

北京航空航天大学

2012—2013 学年 第二学期期末

《最优估计理论》

研究生考试卷

班 级 \_\_\_\_\_ 学 号 \_\_\_\_\_

姓 名 \_\_\_\_\_ 成 绩 \_\_\_\_\_

2013 年 6 月 13 日

班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 成绩\_\_\_\_\_

## 《最优估计理论》期末考试卷

(2013 年 6 月 13 日, 星期日, 16:00~18:00, 主 M101 教室)

## 1. 判断正误 (20 分)

- 1) 对于同一问题, 采用不同的估计准则, 估计结果不同;
- 2) 对于线性问题, 在求解条件满足情况下, 采用最小方差估计与线性最小方差估计结果应当一致;
- 3) 平滑滤波因利用了更多的观测信息其结果一定优于滤波问题的解;
- 4) 利用正交定理推导 Kalman 滤波方程时, 仅考虑估计误差与观测值的正交性, 因此最优估计解没有无偏性的约束;
- 5) 在准确获取  $Q$ 、 $R$  的情况下, Kalman 滤波的解能够无限趋近于真值;
- 6) 固定区间平滑在某种意义上是利用状态估计解作为观测信息的滤波方法;
- 7) 估计误差协方差阵  $P$  的渐进性必然会导致  $P$  极限的存在;
- 8) 衰减记忆滤波、限定记忆滤波对模型误差引起的发散现象有抑制作用;
- 9) 强跟踪滤波器是通过有效调节  $P$  阵达到自适应目的的;
- 10) 序贯处理能够有效抑制计算舍入误差。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

正确的在题号对应的空格处划  $\checkmark$ , 否则划  $\times$ 。

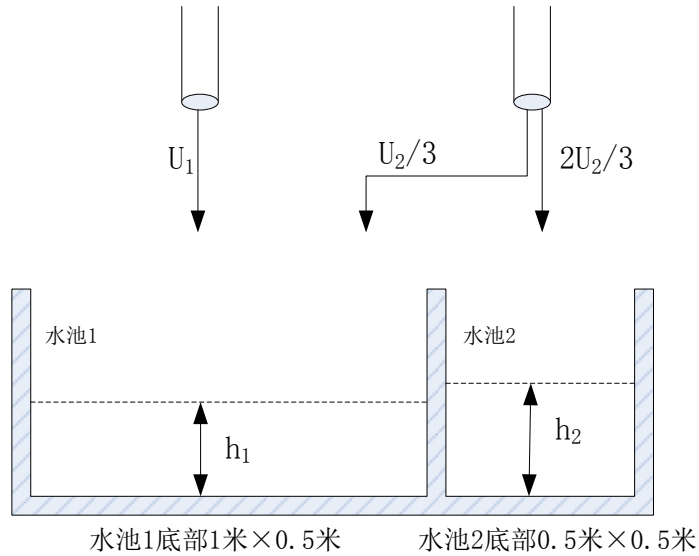
2. (15 分) 设某系统的函数关系为  $f=x^n y^m$ ，一组系统测量值如下表所示

$x$	2	1.5	3	4
$y$	2	2.5	4	3
$f$	8.01	9.37	47.92	36.2

利用最小二乘法对  $n$  与  $m$  进行估计。

3. (20 分) 如下图所示水池 1 与水池 2 采用两个水管注水, 其中水管 1 的流量  $U_1$  全部注入于水池 1, 水管 2 流量  $U_2$  的  $1/3$  注入水池 1, 其余注入水池 2。两个水池的液位高度可以实时测量, 分别为  $h_1$  与  $h_2$ 。两水池底部面积如图中标注。若  $U_1$  与  $U_2$  的流量存在零均值白噪声干扰, 方差分别为  $8(\text{cm}^3/\text{s})^2$ 、 $16(\text{cm}^3/\text{s})^2$ ;  $h_1$  与  $h_2$  液位高度测量误差也是零均值白噪声, 方差分别为  $4\text{mm}^2$ 、 $6\text{mm}^2$ 。请回答以下问题

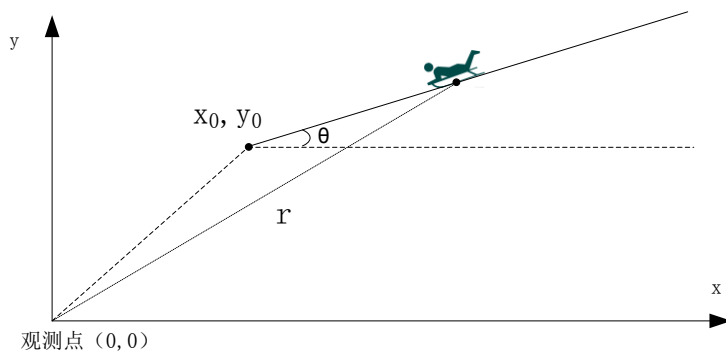
- 1) 设计稳定的 Kalman 滤波器, 实现对  $U_1$  与  $U_2$  的估计;
- 2) 假设初始情况下各维状态估计误差方差协方差阵为  $10I$ (单位依据状态方程自行确定), 试计算预测滤波问题的  $K_1$ ,  $K_2$ ;
- 3) 若初始情况下  $U_1$  流量未知, 能否实现其准确估计?  $U_1$  与  $U_2$  都未知呢? 说明道理。



(此页空白，为答题页)

4. (20 分) 如图所示滑雪者沿直线雪橇轨道匀速下滑, 观测点与雪橇轨道在铅垂面内共面, 雪橇轨道很窄, 且与水平面夹角  $\theta$  为 30 度。距离观测噪声为零均值白噪声, 方差为  $1\text{m}^2$ , 下滑过程中速度干扰量为零均值白噪声干扰, 方差为  $1(\text{m/s})^2$ 。若只能测量观测点到滑雪者的距离, 请完成以下问题

- 1) 设计两种不同形式的位置估计 kalman 滤波器 (滤波问题, 无需解算, 但要给出方程中具体的结构参数计算公式);
- 2) 比较分析滤波器的优缺点及滤波解的异同。



(此页空白，为答题页)

5. (25 分) 针对 Kalman 滤波, 给出如下问题的回答:

- 1) 限定记忆滤波的主要思想是什么, 如何理解下面的限定记忆滤波公式:

$$\hat{X}_N(k|k) = \Phi(k, k-1)\hat{X}_N(k-1|k-1) + K(k)[Z(k) - H(k)\Phi(k, k-1)\hat{X}_N(k-1|k-1)] - \bar{K}(k)[Z(k-N) - H(k-N)\Phi(k-N, k)\Phi(k, k-1)\hat{X}_N(k-1|k-1)]$$

$$K(k) = P_N(k|k)H^T(k)R_k^{-1}$$

$$\bar{K}(k) = P_N(k|k)\Phi^T(k-N, k)H^T(k-N)R_{k-N}^{-1}$$

- 2) EKF 与 UKF 的区别与联系是什么?
- 3) 如果不掌握某一信号的变化规律, 怎样用 Kalman 滤波对其进行估计? 给出滤波的数学模型。



(此页空白，为答题页)

6. (附加题: 10 分) 对 Sage-husa 自适应滤波中的 Q 递推公式进行原理分析

$$\hat{Q}_{k+1} = (1-d_k)\hat{Q}_k + d_k(K_{k+1}\tilde{Z}_{k+1}\tilde{Z}_{k+1}^TK_{k+1}^T + P_{k+1} - \Phi_{k+1,k}P_k\Phi_{k+1,k}^T)$$

其中  $P_{k+1}$  为  $P(k+1|k+1)$ ,  $K_{k+1}$  为  $K(k+1)$

提示: 分析 Kalman 滤波公式中  $P(k+1|k+1)$  递推公式