



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

پردازش سیگنال‌های EEG

تمرین کامپیوتری سری اول

دانشجو

سید ابوالفضل مرتضوی

۴۰۲۲۰۰۱۹۱

آبان ۱۴۰۲

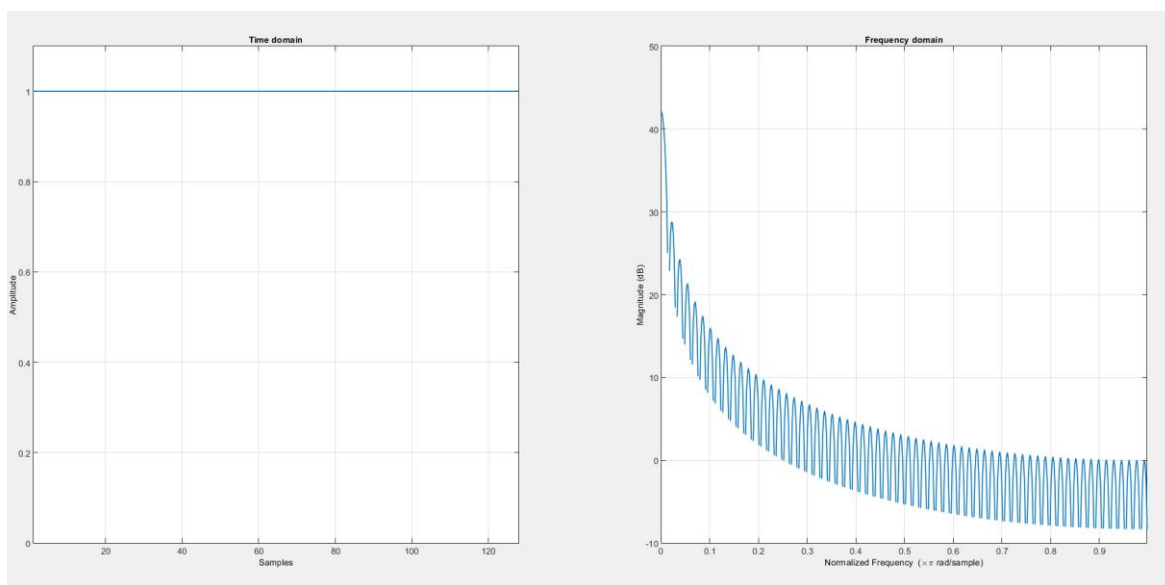
تمرین اول

۱-۱- بخش الف

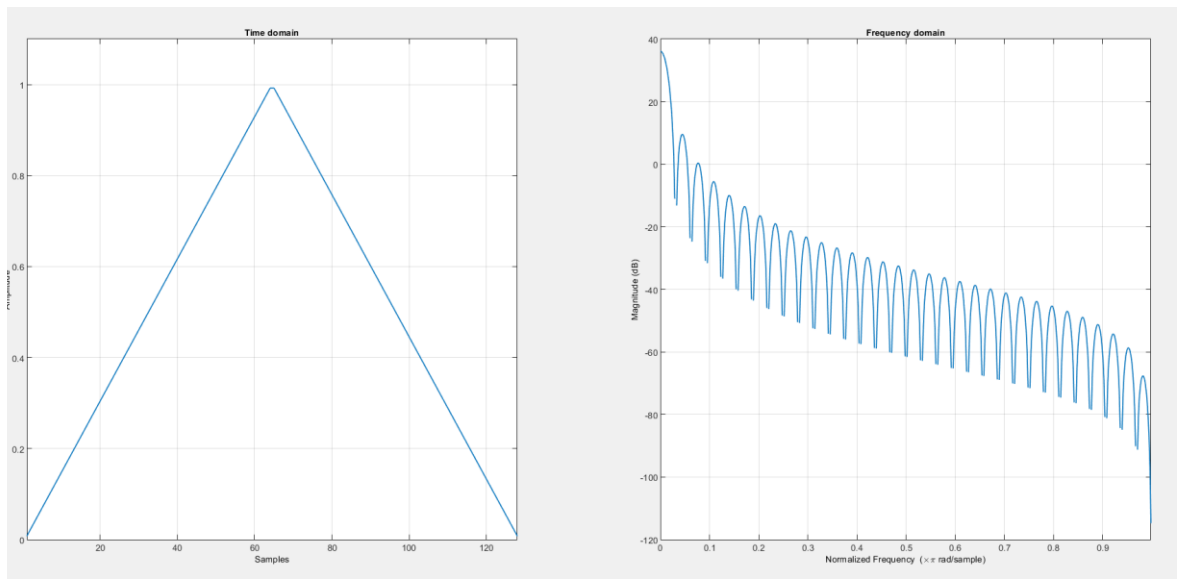
با استفاده از دستور chirp این سیگنال تولید شد.

۱-۲- بخش ب

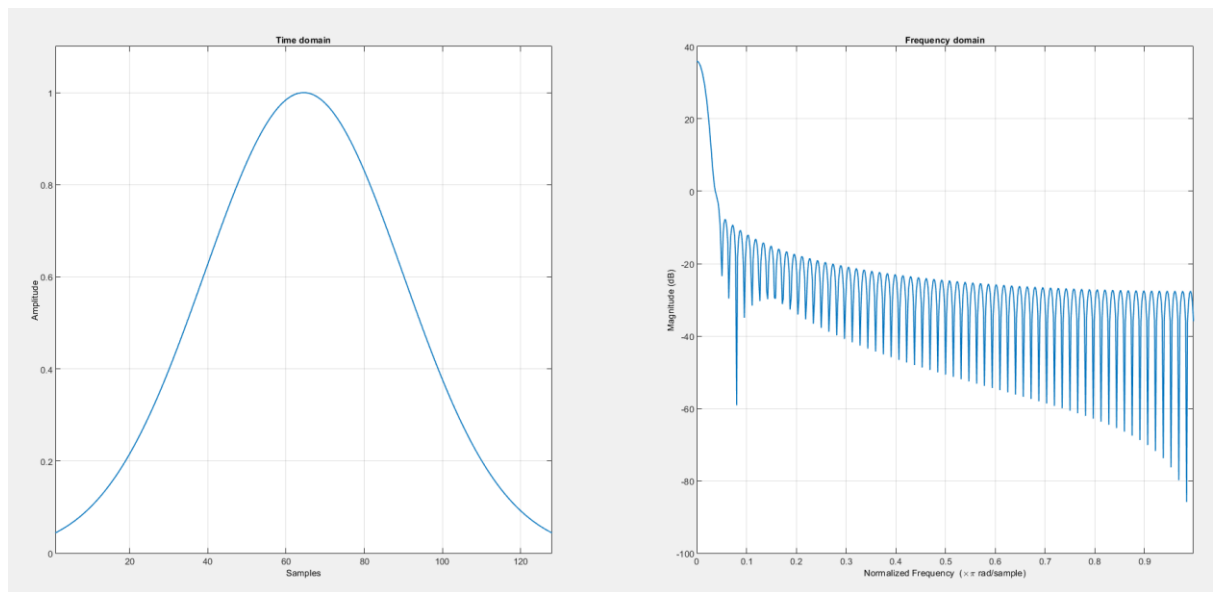
با استفاده از دستورهای rect_win, triang, gausswin, hamming پنجره‌های گفته شده تولید شده و خروجی به صورت شکل ۱-۱ شد.



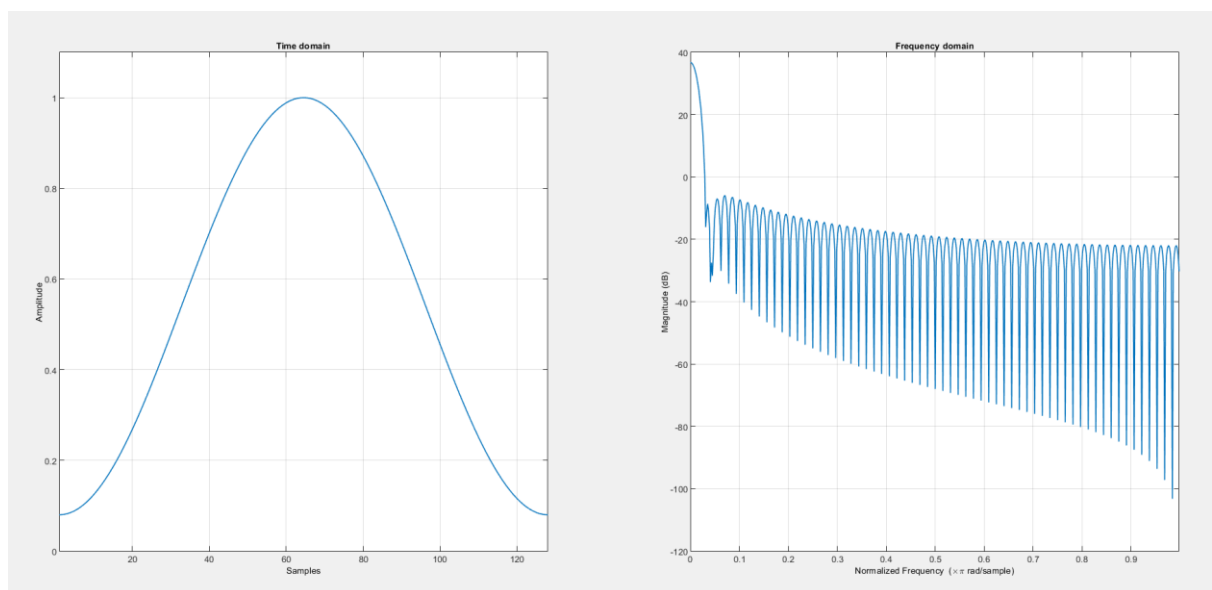
الف



).



).



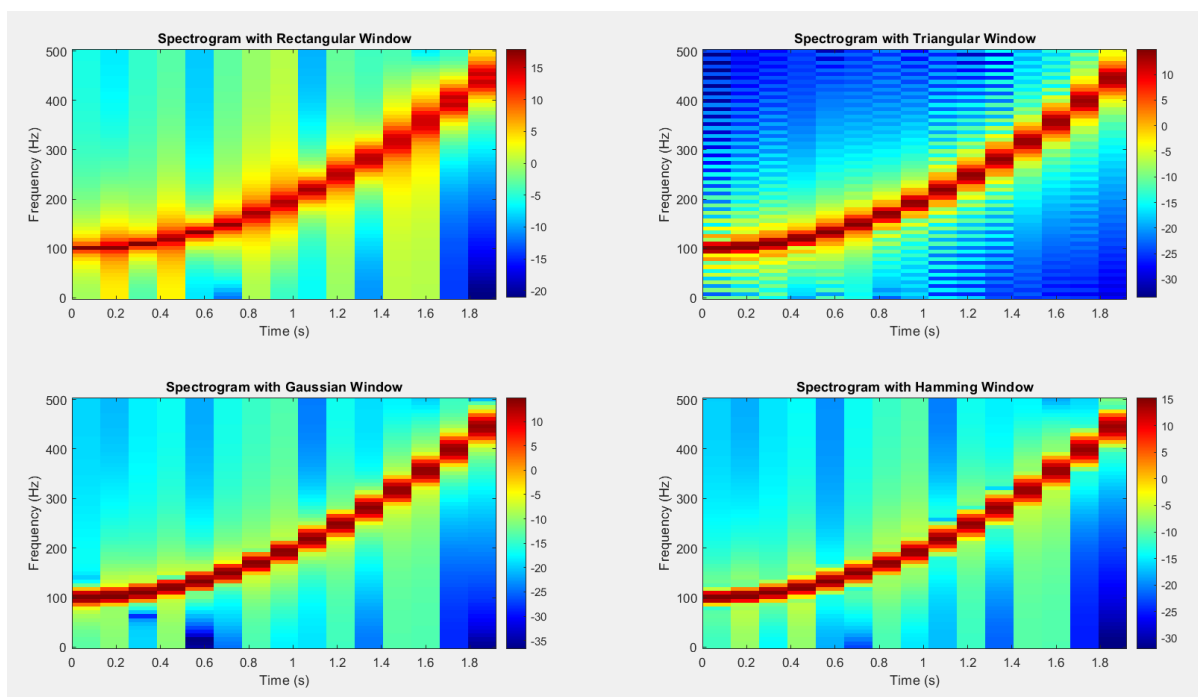
ت

شکل ۱-۱ شکل فیلترها الف- مستطیلی ب- مثلثی پ- گاوسی ت-همینگ

۱. پنجره‌ی مستطیلی: شکل یکنواخت در زمان، پهنای لوب اصلی زیاد در فرکانس، اندازه‌ی لوب فرعی زیاد، رزولوشن فرکانسی بالا
 ۲. پنجره‌ی مثلثی: پهنای لوب اصلی زیاد در فرکانس (کمتر از مستطیلی)، لوب‌های فرعی بزرگ (کوچکتر از مستطیلی)، رزولوشن فرکانسی خوب
 ۳. پنجره‌ی گاوسی: پهنای لوب اصلی کوچک، لوب‌های فرعی کوچکتر نسبت به بقیه، رزولوشن فرکانسی ضعیف
 ۴. پنجره‌ی همینگ: اندازه‌ی لوب‌های فرعی بزرگتر در مقایسه با پنجره‌ی گاوسی، رزولوشن بهتر نسبت به گاوسی
- به طور کلی یک trade-off بین رزولوشن و اندازه‌ی لوب‌های فرعی برقرار است.

۱-۳- بخش پ

بعد از انجام STFT خروجی به صورت شکل ۱-۲ شد.

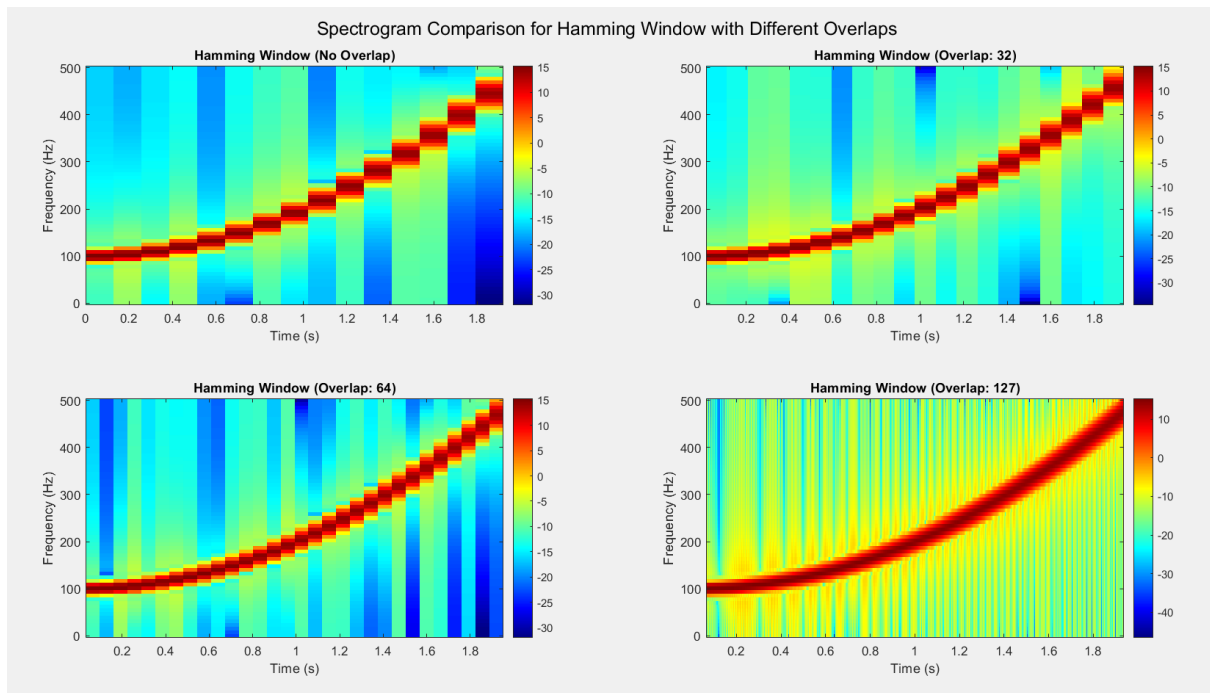


شکل ۱-۲ خروجی $STFT$ برای پنجره‌های مختلف

با توجه به خروجی به دست آمده توضیحات بخش ب تایید می شود. در پنجره‌ی مستطیلی ملاحظه می شود چون لوب‌های فرعی بزرگتر بودند دامنه‌های بزرگ در بقیه‌ی جاها به غیر از سیگنال اصلی هم ملاحظه می شود. در پنجره‌ی گاوسی این مقدار نسبت به بقیه کمتر است اما رزولوشن ضعیف‌تری دارد برای مثال به نواحی نزدیک به سیگنال اصلی در پنجره‌ی گاوسی و پنجره‌ی همینگ دقت شود که تفاوت رنگ‌ها نشان از ضعیف بودن رزولوشن پنجره‌ی گاوسی دارد. پنجره‌ی مثلثی و همینگ چیزی بین این دو پنجره هستند که رزولوشن و دامنه‌ی لوب فرعی قابل قبولی دارند.

۴-۱- بخش ت

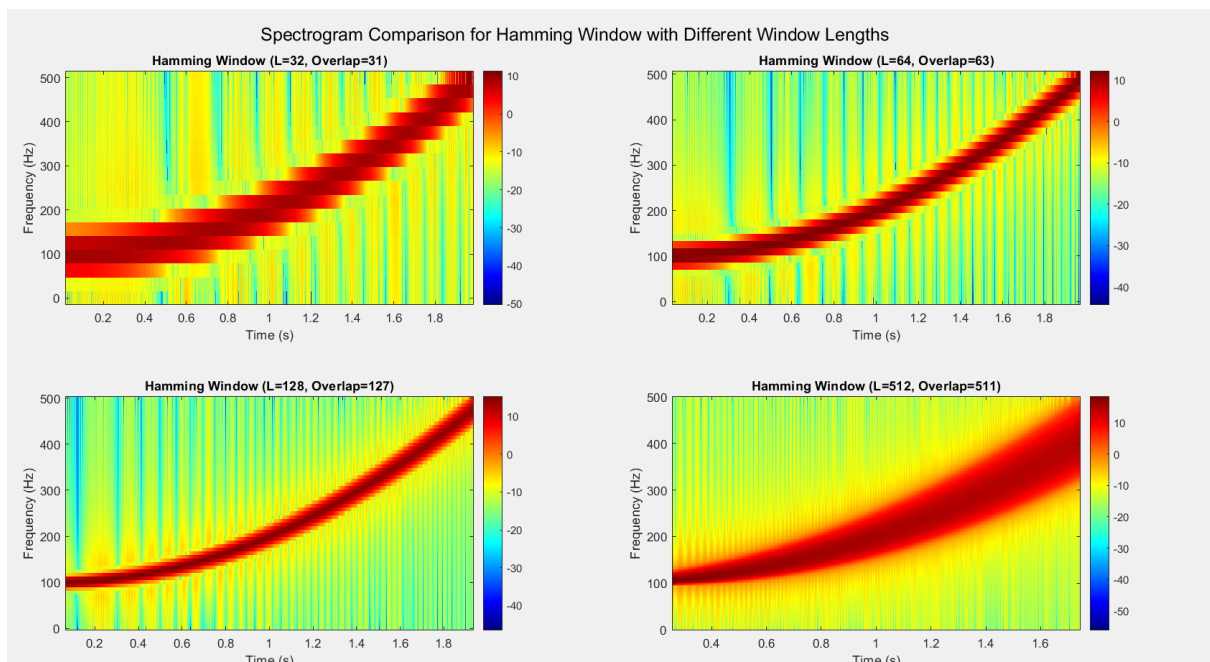
در این بخش پنجره‌ی همینگ برای بررسی انتخاب شد. خروجی این بخش در نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می شود که با افزایش مقدار overlap رزولوشن زمانی بهبود می یابد اما در عوض رزولوشن فرکانسی به شدت افت می کند تا جایی که در مقدار ۱۲۷ تفکیک فرکانسی به شدت کم شده است و تفاوت بین سیگنال اصلی و بقیه‌ی قسمت‌ها در محور فرکانس به شدت کاهش یافته است و فرکانس‌های مختلف به خوبی تفکیک نشده‌اند. به طور کلی overlap یک trade-off است بین رزولوشن زمانی و فرکانسی و با افزایش آن رزولوشن زمانی افزایش یافته و فرکانسی کاهش می یابد.



شکل ۳-۱ خروجی تغییر مقدار *overlap* برای پنجره‌ی همینگ

۱-۵- بخش ث

خروجی این بخش در نشان داده شده شکل ۴-۱ است.

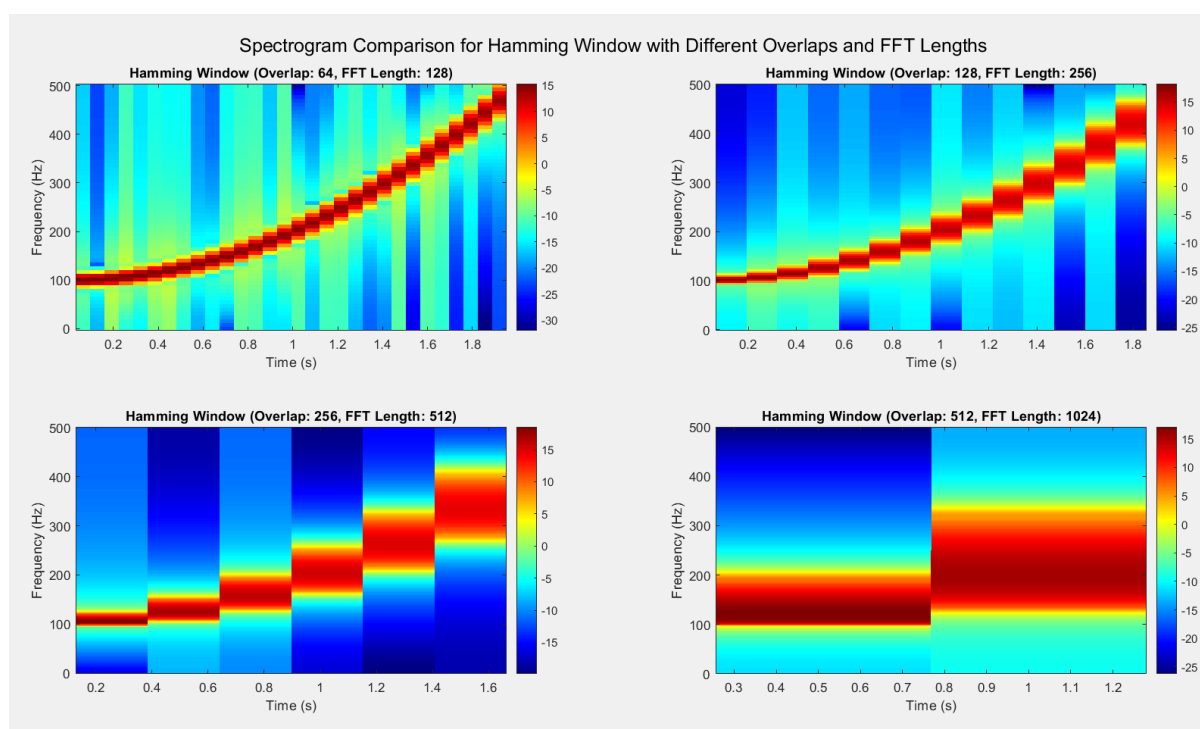


شکل ۴-۱ خروجی پنجره‌ی همینگ با طول و *overlap* مختلف

بافزایش طول پنجره، رزولوشن فرکانسی بهتر شده ولی فرکانس زمانی کمتر می‌شود. این مورد در خروجی این بخش قابل ملاحظه است به طوری که در طول ۵۱۲، شکل به طور بسیار دقیق در محور فرکانس نشان داده شده است اما در محور زمان رزولوشن به شدت کاهش یافته است.

۱-۶- بخش ج

خروجی این بخش در شکل ۵-۱ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱ خروجی تغییر طول FFT

افزایش طول DFT باعث کاهش در رزولوشن زمانی و افزایش در رزولوشن فرکانسی می‌شود که این مورد به وضوح در شکل قابل مشاهده است.

۱-۷- بخش ه

به طور کلی داریم:

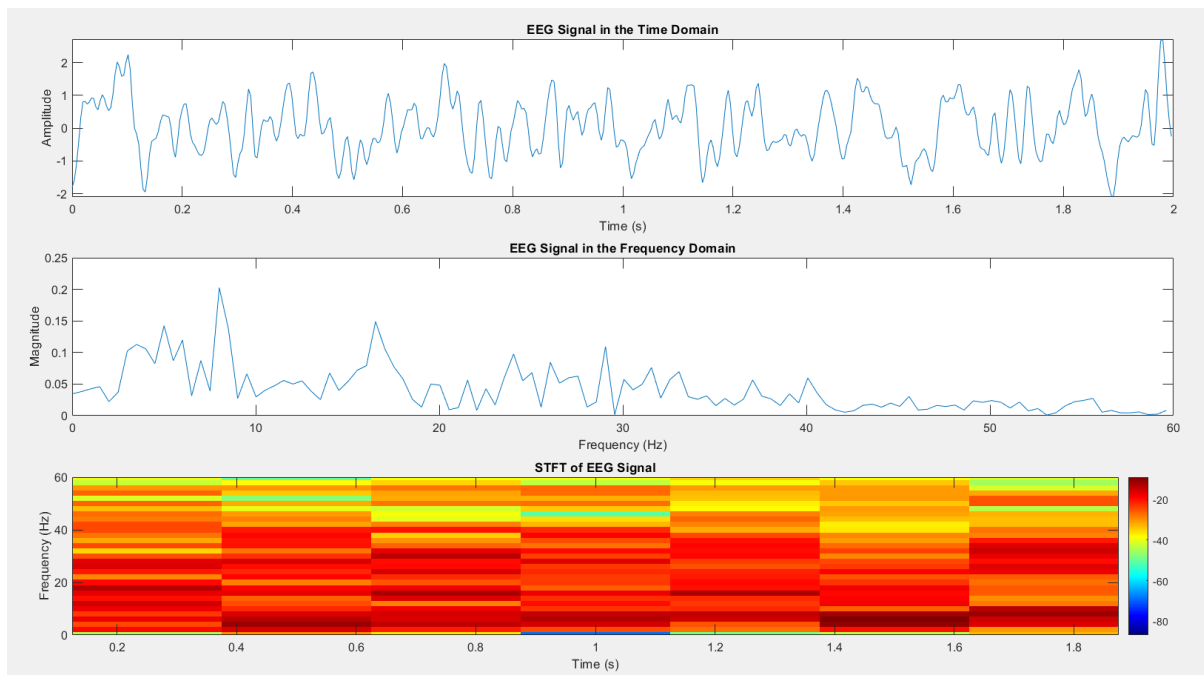
۱. شکل پنجره‌ها: تاثیر گذار در مقدار نشت و رزولوشن فرکانسی سیگنال
۲. افزایش نقاط همپوشان: بهبود رزولوشن زمانی و آسیب به رزولوشن فرکانسی
۳. افزایش طول پنجره: افزایش رزولوشن فرکانسی و آسیب به رزولوشن زمانی

۴. افزایش طول DFT: افزایش رزولوشن فرکانسی و آسیب به رزولوشن زمانی

تمرین دوم

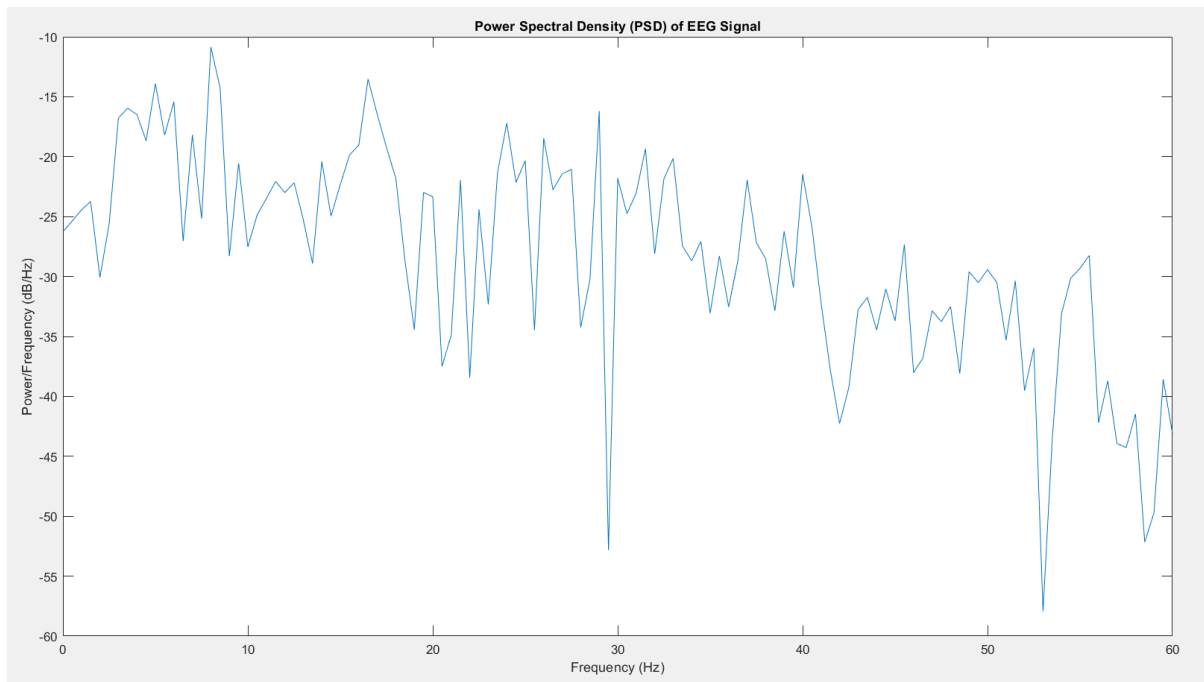
۲-۱- بخش الف

در ابتدا شکل سیگنال در مقیاس زمانی و فرکانسی رسم شد، سپس با توجه به این شکل نتیجه استفاده از فرکانس قطع ۶۰ هرتز بود، مقادیر بیشتر از ۶۰ هرتز از نمایش حذف شدند. خروجی نهایی در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. با توجه به این شکل نتیجه می‌شود که با افزایش فرکانس، توان سیگنال کاهش می‌یابد.



شکل ۲-۱ خروجی نهایی برای سیگنال

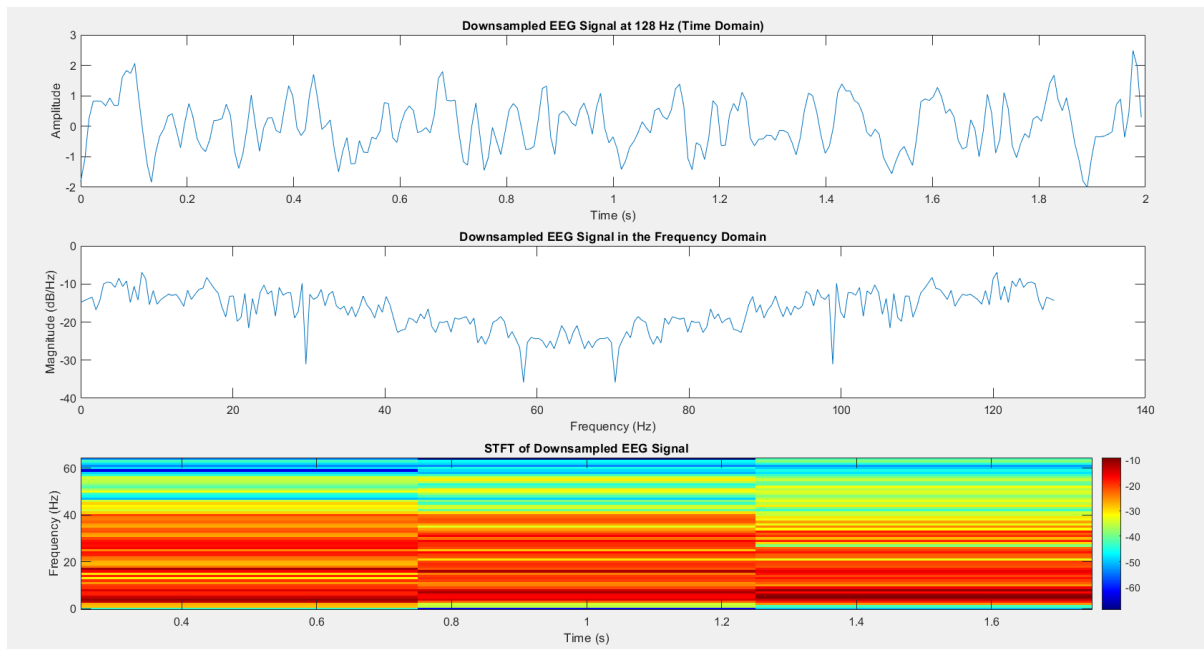
روش دیگر استفاده از Power Spectral Density (PSD) است که در آن توان سیگنال در فرکانس‌های مختلف نمایش داده می‌شود. با استفاده از این روش نشان داده شد که با افزایش فرکانس توان سیگنال کاهش می‌یابد. خروجی این روش در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲ خروجی PSD

۲-۲- بخش ب

با توجه به اینکه در بخش قبل فرکانس قطع برابر ۶۰ هرتز در نظر گرفته شد، برای رعایت نرخ نایکویست باید از فرکانس ۱۲۰ هرتز یا بالاتر برای نمونه‌برداری استفاده شود، در این بخش از فرکانس ۱۲۸ استفاده شد و نرخ نمونه‌برداری از ۲۵۶ به ۱۲۸ کاهش یافت. قبل از انجام این فرآیند کاهش نرخ، از فیلتر پایین‌گذر با فرکانس قطع ۶۰ هرتز، استفاده شد. خروجی این بخش در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. همانطور که قابل مشاهده است با توجه به نرخ نمونه‌برداری قابل قبول، شکل سیگنال در حوزه‌ی زمان تغییر چندانی نداشته است. اما در فضای فرکانس با توجه به اینکه فرکانس قطع به طور دقیق ۶۰ هرتز نمی‌باشد، توان در فرکانس‌های کمتر از ۶۰ هرتز هم کاهش یافته است و این به وضوح در شکل اسپکتروگرام قابل مشاهده است.

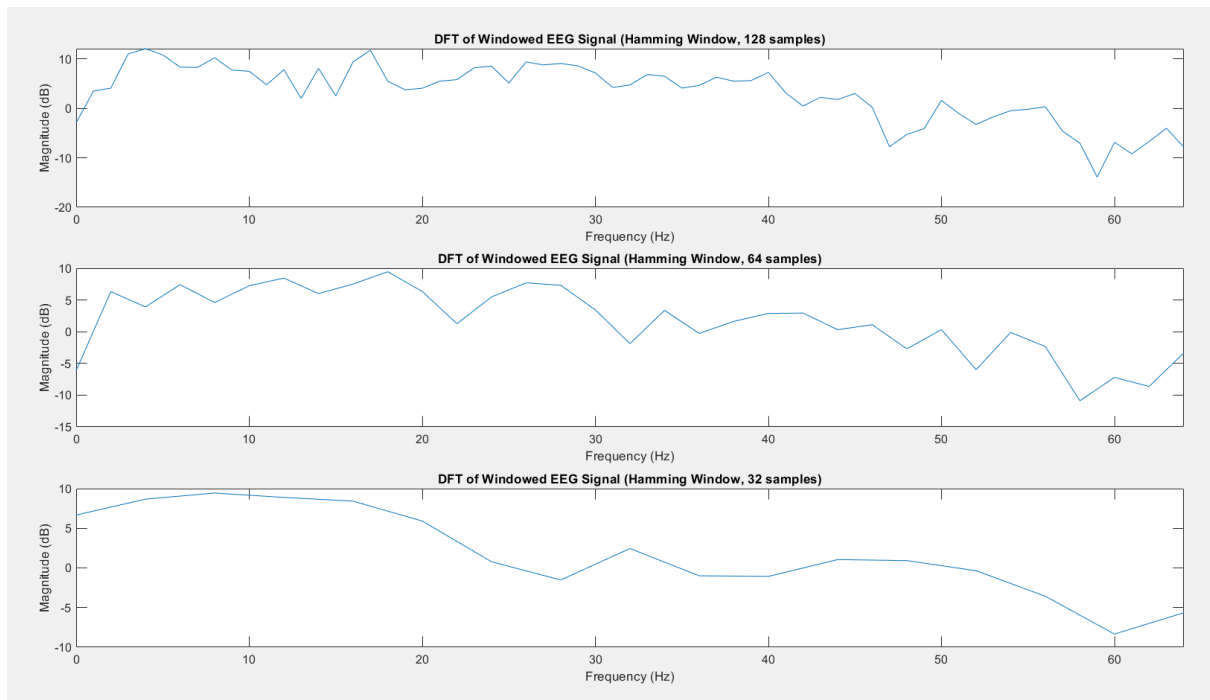


شکل ۳-۲ خروجی فرآیند کاهش نرخ

۳-۲- بخش پ

** در این بخش و بخش بعدی از پنجره‌ی همینگ استفاده می‌شود.

با افزایش طول پنجره در تبدیل DFT رزولوشن فرکانس افزایش یافته و تغییرات را بهتر نمایش می‌دهد. خروجی این بخش که در نشان داده شده است، گواه بر این موضوع است چرا که تغییرات سریع در شکل موج در شکل ۲-۴ حوزه‌ی فرکانس در پنجره‌هایی با طول کم به خوبی نشان داده نشده است. در مقایسه با بخش‌های قبل در این بخش رزولوشن فرکانس کمتر است چرا که طول پنجره در این بخش کمتر از بخش‌های قبل است.

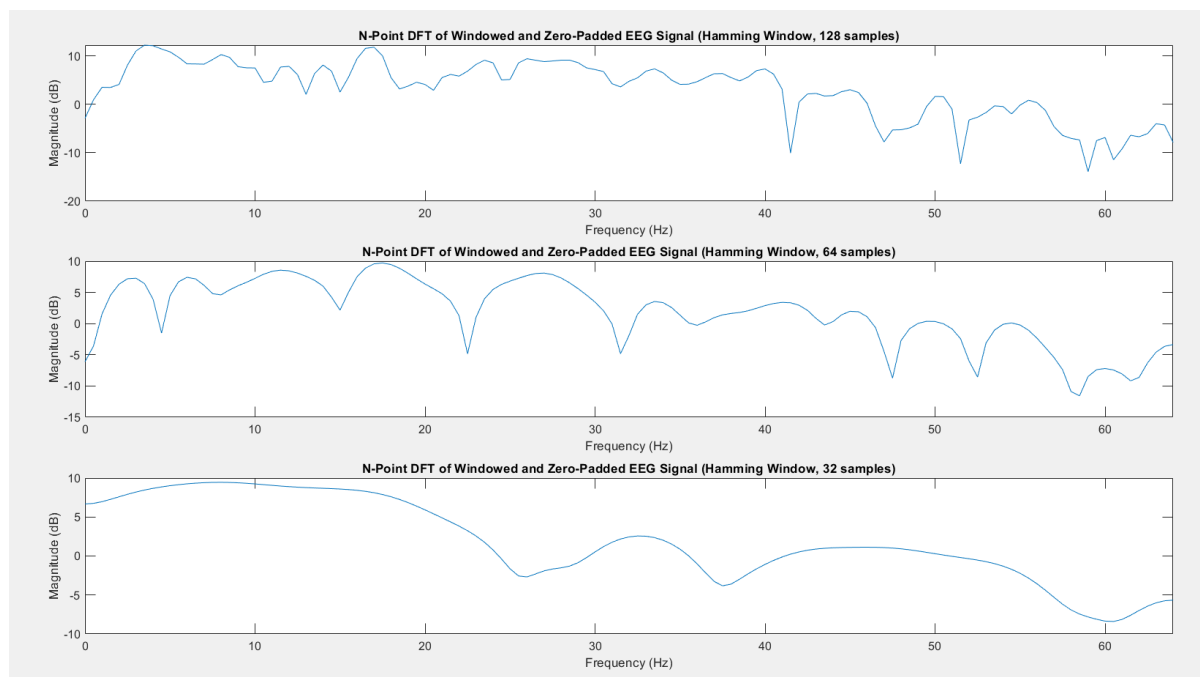


شکل ۴-۲ خروجی DFT با طول پنجره‌های متنوع

۲-۴- بخش ت

در این بخش با افزودن صفر به انتهای سیگنال، رزولوشن فرکانس تغییر نکرده چرا که با افزودن صفر به انتهای سیگنال، اطلاعات جدیدی به آن افزوده نمی‌شود و نمی‌تواند رزولوشن فرکانسی را تغییر دهد. اما با

انجام این کار، شکل خروجی کمی نرم‌تر شده و قسمت‌های تیز خود را از دست داده است. خروجی نهایی این بخش در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵ خروجی DFT

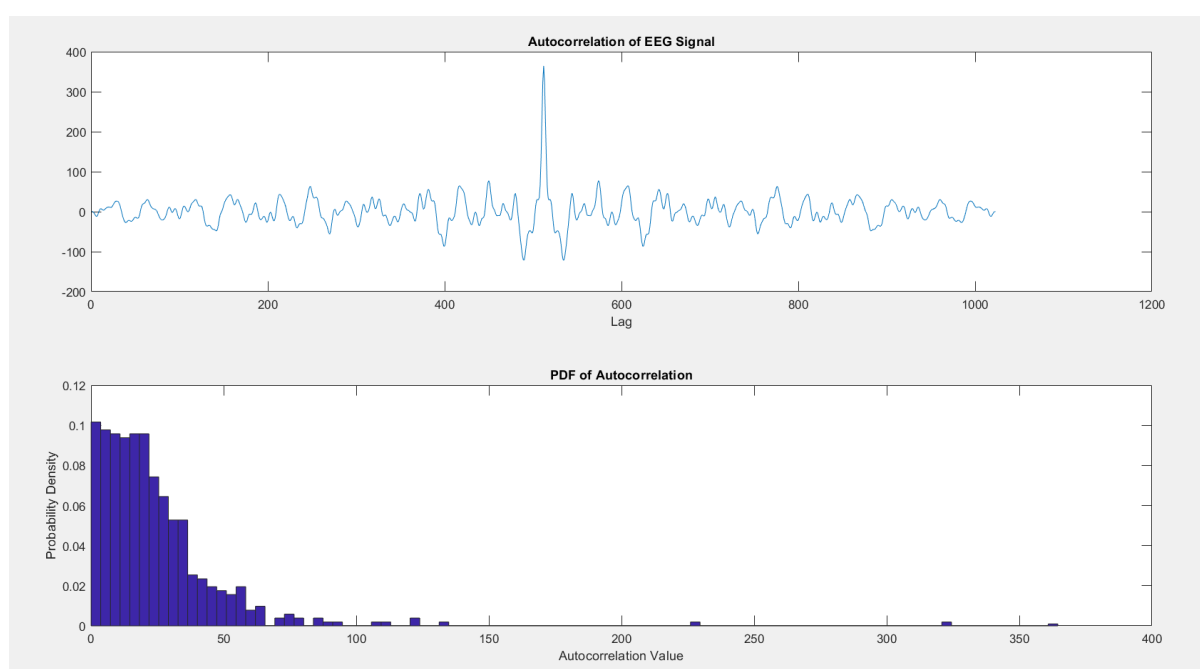
۲-۵- بخش ث

قدرت تفکیک در بخش اول و بدون پنجره‌گذاری بهتر از بقیه‌ی بخش‌ها بود. با پنجره‌گذاری این قدرت کاهش یافت. با افزایش طول پنجره قدرت تفکیک بهبود یافت اما به مقدار اولیه نرسید. با افزودن صفر به انتهای سیگنال، تغییری در قدرت تفکیک ایجاد نشد چراکه صفر در آخر سیگنال، اطلاعاتی برای ندارد و تاثیری بر قدرت تفکیک نداشت.

سوال سوم

۳-۱- بخش الف

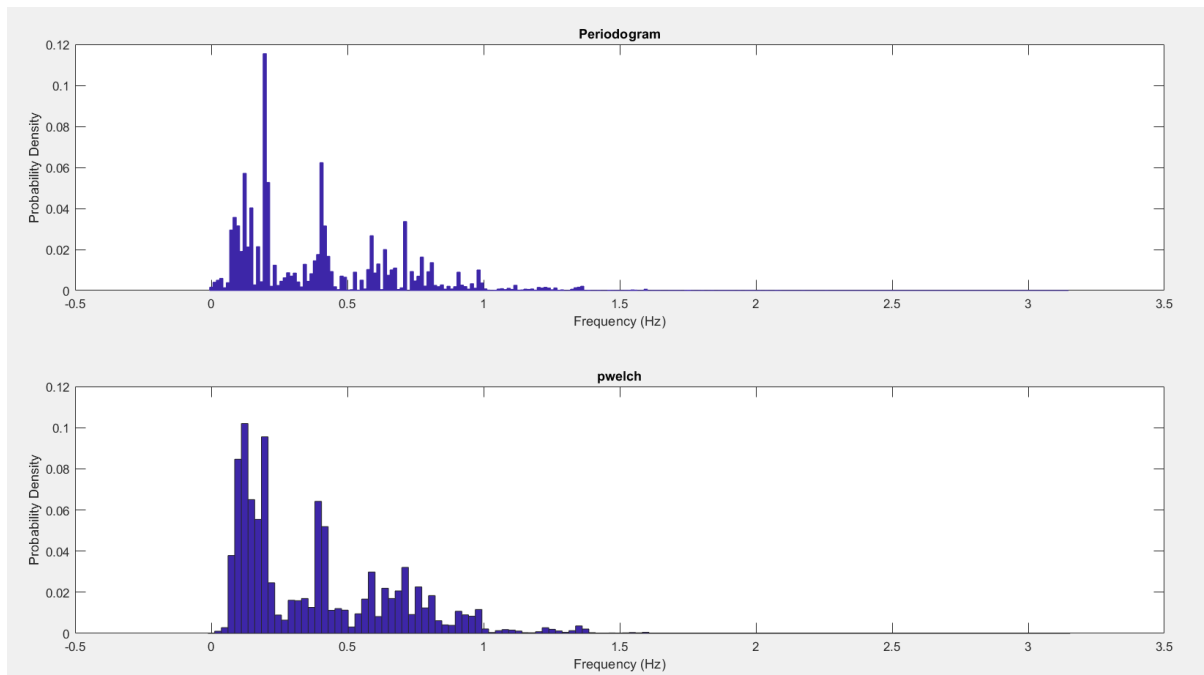
در این بخش ابتدا مقدار خودهمبستگی سیگنال محاسبه شد. سپس با استفاده از هیستوگرام شکل PDF به دست آمد (در این بخش شکل PDF نرمالیزه شده است). خروجی این بخش در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ خروجی خودهمبستگی و PDF

۳-۲- بخش ب

در این بخش با استفاده از دستورات گفته شده PDF رسم شد. خروجی این بخش در نشان داده شده است.



شکل ۳-۲ خروجی توابع *periodgram* و *pwelch*

۳-۳- بخش پ

روش‌های *periodgram* و *pwelch* جواب‌های مشابهی دارند و جواب روش خودهمبستگی متفاوت است. علل تفاوت این است که در ابتدا دو روش *periodgram* و *pwelch* به بررسی سیگنال در حوزه‌ی فرکانس می‌پردازند در حالی که روش خودهمبستگی، سیگنال را در حوزه‌ی زمان بررسی می‌کند. دلیل دوم نیز این است که این دو روش از PSD سیگنال استفاده می‌کنند که نشان می‌دهد توان در فرکانس‌های مختلف چگونه پخش شده است در صورتی که تابع خودهمبستگی با سنجش شباهت سیگنال با نسخه‌ی شیفت یافته‌ی خودش به می‌پردازد.