

## 4 结束语

确定性系统产生混沌运动的机制来源于其内在非线性。文中采用遍历理论给出了广义稳态的平均度量,证明了非线性系统在其相应动力学系统满足唯一遍历的条件下,系统中和变量的时间均值一致收敛于它们各自的中心名义值,且该中心名义值唯一存在。从而,为进一步研究工业过程的广义稳态优化控制问题奠定了基础。

### 参 考 文 献

- 1 罗旭光,万百五.工业过程广义稳态研究.西安交通大学学报,1998,32(5):1~5
- 2 Lin J, Qang M, Roberts P D. Improvements in the formulation and solution approach for stochastic optimixing control of steady-state industrial processes. Int. J. Control, 1990, 52(3): 517~548
- 3 Petersen K. Ergodic Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. 1~5
- 4 Comfeld I P, Fomin S V, Sinai Y G. Ergodic Theory. New York: Springer-Verlag, 1982. 36~42

责任编辑 曹大刚

## Research on the Mean Metric of Generalized Steady State for Industrial Processes

Luo Xuguang Wan Baiwu

(Systems Engineering Institute, Xi'an Jiaotong University, 710049, Xi'an)

**Abstract** The problem of how to measure steady-state sets of industrial processes has been discussed, and also it is proved that the nominal central value of the generalized steady state uniquely exists when the nonlinear system satisfies some conditions. The simulation shows that the definition about the mean metric of generalized steady-state sets are correct and suitable.

**Key words** industrial processes; dynamic systems; chaos; generalized steady-state; unique ergodicity.

### · 学术动态 ·

#### 国家重大基础研究规划项目建议研讨会在我校召开

1998年3月9日~10日,国家重大基础研究规划项目建议研讨会在我校召开,来自北京石油勘探开发研究院、中国地质科学院、中国科学院地质研究所、北京大学、南京大学等30余家科研单位和高等院校的近百名专家参加了研讨。会议就我校建议的国家重大基础研究规划项目“中国含油气盆地动力学与油气资源的持续发展”作了广泛深入的研究和讨论。

经过研讨,与会代表一致认为,此项目对我国21世纪和社会发展战略的制定具有重要意义,能形成我国未来油气资源可持续发展的重大科学基础,且体现了我国自然条件和资源特色,符合能源领域申报国家重大基础研究的条件。近期,我校将和其他发起单位根据研讨的情况向国家提交项目建议书。

(科研处)

⑤ 202-204, 208

一类非线性关联控制系统的结构与关联镇定<sup>†</sup>张新政<sup>1)</sup> 商立群<sup>2)</sup> 余扬<sup>3)</sup>

0231

(1)广东工业大学自动化研究所,510090,广州;2)西安矿业学院自动化系,710054,西安;  
3)广东工业大学数理系,510090,广州;第一作者42岁,女,教授

**摘要** 建立了具有滞后控制向量函数的多组多滞后定常非线性控制系统的结构概念;采用李雅普诺夫函数镇定的等价法,给出了具有扰动结构参数的多组多滞后定常非线性关联控制系统的结构与关联镇定。同时,给出了扰动参数与滞后非线性项界线的估计公式。

**关键词** 多滞后;非线性;关联控制系统;结构与关联镇定

**分类号** O231

时滞是工业过程中普遍存在的现象,必须用非线性模型来刻画。另一方面多滞后系统往往结构复杂,系统扰动与关联以及滞后的异常常难以确定,因此,对非线性多滞后关联控制系统的结构与关联镇定问题的研究,既有理论价值又有实际意义。文中采用李雅普诺夫函数等价法给出此问题的解。

考虑多组多滞后定常非线性关联控制系统

$$A^{(r)} = (a_{ij}^{(r)})_{n \times n}, \quad A^{(s)} = (a_{ij}^{(s)})_{n \times n}, \quad B^{(d)} = (b_{ij}^{(d)})_{n \times m}, \quad C^{(h)} = (c_{ij}^{(h)})_{p \times n},$$

$$(r = 0, 1, 2, \dots, N_1; \quad s = 1, 2, \dots, N_2; \quad d = 0, 1, 2, \dots, N_3; \quad h = 0, 1, 2, \dots, N_4)$$

$$\dot{X}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j(t) + \sum_{r=1}^{N_1} \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(r)} e_{ij}^{(r)} X_j(t) + \sum_{s=1}^{N_2} \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(s)} e_{ij}^{(s)} X_j(t - \tau_{1j}^{(s)}) +$$

$$\sum_{j=1}^m b_{ij} U_j(t) + \sum_{d=1}^{N_3} \sum_{j=1}^m b_{ij}^{(d)} e_{ij}^{(d)} U_j(t) + \sum_{f=1}^{N_4} \sum_{j=1}^m b_{ij}^{(f)} e_{ij}^{(f)} U_j(t - \tau_{2j}^{(f)}) + g_i(\cdot) = f_{1i}(\cdot),$$

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

$$Y_i(t) = \sum_{j=1}^n c_{ij} X_j(t) + \sum_{g=1}^{N_5} \sum_{j=1}^n c_{ij}^{(g)} e_{ij}^{(g)} X_j(t) + \sum_{k=1}^{N_6} \sum_{j=1}^n c_{ij}^{(k)} e_{ij}^{(k)} U_j(t - \tau_{3j}^{(k)}) = f_{2i}(\cdot),$$

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

其中  $g_i$  是  $X, X(t-\tau), U(t), U(t-\tau), E_1, E_2, E_3, E_4$  的函数;  $E_i$  是关联矩阵,是由基本关联矩阵  $\bar{E}_i (i = 1, 2, \dots, 6)$  产生的。即:  $\bar{e}_{ij} = 0$  则  $e_{ij} = 0$ ;  $\bar{e}_{ij} = 1$  则  $e_{ij} = 0$  或  $e_{ij} = 1$ 。

对多组多滞后非线性定常关联控制系统(1),如果不考虑它的扰动结构关联项和滞后扰动关联项以及非线性项,则式(1)化为无滞后无结构扰动参数的线性定常控制系统为

$$\dot{X}(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j(t) + \sum_{j=1}^m b_{ij} U_j(t), \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (3)$$

$$Y(t) = \sum_{j=1}^n c_{ij} X_j(t). \quad (4)$$

此处,  $A = (a_{ij})_{n \times n}, B = (b_{ij})_{n \times m}, C = (c_{ij})_{p \times n}$  为定常矩阵。

**定义1** 对滞后  $\tau_{\alpha}^{(\beta)} \geq 0 (\alpha = 1, 2, 3; \beta = s, f, h)$  及关联矩阵  $E_{\beta}^{(\alpha)} \in \bar{E}_{\beta}^{(\alpha)}$ , 如果多滞后非线性定常关联控制系统(1)的闭环系统的零解是渐近稳定的,则称多滞后非线性定常关联控制系统关联镇定。

令

<sup>†</sup> 广东省自然科学基金资助课题(No. 950020)

收稿日期:1997-10-20

$$\begin{aligned}
E_{11} &= \max[|a_{ij}|, |a_{ij}^{(r)}|, |a_{ij}^{(s)}|; i, j=1, 2, \dots, n; r=1, 2, \dots, N_1; s=1, 2, \dots, N_2] \\
E_{12} &= \max[|b_{ij}|, |b_{ij}^{(d)}|, |b_{ij}^{(f)}|; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; d=1, 2, \dots, N_3; f=1, 2, \dots, N_4] \\
a_1 &= \max[|a_{ij}^{(r)}|, |a_{ij}^{(s)}|; i, j=1, 2, \dots, n; r=1, 2, \dots, N_1; s=1, 2, \dots, N_2] \\
b_1 &= \max[|b_{ij}^{(d)}|, |b_{ij}^{(f)}|; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; d=1, 2, \dots, N_3; f=1, 2, \dots, N_4] \\
p_1 &= \max[|p_{ij}|; i, j=1, 2, \dots, n]; k_1 = \max[|k_{ij}|; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n] \\
\tau_1 &= \max[|\tau_{ij}^{(\beta)}|; \alpha=1, 2, 3; \beta=s, f, h; i, j=1, 2, \dots, n]; D_1 = \max[E_{11}, E_{12}] \quad (5)
\end{aligned}$$

设在  $X(t)$  和  $U(t)$  的定义域中,  $g_i$  对所有变元连续, 且有

$$\begin{aligned}
& |g_i(X_1(t), \dots, X_n(t), e_{i1}^{(r)}X_1(t), \dots, e_{in}^{(r)}X_n(t), e_{21}^{(s)}X_1(t - \tau_{ij}^{(s)}), \dots, e_{2n}^{(s)}X_n(t - \tau_{ij}^{(s)}), \\
& u_1(t), \dots, u_m(t), e_{31}^{(d)}u_1(t), \dots, e_{3m}^{(d)}u_m(t), \dots, e_{41}^{(f)}u_1(t), \dots, e_{4m}^{(f)}u_m(t))| \\
& \leq R_1 \sum_{j=1}^n |X_j(t_k)| + \sum_{j=1}^m |U_j| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}^{(r)}| |X_j(t)| + \\
& \sum_{j=1}^n |e_{ij}^{(s)}| |X_j(t - \tau_{ij}^{(s)})| + \sum_{j=1}^m |e_{ij}^{(d)}| |U_j(t)| + \sum_{j=1}^m |e_{ij}^{(f)}| |U_j(t - \tau_{ij}^{(f)})| \quad (6)
\end{aligned}$$

其中  $R_1 = \max(R_i), i=1, 2, \dots, n$ .

由于将对多组多滞后非线性定常关联控制系统(1)的第一部分作为没有滞后没有扰动结构参数式(5), 式(1)中其余第二部分含有扰动结构参数, 当扰动参数  $a_1, b_1$  比较小, 滞后也比较小时, 且非线性项满足式(6), 将第二部分作为扰动项。所以, 将式(5)的最优负反馈向量函数作为多组多滞后非线性定常关联控制系统(1)的次最优负反馈向量函数, 并将由式(5)构造的二次型李雅普诺夫函数视为式(1)的二次型正定函数, 从而得到如下定理。

**定理 1** 假设矩阵  $(A, B)$  是可控的,  $(A, C)$  是可观测的, 并设控制系统(1)的非线性项满足条件(6), 存在正数  $\Delta_{11} > 0, \Delta_{12} > 0$ , 使当  $0 \leq D_1 < \epsilon_1 \Delta_{11}, 0 \leq \tau < \epsilon_2 \Delta_{12}, (\epsilon_1 + \epsilon_2 = 1, \epsilon_1 > 0, \epsilon_2 > 0)$  时, 对所有关联矩阵  $E_{ij}^{(a)} \in \bar{E}_{ij}^{(a)}$  无滞后无扰动结构参数的线性定常控制系统(3)的闭环系统的渐近稳定性, 蕴含了多组多滞后非线性定常关联控制系统(1)的闭环系统的关联渐近稳定性, 此处,  $\Delta_{11}, \Delta_{12}$ , 为

$$\Delta_{11} = \frac{\beta_3}{3p_1 n^2 (1 + 4\beta_2/\beta_1) [1 + N_1 + N_2 + k_1 m (1 + N_3 + N_4)]}, \quad (7)$$

$$\Delta_{12} = \frac{\beta_3}{3a_1 p_1 n^3 N_2 (1 + 4\beta_2/\beta_1) [a_1 (1 + N_1 + N_2) + b k_1 m (1 + N_3 + N_4)]}. \quad (8)$$

这里  $\beta_1 = \lambda_{\min}(P), \beta_2 = \lambda_{\max}(P), \beta_3 = \lambda_{\min}(C^T C + P B R^{-1} B^T P), P$  是 Riccati 矩阵非线性方程  $A^T P + P A - P B R^{-1} B^T P + C^T C = 0$  的唯一对称正定解。

(证明略)

**定理 2** 如果线性定常控制系统(5)的闭环系统的零解是渐近稳定的, 存在  $\Delta_{13} > 0, \Delta_{14} > 0$ , 对所有结构关联矩阵  $E_{ij}^{(a)} \in \bar{E}_{ij}^{(a)}$  及  $0 \leq D_2 < \epsilon_1 \Delta_{13}, 0 \leq \tau < \epsilon_2 \Delta_{14}, (\epsilon_1 + \epsilon_2 = 1, \epsilon_1 > 0, \epsilon_2 > 0)$  成立时, 多组多滞后定常非线性控制系统(1)的闭环系统的零解是关联渐近稳定的, 即式(1)为关联镇定。

(证明略)

### 参 考 文 献

- 1 张新政, 刘永清. 多组多滞后定常线性关联控制系统的结构与关联镇定(1)'. *Advances in Modeling & Analysis*, 1993, 39(3): 45~51
- 2 秦元勋, 刘永清, 王联. 带有时滞的动力系统的运动稳定性. 北京: 科学出版社, 1963
- 3 Liu Yongqing, Mao Xuechun. The stabilization and control for the nonlinear control systems with time-delays (2). *Advances in Modelling Simulation and Control*, 1988, 34(1): 9~17
- 4 刘永清, 唐功友. 大型动力系统的理论与应用. 第 3 卷第 11 章. 广州: 华南理工大学出版社, 1992
- 5 刘永清, 徐维鼎. 大型动力系统的理论与应用. 第 2 卷. 广州: 华南理工大学出版社, 1989

责任编辑 张银玲

(下转第 208 页)

可以得到较好的二值图像。如果再自适应选取吉布斯模型参数值,预计二值图像在细节保真性方面会得到进一步改善。

### 参 考 文 献

- 1 Pappas N. Adaptive thresholding and sketch-coding of gray level image. SPIE, 1989, 1199(4): 1003~1014
- 2 Mallat G. A theory for multiresolution signal decomposition; the wavelet representation. IEEE Trans., 1989, 11(7): 674~693
- 3 Bakshi R, Georgy S. Wave-Net, a multiresolution, hierarchical neural network with localized learning. AICHE Journal, 1993, 39(1): 121~130

责任编辑 张银玲

## The Application of Wavelet to the Binary Sketch of Grey Scale Image

Peng Jinye Zhang Guangyu Kou Xialian

(Department of Electronics, Northwest University, 710069, Xi'an)

**Abstract** By using the multi-resolution analysis to interpolate the mean values based on hierarchical model of Gibbs random field, a method for binary sketch of grey image was proposed. The experiment shows that the method can obtain better results.

**Key words** grey image; binary sketch; Gibbs random field; multiresolution analysis; wavelet and scaling function

(上接第 204 页)

## Structure and Interconnected Stabilization for a Kind of Nonlinear Interconnected Control Systems

Zhang Xinzhen<sup>1)</sup> Shang Liqun<sup>2)</sup> Yu Yang<sup>3)</sup>

(1) Institute of Automation, Guangdong Industry University, 510090, Guangzhou;

2) Department of Automation, Xi'an Mining Institute, 710054, Xi'an;

3) Department of Mathematics and Physics, Guangdong Industry University, 510069, Guangzhou)

**Abstract** The concept of structure for the multigroups and the multidelay nonlinear constant interconnected control systems with delay control vector functions is established. By using the method of equivalence of Lyapunov function stabilization, the structure and interconnected stabilization for the multigroups and the multidelay nonlinear constant interconnected control systems in which there is structure of perturbation are given. Meanwhile, the estimation formulas of bounds for delays and parametric perturbation are given.

**Key words** multidelay; nonlinear; interconnected control system; structure and interconnected stabilization