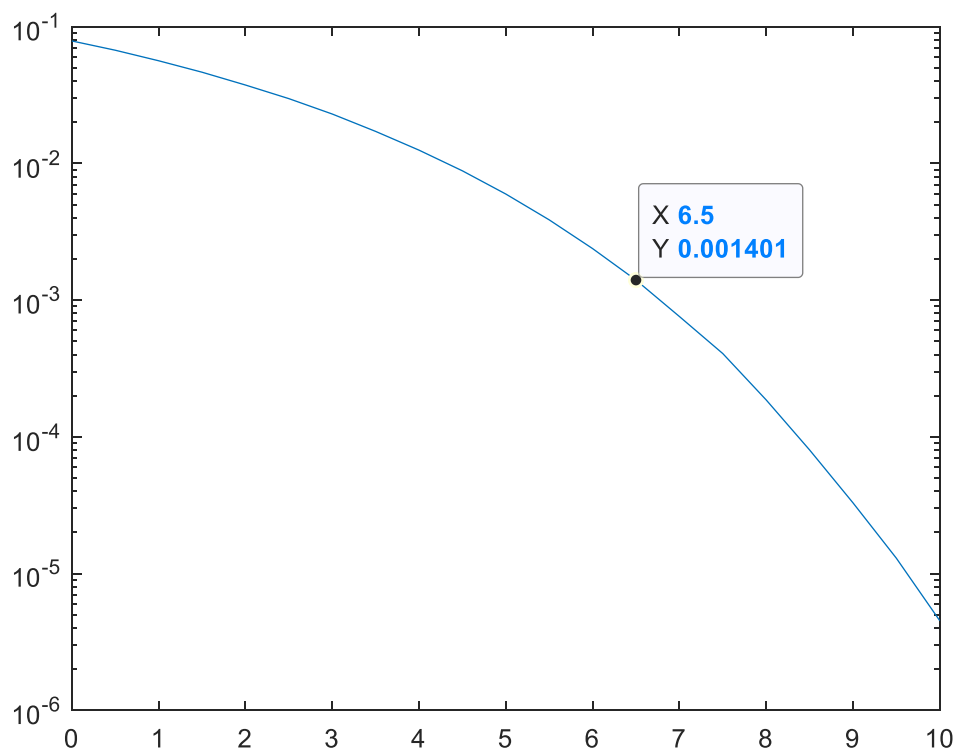


سوال ۱

شبیه‌سازی با مشخصات خواسته شده همانند تمرین اول انجام شد. نمودار احتمال خطا در شکل ۱ آمده است:



شکل ۱

همانطور که در شکل ۱ مشخص است، در SNR برابر ۶,۵dB احتمال خطای ۰,۰۰۱ بدست آمده است.

سوال ۲

مطابق آنچه در کلاس گفته شد، در صورت ارسال پایلوت، سیگنال دریافت شده به صورت زیر خواهد بود:

$$y_{1n} = b_n e^{\frac{j2\pi n\epsilon}{N}}$$

$$y_{2n} = b_n e^{\frac{j2\pi(n+N)\epsilon}{N}} = y_{1n} e^{j2\pi\epsilon}$$

در صورت کانال AWGN، پس از fft داریم:

$$R_{1k} = Y_{1k} + Z_{1k}$$

$$R_{2k} = Y_{2k} + Z_{2k} = Y_{1k}e^{j2\pi\epsilon} + Z_{2k}$$

در صورت تخمین ϵ با روش ML :

$$\epsilon = \underset{\epsilon}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=0}^{N-1} |R_{2k} - R_{1k}e^{j2\pi\epsilon}|^2$$

و در نهایت خواهیم داشت:

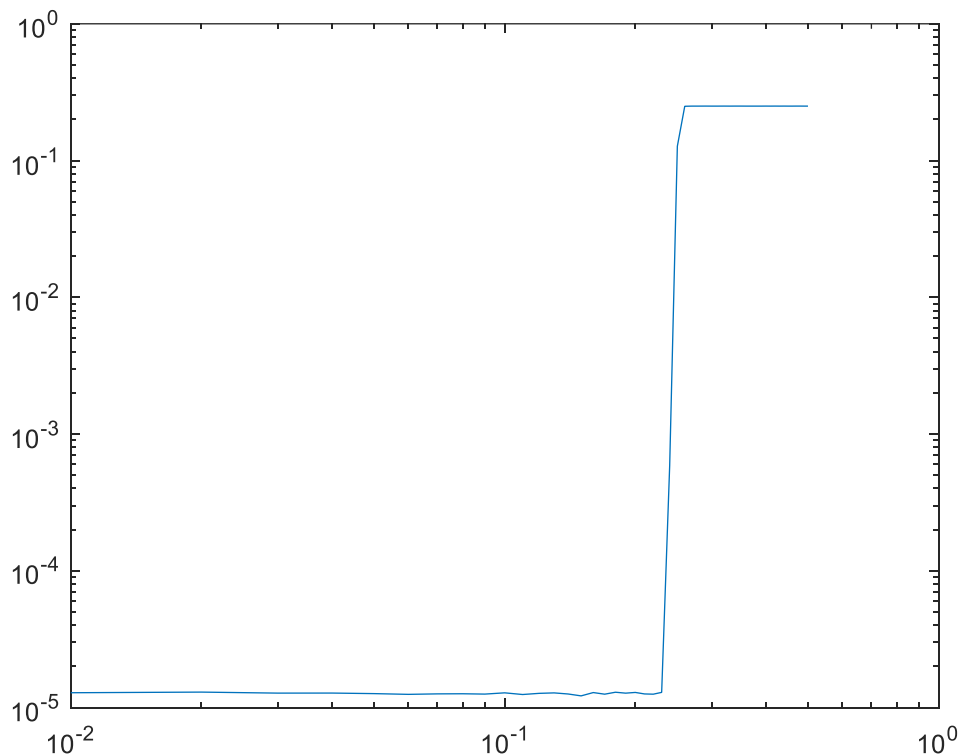
$$\epsilon = \frac{1}{2\pi} \tan^{-1} \frac{\sum I_m\{R_{1k} * R_{2k}^*\}}{\sum Re\{R_{1k} R_{2k}^*\}}$$

از این رابطه برای تخمین ϵ زمانی که مقدار آرگومان تابع بین $-\frac{\pi}{2}$ تا $\frac{\pi}{2}$ باشد میتوان استفاده کرد:

$$-\frac{\pi}{2} < 2\pi\epsilon < \frac{\pi}{2}$$

$$-0.25 < \epsilon < 0.25$$

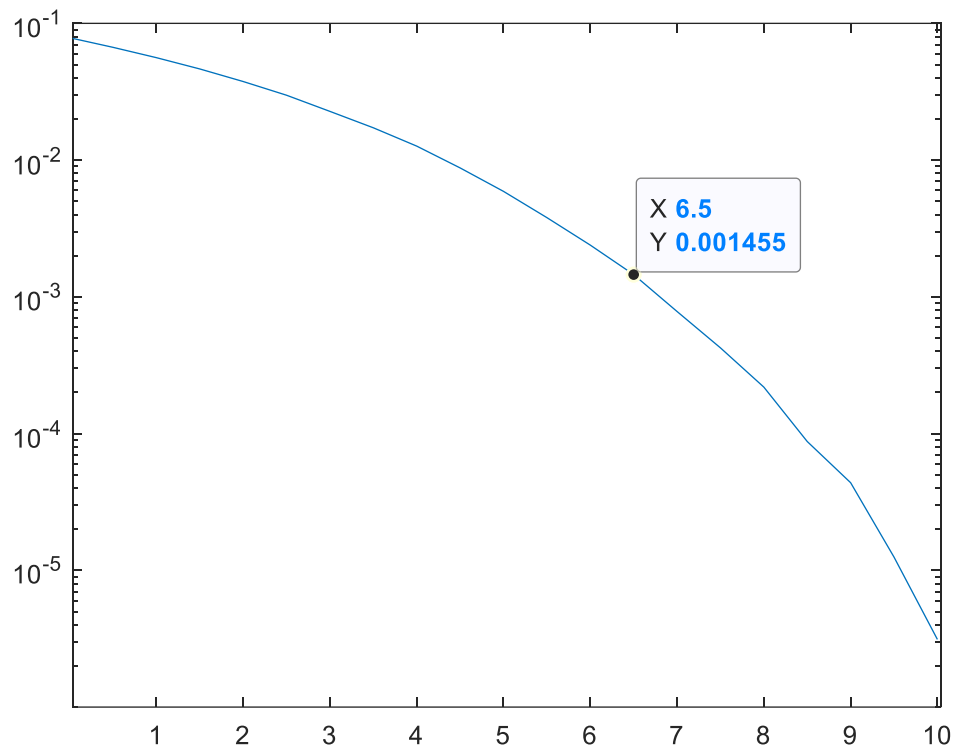
نمودار MSE در شکل ۲ رسم شده است. همانطور که در شکل مشخص است، MSE به ازای $\epsilon < 0.25$ مقدار کمی دارد.



شکل ۲، نمودار MSE بر حسب ϵ

سوال ۳

نمودار احتمال خطا پس از جبران سازی (به ازای $\epsilon = 0.19$) در شکل ۳ آمده است:



شکل ۳، نمودار احتمال خطا بر حسب SNR

با توجه به شکل مشخص است که احتمال خطا در SNR ثابت کمی افزایش یافته است.