
北京航空航天大学

2016—2017 学年 第二学期期末

《最优估计理论》

研究生考试卷 (A 卷)

班 级 _____ 学 号 _____

姓 名 _____ 成 绩 _____

2017 年 6 月 27 日

班号_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____

《最优估计理论》期末考试卷

(2017 年 6 月 27 日, 星期二, 8:00~10:00, 新主楼 B223)

1. 判断正误 (20 分)

- 1) 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;
- 2) 即便估计准则不同, 在某些情况下也可基于不同准则获得相同的估计结果;
- 3) Kalman 滤波中 K 、 P 计算可以离线进行;
- 4) 限定记忆滤波是通过每次量测更新时刻去除老数据的作用实现的限定记忆效果;
- 5) 对于同一问题的相同时刻, 平滑算法的 P 阵原则上应小于等于滤波算法的 P 阵;
- 6) Kalman 滤波器设计中, 应当尽可能地使原系统模型可控、可观;
- 7) 在滤波过程中, 只要状态方程、观测方程确定, 实际滤波解算精度与各物理量单位的选择无关;
- 8) 滤波系统达到最优时, 残差的协方差阵应当小于新息的协方差阵;
- 9) UKF 中生成的 sigma 点的数量必须是状态维数的 2 倍;
- 10) EKF 仅仅保留了非线性函数泰勒展开的一阶项。

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. 在使用单轴加速度计、陀螺、GPS 车载组合导航系统中，需要对单轴加速度计进行标定，考虑到安装误差、测量误差等多种因素，可以将加速度计在车辆纵轴方向的有效测量以下式描述

$$a_{\text{有效}} = k a_{\text{测量}} + a_{\text{零偏}}$$

若已知车辆在水平面内运动，GPS 输出包括位置、速度、航向，请设计一个利用 GPS 信息对单轴加速度计的有效测量进行标定的算法，具体要求如下：（15 分）

- 1) GPS 各参数测量噪声未知，选择的合适的估计方法
- 2) 给出具体的标定算法计算公式
- 3) 为提高标定精度，应当采取哪些措施（提示：从考虑 GPS 的量特性及数据计算精度的角度出发）

3. 两辆车分前后在一条直线上运动, 每辆车都有自己的惯性导航系统, 并有一测量系统能够获得两车间的距离及相对速度, 为提高车辆定位精度, 请利用 Kalman 滤波提高运动参数估计精度, 具体要求如下: (15 分)
- 1) 建立能够估计两车位置与速度的滤波器模型;
 - 2) 分析该模型的滤波器法稳定性, 并说明滤波器对各参数估计的能力;
 - 3) 如要前车具备对前方静止景物的测距能力, 讨论系统模型的变化, 是否可实现对所有参数的有效估计?
 - 4) 若要对两车位置、速度的准确估计, 结合公式说明应当怎样改进方案。
- (注: 若本页不够请写在背面)

4. 有关无迹滤波, 请回答下列问题 (15 分)
- 1) UT 变换的目的是什么? UT 变换的具体方法是什么?
 - 2) 无迹滤波的具体实现方法是什么?
 - 3) 请用公式分析证明线性系统下的无迹滤波与常规 Kalman 滤波的关系
- (注: 若本页不够请写在背面)

5. 针对 GPS/陀螺/里程计组合导航系统, 请回答下列问题: (20 分)

状态方程中个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 中个各项依次为 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) 状态方程的设计有哪些不合理之处?
- 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区别?
- 4) 如何真正有效实现 GPS、里程计、陀螺的组合导航 Kalman 滤波器设计?

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

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

6. 请回答如下有关滤波的问题 (15 分)

- 1) 在线性连续系统离散化中, 状态转移矩阵是怎样获得的, 为得到较高精度的状态转移矩阵, 需要考虑哪些问题?
- 2) 请依据下面给出的滤波、固定区间平滑公式分析两者的异同

$$\hat{X}(k+1|k+1) = \hat{X}(k+1|k) + K(k+1)[Z(k+1) - H(k+1)\hat{X}(k+1|k)]$$

$$K(k) = P(k|k-1)H^T(k)[H(k)P(k|k-1)H^T(k) + R_k]^{-1}$$

$$\hat{X}(k|N) = \hat{X}(k|k) + A_s(k)[\hat{X}(k+1|N) - \Phi(k+1, k)\hat{X}(k|k)]$$

$$A_s(k) = P(k|k)\Phi^T(k+1, k)[\Phi(k+1, k)P(k|k)\Phi^T(k+1, k) + \Gamma(k+1, k)Q_k\Gamma^T(k+1, k)]^{-1}$$

(注: 若本页不够请写在背面)