



*Homeworks* 17 a 19 referentes às aulas do Capítulo I de “Técnicas de Radar – ELC1149”, aulas disponibilizadas em

<http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.

***Homeworks* referentes à matéria de ELC1149 até a aula de 07/11/2022 em modalidade REMOTA.**

**Departamento de Eletrônica e Computação**

**Centro de Tecnologia**

**ELC1149 – Técnicas de Radar**

**Prof. Fernando DeCastro**



## Homework 17

Um radar adota um filtro de Kalman como *track filter* de seu sistema de *target tracking* (TT). Um alvo é detectado pelo CFAR e sua posição e velocidade medidas são respectivamente:

$$\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 1.6 \\ 5.3 \end{bmatrix} \text{ [m]} \quad \underline{v}_0 = \begin{bmatrix} 13.0 \\ 22.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}$$

O sistema TT rastreia o alvo medindo sua distância desde o instante  $t_{inicial} = 0.0$  [s] até o instante  $t_{final} = 100.0$  [s]. O intervalo de tempo entre duas medidas consecutivas é  $\Delta T = 0.1$  [s]. A incerteza das medições é representada através de um ruído de medição de variância 0.8 e média zero obtido de um gerador de números randômicos com distribuição estatística uniforme para o conjunto de amostras geradas. A variância do ruído do processo é  $2.0 \times 10^{-6}$ . A velocidade  $\underline{v}_0$  do alvo é mantida constante no intervalo  $t_{inicial} < t < t_{manobra}$ , onde  $t_{manobra} = 20$  [s] é o instante em que o alvo efetua uma manobra súbita alterando sua velocidade para

$$\underline{v}_{manobra} = \begin{bmatrix} 120.0 \\ 25.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}. \text{ A partir da manobra o alvo mantém velocidade constante no intervalo } t_{manobra} < t < t_{final}.$$

**Pede-se:**

- Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da posição do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da posição verdadeira do alvo, as 3 curvas da posição medida do alvo e as 3 curvas da posição do alvo estimada pelo filtro de Kalman.
- Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da velocidade do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da velocidade verdadeira do alvo e as 3 curvas da velocidade do alvo estimada pelo filtro de Kalman.
- Plote a curva ao longo do tempo do residual  $|r_k|$  da posição do alvo determinado pelo processo de filtragem efetuado pelo filtro de Kalman.

## Homework 18

Um radar adota um filtro de Kalman adaptativo (**método Épsilon**) como *track filter* de seu sistema de *target tracking* (TT). Os parâmetros adaptativos são Limiar = 0.19 e Escala =  $1.0 \times 10^3$ . Um alvo é detectado pelo CFAR e sua posição e velocidade medidas são respectivamente:

$$\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 1.6 \\ 5.3 \end{bmatrix} \text{ [m]} \quad \underline{v}_0 = \begin{bmatrix} 13.0 \\ 22.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}$$

O sistema TT rastreia o alvo medindo sua distância desde o instante  $t_{inicial} = 0.0$  [s] até o instante  $t_{final} = 100.0$  [s]. O intervalo de tempo entre duas medidas consecutivas é  $\Delta T = 0.1$  [s]. A incerteza das medições é representada através de um ruído de medição de variância 0.8 e média zero obtido de um gerador de números randômicos com distribuição estatística uniforme para o conjunto de amostras geradas. A variância do ruído do processo é  $2.0 \times 10^{-6}$ . A velocidade  $\underline{v}_0$  do alvo é mantida constante no intervalo  $t_{inicial} < t < t_{manobra}$ , onde  $t_{manobra} = 20$  [s] é o instante em que o alvo efetua uma manobra súbita alterando sua velocidade para

$$\underline{v}_{manobra} = \begin{bmatrix} 120.0 \\ 25.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}. \text{ A partir da manobra o alvo mantém velocidade constante no intervalo } t_{manobra} < t < t_{final}.$$

**Pede-se:**

- Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da posição do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da posição verdadeira do alvo, as 3 curvas da posição medida do alvo e as 3 curvas da posição do alvo estimada pelo filtro de Kalman.
- Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da velocidade do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da velocidade verdadeira do alvo e as 3 curvas da velocidade do alvo estimada pelo filtro de Kalman.
- Plote a curva ao longo do tempo do residual  $|r_k|$  da posição do alvo determinado pelo processo de filtragem efetuado pelo filtro de Kalman.

## Homework 19

Um radar adota um filtro de Kalman adaptativo (**método Sigma**) como *track filter* de seu sistema de *target tracking* (TT). Os parâmetros adaptativos são Limiar = 0.08 e Escala =  $1.0 \times 10^3$ . Um alvo é detectado pelo CFAR e sua posição e velocidade medidas são respectivamente:

$$\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 1.6 \\ 5.3 \end{bmatrix} \text{ [m]} \quad \underline{v}_0 = \begin{bmatrix} 13.0 \\ 22.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}$$

O sistema TT rastreia o alvo medindo sua distância desde o instante  $t_{inicial} = 0.0$  [s] até o instante  $t_{final} = 100.0$  [s]. O intervalo de tempo entre duas medidas consecutivas é  $\Delta T = 0.1$  [s]. A incerteza das medições é representada através de um ruído de medição de variância 0.8 e média zero obtido de um gerador de números randômicos com distribuição estatística uniforme para o conjunto de amostras geradas. A variância do ruído do processo é  $2.0 \times 10^{-6}$ . A velocidade  $\underline{v}_0$  do alvo é mantida constante no intervalo  $t_{inicial} < t < t_{manobra}$ , onde  $t_{manobra} = 20$  [s] é o instante em que o alvo efetua uma manobra súbita alterando sua velocidade para

$$\underline{v}_{manobra} = \begin{bmatrix} 120.0 \\ 25.0 \\ 17.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}. \text{ A partir da manobra o alvo mantém velocidade constante no intervalo } t_{manobra} < t < t_{final}.$$

**Pede-se:**

**(a)** Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da posição do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da posição verdadeira do alvo, as 3 curvas da posição medida do alvo e as 3 curvas da posição do alvo estimada pelo filtro de Kalman.

**(b)** Considerando as 3 componentes cartesianas  $[x \ y \ z]$  da velocidade do alvo, determine e plote em um mesmo gráfico as 3 curvas ao longo do tempo da velocidade verdadeira do alvo e as 3 curvas da velocidade do alvo estimada pelo filtro de Kalman.

**(c)** Plote a curva ao longo do tempo do residual  $|\underline{r}_k|$  da posição do alvo determinado pelo processo de filtragem efetuado pelo filtro de Kalman.

**(d)** Com base nas curvas do residual  $|\underline{r}_k|$  da posição do alvo resultantes do item (c) dos Homeworks 18 e 19 e com base nos parâmetros operacionais dados nos respectivos enunciados, qual filtro de Kalman adaptativo (método Épsilon ou método Sigma) é o mais adequado nas condições operacionais dadas para efeito de minimizar o erro do processo de *tracking* no instante em que ocorre a manobra súbita? Justifique analiticamente.