

سم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علم و صنعت ایران

زمستان ۱۳۹۸ و بهار ۱۳۹۹

تحويل: یکشنبه ۱۷ فروردین

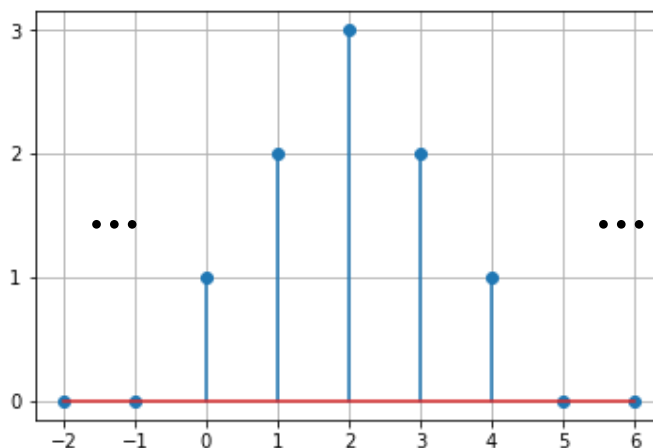
تمرین سری پنجم

سیگنال‌ها و سیستم‌ها

۱. یک سیستم LTI با معادله زیر توصیف شده است:

$$y[n] + \frac{1}{2}y[n-2] = x[n] + \frac{3}{4}x[n-3]$$

این سیستم در حالت استراحت اولیه (Initial rest) قرار دارد. در صورتی که ورودی این سیستم، سیگنال زیر باشد، خروجی این سیستم را به صورت بازگشتی محاسبه کنید (محاسبات به صورت دستی و برای تمام  $n$  ها باشد). (۲۵ نمره)



۲. برنامه‌ای بنویسید که فایل wav موجود در پیوست را به عنوان سیگنال ورودی دریافت کند و به آن یک نویز با انحراف معیار 0.025 و میانگین صفر اضافه کند. برای این کار کافی است از دستور زیر استفاده کنید:

```
x += np.random.randn(x.shape[0]) * 0.025
```

که منظور از  $x$  همان بردار مربوط به فایل صوتی است. سیگنال حاصل را گوش دهید. چه تغییری در سیگنال اصلی ایجاد شده است؟

سیگنال نویزی را به سیستمی با پاسخ ضربه زیر اعمال کرده، خروجی سیستم را به ازای  $M = 20$ ،  $M = 100$  و  $M = 2000$  بدست آورید. (به سیستم بیان شده فیلتر میانگین‌گیری هم گفته می‌شود):

$$h[n] = \frac{1}{M}(u[n] - u[n-M])$$

برای یافتن خروجی می‌توانید از دستور np.convolve استفاده کنید.

پس از بدست آمدن خروجی، آن را پخش و در فایل‌های جداگانه (به طوری که مقدار  $M$  در نام فایل معلوم باشد) ذخیره و به پاسخ‌های خود پیوست کنید.

برای هر کدام از  $M$  ها چه اتفاقی برای خروجی افتاد؟ (۳۵ نمره)

نکته مهم: اگر صدای سیگنال خروجی ضعیف است، با ضرب کردن یک عدد در آن دامنه را افزایش

دهید. البته این کار را با دقت انجام دهید و مراقب اسپیکر خود باشید 😊

(پیشنهاد: می‌توانید یک تابع برای اضافه کردن نویز و یک تابع دیگر برای اعمال سیستم بر روی سیگنال نویزی

بنویسید و در پایان نتایج را ذخیره کنید.)

۳. سیستم اکوی دیجیتال می‌تواند در حالت کلی دارای معادله زیر باشد:

$$y[n] = \sum_{k=0}^{\infty} a_k x[n - kN]$$

برای ساده سازی، فرض می‌کنیم که  $a_k$  فقط برای  $k = 0, 1, 2$  مقدار مخالف صفر داشته باشد و  $a_0 = 1$ ,

$$a_1 = a_2^{0.5} = 0.8 \quad (۳۰ نمره)$$

الف) پاسخ پله و پاسخ ضربه این سیستم را بدست آورید.

ب) مقادیر قسمت الف را با استفاده از شبیه سازی و برای  $-5 < n < 20$  بدست آورید. (لازم است که در این

تمرین برای پاسخ ضربه از سه دستور `filter`, `conv`, `impz` در متلب و یا `scipy.signal.lfilter`,

`filter`, `conv`, `scipy.signal.convolve`, `scipy.signal.impulse` در پایتون و برای پاسخ پله از سه دستور

`step` و یا `scipy.signal.lfilter`, `scipy.signal.convolve`, `scipy.signal.step` در پایتون استفاده کنید.)

پ) پاسخ گذرا و ماندگار سیستم را به ورودی پله واحد بدست آورید.

۴. یک فایل صوتی ضبط کنید (می‌توانید از فایلی استفاده کنید که در تمرین سری ۴ استفاده کرده‌اید). پاسخ سیستم

زیر به سیگنال فوق را به ازای دو مقدار  $a = +\frac{1}{2}$  و  $a = -\frac{1}{2}$  محاسبه کرده و خروجی‌های حاصل را گوش دهید.

$$y[n] = a y[n - N] + x[n]$$

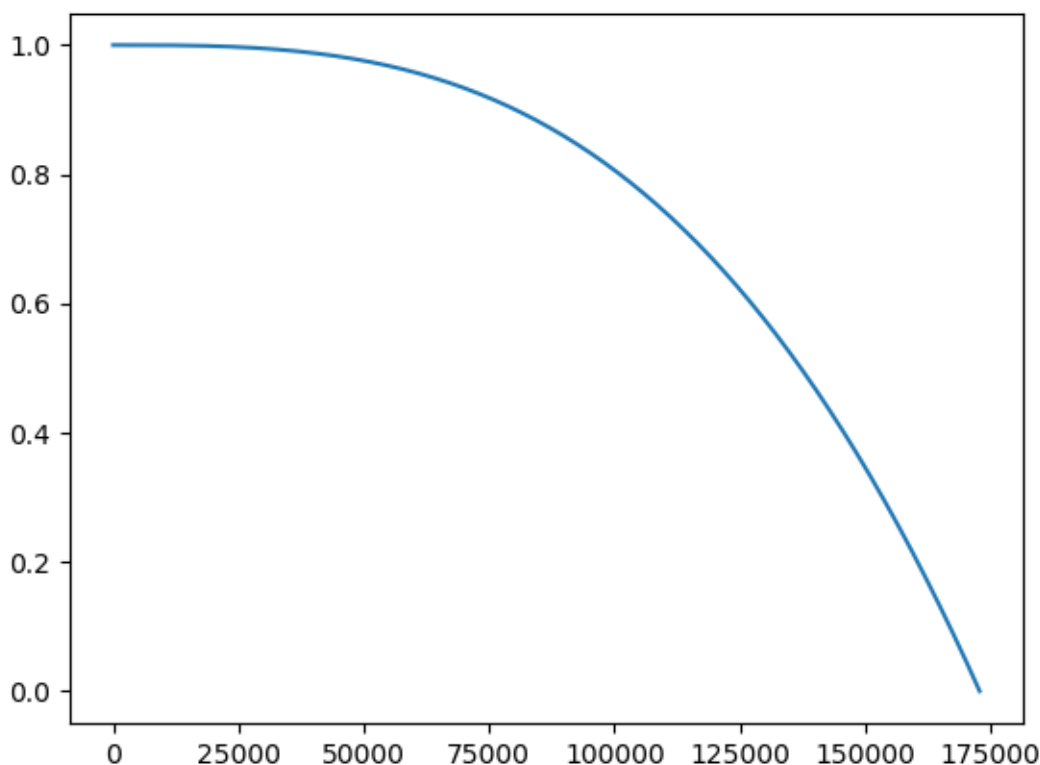
$N$  را برابر با نصف نرخ نمونه‌برداری فایل صوتی قرار دهید که معمولاً برابر با ۴۴۱۰۰ است. این سیستم چه عملی

را انجام می‌دهد؟ به طور دقیق توضیح دهید (برای راهنمایی می‌توانید مثال ۲.۸ کتاب در صفحه ۶۸ را مطالعه

کنید). (۳۰ نمره)

نکات:

- رسم توابع به کمک کد زنی انجام شود و کد نیز ارسال شود (دقت کنید که برای رسم سیگنال های زمان گسسته از تابع `stem` و برای رسم سیگنال های زمان پیوسته از تابع `plot` باید استفاده کنید).
- باقی سوالات باید به صورت کتبی انجام شوند اما در هر سوال اگر کد زده شود و کد نیز ارسال شود، با توجه به نمره سوال نمره کمکی در نظر گرفته می شود.
- برای کد زنی می توانید از زبان `python` یا برنامه `MATLAB` یا `octave` استفاده بفرمایید. در صورتی که از هیچ کدام از موارد بیان شده استفاده نمی کنید با حل تمرین هماهنگی لازم را بفرمایید و در صورت تایید می توانید از زبانی دیگر استفاده کنید.
- زمان تحویل تمرین به هیچ وجه تمدید نخواهد شد و پس از گذشت از مهلت ارسال، نمره این تمرین با اعمال ضریب به صورت تابع زیر لحاظ می شود.



محور افقی این نمودار مقدار تاخیر به ثانیه و محور عمودی ضریب اعمالی در نمره تمرین است.

- تا قبل از پایان مهلت تحویل می توانید تمرین ها را به صورت مجازی یا حقیقی تحویل دهید.
- موفق باشید.