

به نام خدا



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

اصول مهندسی پزشکی

دکتر فرزانه شایق

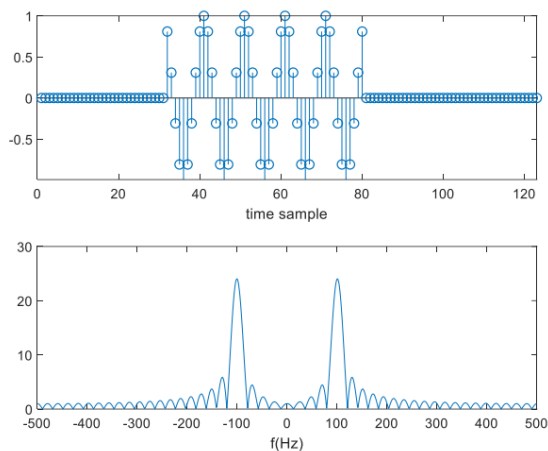
تکلیف سوم

مینا احمدیان نجف آبادی

۹۸۱۶۸۱۳

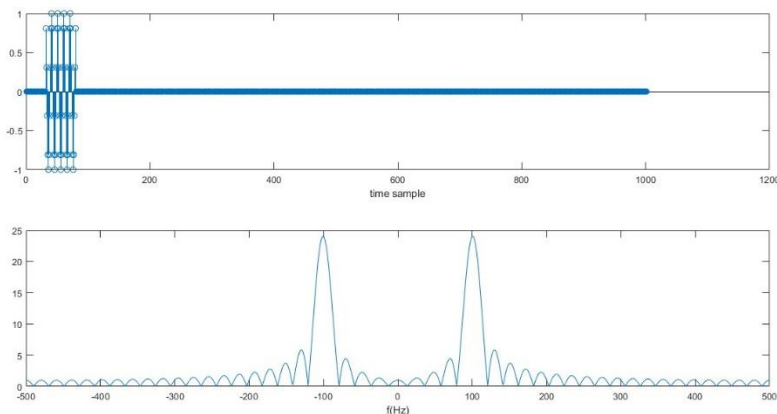
بهار ۱۴۰۲

۱. به پیوست دو برنامه داده شده است، که در برنامه اول طیف یک سیگنال که مطابق شکل زیر یک سینوسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز و پالسی شکل است، محاسبه و رسم می شود.



۱. الف) این برنامه و آنچه در حوزه زمان و فرکانس رخ می دهد را تحلیل کنید.

با اجرا کردن برنامه، یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز و تبدیل فوریه آن را مشاهده می کنیم. علت اینکه چرا طیف سیگنال سینوسی در فرکانس ۱۰۰ و -۱۰۰ هرتز فقط شامل دو ضربه نیست، این است که سیگنال سینوسی ما در زمان محدود شده است. بنابراین طیف سیگنال سینوسی محدود شده در زمان به صورت یک تابع  $Sinc(\omega)$  قرار گرفته روی فرکانس ۱۰۰ و -۱۰۰ هرتز و شامل سایدلوب های مربوط به طیف تابع  $Sinc(\omega)$  است. شکل سیگنال سینوسی ۱۰۰ هرتز در حوزه زمان گسسته و فرکانس به صورت زیر است:



ضابطه تغییر در حوزه زمان را برای هر یک بنویسید.

اگر طول پنجره را  $L$  در نظر بگیریم، داریم:

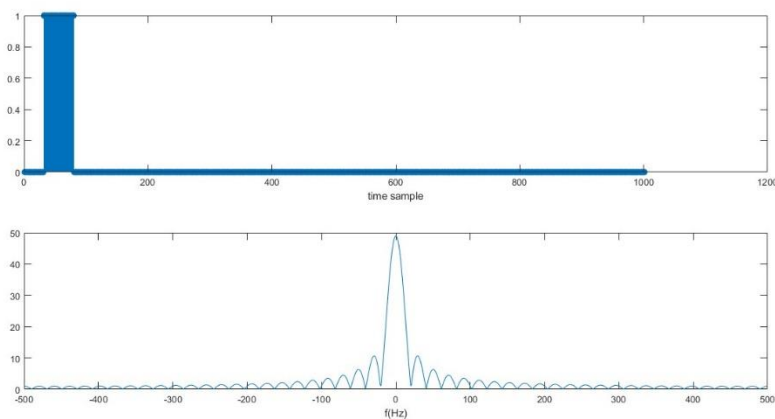
$$x[n] = \sin(2 \times \pi \times f_c \times n)$$

$$w[n] = \begin{cases} 1, & -L < x < L \\ 0, & o.w. \end{cases}$$

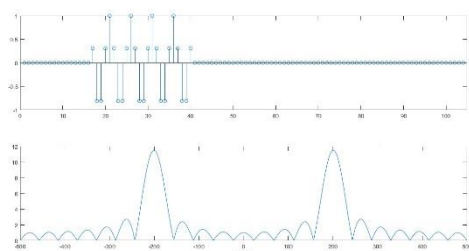
$$s[n] = x[n] \times w[n] \xrightarrow{FT} S[\omega] = X[\omega] * W[\omega]$$

برای یک سیگنال دلخواه ساده عملکرد ضوابط را در حوزه زمان رسم کنید.

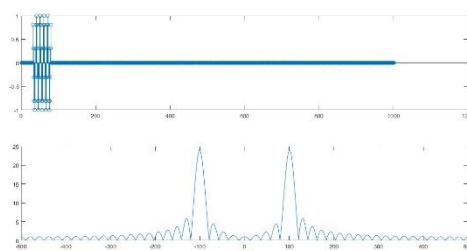
برای یک سیگنال دلخواه مربعی سیگنال را در حوزه زمان و فرکانس رسم می کنیم.



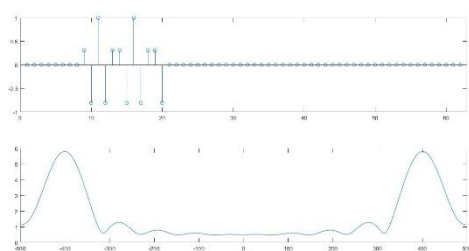
۱. ب) D و U یعنی ضرب down-sampling و up-sampling را زیاد کنید و بگویید تا چه حد مجاز به افزایش آنها هستید (شکل اصلی سیگنال حفظ میشود؟) با افزایش بیش از حد D، aliasing را در حوزه زمان و فرکانس مشاهده کنید و شرح دهید.



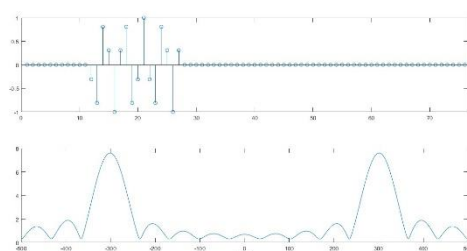
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=2$  در حوزه زمان و فرکانس



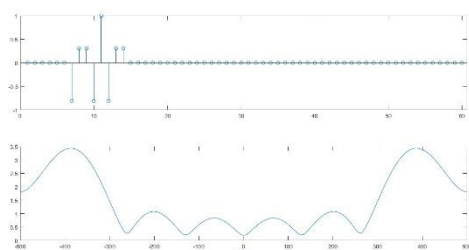
سیگنال اصلی در حوزه زمان و فرکانس



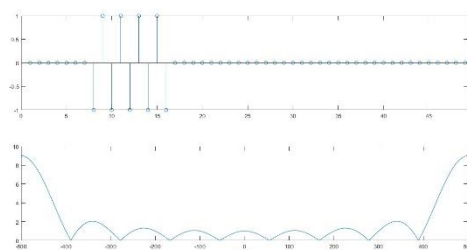
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=4$  در حوزه زمان و فرکانس



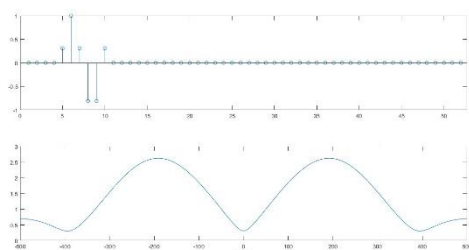
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=3$  در حوزه زمان و فرکانس



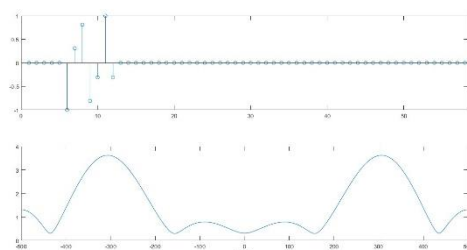
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=6$  در حوزه زمان و فرکانس



سیگنال بعد از down-sampling با  $D=5$  در حوزه زمان و فرکانس



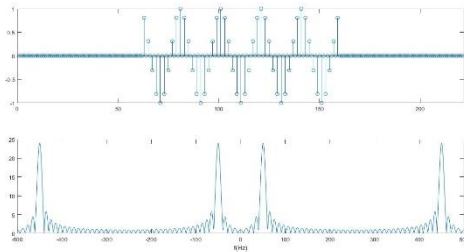
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=8$  در حوزه زمان و فرکانس



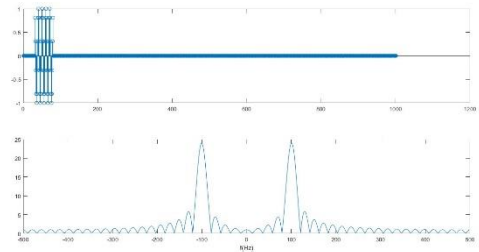
سیگنال بعد از down-sampling با  $D=7$  در حوزه زمان و فرکانس

با افزایش نرخ down-sampling تا ۵، شکل سیگنال سینوسی در حوزه زمان قابل تشخیص است. اما با افزایش این مقدار از نمونه های حوزه زمان دیگر نمیتوان شکل سینوسی را برداشت کرد و همچنین طیف های مربوط به دو دلتای پهن شده در حوزه فرکانس در هم فرو میروند و در نتیجه aliasing رخ می دهد.

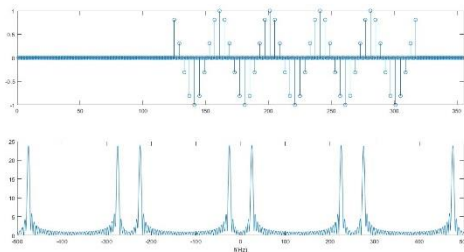
## آیا برای افزایش $U$ محدودیتی هست؟



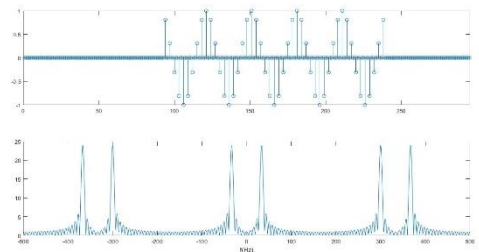
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=2$  در حوزه زمان و فرکانس



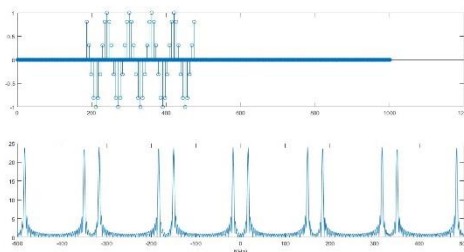
سیگنال اصلی در حوزه زمان و فرکانس



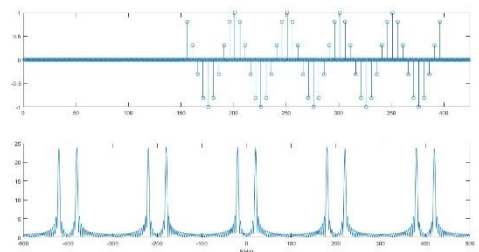
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=4$  در حوزه زمان و فرکانس



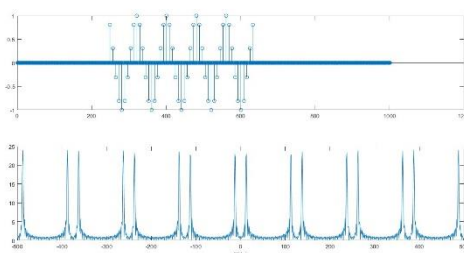
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=3$  در حوزه زمان و فرکانس



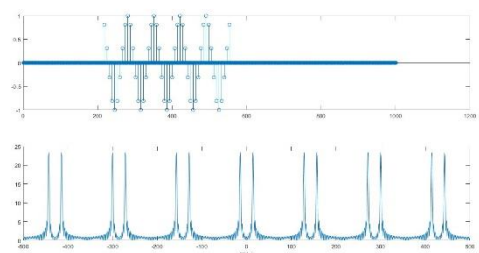
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=6$  در حوزه زمان و فرکانس



سیگنال بعد از up-sampling با  $U=5$  در حوزه زمان و فرکانس



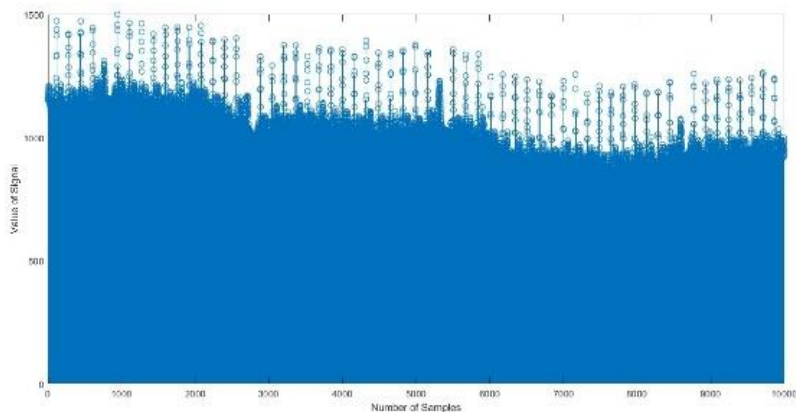
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=8$  در حوزه زمان و فرکانس



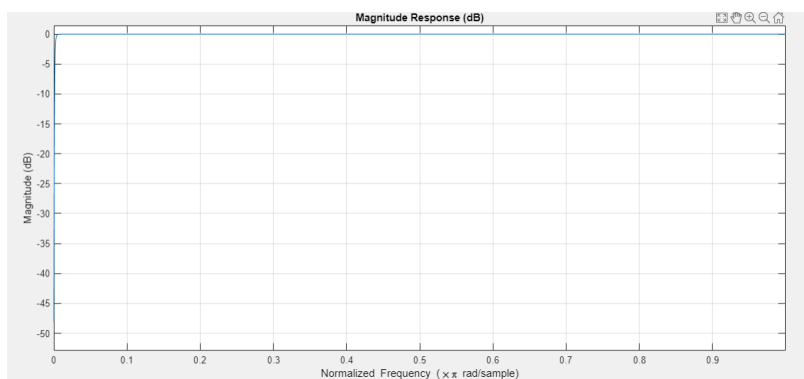
سیگنال بعد از up-sampling با  $U=7$  در حوزه زمان و فرکانس

با توجه به نتایج شکل ۵ میتوان گفت که نرخ up-sampling محدودیتی ندارد و هرگز باعث ایجاد aliasing نمی شود. هرچه نرخ up-sampling افزایش پیدا کند، سیگنال سینوسی حوزه زمان به شکل موج سینوسی از دید ما نزدیک تر میشود چون تعداد نمونه بیشتری دارد. همچنین با افزایش تعداد نمونه ها در حوزه زمان و گسترش سیگنال، طیف سیگنال جمع می شود که این موضوع کاملاً از نتایج شکل ۵ مشخص است.

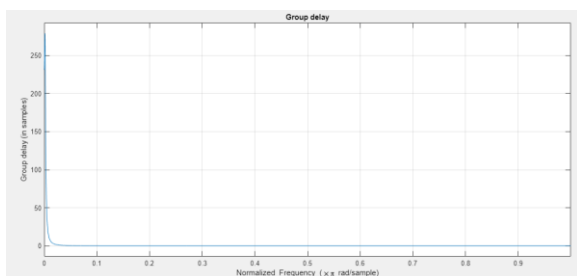
۱. ج) در برنامه دیگر، همان کار به جای سیگنال ساختگی، بر سیگنال ECG از تمرین قبلی اعمال شده است، که در آن بیس لاین با فیلتر باتروث حذف شده است. سیگنال ECG در حوزه زمان قبل از حذف بیس لاین به صورت زیر است:



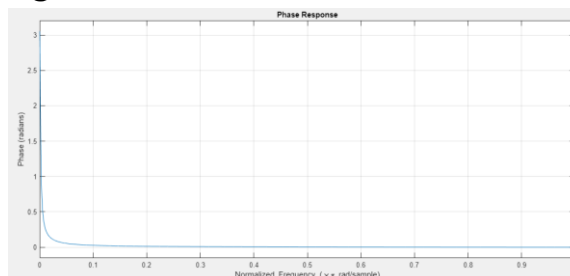
معمولاً برای فیلتر کردن سیگنال های حیاتی از فیلتر باتروث استفاده می شود؛ زیرا در باند گذر و باند توقف دچار اعوجاج نیست. مشخصات فیلتر باتروث مرتبه ۲ بالاگذر با فرکانس قطع ۰.۵ هرتز برای حذف بیس لاین به صورت زیر است:



پاسخ فرکانسی فیلتر

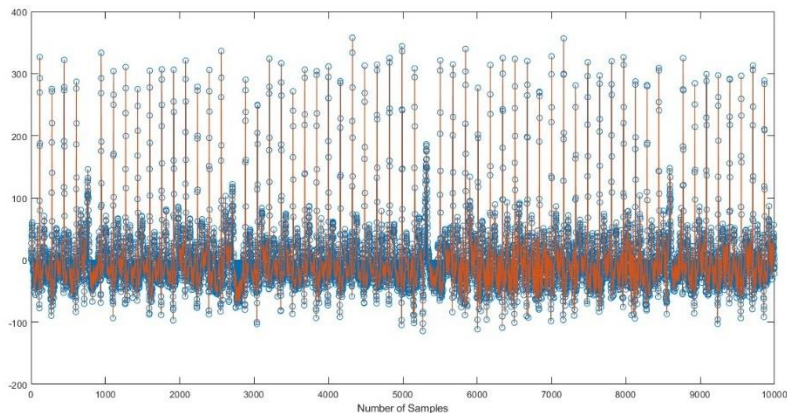


تاخیر گروه فیلتر

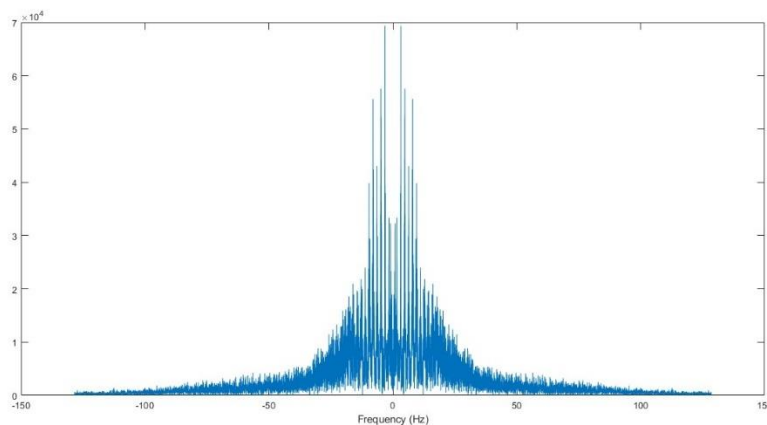


پاسخ فاز فیلتر

سیگنال ECG در حوزه زمان بر حسب تعداد نمونه ها بعد از حذف بیس لاین به صورت زیر بدست می آید:



طیف سیگنال را ببینید.



ضربه های موجود در طیف ناشی از چیست؟

ضربه های موجود در طیف سیگنال ECG ممکن است به دلایل مختلفی باشد. برخی از این ضربه ها ناشی از عوامل طبیعی و فعالیت عادی قلب هستند، در حالی که برخی دیگر نشانه بیماری یا نقصی در عملکرد قلب می باشند. ضربه های ناشی از فعالیت عادی قلب ناشی از انقباض و انبساط قلب هنگام پمپاژ خون است. برخی اختلالات ریتم قلب، مانند آریتمی ها، می توانند به ضربه های غیرطبیعی در طیف سیگنال ECG منجر شوند. این ضربه ها ممکن است شکل نامنظمی داشته باشند یا در زمانی نامنظم و ناپایسته رخ دهند. برخی اختلالات در عملکرد عضله قلب می توانند ضربه های غیرعادی را در طیف سیگنال ECG ایجاد کنند.

### بگویید پهنای باند مفید سیگنال چقدر است؟

پهنای باند مفید سیگنال ECG تعیین می کند که سیگنال تا چه محدوده ای اطلاعات را انتقال می دهد. پهنای باند مفید سیگنال ECG معمولاً در محدوده فرکانسی ۰.۵ تا ۱۵۰ هرتز قرار دارد. این محدوده فرکانسی تقریباً شامل تمام اطلاعات قابل استخراج از سیگنال ECG است و برای تشخیص اکثر بیماری های قلبی، کافی است.

### آیا میتوان سیگنال را up-sampling یا down-sampling کرد؟

بله. up-sampling همیشه امکان پذیر است و باعث اضافه شدن نمونه های حوزه زمان و بسته تر شدن طیف فرکانسی سیگنال می شود. up-sampling روی سیگنال ECG با هر نرخ، شکل سیگنال حوزه زمان و جزئیات لازم جهت تشخیص بیماری حفظ می شود. با down-sampling سیگنال ECG، حجم داده کمتر می شود و پردازش سیگنال سریع تر می شود. عملیات down-sampling سیگنال ECG ممکن است باعث از دست رفتن جزئیات ظاهری سیگنال شود، به خصوص در فرکانس های بالا که ممکن است دارای اطلاعات مهمی باشند.

### تا چه ضریبی؟ (محاسبه کنید)

شرط نایکوئیست برای جلوگیری از aliasing به صورت زیر است:

$$\frac{f_s}{D} \geq f \rightarrow \frac{D}{f_s} \leq \frac{1}{f} \rightarrow D \leq \frac{f_s}{f}$$

اگر بازه ای که ۸۰ درصد توان سیگنال در آن قرار دارد را در نظر بگیریم، داریم:

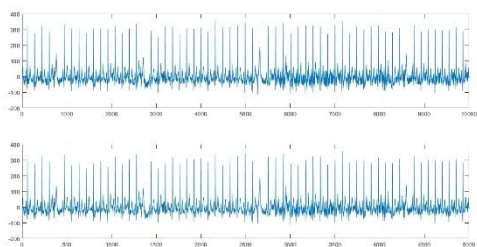
$$D \leq \frac{257}{54} = 4.7$$

اما اگر برای پردازش سیگنال، مولفه های فرکانس بالا را هم نیاز داشته باشیم، داریم:

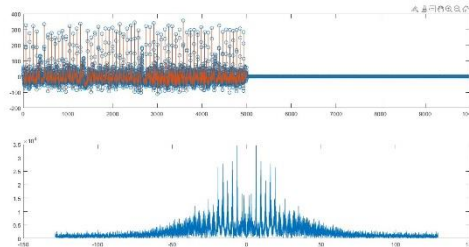
$$D \leq \frac{257}{150} = 1.7$$



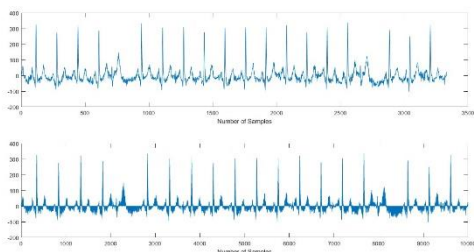
۱. د) با ضریب دلخواهی (کوچکتر از پاسخ خود در بند ج) down-sampling و up-sampling را انجام دهید. آیا تغییر نامناسبی در شکل سیگنال down-sample شده می‌بینید؟ چرا؟



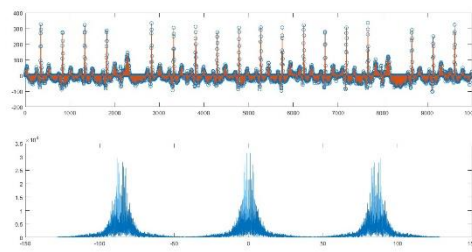
ECG بعد از down-sampling با  $D=2$  در حوزه زمان



ECG بعد از down-sampling با  $D=2$  در حوزه فرکانس



ECG بعد از up-sampling با  $U=3$  در حوزه زمان



ECG بعد از up-sampling با  $U=3$  در حوزه فرکانس

در صورت رخدادن aliasing و رعایت نکردن شرط نایکوئیست، سیگنال ECG تخریب می‌شود و برای تحلیل مناسب نیست.

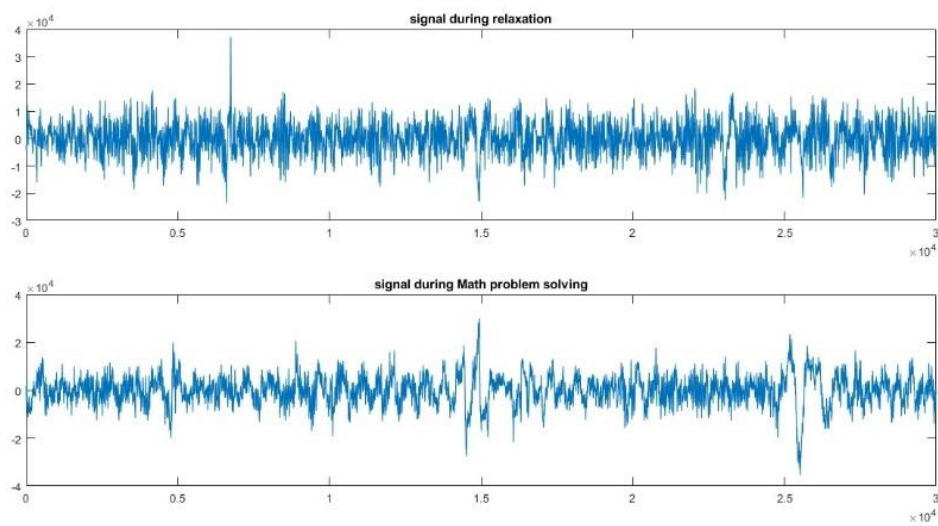
۱. ه) توضیح دهید که چگونه می‌توان این خرابی سیگنال را برطرف کرد؟

شرط اساسی برای جلوگیری از aliasing در عملیات down-sampling، استفاده از فیلتر anti-aliasing قبل از کاهش فرکانس نمونه‌برداری است. عدم استفاده از این فیلتر می‌تواند منجر به aliasing شود. استفاده از فیلتر anti-aliasing قبل از down-sampling، شرط اساسی برای جلوگیری از aliasing در سیگنال ECG است.

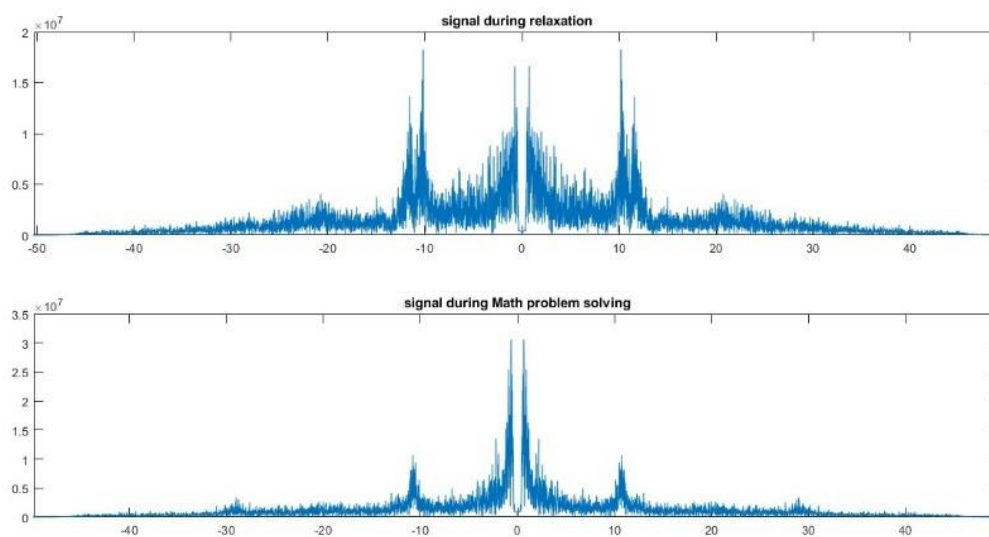
۱. (و) با توجه به طیف سیگنال up-sample شده، به نظر شما اگر بخواهیم سیگنال up-sample شده، واقعا نمایش درونیابی شده از سیگنال اصلی باشد، بر روی سیگنال up-sample شده چه کاری باید انجام دهیم؟ درونیابی تکنیکی برای افزودن نقاط داده جدید در محدوده مجموعه ای از نقاط داده شناخته شده است. می توان از درونیابی برای پر کردن داده های از دست رفته، صاف کردن داده های موجود، پیش بینی و موارد دیگر استفاده کرد. انواع مختلفی از درونیابی در نرم افزار متلب وجود دارد که بسته به نوع سیگنال، حجم داده پردازشی، حافظه در دسترس برای پردازش، نرخ up-sampling و ... میتوانند مورد استفاده قرار گیرند.

۲. سیگنالهای EEG یک فرد به هنگام استراحت و حل مساله ریاضی داده شده است. فرکانس نمونه برداری ۵۰۰ هرتز است. برای خواندن سیگنالها از تابع edfread داده شده به صورت زیر استفاده کنید.

دیتای شماره ۱ مربوط به سیگنال EEG یک فرد به هنگام استراحت و شماره ۲ مربوط به سیگنالهای EEG یک فرد در هنگام حل مساله ریاضی است. خروجی اول تابع edfread، هدر مربوط به دیتا خوانده شده و خروجی دوم دیتای مورد نظر است.



۲. الف) طیف هر سیگنال را با استفاده از دستور fft محاسبه کنید.



با تناسب لازم برای یافتن معادل فرکانسی محور افقی، توان در زیرباند های آلفا، بتا، دلتا و تتا را به دست آورید.

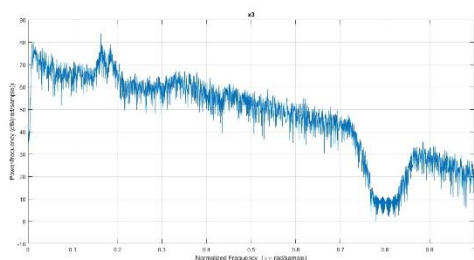
سیگنال آلفا: سیگنال آلفا در محدوده فرکانسی ۸-۱۳ هرتز قرار دارد و معمولاً در وضعیت آرام و بی تحرکی مشاهده می شود. فعالیت آلفا معمولاً در ناحیه های پشتی مغز (مثلاً ناحیه پس قشری) بیشتر است.

سیگنال بتا: سیگنال بتا در محدوده فرکانسی ۱۳-۳۰ هرتز قرار دارد و معمولاً با وضعیت هشیاری، تمرکز ذهنی و فعالیت های شناختی مرتبط است. این سیگنال معمولاً در نواحی جلویی و مرکزی مغز مشاهده می شود.

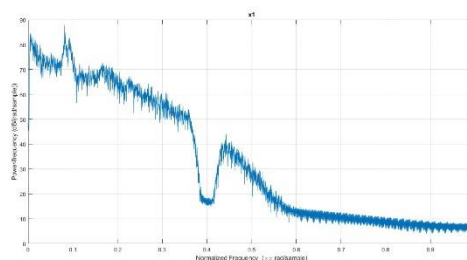
سیگنال تتا: سیگنال تتا در محدوده فرکانسی ۴-۸ هرتز قرار دارد و معمولاً در وضعیت خواب، خوابیدن سبک، یا در حالت تمرکز عمیق مشاهده می شود. سیگنال تتا به طور عمومی در نواحی مقابل مغز و در نواحی عمقی مغز مشاهده می شود.

سیگنال دلتا: سیگنال دلتا در محدوده فرکانسی کمتر از ۴ هرتز قرار دارد و به طور عمومی در وضعیت خواب عمیق و استراحت عمیق مشاهده می شود. این سیگنال به طور عمده در نواحی عمقی مغز مشاهده می شود.

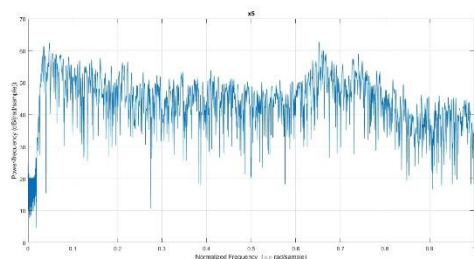
در ادامه برای رسیدن به زیرباند های مورد نظر، شروع به تجزیه سیگنال دیتای فرد وقتی در حال استراحت است، می کنیم.



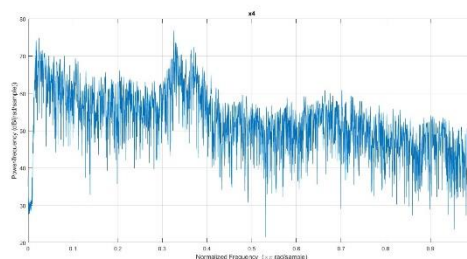
طیف سیگنال x3



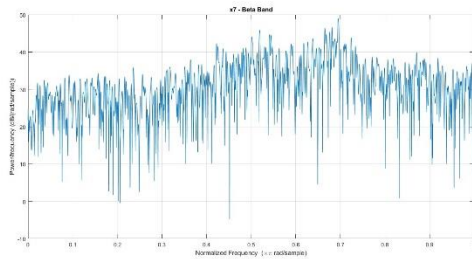
طیف سیگنال x1



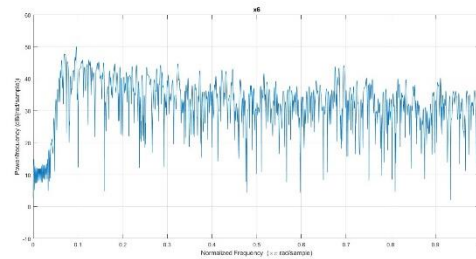
طیف سیگنال x5



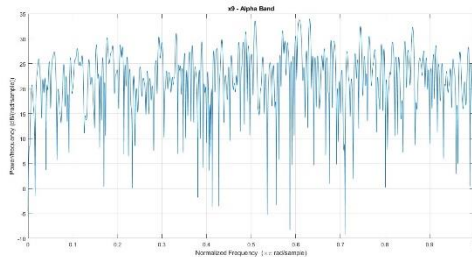
طیف سیگنال x4



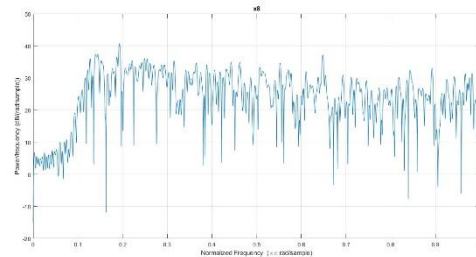
طیف سیگنال x7



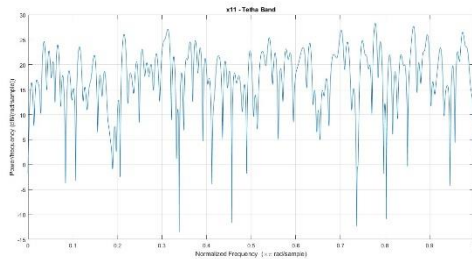
طیف سیگنال x6



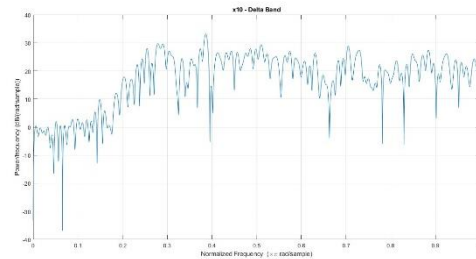
طیف سیگنال x9



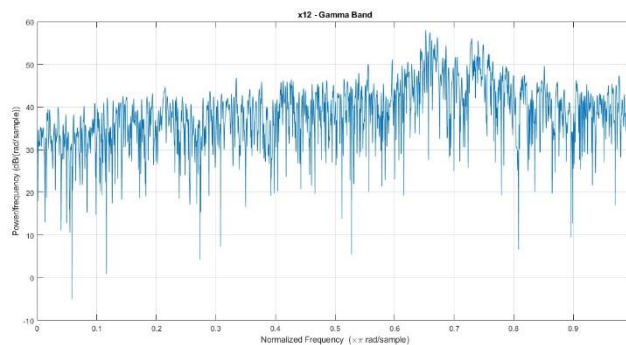
طیف سیگنال x8



طیف سیگنال x11








طیف سیگنال x10



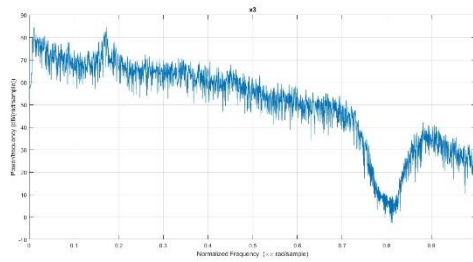
طیف سیگنال x12

طیف های مربوط به زیرباند های تجزیه شده سیگنال فرد وقتی در حال استراحت است

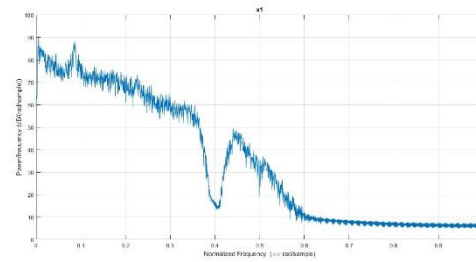
	P_Alpha	0.2400	$P\_Gamma = \frac{\sum(x_{12}^2)}{\sum(x^2)} * 100;$
	P_Betha	0.7872	$P\_Betha = \frac{\sum(x_7^2)}{\sum(x^2)} * 100;$
	P_Delta	0.1514	$P\_Alpha = \frac{\sum(x_9^2)}{\sum(x^2)} * 100;$
	P_Gamma	1.0988	$P\_Tetha = \frac{\sum(x_{11}^2)}{\sum(x^2)} * 100;$
	P_Tetha	0.1051	$P\_Delta = \frac{\sum(x_{10}^2)}{\sum(x^2)} * 100;$

درصد توان هر یک از زیرباند های سیگنال تجزیه شده وقتی فرد در حال استراحت است

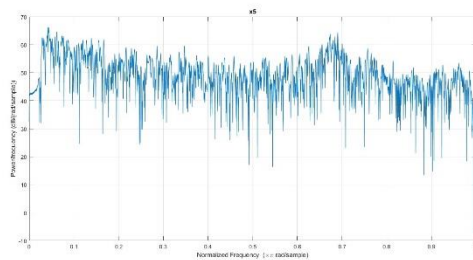
مراحل را برای سیگنال دوم، یعنی وقتی که در حال حل مساله ریاضی است، تکرار می کنیم.



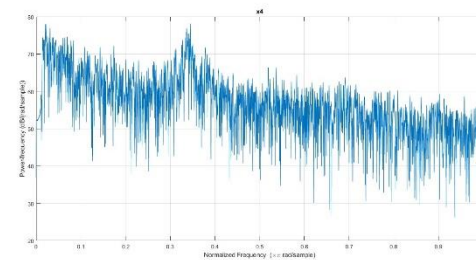
طیف سیگنال x3



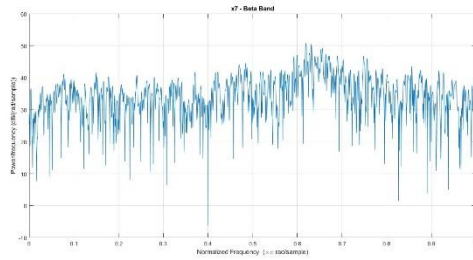
طیف سیگنال x1



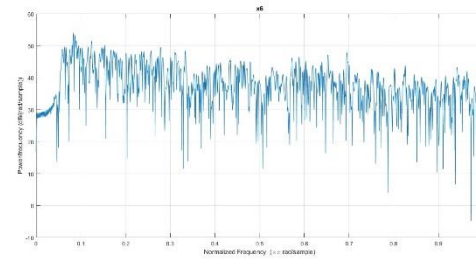
طیف سیگنال x5



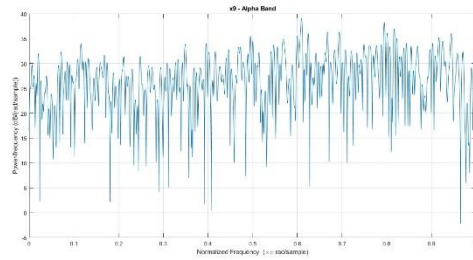
طیف سیگنال x4



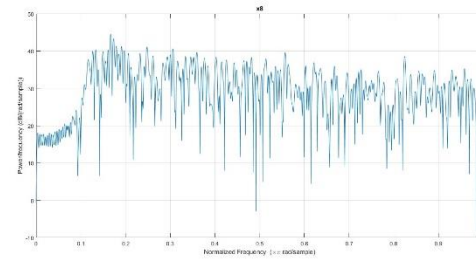
طیف سیگنال x7



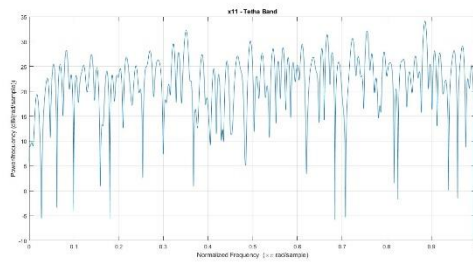
طیف سیگنال x6



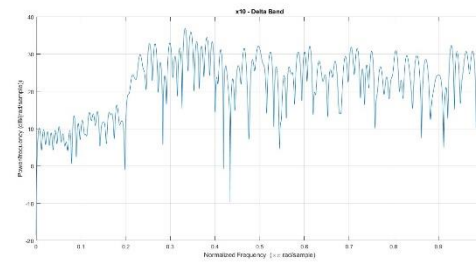
طیف سیگنال x9



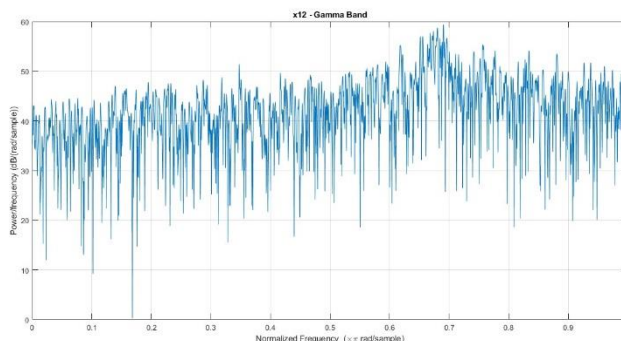
طیف سیگنال x8



طیف سیگنال x11



طیف سیگنال x10



طیف سیگنال x12

طیف های مربوط به زیرباند های تجزیه شده سیگنال فرد وقتی در حال حل مساله ریاضی است

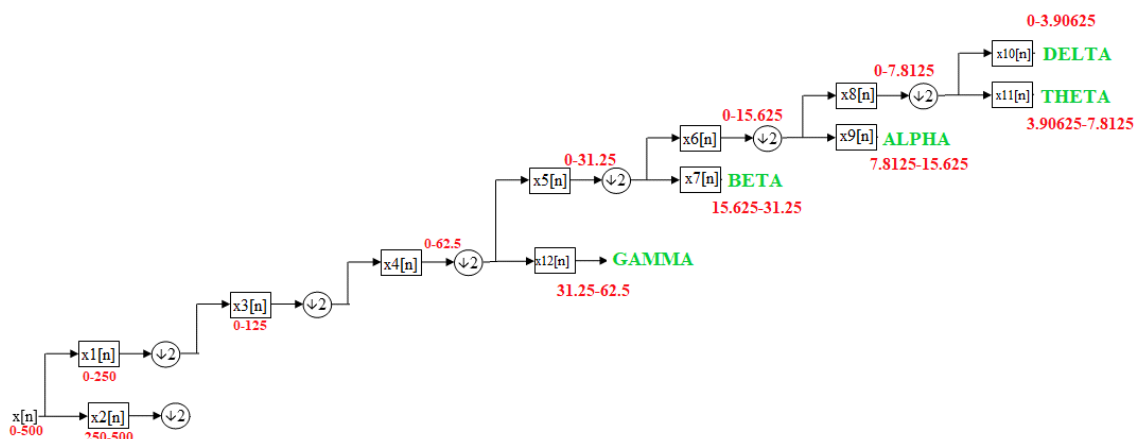
P_Alpha	0.2459
P_Betha	0.7522
P_Delta	0.1789
P_Gamma	0.9373
P_Tetha	0.1097

درصد توان هر یک از زیرباند های سیگنال تجزیه شده وقتی فرد در حال حل مساله ریاضی است

در حالت حل مساله ریاضی، فعالیت های مغزی مرتبط با تمرکز و تحلیل شناختی بیشتری صورت می گیرد. در این حالت، باندهای بتا و گاما معمولاً دارای توان بیشتری هستند.

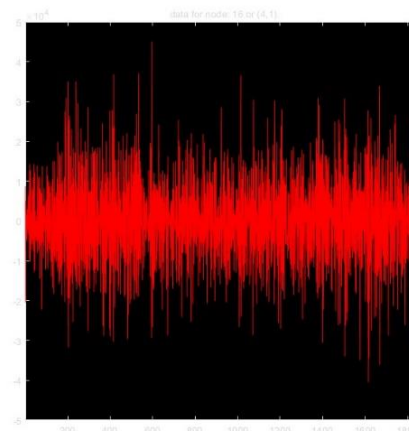
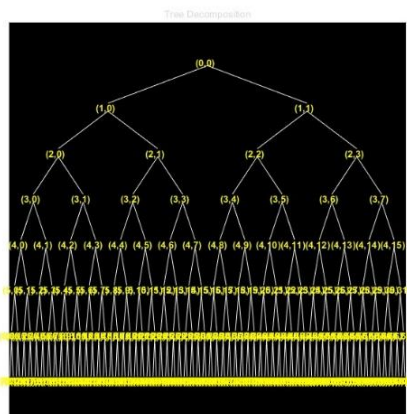
۲. ب) محاسبه کنید برای رسیدن به زیر باندهای سیگنال EEG، در چند سطح باید تجزیه را انجام دهید.

سیگنال EEG باید در ۷ سطح تجزیه شود تا به زیرباند های مورد نظر برسیم.

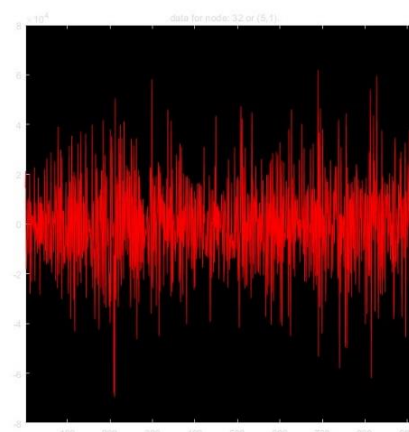
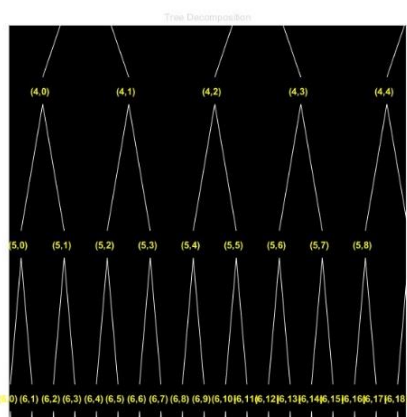




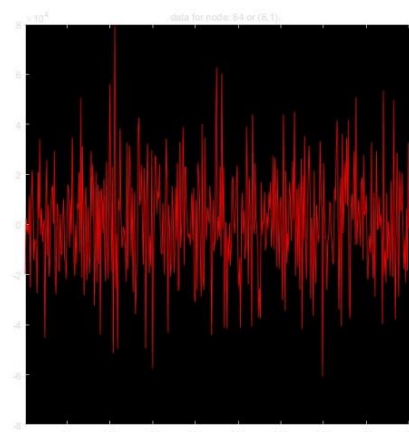
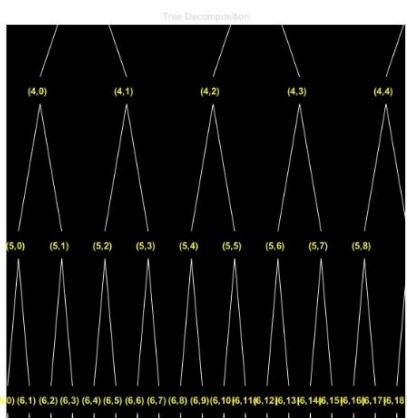
۲. (ج) این بار توان زیرباندها را با استفاده از دستورهای Wpdec و wenergy در متلب که در آن تعداد زیرباندها را در بند (ب) خودتان معین کرده‌اید و می‌دانید آلفا، بتا، دلتا و تتا در کدام برگ از بسته ویولت قرار دارند، به دست آورید و برای دو حالت استراحت و حل مساله ریاضی مقایسه کنید.



زیرباند گاما با استفاده از تبدیل ویولت

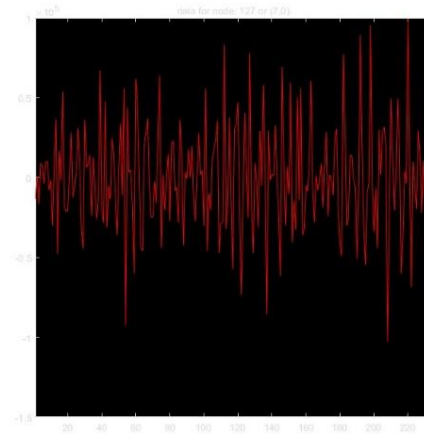
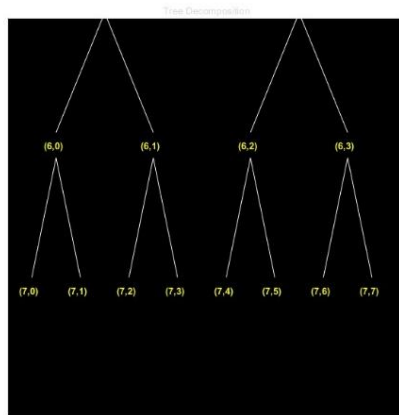


زیرباند بتا محاسبه شده از تبدیل ویولت

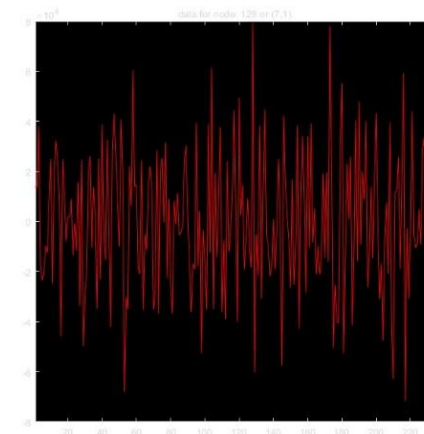
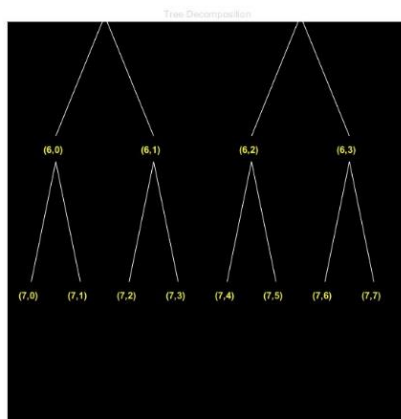


زیرباند آلفا محاسبه شده از تبدیل ویولت





زیرباند دلتا محاسبه شده از تبدیل ویولت



زیرباند تتا محاسبه شده از تبدیل ویولت

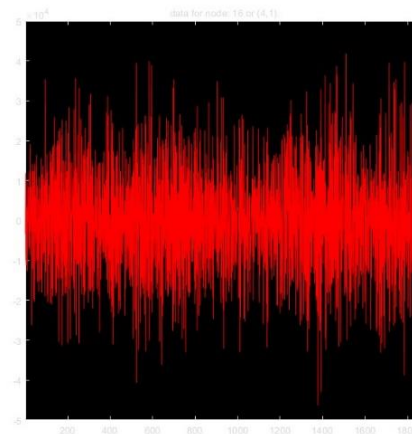
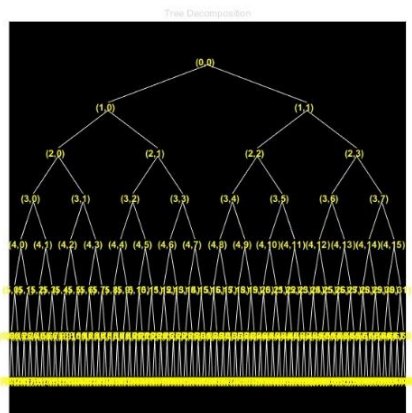
نتیجه تبدیل ویولت روی زیرباند های مورد بررسی مغزی وقتی که فرد در حال استراحت است

مشاهده می شود که انرژی زیرباند گاما در هر دو حالت زیاد است. این روش به نتیجه مورد انتظار نزدیک تر است.

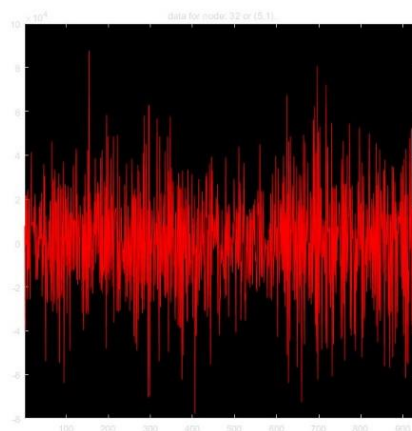
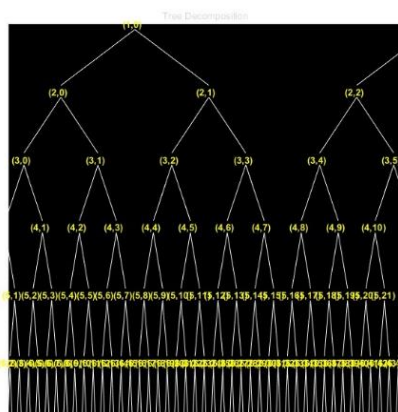
ترتیب انرژی زیرباند ها حاصل از تبدیل فوریه:  $P_{Gamma} > P_{Beta} > P_{Alpha} > P_{Delta} > P_{theta}$

ترتیب انرژی زیرباند ها حاصل از تبدیل ویولت:  $P_{Beta} > P_{Delta} > P_{Gamma} > P_{Alpha} > P_{theta}$

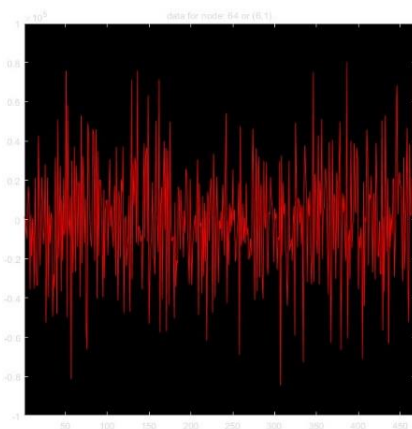
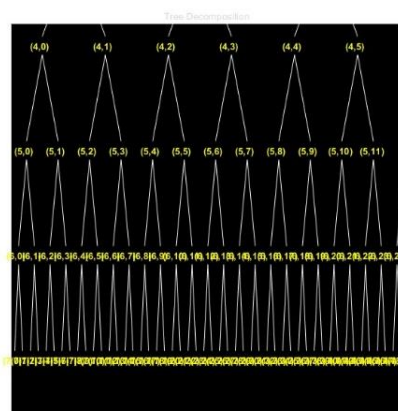
همین روند را برای سیگنال دوم، یعنی وقتی فرد در حال حل مساله ریاضی است، انجام می دهیم.



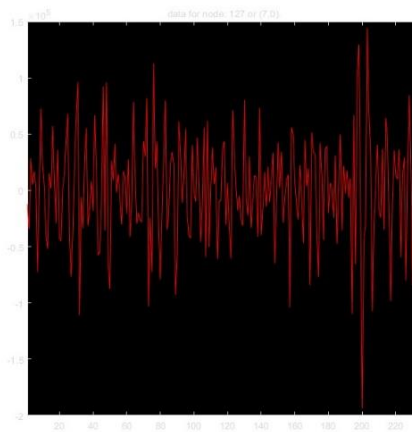
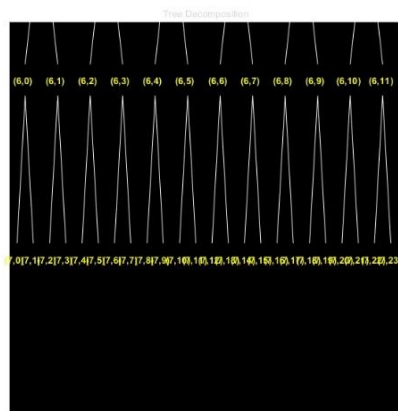
زیرباند گاما با استفاده از تبدیل ویولت



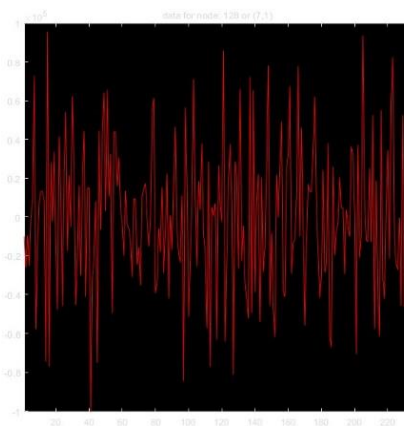
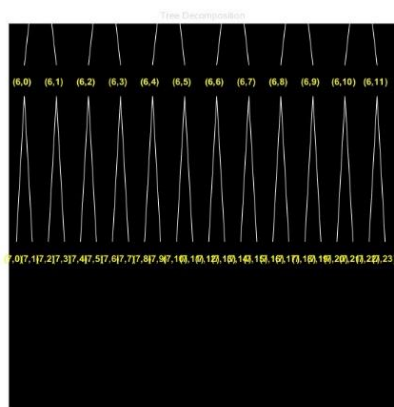
زیرباند بتا محاسبه شده از تبدیل ویولت



زیرباند آلفا محاسبه شده از تبدیل ویولت



زیرباند دلتا محاسبه شده از تبدیل ویولت



زیرباند تتا محاسبه شده از تبدیل ویولت

تبدیل ویولت روی زیرباند های مورد بررسی مغزی وقتی فرد در حال حل مساله ریاضی است

مشاهده می شود که انرژی زیرباند گاما و بتا در هر دو روش از بقیه بیشتر است که مطابق با دانسته های تئوری ماست.

ترتیب انرژی زیرباند ها حاصل از تبدیل فوریه:  $P_{Gamma} > P_{Beta} > P_{Alpha} > P_{Delta} > P_{theta}$

ترتیب انرژی زیرباند ها حاصل از تبدیل ویولت:  $P_{Gamma} > P_{Beta} > P_{Delta} > P_{Alpha} > P_{theta}$

۲.د) آیا نتیجه حاصل از تبدیل فوریه و ویولت یکسان است؟ -

بله. به طور کلی می توان گفت نتیجه در هر دو حالت یکسان است.