



به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۷۴۲ گروه ۳ - سیگنال ها و سیستم ها - نیم سال دوم ۱۴۰۲-۰۲

تمرین کامپیوتری سری دوم

موعد تحویل: مطابق CW

نحوه تحویل تمرین

- گزارش تمرین خود را در قالب یک فایل pdf تحویل دهید. در گزارش لازم است تمامی خروجی ها و نتایج نهایی، پرسش های متن تمرین و توضیح مختصری از فرآیند حل مسأله ی خود در هر قسمت را ذکر کنید.
- کد کامل تمرین را در قالب یک فایل ipynb/.pyw/.py/.mlx/.m تحویل دهید. لازم است بخش های مختلف تمرین در sectionهای مختلف تفکیک شوند و کد تحویلی منظم و دارای کامنت گذاری مناسب باشد. بدیهی است آپلود کردن کدی که به درستی اجرا نشود، به منزله ی فاقد اعتبار بودن نتایج گزارش شده نیز می باشد.
- توابعی را که (در صورت لزوم) نوشته اید، حتما در انتهای کد ضمیمه کنید و از ایجاد فایل جدای py/.m خودداری کنید.
- تمرین نمره امتیازی ندارد ولی در صورتی که در هربخش از تمرین نمره ای از دست بدید، می توانید با انجام بخش های **رنگ قرمز**، آن را جبران کنید.
- نام گذاری فایل های تحویلی را به صورت StudentNumber_02HW.pdf/.mlx/.m/.py/.zip/.rar... انجام دهید.

معیار نمره دهی

- ساختار مرتب و حرفه ای گزارش
- استفاده از توابع و الگوریتم های مناسب
- پاسخ به سوالات تئوری و توضیح روش های مطلوب سوال
- کد و گزارش خروجی کد برای خواسته های مسأله

نکات تکمیلی

- در صورت داشتن هرگونه ابهام با آیدی تلگرام **@heliyashakeri** ارتباط برقرار کنید.
- اصولا مشورت دانشجویان در حل تمرین ها نه تنها نکوهیده نیست، بلکه شدیداً توصیه می شود؛ اما توجه کنید که مشورت و رونویسی متفاوتند! لذا نتایج متفاوتی نیز دارند. همچنین برای مشورت در حل تمرین ها، 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 می گذارند هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.
- **زمان تحویل تمرین تمدید نخواهد شد.**

۱ قانون افزودن فازوری

در این سوال، شما باید یک کد MATLAB بنویسید تا مجموع موج‌های سینوسی با همان فرکانس را به عنوان یک موج سینوسی تکی بیان کند. (راهنمایی: از افزودن فازور برای محاسبه پارامترهای موج سینوسی نهایی استفاده کنید). فرض کنید $x(t)$ مجموع سه سیگنال سینوسی با همان فرکانس زاویه‌ای ω_o باشد:

$$x(t) = \sum_{k=1}^3 x_k(t) = \sum_{k=1}^3 A_k \cos(\omega_o t + \phi_k)$$

این سیگنال می‌تواند به صورت یک سینوس تکی بیان شود:

$$x(t) = A \cos(\omega_o t + \phi)$$

که دامنه A و فاز ϕ می‌تواند با استفاده از قانون افزودن فازوری مشخص شود:

$$\sum_{k=1}^N A_k e^{j\phi_k} = A e^{j\phi}$$

۱. شماره دانشجویی ۹ رقمی یکی از اعضای گروه را به صورت رو به رو بنویسید: $(4d_1d_2d_3d_4d_5d_6d_7d_8)$. مقادیر فرکانس، دامنه و فاز سه سیگنال بر اساس ارقام شماره دانشجویی نوشته شده به صورت زیر تعیین می‌شوند:

- فرکانس: $\omega_o = (d_5d_6) \text{ rad/s}$.
- مقادیر دامنه: $A_3 = d_8, A_2 = d_7, A_1 = d_6$. اگر هر کدام از آنها برابر با صفر باشد، به جای آن از 1° استفاده کنید.
- مقادیر فاز به درجه: $\phi_3 = (d_6d_7d_8)^\circ, \phi_2 = (d_5d_6d_7)^\circ, \phi_1 = (d_4d_5d_6)^\circ$ را تعیین کنید. مقادیر فاز را به گونه‌ای تبدیل کنید که مقادیر در بازه اصلی باشند. آنها را هم به درجه و هم به رادیان در کد بنویسید.

۲. کدی بنویسید که پارامترهای دامنه A و فاز ϕ سیگنال سینوسی حاصل را محاسبه کند و روش افزودن فازوری را نشان دهد.

- این کد باید مقادیر $\omega_o, A_1, A_2, A_3, \phi_1, \phi_2, \phi_3$ را به ترتیب از command line بگیرد. دقت کنید که مقادیر فاز باید به درجه وارد شوند.
- کد شما باید مقادیر A و ϕ را با جمع فازورهای سه سینوس محاسبه کرده و مقدار دامنه و فاز جمع را نمایش دهد. مقدار ϕ باید به درجه بوده و حداقل دارای چهار رقم اعشار باشد.
- کد شما همچنین می‌بایست سیگنال سینوسی حاصل را در command line به صورت زیر نمایش دهد. در مرحله، دامنه و فاز باید دقیقاً دو رقم اعشار داشته باشند، مقدار فاز باید به رادیان بوده و "+" یا "-" در سمت چپ فاز بر اساس علامت آن نمایش داده شود:

$$x(t) = 3.91 \cos(56t + 0.70)$$

- در این قسمت، فازورهای سه سیگنال سینوسی و همچنین فازور سیگنال نهایی را بر روی صفحه مختصات مختلط طوری نشان دهید که محورهای افقی و عمودی آن به ترتیب، محورهای حقیقی و موهومی باشند.
- در یک plot جداگانه، سه فازور را پشت سر هم رسم کرده و برقراری قانون جمع فازوری را برای به دست آوردن فازور نهایی نشان دهید.

۲ مقدمه‌ای بر پردازش صوت

در این سوال قصد داریم با مفاهیم ابتدایی مربوط به پردازش سیگنال صوت آشنا شویم.

۱. فایل Music.wav که در پوشه پروژه ضمیمه شده است را با استفاده از دستور audioread در محیط متلب خوانده و آن را plot کنید. اگر دقت کنید، دو سیگنال گسسته به صورت همزمان plot شده‌اند که یکی از آنها مربوط به کانال راست و دیگری مربوط به کانال چپ صدا می‌باشد. به این نوع فایل‌های صوتی که دارای چند کانال می‌باشند، فایل صوتی «استریو» گفته می‌شود که با استفاده از چند میکروفون ضبط شده‌اند و تجربه واقعی‌تری را به شنونده منتقل می‌کنند. در این سوال قصد نداریم هر دو کانال را جداگانه مورد بررسی قرار دهیم. به این منظور، میانگین کانال چپ و راست را به عنوان سیگنال خود در نظر می‌گیریم. در هر دو حالت با استفاده از دستور soundsc با فرکانس $F_s = 48\text{KHz}$ به سیگنال صوت گوش کرده و تفاوت احساس خود را شرح دهید.

۲. برای افزودن echo به سیگنال فوق، می‌توان سیگنال اصلی را با شیفت یافته زمانی‌اش جمع کرد. سیستمی که این کار را برای ما انجام می‌دهد به شکل زیر توصیف می‌شود:

$$y[n] = x[n] + \alpha x[n - nd]$$

که در آن α ضریب تضعیف صوت اکو شده و nd میزان تاخیر صوت اکو شده است. در این بخش $nd = 0.2F_s$ در نظر گرفته می‌شود که باعث ایجاد تاخیر 20° ثانیه می‌شود. خروجی سیستم را به ازای $\alpha = 0.8$ بدست آورید. برای بدست آوردن خروجی می‌توانید از دستور filter متلب استفاده کنید. سیگنال خروجی را رسم کرده و به آن گوش دهید.

۳. در این بخش قصد داریم مولفه اکو سیگنال را حذف کرده و سیگنال اصلی را بازیابی کنیم. برای این منظور پاسخ ضربه سیستم معکوس را بیابید و با استفاده از دستور filter پاسخ سیستم به خروجی قسمت ۲ (صوت دارای اکو) را بدست آورید. سیگنال حاصل را رسم کرده و به آن گوش دهید. آیا سیگنال اصلی بازیابی شده است؟

۴. دو قسمت قبلی را برای سیستم زیر انجام دهید و نمودارهای سیگنال اصلی، سیگنال اکو و سیگنال بازیابی شده را کنار یکدیگر رسم کنید:

$$y[n] = x[n] + \alpha x[n - nd] + \alpha^2 x[n - 2nd] + \alpha^3 x[n - 3nd]$$

$$(\alpha = 0.8 \text{ و } nd = 0.1F_s)$$

۵. در این بخش به اثر نویز بر روی سیگنال می‌پردازیم. دو نویز با توزیع‌های زیر را جداگانه به سیگنال اصلی اضافه کنید. سیگنال‌های حاصل را رسم کرده و به آنها گوش دهید. برای تولید نویزها از دستورهای rand و randn استفاده کنید.

$$n1 \sim N(0, 0.01) \bullet$$

$$n2 \sim \text{Uniform}(-0.1, 0.1) \bullet$$

۶. بدون استفاده از دستور chirp، سیگنال سینوسی با دامنه 10° که فرکانس آن به صورت خطی با زمان از ۱KHz تا ۲KHz افزایش می‌یابد، تولید کنید. این سیگنال را به سیگنال صوت اصلی اضافه کرده و به آن گوش دهید. سیگنال خروجی را با استفاده از دستور audiowrite با نام MusicWithSin.wav ذخیره کرده و به فایل‌های تحویل‌تان ضمیمه کنید.

۳ مقدمه‌ای بر پردازش تصویر

هر تصویر رنگی، یک تانسور سه بعدی است که ۲ بعد اول آن، مربوط به ابعاد تصویر و بعد سوم آن شامل ۳ کانال RGB تصویر است. برای یک تصویر سیاه و سفید، تعداد کانال‌ها برابر ۱ می‌شود و ماتریس مورد نظر یک ماتریس ۲ بعدی خواهد بود.

مفهوم فرکانس پایین و بالا در تصویر

اگر نسخه سیاه و سفید یک تصویر را در نظر بگیریم، یک ماتریس ۲ بعدی متناظر با آن تصویر داریم. همانطور که در یک وکتور، مفهوم فرکانس، شدت تغییرات را نشان می‌دهد، در یک تصویر نیز، زمانی فرکانس بالا داریم که به لبه‌های آن برسیم و هرچه میزان لبه و تغییرات در یک قسمت عکس کمتر باشد، به این معناست که فرکانس‌های پایین‌تری در آن قسمت داریم. همچنین هرچه لبه‌های داخل تصویر تیزتر باشند، نشان از وجود فرکانس‌های بالاتر است.

۱. با استفاده از دستور `imread`، یک تصویر دلخواه با کیفیت و ابعاد مناسب را در متغیری به نام `image` لود کنید و سپس با استفاده از دستور `imshow` تصویر لود شده را نمایش دهید.

۲. ۳ کانال رنگ تصویر مورد نظر را به صورت جداگانه به همراه تصویر اصلی در یک `subplot` رسم کنید.

۳. این ۳ ماتریس را با هم جمع کرده و ماتریس میانگین را توسط `imshow` نمایش دهید. نتیجه را با خروجی `rgb2gray` مقایسه کنید. چه تفاوتی وجود دارد؟

۴. همان‌طور که در یک سیگنال یک بعدی (یک وکتور)، با استفاده از عمل کانولوشن، می‌توانیم فیلترهای مختلفی را طراحی و بر روی سیگنال اعمال کنیم، برای یک ماتریس ۲ بعدی نیز، می‌توانیم از کانولوشن ۲ بعدی استفاده کنیم. حال فیلتر زیر را روی تصویری که در فایل تمرین ضمیمه شده با استفاده از عملگر کانولوشن ۲ بعدی متلب اعمال کنید و طبق الگوریتم زیر تصویر خروجی را بدست آورید. (A تصویر خروجی است)

$$\mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \text{and} \quad \mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \mathbf{G} = \sqrt{\mathbf{G}_x^2 + \mathbf{G}_y^2}$$

۵. عملگر این فیلتر را توضیح دهید، به نظر شما این فیلتر، چه نوع فیلتری است؟ (بالاگذر، میان‌گذر، پایین‌گذر)