



بسمه تعالی
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

پردازش سیگنال‌های حیاتی - نیمسال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۲

تمرین سری اول

موحد تحویل: شنبه ۲۷ اسفند ۱۴۰۱

نحوه تحویل:

- گزارش پروژه خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید، گزارش باید شامل تمامی خروجی‌ها و نتایج نهایی، پاسخ سوالات، و توضیح مختصری از فرآیند حل مسئله هر قسمت باشد.
- کد کامل تمرین در فایل به فرمت m. آپلود شود، لازم است بخش‌های مختلف در section های جدا نوشته شده باشد و کد منظم و دارای کامنت گذاری باشد. کد باید به صورت کامل اجرا شود و در صورت وجود خطا، ممکن است کل امتیاز بخش را از دست بدهید.
- مجموعه تمامی فایل‌ها (گزارش، کد به همراه توابع) را در قالب یک فایل فشرده (rar/zip). به فرمت: HW#_std number_full name در سامانه CW آپلود شود.

سیاست تاخیر:

- در هر تمرین تا سقف ۵ روز و در مجموع می‌توانید تا ۱۵ روز تاخیر در کل داشته باشید.

بخش صفر: مروری بر مفاهیم (۵۰ نمره)

۱) سیگنال EEG داده شده از فولدر Data_0 را در متلب لود کرده و بازه‌ای از آن را بررسی کنید.

۱-الف) مقدار میانگین و واریانس آن را بررسی کنید و در صورت لزوم به میانگین صفر و واریانس

یک سیگنال را نرمالیزه کنید.

۱-ب) با استفاده از توابع متلب، فیلتر میان گذری طراحی کرده تنها باند فرکانسی بین ۱۴-۳۰ هرتز را نگه داری کنید، با دو دستور filter و filtfilt فیلتر را بر روی سیگنال اعمال کرده و تفاوت این دو روش را بیان کنید.

۲-ب) سیگنال ECG داده شده از فولد Data_0 را در متلب لود کرده و بازه‌ای از آن را بررسی کنید. یکی از مهم‌ترین بخش پردازش سیگنال ECG، استخراج اطلاعات مربوط زمان رخداد پیک‌های R سیگنال است، در این قسمت به صورت مختصر روش ساده‌ای برای انجام این کار معرفی می‌شود.

۲-الف) ابتدا فیلتری برای بازه 5-12 هرتز طراحی کنید و آن را روی سیگنال اعمال کنید، محتوای چه بخشی از سیگنال در این حالت برچسته شده‌است؟

۲-ب) یک فیلتر مشتق گیر (به طور مثال فیلتر $(0.1(-z^{-2} - 2z^{-1} + 2z^{-1} + z^{-2}))$ را بر روی سیگنال اعمال کرده و سیگنال جدید را رسم کنید.

۲-ج) سیگنال بدست آمده را به توان دو برسانید و سپس برای نرم کردن خروجی فیلتر میانگین گیر بر روی سیگنال حاصله اعمال کنید.

۲-د) در نهایت با قراردادن آستانه‌ای بر روی خروجی مکان پیک‌های R را استخراج کنید.

بخش یک (۱۰۰ نمره)

۱-الف) سیگنال زیر را در نظر بگیرید:

$$x(t) = \sin(2\pi(5t + 2t^2)) \quad 0 < t < 10$$

مشخص کنید برای نمونه برداری در بازه ۱۰ ثانیه‌ای چه فرکانسی مناسب است و سپس براساس حداقل فرکانس نمونه برداری لازم، سیگنال را تولید کرده و در دوبازه [1 1.2] و [4 4.2] سیگنال را رسم کرده و در رابطه با تفاوت آن توضیح بدهید.

ا-ب) دامنه و فاز تبدیل فوریه سیگنال را رسم کنید، برای این امر حتما محور را براساس هرتز گزارش کرده و بازه را به صورت متقارن از فرکانس $[-\frac{f_s}{2} \frac{f_s}{2}]$ رسم کنید.

ا-ج) سیگنال را با نویز گاوسی با واریانس یک جمع کرده (نویز را با دستور randn تولید کنید) و بخش ب را برای این امر تکرار کنید و به طور مختصر با سیگنال بدون نویز مقایسه کنید.

ا-د) سیگنال بخش ج را به عنوان یک سیگنال EEG در نظر بگیرید، سیگنال را به پنجره‌هایی ۰.۵ ثانیه با همپوشانی ۵۰٪ تقسیم کنید و با استفاده از دستور bandpower انرژی را در باندهای الف، بتا، تتا و دلتا بدست آورده و رسم نمایید و علت تغییرات در آن‌ها را توضیح بدهید.

۱-ه) (امتیازی) سیگنال EEG_rest را از فولدر Data_1 لود کرده، داده در حالتی جمع آوری شده که فرد در مدتی چشم‌های خود را میبندد، با این فرض که در این حالت فرد در حالت آرامش قرار میگیرد مانند بخش قبل پردازش را روی آن انجام داده و تغییرات انرژی در باندهای مختلف را توجیه کنید.

۲-الف) حال سیگنال ECG که در بخش قبل با آن کار کردید را در نظر بگیرید، ابتدا با تابعی که نوشته بودید پیک‌های R را در سیگنال پیدا کرده و براساس آن تعداد ضربان بر دقیقه را گزارش کنید.

۲-ب) چگالی طیف توان سیگنال ECG را رسم کنید (برای این کار می‌توانید از دستور pwelch استفاده کنید، جلوتر در درس با این روش آشنا خواهید شد) و با توجه به اطلاعاتی که از بخش ۲-الف بدست آوردید، کدی بنویسید که با استفاده از چگالی طیف‌توان تعداد ضربان در دقیقه را محاسبه کند.

۲-ج) سیگنال را به پنجره‌های ۲ ثانیه‌ای تقسیم کرده و ضربان را با استفاده از دو روش ۲-الف و ۲-ب محاسبه کنید و دقت دو روش را با یکدیگر مقایسه کنید، در این حالت کدام روش دقیق‌تر عمل

می‌کند؟ دلیل خود را توضیح دهید.

بخش دو: تابع همبستگی و تبدیل فوریه (۱۰۰ نمره)

۱-الف) یک نویز سفید گسسته با متوسط صفر و واریانس دلخواه با استفاده از دستور rand به طول ۷۰۰۰ تولید کنید و سیگنال، هیستوگرام و چگالی طیف توان آن را در یک شکل رسم کنید، سپس تابع خود همبستگی سیگنال و تبدیل فوریه آن را محاسبه و رسم کنید و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

۱-ب) موارد بخش الف را با نویز تولید شده توسط دستور randn انجام داده و نتایج را تحلیل و مقایسه کنید.

۱-پ) دو عدد تصادفی a, b با دستور rand تولید کنید (توزیع یونیفرم بین $[0,1]$) و سپس ۷۰۰۰ نمونه از متغیر x با توزیع گاوسی با میانگین μ و واریانس σ^2 به فرم:

$$x = \sigma \cdot \cos(2\pi b) \sqrt{-2 \ln(1-a)} + \mu$$

تولید کرده و موارد قسمت الف را برای آن انجام داده و با بخش ب مقایسه کنید.

بخش سه (۱۰۰ نمره)

۱) فرایندی که خروجی یک سیستم با تابع تبدیل $0.3 < a < 0.7$ $H(z) = \frac{1}{1-az^{-1}}$ و ورودی نویز سفید است در نظر بگیرید.

۱-الف) تابع همبستگی آن را رسم کنید و در رابطه با خواص آن به صورت مختصر توضیح دهید.

۱-ب) یک تابع با ۱۰۰۰۰ از آن تولید کنید، به ازای N های ۱۰۰ و ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ تابع همبستگی را تخمین زده و با بخش الف مقایسه کنید.

۱-ج) از روی مقادیر واقعی، ماتریس M بعدی همبستگی برای $M = 2, 10, 20$ تولید کرده و به صورت تصویر نمایش دهید (برای این کار می‌توانید از دستور `imshow` استفاده کنید)، حال همین کار را با نمونه‌های تولید شده انجام داده و به ازای M های یکسان ماتریس همبستگی را تخمین بزنید و مقایسه کنید.

۲-الف) سیگنال EEG بخش صفر را در نظر گرفته و تابع همبستگی آن را رسم کنید، به صورت خاص آیا در آن الگویی مشاهده می‌کنید؟

۲-ب) سیگنال ECGPCG، شامل سیگنال ECG و PCG ضبط شده توأم است را لود کنید و بازه‌ای از هردو سیگنال را در یک پلات رسم کنید.

حال تابع خود همبستگی را برای این دو سیگنال رسم کنید، الگوهای مشاهده شده را توضیح دهید، آیا الگوی تابع خودهمبستگی این دو سیگنال با یکدیگر رابطه دارد؟ توضیح دهید.

۲-ج) (امتیازی) به صورت ساده براساس تابع همبستگی که در بخش ۲-ب برای سیگنال ECG بدست آوردید روش ساده‌ای پیشنهاد دهید که بتوان ضربان‌ها را از هم جدا کرد و روش را بر روی سیگنال اعمال کرده و خروجی را رسم کنید.

بخش چهار (۱۰۰ نمره)

یکی از مهم‌ترین کاربردهای سیگنال EEG، موارد مربوط به ¹BCI است. P300 speller، روشی برای تایپ با استفاده از سیگنال EEG می‌باشد.

۱-الف) در رابطه با P300-speller و سیگنال P300 تحقیق کرده و به صورت خلاصه توضیح دهید.

¹ Brain-computer interface

۱-ب) سیگنال EEG_p300 را از فولدر Data_3 لود کنید، در بخش markers_seq مشخص شده در چه زمانی چه چراغی روشن شده است و در بخش markers_target مشخص می‌کند آیا فرد در آن زمان به آن چراغ خیره بوده است یا خیر (عدد یک نشان دهنده target بودن است) دو حرف را به دلخواه انتخاب کنید و پنجره‌هایی به طول ۲۰۰ میلی‌ثانیه قبل از تحریک و ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه بعد از تحریک را استخراج کنید.

۱-ج) در این زمان‌ها سیگنال را به فرم:

$$E[n] = e[n] + P[n]$$

مدل کرد که e سیگنال به فرم نویز سفید با متوسط صفر است و P الگوی تولید شده براساس تحریک است. توضیح دهید چطور با میانگین‌گیری می‌توان الگوی P300 را استخراج کرد.

۱-د) کانال Fz را در نظر بگیرید و میانگین‌گیری را برای هر دو target انجام داده و در شکلی رسم کنید. حال در آزمایش‌های انجام شده یک حالت non-target را در نظر گرفته و برای آن میانگین‌گیری را انجام داده و مقایسه کنید.

۱-ه) در شروع الگوی P300 در زمان‌های مختلف می‌توان تاخیر وجود داشته باشد، برای هر پنجره سیگنالی در نظر گرفته شده مقداری تاخیر مجاز در نظر گرفته و سپس تاخیرهایی را پیدا کنید که همبستگی پنجره‌های استخراج شده با یکدیگر بیشینه باشد، حال در این حالت میانگین‌گیری را انجام دهید و با بخش د مقایسه کنید. براساس رفتار توضیح داده شده در بخش ج توضیح دهید چرا این کار می‌تواند به استخراج الگو کمک کند.