



Sharif University of Technology  
Department of Electrical Engineering

EE 25710-2

Introductory Computational Neuroscience

Winter-Spring 1396-97

Homework 4

Due Date: جمعه ۱۸ خرداد

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

- ❖ گزارش کار با فرمت HW04\_FamilyName\_StudentNumber.pdf: در گزارش باید به تمامی سوالات تمرین پاسخ دهید، نمودارها و نتایج به دست آمده را ارائه کرده و توضیحات کلیه فعالیت هایتان را مکتوب کنید.
- ❖ فایل اصلی متلب با فرمت HW04\_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 HW04\_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: 15%)

در این تمرین، قرار است روی دیتاستی که برای پژوهشی در سال 2017 جمع‌آوری شده است کار کنید. بر خلاف سه تمرین قبلی که در آن‌ها کار با سیگنال‌های Invasive و EEG را یاد گرفتید، در این تمرین قرار است با دیتا fMRI کار کنید.

Casey, Michael A. *"Music of the 7Ts: Predicting and Decoding Multivoxel fMRI Responses with Acoustic, Schematic, and Categorical Music Features."* Frontiers in psychology 8 (2017): 1179.

فعالیت‌های انجام شده برای این پژوهش را می‌توان به طور کلی به دو دسته‌ی Genre Classification و Song Classification، هر کدام با دو روش Searchlight Regression و GLM تقسیم کرد – که در متن مقاله می‌توانید با هر دوی این‌ها آشنا شوید. تمرکز ما در این تمرین بر روی Genre Classification با استفاده از روش GLM است.

۱. با مطالعه‌ی Abstract، Introduction و 1.1.2، و 1.2 به طور کلی هدف و ادعای این پژوهش را توضیح دهید. چه تفاوتی با کارهای قبل از خودش دارد؟

۲. با خواندن 2.1 و 2.2 آزمایش انجام شده را توصیف کنید. (بخش 2.2.1 را لازم نیست بخوانید).

۳. با مطالعه‌ی قسمت 2.3، عملیات انجام شده برای پیش‌پردازش داده‌ها را توضیح دهید.

۴. بخش 2.4.1 را مطالعه کرده، و عملیات Genre\Song Classification را با جزئیات شرح دهید.

۵. بخش 3.1 را مطالعه کرده و نتیجه‌ی پژوهش را شرح دهید.

۶. نکات مهم مباحث بخش 4.1 را نیز مختصراً توضیح دهید.

## قسمت دوم: آشنایی با دیتاست (نمره: 0%)

تمامی فایل‌های مربوط به دیتاست، و توضیحات تکمیلی متناظر در آدرس زیر قرار گرفته است:

<https://openfmri.org/dataset/ds000113b/>

برای راحتی، در این تمرین تنها با داده‌های یک سابجکت کار می‌کنیم، و همچنین باز هم برای راحتی، عملیات پیش‌پردازش توسط ما روی داده‌ها انجام شده است، و شما کافی است که فایل‌های مربوطه را از دستیار آموزشی دریافت کنید.

انواع فایل‌های دیتاست و توابع لازم برای خواندن و بررسی آن‌ها سر کلاس توتوریال fMRI توضیح داده شده است. توجه داشته باشید که در فایل‌های .tsv همراه دیتاست، زمان دقیق تحریک‌ها و نوع آن‌ها همراه با جزئیات دیگر داده‌ها برای ۷ ران ابتدایی به طور کامل آمده است.

فایل مشابهی نیز برای ران ۸م وجود دارد که در آن زمان دقیق تحریکها و دیگر جزئیات آنها به جز نوع تحریک آمده است. یکی از کارهایی که شما باید انجام دهید، این است که نوع این تحریکها را پیش‌بینی کنید.

توجه: در فایلی که توسط دستیار آموزشی به شما داده می‌شود، دو پوشه دیگر نیز موجود است:

- پوشه `spm12` که شامل توابع نرم افزار `spm` می‌باشد و برای استفاده از آن باید مسیر آن را در متلب اضافه (`addpath`) کنید.
- پوشه `nii tools` که شامل توابع متلب برای خواندن داده‌های با فرمت `nii` می‌باشد. برای باز کردن فایل‌های `nii` از تابع `convertnii2mat` که در این پوشه قرار دارد استفاده کنید. (از حالت `untouch` این تابع استفاده کنید).

### قسمت سوم: بررسی نقاط فعال مغز در هنگام شنیدن موسیقی (نمره: 20%)

۱. با استفاده از داده‌ها و توابعی که در اختیاران قرار گرفته شده است، و مطابق با توضیحات مقاله و کلاس توتوریال، برای هر ران، و برای هر ژانر موسیقی، یک ماتریس سه بعدی شامل `tvalue`ها و یک ماتریس سه بعدی شامل `zvalue`ها به دست آورید. (یعنی به ازای هر ژانر، هر واکسل و هر ران باید یک `tvalue` و یک `zvalue` داشته باشید).

۲. با تعریف کنتراست‌های مناسب، و با رسم اشکال مناسب، بررسی کنید که برای هر ژانر موسیقی، کدام نقاط سر فعالیت معناداری دارند. نتایج‌تان را با هم مقایسه کنید.

(عملیات به این صورت است که ابتدا برای کنتراستی که تعریف می‌کنید، برای هر ران یک ماتریس سه بعدی `zvalue` به دست می‌آورید. از این ۷ ماتریس به دست آمده برای هر واکسل میانگین بگیرید – می‌توانید ماکسیمم را نیز تست کنید، یا حتی میانگین را بخش بر انحراف معیار کنید – و با تعیین ترشهولد مناسب، تصویر نقاط فعال را رسم کنید).

۳. با تعریف کنتراست‌های مناسب، و با رسم اشکال مناسب، نقاطی از مغز که برای هر دو ژانر متفاوت، تفاوت معناداری را نشان می‌دهند مشخص کنید. در مورد ارتباط نقاط به دست آمده در این سوال و سوال ۲ توضیح دهید و نتیجه‌تان را توجیه کنید.

۴. تعبیرتان از عملکرد نقاط مختلف مغز را توضیح دهید. آیا می‌توان ارتباطی بین این یافته‌ها و آنچه که در مورد عملکرد نقاط مختلف مغز می‌دانیم پیدا کرد؟

### قسمت چهارم: طبقه‌بندی ژانرهای موسیقی متفاوت (نمره: 45%)

در این قسمت، می‌خواهیم سیستمی بسازیم، که تنها با گرفتن سیگنال `fMRI`، ژانر موسیقی پخش شده را تعیین کند. برای این عملیات، باید چند نکته‌ی ظریف و کلیدی را رعایت کنید.

برعکس بخش قبل، که تمام آهنگ‌های مربوط به یک ژانر به صورت "یک نوع از تحریک" به حساب می‌آمدند، در این قسمت به هر تحریک به طور مستقل هویت واحد می‌دهیم. یعنی به جای اینکه برای هر ران، ۵ ماتریس `zvalue` به دست آورید که متناظر با ۵ ژانر مختلف موسیقایی هستند، برای

هر ران به تعداد موسیقی‌هایی که پخش شده است ماتریس  $zvalue$  به دست می‌آورد. به عبارت دیگر، هر ماتریس، یکی از آهنگ‌ها را در فضایی به ابعاد تعداد واکسل‌ها توصیف می‌کند.

حال، هدف این است که با گرفتن یکی از این ماتریس‌ها، بگوییم که آهنگ پخش شده مربوط به کدام یکی از ژانرها می‌باشد.

۱. با استفاده از داده‌ها و توابعی که در اختیاران قرار گرفته شده است، و مطابق با توضیحات مقاله و کلاس توتوریال، ماتریس سه بعدی  $zvalue$  و  $tvalue$  متناظر با هر تحریک را برای تمام ران‌های آزمایش بیابید. (بهتر است که از اینجا به بعد، به جای نگه داشتن این داده‌ها به شکل یک ماتریس سه بعدی، آن‌ها را در یک بردار یک بعدی نگه دارید. درست مانند اینکه هر آهنگ را در فضایی با بعد تعداد واکسل‌ها توصیف کرده‌اید.)

مشخص است که تحریک به یکی از ۵ ژانر موسیقی مورد بحث متعلق است. پس لیبل هر تحریک می‌شود ژانر موسیقی آن تحریک، و فیچرهای آن تحریک هم می‌شود  $zvalue$ ‌های متناظر با آن تحریک در واکسل‌های مختلف. (بردار که سوال قبل به دست آوردید.) با توجه به بزرگ بودن فضای داده‌ها و همچنین کم بودن تعداد سمپل‌های مان، نیاز است که تعداد اندکی از فیچرها را انتخاب کنیم.

۲. برای کاهش بعد فضای ویژگی‌ها، برای هر واکسل با استفاده از آزمون فرض ANOVA یک  $pvalue$  به دست آورید. ترشهولدی به دلخواه خودتان انتخاب کنید و تعدادی از این واکسل‌ها را انتخاب کنید.

(هر تحریک یک سمپل حساب می‌شود که به یکی از ۵ دسته‌ی ژانرهای موسیقی متعلق است. آزمون فرض ANOVA برای رد کردن این فرض صفر استفاده می‌شود که توزیع داده‌ها برای هر ۵ دسته‌ی موسیقی در این واکسل خاص یکسان است - با فرض گاوسی بودن توزیع‌ها. با این کار، عملاً شما واکسل‌هایی را انتخاب می‌کنید که قدرت تفکیک دادن بین ژانرهای مختلف را دارند.)

۳. با استفاده از واکسل‌هایی که انتخاب کردید، و با استفاده از  $zvalue$ ‌های متناظر با این واکسل‌ها، کلسیفایر LDA بسازید که بتواند ژانر موسیقی را از روی فیچرهایش تخمین بزند. درصد صحت و خطای این کلسیفایر را بیابید.

۴. با استفاده از کراس‌ولیدیشن، عملیات سوالات ۲ و ۳ را تکرار کرده، و درصد صحت و خطای کلسیفایرتان را بیابید. یعنی ۷ بار این عملیات را تکرار کنید، به شکلی که در هر تکرار، یک ران از ۷ ران مورد نظر را در قسمت **training** استفاده نکنید، و صحت عملکرد کلسیفایر را روی این ران حساب کنید. میانگین و انحراف معیار این صحت را گزارش کنید.

(نکته‌ی بسیار مهمی که باید به آن توجه کنید این است که در این قسمت، هر بار که یکی از ران‌های آزمایش را برای **training** در نظر نمی‌گیرید، دیتای آن ران را برای عملیات سوال ۲ این بخش نیز نباید در نظر بگیرید. یعنی انتخاب واکسل‌های معنادارتان نیز باید تنها با

استفاده از ۶ ران مورد استفاده در **training** انجام شود.

۵. عملیات مذکور در سوال‌های دو و سه را برای ترشهولدهای مختلف برای کاهش بعد تکرار کنید. بهترین ترشهولد را انتخاب و گزارش کنید. حدوداً برای هر کلسیفیکیشن چند واکسل انتخاب می‌شود؟

۶. (\*) امتیازی) در مورد Large Scale Hypothesis Testing تحقیق کنید، و توضیح دهید که در مسائلی که ابعاد فضا بسیار زیاد است، عموماً راهکارهای انتخاب ترشهولد برای  $p$ -value به چه صورت است.  
(راهنمایی: دو الگوریتم بسیار معروف این مسئله Bonferroni Correction و Benjamini Hochberg Algorithm است.)
۷. (\*) امتیازی) سوال‌های ۳ و ۴ را برای کلسیفایر C-SVM و Logistic Regression نیز تکرار کنید. (اگر کار را درست و مرتب انجام دهید، این قسمت می‌تواند بخش خوبی از 15% نمره‌ی اضافه را برای شما مهیا سازد.)
۸. برای بهترین ترشهولدی که یافتید، و باز هم با استفاده از کراس ولیدیشن، ماتریس کانفیوژن (Confusion Matrix) را برای این ۵ ژانر موسیقی بیابید. آیا یافته‌های‌تان با نتایج مقاله سازگار است؟ ارتباطش با آنچه که مقاله behavioral genre category-assignment می‌نامد چیست؟
۹. لیبل‌ها را برای ران هشتم بیابید، و در یک وکتور به اسم Predicted\_Label و با عنوان Predicted\_Label.mat ذخیره و ضمیمه‌ی تمرین کنید.
۱۰. نتایج‌تان را در چند خط توضیح دهید.

### قسمت آخر: یک سوال دلخواه! (نمره: 20%)

برای این قسمت، با استفاده مقالات و پژوهش‌های پیشین، 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.