

Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

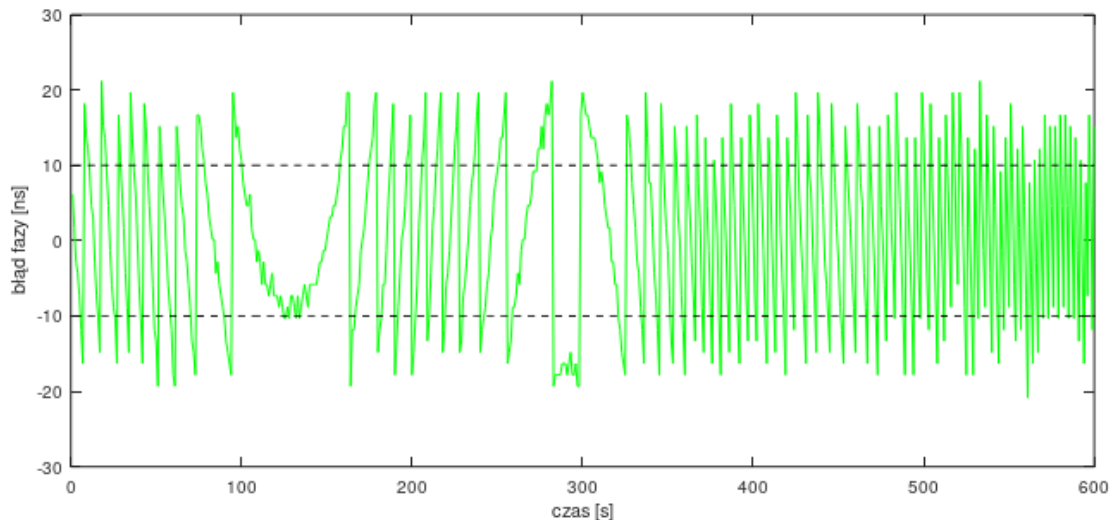
Wstęp do Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów - Laboratorium

Filtr Kalmana

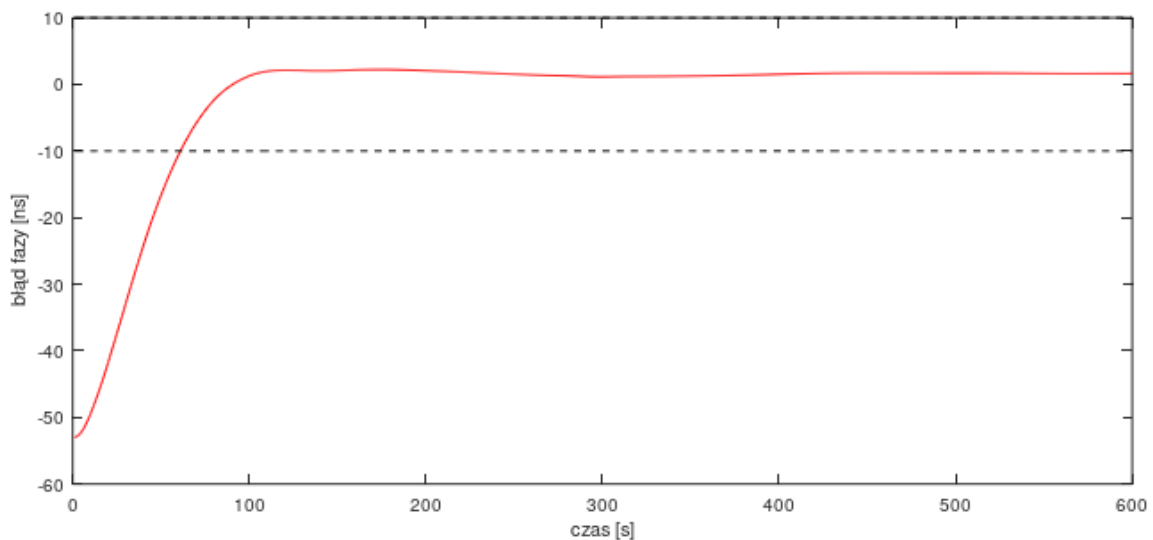
Wprowadzenie

Przedstawione w ćwiczeniu dane pochodzą z rzeczywistych pomiarów i eksperymentów wykonanych na wydziale.

Plik 'GNSS.mat' zawiera szum o charakterystyce piłokształtnej pochodzący z odbiornika GPS Trimble Acutime. (wykres poniżej)



Plik 'REFERENCE.mat' zawiera wartości błędu fazy sterowanego wysokostabilnego zegara rubidowego LPFRS zmierzone w odniesieniu do wysokostabilnego niezaszumionego sygnału. (wykres poniżej)



Natomiast plik 'CONTROL.mat' zawiera wartości sygnału sterującego.

W pliku 'MODELSS.mat' znajduje się model zegara rubidowego w przestrzeni zmiennych stanu (ang. Space State Model) uzyskany na podstawie eksperymentu identyfikacji obiektu sterowania. [<https://www.mathworks.com/help/control/ref/ss.html>]

Zadanie polega na odtworzeniu stanu fazy zegara, jeżeli była zmierzona w stosunku do sygnału GPS. (`input(i) = reference(i) + ins(i);`)

1. Ćwiczenie

- a) Zapoznaj się z plikiem CPS_KALMAN.m. Jakie dwie główne fazy wykonuje filtr Kalmana w jednej iteracji?

Tymi fazami są odpowiednio faza predykcji oraz faza korekcji .

2. Jaki jest wpływ parametru e (modyfikującego macierz kowariancji szumu procesu Q) na efektywność filtracji? (CPS_KALMAN.m)(wygeneruj wykresy dla

$e = 0.001$;

$e = 0.0001$;

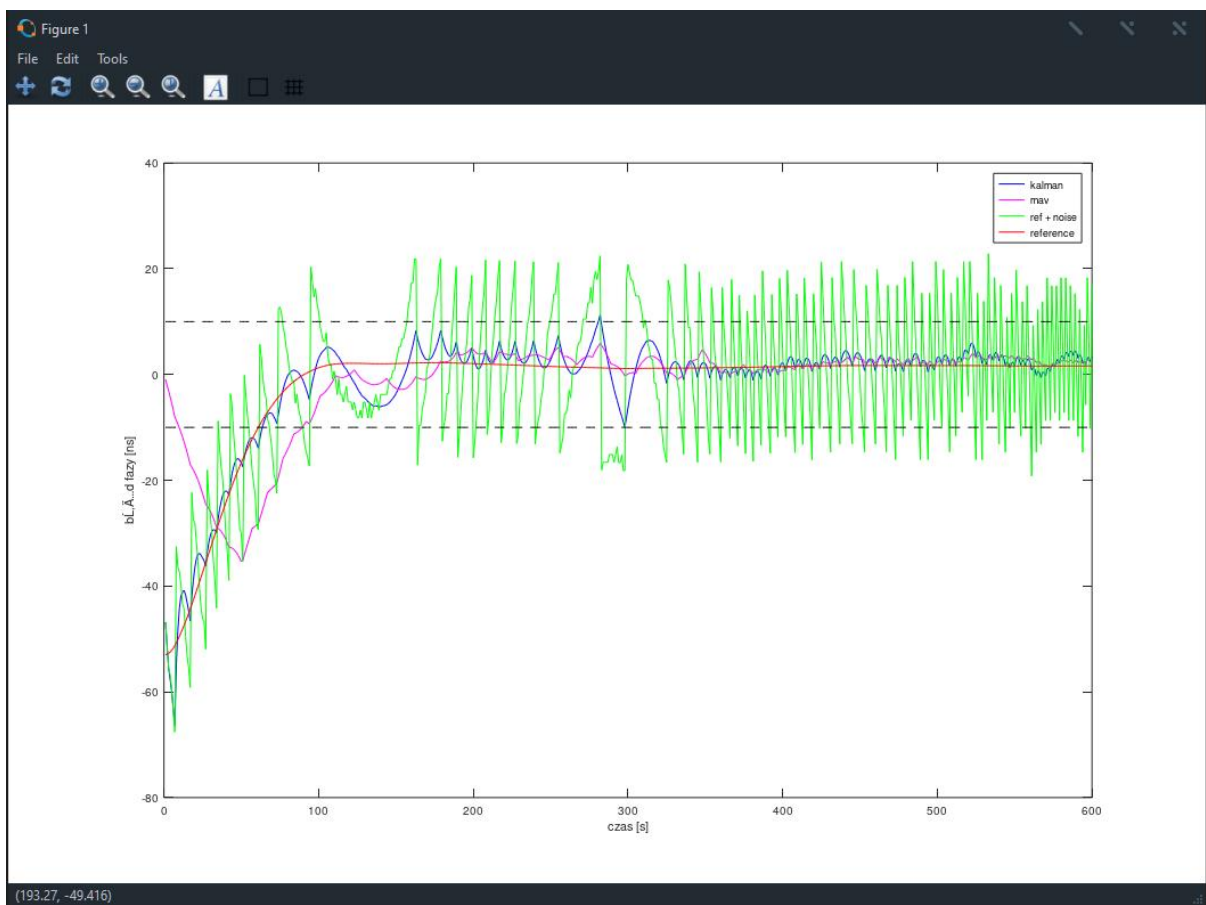
$e = 0.00001$;

$e = 0.000001$;

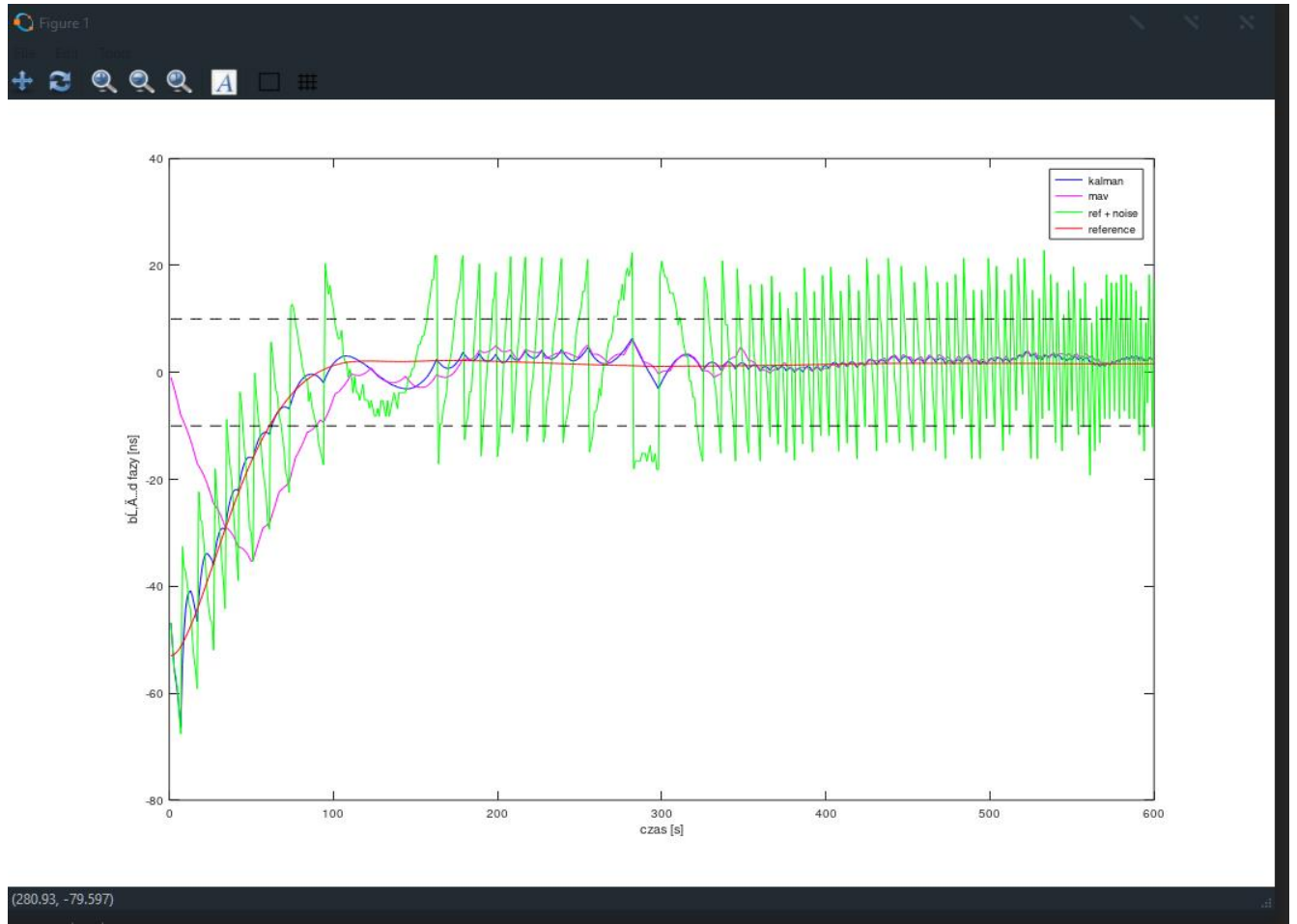
$e = 0.0000001$;))

Wykresy:

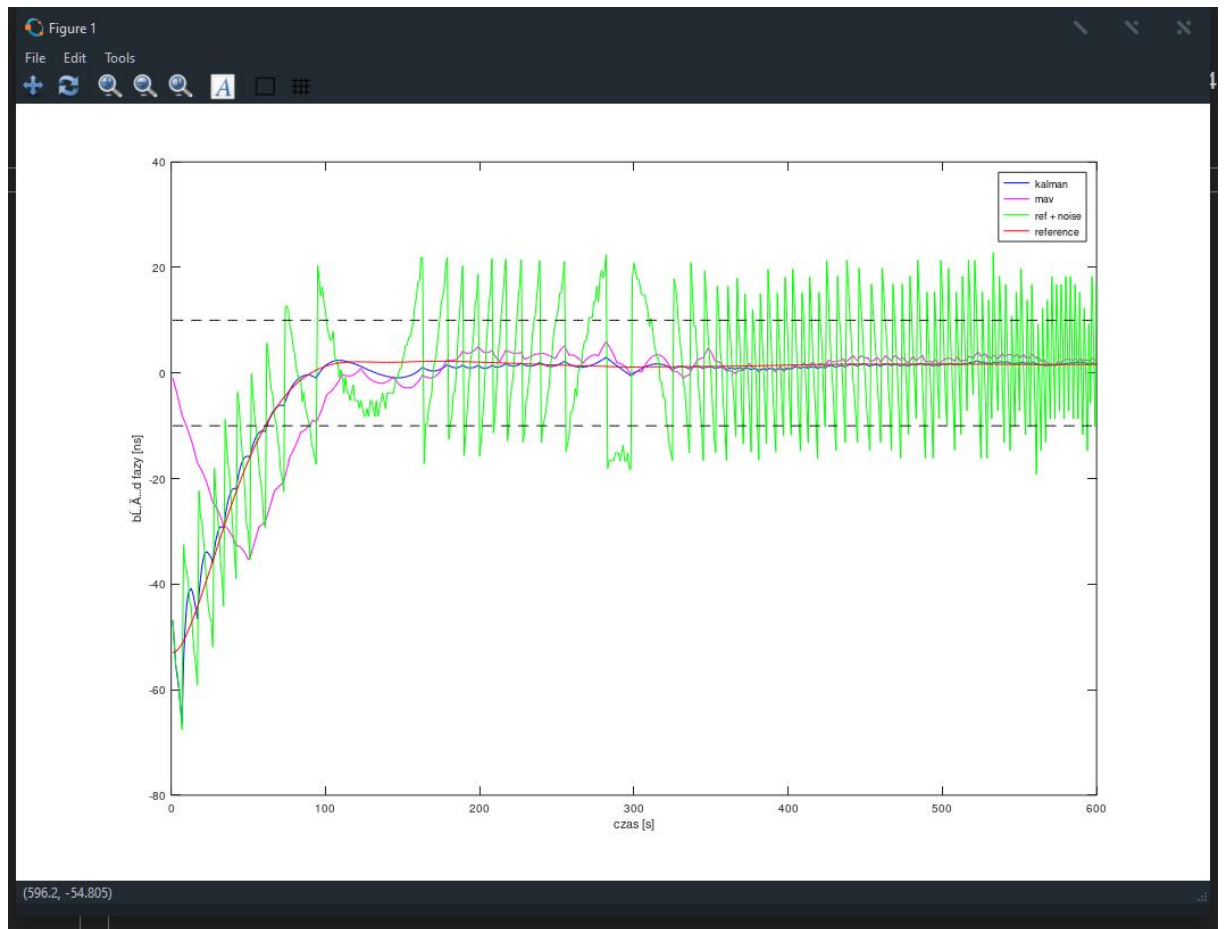
- a. $e = 0.001$



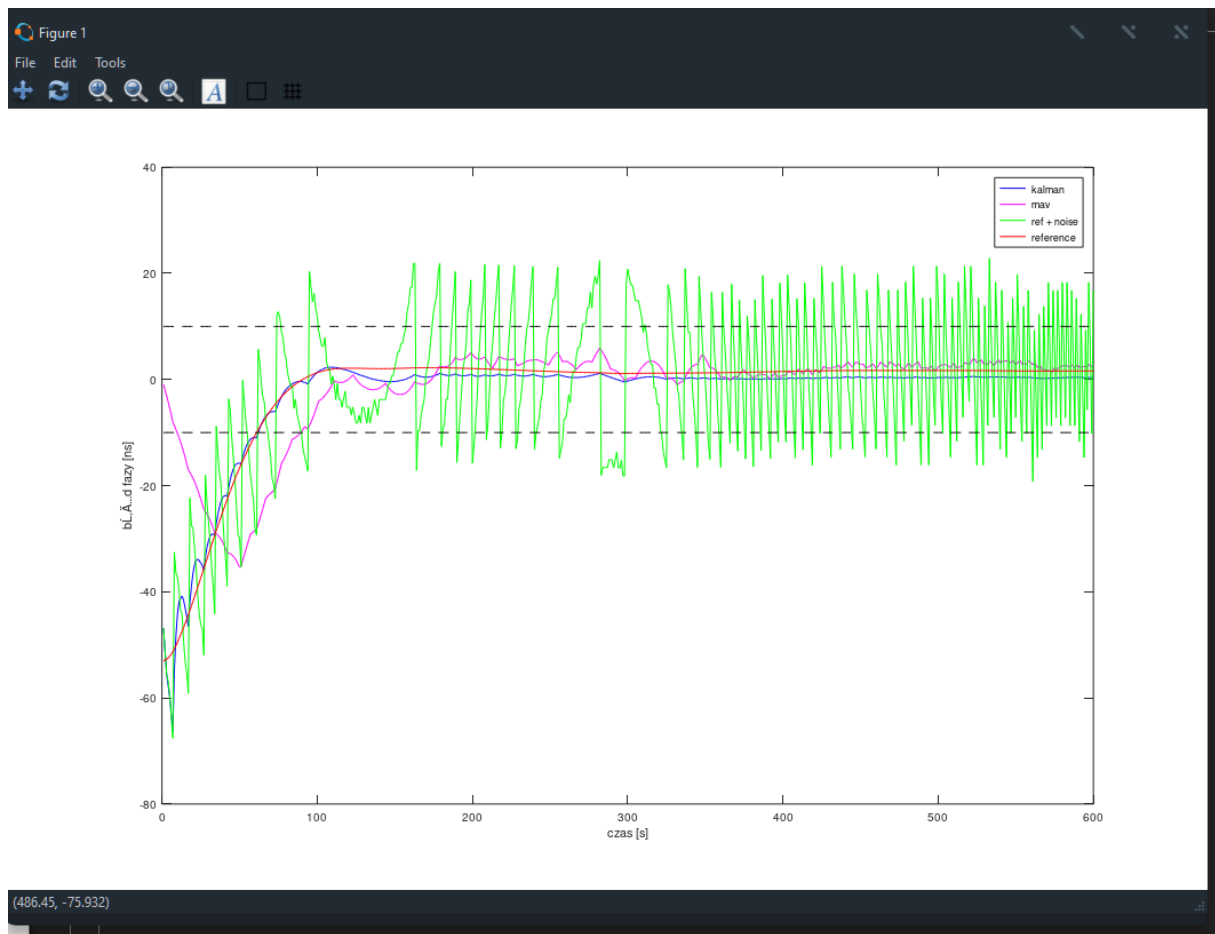
b. $e = 0.0001$



c. $e = 0.00001$

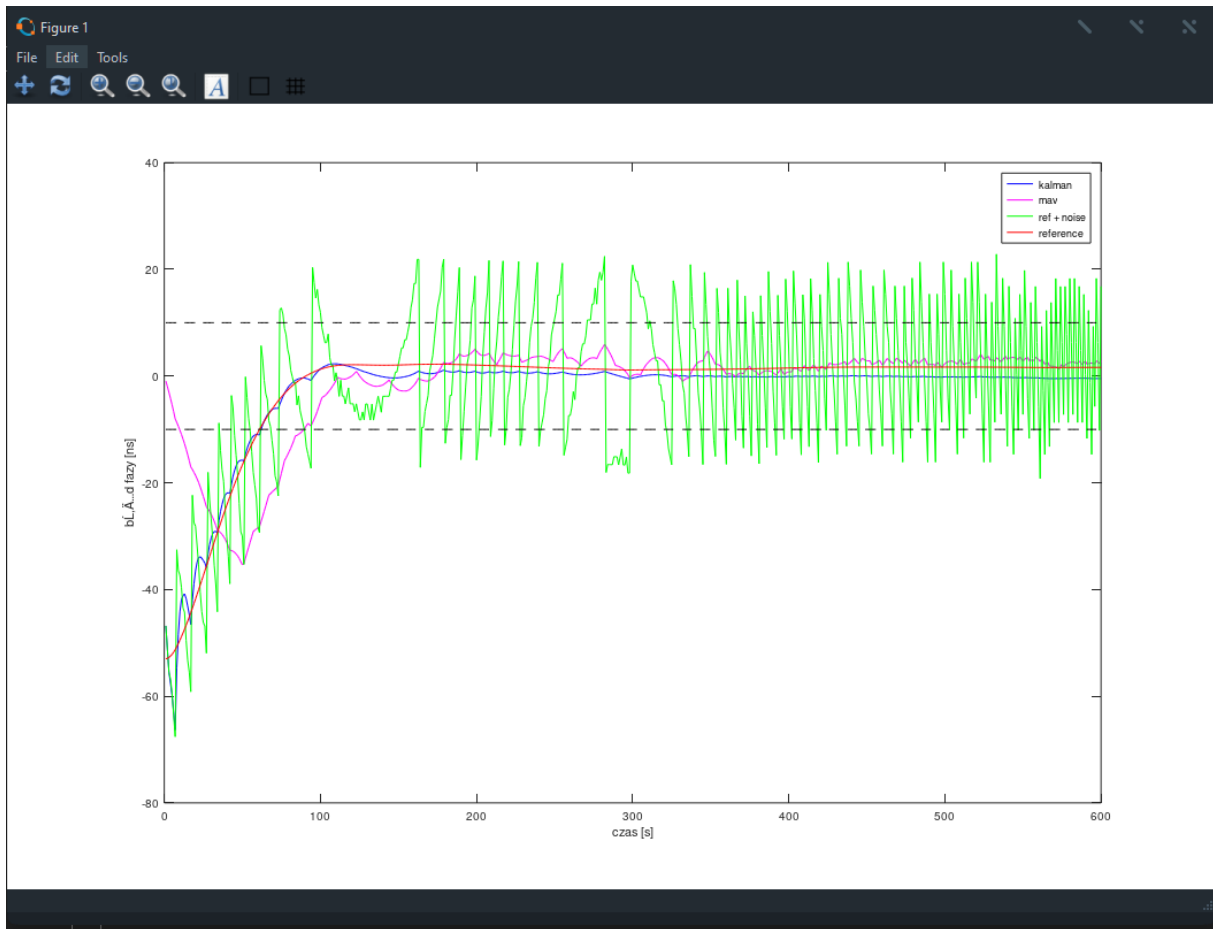


d. $e = 0.000001$



e. $e = 0.0000001$

Z



Wnioski do zadania 2:

Zauważamy, że optymalne jest ustawienie $e = 0.00001$, czyli pośrodku dostępnego zakresu.

Ustawienie wartości większych powoduje, że przybliżenie przestaje być dokładne, a w przypadku mniejszych występuje uchyb, który jest widoczny zwłaszcza w końcowym momencie filtrowania (z prawej strony wykresu), niedokładności te powodują zwiększenie błędu fazy których nie chcemy.

Dla wartości środkowej uchybu nie ma i błąd fazy w zasadzie nie występuje.

Poniższe wnioski są wyciągnięte na podstawie wykresów z zadania 2.

3. Porównaj efektywność redukcji zakłóceń w wyniku filtracji Kalmana i MAV.

Przy założeniu że wartość e zostanie prawidłowo dobrana można stwierdzić na podstawie analizy wykresu dla $e = 0.00001$, że filtr Kalmana lepiej radzi sobie z redukcją zakłóceń. Jednak jeżeli e nie jest prawidłowo dobrane np. na wykresie pierwszym to wtedy zwłaszcza w późniejszej fazie filtracji, gdy sygnał jest już ustabilizowany, że to filtr MAV lepiej radzi sobie z filtracją.

4. Porównaj jakość śledzenia trajektorii przy wykorzystaniu filtracji Kalmana i MAV (podobieństwo do referencji).

Dużo lepiej ze śledzeniem trajektorii radzi sobie filtr Kalmana. Możemy to zauważyć już na samym początku filtracji. Filtr Kalmana zwraca od samego początku wartości bliskie referencyjnym, podczas gdy filtr typu MAV na początku zupełnie nie trafia w wartości referencyjne i dopiero po kilku chwilach jest w stanie przybliżyć nasz sygnał. Dzieje się tak ze względu na to, że filtr MAV potrzebuje kilku próbek, które uśredni by przybliżyć sygnał.

Należy przy tym pamiętać, że jeżeli ustawimy wartość e na zbyt małą, to wystąpi uchyb i sygnał po filtracji mimo, że kształtem będzie mocno przypominał oryginał to jednak nie osiągnie jego poziomu.

5. Wnioski. (Jaka jest optymalna wartość parametru skalującego e i dlaczego?)

- Zauważamy, że optymalne jest ustawienie $e = 0.00001$, czyli pośrodku dostępnego zakresu, jest to spowodowane tym, że parametr ten mnożony przez parametr Q , jest dodawany do wyniku naszej predykcji, jeżeli będzie on za duży lub za mały, będzie to powodowało, że nasza predykcja i co za tym idzie całe przybliżenie będzie niedokładne.
- Od ustawienia parametru e , będzie zależało również to jak dokładnie filtr będzie redukował zakłócenia, o czym więcej pisałem w zadaniu 3.
- Podobnie jakość śledzenia trajektorii również zależy od doboru e , o czym pisałem w zadaniu 4.

2. Wzór sprawozdania

Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów – laboratorium Temat: Filtr Kalmana		
Imię i nazwisko: Marcel Garczyk		
Data ćwiczenia:	Data oddania sprawozdania:	Ocena:

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Wykresy otrzymanych przebiegów,
- Odpowiedzi na pytania,
- Wnioski!

CPS_KALMAN.m

```
clear;
load('GNSS.mat'); %ins% szumy sygnału GPS
load('REFERENCE.mat'); %reference% trajektorja fazy zegara rubidowego
load('MODELSS.mat'); % model zegara rubidowego w przestrzeni zmiennych
load('CONTROL.mat'); %u% wartości sterowania zegara

%inicjalizacja zmiennych
I = eye(2);
x0 = [0; 0];
% std 7 x 3ns = 21ns
R = 7;
Q = MODEL.Q;
A = MODEL.A;
B = MODEL.B;
C = MODEL.C;

P0 = I;
Pk = P0;
xk = x0;

ins = ins/2; %ustawienie poziomu szumu

for i = 1:600 %sekund działania 1 pomiar na sekundę

    %dodanie szumu do wzorcowej trajektorii
    input(i) = reference(i) + ins(i);

    %strojenie filtru Kalmana szukamy optymalnej wartości
    e = 0.001;
    %e = 0.0001;
    %e = 0.00001;
    %e = 0.000001;
    %e = 0.0000001;

    %predykcja
    pxk = A * xk + B*u(i);
    Pk = A*Pk*A.' + Q*e;

    %wzmocnienie filtru
    K = Pk*C.'*inv(C*Pk*C.' + R);

    %korekcja
    xk = pxk + K * ((input(i)) - C*pxk);
    Pk = (I-K*C)*Pk;

    %wyjście
    ph(i) = C*xk;

end
```

```

N=50;
b=ones(1,N)/N;           % filtr typu "ruchoma średnia" - MAV
mav=filter(b,1,input);

%plot
L = length(input);
xp = 1 : L;
%limits
hi = ones(1,L)*10;
low = -1*hi;

h=plot(xp,ph *3,'b',...
xp,mav*3,'m',...
xp,input*3,'g',...
xp,reference*3,'r',...
xp,hi,'k--',...
xp,low,'k--');
legend('kalman','mav','ref + noise','reference');
xlabel('czas [s]');
ylabel('błąd fazy [ns]');

```