



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر



مخابرات بی سیم

دکتر صباغیان

تمرین کامپیوتری اول

سروش مس فروش مشهد

ش.د: ۸۱۰۱۹۸۴۷۲

بهار ۰۲

فهرست مطالب

۳	۱ پرسش ۱
۳	۱.۱ الف
۵	۲.۱ ب
۷	۳.۱ ج
۹	۴.۱ د
۱۰	۵.۱ ه
۱۰	۱.۵.۱ محاسبات تئوری
۱۰	۲.۵.۱ شبیه سازی
۱۱	۲ پرسش ۲
۱۲	۱.۲ الف
۱۵	۲.۲ ب

۱ پرسش

پیش از هر چیزی اطلاعات مساله را برای سهولت عنوان می کنیم.

$$N = 10^5, \quad d_0 = 10m, \quad D = 1km, \quad n = 4, \quad P_0 = 1\mu W$$

$$N_0 = -175 \frac{dBm}{Hz}, \quad B.W = 1MHz$$

۱.۱ الف

در این قسمت توان سیگنال را برای هر کاربر به کمک رابطه زیر عرضه کرده و نمودار CDF را رسم کردیم.

```

1 N = 1e5; %Number of users
2 d_0 = 10; %Minimum Distance of user to BS
3 D = 1000; %Maximum Distance of user to BS
4 n = 4; %Path loss exponent
5 N_0dBm = -175;
6 BW = 1e6; %Bandwidth

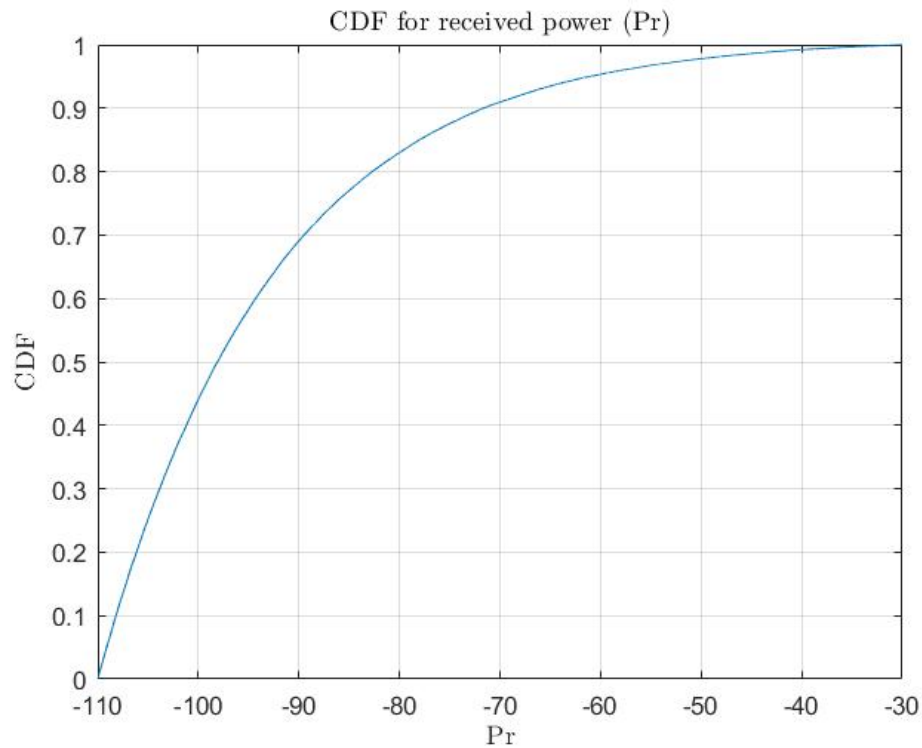
```

Figure 1: Preliminary Definitions

```
1 DistVec = (D-d_0).*rand(N,1,'double') +d_0;
2 P0 = 10.*log10(1e-6);
3 P0_dBm = P0+30;
4 Pr_dBm = P0_dBm - 10*n.*log10(sort(DistVec)/d_0);
5 cdfplot(Pr_dBm)
6 xlabel('Pr','Interpreter','latex')
7 ylabel('CDF','Interpreter','latex')
8 title('CDF for received power (Pr)','Interpreter','
```

```
latex')
```

Figure 2: Code to plot CDF



شکل ۳: CDF for received power (Pr)

مقادیر توان دریافت شده هر کاربر در بردار Pr_dBm ذخیره شده است.

۲.۱ ب

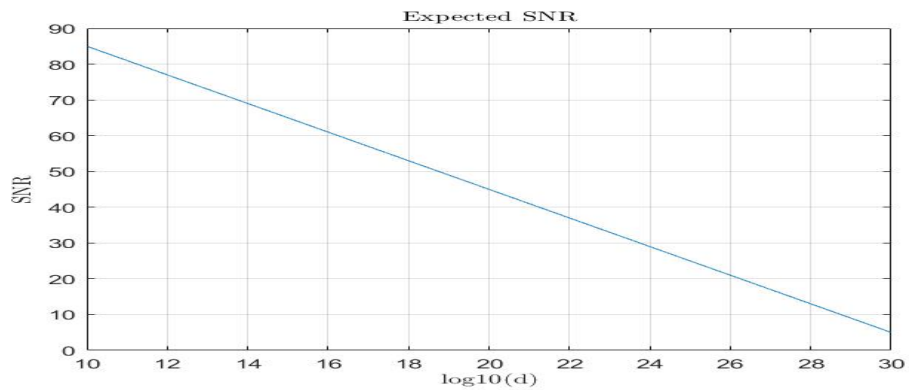
در این قسمت نمودار $SNR = P_r^{dBm} - P_n^{dBm}$ را بر حسب فاصله رسم می‌کنیم.

```

1 N0_dB = N_0dBm - 30;
2 N0 = 10^(N0_dB/10);
3 Pnoise = N0*BW;
4 Pnoise_dBm = 10*log10(Pnoise) + 30;
5 SNR = Pr_dBm-Pnoise_dBm;
6 dplot =10.*log10(sort(DistVec));
7 plot(dplot,SNR)
8 grid on
9 xlabel('log10(d)','Interpreter','latex')
10 ylabel('SNR','Interpreter','latex')
11 title('Expected SNR','Interpreter','latex')

```

Figure 4: Code to plot CDF



شکل ۵: Expected SNR

از این به بعد اثر سایه در نظر گرفته می شود.

۳.۱ ج

در این حالت نمودار CDF توان سیگنال دریاتی را با در نظر گرفتن اثر سایه رسم می‌کنیم، سپس به رسم نمودار SNR می‌پردازیم.

$$P_r^{dBm} = P_0 - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X^{dB}$$

```

1 sigma_dB = 5;
2 mu = 0;
3 X_dB = normrnd(mu,sigma_dB,[N,1]);
4 Pr_dBmShdw = P0_dBm - 10*n.*log10(sort(DistVec)/d_0)+
    X_dB;
5 cdfplot(Pr_dBmShdw)
6 xlabel('Pr','Interpreter','latex')
7 ylabel('CDF','Interpreter','latex')
8 title('CDF of received power (Pr) with shadowing','
    Interpreter','latex')

```

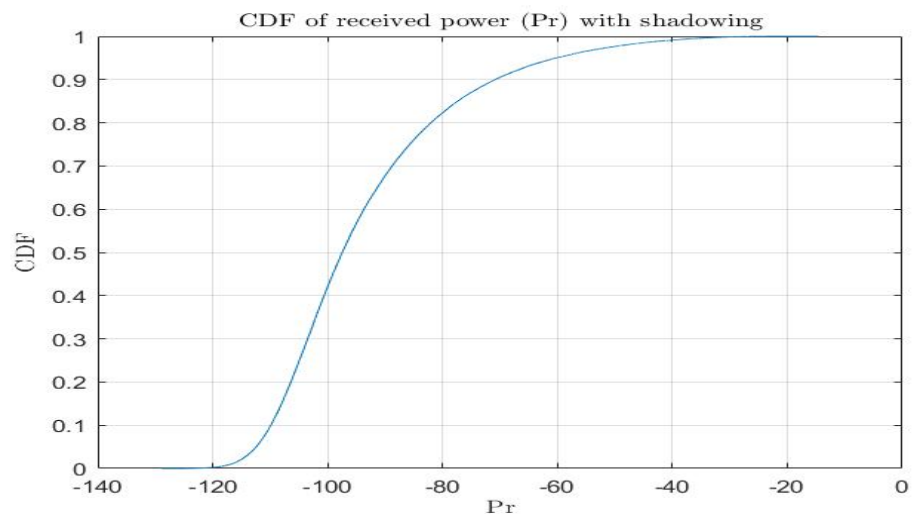
Figure 6: Code to plot CDF with shadowing

```

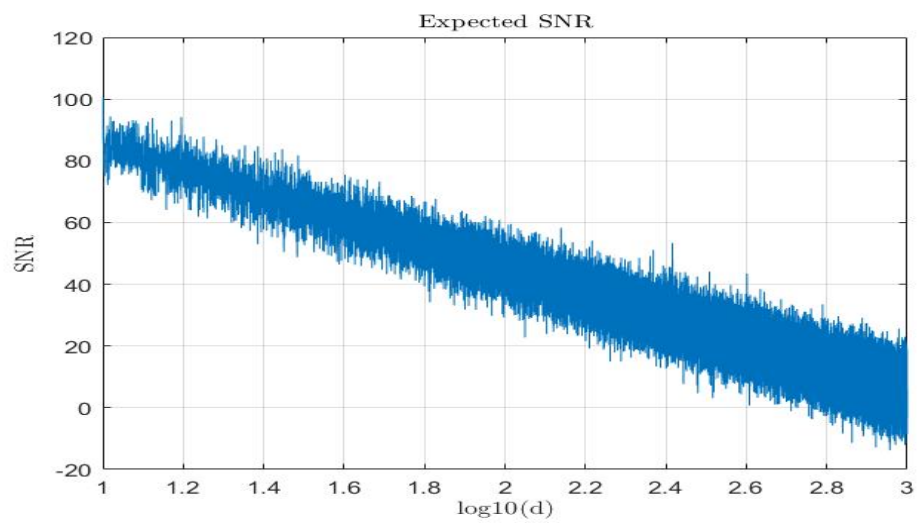
1 SNR_Shdw = Pr_dBmShdw-Pnoise_dBm;
2 dplot = log10(sort(DistVec));
3 plot(dplot,SNR_Shdw)
4 grid on
5 xlabel('log10(d)','Interpreter','latex')
6 ylabel('SNR','Interpreter','latex')
7 title('Expected SNR','Interpreter','latex')

```

Figure 7: Code to plot SNR with shadowing



شکل ۸: CDF for received power (P_r) with shadowing



شکل ۹: Expected SNR with shadowing

۴.۱ د

در این قسمت می‌خواهیم احتمال خاموشی را حساب کنیم. فرض کرده‌ایم که $\text{SNR}_{\min} = 18\text{dB}$ می‌باشد.

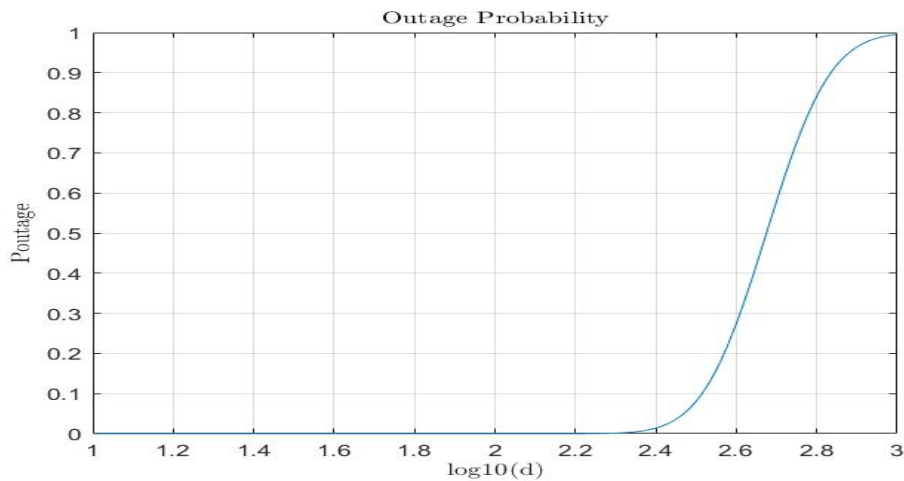
روشی که برای این قسمت در نظر گرفتیم، مطابق کتاب Goldsmith است.

$$P_{\text{out}} = P(\text{SNR} < \text{SNR}_{\min}) = 1 - Q\left(\frac{\text{SNR}_{\min} - \text{SNR}}{\sigma_{\text{dB}}}\right)$$

```

1 SNRMin_dB = 18;
2 P_outage = 1- qfunc((SNRMin_dB-(SNR))/sigma_dB);
3 plot(log10(sort(DistVec)),P_outage);
4 xlabel("log10(d)", 'Interpreter', 'latex');
5 ylabel("Poutage", 'Interpreter', 'latex');
6 grid on;
```

Figure 10: Code to plot outage probability



شکل ۱۱: Outage Probability

۵.۱ ه

در این قسمت مساحت پوشش داده شده توسط BS را به صورت تئوری و شبیه سازی به دست می آوریم.

۱.۵.۱ محاسبات تئوری

$$C = Q(a) + e^{\frac{2-2ab}{b^2}} Q\left(\frac{2-ab}{b}\right), \quad a = \frac{P_{r,min} - P_r(D)}{\sigma}, \quad b = \frac{10n \log_{10}(e)}{\sigma},$$

$$P_r(D) = P_0 - 10n \log_{10}\left(\frac{D}{d_0}\right), \quad S = \pi D^2 C$$

```

1 PrD = P0_dBm - 10*n.*log10(D/d_0);
2 a = ((Pnoise_dBm + SNRMin_dB)-PrD)/(sigma_dB);
3 b = (10*n.*log10(exp(1)))/(sigma_dB);
4 Ctheoretical = qfunc(a) + exp((2-2*a*b)/(b.^2)).*qfunc
   ((2-a.*b)/(b));
5 disp('The theoretical values are :')
6 disp(Ctheoretical)
7 S = Ctheoretical*pi*D^2;
8 disp(S)

```

Figure 12: Code for theoretical calculations

با قرار دادن مقادیر به دست آمده خواهیم داشت:

$$C_{\text{Theoretical}} = 0.2632, \quad S_{\text{Theoretical}} = 8.2688 \times 10^5$$

۲.۵.۱ شبیه سازی

برای شبیه سازی رویکرد اینجانب چنین بود که ابتدا بردار SNR را به صورت نزولی مرتب کرده و سپس با یک حلقه اولین جایی که SNR از SNR_min کمتر می شود را پیدا کرده و سپس به کمک محاسبه مساحت با فاصله متناظر این درایه از بردار و تقسیم بر حساب کل به نتیجه رسیدیم.

```

1 sortedSNR = sort(SNR, 'descend');
2 ind=0;
3 for i=1:N
4     if(sortedSNR(i)<SNRMin_dB)
5         ind=i;
6         break
7     end
8 end
9 DistVecSort = sort(DistVec);
10 d_max = DistVecSort(ind);
11 Stot = pi*d_max^2;
12 CSim = Stot/(pi*D^2);
13 disp('The simulation results are :')
14 disp(CSim)
15 disp(Stot)

```

Figure 13: Code for simulation

$$C_{\text{Simulation}} = 0.2239, \quad S_{\text{Simulation}} = 7.0332 \times 10^5$$

مشاهده می شود که مقادیر به حد قابل قبولی با محاسبات تئوری مطابق فرمول های کتاب Goldsmith تطابق دارند، تفاوت اندکی به دلیل Shadowing وجود دارد که قابل پیش بینی نیز بود.

۲ پرسش ۲

در این قسمت یک کانال مخابراتی بی سیم چند مسیره را شبیه سازی می کنیم، تعداد ۱۵ خوشه داریم و توزیع زوایای مختلف متغیر تصادفی یونیفرم در بازه $[0, \frac{\pi}{2}]$ است. در درس آموختیم که این خوشه ها را می توان به صورت یک کانال محوشونده با تاخیر تصادفی τ که دارای توزیع یونیفرم در بازه $[1\mu s, 10\mu s]$ مدل نمود.

به ما گفته شده است که میانگین بهره توان ($2\sigma^2$) برای یک خوشه با تاخیر τ برابر با $10^{-3}\tau^{-4}$ خواهد بود.

۱.۲ الف

در این قسمت کانال را پهن‌بند (Wideband) در نظر می‌گیریم. مطابق آنچه در درس یاد گرفتیم داریم:

$$\begin{aligned} r_I(t), r_Q(t) &\sim \text{Jointly Gaussian}, \quad r_I(t) \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2), \quad r_Q(t) \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2) \\ r_I(t) &= \sum \alpha_i(t) \cos(\Phi_i(t)), \quad r_Q(t) = \sum \alpha_i(t) \sin(\Phi_i(t)) \\ c(\tau, t) &= \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) e^{-j\Phi(t)} \delta(\tau - \tau_i(t)), \quad |r| = \sqrt{r_I^2 + r_Q^2}, \quad \phi \sim \mathcal{U}\left(0, \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

```

1 Clusters = 15;
2 a = 1;
3 b=10;
4 Tau = a + (b-a).*rand(Clusters,1);
5 Phi = rand(Clusters,1)*pi*0.5;
6 rI =randn(Clusters,1).*sqrt(0.5).*sqrt(Tau.^(-4)
    *10.^(-3));
7 rQ = randn(Clusters,1).*sqrt(0.5).*sqrt(Tau.^(-4)
    *10.^(-3));
8 r = sqrt(rI.^2+rQ.^2);

```

Figure 14: Preliminary Definitions

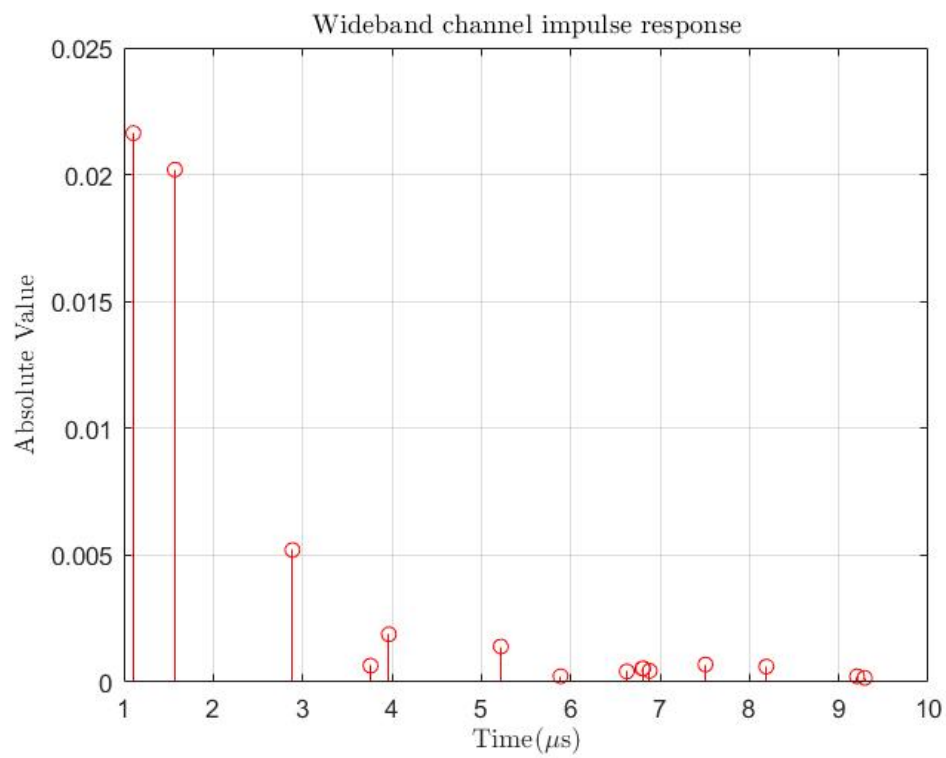
برای رسم پاسخ ضربه در حوزه زمان، از نمودار میله‌ای استفاده می‌کنیم، مطابق توزیع‌های داده شده و مقادیر تعریف شده در قطعه کد، خواهیم داشت:

```

1 c = r.*exp(i*Phi);
2 stem(Tau,abs(c),'r','-*');
3 xlabel("Time($\mu s$)","Interpreter','latex');
4 ylabel("Absolute Value","Interpreter','latex');
5 title('Wideband Channel impulse response','Interpreter
    ','latex')
6 grid on;

```

Figure 15: Wideband channel impulse response plot



شکل ۱۶: Wideband channel impulse response

در ادامه می‌خواهیم در حوزه فوریه به رسم بپردازیم برای این منظور ابتدا توضیحات تئوری زیر را مدنظر قرار دهید.

$$c(\tau, t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) e^{-j\phi_i(t)} \delta(\tau - \tau_i(t)) \xrightarrow{\mathcal{F}_\tau} C(f) = \sum_{i=1}^N \alpha_i e^{-j\phi_i} e^{j2\pi f \tau_i}$$

برای پیاده سازی این کار در متلب، از تبدیل فوریه مستقیم نمی‌شد استفاده کنیم لذا از حلقه‌های تکرار استفاده کردیم، کدها و نتایج به شرح زیر است.

```

1 freq=linspace(0,1e6:1e6);
2 CF = zeros(1,length(freq));
3 ind=1;
4 while ind<Clusters
5 CF = CF + r(ind).*exp(-i*Phi(ind)).*exp(i*2*pi.*freq.*
    Tau(ind)*1e-6);
6 ind=ind+1;
7 end

```

Figure 17: Code for frequency response

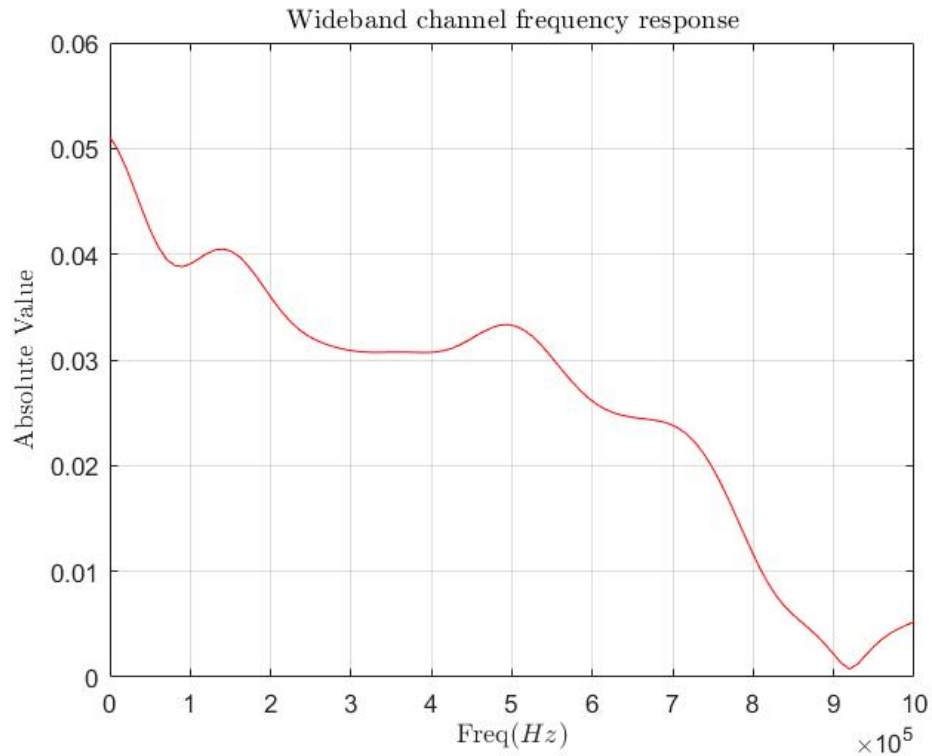
```

1 plot(freq,abs(CF),'r');
2 xlabel("Freq($Hz$)", 'Interpreter','latex');
3 ylabel("Absolute Value", 'Interpreter','latex');
4 title('Wideband channel frequency response', '
    Interpreter','latex')
5 grid on;

```

Figure 18: Code for frequency response plot

شکل به صورت زیر ارائه می‌گردد.



شکل ۱۹: Wideband channel frequency response

در درس بیان شد که کانال‌های پهن‌بند چندمسره از نوع Frequency selective خواهند بود، تعبیر این موضوع این است که پاسخ فرکانسی با تغییر میزان فرکانس ثابت و Flat نباشد و تغییر کند، این امر در شبیه‌سازی ما مشهود است.

۲.۲ ب

در این قسمت کانال ما باند باریک Narrowband خواهد بود، فرکانس حامل به صورت $f_c = 3GHz$ تعریف شده و سرعت کارب متحرک نیز $v = 30 \frac{m}{s}$ است. در این قسمت می‌خواهیم $E\{h^2\}$ را برای 10^5 دفعه شبیه‌سازی به دست آوریم، برای این منظور از حلقه‌های تکرار استفاده خواهیم کرد.

```

1 Sim = 1e5;
2 fc=3e9;
3 Velocity = 3e1;
4 c = 3e8;
5 Wavelength=c/fc;
6 ind = 1;
7 PowVec=zeros(1,Sim);

```

Figure 20: Preliminary Definitions

```

1 while ind<Sim
2 a = 1;
3 b=10;
4 Tau = a + (b-a).*rand(Clusters,1);
5 Phi = rand(Clusters,1)*pi*0.5;
6 rI =randn(Clusters,1).*sqrt(0.5).*sqrt(Tau.^(-4)
    *10.^(-3));
7 rQ = randn(Clusters,1).*sqrt(0.5).*sqrt(Tau.^(-4)
    *10.^(-3));
8 r = sqrt(rI.^2+rQ.^2);
9 DopplerPhase = 2*pi*Velocity*cos(Phi)/Wavelength;
10 h = r .* exp(i*(DopplerPhase-2*pi*fc.*Tau*1e-6));
11 PowVec(ind) = sum(abs(h).^2);
12 ind=ind+1;
13 end
14 MeanPow = mean(PowVec)

```

Figure 21: Code for mean power

با شبیه سازی مقدار $E\{|h|^2\} = 5.5627 \times 10^{-4}$ عرضه شد.

در ادامه به رسم تابع توزیع تجمعی برای بردار توان و همچنین توزیع نمایی خواهیم پرداخت، پیش از آن آنالیز تئوری زیر را در نظر بگیرید.

$$X = H^2 \rightarrow p_H(h) = \frac{1}{2\sigma^2} e^{-\frac{h}{2\sigma^2}} u(h)$$

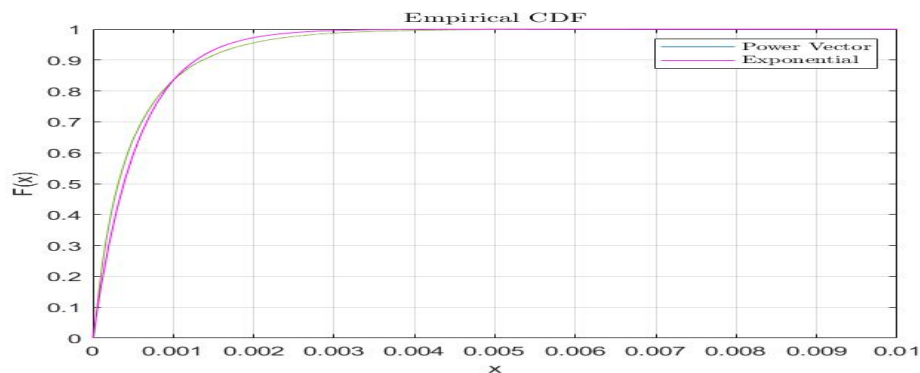
که این همان توزیع نمایی با $\lambda = \frac{1}{2\sigma^2}$ خواهد بود. در ادامه توزیع تجمعی نمایی و توزیع تجمعی بردار توان را در یک نمودار به شکل زیر رسم می‌کنیم.

```

1 cdfplot(PowVec)
2 hold on
3 pd = fitdist(PowVec', 'Exponential');
4 x = 0:0.0001:0.01;
5 p=cdf(pd,x);
6 plot(x,p, 'magenta')
7 grid on;
8 legend('Power Vector', 'Exponential', 'Interpreter', '
    latex');

```

Figure 22: Code for exponential and power CDF plots



شکل ۲۳: Exponential and power CDF

دلیل شباهت نیز با آنالیز ریاضی و تغییر متعیر عرضه شده قابل توجیه است، توان در این مدل از توزیع نمایی پیروی خواهد کرد.

مراجع

- [1] [Maryam Sabbaghian](#), *Wireless Communications, Lecture Notes, Spring 02*
- [2] [Ali Olfat](#), *Stochastic Processes, Lecture Notes, Fall 01*
- [3] [Ali Olfat](#), *Principles of Communication Systems, Lecture Notes, Fall 00*