

北京航空航天大学

2019—2020 学年 第二学期期末

《最优控制与状态估计》

研究生考试卷 (E 卷)

班 级 _____ 学 号 _____

姓 名 _____ 成 绩 _____

2020 年 6 月 22 日

班号_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____

《最优控制与状态估计估计》期末考试卷

(2020 年 6 月 22 日, 星期一, 9:30~12:00, 线上开卷)

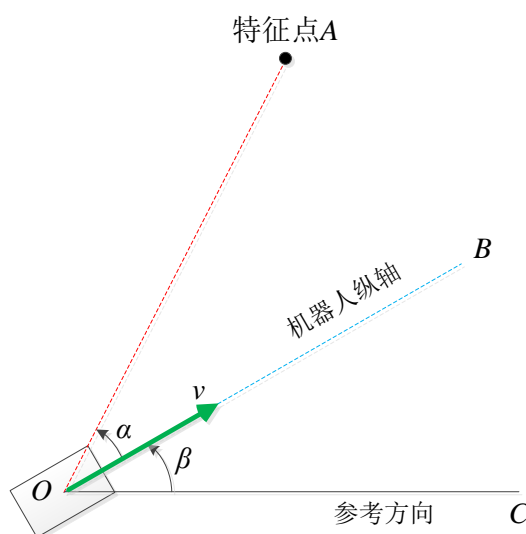
1. 判断正误 (10 分, 每小题 0.5 分)

- 1) 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;
- 2) Kalman 滤波要求过程 (系统) 噪声、观测 (量测) 噪声具有高斯分布特性;
- 3) 对于多级决策问题: 当把其中任何一级及其状态作为初始级和初始状态时, 则不管初始状态是什么, 达到这个初始状态的决策是什么, 余下的决策对此初始状态必定构成最优策略;
- 4) 直接法的特点是, 在每一步迭代中都要满足哈密顿函数取极小的必要条件, 而且要同时积分状态方程和协态方程, 两种方程的积分都从 t_0 到 t_f 或从 t_f 到 t_0 ;
- 5) 贝叶斯估计 $p[x(k)|z_{1:k}] = \frac{p(z_k|x_k)p(x_k|z_{1:k-1})}{p(z_k|z_{1:k-1})}$, 在物理意义上, 其处理包含了预测与修正两个环节;
- 6) Matlab 软件中 care 函数与 lqr 函数均可以解决黎卡提方程求解问题;
- 7) 常用的最优控制计算方法间接法有梯度法、二阶梯度法和共轭梯度法;
- 8) 当哈密顿函数不是时间的显函数时, 沿最优轨线的哈密顿函数为常数, 终端时间自由时恒为零;
- 9) UKF 预测计算中, 只要采用对称采样 UT 变换, 非线性函数的数学期望与方差计算可达到 4 阶精度;
- 10) 固定区间平滑与最优滤波问题的公式在物理意义上有明确的对应关系;
- 11) 对双积分系统, 最短时间控制系统有加速段, 减速段和等速运行段, 而最小能量控制系统只有加速和减速段;
- 12) 最小二乘公式 $\hat{X} = (H^T H)^{-1} H^T Z$, 在每次测量值 Z 为常数时, 无法实现对状态 X 的有效估计;
- 13) 对于无限时间状态调节器问题, 要求系统可控, 或至少可镇定; Q 要正定, 或 Q 半正定且 (A, Q_1) 可观测, 至少可检测, $Q = Q_1^T Q_1$;
- 14) 对于连续系统的有限时间状态调节器, 利用线性二次型工具求得的最优控制反馈增益矩阵与系统状态有关;
- 15) 从连续系统离散化角度出发, 离散系统噪声方差是一步离散时间内噪声综合作用的表现;
- 16) 若状态不能被直接观测, 且与其它状态间耦合弱到一定程度, 其状态估计可能会发散;
- 17) Sage-Husa 自适应滤波能够同时针对 Q 、 R 进行自适应估计;
- 18) 极小值原理是变分法的扩展, 其可解决变分法无法解决的最优控制问题, 也即当控制有约束 (控制变量属于一个有界闭集)、哈密顿函数对控制不可微时的最优控制问题;
- 19) 哈密顿—雅可比—贝尔曼方程为连续系统性能指标泛函取极值的充分条件;
- 20) 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。

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. (15 分) 在重量 10kg 的静止物体上, 加一个垂直方向的力 F , 物体能承受的最大加速度绝对值为 5m/s^2 。求 F 的变化规律使得物体以最短时间升高 100m , 并停留在这一位置, 同时求出最短时间。
3. (15 分) 离散系统状态方程 $x(k+1) = 2x(k) + u(k)$, $x(0) = 1$, 代价函数 $J = x^2(3) + \sum_{k=0}^2 [x^2(k) + u^2(k)]$, 控制无约束限制, 用动态规划求最优控制序列使代价函数极小。
4. (15 分) 系统状态方程 $\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = -4x_1 - 4x_2 + u$, 性能指标 $J = \int_0^\infty (20x_1^2 + 5x_2^2 + u^2) dt$ 。利用线性二次型求解最优控制, 并分析开环、闭环系统极点位置。结合本题, 谈谈二次型最优控制中 Q 、 R 加权阵选取的方法。
5. (10 分) 在直流电机工作状态监测系统中, 采用无接触的方式测量电机回路中的电流, 测量噪声为零均值白噪声, 其方差为 R , 为有效完成控制任务, 请回答以下有关电流估计的问题:
- 1) 请设计能够实现电流大小、变化速度及加速度估计的稳定的滤波器;
 - 2) 如果测量装置存在常值测量偏差, 该偏差能否被有效估计, 问什么?
6. (15 分) 一地面机器人利用陀螺仪、里程计、单目摄像头构成导航系统, O 为摄像机光心, A 为位置未知特征点, OB 为机器人纵轴, 机器人运动速度 v 沿 OB 方向。摄像机可在水平面内 360 度转动, 且 OA 与机器人纵轴间的夹角 α 可以测量, 但存在均值为 0 的白噪声; 陀螺仪与机器人底盘固连, 输出为机器人在水平面内转动角速率 $\dot{\beta}$, 但存在常值零偏及零均值测量白噪声; 里程计测量存在零均值白噪声, 请回答以下有关机器人定位的问题:
- 1) 当特征点 A 出现并能够被稳定跟踪, OA 间距离不可测, 设计基于里程计、陀螺仪、及摄像机测量的 A 点坐标估计模型;
 - 2) 在 A 点坐标有效估计情况下, 设计利用 A 点坐标的视觉/惯性/里程计组合导航滤波模型;
 - 3) 在 A 点坐标估计过程中, 如何判定坐标估计精度满足要求? A 点坐标已知后, 从滤波计算精度角度出发, 阐述 A 点在不同情况下对机器人定位的作用, 比如什么情况下需要放弃 A 点寻找新的特征点。



7. (20 分) 对于 UKF 算法, 请在算法分析、查阅资料的基础上回答以下问题:

- 1) 分析并详细描述影响 UKF 估计精度的各种原因;
- 2) 根据查阅文献的情况, 说明目前主要的自适应 UKF 算法的思想及方法;
- 3) 提出并详细阐述自己有创新思考的自适应 UKF 算法。