



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۷۴۲ گروه ۳ - سیگنال‌ها و سیستم‌ها - بهار ۱۴۰۲-۰۳

## تمرین کامپیوتری سری سوم

موعد تحویل: مطابق cw

## نحوه تحویل تمرین:

- گزارش تمرین خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید. در گزارش لازم است تمامی خروجی‌ها و نتایج نهایی، پرسش‌های متن تمرین و توضیح مختصری از فرآیند حل مسأله‌ی خود در هر قسمت را ذکر کنید.
- کد کامل تمرین را در قالب یک فایل ipynb/pyw/.py/.mlx/m/. تحویل دهید. لازم است بخش‌های مختلف تمرین در section‌های مختلف تفکیک شوند و کد تحویلی منظم و دارای کامنت‌گذاری مناسب باشد. بدیهی است آپلود کردن کدی که به درستی اجرا نشود، به منزله‌ی فاقد اعتبار بودن نتایج گزارش شده نیز می‌باشد.
- توابعی را که (در صورت لزوم) نوشته‌اید، حتما در انتهای کد ضمیمه کنید و از ایجاد فایل جدای m/.py/m/. خودداری کنید.
- نام گذاری فایل‌های تحویلی را به صورت .../rar/.zip/.py/.mlx/m/.pdf/StudentNumber\_HW03 انجام دهید.

## معیار نمره دهی:

- ساختار مرتب و حرفه‌ای گزارش
- استفاده از توابع و الگوریتم‌های مناسب
- پاسخ به سوالات تئوری و توضیح روش‌های مطلوب سوال
- کد و گزارش خروجی کد برای خواسته‌های مسأله

## نکات تکمیلی:

- در صورت داشتن هرگونه ابهام با آیدی تلگرام [@m\\_hdi\\_tb](https://t.me/m_hdi_tb) ارتباط برقرار کنید.
- اصولاً مشورت دانشجویان در حل تمرین‌ها نه تنها نکوهیده نیست، بلکه شدیداً توصیه می‌شود؛ اما توجه کنید که مشورت و رونویسی متفاوتند! لذا نتایج متفاوتی نیز دارند. همچنین برای مشورت در حل تمرین‌ها، از گروه درس استفاده کنید تا حق کسی در این روند ضایع نشود.
- 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.
- **زمان تحویل تمرین تمدید نخواهد شد.**

# ۱ کمی نمونه برداری

۱. فرض کنید یک سیگنال زمان-پیوسته به شکل زیر داریم:

$$x(t) = 2 \cos(200\pi t) + 3 \sin(400\pi t)$$

(الف) کد MATLAB را بنویسید تا سیگنال  $x(t)$  را برای بازه زمانی  $t = [0, 0.02]$  ثانیه با فرکانس نمونه‌برداری  $f_s = 1000$  هرترز تولید و نمایش دهد.

(ب) نمونه‌برداری را بر روی سیگنال  $x(t)$  با یک دوره نمونه‌برداری  $T_s = 0.001$  ثانیه انجام دهید. کد MATLAB را بنویسید تا سیگنال زمان-گسسته  $x[n]$  را به دست آورده و نمایش دهد.

(ج) طیف فرکانسی هر دو سیگنال  $x(t)$  و  $x[n]$  را با استفاده از MATLAB رسم کنید. تفاوت‌های مشاهده شده در طیف‌ها را بررسی کرده و اثرات نمونه‌برداری را توضیح دهید.

۲. انجام کاهش نمونه بر روی سیگنال نمونه‌برداری شده  $x[n]$  با ضرب  $M = 2$ .

کد MATLAB را بنویسید تا سیگنال را به‌منظور کاهش نمونه‌برداری مناسب کنید و سیگنال کاهش‌یافته  $x_d[n]$  را به دست آورده و نمایش دهید. سپس هر دو سیگنال نمونه‌برداری شده اصلی  $x[n]$  و سیگنال کاهش‌یافته  $x_d[n]$  را بر روی یک نمودار رسم کنید. تاثیر کاهش نمونه‌برداری بر سیگنال و هرگونه نگرانی مرتبط با از دست رفتن اطلاعات را بررسی کنید.

۳. اجرای یک فیلتر **anti-aliasing** جهت جلوگیری از اثرات انعکاسی در فرآیند نمونه‌برداری.

یک نوع مناسب از فیلتر (مانند باتروث یا چبیشف) را انتخاب و آن را با استفاده از ابزار پردازش سیگنال MATLAB طراحی کنید. سپس این فیلتر را بر روی سیگنال زمان-پیوسته  $x(t)$  قبل از نمونه‌برداری با پارامترهای مشخص قبلی اعمال کنید. سیگنال فیلتر شده  $x_{\text{filt}}(t)$  را نمایش داده و نقش فیلتر **anti-aliasing** در کاهش اثرات انعکاسی را بررسی کنید.

## ۲ حذف نویز

(الف) شناخت انواع نویز و همچنین عوامل ایجاد کننده آن‌ها و روش‌های حذف هر یک بسیار مهم هستند، به همین جهت در این قسمت از تمرین، به این مباحث می‌پردازیم.

در ابتدا در مورد هر یک از چهار نوع نویز زیر مطالعه کرده و خلاصه‌ای از مطالعات خود را در گزارش خود ذکر نمایید.

- (a) Salt & Pepper
- (b) Gaussian
- (c) Poisson
- (d) Speckle

به دلخواه خود، یک تصویر انتخاب کرده و هر بار به آن یکی از چهار نویز بالا را اضافه کنید. توجه داشته باشید که توان نویز آن‌قدر زیاد نباشد که تصویر قابل شناسایی نبوده و آن‌قدر نیز کم نباشد که نویز مشهود نباشد.

(ب) در مورد فیلتر میانه‌گیر Median Filter و فیلتر گوسی Gaussian Filter به دقت مطالعه کرده و در مورد هر یک به طور مختصر در گزارش‌کار خود توضیح دهید.

(ج) در این بخش قصد داریم فیلتر گوسی و میانه‌گیر را پیاده‌سازی کنیم و عملکرد هر یک را برای حذف انواع مختلف نویز با هم مقایسه کنیم.

۱. تابعی در متلب بنویسید که با گرفتن عکس، سائز کرنل و انحراف معیار، فیلتر گوسی یا Gaussian Filter را روی تصویر ورودی اعمال کند و در خروجی تصویر فیلترشده را به ما بدهد. لازم به ذکر است که در این قسمت اجازه‌ی استفاده از توابع آماده متلب را ندارید. (راهنمایی: هنگام پیاده‌سازی ممکن است در لبه‌ها به مشکل بخورید، اما می‌توانید با اضافه کردن صفر به کناره‌های تصویر مشکل خود را حل کنید!)

۲. تابعی بنویسید که با دریافت سائز کرنل، فیلتر میانه‌گیر یا Median Filter را بر تصویر ورودی اعمال کند و تصوی فیلترشده را باز گرداند.

۳. در این بخش، دو تابعی که در بخش‌های قبل نوشته‌اید را بر عکس‌های آلوده به هر یک از چهار نوع نویز معرفی شده اعمال کرده و کیفیت تصویر خروجی هر یک از آن‌ها را بازگردانند. برای هر عکس، تلاش کنید بهترین پارامترهای فیلتر را انتخاب کنید.

۴. (امتیازی) با جست‌وجو در اینترنت سعی کنید که روش‌های دیگری برای فیلترکردن تصاویر پیدا کنید و در صورت امکان آن‌ها را پیاده‌سازی کنید و منطق ریاضی آن‌ها را نیز حتما در گزارش‌کار خود بیاورید.

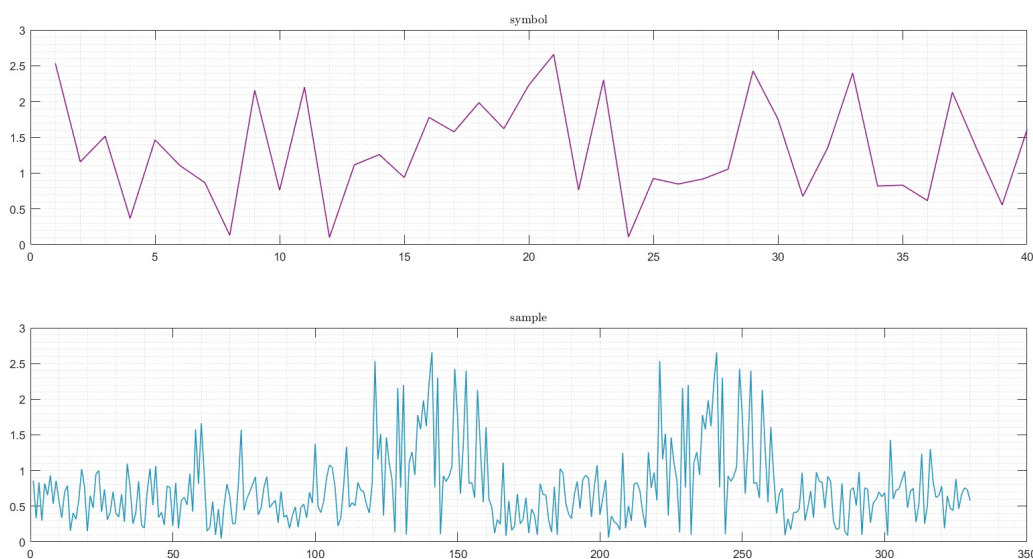
## ۳ طراحی مقدماتی matched filter

### ۱.۳

در مورد matched filter ها تحقیق کنید و اساس کار آنها را شرح دهید. این فیلترها در چه مواردی کاربرد دارند؟ چه شرطی بر نویز های موجود در سیگنال مورد بررسی باید وجود داشته باشد تا بتوان از این فیلترها استفاده کرد؟ (در مورد SNR یا Signal Noise Ratio حاکم بر سیگنال ورودی تحقیق کرده و تمامی نتایج را در گزارش خود بیاورید.)

### ۲.۳

ابتدا تابعی در متلب بنویسید که با گرفتن ورودی های SLength و Nlength (به ترتیب نماینده طول سیگنال و طول سمبل مورد نظر) یک symbol به طول Nlength و یک سیگنال که حاوی یک نویز گوسی است تولید کرده و symbol تولید شده را در اقل ۲ بخش از این سیگنال بگنجانید. symbol و sample تولید شده را در یک figure نمایش داده و در گزارش خود بیاورید. (دقت کنید که جنس درایه های سمبل و سیگنال باید از نوع اعداد مختلط باشند. به منظور ایجاد سمبل و نویز می‌توانید از تابع randn در متلب استفاده کنید. بدین شکل که ابتدا دو بخش حقیقی و موهومی سمبل و نویز را به صورت جداگانه با تابع randn تولید کرده و سپس با استفاده از تابع complex بخش حقیقی و موهومی را به یک عدد مختلط تبدیل کنید. همچنین به شرط SNR قید شده در بخش قبل نیز توجه کنید، به این معنی که اندازه دامنه نویزهای خود را اقل نصف اندازه دامنه سمبل قرار دهید.) (اندازه سیگنال خود را اقل ۳ یا ۴ برابر اندازه سمبل در نظر بگیرید.)



شکل ۱: نمونه ای از یک symbol و sample تولید شده که symbol در ۲ بخش sample گنجانده شده است.

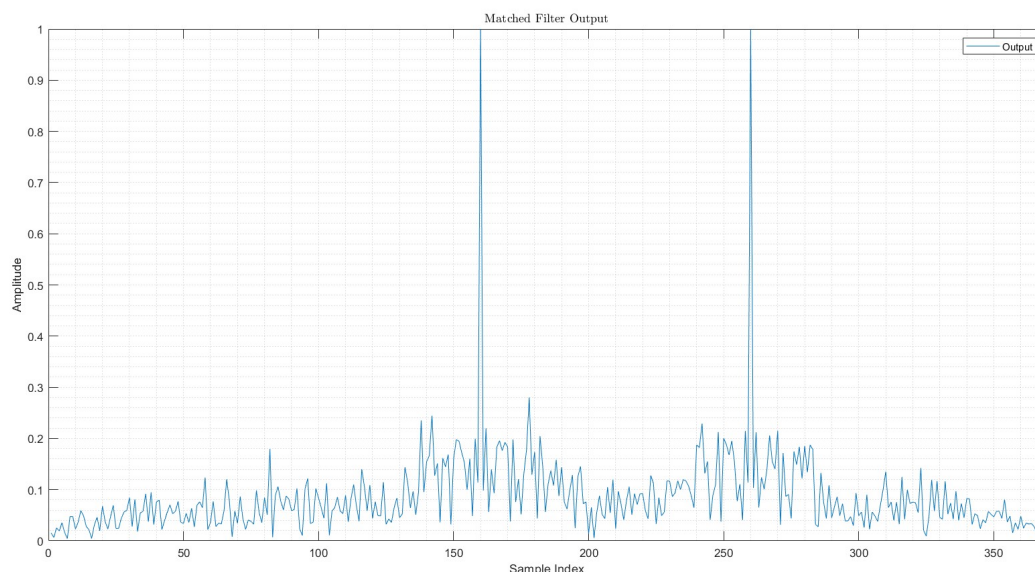
### ۳.۳

تابعی بنویسید که با دریافت symbol تولید شده در قسمت قبل، matched filter منطبق با این سمبل را تولید کرده و sample تولید شده در قسمت قبل را به وسیله آن، فیلتر کند. اندازه خروجی تابع که سیگنال فیلتر شده می‌باشد را plot کنید و در گزارش خود بیاورید. از تابع norm به منظور normalize کردن خروجی خود استفاده کنید.

(در این بخش حق استفاده از توابع آماده در خصوص فیلترها را ندارید. توابعی همچون filter، matched filter، fir یا ... از تابع conv برای طراحی فیلتر خود استفاده کنید.)

(به منظور plot کردن نتیجه فیلتر خود با استفاده از دستور abs() تنها اندازه سیگنال فیلتر شده را نمایش دهید.)

(در صورت صحیح بودن عملکرد تابع شما خروجی همانطور که در شکل ۲ نمایش داده شده است در چند نقطه (تعداد نقاط برابر با تعداد تکرار سمبل می‌باشد) دارای پیک های تیز است)



شکل ۲: خروجی matched filter منطبق بر سمبل شکل ۱

## ۴ اهمیت اندازه و فاز تبدیل فوریه در سیگنال تصویری

با استفاده از تابع `fft2` متلب، تبدیل فوریه تصاویر `pic1.png` و `pic2.png` را حساب کنید. تصویری بسازید که فاز تبدیل فوریه آن برابر فاز تبدیل فوریه تصویر اول و اندازهی تبدیل فوریه آن، برابر اندازهی تبدیل فوریه تصویر دوم باشد.

با توجه به نتایج این سوال، در تصاویر، آیا فاز اطلاعات مهم‌تری در بر دارد یا اندازهی تبدیل فوریه؟ برای این موضوع چه دلیلی دارید؟ می‌توانید برای توجیه حتی به ساختمان و عملکرد چشم انسان اشاره کنید.