



بسمه تعالی

دانشکده ی مهندسی برق و کامپیوتر

درس سیگنال ها و سیستم ها

تمرین کامپیوتری ۳- امتیازی



طراح: امیرحسین ناظری، ارشاد حسن پور

مهلت تحویل: جمعه ۲ خرداد ۹۹

استاد: دکتر ربیعی

هدف از این تمرین آشنایی با کاربرد های تبدیل فوریه و طیف سیگنال ها در محیط نرم افزار متلب می باشد.

۱. اسپکتروگرام

اسپکتروگرام (spectrogram)، یک نوع نمایش بصری از طیف فرکانسی صوت یا سیگنال هایی است که در طول زمان تغییرات زیادی دارند. از اسپکتروگرام می توان برای شناسایی کلمات گفته شده به صورت آوایی و تحلیل آوا های مختلف حیوانات استفاده کرد. از آنجا که در این عمل، صوت به صورت تصویر مدلسازی می شود، یکی از کاربرد های بسیار مهم اسپکتروگرام تحلیل صوت با استفاده از روش های پردازش تصویر می باشد که موضوع بحث این درس نمی باشد.

اسپکتروگرام در واقع نشان دهنده مقدار طیف سیگنال در فرکانس های مختلف و بازه های زمانی مختلف می باشد.

فرض کنید $x[n]$ سیگنالی با طول N است. قطعه هایی متوالی از سیگنال x به طول m که $m \ll N$ را در نظر بگیرید. همچنین فرض کنید $X \in \mathbb{R}^{m \times (N-m+1)}$ ماتریسی از این قطعه های متوالی در ستون های متوالی است. به عبارت دیگر $[x[0], x[1], \dots, x[m-1]]^T$ در ستون اول، $[x[1], x[2], \dots, x[m]]^T$ در ستون دوم و به همین ترتیب دیگر ستون های X ساخته می شوند. ستون ها و ردیف های این ماتریس دارای اندیس زمانی هستند و با گرفتن FFT از هر ستون ماتریس \hat{X} حاصل می شود.

اسپکتروگرام سیگنال $x[n]$ به طول پنجره ی m ماتریس \hat{X} است، که ستون های آن تبدیل فوریه ی ستون های X است. دقت کنید که ردیف های \hat{X} دارای اندیس فرکانس و ستون های آن دارای اندیس زمان هستند. هر نقطه در ماتریس \hat{X} مربوط به یک فرکانس و یک زمان مشخص است. پس \hat{X} نمایشی ترکیبی از فرکانس-زمان سیگنال $x[n]$ می باشد.

۱.۱ رسم اسپکتروگرام

همانطور که ذکر شد، اسپکتروگرام یک ماتریس است. برای تجسم آن می توانید ماتریس را به عنوان یک تصویر مشاهده کنید که مقدار ماتریس در [۱-آمین محل، رنگ تصویر در آن را مشخص می کند. در متلب می توانید از تابع `imagesc()` استفاده کنید.

با استفاده از تابع `audioread()` فایل `tel.wav` را بخوانید، سپس برای طول پنجره ی ۵۰ ماتریس X را بسازید و با گرفتن `fft` از آن ماتریس \hat{X} را بسازید و اندازه ی آن را با دستور `imagesc` رسم کنید، تصویر خروجی را با برچسب های مناسب در گزارشکار خود بیاورید.

حال اسپکتروگرام سیگنال صوتی را که از فایل خواندید، با دستور `spectrogram()` با طول پنجره ی ۵۰ رسم کنید و تصویر را در گزارشکار خود بیاورید.

۱. دو تصویر رسم شده چه تفاوت هایی دارند و علت این تفاوت چیست؟

۲. آیا می توان با استفاده از اسپکتروگرام شماره ی تلفن را از روی صدای کلیدها بدست آورد؟ اگر پاسخ شما مثبت است، توضیح دهید چگونه؟

۲. صدای کلید تلفن

در این بخش با چگونگی استفاده از فرکانس های مختلف برای تشخیص کلید فشار داده شده در تلفن، آشنا خواهید شد. صدایی که هنگام فشار دادن یک کلید می شنوید، جمع دو سیگنال سینوسی است. سیگنال با فرکانس بالا ستون کلید و سیگنال با فرکانس پایین ردیف کلید در صفحه کلید تلفن را مشخص می کند. در دو جدول پایین فرکانس ها استفاده شده برای کلید های مختلف را مشاهده می کنید. همچنین در این بخش فرض کنید فرکانس نمونه برداری $f_s = 8192 \text{ Hz}$ است و از `fft` با $n = 2048$ نقطه استفاده می شود.

کلید	ω_{row}	ω_{col}
0	0.7217	1.0247
1	0.5346	0.9273
2	0.5346	1.0247
3	0.5346	1.1328
4	0.5906	0.9273
5	0.5906	1.0247
6	0.5906	1.1328
7	0.6535	0.9273
8	0.6535	1.0247
9	0.6535	1.1328

ω_{col}	0.9273	1.0247	1.1328
ω_{row}			
0.5346	1	2	3
0.5906	4	5	6
0.6535	7	8	9
0.7217		0	

برای مثال سیگنال صوتی کلید شماره ۶ به صورت زیر می باشد:

$$key_6[n] = \sin(0.5906n) + \sin(1.1328n)$$

۱.۲ تولید صدای کلید

۱. ابتدا ماتریس های key_0 تا key_9 را برای $0 \leq n \leq 999$ را تشکیل دهید و سپس این سیگنال ها را با فرکانس نمونه برداری ذکر شده در فایل های **wav**. در پوشه ی **key_sounds** ذخیره کنید و به صدای آن ها گوش دهید. (باید صدایی مانند فشردن کلید های تلفن داشته باشند)

۲. با استفاده از تابع **my_fft** که در تمرین کامپیوتری قبل پیاده سازی کردید، تبدیل فوریه سیگنال های key_0 تا key_9 را در حوزه ی فرکانس نمایش دهید و فرکانس های مشاهده شده را با جدول فوق مطابقت دهید.

۳. یک ماتریس سطری به طول ۱۰۰ با نام **space** با درایه های صفر بسازید و سپس سیگنال (ماتریس سطری) **phone_num** را با کلید هایی که ارقام شماره دانشجویی خود را بیان می کند، به صورتی که بین هر دو کلید یک **space** وجود دارد، تشکیل دهید. و سپس آن را در یک فایل **wav**. ذخیره نمایید.

۲.۲ تشخیص صدای کلید

در این بخش باید از روی سیگنال داده شده، شماره ی گرفته شده را تشخیص دهید. ابتدا فایل **phone.csv** را بخوانید.

در سیگنال **phone** طول شماره ی گرفته شده ۷ می باشد و از فرمت **space** مانند حالت قبل استفاده شده است (یعنی ۱۰۰۰ نمونه از سیگنال هر کلید و ۱۰۰ نمونه برای **space** به عنوان سکوت).

سپس سیگنال مربوط به هر رقم را جدا کنید و با استفاده از **my_fft** آن ها را در حوزه ی فرکانس نمایش دهید. از روی نمودار های رسم شده شماره ی گرفته شده را بیابید.

سپس تابعی بنویسید که برای هر سیگنال که از فرمت فوق تبعیت میکند، شماره گرفته شده را نمایش دهد.

****جهت اطمینان از عملکرد تابع می توانید از سیگنال شماره دانشجویی خود که بخش قبل ایجاد کردید، استفاده کنید.**

نکات تحویل:

- فایل های خود را به صورت زیپ شده با فرمت CA#3_full name_student number در صفحه ی CECM درس آپلود کنید.
- هدف این تمرین یادگیری شماسست. در صورت کشف تقلب مطابق قوانین درس با آن برخورد خواهد شد.
- نحوه ی محاسبه ی تاخیر در تحویل این تمرین مطابق قوانین درس، ۱ درصد به ازای هر ساعت خواهد بود.
- گزارشکار شما باید نمودار ها و تحلیل های خواسته شده باشد.
- گزارشکار ۴۰ درصد نمره ی این تمرین را شامل می شود و صرفا به صورت تایپ شده و منظم پذیرفته خواهد شد.
- این تمرین اختیاری است و تحویل حضوری ندارد.
- سوالات خود را در خصوص این تمرین از طریق ایمیل های زیر یا از طریق گروه تلگرام مطرح نمایید:

ah.nazeri1@gmail.com

ershad.hasanpour@ut.ac.ir

موفق باشید...