علی آراسته - ۹۶۱۰۱۱۶۵

پردازش سیگنال‌های دیجیتال – تمرین کامپیوتری سری اول

۱ پاسخ حوزه زمان معادله تفاضلی

۱-۱

معادله تفاضلی داده شده به صورت زیر است:

$$y[n] + 0.9y[n-2] = 0.3x[n] + 0.6x[n-1] + 0.3x[n-2]$$

برای حل معادله شرط سکون اولیه را در نظر می‌گیریم.

برای حل معادله تفاضلی از تبدیل Z استفاده می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$Y(Z) + 0.9Z^{-2}Y(Z) = 0.3X(Z) + 0.6Z^{-1}X(Z) + 0.3Z^{-2}X(Z)$$

می‌دانیم پاسخ سیستم LTI به ورودی ضربه واحد ($x[n] = \delta[n]$) برابر پاسخ ضربه سیستم ($h[n]$) است. بنابراین داریم:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{0.3 + 0.6Z^{-1} + 0.3Z^{-2}}{1 + 0.9Z^{-2}} = \frac{1}{3} + \frac{-0.033 + 0.6Z^{-1}}{1 + 0.9Z^{-2}}$$

برای محاسبه وارون تبدیل Z از روش گسترش به کسرهای جزئی استفاده می‌کنیم:

$$H(Z) = \frac{1}{3} + \frac{A}{1 - \sqrt{0.9}jZ^{-1}} + \frac{B}{1 + \sqrt{0.9}jZ^{-1}}$$

$$A = (1 - \sqrt{0.9}jZ^{-1}) * \frac{-0.033 + 0.6Z^{-1}}{1 + 0.9Z^{-2}} \mid (Z = \sqrt{0.9}j) = \frac{-0.033 + \frac{0.6}{\sqrt{0.9}j}}{2} = -0.0167 - j0.3162$$

$$B = (1 + \sqrt{0.9}jZ^{-1}) * \frac{-0.033 + 0.6Z^{-1}}{1 + 0.9Z^{-2}} \mid (Z = -\sqrt{0.9}j) = \frac{-0.033 + \frac{0.6}{-\sqrt{0.9}j}}{2} = -0.0167 + j0.3162$$

$$H(Z) = \frac{1}{3} + \frac{-0.0167 - j0.3162}{1 - \sqrt{0.9}jZ^{-1}} + \frac{-0.0167 + j0.3162}{1 + \sqrt{0.9}jZ^{-1}}$$

$$h[n] = \frac{1}{3}\delta[n] + \left((-0.0167 - j0.3162)\left(\sqrt{0.9}j\right)^{n} + (-0.0167 + j0.3162)\left(-\sqrt{0.9}j\right)^{n}\right)u[n]$$

$$h[n] = \begin{cases} 0.3 & n = 0 \\ 0.6324 * \left(\sqrt{0.9}\right)^{n} & n = 4m + 1 \\ 0.0334 * \left(\sqrt{0.9}\right)^{n} & n = 4m + 2 \\ -0.6324 * \left(\sqrt{0.9}\right)^{n} & n = 4m + 3 \\ -0.0334 * \left(\sqrt{0.9}\right)^{n} & n = 4m\,, n \neq 0 \end{cases}$$

$$h[128] = -0.0334 * \left(\sqrt{0.9}\right)^{128} = 3.94681 * 10^{-5}$$

۱-۲

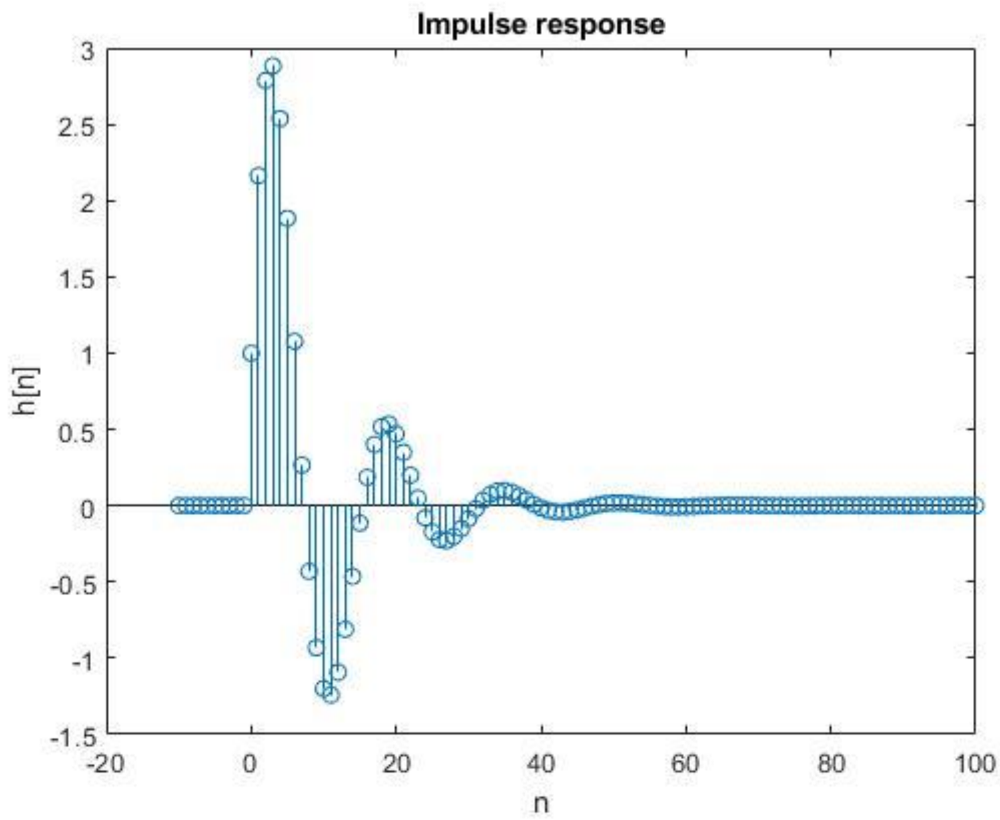
۱-۲-۱

معادله تفاضلی داده شده به صورت زیر است:

$$y[n] - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)y[n-1] + 0.81y[n-2] = x[n] + \frac{1}{2}x[n-1]$$

تابع filter متلب سه پارامتر به عنوان ورودی دریافت می‌کند. پارامتر اول آرایه‌ای حاوی ضرایب ورودی و تاخیریافته‌های آن، پارامتر دوم آرایه‌ای حاوی ضرایب خروجی و تاخیریافته‌های آن و پارامتر سوم آرایه‌ای حاوی مقادیر ورودی در لحظات مورد نظر است. خروجی این تابع آرایه‌ای هم طول آرایه مقادیر ورودی و حاوی مقادیر خروجی در لحظات مورد نظر با فرض سکون اولیه برای سیستم است.

پاسخ ضربه $h[n]$ برابر پاسخ سیستم به ورودی ضربه واحد $\delta[n]$ است. با توجه به موارد گفته شده، پاسخ ضربه سیستم را رسم می‌کنیم.



کد متلب:

```
n = -10:100;
Coefficent_Of_Input = [1 0.5];
Coefficent_Of_Output = [1 -1.8*cos(pi/8) 0.81];
Input = zeros(1,111);
Input(11) = 1;
h = filter(Coefficent_Of_Input,Coefficent_Of_Output,Input);
stem(n,h)
xlabel('n');
```

```
ylabel('h[n]');
title('Impulse response');
```

۱-۲-۲

برای حل معادله شرط سکون اولیه را در نظر می‌گیریم.

برای حل معادله تفاضلی از تبدیل Z استفاده می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$Y(Z) - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1}Y(Z) + 0.81Z^{-2}Y(Z) = X(Z) + \frac{1}{2}Z^{-1}X(Z)$$

می‌دانیم پاسخ سیستم LTI به ورودی ضربه واحد ($x[n] = \delta[n]$) برابر پاسخ ضربه سیستم ($h[n]$) است. بنابراین داریم:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{1 + \frac{1}{2}Z^{-1}}{1 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1} + 0.81Z^{-2}}$$

برای محاسبه وارون تبدیل Z از روش گسترش به کسرهای جزئی استفاده می‌کنیم:

$$H(Z) = \frac{A}{1 - (0.8315 + j0.3444)Z^{-1}} + \frac{B}{1 - (0.8315 - j0.3444)Z^{-1}}$$

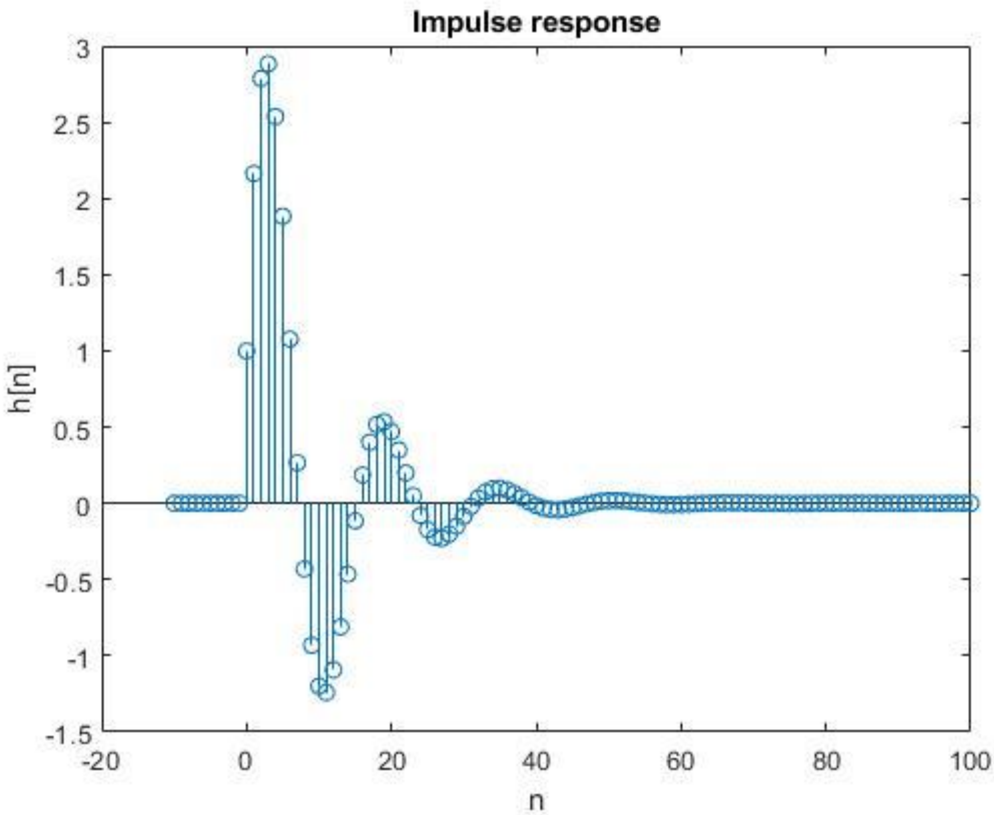
$$A = \left(1 - (0.8315 + j0.3444)Z^{-1}\right) * \frac{1 + \frac{1}{2}Z^{-1}}{1 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1} + 0.81Z^{-2}} \mid (Z = 0.8315 + j0.3444) = 0.5 - j1.933$$

$$B = \left(1 + (0.8315 + j0.3444)Z^{-1}\right) * \frac{1 + \frac{1}{2}Z^{-1}}{1 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1} + 0.81Z^{-2}} \mid (Z = 0.8315 - j0.3444) = 0.5 + j1.933$$

$$H(Z) = \frac{0.5 - j1.933}{1 - (0.8315 + j0.3444)Z^{-1}} + \frac{0.5 + j1.933}{1 - (0.8315 - j0.3444)Z^{-1}}$$

$$h[n] = \left((0.5 - j1.933)(0.8315 + j0.3444)^n + (0.5 + j1.933)(0.8315 - j0.3444)^n\right)u[n]$$

با استفاده از متلب سیگنال $h[n]$ را در بازه $-10 \le n \le 100$ رسم می‌کنیم.



دو شکل تنها در نقطه $n = 0$ تفاوت دارند که آن نیز به علت نحوه تعریف تابع Heaviside است.

کد متلب:

```
n = -10:100;
h = ((0.5 - 1.933i)*(0.8315 + 0.3444i) .^ n + (0.5 + 1.933i)*(0.8315 - 0.3444i) .^ n) .* heaviside(n);
h(11) = h(11) + 1/2;
stem(n,h)
xlabel('n');
ylabel('h[n]');
title('Impulse response');
```

۱-۳

در این بخش ابتدا با بدست آوردن تابع تبدیل $H(Z)$ و محاسبه ریشه‌های مخرج آن، مقادیر P_1 و P_2 را بدست می‌آوریم.

مقادیر P_1 و P_2 را با استفاده از تابع roots متلب استفاده می‌کنیم.

سپس با فرض این که $h[n] = (\alpha p_1{}^n + \beta p_2{}^n)u[n]$ است، داریم:

$$h[0] = \alpha + \beta$$
$$h[1] = \alpha p_1 + \beta p_2$$

برای محاسبه $h[0]$ و $h[1]$، مقادیر $y[0]$ و $y[1]$ را به ازای ورودی $\delta[n]$ و با شرط سکون اولیه بدست می‌آوریم.

دو معادله بدست آمده را به صورت یک دستگاه می‌نویسیم:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ p_1 & p_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h[0] \\ h[1] \end{pmatrix}$$

سپس با حل دستگاه، مقادیر α و β را محاسبه می‌کنیم.

برای سیستم اول داریم:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{1}{3} + \frac{-0.033 + 0.6Z^{-1}}{1 + 0.9Z^{-2}}$$

مراحل بالا را برای قسمت کسری $H(Z)$ انجام می‌دهیم.

$$H_1(Z) = \frac{-0.033 + 0.6Z^{-1}}{1 + 0.9Z^{-2}}$$

ابتدا ریشه‌های مخرج را بدست می‌آوریم.

$$1 + 0.9Z^{-2} = 0$$
$$Z^2 + 0.9 = 0$$
$$p_1 = j\sqrt{0.9}\,, p_2 = -j\sqrt{0.9}$$

سپس مقادیر $h_1[0]$ و $h_1[1]$ را محاسبه می‌کنیم:

$$h_1[0] = h[0] - \frac{1}{3} = 0.3 - \frac{1}{3} = -0.033$$
$$h_1[1] = h[1] = 0.6$$

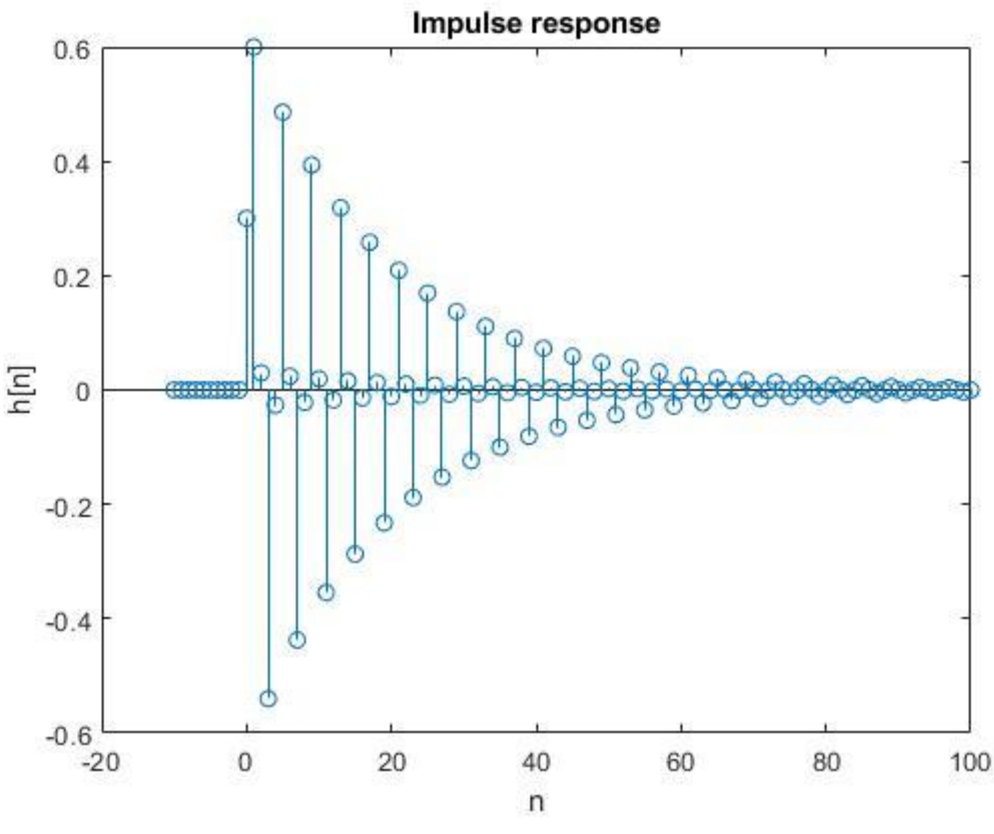
با حل دستگاه مقادیر α و β را محاسبه می‌کنیم.

$$\alpha = -0.0167 - j0.3162, \beta = -0.0167 + j0.3162$$

در نتیجه پاسخ ضربه به صورت زیر بدست می‌آید.

$$h[n] = \frac{1}{3}\delta[n] + h_1[n]$$

$$h[n] = \frac{1}{3}\delta[n] + \left((-0.0167 - j0.3162)\left(\sqrt{0.9}j\right)^n + (-0.0167 + j0.3162)\left(-\sqrt{0.9}j\right)^n\right)u[n]$$



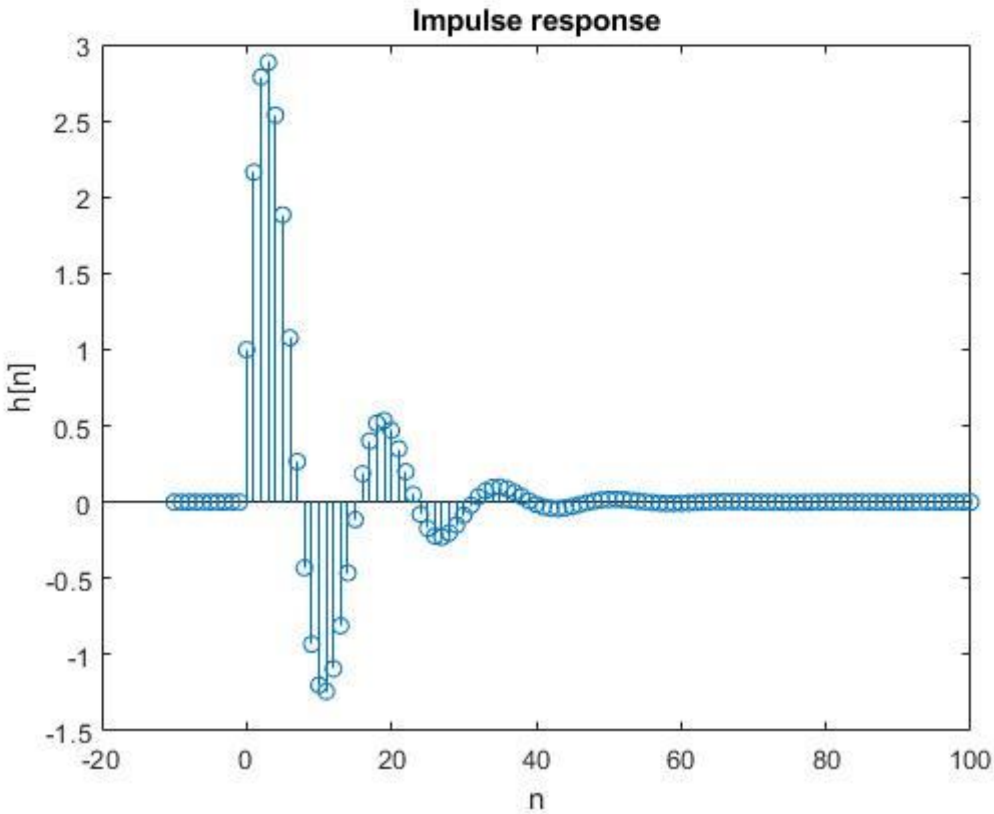
برای سیستم دوم داریم:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{1 + \frac{1}{2}Z^{-1}}{1 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1} + 0.81Z^{-2}}$$

ابتدا ریشه‌های مخرج را بدست می‌آوریم.

$$1 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z^{-1} + 0.81Z^{-2} = 0$$

$$Z^2 - 1.8\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)Z + \ 0.81 = 0$$
$$p_1 = 0.8315 + j0.3444\,, p_2 = 0.8315 - j0.3444$$
سپس مقادیر $h_1[0]$ و $h_1[1]$ را محاسبه می‌کنیم:
$$h[0] = 1$$
$$h[1] = 2.3$$
با حل دستگاه مقادیر α و β را محاسبه می‌کنیم.
$$\alpha = \ 0.5 - j1.933, \beta = 0.5 + j1.933$$
در نتیجه پاسخ ضربه به صورت زیر بدست می‌آید.
$$h[n] = ((0.5 - j1.933)(0.8315 + j0.3444)^n + (0.5 + j1.933)(0.8315 - j0.3444)^n)u[n]$$



کد متلب:

سیستم اول:

```
P = roots([1 0 0.9]);
P1 = P(1);
P2 = P(2);
h0 = -0.033;
h1 = 0.6;
A = [1 1;P1 P2];
B = [h0 h1];
Coefficent = A\B';
```

```
Alpha = Coefficent(1);
Beta = Coefficent(2);
n = -10:100;
h = (Alpha * P1.^n + Beta * P2.^n) .* heaviside(n);
h(11) = h(11) + 1/3 + 1/2 * -0.033;
stem(n,h)
xlabel('n');
ylabel('h[n]');
title('Impulse response');
```

سیستم دوم:

```
P = roots([1 -1.8*cos(pi/8) 0.81]);
P1 = P(1);
P2 = P(2);
h0 = 1;
h1 = 0.5 + 1.8*cos(pi/8);
A = [1 1;P1 P2];
B = [h0 h1];
Coefficent = A\B';
Alpha = Coefficent(1);
Beta = Coefficent(2);
n = -10:100;
h = (Alpha * P1.^n + Beta * P2.^n) .* heaviside(n);
h(11) = h(11) + 1/2;
stem(n,h)
xlabel('n');
ylabel('h[n]');
title('Impulse response');
```

۲ تبدیل فوریه زمان گسسته

۲-۱

در این قسمت از دو دستور متلب یعنی fft و fftshift استفاده می‌کنیم.

تابع fft متلب دو پارامتر ورودی دارد. پارامتر اول آرایه‌ای حاوی مقادیر ورودی و پارامتر دوم تعداد نقاطی است که تبدیل فوریه باید در آن‌ها محاسبه شود. خروجی آرایه‌ای حاوی مقدار تبدیل فوریه گسسته ورودی در نقاطی به تعداد ورودی در بازه 0 تا 2π است.

تابع fftshift متلب یک ورودی دارد. ورودی آرایه‌ای حاوی مقادیر تبدیل فوریه گسسته یک سیگنال در n نقطه در بازه 0 تا 2π است. خروجی آرایه‌ای حاوی مقادیر تبدیل فوریه گسسته همان سیگنال در n نقطه در بازه $-\pi$ تا π است.

کد متلب:

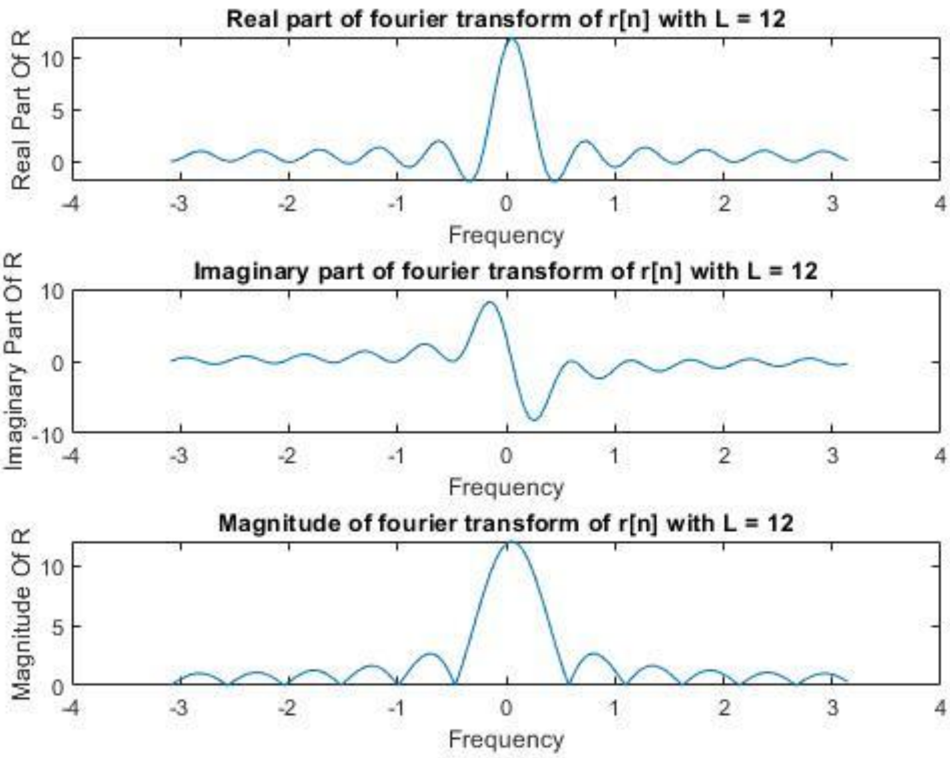
```
function Output = DTFT(Input,n)
Output = fft(Input,n);
Output = fftshift(Output);
end
```

۲-۲ تبدیل فوریه یک پالس

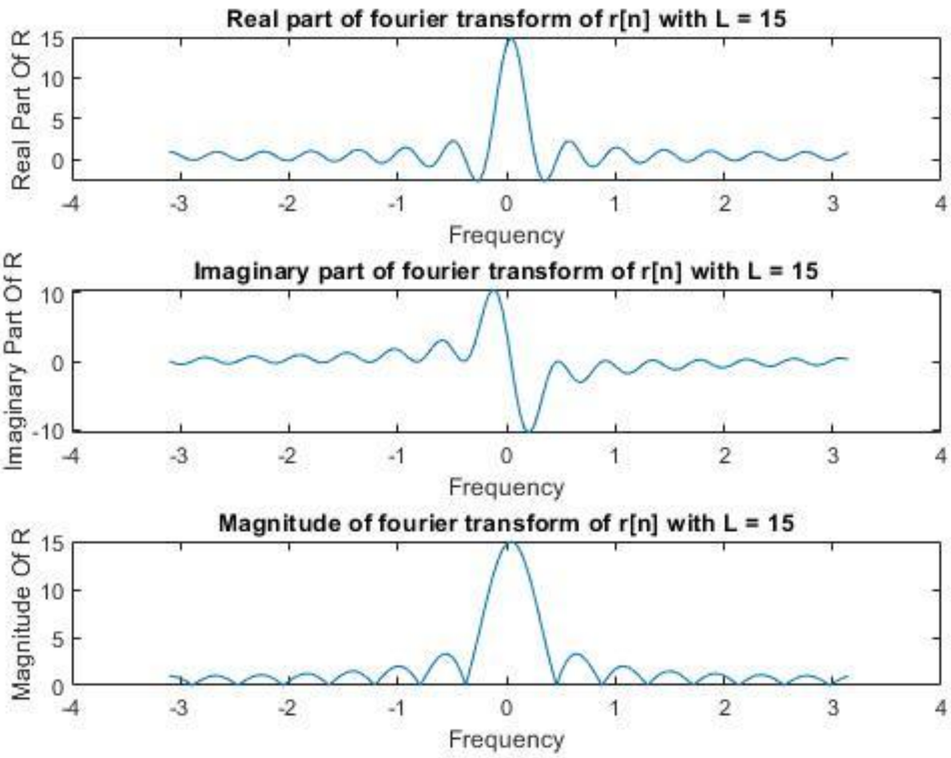
۲-۲-۱

تعداد نمونه‌های فرکانسی را ۱۰ برابر طول پالس در نظر می‌گیریم.

$L = 12$:



:L = 15



با افزایش مقدار L، سیگنال ورودی به پله واحد نزدیک‌تر می‌شود و در نتیجه سرعت میرایی تبدیل فوریه آن نیز زیاد می‌شود. یعنی دامنه Peak اصلی افزایش می‌یابد و فاصله Peak ها از یکدیگر کمتر می‌شود. به عبارت دیگر هرچه مقدار L بیشتر باشد، رفتار تبدیل فوریه آن به ضربه شبیه‌تر می‌شود و هرچه مقدار L کمتر باشد توزیع تبدیل فوریه در فرکانس‌های بیشتری گسترش می‌یابد.

ویژگی دیگر این است که در هر دو تبدیل فوریه، قسمت حقیقی و اندازه زوج و قسمت موهومی فرد است.

کد متلب:

:L = 12

```
L = 12;
r = ones(1,L);
R = DTFT(r,10*L);
Real_Part_Of_R = real(R);
Imaginary_Part_Of_R = imag(R);
Magnitude_Of_R = abs(R);
Omega = ((1:size(R,2))*(2*pi/size(R,2))) - pi;
subplot(3,1,1)
plot(Omega,Real_Part_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Real Part Of R');
title('Real part of fourier transform of r[n] with L = 12');
subplot(3,1,2)
plot(Omega,Imaginary_Part_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Imaginary Part Of R');
title('Imaginary part of fourier transform of r[n] with L = 12');
```

```
subplot(3,1,3)
plot(Omega,Magnitude_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of R');
title('Magnitude of fourier transform of r[n] with L = 12');
```

:L = 15

```
L = 15;
r = ones(1,L);
R = DTFT(r,10*L);
Real_Part_Of_R = real(R);
Imaginary_Part_Of_R = imag(R);
Magnitude_Of_R = abs(R);
Omega = ((1:size(R,2))*(2*pi/size(R,2))) - pi;
subplot(3,1,1)
plot(Omega,Real_Part_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Real Part Of R');
title('Real part of fourier transform of r[n] with L = 15');
subplot(3,1,2)
plot(Omega,Imaginary_Part_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Imaginary Part Of R');
title('Imaginary part of fourier transform of r[n] with L = 15');
subplot(3,1,3)
plot(Omega,Magnitude_Of_R);
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of R');
title('Magnitude of fourier transform of r[n] with L = 15');
```

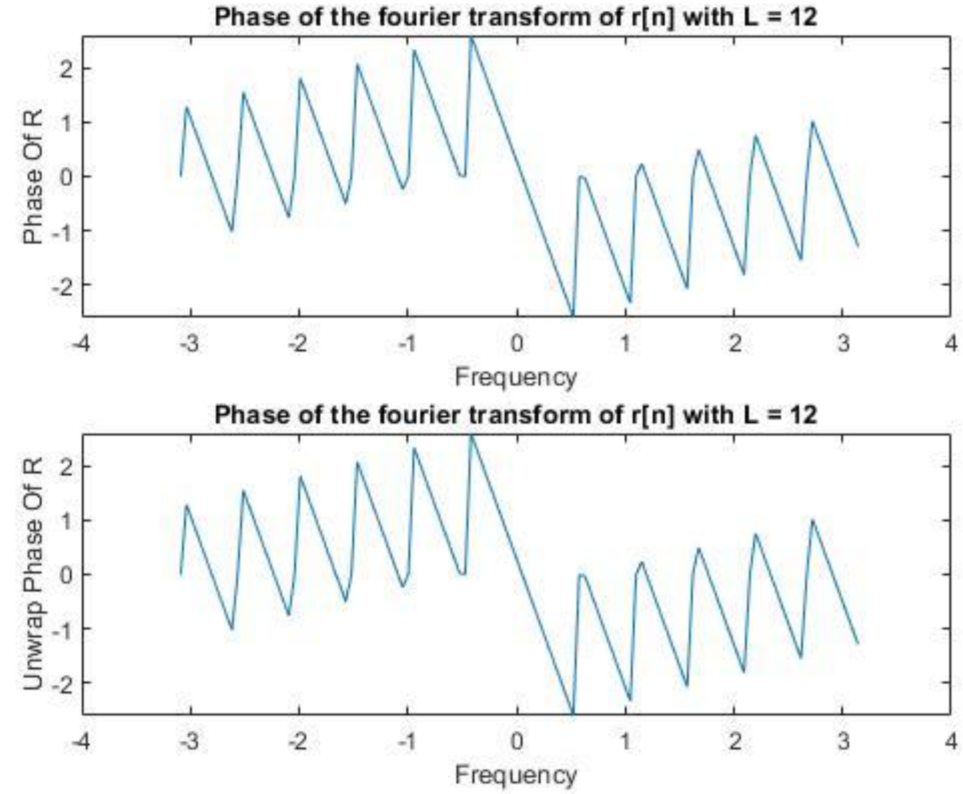
۲-۲-۲

با استفاده از دستور angle فاز تبدیل فوریه را بدست آوریم.

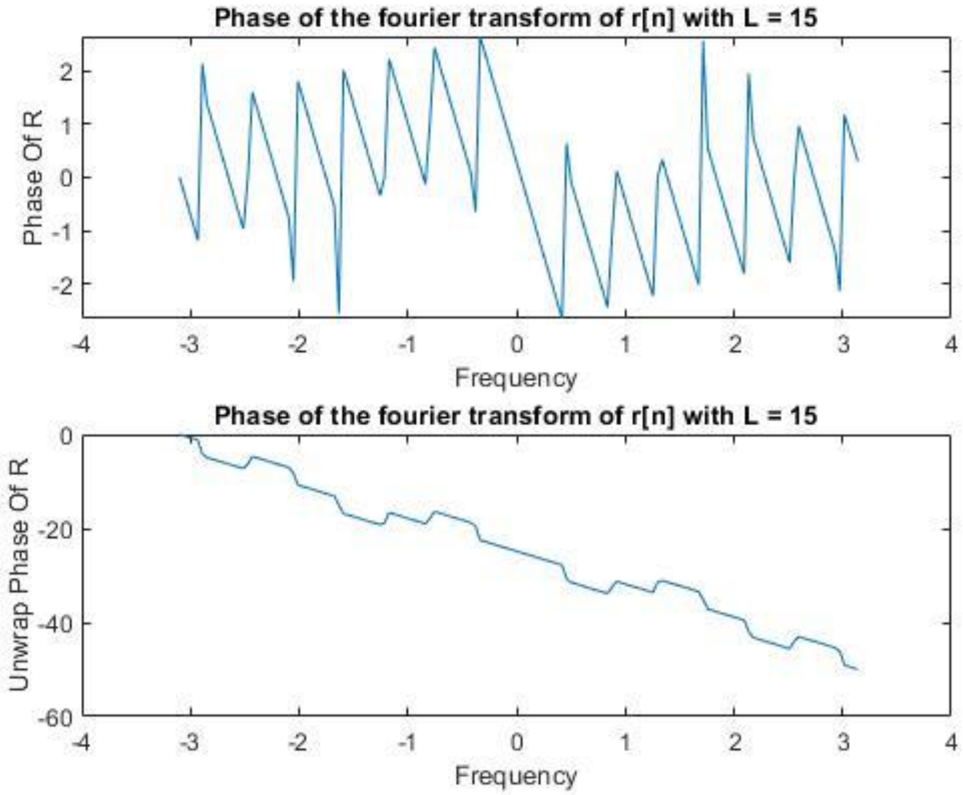
در این بخش از تابع unwrap متلب استفاده می‌کنیم.

تابع unwrap یک پارامتر ورودی دارد. پارامتر ورودی آرایه‌ای حاوی مقادیر فاز است. این تابع بررسی می‌کند که آیا جمع کردن یک درایه از آرایه ورودی با مضربی از 2π باعث می‌شود تا فاصله آن درایه از درایه قبلی کمتر شود. این کار باعث می‌شود تا تابع فاز هموارتر شود و تغییرات شدید نداشته باشد.

:L = 12



$L = 15$:



کد متلب:

$L = 12$:

```
L = 12;
n = 1:10*L;
r = ones(1,L);
R = DTFT(r,10*L);
```

```
Phase_Of_R = angle(R);
Unwrap_Phase_Of_R = unwrap(Phase_Of_R);
Omega = n*(2*pi/length(n)) - pi;
subplot(2,1,1)
plot(Omega,Phase_Of_R)
xlabel('Frequency');
ylabel('Phase Of R');
title('Phase of the fourier transform of r[n] with L = 12');
subplot(2,1,2)
plot(Omega,Unwrap_Phase_Of_R)
xlabel('Frequency');
ylabel('Unwrap Phase Of R');
title('Phase of the fourier transform of r[n] with L = 12');
```

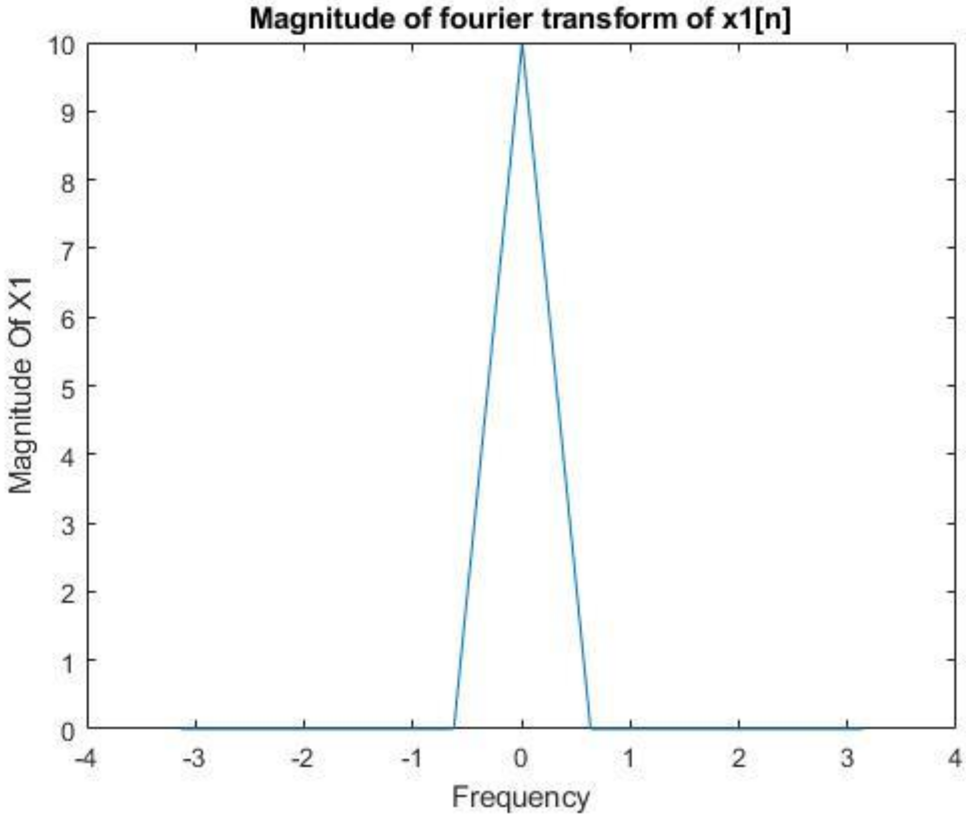
$L = 15$:

```
L = 15;
n = 1:10*L;
r = ones(1,L);
R = DTFT(r,10*L);
Phase_Of_R = angle(R);
Unwrap_Phase_Of_R = unwrap(Phase_Of_R);
Omega = n*(2*pi/length(n)) - pi;
subplot(2,1,1)
plot(Omega,Phase_Of_R)
xlabel('Frequency');
ylabel('Phase Of R');
title('Phase of the fourier transform of r[n] with L = 15');
subplot(2,1,2)
plot(Omega,Unwrap_Phase_Of_R)
xlabel('Frequency');
ylabel('Unwrap Phase Of R');
title('Phase of the fourier transform of r[n] with L = 15');
```

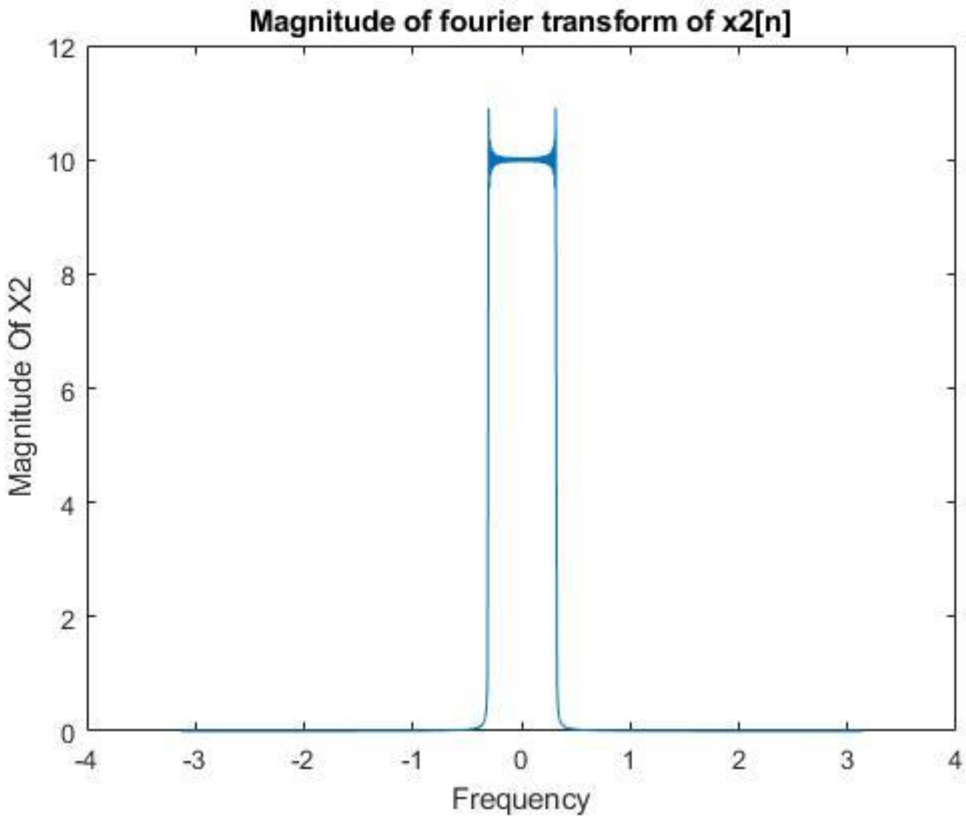
۲-۳

سیگنال‌های داده شده برای مقادیر منفی نیز مقدار دارند. بنابراین برای انتخاب ۱۰۰۰ نقطه از از سیگنال‌ها، مقادیر ۴۹۹- تا ۵۰۰ را در نظر می‌گیریم.

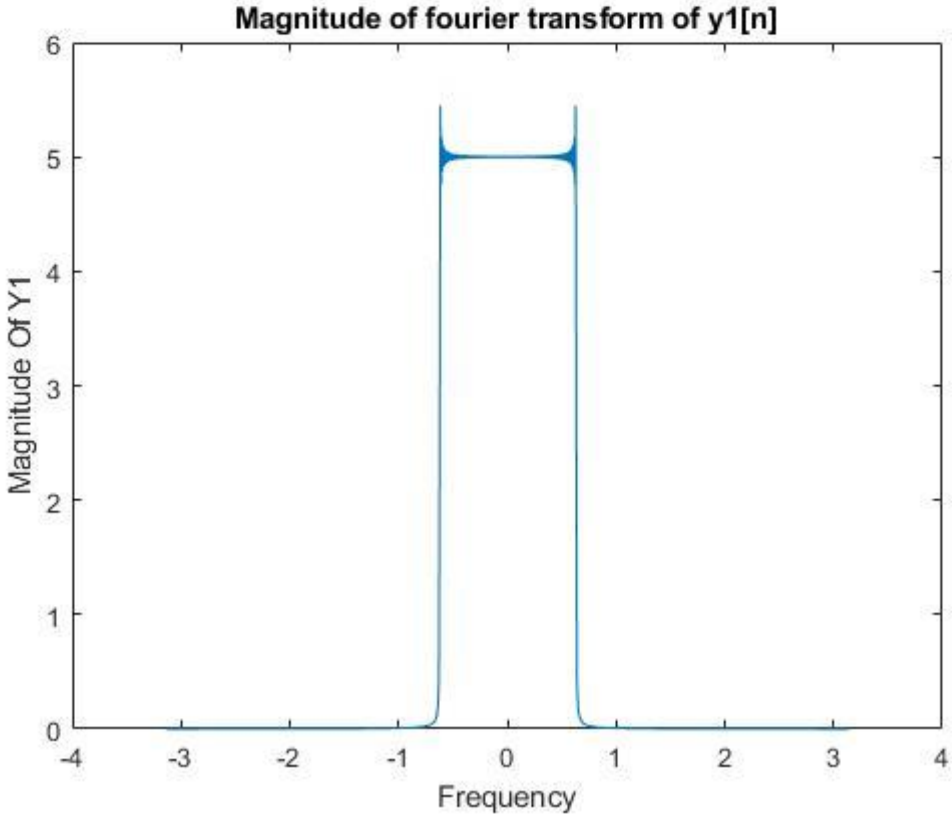
(a


Magnitude of fourier transform of x1[n]
Magnitude Of X1
Frequency
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4

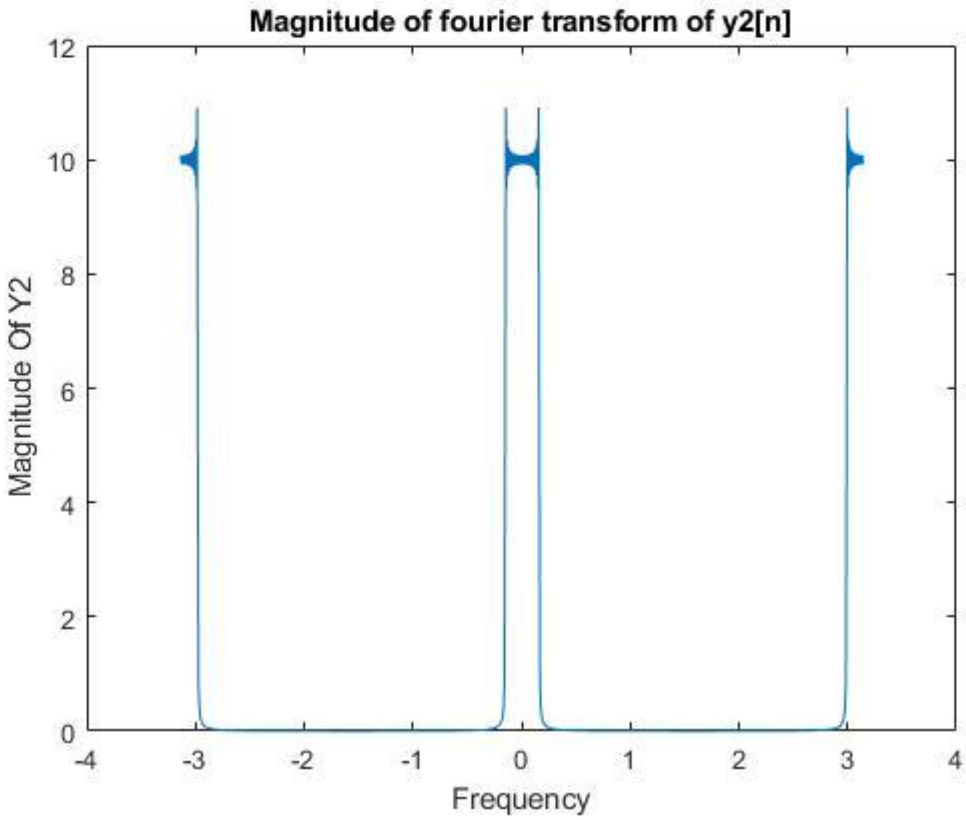
(b


Magnitude of fourier transform of x2[n]
Magnitude Of X2
Frequency
12
10
8
6
4
2
0
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4

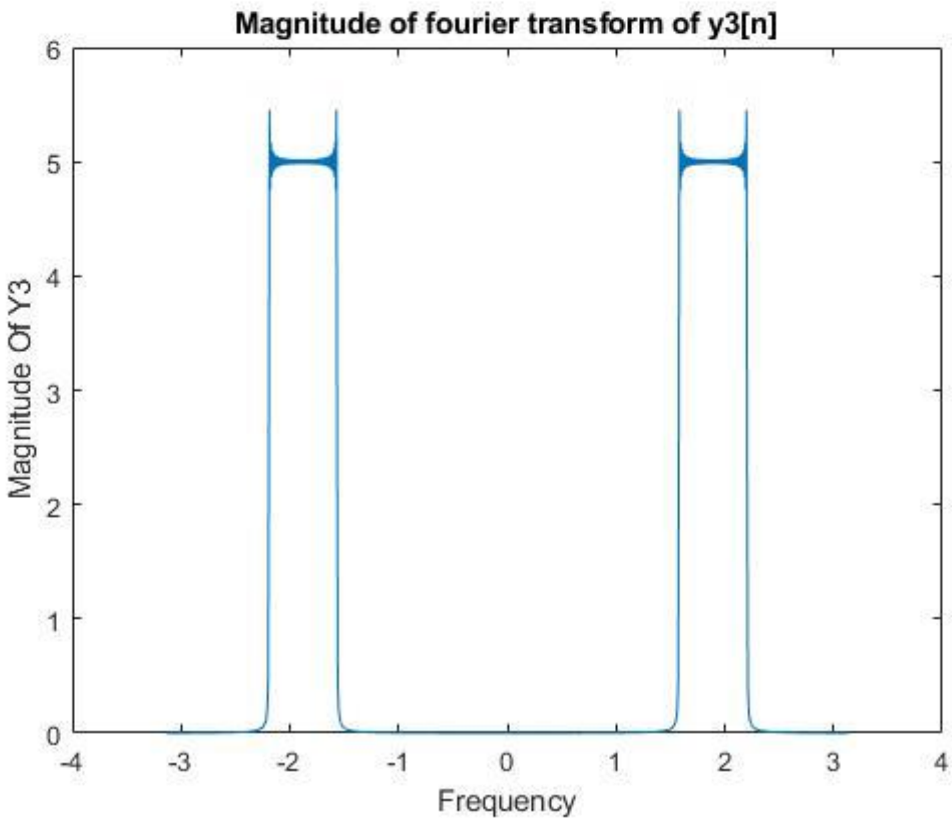
(c


Magnitude of fourier transform of y1[n]
Magnitude Of Y1
Frequency
6
5
4
3
2
1
0
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4

(d


Magnitude of fourier transform of y2[n]
Magnitude Of Y2
Frequency
12
10
8
6
4
2
0
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4

e)



چون $x_1[n]$ به صورت $\text{sinc}(\frac{n}{10})^2$ است، تبدیل فوریه آن به صورت مثلث است.

از طرف دیگر چون $x_2[n]$ به صورت $\text{sinc}(\frac{n}{10})$ است، تبدیل فوریه آن به صورت پالس است و چون $x_1[n]$ برابر حاصل ضرب $x_2[n]$ در خودش است، تبدیل فوریه آن برابر $\frac{1}{2\pi}$ کانولوشن تبدیل فوریه $x_2[n]$ در خودش است و چون کانولوشن پالس در خودش برابر مثلث است، با نتیجه بدست آمده مطابقت دارد.

$$x_2[n] \times x_2[n] = x_2[n]^2 \xrightarrow{F} \frac{1}{2\pi} X_2(\omega) * X_2(\omega)$$

می‌دانیم که اگر یک سیگنال در حوزه زمان با ضریب M جمع شود ، در حوزه فرکانس با ضریب $\frac{1}{M}$ کشیده می‌شود و دامنه آن در $\frac{1}{M}$ ضرب می‌شود. همان طور که مشاهده می‌شود ، تبدیل فوریه $y_1[n]$ نسبت به تبدیل فوریه $x_2[n]$ با ضریب ۲ کشیده شده و دامنه آن در $\frac{1}{2}$ ضرب شده است.

$$x[Mn] \xrightarrow{F} \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} X(\frac{\omega - 2k\pi}{M})$$

می‌دانیم که اگر یک سیگنال را در حوزه زمان با ضریب M گسترش زمانی یابد، در حوزه فرکانس با ضریب M فشرده می‌شود. همان طور که مشاهده می‌شود تبدیل فوریه $y_2[n]$ نسبت به تبدیل فوریه $x_2[n]$ با ضریب ۲ فشرده شده است.

$$\begin{cases} x(\frac{n}{M}) & n = kM \\ 0 & n \neq kM \end{cases} \xrightarrow{F} X(M\omega)$$

می‌دانیم که اگر یک سیگنال را در حوزه زمان در sin یا cos ضرب کنیم ، طبق خاصیت مدولاسیون دامنه‌ی آن در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌شود و به اندازه فرکانس sin یا cos یک نمونه به سمت چپ و یک نمونه به سمت راست شیفت می‌یابد.

$$x[n] \times \sin(\omega_0 n) \xrightarrow{F} \frac{1}{2j}(X(\omega - \omega_0) - X(\omega + \omega_0))$$

$$x[n] \times \cos(\omega_0 n) \xrightarrow{F} \frac{1}{2}(X(\omega - \omega_0) - X(\omega + \omega_0))$$

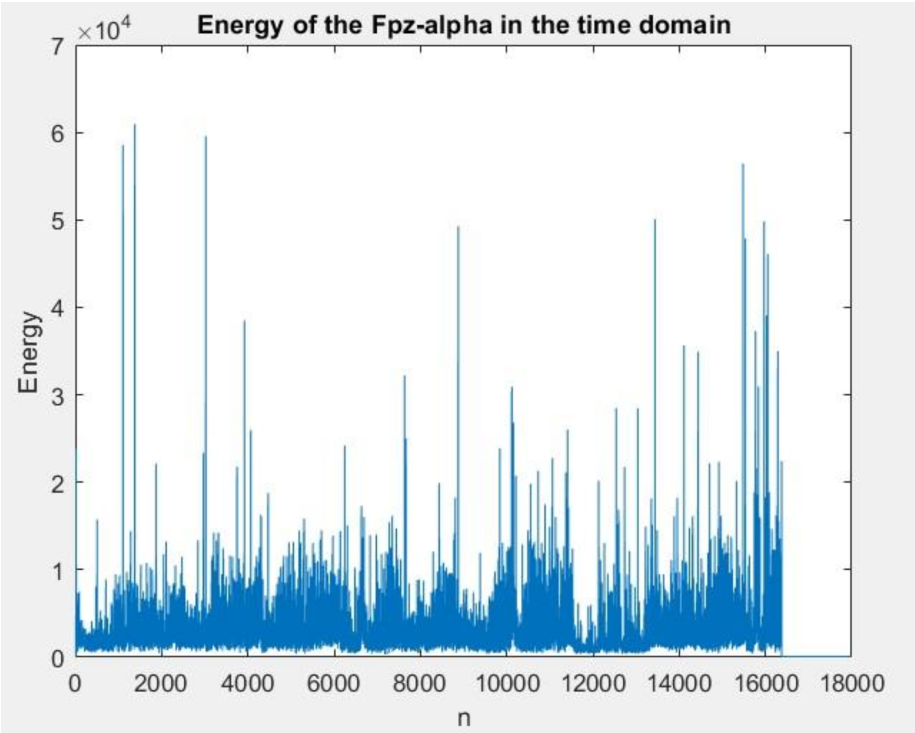
کد متلب:

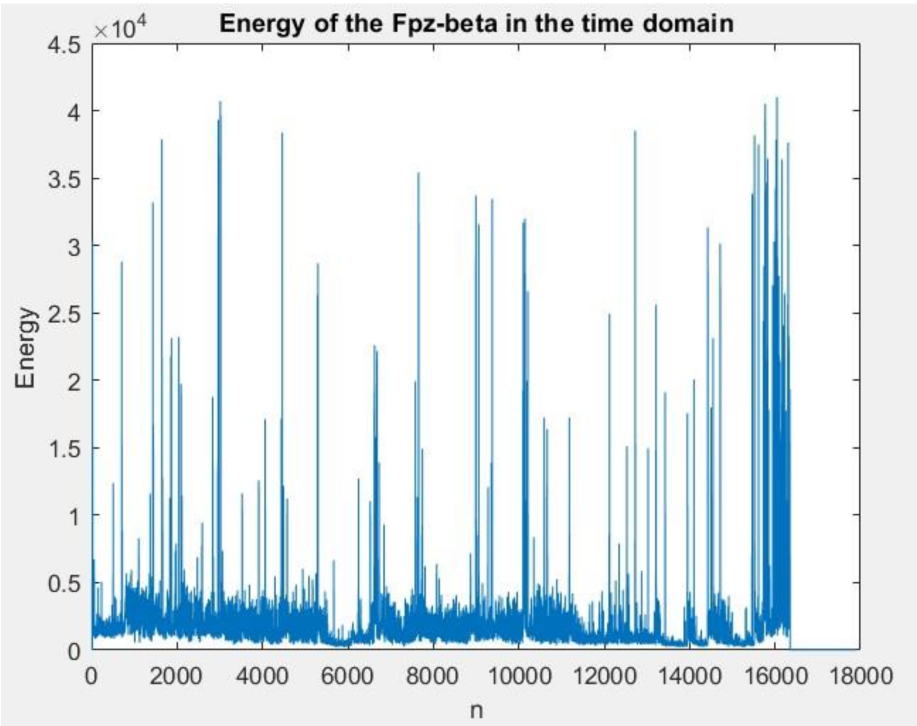
```
n = -499:500;
x1 = (sin(pi*n/10).^2)./((pi*n/10).^2);
x1(500) = 1;
x2 = (sin(pi*n/10))./((pi*n/10));
x2(500) = 1;
y1 = (sin(pi*n/5))./((pi*n/5));
y1(500) = 1;
y2 = zeros(1,1000);
y2(2:2:1000) = x2(251:1:750);
y3 = x2 .* sin(2*pi*0.3*n);
X1 = DTFT(x1,length(x1));
X2 = DTFT(x2,length(x2));
Y1 = DTFT(y1,length(y1));
Y2 = DTFT(y2,length(y2));
Y3 = DTFT(y3,length(y3));
Magnitude_Of_X1 = abs(X1);
Magnitude_Of_X2 = abs(X2);
Magnitude_Of_Y1 = abs(Y1);
Magnitude_Of_Y2 = abs(Y2);
Magnitude_Of_Y3 = abs(Y3);
Omega = n*(pi/500);
figure();
plot(Omega,Magnitude_Of_X1)
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of X1');
title('Magnitude of fourier transform of x1[n]');
figure();
plot(Omega,Magnitude_Of_X2)
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of X2');
title('Magnitude of fourier transform of x2[n]');
figure();
plot(Omega,Magnitude_Of_Y1)
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of Y1');
title('Magnitude of fourier transform of y1[n]');
figure();
```

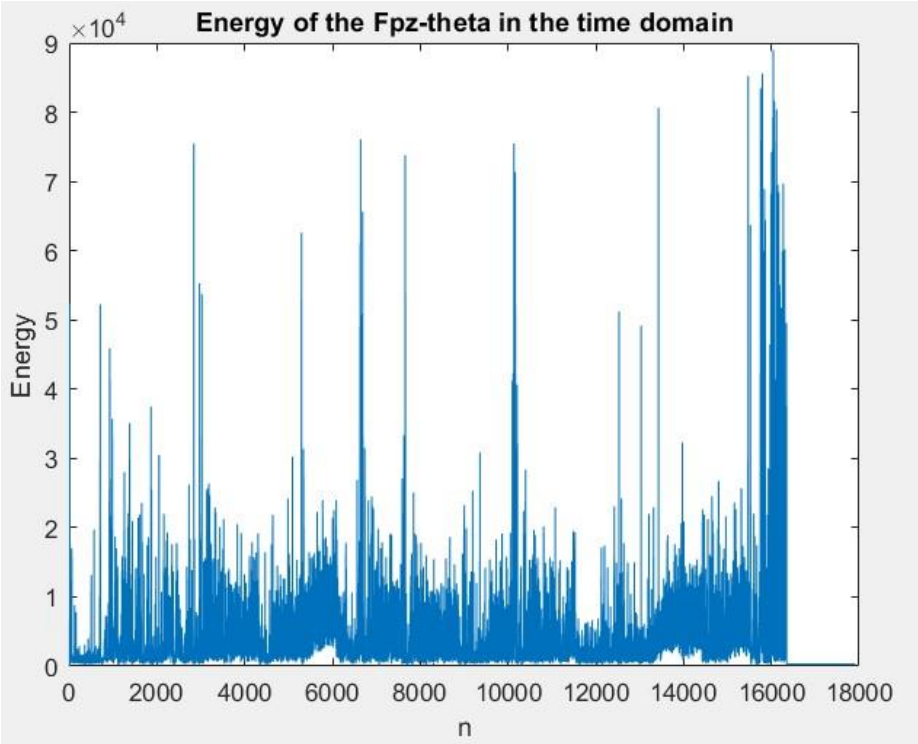
```
plot(Omega,Magnitude_Of_Y2)
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of Y2');
title('Magnitude of fourier transform of y2[n]');
figure();
plot(Omega,Magnitude_Of_Y3)
xlabel('Frequency');
ylabel('Magnitude Of Y3');
title('Magnitude of fourier transform of y3[n]');
```

۳ کار با داده واقعی

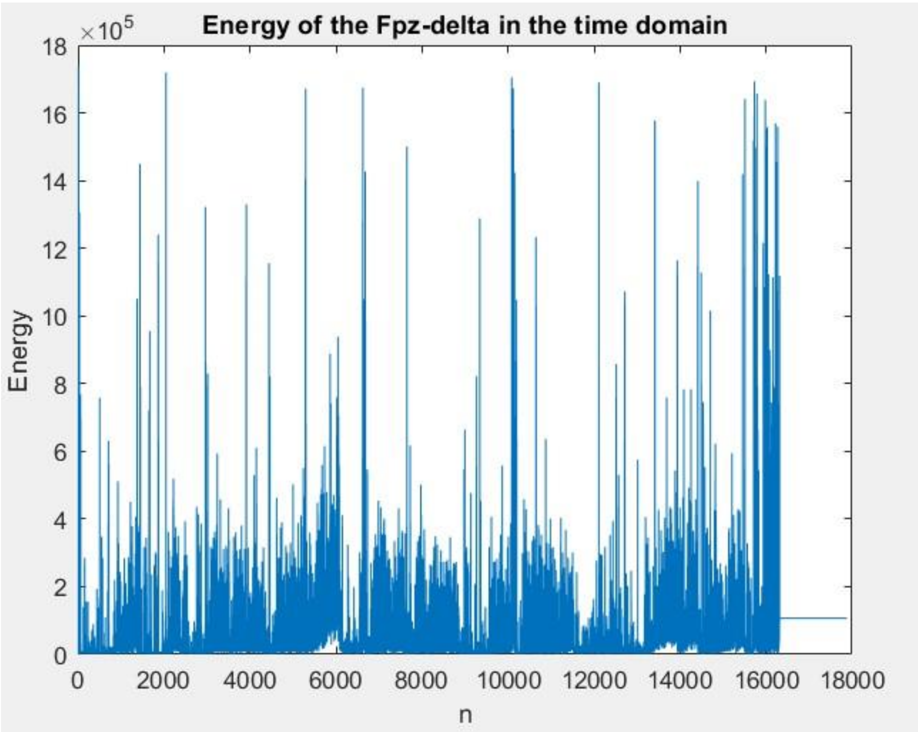
با انجام مراحل گفته شده در دستور کار نمودارهای خواسته شده را رسم می‌کنیم.



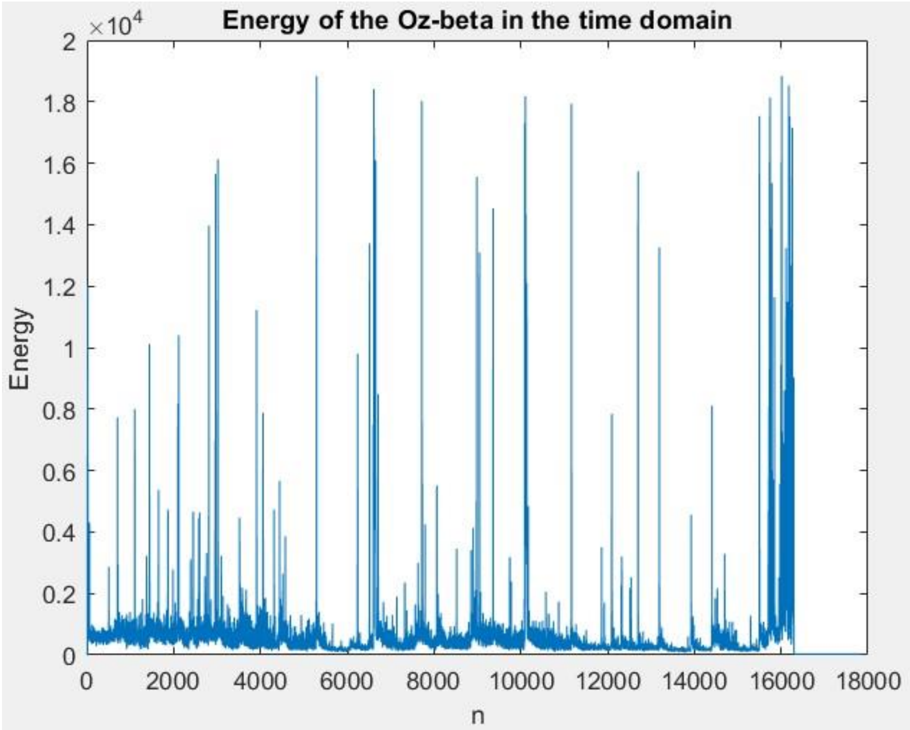


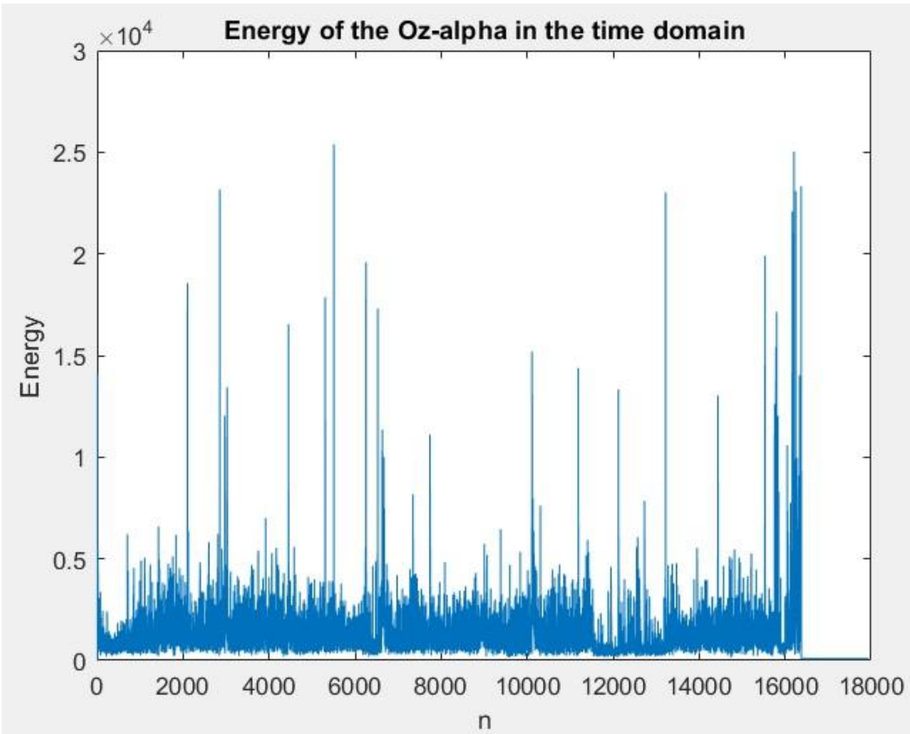


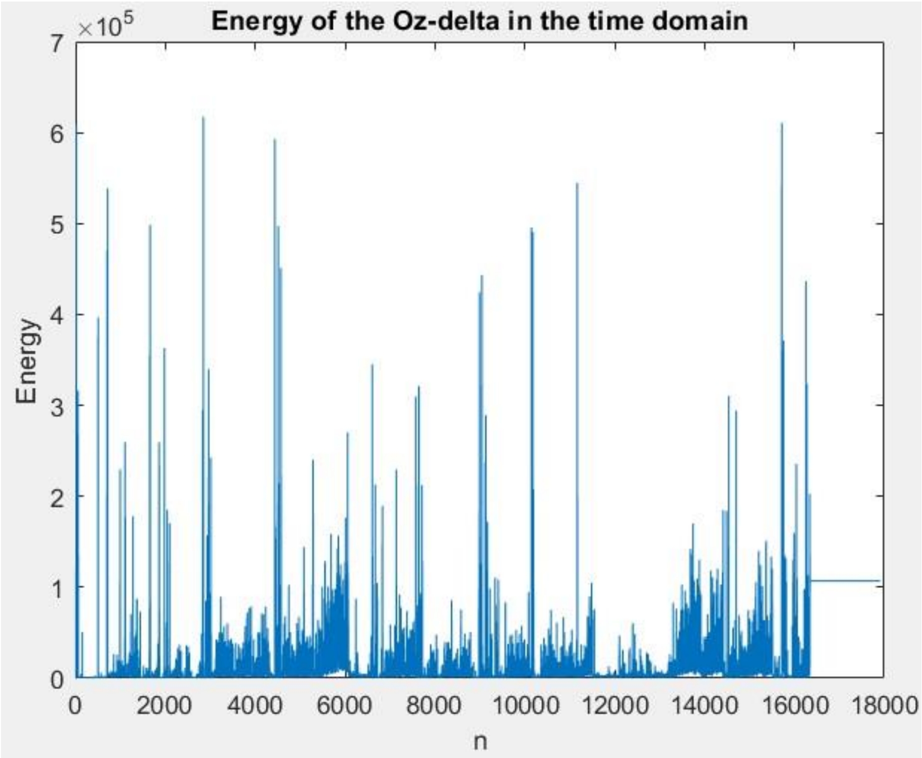
Energy of the Fpz-theta in the time domain
×10^4
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Energy
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
n

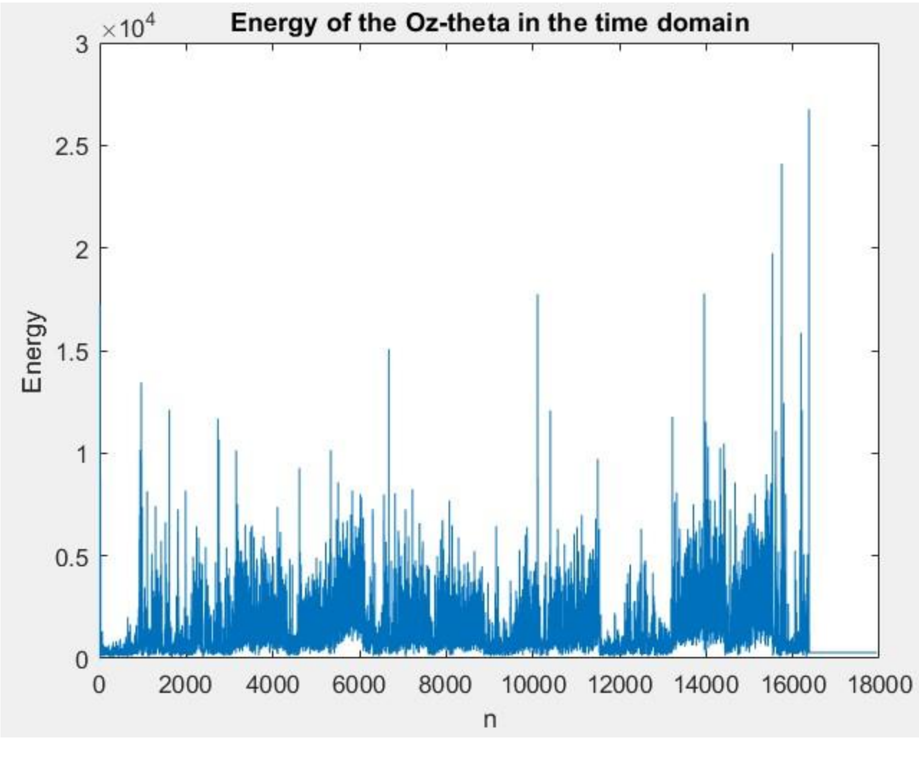


Energy of the Fpz-delta in the time domain
×10^5
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Energy
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
n


Energy of the Oz-beta in the time domain
$\times 10^4$
Energy
n
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000


Energy of the Oz-alpha in the time domain
$\times 10^4$
Energy
n
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000





داده گیری با EEG با چند کانال انجام می‌گیرد. هر کدام از این کانال‌ها به یک ناحیه سر متصل می‌گردند. کانال Fpz مربوط به قسمت جلویی سر و کانال Oz مربوط به قسمت پشتی سر است.

سیگنال‌های EEG ۴ باند فرکانسی مختلف داند که عبارت اند از: Alpha، Beta، Delta، Theta

Alpha: این باند مربوط به فرکانس ۷/۵ تا ۱۳هرتز است. این سیگنال‌ها در قسمت‌های عقبی سر بهتر دیده می‌شوند. در قسمتی که غالب است، دامنه بسیار بزرگی دارد. این سیگنال هنگامی که فرد چشمانش را بسته و در حال استراحت است به وجود آمده و هنگامی که فرد چشمانش را باز کند و با یک مکانیسمی مثل فکر کردن هوشیار گردد، ناپدید می‌شود. این باند ریتم غالبی است که در بزرگسالان نرمال و در حال استراحت دیده می‌شود. و بعد از ۱۳ سالگی تقریبا در تمام روز به وجود می‌آید.

Beta: این باند شامل فرکانس‌های بزرگتر از ۱۴ هرتز است. فعالیت بتا، فعالیت بسیار سریعی است. این سیگنال در هر دو سمت با توزیع تقریباً یکسانی به وجود می‌آید و بیشتر در قسمت جلویی سر پدیدار می‌شود. این فرکانس با داروهای آرام‌بخش به مقدار قابل توجهی برجسته می‌شود. در قسمت‌هایی که قشر مغز آسیب دیده است به شدت تضعیف می‌شود و یا حذف می‌گردد. این باند به عنوان یک ریتم نرمال در نظر گرفته می‌شود و ریتم غالب در بیمارانی است که نگران و هوشیار اند و چشمانشان باز است.

Delta: این باند شامل فرکانس‌های کمتر از ۳ هرتز است. این باند بیشترین دامنه و آهسته‌ترین موج را دارد. این ریتم غالب در نوزادان تا یک سال و همچنین مرحله ۳ و ۴ خواب است. این سیگنال در بزرگسالان در قسمت جلوی سر و در کودکان در قسمت عقبی سر غالب است.

Theta: این باند شامل فرکانس‌های ۳/۵ تا ۷/۵ هرتز است. به عنوان فعالیت‌های آهسته طبقه‌بندی می‌شود. پدیده‌ای کاملاً طبیعی در کودکان زیر ۱۳ سال و پدیده‌ای غیر طبیعی در بزرگسالان است و می‌تواند نمایانگر ضایعه‌های مغزی در قسمت‌های زیر قشر مغز باشد.