

Politechnika Gdańska
Wydział Elektrotechniki i Automatyki
Katedra Inżynierii Systemów Sterowania

MONITOROWANIE I DIAGNOSTYKA
W SYSTEMACH STEROWANIA

Temat: Zastosowanie Filtru Kalmana i Rozszerzonego Filtru
Kalmana dla potrzeb monitorowania w systemach
sterowania

Ćwiczenie Laboratoryjne nr 1

Opracowanie:
Rutkowski Tomasz, dr inż.

Gdańsk, październik 2018

Zadanie 1/4

Przeanalizować szczegółowo kod skryptu 'ex1_W06.m' (dołączony w postaci archiwum ZIP), w którym przedstawiono przykładową, ogólną realizację algorytmu Filtru Kalmana (Przykład 1: zastosowania Filtru Kalmana z materiałów wykładowych).

Dodatkowo, w ramach zadania należy przeformułować problem, tak aby możliwe było również szacowanie przyspieszenia pojazdu (trzy zmienne stanu: położenie, prędkość i przyspieszenie).

Wskazówki:

- Szczególną uwagę należy zwrócić na wymiary macierzy B , G i H oraz wektora u .

Zadanie 2/4

Wykorzystując 50 kolejnych danych pomiarowych rezystancji 100Ω rezystora nominalnego oraz algorytm Filtru Kalmana oszacować aktualną rezystancję badanego rezystora. Z karty katalogowej rezystora wiadomo że wariancja produkcji 100Ω rezystorów wynosi 4Ω . Producent urządzenia pomiarowego (omomierza) określa jego szum pomiarowy jako Gaussowski z zerową wartością średnią i wariancją na poziomie 1Ω .

W zadaniu należy:

1. Przedstawić dyskretny model procesu i pomiaru.
2. Zaadaptować kod z poprzedniego zadania lub zaimplementować „własny” algorytm Filtru Kalmana w postaci skryptu, funkcji lub s-funkcji (m-plik) w Matlab/Simulink.
3. Przedstawić i przeanalizować na rysunkach zmiany:
 - Rysunek 1: wartości prawdziwej, zmierzonej i estymowanej rezystancji,
 - Rysunek 2: wartości elementów macierzy kowariancji błędów estymacji rezystancji,
 - Rysunek 3: wartości wzmocnienia Kalmana.
4. Punkt 3 powtórzyć dla macierzy wariancji szumu pomiaru $R=0.01$, $R=1$ oraz $R=100$. Odpowiedzieć na pytanie jaki miało to wpływ na wyznaczone estymaty rezystancji?
5. Punkt 4 powtórzyć uwzględniając szum procesowy o wariancji 0.1 , 1 i 10 . Przy czym należy przeanalizować wpływ wartości macierzy wariancji szumu procesu Q , z zakresu $\langle 0.1, 100 \rangle$, na wyznaczone estymaty rezystancji.

Wskazówki:

- W pierwszej fazie zadania przyjąć, że rezystancja jest nieznaną ale niezmienną - nie uwzględnia się szumu procesu, zatem model procesu i model pomiaru można przedstawić jako:

$$\begin{cases} x(k+1) = x(k) \\ z(k+1) = x(k+1) + v(k+1) \end{cases}$$

gdzie szum pomiarowy $v(k) \sim N(0, \delta_v^2)$.

Zadanie 3/4

Dany jest model procesu i równanie pomiarowe w postaci:

$$\begin{cases} x(k+1) = a \cdot x(k) + w(k) \\ z(k+1) = x(k+1) + v(k+1) \end{cases}$$

przy czym a jest nieznanym parametrem, natomiast $w(k)$ i $v(k)$ to białe szumy, procesowy i pomiarowy o odchyleniach standardowych σ_w i σ_v .

W zadaniu należy:

1. Wykorzystać Rozszerzony Filtru Kalmana do estymacji wartości nieznanego parametru a sformułować odpowiednio zadanie estymacji (przepisać model procesu w nowej postaci z nowymi zmiennymi stanu – parametr a jako jeden z elementów wektora stanu),
2. Wykorzystując zaimplementowany wcześniej „własny” algorytm Filtru Kalmana wykonać analizę wpływu wartości odchylenia standardowego σ_v i wariancji początkowej parametru a na działanie algorytmu w następujących przypadkach: $\sigma_v = 1$ i $\sigma_w = 10$; $\sigma_v = 10$ i $\sigma_w = 10$; $\sigma_v = 1$ i $\sigma_w = 1$; $\sigma_v = 10$ i $\sigma_w = 1$.

Wskazówka:

- Poszczególne badania należy przeprowadzić dla 300 kolejnych próbek, przyjmując „rzeczywiste” $a=0.75$, przy czym warunek początkowy dla nowej zmiennej stanu w kolejnych eksperymentach należy przyjąć jako $a(0)=0.5$, a następnie $a(0)=-0.5$.
- Przeanalizować efektywność zaimplementowanego estymatora w przypadku gdy wartość „rzeczywistego” parametru a zmienia się z $a=0.35$ na $a=0.9$ co 150 kolejnych próbek.

Zadanie 4/4

Rozważany jest czwórnik RLC (Przykład 2: zastosowania Filtru Kalmana z materiałów wykładowych), sformułować model procesu który umożliwi estymację napięcia $u_c(t)$, prądu $i_c(t)$ kondensatora, oraz estymację bieżącej, nieznannej wartości rezystancji R lub pojemności C lub indukcyjności L czwornika RLC (jednego z trzech parametrów czwornika RLC).

Do sformułowania dyskretnego modelu procesu wykorzystać metodę aproksymacji pochodnych Eulera „w przód”, przy czym równania dla oczka rozważanego obwodu RLC przedstawia się jako:

$$\begin{cases} u_{we}(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + u_c(t) \\ i(t) = C \cdot \frac{du_c(t)}{dt} \end{cases}$$

Przyjąć $x_1(t) = u_c(t)$, $x_2(t) = i(t)$ oraz $x_3(t) = R(t)$ lub $x_3(t) = L(t)$ lub $x_3(t) = C(t)$.

Wskazówki:

- Przeanalizować działanie zbudowanego estymatora przy założeniu że napięcie zasilające zmienia się skokowo z $u_{we}(t)=1V$ na $u_{we}(t)=0V$ po osiągnięciu stanu ustalonego.
- W stanie ustalonym zaprojektować zmianę wybranego parametru czwornika RLC (R , lub L , lub C) tak by jego wartość zmieniała się znacząco „w górę” i „w dół” od swoich wartości nominalnych.
- Zwrócić uwagę na dobraną/zastosowaną długość kroku próbkowania. Wybór uzasadnić.