و کامنت گذاری کد: ۱۰٪
- ❖ پاسخ به سوال های تئوری و توضیح روش هایی که سوال ها از شما خواسته اند: ۴۰٪
- ❖ خروجی کد و گزارش آن برای خواسته های مسائل: ۲۰٪ + ۲۰٪
- ❖ برای روش های ابتکاری، خلاقانه و فرادرسی ای که موجب بهبود کیفیت تمرین شود: ۱۵٪+
- توجه داشته باشید که ممکن است بعضی از سوال ها و خواسته ها جواب یکتا نداشته باشد، و هدف آن سنجش خلاقیت یا توانایی حل مسئله ی شما باشد. می توانید از ساده ترین چیزهایی که به ذهنتان می رسد استفاده کنید یا برای یافتن راه مناسب جست و جو کنید. همچنین سوال هایی که با * مشخص شده اند صرفاً جنبه ی امتیازی دارند و بیشتر برای آموزش شما هستند.

شرافت انسانی ارزشی به مراتب والاتر از تعلقات دنیوی دارد. رونویسی تمارین، زیر پا گذاشتن شرافت خویشتن است؛

به کسانی که شرافتشان را زیر پا می گذارند هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.

قسمت اول: آشنایی با مقاله‌ی پژوهش اصلی (نمره: 10%)

در این تمرین، قرار است روی دیتاستی که برای پژوهشی در سال 2009 جمع‌آوری شده است کار کنید. بر خلاف دو تمرین قبلی، در این تمرین تقریباً تمام کارهای پیپر مذکور را قرار است انجام دهید، با این تفاوت که پیپر تمام این کارها را روی ۱۰۰ سابجکت انجام داده است، اما شما قرار است روی ۱۰ سابجکت انجام دهید. پیپر زیر را دانلود کنید و کامل بخوانیدش.

Guger, Christoph, et al. **"How many people are able to control a P300-based brain-computer interface (BCI)?"** Neuroscience letters 462.1 (2009): 94-98.

۱. به طور کلی هدف این پژوهش را توضیح دهید. چه تفاوتی با کارهای قبل از خودش دارد؟

۲. آزمایش انجام شده را توصیف کنید؛ و تفاوت دو پروتکل انجام آن را توضیح دهید.

۳. شیوه‌ی کار مقاله برای جداسازی target و non-target را توضیح دهید. (این بخش را دقیق مطالعه کنید.)

۴. به طور کلی و مختصر نتایج این پژوهش را گزارش کنید.

قسمت دوم: آشنایی با دیتاست (نمره: 10%)

تمامی فایل‌های مربوط به دیتاست، و توضیحات تکمیلی متناظر در آدرس زیر، و زیر عنوان "12. Visual P300 speller (003-2015)" قرار گرفته است:

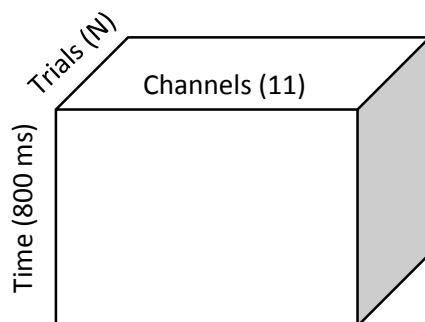
<http://bnci-horizon-2020.eu/database/data-sets>

داده‌های مربوط به همه‌ی سابجکت‌ها را به اضافه‌ی فایل Description دانلود کنید. (یکی از موارد جالب این تمرین، این است که توضیحاتی که برای دیتاست ارائه شده است ناکامل و در مواردی غلط است! به این خاطر، برای فهم بهتر دیتاست، باید به پیپر رجوع کرد.)

مانند تمرین قبل، دو تابع در فولدر Function برای تان گذاشته شده است، که توضیحات آن‌ها به شرح زیر می‌باشد: (می‌توانید از این توابع استفاده نکنید.)

عملکرد	Function
برای طراحی پاسخ‌ضربه‌ی محدود شده‌ی فیلتر میان‌گذر استفاده می‌شود. (یک انتخاب منطقی برای طول فیلترهای تان، 1001 است.)	BPF
پاسخ ضربه‌ی خروجی BPF و سیگنال را می‌گیرد، و با یک الگوریتم نسبتاً سریع، سیگنال فیلتر شده را تحویل می‌دهد.	FilterDFT

۱. فایل **description** را بخوانید، دیتاست را بررسی کنید، و با توجه به دانشی که از پیپر کسب کرده‌اید، توضیح دهید که فایل هر سابجکت شامل چه اطلاعاتی است. (توجه داشته باشید که سطر اول هر ماتریس، زمان را به ثانیه نشان می‌دهد، و فرکانس نمونه برداری نیز 256Hz می‌باشد).
۲. برای کدام سابجکت‌ها از پروتکل **SC** و برای کدام‌ها از پروتکل **RC** استفاده شده است. (این از مواردی است که در فایل توضیحات حتی به آن اشاره هم نشده است!)
۳. تابعی با عنوان **IndExtraction** بنویسید که در ورودی دیتای یک سابجکت را به صورت **struct** بگیرد، و در خروجی، به تفکیک، اندیس زمان شروع تحریکات **target** و **non-target** را برای دیتای **train** و **test** تحویل دهد. (یعنی خروجی باید شامل ۴ بردار باشد).
۴. تابعی با عنوان **TrialExtraction** بنویسید که در ورودی، دیتای یک سابجکت را به صورت **struct** بگیرد، و در خروجی، به تفکیک، برای **target**، **non-target** و برای **train** و **test**، آرایه‌ای به شکل زیر بدهد:

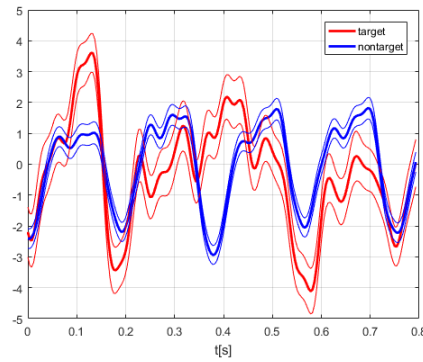


قسمت سوم: بررسی ERP به روش سنتی (نمره: 20%)

مانند دو تمرین قبلی، ابتدا یک سابجکت را مشخص کنید، و پردازش‌ها را روی آن انجام دهید. سپس این کارها را روی باقی سابجکت‌ها هم انجام دهید.

۱. سیگنال‌های **EEG** را با همان مشخصاتی که در پیپر توضیح داده شده است فیلتر کنید؛ سپس با استفاده از توابعی که در قسمت قبل نوشتید، **Single Trial**ها را استخراج کنید.

۲. سیگنال **ERP** را برای **target** و **non-target** حساب کنید، و حاصل را با بازه‌ی اطمینان (یعنی به اندازه‌ی یک انحراف معیار بالاتر و یک انحراف معیار پایینتر، برای هر الکتروود روی یک شکل بکشید. (۸ شکل باید رسم کنید)).
- نکته:** توجه داشته باشید که قرار است انحراف معیار مذکور، انحراف معیار میانگین باشد، پس باید با عکس جذر تعداد **trial**ها رابطه‌ی مستقیم داشته باشد. یعنی شما می‌خواهید حدود میانگین را به دست آورید.
- راهنمایی:** خروجی برای یکی از الکتروودها باید چیزی شبیه به تصویر صفحه‌ی بعد شود.



۳. در مورد نوسانی بودن شکل **non-target** ها و نوسانی نبودن **target** ها توضیح دهید. (آیا برای تمام الکترودها برقرار است؟)

۴. اگر می‌خواستید تفاوتی بین **target** ها و **non-target** ها پیدا کنید، به کدام الکترودها (که متاسفانه اسم‌شان را نمی‌دانیم!) و به چه زمان‌هایی نگاه می‌کردید؟

۵. عملیات سوال‌های ۱ و ۲ را روی باقی سابجکت‌ها تکرار کنید. (لازم نیست تمام تصاویر را در گزارش بیاورید. کافی است که تصاویری که بیشترین اطلاعات را دارند را جدا کنید و مورد بحث قرار دهید.) به این سوالات پاسخ دهید:

a. آیا پدیده‌ی مذکور در سوال ۳ برای تمام سابجکت‌ها رخ می‌دهد؟

b. آیا حدود زمانی و بهترین الکترودها برای افراد مختلف یکسان است؟

c. در مورد تاثیر پارادایم‌های RC و SC روی سیگنال ERP توضیح دهید. آیا با ادعاهای مقاله در مورد ادبیات پیشین این حوزه سازگار است؟

d. انتظار دارید برای کدام افراد دستگاه **Speller** بهتر عمل کند؟

۶. به طور کلی نتایج‌تان را در حد چند خط خلاصه کنید.

قسمت چهارم: پیاده‌سازی الگوریتم P300-Speller (نمره: 40%)

سابجکتی که در قسمت قبل در نظر گرفتید را دوباره در نظر بگیرید.

۱. سیگنال‌های EEG را همانطور که در پیپر توضیح داده شده است فیلتر کنید. با توابعی که در قسمت دوم نوشتید، **trial** ها را جدا کنید. حال عملیات **down sampling** را روی دیتا انجام دهید.

۲. همانطور که در پیپر توضیح داده شده است، برای هر **trial**، داده‌های **down sample** شده‌ی هر ۸ الکترودها را پشت هم بچینید. حال با استفاده از دیتای **Train**، مدل LDA را بسازید. درصد صحت جداسازی را روی داده‌های **Train** و **Test** به طور مجزا گزارش کنید. همچنین درصد صحت جداسازی را با **5-fold cross validation** روی دیتای **Train** حساب کنید. تحلیل‌تان از مقایسه‌ی این ۳ عدد را بنویسید.

(برای این کار می‌توانید از تابع `fitcdiscr` در متلب استفاده کنید. لطفاً توضیحات تابع را به خوبی مطالعه کنید - البته با توجه به ساده بودن ساخت طبقه‌بند LDA، می‌توانید خودتان نیز این سیستم را پیاده سازی کنید).

۳. همانطور که در پیپر و دیتاست مشخص است، در دیتای `Test`، سابجکت باید لغت `LUCAS` را می‌نوشته است. با استفاده از مدلی که ساختید، کلمه‌ای که سیستم می‌نویسد چیست؟

راهنمایی: روش کار به این صورت است که با استفاده از مدل، برای هر حرف، تعدادی `target` و `non-target` تشخیص می‌دهید. سطر و ستون (برای RC) یا حرفی (برای SC) که بیشترین بار `target` شده است را به عنوان تخمین استفاده کنید. برای سیستم RC لازم است که با توجه به توضیحات دیتاست و پیپر، حرف متناظر را تعیین کنید.

۴. با بررسی مقادیر بردار ضرایب (می‌توانید این مقادیر را روی یک شکل با سیگنال‌های ERP رسم کنید)، مشخص کنید که به نظرتان کدام الکتروود بیشترین تاثیر را در جداسازی `target` از `non-target` داشته است. همچنین حدود مهم‌ترین بازه‌ی زمانی را مشخص کنید. آیا نتایج‌تان با نتایج سوال ۴ قسمت سوم سازگار است؟ (اگر به الگوریتم LDA توجه کنید، متوجه خواهید شد که تا حد خوبی نتیجه بدیهی است!)

۵. عملیات سوال‌های ۱ و ۲ و ۳ را روی باقی سابجکت‌ها تکرار کنید.

a. هیستوگرام درصد صحت روی `Test` را رسم کنید. (برای واضح بودن سوال، باید ذکر کنم که برای هر فرد یک سمپل دارید؛ یعنی باید هیستوگرام ۱۰ عدد را رسم کنید).

b. سیستم ساخته شده برای چند نفر از افراد توانسته است که لغت را کاملاً درست تایپ کند؟

c. آیا حدود زمانی و بهترین الکتروود برای افراد مختلف یکسان است؟

d. با اینکه تعداد افرادمان خیلی کمتر از تعداد افراد مورد بررسی در مقاله‌ی اصلی است، آیا بین پروتکل‌های RC و SC تفاوتی وجود دارد؟ اگر بله، کدام را انتخاب می‌کنید؟

e. آیا نتیجه با جوابتان به سوال ۵، بخش d قسمت قبلی سازگار است؟

۶. به طور کلی نتایج‌تان را حد چند خط خلاصه کنید.

قسمت آخر: یک سوال دلخواه! (نمره: 20%)

برای این قسمت، با استفاده مقالات و پژوهش‌های پیشین روی خواب، یا مطالب سر کلاس، یا هر ایده‌ی خلاقانه‌ای که به ذهن‌تان می‌رسد، یک سوال طرح کنید، و سعی کنید با روش‌های مناسب به این سوال پاسخ دهید. سوال و روش‌های‌تان لازم نیست الزاماً پیچیده باشد، کافی است که ساختاریافته، و جالب باشد.