卡尔曼滤波场景说明

考虑雷达跟踪低空无人机目标的场景。无人机从初始位置开始，以恒定的速度做匀速直线运动，时刻的位置为。雷达位于坐标原点，假定雷达可以测量时刻目标的斜距和方位角，且测距、测角误差相互独立。考虑到斜距和方位角均为目标位置的非线性函数，为方便计可利用



获得等效的直角坐标测量，测量方程可写为



其中表示时刻目标在直角坐标系内的位置矢量，为等效观测噪声，为测量数据的采样间隔。为简化问题，假定等效观测噪声为不相关高斯噪声，，，表示离散-函数。请根据表1所示的参数完成卡尔曼滤波实验（带\*号的部分为选做内容）：

（1）建立直角坐标系下的状态方程和观测方程；

（2）用卡尔曼滤波器对等效观测数据进行滤波，并利用蒙特卡洛仿真方法分析目标状态的估计精度；

\*（3）若在后20%的时间内，目标沿、正方向均以0.075m/s2的加速度进行机动，考察你的滤波结果，并讨论应当如何处置；

\*（4）利用扩展卡尔曼滤波器直接对斜距和方位角测量数据进行滤波处理，与上述滤波结果进行分析比较。

表1 场景参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数名称 | 参数取值 | 备注 |
| 目标初始位置 |  |  |
| 目标速度 |  |  |
| 雷达测距误差标准差 |  |  |
| 雷达测角误差标准差 |  |  |
| 观测数据采样间隔 | s | 仿真中可考虑不同的采样间隔，如1s |
| 观测总时长 | s |  |
| 直角坐标系下等效观测误差方差阵 |  | 也可利用坐标变换将测距和测角误差转换到直角坐标系 |

提示：（1）斜距和方位角的测量误差可用独立的正态随机变量描述，由于式为非线性函数，因此直角坐标系下等效观测的、分量之间存在相关性。事实上，由式可知



其中“”表示误差算符，,,,。由此可获得测量误差的近似传递模型。

(2)滤波误差

跟踪精度采用均方根误差来描述。记蒙特卡洛仿真次数为，记时刻目标在方向的位置为，第次仿真对应的滤波值为，则时刻目标在方向的位置滤波误差可表示为



方向的位置误差及各方向的速度误差可类似描述。绘制出不同时刻的均方根误差曲线即可体现滤波器的性能。