

Modelos Probabilísticos em Engenharia (EEL630) – DEL/Poli/UFRJ

Prof. Wallace A. Martins – PLE/2020

Trabalho

Instruções Gerais

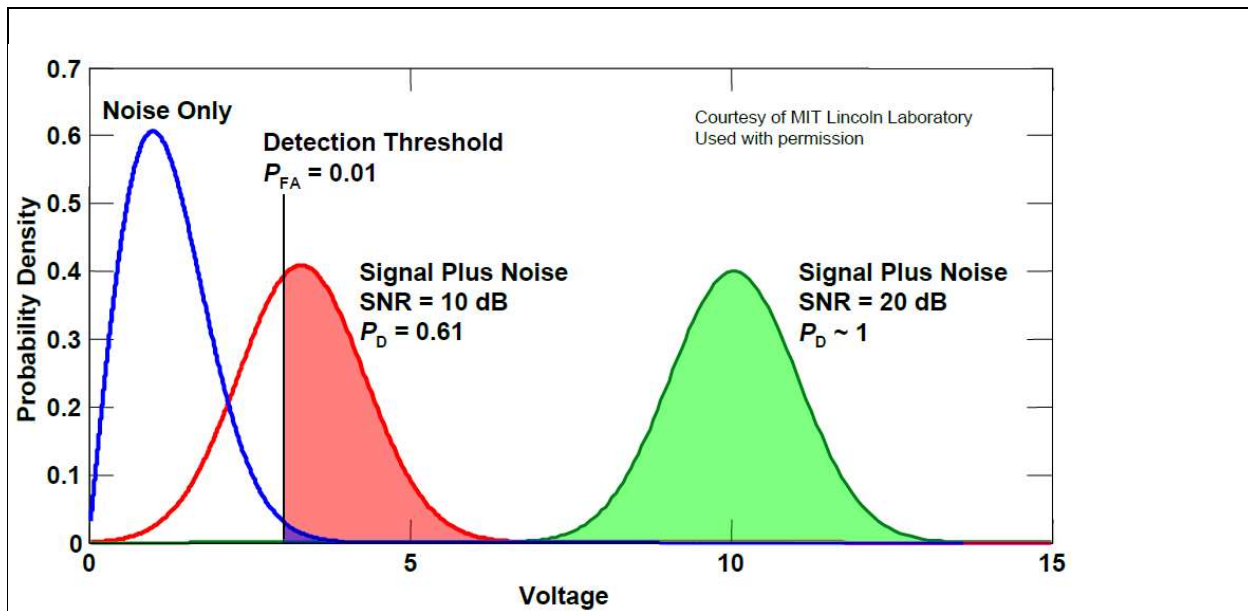
- Leia as instruções específicas a seguir
- Escreva um relatório de até 2 páginas (coluna dupla, formato de artigo do IEEE, fonte 11pt)
- Entregas: relatório + códigos desenvolvidos para a obtenção dos resultados do relatório
 - Preferência: Matlab ou Python

Instruções Específicas

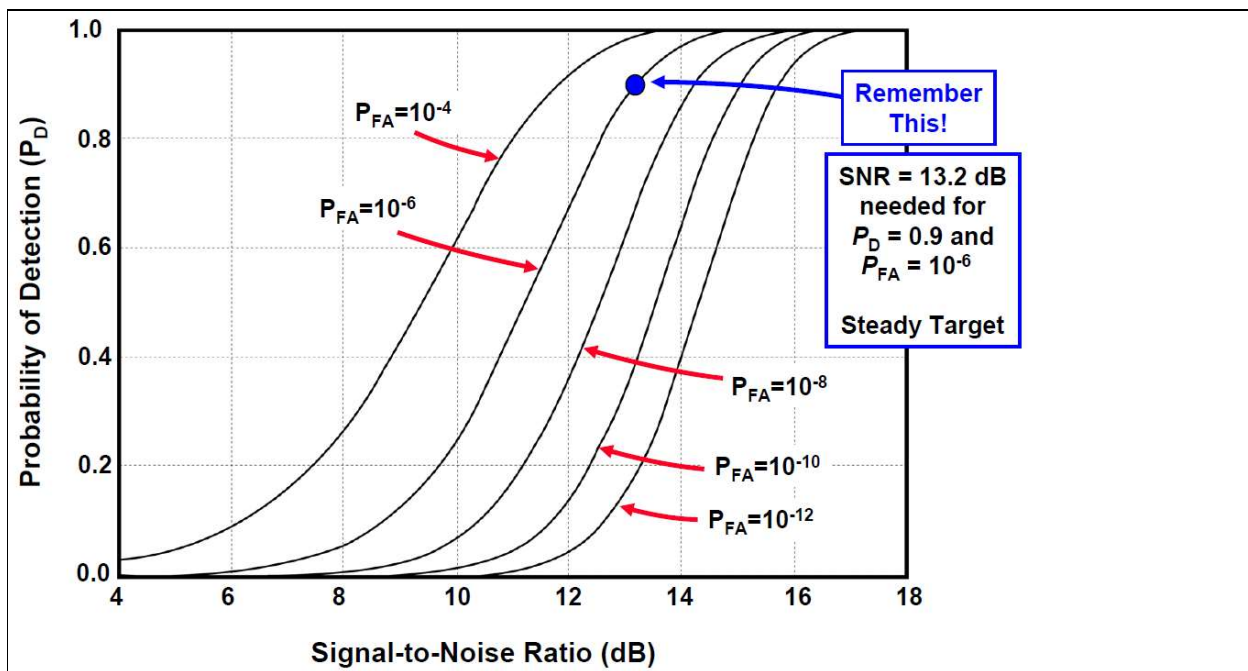
Uma das principais funções de um sistema radar é detectar a presença de alvos de interesse dentro do seu volume de cobertura (vigilância). Desta forma, seu desempenho é basicamente determinado (em termos probabilísticos) a partir da probabilidade de detecção (PD) de um determinado alvo, e espera-se que esta seja a maior possível. Adicionalmente, este sistema também deve ser robusto no sentido de não indicar falsas detecções, ou seja, espera-se que sua probabilidade de falso-alarme (PFA) seja a menor possível. Ambos os parâmetros estão intimamente relacionados com a razão sinal-ruído (SNR) do sistema, assim como com o limiar escolhido para o seu detector. De certa forma, podemos dizer que quanto maior este limiar, menores as chances de detectarmos falsos-alarmes. Porém, isso diminui também as probabilidades de detecção dos alvos de interesse. E, evidentemente, quanto maior a SNR de um determinado alvo, mais provável que (para um dado limiar) este seja detectado corretamente. Sendo assim, o projeto de um detector envolve um compromisso quanto ao desempenho, no qual busca-se um limiar de detecção que maximize a PD, enquanto mantém-se a PFA em níveis aceitáveis. Esses tipos de detectores são usualmente chamados de CFAR (Constant False-Alarm Rate), dado a sua característica adaptativa de ajustar o limiar (em função da potência de ruído) para manter a taxa de falsos-alarmes constante.

Enquanto o ruído é usualmente modelado como um processo aleatório branco com distribuição gaussiana, a modelagem do alvo é bem mais complexa, dependendo de fatores como o seu material, geometria, movimentação e posição relativa ao radar. Para simplificar, normalmente assume-se que, ao longo do tempo, a potência deste alvo não varia e, desta forma, a sua modelagem é derivada a partir do próprio ruído presente em sua célula de detecção.

A figura a seguir ilustra alguns aspectos de uma modelagem probabilística do problema. Valores comuns para a PD e PFA estão na faixa de 0,7 a 0,95, e 10^{-4} a 10^{-6} , respectivamente. Estes parâmetros normalmente variam em função de cada aplicação, e usualmente são requisitos de projeto de um sistema radar.

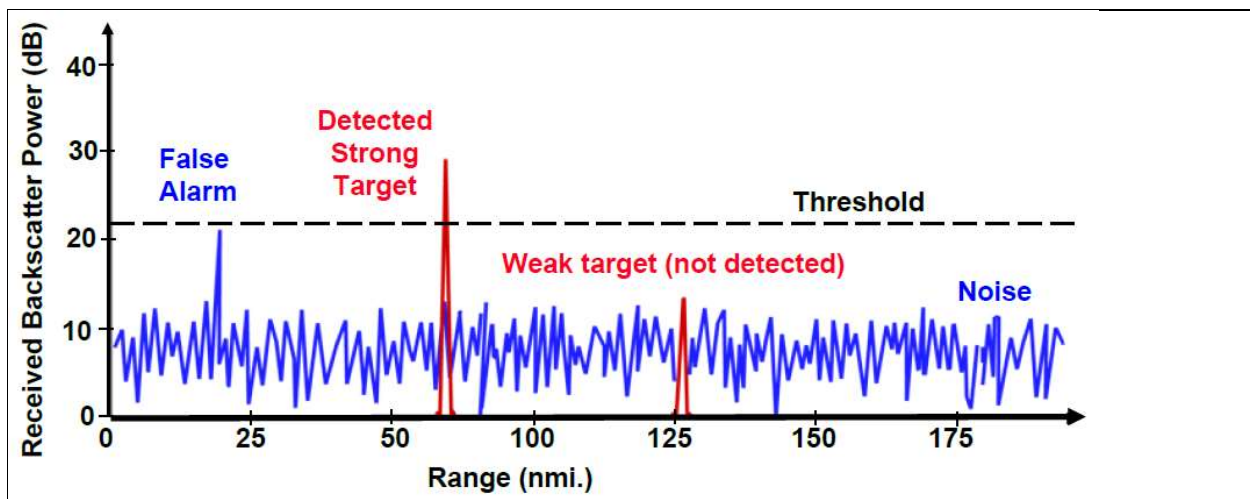


Essa relação entre PD, PFA e SNR é normalmente analisada através das chamadas curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Nelas, pode-se rapidamente determinar (para um tipo específico de alvo) qual a SNR necessária para atingir uma determinada PD, dada uma probabilidade de falso-alarme aceitável. Existem também funções (empíricas) prontas que permitem fazer este cálculo. Um exemplo, é a função de Shnidman, no Matlab (<https://www.mathworks.com/help/phased/ref/shnidman.html>).



Tarefas mínimas a serem cumpridas no trabalho

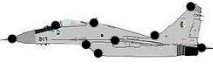
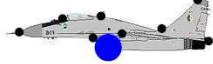
- Use um vetor/array para modelar amostras de um ruído branco, complexo, gaussiano com potência pré-fixada, e aplique um limiar de detecção, o qual deve ser previamente calculado para garantir uma PFA específica. Contabilize o número de amostras que ultrapassaram este limiar e compare com o valor de projeto. Comente o resultado. Considere um detector do tipo “squared law” ($y = \text{abs}(x)^2$).
 - Note que não há alvo ainda, mas apenas ruído.
 - Dada a PFA de projeto, calcule o número de amostras necessárias para este vetor/array de tal forma que o seu resultado tenha relevância estatística.
 - Dica: verifique se a potência média (média) do ruído gerado está de acordo com a especificação, e aplique o limiar “acima” deste valor.



- Em seguida, adicione a uma amostra deste vetor/array um valor complexo representando o alvo, com determinada SNR (calculada utilizando-se a função de Shnidman). Aplique o detector novamente e verifique se o alvo foi detectado. Repita esse teste “ M ” vezes (com diferentes realizações de ruído), e contabilize o número de vezes em que o alvo foi detectado. Compare com a PD de projeto e comente o resultado.
 - Calcule o número “ M ”, de forma que seu resultado tenha relevância estatística.
- Modelos mais precisos para alvos tentam levar em consideração as diferentes variáveis envolvidas na formação do sinal refletido para o radar. Os chamados modelos de Swerling são aproximações muito utilizadas na prática, e buscam representar as variações na amplitude do sinal recebido, a partir de distribuições conhecidas, que variam em função da aerodinâmica do alvo e da velocidade de flutuação do sinal. Considere agora um alvo do tipo Swerling 1 (veja a tabela a seguir). Inclua este modelo na sua simulação (ou seja, modifique o valor complexo que representa o alvo sabendo que sua amplitude dependerá de um escalar obtido pela realização de uma VA Rayleigh, além da

dependência da SNR), recalcule a SNR, aplique o limiar, contabilize as detecções e calcule a PD do sistema para este novo alvo.

- Obtenha as realizações Rayleigh (do alvo) a partir da função distribuição uniforme (no Matlab, seria a partir da função *rand*).
- Dica: para calcular a SNR necessária para este novo alvo, utilize a função de Shnidman no Matlab, passando como parâmetro o tipo de alvo.

Nature of Scattering	Amplitude Model	Fluctuation Rate	
		Slow Fluctuation "Scan-to-Scan"	Fast Fluctuation "Pulse-to-Pulse"
Similar amplitudes 	Rayleigh $p(a) = \frac{2a}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{a^2}{\sigma^2}\right)$	Swerling I	Swerling II
One scatterer much Larger than others 	Central Rayleigh, DOF=4 $p(a) = \frac{8a^3}{\sigma^4} \exp\left(-\frac{2a^2}{\sigma^2}\right)$	Swerling III	Swerling IV

Obs: Alvos com potência constante são considerados do tipo Swerling 0.