

بسم تعالی



سیستم های مخابراتی

تمرین سری ۱ کامپیوتری

امیرحسین زاهدی ۹۹۱۰۱۷۰۵

## بخش اول: آشنایی با ضبط صوت متلب و تابع Spectrogram

### قسمت ۱:

```
recordObj = audiorecorder(40000,16,1);
```

با این خط کد یک آبجکت برای رکورد کردن صدا تعریف می کنیم و سپس

```
recordTime = 5;  
recordblocking(recordObj,recordTime);  
recordedVoice = getaudiodata(recordObj);
```

با این بخش نیز صدا را رکورد و دیتا آن را دریافت می کنیم. پس از آن فایل را ذخیره می کنیم.

### قسمت ۲:

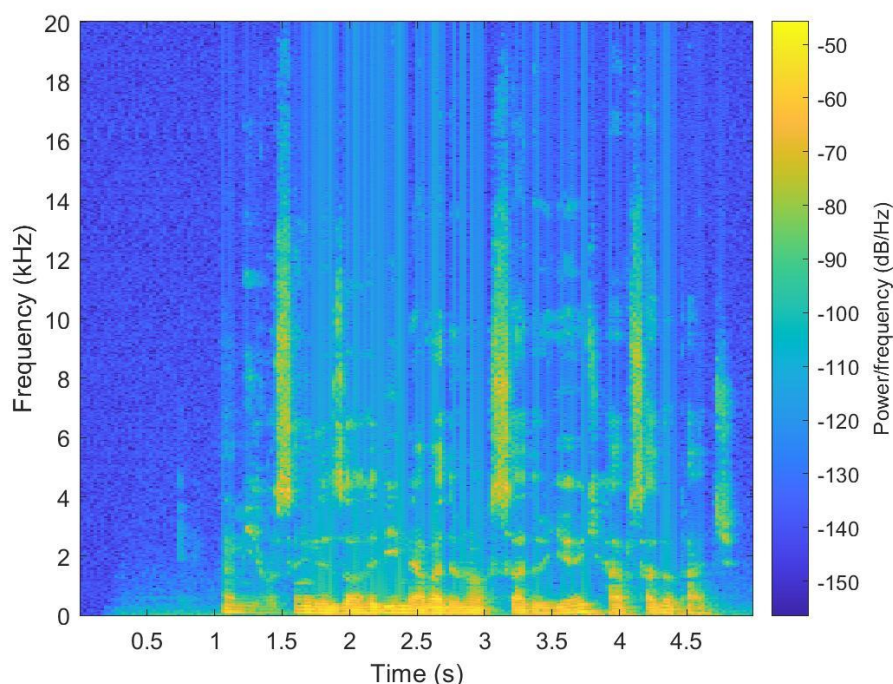
به طور کلی اسپکتوگرام اندازه تبدیل فوریه سیگنال وابسته به زمان را بر حسب زمان یا نمونه رسم می کنید که هر چه چکالی طیف در فرکانسی بیشتر باشد، رنگ نمودار در آن فرکانس گرم تر و قرمز تر است.

پارامتر fs تقریباً مشخص است و اگر آن را تعیین کنیم فرکانس نمونه برداری را تعیین کرده ایم و نمودار بر حسب زمان رسم می شود.

پارامتر window مشخص می کند که سیگنال ما به چند باکس یا قسمت تقسیم شود زیرا که تابع اسپکتوگرام که مخصوص فوریه گیری از سیگنال های وابسته به زمان است، از هر باکس یا بخش به طور جداگانه فوریه می گیرد.

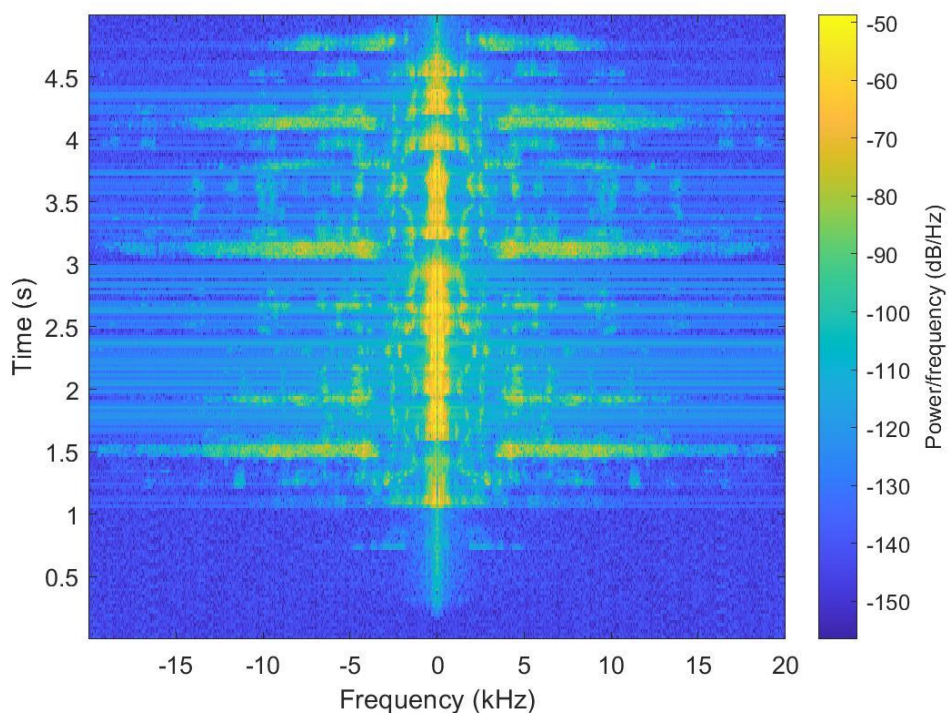
پارامتر noverlap مشخص می کند که آیا این باکس ها با یکدیگر اورلپ داشته باشند یا خیر و اگر داشته باشند این مقدار چقدر باشد. در دستور کار تعداد باکس ها ۱۰۲۴ تا تعیین شده است و گفته شده است که اورلپ نداشته باشند.

پارامتر nfft تعداد نقاطی که مبدا فوریه گیری باشند را مشخص می کند که در اینجا برابر ۱۰۲۴ که همان برابر تعداد window ها است قرار داده شده. به این معنا که هر باکس یک مبدا فوریه گیری دیجیتال دارد.



### قسمت ۳:

به این دلیل که طیف فرکانسی صدای ما حاوی هر دو فرکانس های مثبت و منفی است و به صورت نموداری زوج است. در حالت معمولی اسپکتوگرام صرفا فرکانس های مثبت را نشان می دهد. با اضافه کردن پارامتر centered فرکانس های منفی را نیز رسم می کند.



### قسمت ۴:

اگر عملگر آماری root mean square یا همان rms را به توان دو برسانیم می توانیم سیگنال را بدست آوریم.

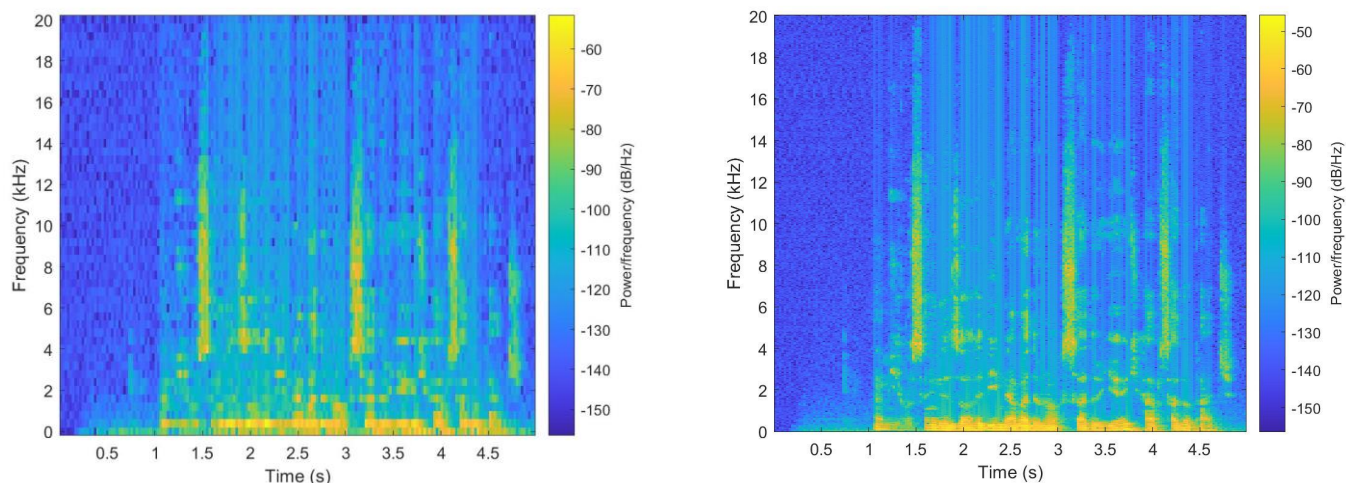
$$f_{\text{RMS}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{2T} \int_{-T}^T [f(t)]^2 dt}.$$

فرمول آرام اس برای سیگنالی با دوره تناوب بی نهایت به شکل بالا است. پس اگر آن را به توان دو برسانیم به همان رابطه محاسبه توان می رسیم.

مقدار rms سیگنال برابر ۰.۰۲۱۸ و مقدار توان آن برابر  $۱۰^8(-۴) * ۴.۷۳۹۷$  می شود.

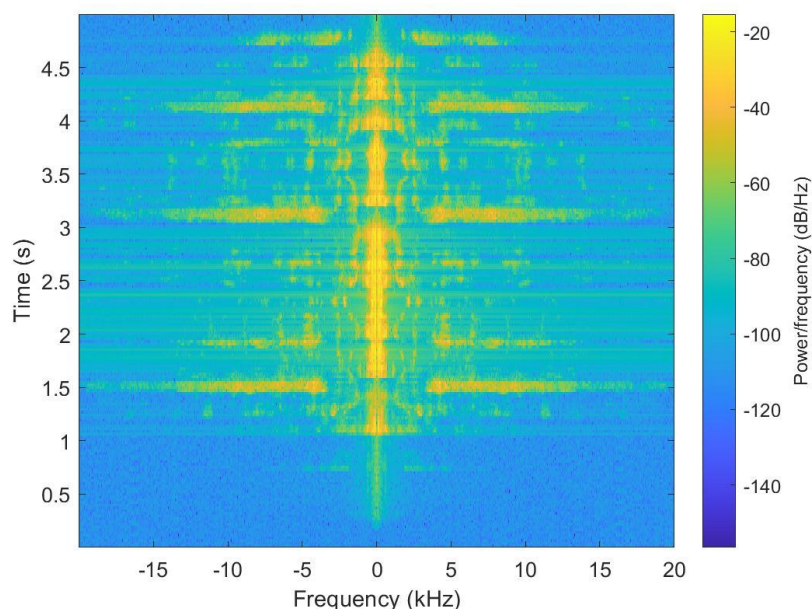
## قسمت ۵:

مقدار  $nfft$  تعداد نقاط مبدا برای گرفتن تبدیل فوريه را مشخص می کند و هر چه که این مقدار بیشتر باشد وضوح و دقت تبدیل فوريه گرفته شده به طور کلی بالا تر می رود. (موجب افزایش رزولوشن می شود) البته این مقدار وقتی که از مقدار window بیشتر می شود تقریباً احساس نمی شود. برای مثال می توانیم مقدار ۱۰۰ و مقدار ۱۰۲۴ این پارامتر را در دو عکس زیر مقایسه کنیم. (۱۰۰ در چپ و ۱۰۲۴ در راست)



## قسمت ۶:

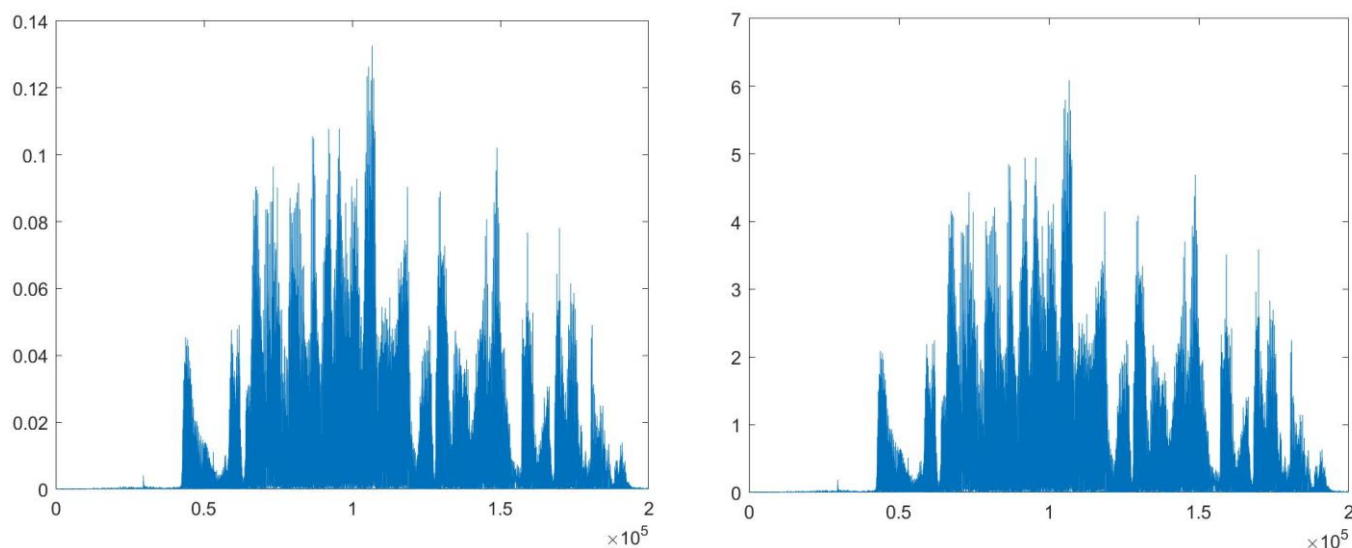
سیگنال را با تقسیم کردن بر rms آن نرمالیزه می کنیم. اسپکتوگرام به شکل زیر می شود:



مشاهده می کنیم که به طور کلی توان تک تک نقاط کمتر شده است و در مجموع نیز توان سیگنال نورمالیزه شده برابر ۱ است. در شنیدن صدا انگار که تغییری احساس نمی شود. البته که در شدت صوت تغییر ایجاد می شود حتی اگر احساس نشود.

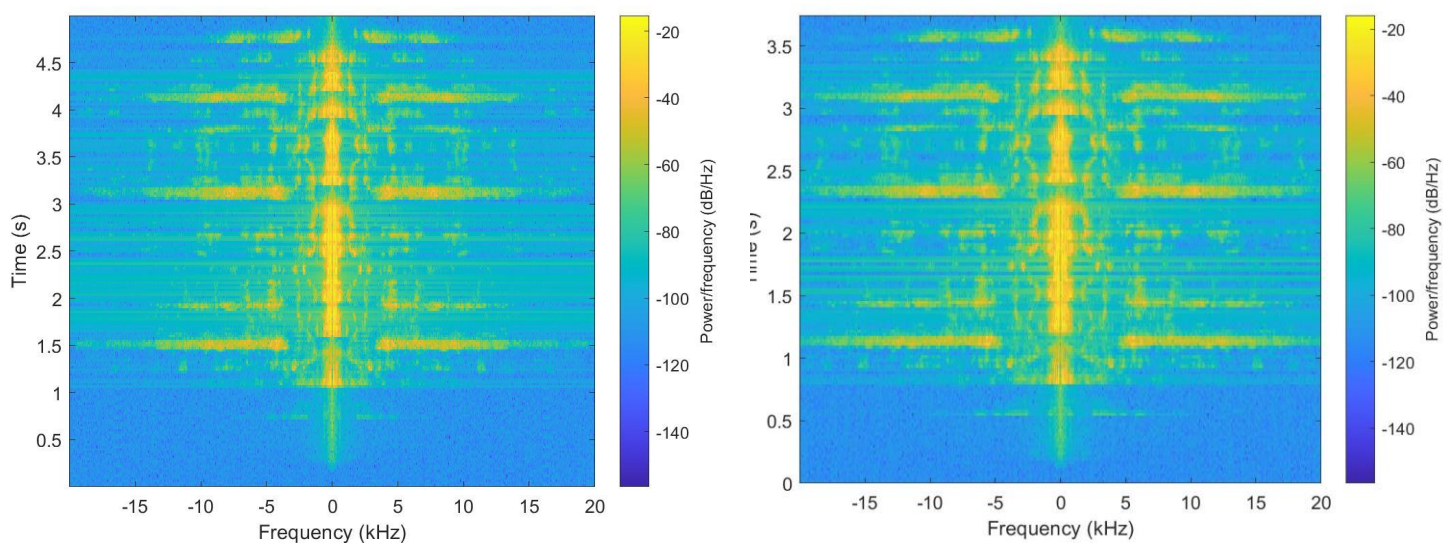


البته با این نمودارهای طیف بهتر می توان تفاوت دامنه ها را متوجه شد: (راست نورمالیزه شده و چپ معمولی)



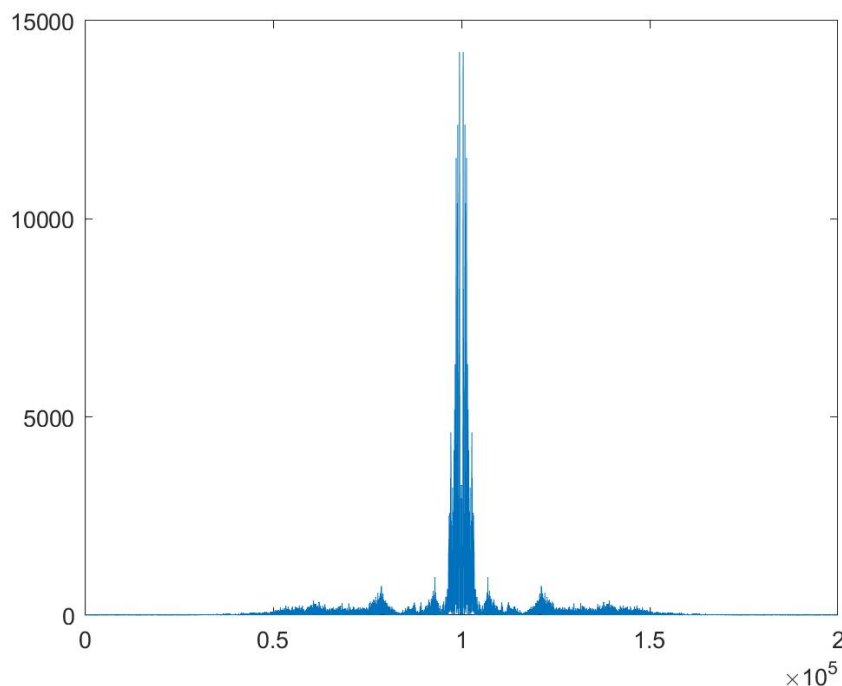
قسمت ۷:

از آنجایی که به نظر می آید می توان باند فرکانسی ۱۵ کیلو هرتز را برای سیگنال صوتی ضبط شده در نظر گرفت، می توان دو برابر این فرکانس را که ۳۰ کیلو هرتز باشد به عنوان کمینه نمونه برداری از این سیگنال در نظر گرفت. سمت



راست نمونه برداری با ۳۰ کیلو و سمت چپ با ۴۰ کیلو هرتز است. گویا سمت راست کمی پهن تر می شود به این علت که نمونه برداری از آن کاهش پیدا کرده است اما فرق چندانی نمی کند. فرکانس های ۴۰ کیلو و ۳۰ کیلو چندان فرقی ندارند. و اینکه با در نظر گرفتن نمونه برداری ۳۰ کیلو ما باند اصلی فرکانسی را حفظ می کنیم.

برای بهتر نشان دادن طیف سیگنال: همان طور که مشاهده می شود عمده محتوای فرکانسی تا باند ۱۵ کیلو هرتز است.

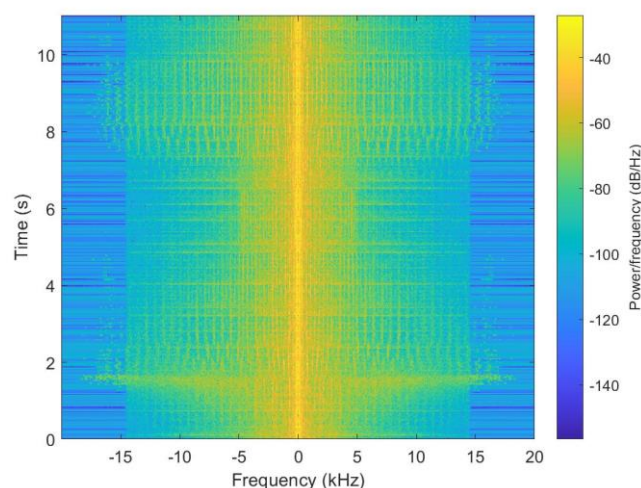


#### قسمت ۸:

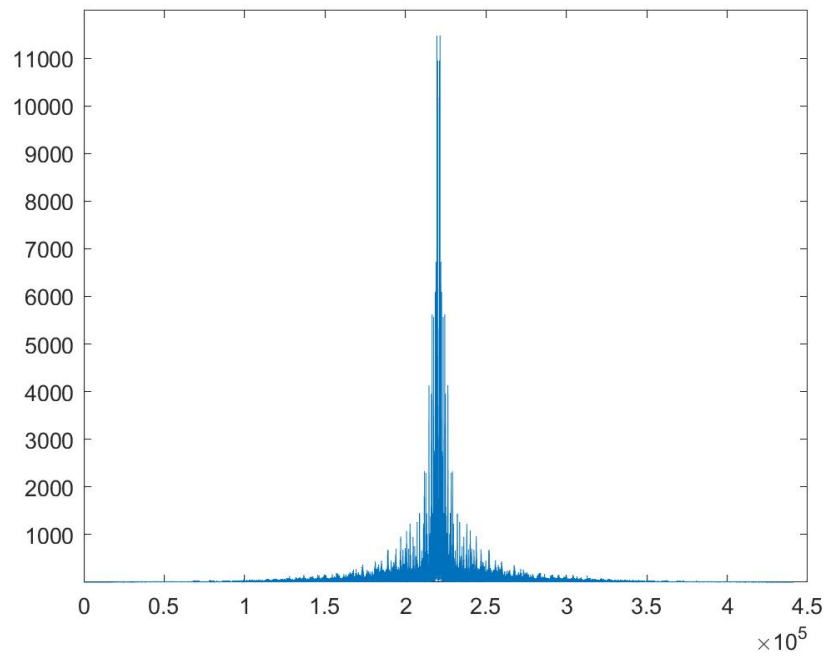
بنده موسیقی ای از فیلم Rush از آهنگساز معروف هانس زیمر را انتخاب می کنم. با ۴۴.۱ کیلو هرتز نمونه برداری شده است.

به طور کلی فرکانس نمونه برداری بستگی به سیستم و قابلیت هایش دارد. بیشتر Cd ها و mp3 ها با فرکانس نمونه برداری ۴۴.۱ کیلو هرتز ضبط شده اند که به عبارتی می توانند با توجه به قضیه نایکوئیست تا باند فرکانسی ۲۰ الی ۲۲.۰۵ کیلو هرتز را نمونه برداری سالم بکنند. این فرکانس نمونه برداری به این دلیل است که حد بالای قابلیت شنوایی انسان در همین حدود ۲۰ کیلو هرتز است. البته هستند کسانی که تا ۳۰ کیلو هرتز را هم می توانند احساس کنند اما به طور معمول فرکانس هایی که ملموس هستند برای عموم انسان ها در حد بالا تا ۲۰ کیلو هرتز هستند. که می توان با فرکانس نمونه برداری ۴۴.۱ کیلو هرتز بدون الیاسینگ نمونه برداری انجام داد و گوش انسان متوجه نشود.

اسپکتوگرام ده ثانیه از موسیقی:

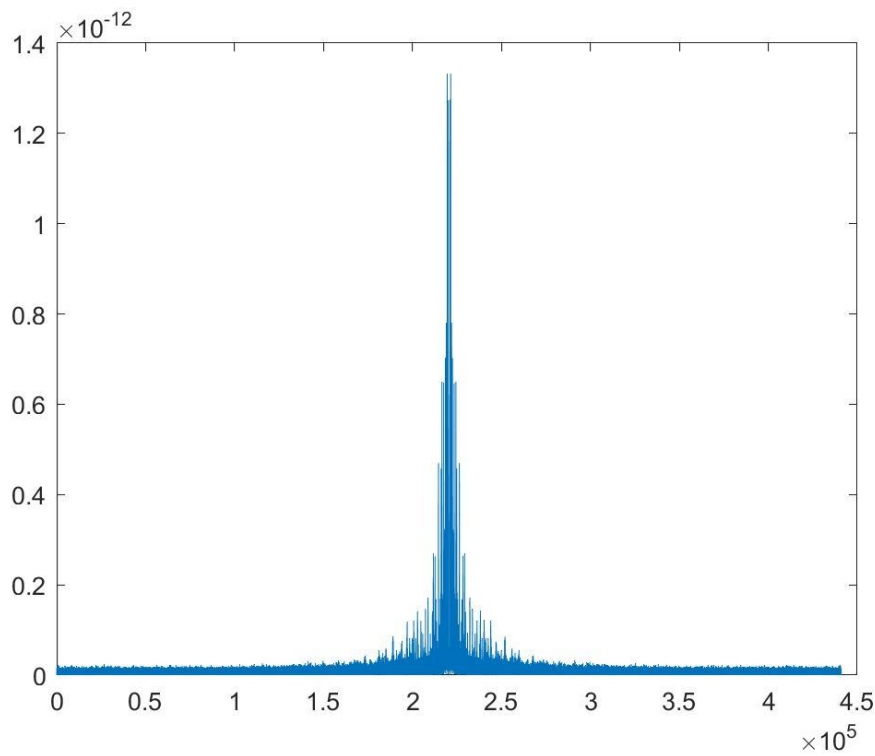


باند فرکانسی این ده ثانیه:



به نظرمی آید باند فرکانسی ده کیلو هرتز یا حتی کمتر حاوی اکثریت محتوای فرکانسی است. پس می توانیم فرکانس نمونه برداری را تا ۲۰ کیلو هرتز پایین بیاوریم.

طیف فرکانسی سیگنال جدید:



## بخش دوم : کانال مخابراتی و ابزار filterDesigner

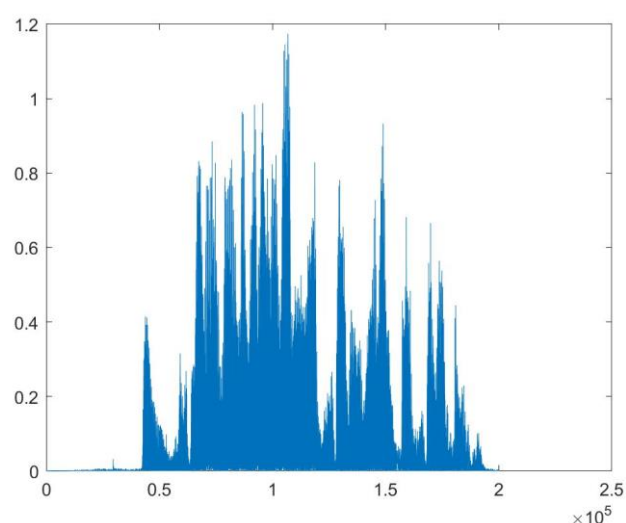
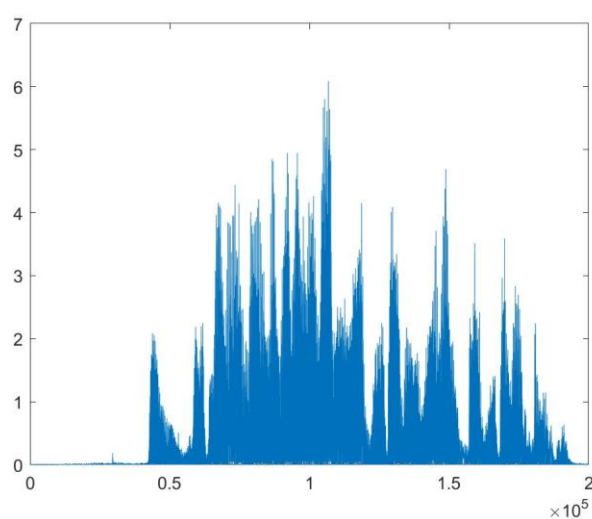
### قسمت ۱:

ترنسفر فانکشن را می سازیم و از آن تبدیل معکوس زد می گیریم. با سیگنال صوت نورمالیزه شده ضبط شده کانالو می کنیم و خروجی را بدست می آوریم.

من تفاوتی در سیگنال خروجی نسبت به سیگنال صوت اصلی مشاهده نمی کنم به صورت شنیداری.

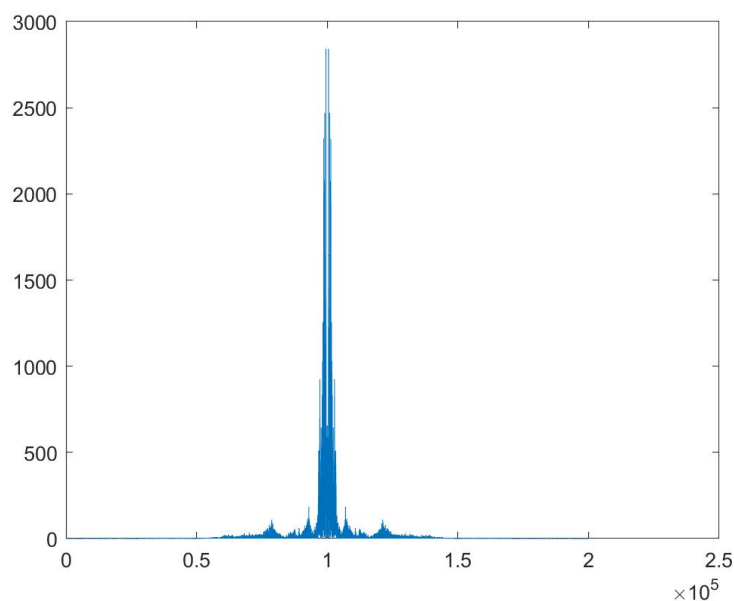
توان برابر می شود با ۰.۰۳۹۴ در صورتی که برابر با ۱ بود.

تفاوت اندازه خروجی و سیگنال صوت اصلی: (سمت راست خروجی و سمت چپ اصلی)



همانطور که مشاهده می شود اندازه خروجی کاهش یافته است.

طیف باند خروجی می شود:



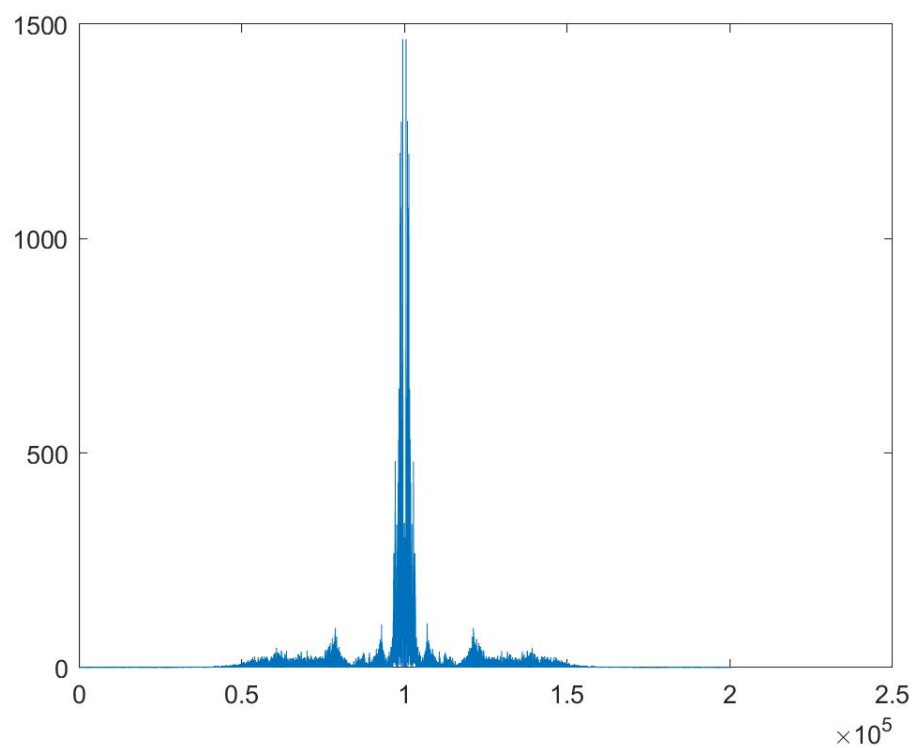


حدس من این است که این ترنسفر فانکشن می خواهد تلفات در کانال را شبیه سازی کند. چون که تاثیر خود را بر روی دامنه گذاشته است.

## قسمت ۲:

از تابع  $\text{randn}(1,N)$  برای تولید نویز سفید گوسی استفاده می کنیم و انحراف معیار که رادیکال ۰.۰۵ است را در آن ضرب می کنیم. همچنین چون میانگین برابر ۰ است با چیزی آن را جمع نمی کنیم.

با توجه به رندوم بودن نویز سفید، توان و طیف فرکانسی هم رندوم هستند. برای مثال طیف فرکانسی زیر توانی برابر ۰.۱۰۸ دارد:



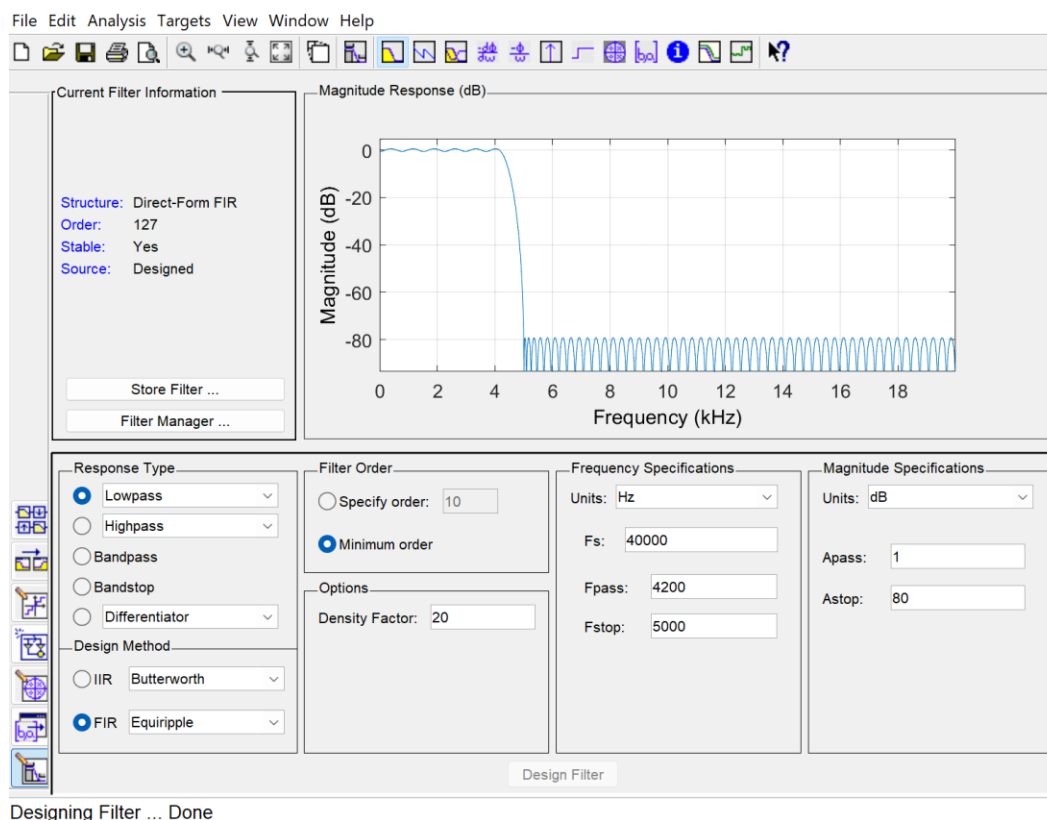
## قسمت ۳:

اثر multipath حاصل گذر از مسیرهای متفاوت و بازتاب های متفاوت سیگنال بین فرستنده و گیرنده است.

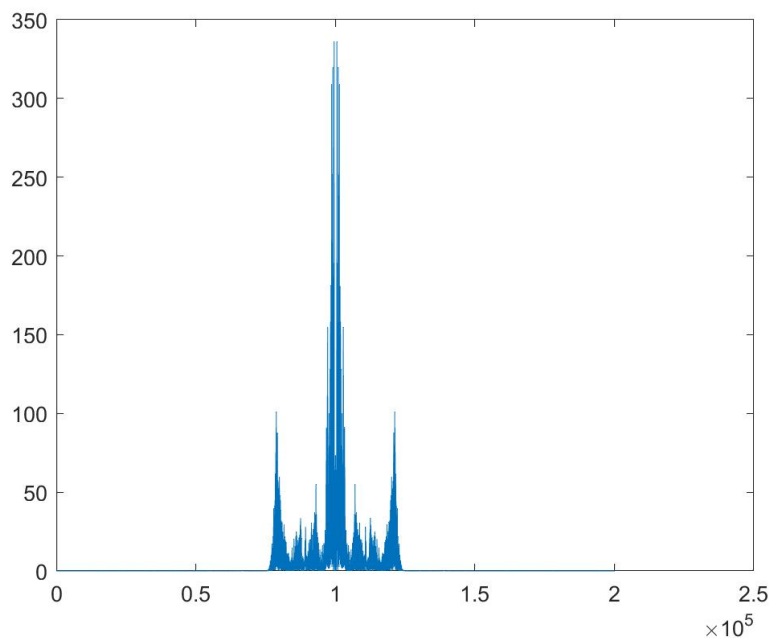
برای رفع این موارد باید از اکولایزر استفاده کنیم.

#### قسمت ۴:

فیلتر را طراحی می کنیم. همانطور که در شکل نیز مشخص است فرکانس قطع را برابر ۵ کیلو هرتز و فرکانس گذر را برابر ۴.۲ کیلو هرتز قرار می دهیم.



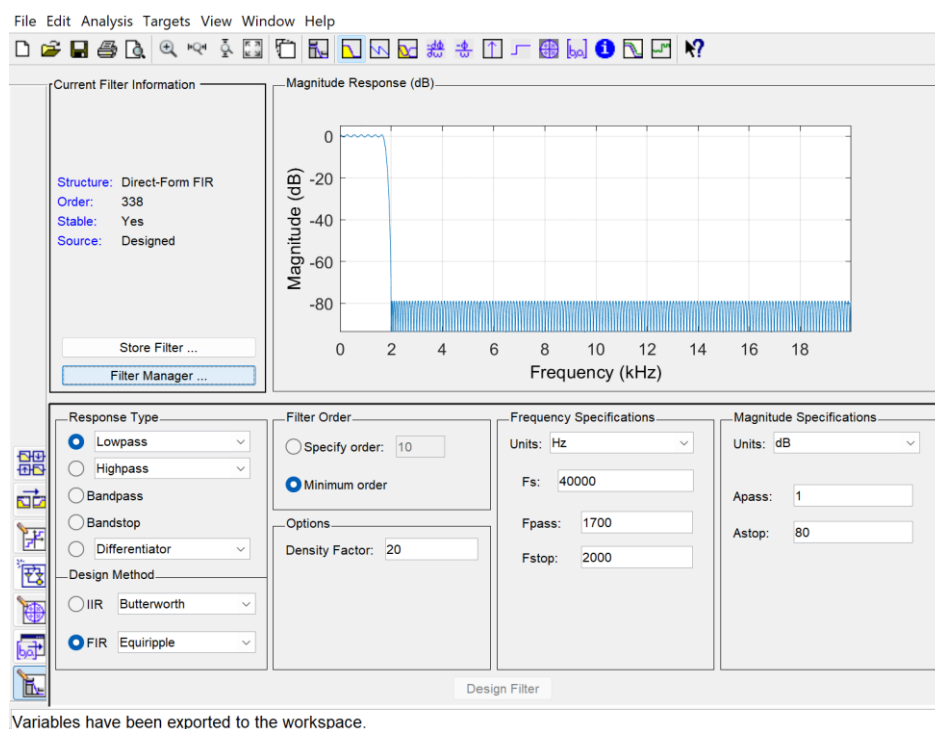
پس از خروجی گرفتن از فیلتر و کانوالو کردن آن با سیگنال خروجی، طیف فرکانسی زیر بدست می آید و توان نیز برابر با ۸.۷۶۶۱ در ده به توان منفی ۴ می شود.



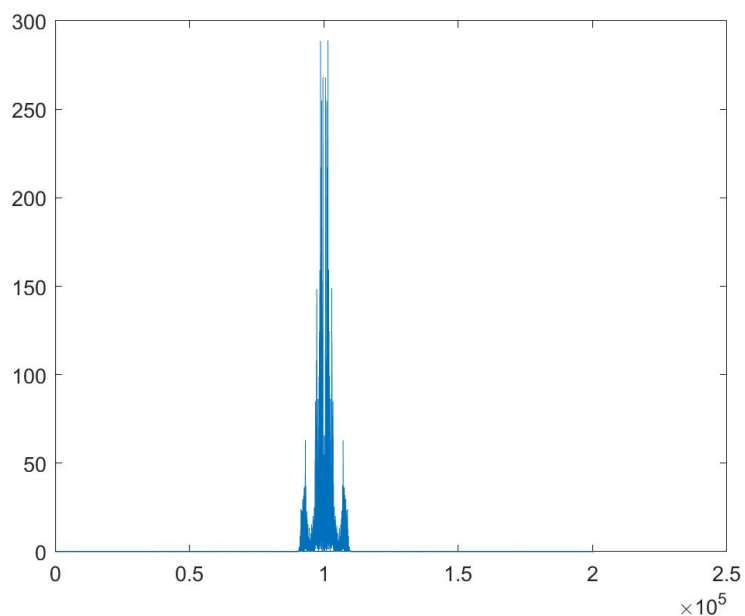
به نظر نمی آید که اثر نویز کاهش یافته باشد و انگار نویز بیشتری در فرکانس ها حد بالا به وجود آمده است. احتمالاً علت آن باند فرکانسی فیلتر طراحی شده است که موجب به وجود آمدن پدیده الیاسینگ شده است.

## قسمت ۵:

فیلتر طراحی شده با باند کوچکتر:



باند فرکانسی می شود:



همانطور که مشاهده می شود با کوچکتر کردن باند فرکانسی فیلتر صرفاً محتوای فرکانسی بیشتری را از دست می دهیم و اثر الیاسینگ بیشتری را مشاهده می کنیم که نه تنها اثر نویز سفید را کم نمی کند بلکه نویزهای شدید تردیگری را نیز به وجود می آورد.