

1. 一种基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法

申请号

CN202211502311

申请日

2022. 11. 28

公开（公告）日

2023. 04. 07; 2025. 04. 04

ipc分类号

G06F30/20

申请（专利权）人

中国科学院光电技术研究所

发明人

毛耀；孙敏行；缪礼；王俊喆；包启亮

摘要

– ABSTRACT：本发明公开了一种基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法，用于改善经典卡尔曼滤波方法在模型非线性或不确定时的预测效果，可以有效降低滤波器的估计误差，提升预测曲线平滑性，以满足更高精度的状态估计要求。本发明提出一种基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器算法，其参数设定方法包含常比例参数、变比例参数、离线线性回归参数、在线定存储量线性回归参数、在线增量法线性回归参数五种，均可有效改善滤波器的预测效果，同时只花费较少的额外计算复杂度。本发明突破了传统卡尔曼滤波方法的局限，用较少的额外计算复杂度，有效提升卡尔曼滤波器对机动目标的预测精度和预测曲线平滑性，优化滤波器的估计效果。

权利要求

1. 一种基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：具体实施步骤如下：

步骤(1)：先对状态估计器的状态方程及其中参数含义进行明确：

$$x(k+1) = F(k)x(k) + G(k)u(k), k \geq 0$$

$$y(k) = H(k)x(k) + v(k)$$

该状态方程中， $x(k)$ 、 $y(k)$ 分别为变参数卡尔曼滤波器被估计的状态参数和被跟踪无人机目标的位置观测值；其中，位置初值 $x(0)$ 和噪声 $u(k)$ 、 $v(k)$ 符合高斯分布； $F(k)$ 、 $G(k)$ 分别为状态转移矩阵和过程噪声驱动矩阵，应根据无人机飞行环境和观测设备性能设置；

在进行卡尔曼滤波前，需要根据无人机机动性能和控制器运算性能确定 $x(k)$ 的维度和 $F(k)$ 的值，假设被估计状态为 n 维，则：

其中 $\hat{x}(k)$ 为被跟踪无人机目标在 k 时刻的位置估计值；

设置变参数卡尔曼滤波器的状态估计初值 后验估计协方差 $P(k)$ 、状态转移矩阵 $F(k)$ 、噪声驱动矩阵 $G(k)$ 、观测矩阵 $H(k)$ 、过程噪声协方差 $Q(k)$ 、观测噪声协方差 $R(k)$ ；

步骤(2)：状态估计协方差更新获得
步骤(3)：计算卡尔曼增益矩阵 $K(k)$ ；
步骤(4)：状态更新获得
步骤(5)：状态估计协方差更新获得
步骤(6)：状态预测获得
步骤(7)：返回步骤(2)循环。

2. 根据权利要求1所述的基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：所述的被估计状态值 和预测值 根据需求，由预设数量的无人机历史位置值组成向量：

3. 根据权利要求1所述的基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：所述的设置状态转移矩阵 $F(k)$ ，包含如下五种设置方法：

(1)等比例常参数：基于 则：

其中， p_k 是无人机目标在 k 时刻的位置， n 是被估计状态的维度；

(2)变比例常参数：基于 $p_{k+1}=p_k+w_1(p_k-p_{k-1})+w_2(p_{k-1}-p_{k-2})+\dots+w_n(p_{k-n+1}-p_{k-n})$ ，其中 $w_1 \cdots w_n$ 可根据实际需要设计为加和为1的序列，选择等差序列，则：

其中， n 是被估计状态的维度。

(3)离线线性回归参数：先获取被跟踪无人机目标的一组位置数据；再用其中 $k, k-1, \dots, k-n$ 时刻的位置数据组成输入向量 x ，用 $k+1$ 时刻的位置数据作为输出向量 y ；再用 n 个输入向量 x 组成 X ，用 n 个输出向量 y 组成 Y ；最后对 X 、 Y 作多元线性回归得到一组权重， $W=(X'X)^{-1}(X'Y)$ ，得到权重值 $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ ，则：

(4)在线定存储量线性回归参数：滤波器在运行过程中先收集 N 个无人机位置数据而不进行预测，从 $N+1$ 时刻起，滤波器使用最近的 $N+1$ 个时刻的数据按(3)的方法实时计算 W ，获得：

(5)在线增量法线性回归参数：滤波器在开始预测前，按(3)的方法设计并计算0时刻的中间变量 $A(0)=X'X$ 和 $B(0)=X'Y$ ；开始预测后，在任意 k 时刻，构建变量 $X^*=[p_{k-1}, p_{k-2}, \dots, p_n]'$ 和 $Y^*=p_k$ ，并递推计算中间变量 $A(k)=A(k-1)+X^{*'}X^*$ ， $B(k)=B(k-1)+X^{*'}Y^*$ ；再进一步计算 $W=A(k)^{-1}B(k)$ ，即可快速计算得到权重值 $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ ，则：

4. 根据权利要求1-3任一项所述的基于历史状态的变参数卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：利用新的被估计状态量设计方法和状态转移矩阵设计方法，可以用较少的计算复杂度实现卡尔曼预测滤波在无人机目标跟踪领域的应用，从而提升目标位置预测的准确性和预测曲线的平滑性，增强滤波器的适应能力。