

文章编号: 1000-8152(2003)06-0963-05

固定区间 Wiener 平滑器及其实用稳定性

孙书利^{1,2}, 崔平远¹

(1. 哈尔滨工业大学 深空探测基础研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 黑龙江大学 自动化系, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要: 应用稳态 Kalman 滤波理论, 提出了一种固定区间 Wiener 平滑器, 由稳态最优非递推固定区间 Kalman 平滑器的递推变形引出固定区间 Wiener 平滑器. 该平滑器具有一种在有限区间上的实用稳定性, 即当原系统 Kalman 滤波器的所有特征值远离单位圆周时, 对任意选取的平滑初值该平滑器能快速消除其影响而具有快速收敛性. 当有接近单位圆周的 eigenvalues 时, 为消除其不良影响, 给出了平滑初值的选取方法. 仿真例子说明了其有效性.

关键词: 固定区间 Wiener 平滑器; 固定区间 Kalman 平滑器; 实用稳定性; Kalman 滤波方法

中图分类号: O211.64 **文献标识码:** A

Fixed-interval Wiener smoother and its practical stability

SUN Shu-li^{1,2}, CUI Ping-yuan¹

(1. Deep Space Exploration Research Center, Harbin Institute of Technology, Heilongjiang Harbin 150001, China;

2. Department of Automation, Heilongjiang University, Heilongjiang Harbin 150080, China)

Abstract: Using steady-state Kalman filtering theory, a fixed-interval Wiener smoother was presented, the recursive version of non-recursive steady-state optimal fixed-interval Kalman smoother yielded the fixed-interval Wiener smoother. The smoother has a practical stability in finite interval, i. e. when all eigenvalues of Kalman filter for original system are far from the unit circle, to arbitrary initial values of smoother, the smoother can quickly eliminate their effects to have the quick convergence. When there were eigenvalues near to the unit circle, the choosing method of smoothing initial values was given to eliminate their bad effects. A simulation example showed its effectiveness.

Key words: fixed-interval Wiener smoother; fixed-interval Kalman smoother; practical stability; Kalman filtering method

1 引言 (Introduction)

固定区间平滑器可广泛应用于发射人造地球卫星和发射导弹的轨道重构等问题中. 文献[1, 2]提出了一种递推的固定区间 Kalman 平滑器, 其缺点是要计算滤波和预报误差协方差阵的逆, 从而增加了计算负担, 不便于实时应用. 文献[3, 4]用现代时间序列分析方法提出了几种固定区间稳态 Kalman 平滑器, 其缺点是要计算最优初值, 增加了计算负担. 本文应用稳态 Kalman 滤波理论, 对完全可观、完全可控或稳定系统提出了一种 ARMA 递推形式的固定区间 Wiener 平滑器, 且平滑器具有一种在有限区间 $[0, N]$ 内的实用稳定性. 即当原系统 Kalman 滤波器的所有特征值远离单位圆周时, 任意选取的平滑初值对 Wiener 固定区间平滑器的影响将迅速衰减趋于零; 当原系统 Kalman 滤波器具有接近单位圆周的 eigenvalues 时, 它们将起延缓平滑器渐近最优过渡过程的不良影响. 可通过适当地选取平滑初值来

消除它们的不良影响, 而使固定区间 Wiener 平滑器快速逼近最优平滑器.

考虑离散定常线性随机系统

$$x(t+1) = \Phi x(t) + \Gamma w(t), \quad (1)$$

$$y(t) = Hx(t) + v(t), \quad (2)$$

其中, 状态 $x(t) \in \mathbb{R}^n$, 观测 $y(t) \in \mathbb{R}^m$, 观测噪声 $v(t) \in \mathbb{R}^m$, 模型噪声 $w(t) \in \mathbb{R}^r$. Φ, Γ, H 是适当维数的常阵.

假设 1 $w(t)$ 和 $v(t)$ 是零均值, 方差各为 $Q > 0$ 和 $R > 0$ 的独立白噪声.

假设 2 初始状态 $x(0)$ 独立于 $w(t)$ 和 $v(t)$, 且 $E x(0) = \mu$.

假设 3 系统是完全可观、完全可控的, 或系统是稳定的 (即 Φ 为稳定阵).

问题是基于观测 $(y(N), y(N-1), \dots)$, 求固定区间 Wiener 平滑器 $\hat{x}(t|N), t = 0, 1, \dots, N-1, N > 0$ 固定. 它具有以 $y(N)$ 作为输入的传递函数

阵表达形式.

2 引理(Lemma)

引理 1^[5] 对于系统(1)和(2)在假设 1~3 下,当初始时刻 $t_0 \rightarrow -\infty$ 时有稳态最优 Kalman 滤波器:

$$\hat{x}(t+1|t+1) = \Psi_f \hat{x}(t|t) + K_y(t+1), \quad (3)$$

$$K = \Sigma H^T [H \Sigma H^T + R]^{-1}, \quad (4)$$

其中 $\Psi_f = (I_n - KH)\Phi$ 为稳定矩阵^[1],即设 Ψ_f 的特征值为 $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$, 则有 $|\lambda_i| < 1$. K 为稳态滤波增益, Σ 为稳态预报误差方差阵,且 Σ 是如下稳态 Riccati 方程的唯一正定解

$$\Sigma = \Phi [\Sigma - \Sigma H^T (H \Sigma H^T + R)^{-1} H \Sigma] \Phi^T + \Gamma Q \Gamma^T. \quad (5)$$

引理 2 系统(1)和(2)在假设 1~3 下,有 AR-MA 新息模型

$$A(q^{-1})y(t) = D(q^{-1})\varepsilon(t). \quad (6)$$

其中 q^{-1} 为单位滞后算子,即 $q^{-1}x(t) = x(t-1)$,且

$$\begin{cases} A(q^{-1}) = D(q^{-1}) - H\Phi \text{adj}(I_n - \Psi_f q^{-1})Kq^{-1}, \\ D(q^{-1}) = \Psi(q^{-1})I_m, \\ \Psi(q^{-1}) = \det(I_n - \Psi_f q^{-1}). \end{cases} \quad (7)$$

由 Ψ_f 的稳定性可知 $\Psi(q^{-1})$ 是稳定的多项式^[1]. 记它的阶次为 n_d , 则有 $n_d \leq n$.

证 类似文献[5]可证,从略.

引理 3^[5] 系统(1)和(2)在假设 1~3 下,有稳态最优固定点 Kalman 平滑器

$$\hat{x}(t|t+i) = \hat{x}(t|t+i-1) + K_i \varepsilon(t+i), \quad (8)$$

带初值为 $\hat{x}(t|t), i = 1, 2, \dots, \varepsilon(t)$ 为新息,且

$$K_i = \Sigma [(I_n - KH)^T \Phi^T]^i H^T [H \Sigma H^T + R]^{-1}. \quad (9)$$

3 固定区间 Wiener 平滑器 (Fixed-interval Wiener smoother)

定理 系统(1)和(2)在假设 1~3 下,有 ARMA 递推形式的固定区间 Wiener 平滑器

$$\Psi(q^{-1})\hat{x}(t|N) = K_{N,t}(q^{-1})y(N). \quad (10)$$

其中

$$K_{N,t}(q^{-1}) = \text{adj}(I_n - q^{-1}\Psi_f)Kq^{t-N} + L_{N,t}(q^{-1})A(q^{-1}), \quad (11)$$

$$L_{N,t}(q^{-1}) = \sum_{i=1}^{N-t} \Sigma [(I_n - KH)^T \Phi^T]^i H^T \times [H \Sigma H^T + R]^{-1} q^{t+i-N}. \quad (12)$$

它在有限固定区间 $[0, N]$ 上具有如下意义的实用稳定性.

情形 1: 当 Ψ_f 无接近单位圆周的特征值时,任意选取的初值 $(\hat{x}(0|N), \dots, \hat{x}(n_d-1|N))$ 对递推平滑器式(10)的影响将迅速衰减趋于零.

情形 2: 当 Ψ_f 有接近单位圆周的特征值时,可通过适当地选取初值来消除 Ψ_f 的接近单位圆周特征值的影响,而使固定区间 Wiener 平滑器快速趋近最优平滑器.方法是:

由引理 3 的式(8)和(9)计算最优初值

$$(\hat{x}^o(0|N), \dots, \hat{x}^o(n_d-1|N)).$$

设 Ψ_f 有 $k (k \leq n_d)$ 个特征值接近单位圆周,不妨设前 k 个特征值接近单位圆周.任取前 $n_d - k$ 个初值 $(\hat{x}(0|N), \dots, \hat{x}(n_d - k - 1|N))$, 则后 k 个初值

$$(\hat{x}(n_d - k|N), \dots, \hat{x}(n_d - 1|N))$$

如下确定

$$\begin{aligned} \hat{x}(n_d - k + j|N) &= \\ \hat{x}^o(n_d - k + j|N) &+ \\ \sum_{l=0}^{n_d-k-1} \alpha_l^{(j)} [\hat{x}(l|N) - \hat{x}^o(l|N)], & \\ j = 0, 1, \dots, k-1. & \end{aligned} \quad (13)$$

且最优初值 $(\hat{x}^o(0|N), \dots, \hat{x}^o(n_d-1|N))$ 是满足上述选取方法的一个解,此时不仅能消除 Ψ_f 的接近单位圆周的特征值的影响,并且能完全消除 Ψ_f 的所有特征值的影响.系数 $\alpha_l^{(j)} (l = 0, 1, \dots, n_d - k - 1)$ 的取值由 Ψ_f 的特征值的具体分布确定.

证 由式(3)有

$$\Psi(q^{-1})\hat{x}(t|t) = [\text{adj}(I_n - q^{-1}\Psi_f)K]y(t). \quad (14)$$

由引理 3 有非递推稳态最优固定区间平滑器

$$\hat{x}(t|N) = \hat{x}(t|t) + L_{N,t}(q^{-1})\varepsilon(N), \quad (15)$$

其中 $L_{N,t}(q^{-1})$ 由式(12)定义.注意到式(6), (7)和(14), 则式(15)可化为

$$\begin{aligned} \Psi(q^{-1})\hat{x}(t|N) &= \\ [\text{adj}(I_n - q^{-1}\Psi_f)Kq^{t-N} &+ \\ L_{N,t}(q^{-1})A(q^{-1})]y(N). & \end{aligned} \quad (16)$$

这引出式(10)~(12)成立.

任取一组初值 $(\hat{x}(0|N), \dots, \hat{x}(n_d-1|N))$, 则由式(10)有相应的 Wiener 平滑器为 $\hat{x}(t|N)$. 令

$$\begin{aligned} \delta(t) &= \hat{x}(t|N) - \hat{x}^o(t|N), \\ t &= 0, 1, \dots, N-1. \end{aligned}$$

其中 $\hat{x}^o(t|N)$ 是由式(15)取最优初值 $\hat{x}^o(0|0) = \mu$ 得到的稳态最优平滑器,则由式(10)有

$$\Psi(q^{-1})\delta(t) = 0, \quad (17)$$

记 $\delta(t) = [\delta_1(t), \dots, \delta_n(t)]^T$, 则式(17)等价于差分方程组

$$\Psi(q^{-1})\delta_i(t) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (18)$$

这里只就稳定矩阵 Ψ_f 具有不同的实特征值情形给出理论分析. 设 Ψ_f 具有 n_d ($n_d \leq n$) 个不同的实特征值 $\lambda_i, |\lambda_i| < 1, i = 1, 2, \dots, n_d$, 则式(18)有通解^[6]

$$\delta_i(t) = c_1^{(i)}\lambda_1^t + \dots + c_{n_d}^{(i)}\lambda_{n_d}^t. \quad (19)$$

设

$$\lambda_m = \max \{ |\lambda_1|, |\lambda_2|, \dots, |\lambda_d| \},$$

$$c_\lambda = \max \{ |c_j^{(i)}| \mid j = 1, \dots, n_d; i = 1, \dots, n \},$$

则有

$$|\delta_i(t)| \leq n_d c_\lambda \lambda_m^t, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (20)$$

当 Ψ_f 无接近单位圆周的特征值时, 即 $|\lambda_i| < 1$ 较小, 于是 λ_m 较小, 则当 t 增加时快速地有 $\delta_i(t) \rightarrow 0$, 从而 $\delta(t)$ 在有限区间 $[0, N]$ 内可迅速趋近于零. 即平滑器式(10)在有限区间 $[0, N]$ 内具有实用稳定性.

当 Ψ_f 有接近单位圆周的的特征值时, 为了消除它们对平滑器(10)的渐近过程的影响, 不妨设前 k ($k \leq n_d$) 个特征值接近单位圆周, 只需令式(19)满足 $c_j^{(i)} = 0, j = 1, 2, \dots, k$, 则由式(19)的初始条件可知系数 $c_j^{(i)} (j = k + 1, \dots, n_d)$ 满足如下方程

$$\begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \lambda_{k+1} & \dots & \lambda_{n_d} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \lambda_{k+1}^{n_d-1} & \dots & \lambda_{n_d}^{n_d-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{k+1}^{(i)} \\ \vdots \\ c_{n_d}^{(i)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_i(0) \\ \vdots \\ \delta_i(n_d - 1) \end{bmatrix},$$

$$i = 1, 2, \dots, n. \quad (21)$$

由前面假设 $\lambda_i, |\lambda_i| < 1 (i = k + 1, \dots, n_d)$ 为不同实特征值, 知式(21)的 $n_d \times (n_d - k)$ 阶系数阵的前 $(n_d - k)$ 行线性无关, 这是因为前 $(n - k)$ 行构成的行列式恰好为范德蒙行列式, 所以后 k 行可由前 $(n_d - k)$ 行线性表出, 即存在不全为零的实数 $\alpha_l^{(j)}, l = 0, 1, \dots, n_d - k - 1$, 使得

$$\begin{bmatrix} \lambda_{k+1}^{n_d-k+j} \\ \vdots \\ \lambda_{n_d}^{n_d-k+j} \end{bmatrix} = \alpha_0^{(j)} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \dots + \alpha_{n_d-k-1}^{(j)} \begin{bmatrix} \lambda_{k+1}^{n_d-k-1} \\ \vdots \\ \lambda_{n_d}^{n_d-k-1} \end{bmatrix},$$

(22)

于是 $\alpha_l^{(j)}, l = 0, 1, \dots, n_d - k - 1$, 可由式(22)唯一解出

$$\begin{bmatrix} \alpha_0^{(j)} \\ \vdots \\ \alpha_{n_d-k-1}^{(j)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \lambda_{k+1} & \dots & \lambda_{k+1}^{n_d-k-1} \\ 1 & \lambda_{k+2} & \dots & \lambda_{k+2}^{n_d-k-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \lambda_{n_d} & \dots & \lambda_{n_d}^{n_d-k-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \lambda_{k+1}^{n_d-k+j} \\ \vdots \\ \lambda_{n_d}^{n_d-k+j} \end{bmatrix},$$

$$j = 0, 1, \dots, k - 1. \quad (23)$$

显然方程(21)具有相容唯一解的条件为

$$\delta_i(n_d - k + j) = \sum_{l=0}^{n_d-k-1} \alpha_l^{(j)} \delta_i(l), \quad j = 0, 1, \dots, k - 1. \quad (24)$$

由式(24)可得式(13)成立. 于是初值 $(x(0 | N), \dots, x(n_d - 1 | N))$ 按式(13)进行选取, 可保证固定区间 Wiener 平滑器式(10)不受 Ψ_f 的接近单位圆周的特征值的影响, 从而可快速消除初值 $(x(0 | N), \dots, x(n_d - 1 | N))$ 对平滑器 $x(t | N)$ 的影响, 使 $x(t | N)$ 快速逼近于最优平滑器 $x^o(t | N)$, 即 Wiener 平滑器 $x(t | N)$ 具有实用稳定性. 由式(19)可知要消除 Ψ_f 的所有特征值的影响, 即使其只有零解 $c_j^{(i)} = 0, j = 1, \dots, n_d - 1$, 只需 $\delta_i(t) = 0, t = 0, \dots, n_d - 1$, 即初值 $(x(0 | N), \dots, x(n_d - 1 | N))$ 取最优初值 $(x(0 | N), \dots, x^o(n_d - 1 | N))$, 此时固定区间 Wiener 平滑器式(10)能够完全消除 Ψ_f 的所有特征值的影响.

同理, 对于 Ψ_f 具有复数特征值以及具有重特征值的情形可类似进行理论分析, 以确定式(13)中系数 $\alpha_l^{(j)}$ 的取值. 证毕.

注 定理中有关 Ψ_f 的特征值 λ_i 接近单位圆周的程度可由实际情况人为规定. 如当 $r < |\lambda_i| < 1 (r > 0)$ 时, 认为特征值 λ_i 接近单位圆周, 而当 $0 \leq |\lambda_i| \leq r$ 时认为特征值 λ_i 远离单位圆周. r 的取值可以根据实际情况来定, 如取 $r = 0.5$.

4 仿真例子 (Simulation example)

考虑系统(1)和(2), 其中 $x(t) = [x_1(t), x_2(t)]^T, w(t)$ 和 $v(t)$ 是零均值、方差分别为 $Q = 1, R = 1$ 的独立高斯白噪声, 初值 $x(0) = [0, 0]^T$,

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \Gamma = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad H = [1 \quad 0]. \quad (25)$$

求 $N = 300$ 时的固定区间 Wiener 平滑器 $x(t | 300)$.

易知系统是完全可观、完全可控的, 且系统是不稳定的. 由式(6)和(7)求得 ARMA 新息模型为

$$\begin{aligned} (1 - 1.2q^{-1} + 0.2q^{-2})y(t) = \\ (1 - 1.0269q^{-1} + 0.0962q^{-2})\varepsilon(t), \end{aligned} \quad (26)$$

固定区间 Wiener 平滑器为式(10),其中

$$\Psi(q^{-1}) = 1 - 1.0269q^{-1} + 0.0962q^{-2}, \quad (27)$$

$$K_{N,i}(q^{-1}) =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5190 - 0.5163q^{-1} \\ 0.6936 + 0.0053q^{-1} \end{bmatrix} q^{t-N} +$$

$$\sum_{i=1}^{N-t} \begin{bmatrix} 1.0788 & 1.4418 \\ 1.4418 & 4.0309 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0269 & -0.6936 \\ 0.1000 & 1.0000 \end{bmatrix}^i \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.4810 \\ 0 \end{bmatrix} (1 - 1.2q^{-1} + 0.2q^{-2}) q^{t+i-N}. \quad (28)$$

可求得 Ψ_f 的特征值为 $\lambda_1 = 0.9226, \lambda_2 = 0.1043$, 图1和图2中的点线为任意选取初值 $x(0|300) = x(1|300) = [10, 20]^T$ 时的仿真结果, 由图可看出, 由于原系统 Kalman 滤波器有接近单位圆周的特征值 0.9226, 它将延缓平滑器的收敛速度, 使得平滑估值 $x(t|N)$ 经过大约 30~40 步才逐渐逼近最优平滑器. 为了消除它对平滑器的不良影响, 由式(19)只需令 $c_1^{(i)} = 0$, 则由式(21)有

$$\begin{bmatrix} 1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} c_2^{(i)} = \begin{bmatrix} \delta_i(0) \\ \delta_i(1) \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2. \quad (29)$$

其中 $\delta_i(j) = \hat{x}_i(j|300) - x_i^o(j|300), j = 0, 1$. 最优初值 $x^o(j|300), j = 0, 1$, 由式(8), (9) 或(15) 计算. 为使式(29) 具有相容唯一解, 则应有 $\delta_i(1) = \lambda_2 \delta_i(0)$, 可求得 $c_2^{(i)} = \delta_i(0), i = 1, 2$. 于是可按定理中的方法进行初值选取: 任选平滑初值 $x(0|300) = [10, 20]^T$, 而由式(13) 确定

$$x(1|300) = x^o(1|300) + \lambda_2 \delta(0) = [1.2309, 2.7959]^T.$$

仿真结果如图1和图2中的虚线所示, 可见其能消除特征值 $\lambda_1 = 0.9226$ 的不良影响, 使初值对平滑器的影响快速消除而具有快速收敛性, 即具有实用稳定性. 仿真图3和图4为初值选取为最优初值

$$x^o(0|300) = [0.1928, 0.8009]^T,$$

$$x^o(1|300) = [0.2080, 0.7935]^T$$

时的仿真结果, 点线为估值, 可见其能完全消除滤波器特征值的影响而具有最优性.

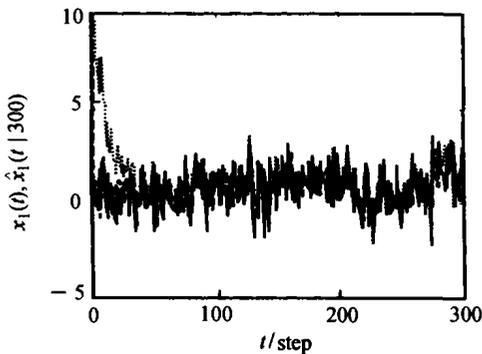


图1 $x_1(t)$ 和固定区间 Wiener 平滑器 $\hat{x}_1(t|300)$
Fig. 1 $x_1(t)$ and fixed interval Wiener smoother $\hat{x}_1(t|300)$

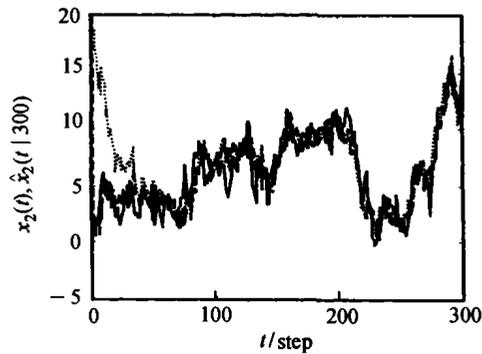


图2 $x_2(t)$ 和固定区间 Wiener 平滑器 $\hat{x}_2(t|300)$
Fig. 2 $x_2(t)$ and fixed interval Wiener smoother $\hat{x}_2(t|300)$

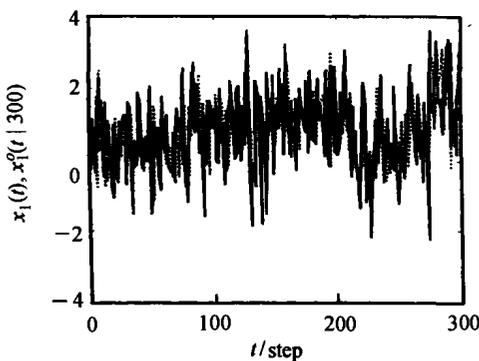


图3 $x_1(t)$ 和固定区间 Wiener 平滑器 $\hat{x}_1^o(t|300)$
Fig. 3 $x_1(t)$ and fixed interval Wiener smoother $\hat{x}_1^o(t|300)$

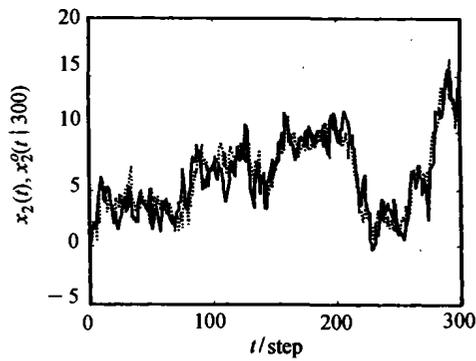


图4 $x_2(t)$ 和固定区间 Wiener 平滑器 $\hat{x}_2^o(t|300)$
Fig. 4 $x_2(t)$ and fixed interval Wiener smoother $\hat{x}_2^o(t|300)$

5 结论(Conclusion)

本文揭示了 Kalman 平滑器与 Wiener 平滑器的关系, 应用 Kalman 滤波理论, 对完全可观、完全可控

或稳定系统提出了一种 ARMA 递推形式的固定区间 Wiener 平滑器, 且平滑器具有一种在有限区间 $[0, N]$ 内的实用稳定性. 即当原系统 Kalman 滤波器

的特征值远离单位圆周时,任意选取的初值对 Wiener 固定区间平滑器的影响将迅速衰减趋于零.当原系统 Kalman 滤波器有接近单位圆周的 eigenvalue 时,初值选取不当它们将起延缓平滑器渐近最优过渡过程的不良作用,为消除它们的不良影响,给出了平滑初值的选取方法,并进行了理论分析.

参考文献(References):

- [1] MENDEL J M. *Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control* [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- [2] MEDITCH J S. *Stochastic Optimal Linear Estimation and Control* [M]. New York: McGraw-Hill, Inc, 1969.
- [3] 邓自立,刘玉梅.一种新的固定点和固定区间 Kalman 平滑器[J].自动化学报,1999,25(1):32-37.
(DENG Zili, LIU Yumei. A new fixed-point and fixed-interval

Kalman smoothers [J]. *Acta Automatic Sinica*, 1999, 25(1): 32-37.)

- [4] 邓自立,王莅辉.固定区间 Kalman 平滑器算法[J].控制理论与应用,2000,17(5):777-780.
(DENG Zili, WANG Lihui. Fixed interval Kalman smoother algorithm [J]. *Control Theory & Applications*, 2000, 17(5): 777-780.)
- [5] DENG Zili. *Kalman Filtering and Wiener Filtering-Modern Time Series Analysis Method* [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2001.
- [6] WANG Y. *Discrete Control System* [M]. Beijing: Science Press, 1987.

作者简介:

孙书利 (1971—),男,1996年毕业于黑龙江大学数学系,1999年获该校控制理论与控制工程专业硕士学位,现为哈尔滨工业大学在职博士生.主要研究方向为状态估计,信息融合等;

崔平远 (1961—),男,哈尔滨工业大学博士生导师,主要研究方向为深空探测,机器人控制,智能控制等.

中国自动化学会第 19 届青年学术年会(YAC2004) 征文通知

中国自动化学会第 19 届青年学术年会(YAC2004)将于 2004 年 8 月 16~19 日在美丽的泉城山东济南召开.本次会议由中国自动化学会、中国自动化学会青年工作委员会主办,山东大学控制科学与工程学院承办.借此机会,热烈欢迎全国各高等院校教师、科研院所和企事业单位的青年科技工作者及博士生、硕士生积极参加.会议设有优秀论文奖和优秀应用论文奖.

1. 征文范围

1. 广义系统、大系统、非线性系统、混沌系统、系统稳定与镇定;
2. 自适应、预测、变结构控制、 H_∞ 控制、优化和鲁棒控制;
3. 智能控制、模糊控制、人工智能与专家系统;
4. 系统建模、辨识和估计;
5. 规划、管理与自制、容错控制和故障诊断系统;
6. 神经网络及应用;
7. 机器人与机器人控制;
8. 离散事件动态系统、调度、决策系统;
9. 混合动力学系统及控制;
10. 计算机视觉、图像处理与模式识别;
11. 自动化仪表与过程控制;
12. 电力系统及其自动化;
13. 电机驱动及运动控制;
14. 传感器与检测技术;
15. 软件工程、并行处理;
16. 计算机集成制造系统;
17. 计算机软硬件技术及其应用;
18. 系统工程理论、方法及应用;
19. 自动化指挥系统;
20. 数据融合与软测量;
21. 单片机控制及其应用技术;
22. 企业改革发展策略及管理决策;
23. 工业过程与生产管理;
24. 其他.

2. 征文要求

1. 被录用论文将由山东大学出版社出版《自动化理论技术及应用》(卷 11),论文应具有学术或实用价值,未在国内外学术期刊或会议发表过; 2. 论文第一作者的年龄一般不超过 40 岁; 3. 来稿中、英文皆可,请用 Word 或 LaTeX 编排, A4 纸打印,一式三份并附软盘(也可通过 E-mail 传送); 4. 格式参考自动化学报; 5. 投稿时请注明文章所属的方向标号(见本征文范围); 6. 请说明联系作者的详细通讯地址、电话和电子邮件信箱,并注明是否参加优秀论文评选; 7. 因版权等引起的纠纷,作者自负.

3. 重要日期

论文截稿日期: 2004 年 4 月 10 日; 录用/不录用通知日期: 2004 年 4 月 31 日.

4. 投稿地址

山东济南 山东大学控制科学与工程学院 YAC2004 组委会收 邮政编码: 250061 联系人: 王玉振 刘允刚
联系电话: 0531-8392625, 0531-8392515, 0531-8392535; 传真: 0531-8392205
E-mail: yzwang@tsinghua.edu.cn (王玉振); lygfr@263.net (刘允刚)