

به نام خدا

گزارش تمرین کامپیوتری شماره ۲

درس سیستم های مخابراتی

استاد: دکتر پاکروان

محمدامین منصوری

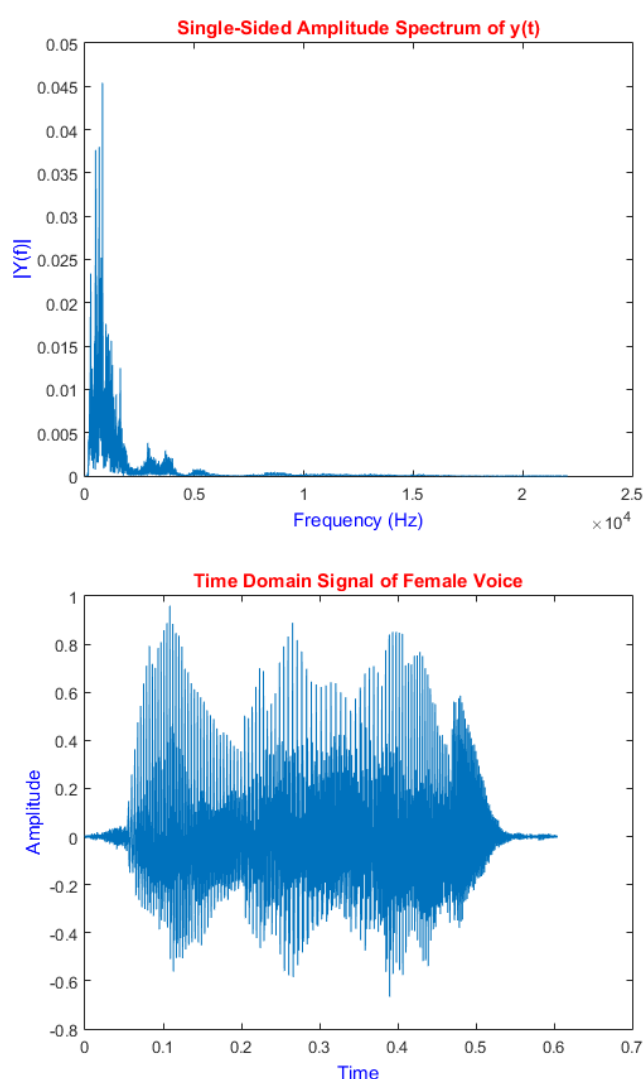
۹۴۱۰۵۱۷۴

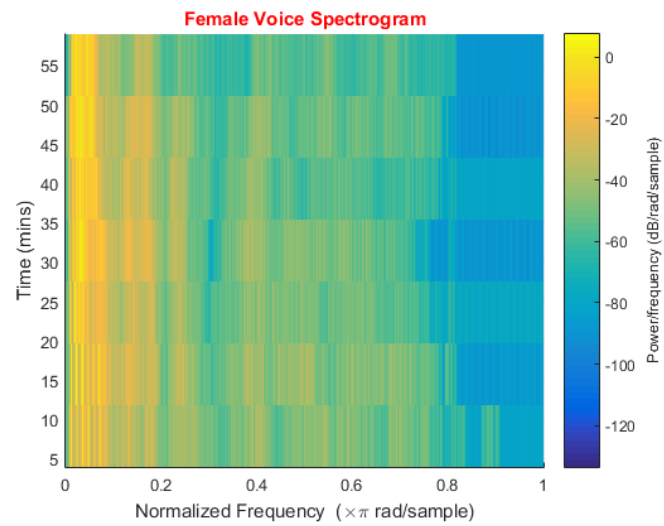
توضیح کد پیوست: این کد به سه قسمت مطابق سوال تقسیم شده است. برای قسمت آخر (تنظیم پارامترها) کدی ارسال نشده است چرا که با تغییر پارامترها نتایج رسم شدند. فقط کد نتیجه با مقدار نهایی پارامترها موجود است.

۱. تفاوت صدای مرد و زن

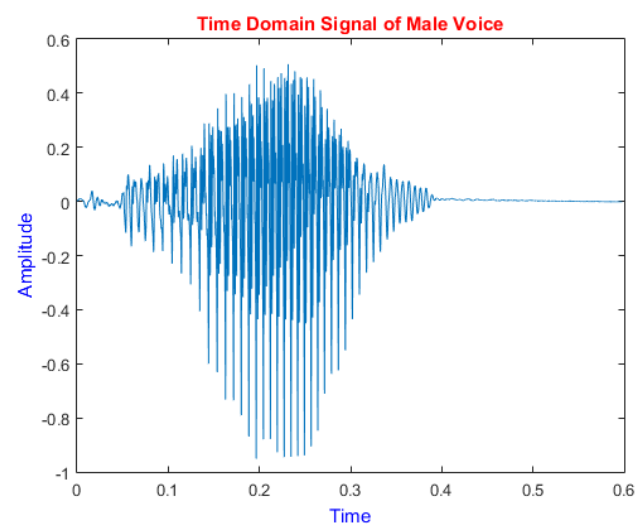
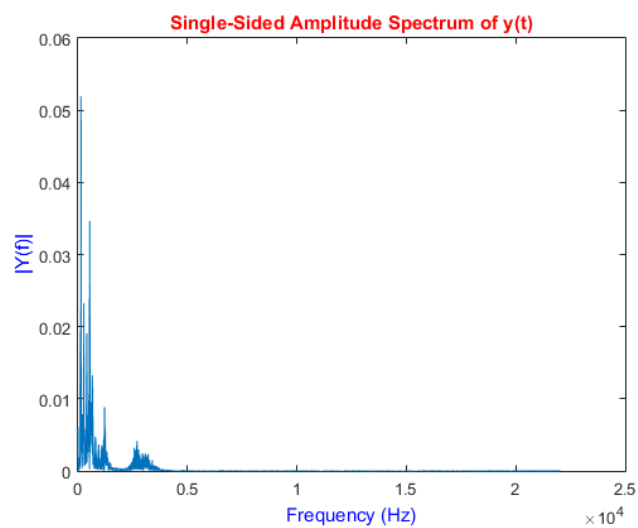
در فایل متلب برای مقایسه تفاوت صدای مرد و زن، سیگنال زمانی و هم‌چنین تبدیل فوریه (یک‌طرفه) به همراه *spectrogram* برای هر دو سیگنال رسم شده است. نتیجه آن‌ها را در زیر مشاهده می‌کنیم.

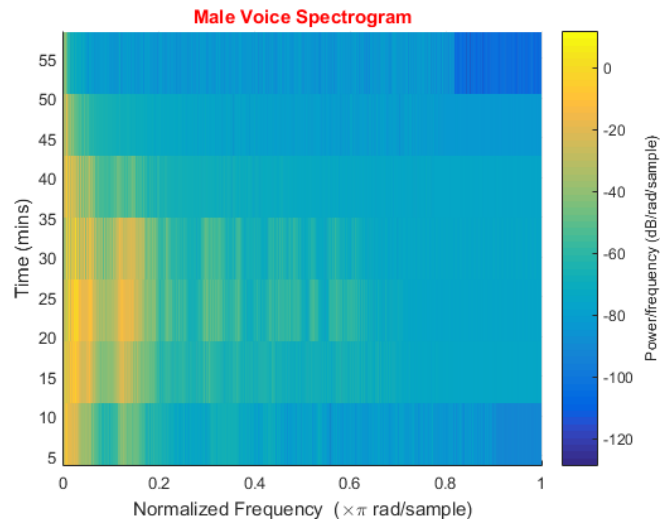
برای صدای زن:





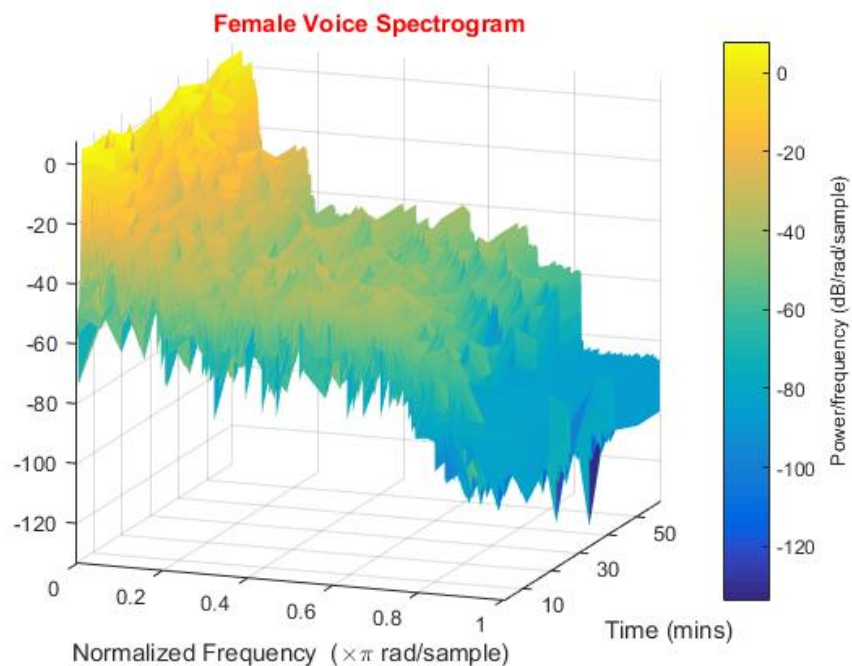
برای صدای مرد:

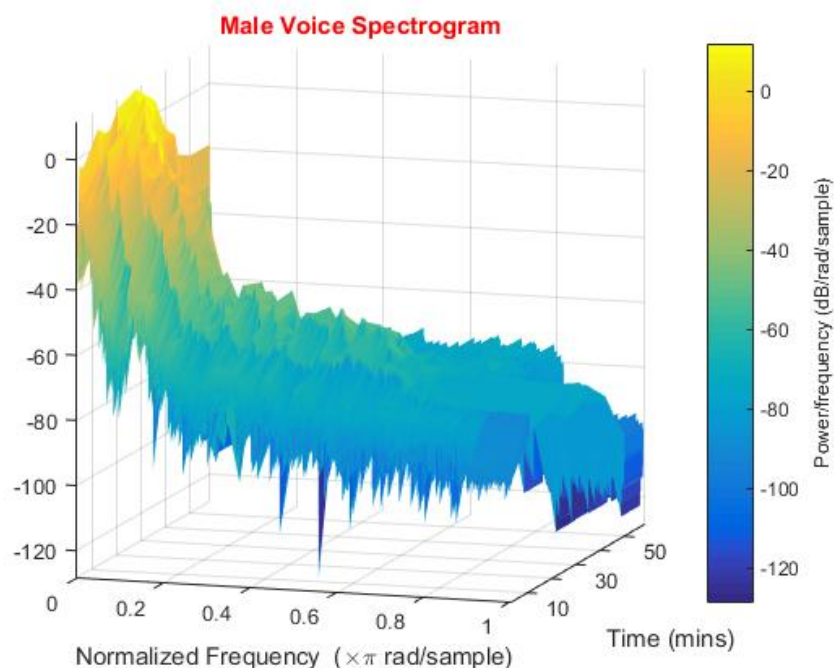




در سیگنال زمانی می‌توان مشاهده کرد که تناوب نوسانات در صدای زن بیشتر از صدای مرد است. در تبدیل فوریه‌ها نیز این موضوع کاملاً مشهود است و در فرکانس‌های پایین در صدای زن هم دامنه تبدیل فوریه زیاد است و هم در فرکانس‌های بیشتری محتوای فرکانسی موجود است. هم‌چنین در *spectrogram* ها نیز می‌توان مشاهده کرد که در فرکانس‌های بالاتر صدای مرد حاوی محتوای فرکانسی کمتری نسبت به زن است و این از آبی بودن خطوط در فرکانس‌های بالا (متناظر با شدت کم) در طیف صدای مرد و زرد بودن این خطوط در همان فرکانس‌ها (متناظر با شدت بیشتر) در طیف صدای زن ناشی می‌شود.

تصویر سه‌بعدی *spectrogram* هر دو صوت نیز برای ملاحظه نتیجه بدست آمده در زیر آورده شده‌است.

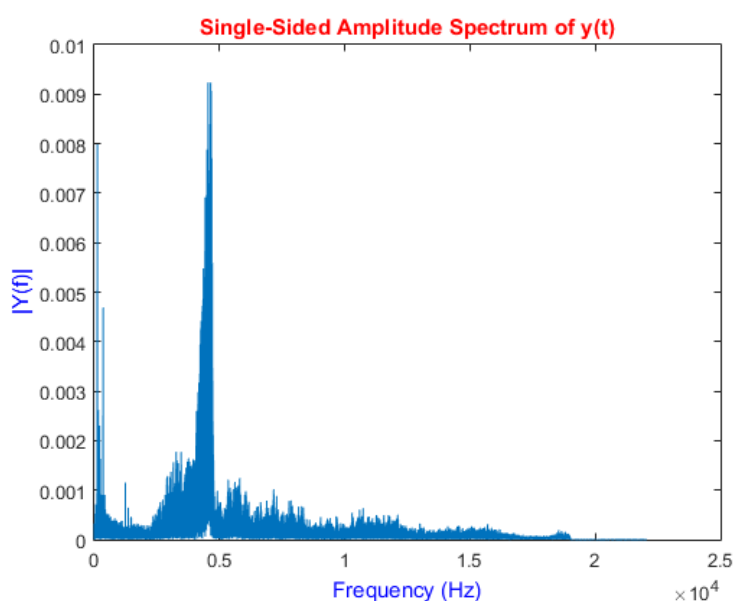


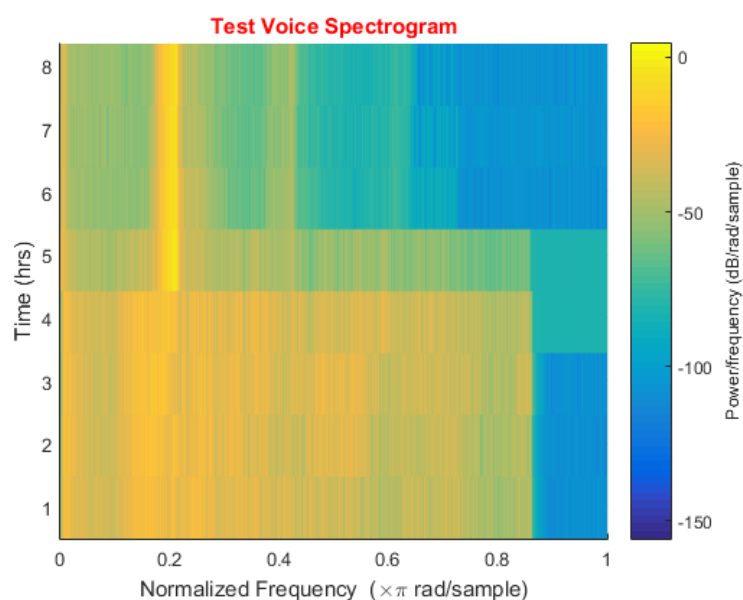
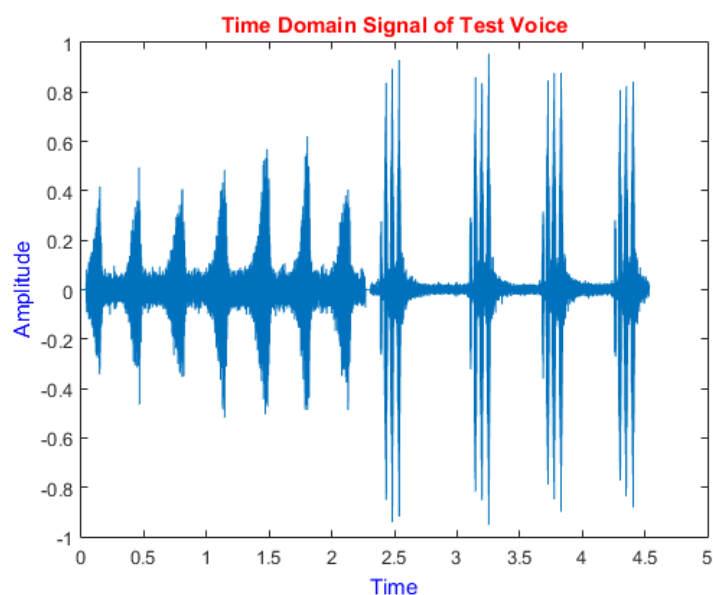


برداشت شخصی: به نظر می‌رسد از آن جایی که صدای زنان محتوای فرکانسی بالاتری دارد، فریاد زدن برای آن‌ها باید سخت‌تر باشد (مشاهده!) و حدس شخصی من این است که علت آن، سخت‌تر بودن تولید فرکانس‌های بالاتر برای توان بیشتر است. در حالی که در مردان این توان بالا باید در فرکانس‌های پایین‌تری تولید شود. البته این حدس را با جستجو در اینترنت نتوانستم تایید کنم ولی حدسی منطقی به نظر می‌رسد.

۲. کاربرد spectrogram

با گوش کردن صدای فایل، متوجه می‌شویم که صدای ۲ حیوان است. ابتدا سیگنال زمانی و تبدیل فوریه یک‌طرفه و spectrogram صوت را در ادامه می‌آوریم تا بررسی را ادامه دهیم.





از سیگنال زمانی مشخص است که پس از گذشت زمانی الگوی نوسانات عوض شده است. (همان صدای ۲ حیوان متفاوت) بدیهی است که از تبدیل فوریه سیگنال به تنهایی نمی‌توان برای تشخیص دو سیگنال در حوزه زمان استفاده کرد. نمودار سوم این امکان را به ما می‌دهد که با بدست آوردن الگوی نوسانات و تبدیل فوریه هر صدا، زمان‌هایی که این صدا در حال پخش شدن است را بیابیم چرا که *spectrogram* در بازه‌های زمانی متوالی سیگنال را جدا کرده و تبدیل فوریه آن را نشان می‌دهد و به این ترتیب امکان آگاه شدن از شروع سیگنال جدید بدست می‌آید.

از *spectrogram* می‌توان در تشخیص کلمات گفته شده استفاده کرد. هم‌چنین برای بررسی صدای حیوانات. هم‌چنین تشخیص کلمات گفته شده برای کمک به افرادی که در شنوایی توانایی کمی دارند یا کر هستند بسیار مفید خواهد بود. هم‌چنین با تغییر محتوای فرکانسی در حوزه زمان می‌توان موسیقی ساخت.

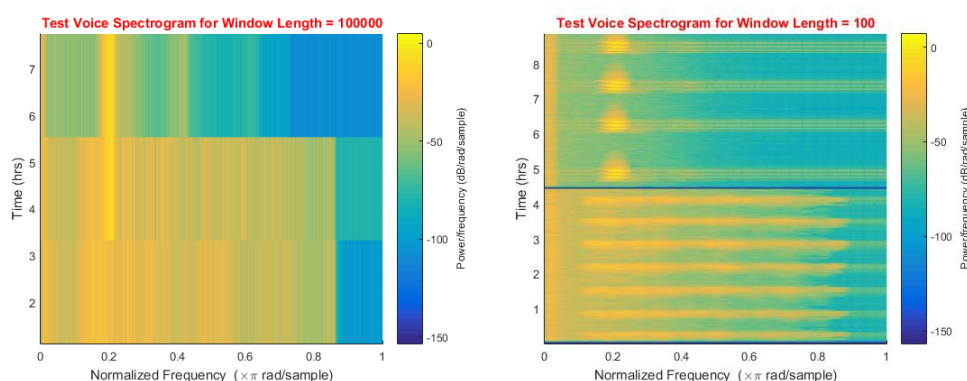
در واقع نکته اصلی در کاربرد *spectrogram* قابلیت نشان دادن محتوای فرکانسی با تغییر زمان به جای نشان دادن کل محتوای فرکانسی پس از مدت زمانی طولانی است.

۳. رابطه سیگنال در حوزه فرکانس و زمان با *spectrogram*

همان‌طور که در قسمت قبل اشاره شد، این دستور، سیگنال را به بازه‌های زمانی با هم‌پوشانی‌ای که با پارامترهای ورودی آن مشخص می‌شود تقسیم می‌کند. سپس برای هر کدام از این سیگنال‌های جدید تبدیل فوریه را محاسبه می‌کند. در نمایش خروجی، با حرکت بر روی محور زمان به سمت جلو، تبدیل فوریه سیگنالی را که حول مرکز آن زمان جدا شده مشاهده می‌کنیم و با تغییر زمان، تبدیل فوریه سیگنال شنیده شده را مشاهده می‌کنیم. به این ترتیب با این جداسازی در حوزه زمان امکان پردازش به صورت همزمان با تغییرات زمانی را بدست می‌آوریم.

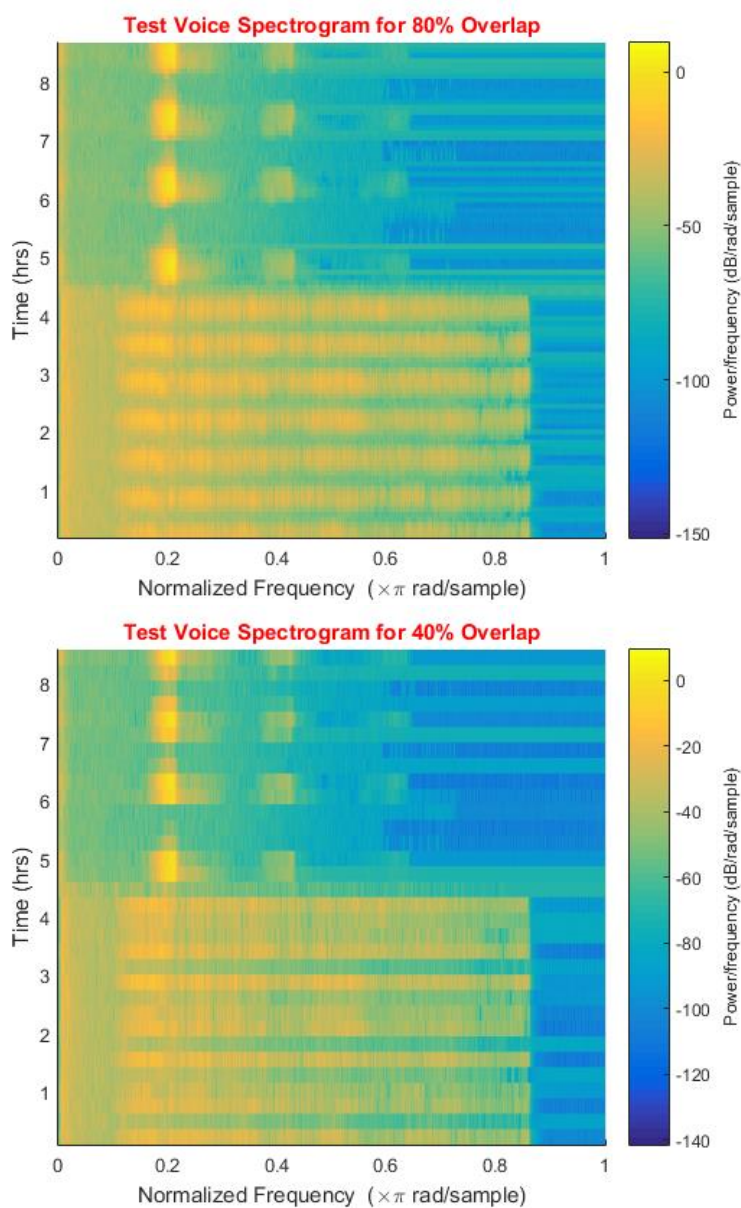
تغییر پارامترها برای رسیدن به نمودار مناسب

ورودی اول تابع مقادیر $y(t)$ هستند. ورودی دوم آن در صورت صحیح بودن، سیگنال را به بازه‌هایی با آن طول تقسیم می‌کند و پنجره همپینگ با همان طول استفاده می‌کند. به ازای مقادیر خیلی کم نمودار به بازه‌های بیشتری تقسیم خواهد شد و به طبع اجرای آن زمان بیشتری می‌گیرد و اطلاعات زمانی بیشتری خواهیم داشت. با افزایش آن به نمودارهایی با بازه‌های کمتر می‌رسیم. برای انتخاب بین این دو نمایش باید از حدود تغییرات زمانی سیگنال مورد نظر اطلاع داشته باشیم تا بتوانیم طول بازه مناسب برای نمونه‌گیری از تبدیل فوریه‌ها را تخمین بزنیم تا اطلاعات اساسی از دست ندهیم. در تصویر راست نتیجه به ازای طول بازه برابر صد و در تصویر سمت چپ نتیجه به ازای طول بازه برابر صد هزار رسم شده است. (برای فایل *test.wav* (مقدار پیش‌فرض آن ۸ است).



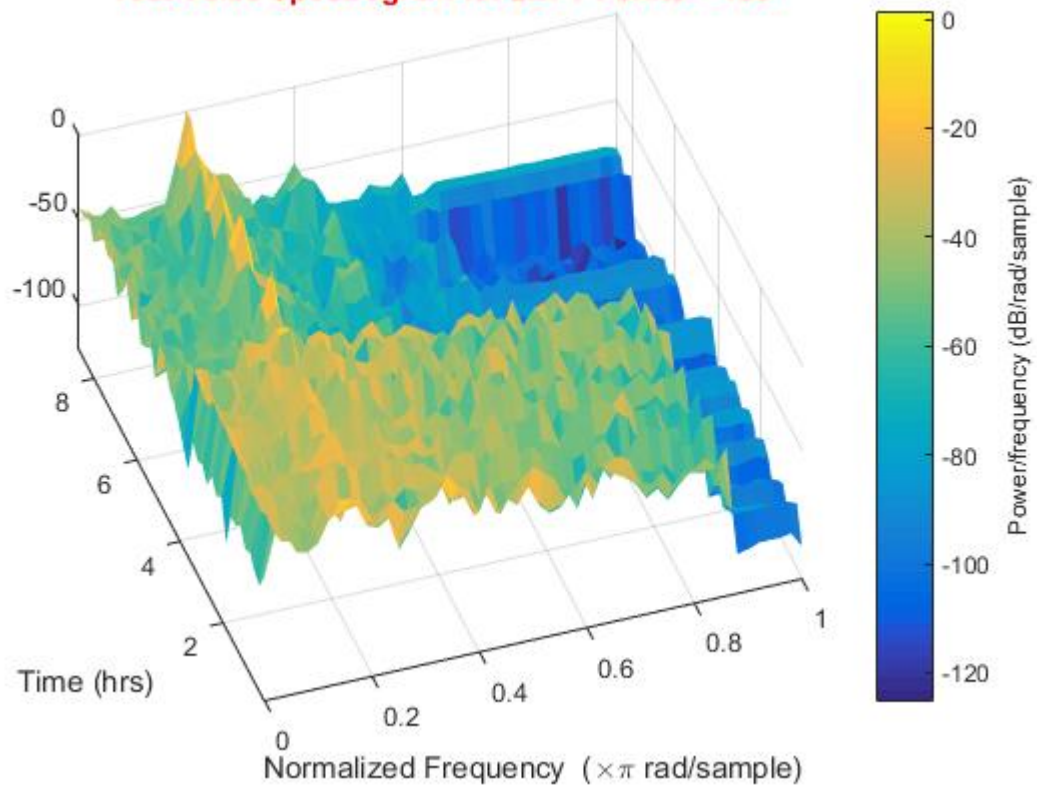
ورودی سوم تعداد داده‌های هم‌پوشان در دو بازه متوالی را مشخص می‌کند. این مقدار مشخصاً باید از طول پنجره‌ها که در ورودی دوم مشخص می‌شود کمتر باشد. هرچه این عدد بیشتر باشد زمان اجرای برنامه طولانی‌تر می‌شود. مقادیر نزدیک به طول پنجره پردازش را طولانی می‌کنند و اطلاعات چندان با ارزشی در

اختیار نمی‌گذارند و بنابراین هم‌پوشانی‌های کمتر (در حدود نصف طول پنجره) ترجیح داده می‌شوند. در تصویر اول هم‌پوشانی ۸۰ درصد و در تصویر دوم هم‌پوشانی ۴۰ درصد ملاحظه می‌شوند.

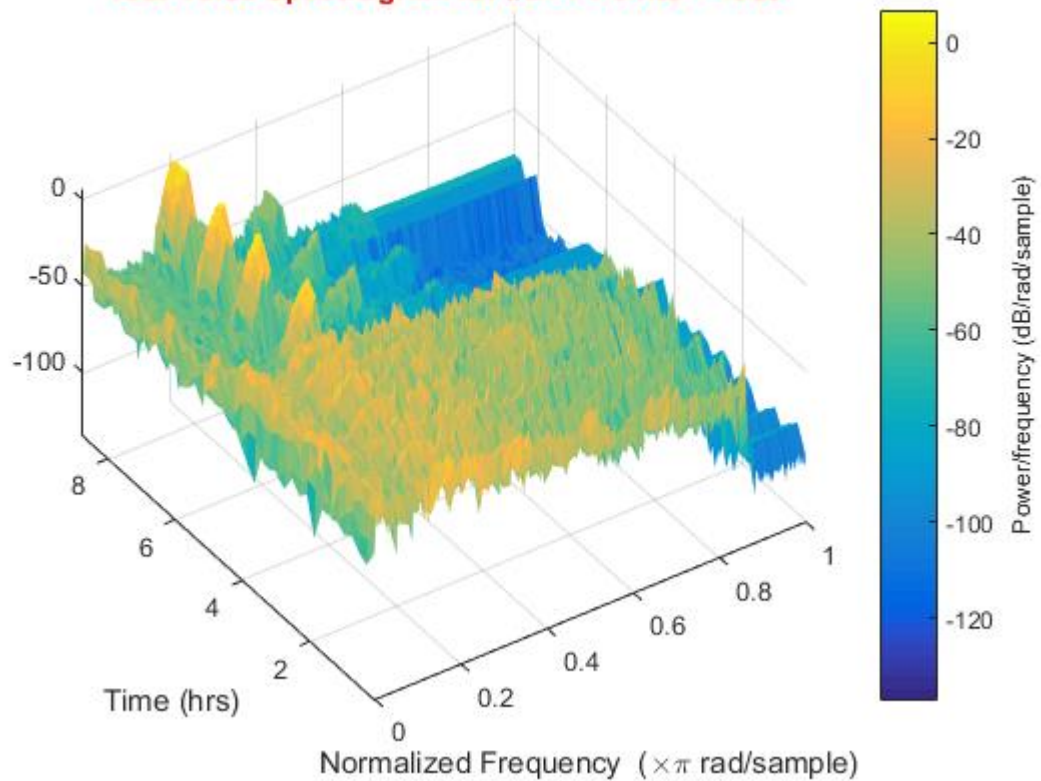


ورودی سوم تعداد نقاطی را مشخص می‌کند که در آن فرکانس‌ها مقدار تبدیل فوریه در هر بازه زمانی مشخص شود. بدیهی است هر چه این نقاط کمتر باشند محاسبه سریعتر و اطلاعات هم کمتر خواهند بود. در تصویر اول تعداد نقاطی که در آن‌ها DFT محاسبه شده را ۱۰۰ و در تصویر دوم ۱۰۰۰ قرار داده‌ایم.

Test Voice Spectrogram for #DFT Points = 100



Test Voice Spectrogram for #DFT Points = 1000



بنابراین برای ترسیم نمودار مناسب از طول پنجره مناسب (۱۰۰۰۰) و هم‌پوشانی ۵۰ درصد (۵۰۰۰ نقطه) به همراه تعداد فرکانس‌های ۱۰۰۰۰ استفاده می‌کنیم. نتیجه در تصاویر زیر قابل مشاهده است.

