به نام خدا

دانشکده علوم و فنون نوین

پردازش گفتار (۱۴۸-۰۵-۸۳)

نیم‌سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تمرین شماره ۲

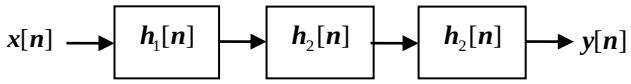
تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

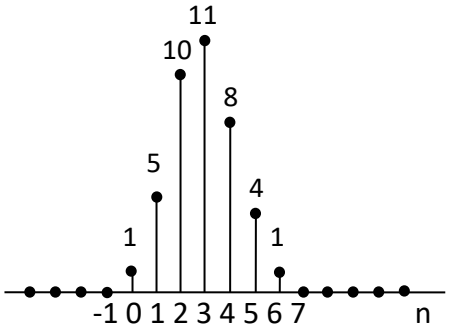
---

۱. (۱۰٪) [**کانولوشن**] همان‌گونه که در شکل زیر (سمت چپ) راست نشان داده شده است، رابطه ورودی و خروجی یک سیستم علی از اتصال سری سه زیرسیستم دیگر ایجاد شده است. پاسخ ضربه کل سیستم h[n] در شکل (سمت راست) نشان داده شده است. اگر $h_2[n]=u[n]-u[n-2]$ باشد:

الف) پاسخ ضربه زیرسیستم اول $h_1[n]$ را بدست آورید.

ب) پاسخ کل سیستم را به ورودی $x_1[n]=u[n]-2u[n-1]+u[n-2]$ محاسبه کنید.





---

۲. (۲۰٪) [**تبدیل فوریه**]

الف) تبدیل فوریه پاسخ ضربه (پاسخ فرکانسی) یک سیستم به صورت $H(e^{j\omega})=1+\frac{1}{2}e^{-j\omega}$ است. خروجی این سیستم در حوزه زمان، y[n]، را برای سیگنالی با تبدیل فوریه $X(e^{j\omega})=\frac{3e^{-4j\omega}}{(1-\frac{1}{4}e^{-4j\omega})^2}$ بدست آورید. (راهنمایی: چون تبدیل فوریه کانولوشن دو سیگنال (در حوزه زمان)، معادل با ضرب تبدیل فوریه این دو سیگنال (در حوزه فرکانس) است، برای پاسخ این سوال دو تبدیل فوریه را در هم ضرب کرده و سپس معکوس تبدیل فوریه بگیرید).

ب) پاسخ فرکانسی $H(e^{j\omega})$ سیستم میانگین‌گیری با ۱۱ نقطه، $y[n]=\frac{1}{11}\sum_{k=0}^{10}x[n-k]$، را بدست آورید (برای این کار از طرفین رابطه تبدیل فوریه بگیرید و $H(e^{j\omega})=\frac{Y(e^{j\omega})}{X(e^{j\omega})}$ محاسبه کنید).

h.veisi@ut.ac.ir

به نام خدا

دانشکده علوم و فنون نوین

پردازش گفتار (۱۴۸-۰۵-۸۳)

نیم‌سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تمرین شماره ۲

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

۳. (۴۰٪) [**پیاده‌سازی: کار با سیگنال گفتار و فیلتر کردن**] هدف از این تمرین آشنایی با سیگنال‌های دیجیتال و پردازش آنهاست. برای این کار، موارد خواسته شده را در زبان برنامه‌نویسی دلخواه پیاده‌سازی کرده و در هر بخش از تمرین، خروجی برنامه را (در قالب یک گزارش، شامل نتیجه‌گیری و نمودارها) به همراه کد برنامه نوشته شده، به تفکیک هر بخش از سوال، ارسال کنید.

در یک برنامه ضبط صدا مانند Cool Edit (یا نسخه جدیدتر آن Adobe Audition) حرف "آ"، حرف "س" و کلمه "آسمان" را ضبط کنید. برای ضبط کردن سیگنال‌ها از نرخ نمونه‌برداری 16 KHz، چندی‌سازی 16 Bits، به صورت Mono و فرمت Wav استفاده کنید. سعی کنید سکوت‌های ابتدا و انتهای فایل‌ها را به صورت دستی حذف کنید. این فایل‌ها را همراه پاسخ سوال ارسال کنید.

الف) برنامه‌ای بنویسید که سه فایل ضبط شده را بخواند و پارامترهای طول سیگنال (برحسب ثانیه)، انرژی و توان سیگنال را در خروجی چاپ کند. همچنین نمودار حوزه زمان سیگنال‌ها را رسم کنید. با توجه به مقادیر بدست آمده و شکل موج، در مورد تفاوت‌های قابل درک در دو سیگنال "آ" و "س" نظر خود را بیان کنید.

ب) برنامه‌ای بنویسید که یک سیگنال را از یک فیلتر هموارسازی میانگین (Average Smoother) عبور دهد (میانگین 2N+1 نقطه). خروجی این برنامه را برای هر کدام از سه سیگنال ضبط شده خود به ازای مقادیر N=10, 100, 1000 بدست آورده و شکل موج‌های هرکدام را رسم کنید. از نظر ظاهری و شنیداری، سیگنال‌های حاصل چه تفاوتی با سیگنال اصلی دارند؟ در مورد مقایسه این سه سیگنال با هم چه می‌توان گفت؟

ج) برای تکرار کار بخش ب در حوزه فرکانس، رابطه تبدیل فوریه فیلتر میانگین را بدست آورده (H) و دامنه (|H|) و فاز آن را رسم کنید. حال از دو سیگنال "آ" و "س" تبدیل فوریه بگیرد و دامنه‌های آنها را حساب کنید (|X1|, |X2|) و رسم کنید (به تقارن آنها توجه کنید!). سپس با ضرب کردن دامنه تبدیل فیلتر میانگین (به ازای همان مقادیر N بخش ب) در دامنه تبدیل این دو سیگنال، مقادیر فیلتر شده آنها را (در حوزه فرکانس) بدست آورید (|Y1|, |Y2|) و نمودار آنها را رسم کنید. حال از دامنه‌های طیف |Y1|, |Y2| تبدیل معکوس فوریه بگیرید (می‌توانید برای فاز از فاز سیگنال‌های X استفاده کنید) تا مقدار حوزه زمان آنها بدست آید. شکل موج مقادیر بدست آمده را رسم کرده و از نظر شنیداری این

h.veisi@ut.ac.ir

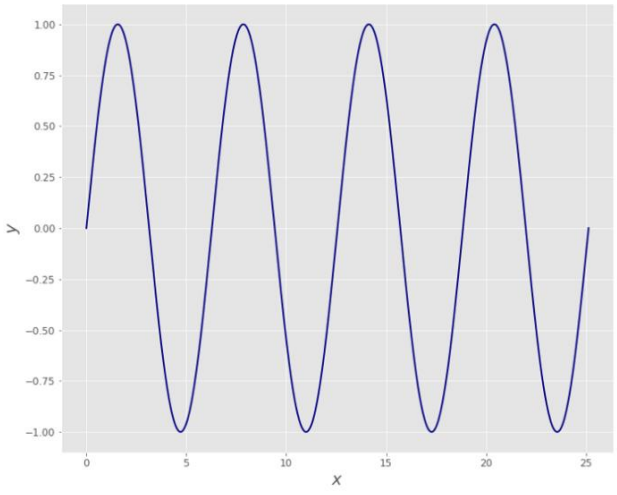
خروجی‌ها را با خروجی‌های بخش ب مقایسه کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

د) در تکمیل برنامه بخش ج، انرژی طیف (حوزه فرکانس) را برای دو سیگنال ضبط شده محاسبه کنید و با مقادیر انرژی محاسبه شده در قسمت الف (حوزه زمان) مقایسه کرده و نتیجه مشاهده خود را بیان کنید (قضیه پارسوال).

راهنمایی: می‌توانید از توابع آماده برای تبدیل سریع فوریه (fft) استفاده کنید.

---

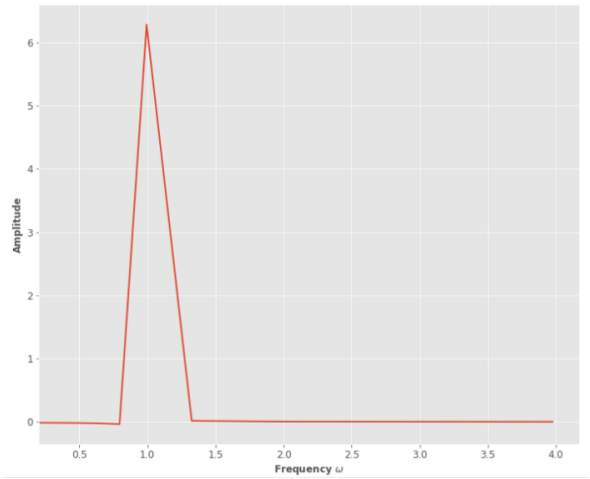
۴. (۳۰٪) [پیاده‌سازی: حذف نویز سیگنال با تبدیل فوریه] همانطور که می‌دانیم ایده تبدیل فوریه، بررسی سیگنال در دامنه فرکانسی است که از طریق آن می‌توان هر سیگنال را به صورت مجموعی از توابع سینوسی تشکیل‌دهنده‌اش نوشت. در این تمرین قصد داریم که با انتقال سیگنال نویزی به دامنه فرکانسی به کمک تبدیل فوریه، سیگنال بدون نویز را استخراج کنیم. برای درک بیشتر مثال زیر را بررسی می‌کنیم. فرض می‌کنیم یک سیگنال به شکل زیر داریم:



شکل ۱ سیگنال y=sin(x)

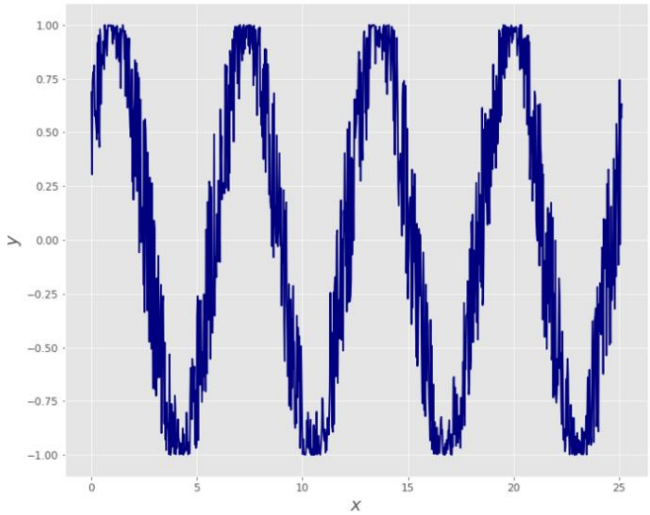
با انتقال آن به محیط فرکانسی توسط تابع تبدیل فوریه، نمودار زیر به‌دست می‌آید:

h.veisi@ut.ac.ir



شکل ۲ انتقال سیگنال y=sin(x) به محیط فرکانسی با استفاده از تبدیل فوریه

در واقع این شکل با استفاده از تابع FFT (fast Fourier transform) حاصل شده و قابل توجه است که با اجرای معکوس آن (inverse fast Fourier transform)، به حالت اولیه قابل تبدیل است. در ادامه به سیگنال اولیه نویز اضافه می‌کنیم:



شکل ۳ سیگنال نویزی y=sin(x)

فرض آن است که با انتقال سیگنال به فضای فرکانسی با دامنه محدود، نویزها هم منتقل می‌شوند. لذا سیگنال بالا با انتقال به محیط فرکانسی با استفاده از تبدیل فوریه به فرم زیر تبدیل می‌شود:

h.veisi@ut.ac.ir

به نام خدا

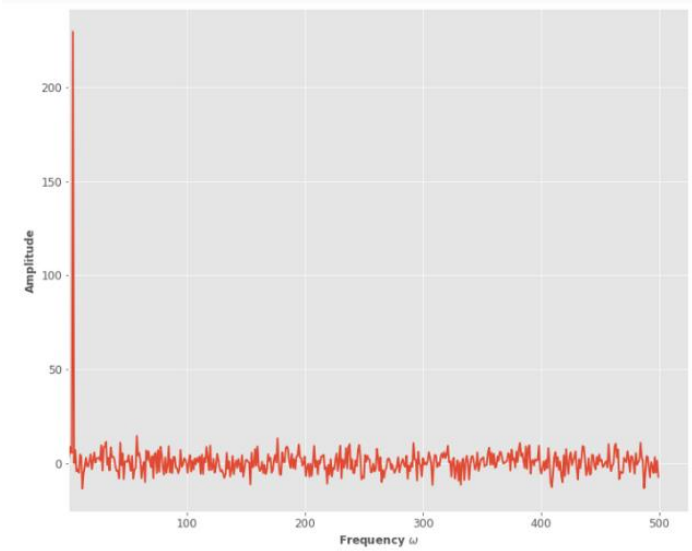
دانشکده علوم و فنون نوین

پردازش گفتار (۱۴۸-۰۵-۸۳)

نیم‌سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تمرین شماره ۲

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶



شکل ۴ انتقال سیگنال نویزی y=sin(x) به محیط فرکانسی با استفاده از تبدیل فوریه

همان‌طور که قابل مشاهده است به جز در فرکانس ۱، در بقیه فرکانس‌ها نویز وجود دارد. فرض عمومی بر آن است که سیگنال و نویز غیرهمبسته هستند و به همین خاطر قسمت غیرنویزی سیگنال قابل تشخیص است و ایده پیدا کردن فرکانس‌های سیگنال اصلی و دوباره ساختن سیگنال اصلی از روی سیگنال نویزی با استفاده از فرکانس‌های مهم قابل مشاهده (مانند آنچه در فرکانس ۱ می‌بینیم) در سیگنال نویزی امکان پذیر است. پس از تشخیص فرکانس‌های غیر مرتبط و غیرمهم که به‌عنوان نویز در نظر گرفته می‌شوند، آن‌ها را برابر با صفر قرار می‌دهیم.

در ادامه ایده توضیحی را پیاده کرده تا با جزئیات مسئله بیشتر آشنا شویم.

دادگان: برای انجام تحلیل در ابتدا کتاب‌خانه‌های مورد نیاز را فراخوانی کرده، سپس دادگان را وارد کرده و پیش‌پردازش انجام می‌دهیم. داده مورد بررسی از نوع سری زمانی (شبیه به گفتار) می‌باشد. در این تمرین برای قسمت‌های مختلف، به طور خاص استفاده از داده‌های ستون Close دادگان در نظر گرفته شده است که در یک فایل اکسل با نام Microsoft_Stock همراه با تمرین ارائه شده است.

h.veisi@ut.ac.ir

به نام خدا

دانشکده علوم و فنون نوین

پردازش گفتار (۱۴۸-۰۵-۸۳)

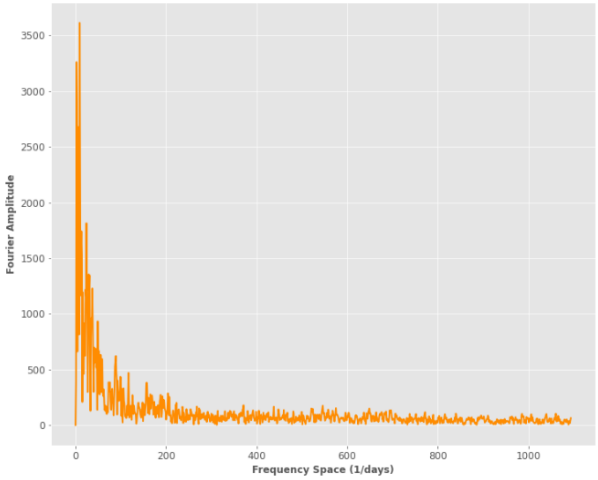
نیم‌سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تمرین شماره ۲

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

پیش‌پردازش: برای انجام پیش پردازش، ابتدا عدم وجود داده‌ها در یک فضای زمانی مشخص را با در نظر گرفتن یک دامنه زمانی پیوسته حل کرده، سپس با استفاده از رگرسیون چندجمله‌ای، داده‌های صعودی دنباله زمانی را به داده‌های ثابت دنباله زمانی تبدیل کنید (برای پیدا کردن منطبق‌ترین تابع چندجمله‌ای بر داده‌ها) تا تحلیل فوریه به خوبی روی آن کار کند.

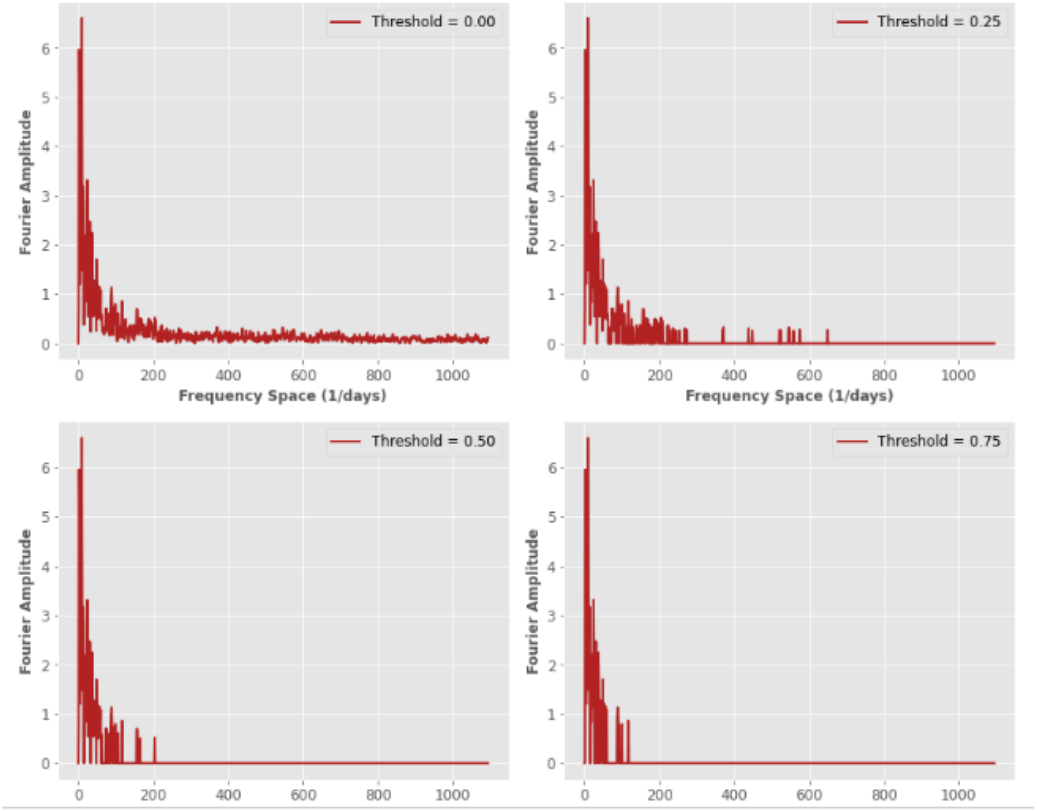
الگوریتم حذف نویز: تبدیل فوریه را اجرا کرده و دامنه را رسم کنید:



شکل ۵ سیگنال ستون Close در دامنه فرکانسی

در این مرحله برای حذف نویز از ایده فیلتر کردن استفاده می‌کنیم، به این معنی که یک حد آستانه (Threshold) را تعیین کرده و همه فرکانس‌های کوچک‌تر از آن را حذف می‌کنیم. برای درک بیشتر مفهوم، نویزهای سیگنال مورد بحث را به‌ازای چهار مقدار مختلف برای حد آستانه حذف کنید:

h.veisi@ut.ac.ir



شکل ۶ سیگنال ستون Close در دامنه فرکانسی با حذف نویز به ازای آستانه‌های مختلف

و در ادامه با استفاده از معکوس تابع تبدیل فوریه، سیگنال بدون نویز هر یک از آن‌ها را بازسازی کنید:

h.veisi@ut.ac.ir

به نام خدا

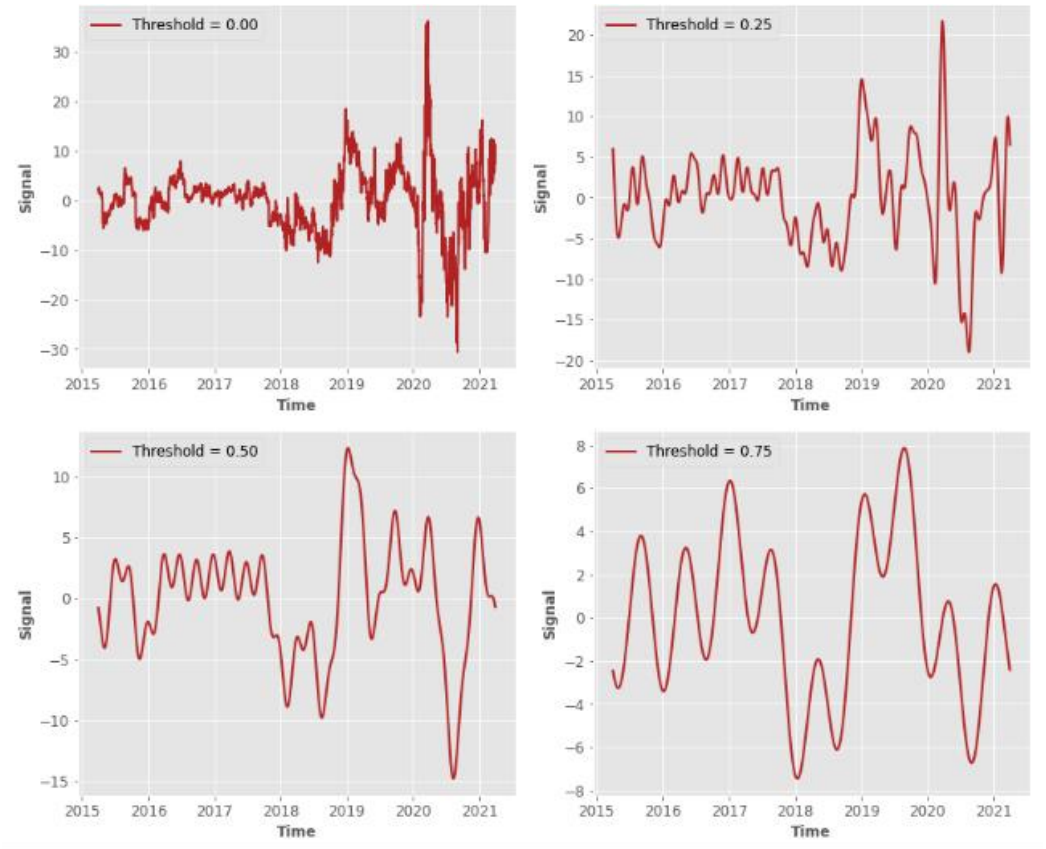
دانشکده علوم و فنون نوین

پردازش گفتار (۱۴۸-۰۵-۸۳)

نیم‌سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

تمرین شماره ۲



شکل ۷ سیگنال بازسازی شده ستون Close به ازای حذف نویز با حد آستانه‌های مختلف

پرسش: ابتدا کدهای لازم جهت حذف نویز سیگنال و بازسازی سیگنال بدون نویز را بنویسید. سپس به ازای آستانه های مختلف سیگنال را بررسی کرده، نقطه بهینه را پیدا کنید و تحلیل خود از نتیجه به دست آمده را بنویسید. برای رسیدن به نقطه بهینه می‌توانید از محاسبه correlation بین سیگنال اصلی و اختلاف بین سیگنال اصلی و سیگنال بازسازی شده استفاده کرده تحلیل خواسته شده را ارائه دهید.

راهنمایی: تمامی مراحل توضیح داده شده شامل استفاده از دادگان، پیش‌پردازش و انتقال سیگنال به محیط فرکانسی در فایل پیوست شده با عنوان noise_cancelling.ipynb انجام شده است. کدهای موجود را بررسی کرده و در ادامه همان فایل کدهای لازم برای پاسخ به پرسش مطرح شده را بنویسید.

h.veisi@ut.ac.ir