# 《测量数据处理理论与方法》实验报告三

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **年级、专业、班级** | | **20194947** | | | **姓名** | | **魏子继** | **学号** | **20194947** |
| **实验题目** | **卡尔曼滤波** | | | | | | | | |
| **实验时间** | **2021年10月18日** | | **实验地点** | | | **A理119** | | | |
| **学年学期** | **2021学年**  **第一学期** | | **实验性质** | | | **□验证性 ■设计性 □综合性** | | | |
| 1. 实验目的及要求   1.了解和熟悉MATLAB的实验环境，学会一些简单函数的使用  2.理解和掌握卡尔曼滤波的基本原理以及计算公式  3.学会使用卡尔曼滤波分析处理具体函数模型  要求：  1、程序代码的重要部分要有注释；  2、编程风格要符合要求。（注意对齐和缩进）；  3、实验分析要全面(需要纠错过程截图)。 | | | | | | | | | |
| 1. 实验设备及环境 2. PC机一台；   2、软件matlab等等 | | | | | | | | | |
| 三、实验原理及内容  1、kalman滤波理论特点：  （1） Kalman滤波是 利用观测向量来重构、估计随时间不断变化的状态向量。顺序是：预测—实测—修正。  （2） Kalman滤波得到的状态向量估值具有无偏性和最小方差性，是一种基于线性最小方差估计上的最优估计方法。  （3） Kalman滤波的优点：是一种计算量小，存储量低，实时性高的递推解算法。  （4）在经历了初始滤波的过渡状态后，滤波效果会很好。  Kalman滤波利用过去直到当前的观测信息：  1、对目标当前位置估计（滤波）；  2、对目标将来位置估计（预测）；  3、重新估计过去的状态（插值或称平滑）。  Kalman滤波分为：滤波、预测、平滑三个主要部分。    下面为 基础Kalman滤波的状态方程(1) 和观测方程(2) （该模型对应的是离散线性系统）：    在完全不相关白噪声作用下，离散线性系统的随机模型为：    Kalman滤波的前提条件：  kalman滤波器的5个核心公式：   1. kalman一步预测公式：      1. 一步预测值的方差为：     （3）Kalman滤波公式：    滤波增益矩阵：    滤波值的方差公式：      线性系统kalman滤波的实施流程：    本实验可能用到的MATLAB公式：  A’——求矩阵A的转置  inv(A)——求矩阵A的逆  A.^n——将矩阵A中的列向量分别开n次方  Normrnd（x,y,m,n）——生成一个m行n列的，期望为x，标准差y的正态随机向量  eye(n)——生成一个n\*n的单位矩阵  figure()——生成一个窗口界面  plot(x,y,’r’)——以x向量为横坐标y向量为纵坐标绘图，r代表画线为红色 | | | | | | | | | |
| 四、实验实例及数据  以下列数据为例求解Kalman滤波数据 | | | | | | | | | |
| 五、程序设计（源代码）  clc;  clear;  % 测量数据处理理论-KalmanFilter  % 初始值的选取  n=7; % 观测值个数  t=[1 8 15 30 60 120 360]; % 自变量  x=[111 108 105 100 101 91 80]; % 观测值x  y=[213 207 208 200 194 190 185];% 观测值y  originin=[x; y]; % 由观测值构成的矩阵[2,n]  % 求解状态方程系数阵  l1=zeros(3,1);l2=zeros(3,1);  b1=zeros(3,3);b2=zeros(3,3);  a=ceil(n/3);b=ceil(2\*n/3); % 取x=1,x=n/3,x=2n/3,x=n处值用于建模  l1(1,1)=x(a-1); l1(2,1)=x(b-1); l1(3,1)=x(n-1);  l2(1,1)=y(a); l2(2,1)=y(b); l2(3,1)=y(n);  b1(1,1)=x(1); b1(2,1)=x(a-1); b1(3,1)=x(b-1);  b2(1,1)=x(1); b2(2,1)=y(a); b2(3,1)=y(b);  b1(1,2)=t(a-1)-t(1); b1(2,2)=t(b-1)-(a-1); b1(3,2)=t(n-1)-t(b-1);  b2(1,2)=t(a)-t(1); b2(2,2)=t(b)-t(a); b2(3,2)=t(n)-t(b);  for i=1:3  b1(i,3)=b1(i,2)^2;  b2(i,3)=b1(i,3);  end  disp('状态方程系数阵为:');  x1=pinv(b1'\*b1)\*b1'\*l1  x2=pinv(b2'\*b2)\*b2'\*l2  disp('观测方程为L=BX+V:')  B=[1 0;0 1]  % 初始值的计算  phi=[x1(1) 0;0 x2(1)]; % phi是转移矩阵  tau=[x1(2) x1(3);x2(2) x2(3)]\*[(t(2)-t(1))/2;((t(2)-t(1))/2)^2];% tau是扰动项  x0=(x(1)+x(2))/2; % 二者的初始值取前两位数的平均值  y0=(y(1)+y(2))/2;  % x0=mean(x); y0=mean(y); % 二者的初始值取全部的平均值  X=zeros(2,1);  X(1,1)=x0; X(2,1)=y0;  D\_omega=0.1; D\_delta=0.04; % 自己规定  Dx=zeros(2,2);  Dx(1,1)=0.025; Dx(2,1)=0.025;  % Kalman滤波计算  % 公式来源书P54  L=[x(1);y(1)];  E=zeros(2,2);  S=X+Dx\*B'\*pinv(B\*Dx\*B'+D\_delta)\*(L-B\*X);  s=S; % s为最小二乘滤波结果  X=phi\*X;  Dx=phi\*Dx\*phi'+tau\*D\_omega\*tau'; % 二者的方差与其omega值于白噪声方差相关(后一项)  l=L-B\*X; % l为估计值与平差值之差,即新息  J=Dx\*B'\*pinv(B\*Dx\*B'+D\_delta); % J为增益矩阵，即为估计值与估计值+平差值的方差之比  XL=X+J\*l; XY=XL; % XY为Kalman滤波结果  DL=(E-J\*B)\*Dx; d=DL; % 其协方差矩阵  for i=2:n  % 最小二乘滤波值求取  X=phi\*[x(i);y(i)]; % 由状态方程计算X的估值及方差  tau=[x1(2:3,1)';x2(2:3,1)']\*[(t(i)-t(i-1));(t(i)-t(i-1))^2];  Dx=phi\*Dx\*phi'+tau\*D\_omega\*tau';  S=X+Dx\*B'\*pinv(B\*Dx\*B'+D\_delta)\*(L-B\*X);  s=[s,S];    % Kalman滤波值求取  X=phi\*XL;  Dx=phi\*Dx\*phi'+tau\*D\_omega\*tau';  L=B\*[x(i);y(i)];  l=L-B\*X;  J=DL\*B'\*pinv(B\*DL\*B'+D\_delta);  XL=X+J\*l;  XY=[XY,XL];  DL=(E-J\*B)\*Dx;  d=[d,DL];    if i>n  break;  end  end  disp('最小二乘滤波的值S为:');  s  disp('Kalman滤波最佳估值及其相应的方差值为:');  XY  d  % 绘图直观显示最小二乘滤波与Kalman滤波的比较  plot(t,originin,'^g',t,s,'b--o',t,XY,'r-\*');  legend('观测值x' ,'观测值y','最小二乘滤波值x','最小二乘滤波值y','Kalman滤波x','Kalman滤波值y');  box on; % 显示坐标区轮廓  title('观测值、最小二乘滤波值、卡尔曼滤波求出的最佳估值的分布');  xlabel('时间t');  ylabel('距离值x、y');  % 将结果输入至excel表格中  filename='KalmanResult.xlsx';  %xlswrite(filename,["时间","最小二乘滤波值","Kalman滤波值"],'Result');  xlswrite(filename,t,'Result','B2');  xlswrite(filename,s,'Result','B3');  xlswrite(filename,XY,'Result','B5');  %xlswrite(filename,d,'Result','B7'); | | | | | | | | | |
| 六、实验步骤（含纠错分析）  该实验由以下步骤进行：  1.选取初始值，即初始值的输入；    2.状态方程系数阵的求解；    （在这步曾经出错，因为我想设计一个循环来直接得到状态矩阵系数需要的一些相关值，但是这样的话带入的值不是如今的值，最后得到的a(3,1)和b(3,1)的值均和现在的不一样，我本以为这是没有带来多大的影响的，但算下来滤波的结果与原值偏理很大，超出了允许范围，因此弃用了，改为这样一个个输入。后来分析因为这是转移矩阵的原因，不能随便取用。）  3.计算Kalman滤波初始值；  （在这一步中曾想要用xy的平均值作为初始值，这样子得到的比较图像图下：    能够看出二者的差异不是很大，只在第二个数值上有很大差异）（可能因为第二个数值的变化太短，或者认为他是粗差。目前我还得不到非常准确的答案，仍需更加探究。也看出初始值对Kalman滤波结果影响不大。）  4.Kalman滤波计算；    5.将Kalman滤波计算结果与最小二乘方法计算结果比较；    6.绘制相关图像并将结果输入至excel表格中。 | | | | | | | | | |
| 七、实验结果及分析  实验结果：    Kalman滤波方差：    最小二乘滤波与Kalman滤波比较图：    结论：  1.由Kalman滤波值的方差可以看出，该滤波方法后的方差值均很小，甚至在小数点后十一位，证明了该方法进行滤波拥有很高的精度；  2.由观测值、最小二乘滤波值和Kalman滤波值比较图能够看出，相比最小二乘滤波，Kalman滤波更接近于真实值，去除噪声的效果更好。 | | | | | | | | | |
| 八、实验收获及总结  首先是关于Matlab方面的知识，我学到了如何将运算结果输出至excel表格中和使用plot函数画函数图像，这些方法都方便显示运算结果或揭示运算结果背后的规律，他们的显示方法比单纯的在命令行窗口中输出更加直观、简洁。  其次，通过本次实验我对卡尔曼滤波有了一定的了解，它能够通过前一时刻的估计值和现在时刻的观测值来更新状态变量估计，求出现在时刻的估计值，能够有效的剔除噪声，对机器学习等领域有很大的帮助。  最后，对Kalman滤波与最小二乘滤波之间的图像比较发现，Kalman滤波拥有很强的优越性，因为他会把下一次的估计值还会与上一次最佳估值和先验值的接近程度相关，同时他也会在下一次的运算中相应改变先验值和后验值所占的权重，从而逐步求解，达到最优值。 | | | | | | | | | |
| 教师评语： | | | | 实验评分： | | | | | |