

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

پردازش سیگنال های گسسته
تمرین کامپیوتری دوم



تمرین کامپیوتری دوم

در انجام این تمرین حتماً به نکات زیر توجه کنید:

- با سلام و آرزوی شادی، موفقیت و سلامتی؛
- موعد تحویل این تمرین، **ساعت ۱۸:۰۰ روز یکشنبه ۱۶ دی ماه ۱۴۰۳** است.
- بخشی اصلی نمره شما را **گزارش** شما تعیین میکند.
- فقط برنامه‌هایی که به زبان متلب و یا پایتون باشند قابل قبول خواهند بود.
- تحویل همزمان گزارش و کدها الزامی است.
- گزارش باید شامل خروجی‌های کدهایی نوشته شده که موارد خواسته شده در سوالات هستند و سایر توضیحات خواسته شده دیگر در متن سوالات باشد (از آوردن کد کامل در گزارش خودداری کنید).
- فایل تحویلی پاسخ شما باید تنها یک فایل زیپ تحت عنوان DSP_CHW2_Student_ID محتوای دو پوشه باشد. گزارش خود را در پوشه اول با عنوان Report و کدهای خود را در پوشه Codes قرار دهید.
- با این که همکاری و مشورت در حل سوالات پیشنهاد می‌شود، حتماً به صورت مستقل به نوشتن کدها و گزارش بپردازید.
- ممکن است از دانشجویی خواسته شود در زمانی که تعیین خواهد شد جزئیات کدش را در جلسه‌ای مجازی توضیح دهد، نتایج را تحلیل کند و حتی تغییراتی در پارامترهای کد اعمال کند. در صورتی که دانشجویی تمرین را تحویل داده باشد ولی نتواند کد خود را توضیح دهد و یا تغییراتی روی آن اعمال کند، و یا اینکه کد و یا گزارش تحویلی به شائبه تخلف منطقی داشته باشد، نمره تمرین صفر لحاظ شده و نمره‌ای منفی هم لحاظ خواهد شد.
- در صورت وجود هرگونه سوال، مشکل مربوطه را با ما در میان بگذارید.



۱ سوال اول

۱.۱

یک فیلتر FIR پایین‌گذر دیجیتال با مشخصات زیر طراحی کنید

$$\omega_p = 0.2\pi, \quad R_p = 0.25 \text{ dB}$$

$$\omega_s = 0.3\pi, \quad A_s = 50 \text{ dB}$$

یک تابع پنجره مناسب از جدول زیر انتخاب کنید. پاسخ ضربه‌ای را تعیین کرده و نمودار پاسخ فرکانسی فیلتر طراحی شده را ارائه دهید.

TABLE 7.1 Summary of commonly used window function characteristics

Window Name	Transition Width $\Delta\omega$ Approximate	Exact Values	Min. Stopband Attenuation
Rectangular	$\frac{4\pi}{M}$	$\frac{1.8\pi}{M}$	21 dB
Bartlett	$\frac{8\pi}{M}$	$\frac{6.1\pi}{M}$	25 dB
Hann	$\frac{8\pi}{M}$	$\frac{6.2\pi}{M}$	44 dB
Hamming	$\frac{8\pi}{M}$	$\frac{6.6\pi}{M}$	53 dB
Blackman	$\frac{12\pi}{M}$	$\frac{11\pi}{M}$	74 dB

۲.۱

برای مشخصات طراحی داده شده در مثال ۳-۱، پنجره Kaiser را برای طراحی فیلتر پایین‌گذر مورد نیاز انتخاب کنید.

۲ سوال دوم

سیگنال زیر را در نظر بگیرید:

$$X = \cos(2\pi \cdot 100t) + 0.5 \cos\left(2\pi \cdot 20 \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

۱.۲

سیگنال مورد نظر و تبدیل فوریه آن را پلات کنید؟

۲.۲

حال به سیگنال در بازه فرکانسی (0.29, 0.33) نویز اضافه کنید و شکل حوزه زمان و فرکانس سیگنال X رسم کنید؟

۳.۲

از فیلتر چپ‌بیش تایپ ۱ استفاده کنید و نویز اضافه شده را از بین ببرید حال شکل حوزه زمان و فرکانس سیگنال X بعد از اعمال فیلتر رسم کنید؟

۴.۲

بجای استفاده از فیلتر چپ‌بیش تایپ ۱ از یک فیلتر IIR (به دلخواه) استفاده کنید و نویز را از بین ببرید و شکل حوزه زمان و فرکانس سیگنال X بعد از اعمال فیلتر IIR رسم کنید؟



۵.۲

تفاوت شکل سیگنال X بعد از فیلتر شدن توسط فیلتر چپ‌بیشف تایپ ۱ و فیلتر IIR چیست؟ علت این اتفاق کامل توضیح دهید؟

۶.۲

برای هر یک از پهنای باندهای دلتا (۱ الی ۴ هرتز)، تتا (۴ الی ۸ هرتز)، آلفا (۸ الی ۱۲ هرتز)، بتا (۱۲ الی ۳۰ هرتز) یک فیلتر باترورث میانگذر از مرتبه ۱۰ طراحی کرده و دامنه و فاز هرکدام را ترسیم نمایید؟

۷.۲

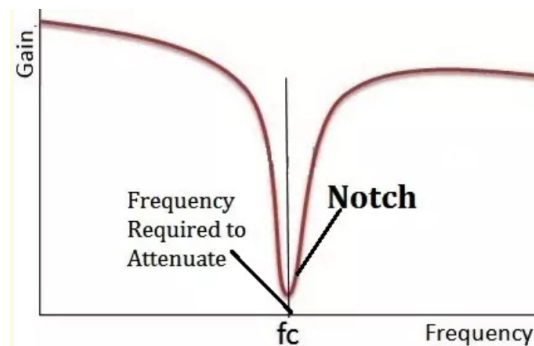
مرتبه فیلترهای طراحی شده را به ۱۵۰ تغییر دهید، چه تغییری در سیگنالهای فیلتر شده حاصل میشود؟ توضیح دهید مرتبه فیلتر نشانگر چیست و شما چه مرتبه‌هایی را توصیه می‌کنید؟

۳ سوال سوم

فیلترهای ناچ برای حذف صداهای اضافی در سیگنال‌های صوتی

**توجه: صدای sound.wav به علت اضافه شدن نویز آزاردهنده می‌باشد.
حتماً صدای سیستم خود را هنگام پخش کردن کم کنید.**

در تمرین سوم، قصد داریم یک فیلتر FIR ساده برای حذف صداهای مزاحم (تون‌های سینوسی) از یک سیگنال صوتی طراحی کنیم. با وجود اینکه پاسخ ضربه فیلتر بسیار ساده است، همچنان می‌توان به عملکرد نویززدایی مورد نظر دست یافت. شکل زیر شکل معمول بزرگی پاسخ فرکانسی یک فیلتر Notch را نشان می‌دهد که برای تضعیف یک فرکانس خاص استفاده می‌شود.



یک برنامه بنویسید که تون‌های ناخواسته را از یک فایل صوتی حذف کند. فایل 'sound.wav' شامل برخی تون‌های ناخواسته است. وظیفه ما حذف این تون‌هاست تا بتوانید پیام را به شکلی واضح‌تر بشنوید.

راهنمایی: دو مرحله برای حذف سیگنال‌های تداخلی لازم است. ابتدا، باید فرکانس‌های تداخل را مشخص کنیم و در مرحله دوم این فرکانس‌ها را فیلتر کنیم.

برای خواندن فایل صوتی و ترسیم spectrogram آن، از کد زیر استفاده کنید:

```
1 [xx, fs] = audioread('sound.wav');  
2 figure;  
3 spectrogram(xx, fs);
```



میانگین‌گیر سه نقطه‌ای برای حذف یک فرکانس کافی است. با داشتن پاسخ ضربه:

$$h[n] = [1, A, 1]$$

پاسخ فرکانسی $H(z) = H(e^{j\omega})$ را به صورت تابعی از A بیابید (بخش اول). مقادیر A مورد نیاز برای حذف هر یک از فرکانس‌های ناخواسته را تعیین کنید. پس از محاسبه مقادیر صحیح، از کد زیر برای حذف هر فرکانس استفاده کنید:

```
1 hh = [1, AA, 1];
2 yy = filter(hh, 1, xx);
```

شما باید مقدار AA را وارد کنید. برای بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر می‌توانید از freqz استفاده کنید:

```
1 ww = -pi:pi/100:pi; % 1/100
2 HH = freqz(hh, 1, ww); % 1 = a
3 plot(ww, 20*log10(abs(HH)));
```

نکته: باید از چندین فیلتر استفاده کنید. پس از تکمیل هر فیلتر، آن‌ها را در یک فیلتر ترکیب کنید.

۱.۳

از نمودار spectrogram فرکانس‌های مربوط به سیگنال‌های سینوسی مزاحم را مشخص کنید؟

۲.۳

پاسخ ضربه را به دست آورید؟

راهنمایی: اگر بخواهیم یک سیگنال سینوسی ورودی را حذف کنیم، در واقع باید دو سیگنال را حذف کنیم، چون:

$$x[n] = \cos(\omega_0 n) = \frac{1}{2} (e^{j\omega_0 n} + e^{-j\omega_0 n}).$$

هر نمایی مختلط را می‌توان با یک فیلتر FIR مرتبه اول حذف کرد و سپس دو فیلتر را می‌توان به صورت آبشاری ترکیب کرد تا فیلتر مرتبه دوم حاصل شود که سیگنال کسینوسی را حذف می‌کند. سیگنال نمایی مختلط اول با فیلتر دارای تابع سیستم زیر حذف می‌شود:

$$H_1(z) = H_1(e^{j\omega}) = 1 - z_1 z^{-1}$$

که در آن $z_1 = e^{j\hat{\omega}_0}$ زیرا $H_1(z_1) = 0$ در z_1 اتفاق می‌افتد. به همین ترتیب $H_s(z) = 1 - z_2 z^{-1}$ سیگنال نمایی مختلط دوم را حذف می‌کند. با ترکیب دو فیلتر به صورت آبشاری داریم:

$$H(z) = H_1(z) \cdot H_2(z) = \dots = 1 - 2 \cos(\hat{\omega}_0) z^{-1} + z^{-2}. \quad (2)$$

نتایج نهایی در معادله (2) از طریق عملیات جبری ساده حاصل می‌شود.

معادله (2) را نرمال‌سازی کنید تا پاسخ فرکانسی با بهره DC واحد به دست آید (DC معادل $\hat{\omega} = 0$ یا به طور معادل $z = e^{j\hat{\omega}} = 1$ است).

۳.۳

سیگنال صوتی را فیلتر کنید، spectrogram آن را ترسیم کنید. آیا عملیات فیلتر کردن نتایج رضایت‌بخشی تولید می‌کند و اثر تون‌های که باعث آزدگی گوش می‌شود را کم کرده‌ست؟



۴ سوال چهارم (بخش امتیازی)

مقاله مورد نظر را با این [لینک](#) دانلود کنید.

۱.۴

کلید مقاله را توضیحی مختصری بدهید؟

۲.۴

از چه نوعی پنجره‌ای در این مقاله استفاده شده است و علت انتخاب این پنجره چیست؟ (کامل توضیح دهید)

نکته مهم:

باتوجه به اینکه سوال چهارم امتیازی هست، صرفاً کپی کردن مطالب از چت‌بات‌های هوش مصنوعی نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد و بیشتر درک شما از مقاله مدنظر است.