



Sharif University of Technology
Department of Electrical Engineering

EE 25710-2

Introductory Computational Neuroscience

Winter-Spring 1396-97

Homework 2

Due Date: یکشنبه ۲۶ فروردین

نحوه‌ی تحویل: (عدم رعایت سیستم نام‌گذاری مذکور موجب کسر نمره می‌شود.)

- ❖ گزارش کار با فرمت HW02_FamilyName_StudentNumber.pdf: در گزارش باید به تمامی سوالات تمرین پاسخ دهید، نمودارها و نتایج به دست آمده را ارائه کرده و توضیحات کلیه‌ی فعالیت‌هایتان را مکتوب کنید.
- ❖ فایل اصلی متلب با فرمت HW02_FamilyName_StudentNumber.m: شامل کدی که تمام بخش‌های تمرین را اجرا کند. کد باید کامنت‌گذاری مناسب داشته باشد و بخش‌های تمرین در آن تفکیک شده باشند.
- ❖ تمامی آنچه که اجرا شدن کد به آن‌ها نیاز دارد: توابعی که خواسته شده تا بنویسید، دیتایی که خواسته شده تا ضمیمه کنید و ...
- تمامی فایل‌های مورد نظر را در پوشه‌ای با فرمت HW02_FamilyName_StudentNumber.rar یا zip. روی سامانه‌ی CW بارگذاری کنید.

معیار نمره‌دهی:

- ❖ ساختار مرتب و حرفه‌ای گزارش: ۱۰٪
 - ❖ استفاده از توابع مناسب و الگوریتم‌های مناسب و کامنت‌گذاری کد: ۱۰٪
 - ❖ پاسخ به سوال‌های تئوری و توضیح روش‌هایی که سوال‌ها از شما خواسته‌اند: ۴۰٪
 - ❖ خروجی کد و گزارش آن برای خواسته‌های مسائل: ۲۰٪ + ۲۰٪
 - ❖ برای روش‌های ابتکاری، خلاقانه و فرادرسی‌ای که موجب بهبود کیفیت تمرین شود: ۱۵٪+
- توجه داشته باشید که ممکن است بعضی از سوال‌ها و خواسته‌ها جواب یکتا نداشته باشد، و هدف آن سنجش خلاقیت یا توانایی حل مسئله‌ی شما باشد. می‌توانید از ساده‌ترین چیزهایی که به ذهنتان می‌رسد استفاده کنید یا برای یافتن راه مناسب جست و جو کنید. همچنین سوال‌هایی که با * مشخص شده‌اند صرفاً جنبه‌ی 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 می‌گذارند هیچ نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

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

در این تمرین، قرار است روی دیتاستی که برای پژوهشی در سال 2000 جمع‌آوری شده است کار کنید. اما با توجه به اینکه پژوهش مذکور فرایندی بسیار پیچیده را طی کرده است، قرار نیست کارهای آن مقاله را تکرار کنید. با این حال، برای آشنایی بیشتر با مدل‌سازی رفتار مغز در طول خواب، ترجیح دادیم تا برای قسمت اول تمرین، بخش‌های اندکی از مقاله را بخوانید و به سوال‌هایی درباره‌ی آن پاسخ دهید. (طبیعی است که اگر علاقه‌مند هستید، برای قسمت آخر تمرین می‌توانید بعضی از کارهای مقاله را تکرار کنید.)

Kemp, Bob, et al. **"Analysis of a sleep-dependent neuronal feedback loop: the slow-wave microcontinuity of the EEG."** IEEE Transactions on Biomedical Engineering 47.9 (2000): 1185-1194.

۱. با مطالعه‌ی abstract و introduction، هدف کلی این مقاله را توضیح دهید.

۲. آزمایش انجام شده برای این پژوهش را شرح دهید.

۳. تعبیر مقاله از عمق خواب را توضیح دهید. همچنین تفاوتش با تعاریف پیشین، و ایراد آن تعاریف را توضیح دهید.

۴. قسمت دوم مقاله (THE FEEDBACK MODEL) را به طور کلی مطالعه کنید. (ممکن است بعضی از مفاهیم به کل برای‌تان جدید باشد، برای همین نیازی نیست که دقیق شوید.) کلیت مدل پیشنهادی را توضیح دهید. دلیل نویسندگان مقاله برای انتخاب این مدل چه بوده است؟ به طور شهودی ارتباط این مدل با عمق خواب و سیگنال EEG را توضیح دهید.

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

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

<https://www.physionet.org/physiobank/database/sleep-edfx/>

اما لازم است توجه داشته باشید، که ما با تمام فایل‌های این دیتاست کار نداریم. با توجه به حجم زیاد برخی از فایل‌ها، این داده‌ها ضمیمه‌ی تمرین نشده است، و لازم است که شما فایل‌های زیر را از این سایت دانلود کنید:

ST7011J0-PSG.edf
ST7022J0-PSG.edf
ST7041J0-PSG.edf
ST7052J0-PSG.edf
ST7061J0-PSG.edf

اما نیازی به دانلود فایل‌های hypnograms نیست. این فایل‌ها را برای‌تان با اندکی تغییرات (که کار با آن‌ها را تا حد خوبی ساده می‌کند) در فولدر Data ضمیمه کرده‌ایم. علاوه بر این، در این فولدر، فایل ST-subjects.xls نیز قرار داده شده است، که مشخصات سابجکت‌های مورد آزمایش قرار

گرفته را در خود دارد. (در صورت نیاز می‌توانید هر فایل را از سایت مذکور دانلود کنید و در تمرین از آن استفاده کنید، تنها کافیست که در گزارش‌تان ذکر کنید که چه کرده‌اید).

برای `import` کردن این داده‌ها در متلب و همچنین پردازش‌های اولیه، تعدادی تابع در فولدر **Function** برای‌تان گذاشته شده است، که توضیحات آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

Function	عملکرد
AnnotExtract	فایل‌های hypnograms را، به شکل ضمیمه شده در فولدر Data ، می‌خواند.
edfread	تابع معروفی است که برای خواندن فایل‌های edf (مانند فایل‌های حاوی سیگنال‌های حیاتی در طول خواب) نوشته شده است.
BPF	برای طراحی پاسخ‌ضربه‌ی محدود شده‌ی فیلتر میان‌گذر استفاده می‌شود. (یک انتخاب منطقی برای طول فیلترهای‌تان، 1001 است.)
FilterDFT	پاسخ ضربه‌ی خروجی BPF و سیگنال را می‌گیرد، و با یک الگوریتم نسبتاً سریع، سیگنال فیلتر شده را تحویل می‌دهد.

۱. توضیحات سایت و کامنت‌های توابع را مطالعه کنید تا تسلط کافی روی محتوایی که داده‌ها در اختیارتان می‌گذارند به دست آورید.

۲. تابعی با عنوان **FeatureExtraction** بنویسید، که با گرفتن آدرس فایل **edf** و فایل **hypnogram**، در خروجی بردارهای **t** و **State** و ماتریس **X** را تحویل دهد. عملکرد تابع به این شکل است که تمام طول بازه‌ی داده‌گیری را به قسمت‌های ۱۰ ثانیه‌ای تقسیم می‌کند. (توضیح دهید که چرا ۱۰ ثانیه عدد خوبی است.) سپس با توجه به دیتای **hypnogram**، به هر بازه، **state** مشخصی از خواب را تخصیص می‌دهد. در نهایت، ویژگی‌هایی که احتمال می‌دهیم ارتباطی با خواب داشته باشند را با استفاده از داده‌های موجود در فایل **edf**، به صورت زیر در خروجی می‌دهد:

Output	توصیف
t	زمان آغاز هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
State	State خواب در طول هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
X	ویژگی‌های مورد نظر:
	$X(:,1)$ = توان متوسط باند فرکانسی دلتای الکترو د Fpz برای هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
	$X(:,2)$ = توان متوسط باند فرکانسی تتا الکترو د Fpz برای هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
	$X(:,3)$ = توان متوسط باند فرکانسی آلفا الکترو د Fpz برای هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
	$X(:,4)$ = توان متوسط باند فرکانسی بتا الکترو د Fpz برای هر بازه‌ی ۱۰ ثانیه‌ای
	$X(:,5:8)$ = مشابه $X(:,1:4)$ اما برای الکترو د Oz
	$X(:,9)$ = توان متوسط سیگنال EOG
	$X(:,10)$ = توان متوسط سیگنال EMG

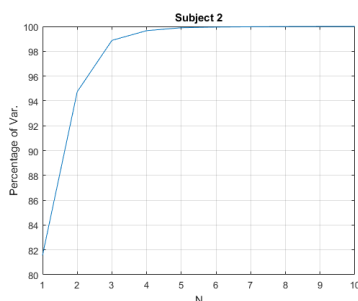
(توجه داشته باشید که برای حساب کردن توان متوسط در یک باند فرکانسی خاص، از هر الگوریتمی که به نظرتان صحیح است می‌توانید استفاده کنید).

۳. برنامه‌ی EDFbrowser را از سایت مذکور دانلود کنید. برای سابجکت شماره‌ی یک، فایل hypnogramش را نیز دانلود کنید. (یعنی فایل ST7011JP-Hypnogram.edf) با استفاده از این برنامه، سیگنال‌های حیاتی بدن و استیت خواب را مشاهده کنید. در مورد ارتباط این سیگنال‌ها با هم، و این سیگنال‌ها با استیت خواب، با توجه به آنچه که در کلاس درس یاد گرفته‌اید یا جای دیگری خوانده‌اید توضیح دهید. (مثلاً تأثیر EOG را روی دیتای الکترودهای EEG بررسی کنید). (تشخیص‌های بخش بزرگی از کسانی که روی سیگنال‌های EEG کار کلینیکال می‌کنند مبتنی بر امکانات نرم‌افزارهایی مثل EDFbrowser است).

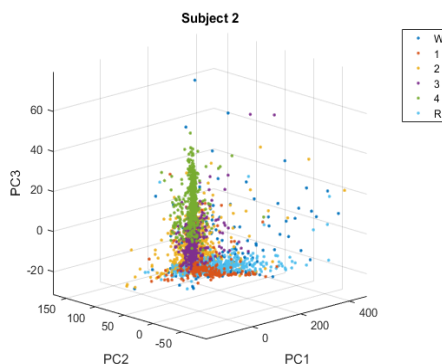
قسمت سوم: یافتن معیاری برای توصیف خواب مبتنی بر PCA (نمره: 30%)

۱. در مورد تابع pca در متلب مطالعه کنید. خروجی‌های این تابع را توضیح دهید (coeff, score, latent). همچنین توضیح دهید که چگونه از این روش می‌توان برای کاهش ابعاد فضا استفاده کرد. (این سوال تنها برای مرور توضیحات شهودی جلسات توتوریال در ارتباط با pca است).

۲. دیتای سابجکت اول را با تابع FeatureExtraction لود کنید. روی ماتریس PCA X، بزینید، و با استفاده از خروجی latent تابع pca، نموداری به شکل زیر بکشید که نشان دهد برای هر n، n مولفه‌ی اول PCA چند درصد از واریانس/انرژی دیتا را توصیف می‌کند. (چه مقدار کشیدگی را توصیف می‌کند). سه مولفه‌ی اول PCA چند درصد از کل انرژی را توصیف می‌کنند؟



۳. نموداری سه‌بعدی به شکل زیر بکشید، که هر بازه‌ی زمانی را به شکل نقطه‌ای در فضای حالت سه مولفه‌ی اول PCA نمایش دهد. رنگ هر نقطه را نیز متناظر با state آن نقطه انتخاب کنید.



۴. شکل به دست آمده در سوال ۳ را تحلیل کنید. (برای این کار می‌توانید از قطاع‌های مختلف آن عکس بگذارید.) به طور کلی بگویید که state‌های مختلف تا چه حدی در این فضا از هم جدا می‌شوند، و چطور می‌توان در این فضا توصیف‌شان کرد. به عبارت دیگر، مثلاً بگویید که نقاط متناظر با REM به چه شکلی در این فضا قرار گرفته‌اند و کدام مولفه‌ها در توصیف حالت REM اثر بیشتری دارند؟ یا مثلاً کدام مولفه بهتر حالت‌های خواب Non-Rem را از هم جدا می‌کند (عمق خواب را نشان می‌دهد)؟

۵. با استفاده از خروجی coeff تابع PCA، شرح دهید که هر کدام از سه مولفه‌ی اول PCA، چه ارتباطی با فضای حالت اصلی دارند. (به طور مثال، به سوال‌هایی از این جنس باید جواب بدهید که آیا مولفه‌ی اول PCA با زیاد شدن توان متوسط EOG کم می‌شود، زیاد می‌شود، یا عملاً تغییری نمی‌کند؟) با ترکیب این تفاسیر با نتایج سوال ۴، در مورد ارتباط فضای حالت اصلی، با state‌های خواب توضیح دهید.

۶. عملیات توصیف شده در سوالات ۲ تا ۵ را برای ۴ سابجکت دیگر تکرار کنید. آیا مشاهدات‌تان برای سوال ۴ و ۵، برای تمام سابجکت‌ها یکسان است؟ در مورد تفاوت‌ها و شباهت‌های احتمال توضیح دهید.

۷. به طور کلی نتایج‌تان را حد چند خط خلاصه کنید. (این کار، بسیار کار ارزشمندی است، و توانایی انجامش از موهبت‌های الهی است!)

قسمت چهارم: یافتن معیاری برای عمق خواب مبتنی بر Linear Regression (نمره: 30%)

برای این قسمت، کاری با حالت بیداری، REM و M نداریم، و تنها state‌های 1، 2، 3 و 4 را می‌خواهیم بررسی کنیم، و معیاری پیوسته (و نه گسسته) برای عمق خواب بدهیم.

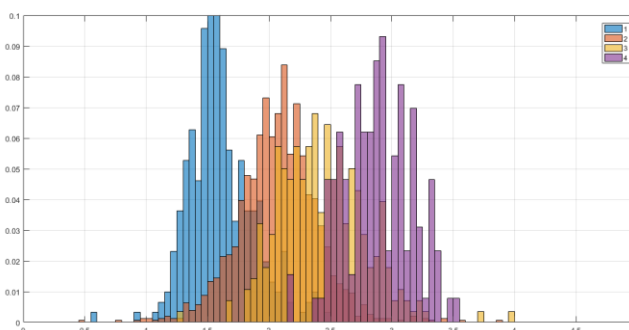
۱. دیتای سابجکت اول را لود کنید، و تنها بازه‌های زمانی‌ای را نگه دارید که State آن‌ها عددی بین 1 تا 4 است. با استفاده از دستور fitlm، مدلی خطی روی داده‌ها فیت کنید. خروجی fitlm را گزارش و تحلیل کنید. (باید به سوال‌هایی از این جنس پاسخ دهید که تاثیرگذارترین متغیر، مثلاً کانال فرکانسی آلفای الکترو Fpz، روی عمق خواب کدام است؟ کدام متغیرها تاثیر مثبت و کدام پارامترها تاثیر منفی دارند؟ اصلاً کدام متغیرها تاثیرشان قابل صرف نظر است؟) در مورد p-value‌های خروجی تابع توضیح دهید. (اسم مدل خطی فیت شده را برای سهولت در توضیحات سوال‌های بعدی LinMod در نظر بگیرید.)

۲. در مورد R Squared تحقیق کنید، و توضیح دهید که این پارامتر چه چیزی را در مورد یک مدل بیان می‌کند. برای مدلی که در سوال ۱ به دست آوردید، R Squared برابر با چه مقداری است؟ مدل را با این معیار ارزیابی کنید.

۳. به طور کلی، دو کاربرد خیلی بزرگ مدل‌های آماری پیش‌بینی و توصیف مسئله است. برای پیش‌بینی، ما نیاز داریم که مدل‌مان چیزی در مورد نقاط مشاهده نشده ارائه کند، اما برای توصیف مسئله، کافی است که مدل اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی ارتباط پارامترهای مسئله با هم به ما

بدهد. (مثلاً ممکن است مدلی برای شما قیمت نفت را در ماه آینده پیش‌بینی کند، و همچنین ممکن است که مدلی ارتباط قیمت نفت و طلا را برای تان تبیین کند. هر کدام در جایی به درد می‌خورند.) توضیح دهید که مدلی که در این قسمت به دست آوردیم، با توجه به سوال‌های ۱ و ۲، به کدام کاربرد نزدیک‌تر است؟

۴. برای تمام نقاطی که برای تولید مدل استفاده کردید، عمق پیش‌بینی شده را نیز حساب کنید. (این مقادیر در `LinMod.Fitted` موجود است.) هیستوگرام نورمالیزه‌شده‌ی مقادیر پیش‌بینی‌شده را برای هر یک از چهار عمق اولیه روی یک شکل رسم کنید. راهنمایی: خروجی باید شبیه به شکل زیر شود:



۵. فرض کنید بخواهیم برای حالت بیداری و REM نیز عمق خواب تعیین کنیم. با استفاده از تابع `LinMod.predict` عمق تخمینی برای این دو حالت را حساب کرده، و هیستوگرام نورمالیزه‌شان را بکشید. نظراتان را بیان کنید.

۶. عملیات بالا را برای ۴ سابجکت دیگر تکرار کنید. به طور ویژه، آیا مشاهدات تان برای سوال ۱، در تمام سابجکت‌ها یکسان است؟

۸. به طور کلی نتایج تان را حد چند خط خلاصه کنید. همچنین توضیح دهید که آیا نتایج این بخش با بخش قبلی سازگار است؟

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 ذهن تان می‌رسد، یک سوال طرح کنید، و سعی کنید با روش‌های مناسب به این سوال پاسخ دهید. سوال و روش‌های تان لازم نیست الزاماً پیچیده باشد، کافی است که ساختاریافته، و جالب باشد. (می‌توانید از ایده‌ی خوشه‌بندی که در کلاس توتوریال توضیح داده شد استفاده کنید.)