

班号_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____

《最优估计理论》期末考试卷

(2018 年 7 月 4 日, 星期三, 9:00~11:00, 新主楼 B118)

1. 判断正误 (20 分, 每小题 1 分)

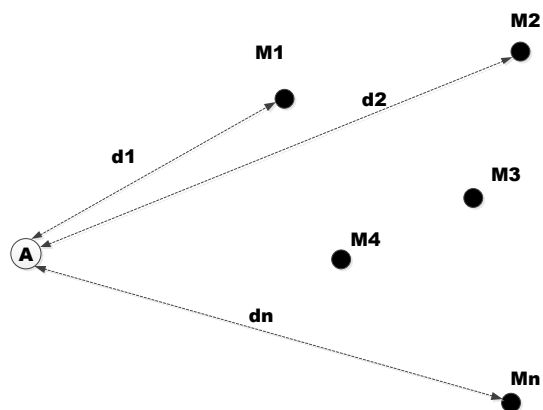
- 1) 最小方差估计准则可以适用于线性、非线性模型;
- 2) 在使用最小二乘估计方法时, 若被估参数与观测值为非线性函数关系, 只能采用非线性最小二乘估计;
- 3) 马尔科夫估计是最优加权下的加权最小二乘法;
- 4) $\hat{X} = M_x + COV(X, Z)(VarZ)^{-1}(Z - M_z)$ 中的 M_x 、 M_z 是指一段时间内状态 X 及观测 Z 的数学期望;
- 5) 对于各种估计问题, Kalman 滤波中估计误差协方差阵 P 、最优增益 K 都可以离线计算, 这是 Kalman 滤波的重要特征;
- 6) 在 Kalman 滤波中, 观测信息的利用率与状态递推的准确性及观测精度密切相关;
- 7) 从计算原理上来看, 固定区间平滑是在滤波计算基础上, 利用平滑结果作为观测量的二次 Kalman 滤波;
- 8) Kalman 滤波在系统模型、 Q 、 R 准确的情况下, 估计结果可任意逼近真值;
- 9) Kalman 滤波并未要求过程 (系统) 噪声、观测 (量测) 噪声具有高斯分布特性;
- 10) 成形滤波器可将各类有色噪声转化为白噪声驱动线性系统的形式;
- 11) 根据序贯处理思想, 采用不同的观测值计算 (更新) 次序, 会得到相同的最优估计结果;
- 12) 若线性时不变系统是可控、可观的, 其 Kalman 滤波是稳定的;
- 13) 原系统一致完全可控、一致完全可观, 若存在模型误差, Kalman 滤波仍可能发散;
- 14) 强跟踪滤波器通常是在状态方程有较大递推误差情况下使用的;
- 15) 实际使用中, 对于非线性系统线性化的滤波方法, 保留泰勒展开阶数项越高滤波精度也越高;
- 16) 对称采样下, UT 变换具有均值、方差计算的四阶精度;
- 17) 在状态、观测方程不可导情况下, UKF 仍具有计算能力;
- 18) 粒子滤波是在完备采样基础上利用大量样本实现状态估计的;
- 19) α - β - γ 滤波器可以适用于有相同最高指数但具体函数形式不同的信号滤波计算;
- 20) 理想情况外, 滤波系统达到最优时, 残差的协方差阵应当不大于新息的协方差阵。

请将判断结果填入下表, 正确的在题号后的空格处划 \checkmark , 否则划 \times 。

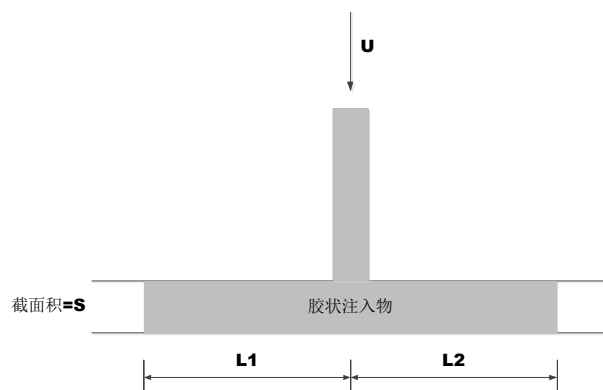
1)		2)		3)		4)		5)		6)		7)		8)		9)		10)	
11)		12)		13)		14)		15)		16)		17)		18)		19)		20)	

2. 利用已知地标点定位问题中, A 为需要定位的移动体, $M1 \sim Mn$ 为坐标已知的三维地标点, A 移动过程中可以实时测量 A 到 $M1 \sim Mn$ 的距离 $d1 \sim dn$, 对于 A 点定位应用请回答下列问题: (15 分)

- 1) $d1 \sim dn$ 测量噪声未知, 请选择合适的估计方法, 并给出理由;
- 2) 推导出 A 点三维坐标计算公式;
- 3) 对 A 点的定位精度进行讨论。



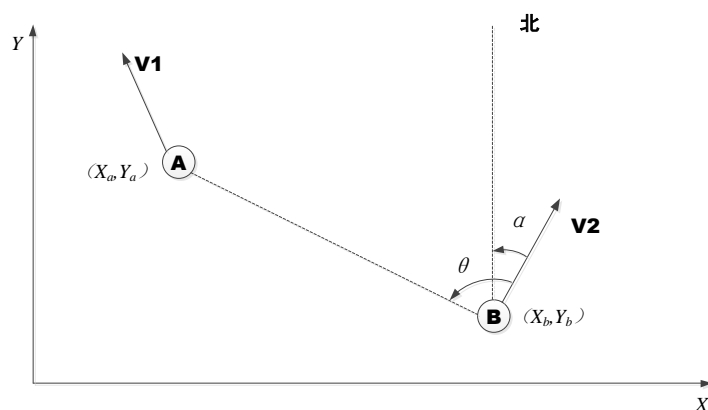
3. 某预制件采用胶状物缓慢注入成型工艺， U 为胶状物原料注入量， S 为圆筒形的成型管截面积； L_1 、 L_2 为胶状物两端面距中心距离测量值，测量噪声方差均为 R ；注入量 U 有微小抖动，方差为 Qu ，成型管内胶状物体积不存在额外不确定性。为保证预制件结构性质，需要严格控制预制件形状的成长速度，请回答如下问题（15 分）：
- 1) 设计能够实现注入量 U 、成型管内胶状物体积滤波估计的稳定的状态方程、观测方程；
 - 2) 给出滤波系统的 Q 、 R 的对角线元素；
 - 3) 若在成型段以恒定流速（小于 U ）抽出胶状原料用于检测温度及凝固程度，稳定滤波系统又应如何设计？（不考虑抽出口位置对成型过程的阶段性影响）



4. A、B 为编队前进的两物体，其中 A 具有高精度导航系统，B 导航系统精度较低，行进过程中可认为 A 导航计算无误差。B 具有相对测量系统，可以实时测量 AB 距离，以及 A 相对 B 前进方向偏转角度 θ ，但 B 的航向 α 角不准确，A 导航参数可实时传输到 B，为获得物体 B 的精确导航信息，请回答下列问题 (15 分)

- 1) 设计合理的状态、观测方程，实现对物体 B 位置、速度、航向的估计；
- 2) 给出 EKF 求解下的状态转移及输出矩阵；
- 3) 分析滤波模型的性能，说明不同运动情况下的参数估计精度。

(提示：A 所有导航信息视为已知信息，测量中的复杂三角函数简化为确定常数项处理。)



5. 针对 GPS/陀螺/里程计组合导航系统, 请回答下列问题: (15 分)

状态方程中各状态依次是北向位置、东向位置、偏航角、速率、偏航角速率、陀螺零偏、里程计标度因数; 观测方程 1 中各项依次为 GPS 测量的北向位置、东向位置、偏航角、速率以及陀螺测量的角速率。

- 1) 状态方程的设计与实际情况有哪些不符之处? 是否会对估计有较大影响?
- 2) 如果采用观测方程 1, 行驶速度能不能被有效估计, 为什么?
- 3) 如果采用观测方程 2, 哪些状态不能被有效估计? 与观测方程 1 对应的滤波系统会有什么样的区别?

$$\left\{ \begin{array}{l} N_y(k+1) = N_y(k) + v(k)T \cos(\psi(k)) + w_1 \\ E_x(k+1) = E_x(k) + v(k)T \sin(\psi(k)) + w_2 \\ \psi(k+1) = \psi(k) + T\dot{\psi}(k) + w_3 \\ v(k+1) = v(k) + w_4 \\ \dot{\psi}(k+1) = \dot{\psi}(k) + w_5 \\ B(k+1) = B(k) + w_6 \\ S(k+1) = S(k) + w_7 \end{array} \right. \quad \text{观测方程 1} \left\{ \begin{array}{l} N_{gps} = N_y(k) + e_1 \\ E_{gps} = E_x(k) + e_2 \\ \psi_{gps} = \psi(k) + e_3 \\ v_{speed}(k) = n(k)S(k) + e_4 \\ \dot{\psi}_{gyro}(k) = \dot{\psi}(k) + B + e_5 \end{array} \right.$$

$$\text{观测方程 2} \left\{ \begin{array}{l} N_{gps} = N_y(k) + e_1 \\ E_{gps} = E_x(k) + e_2 \\ \psi_{gps} = \psi(k) + e_3 \\ n(k)S(k) = v(k) + e_4 \\ \dot{\psi}_{gyro}(k) = \dot{\psi}(k) + B + e_5 \end{array} \right. \quad (\text{注: 若本页不够请写在背面})$$