第 9 卷第 1 期
1992 年 2 月
控制理论与应用
CONTROL THEORY AND APPLICATIONS
Vol. 9, No. 1
Feb. , 1992

大型离散控制系统的分散镇定

吕绍明 温香彩
(河南师范大学数学系·新乡,453002)

摘要：本文应用现代控制论中的二次线性调节方法和 M-矩阵的性质，结合 Lyapunov 稳定性，研究了大型离散控制系统的分散镇定——一致渐近镇定、具有给定稳定度的指数镇定，给出了系统镇定的一些充分条件.

关键词：分散镇定；M-矩阵；一致渐近镇定；具有给定稳定度的指数镇定

1 引 言

近二十年来，随着高速数字计算机的出现，几乎所有复杂的系统都要用计算机来进行控制和计算. 因此，研究离散系统的性质显得日益重要. 目前，已有不少文献研究了离散大系统的稳定性，其中绝大部分都是通过分析较低阶的子系统和它们的关联项，给出大系统的能稳性条件，例如文献[1,2]；另外一部分是通过设计动态输出反馈或状态反馈给出大系统的能稳性条件. 例如文献[3]，其出发点是古典控制. 本文所讨论的是：如何利用现代控制理论，选取适当的状态反馈 $\varphi(X,k)$，使得具有如下形式的闭环系统在某些条件下是稳定的：

$$\begin{cases} X_i(k+1) = A_iX_i(k) + B_i\varphi_i(X,k) + H_i(X,k), \\ Y_i(k) = C_iX_i(k), \quad i = 1,2,3,\cdots,N, \; X = (X_1,\cdots,X_N)^T. \end{cases}$$

由于关联项 $H_i(x,k)$ 的出现，若采用一个控制器(即集中控制)，则找到求此控制的方法是非常困难的. 即使找到了一种方法，因系统的维数往往很高，在计算时也将会遇到数据收集、存贮以及计算机程序诊断上一些难以克服的困难. 因此，在实际应用中，对这种大系统往往需要设计有多个控制器，每个控制器只观测系统的局部输出，且只控制系统的局部输入，共同完成整个系统所要达到的目的. 用数学语言来表述，就是采用分解法，把大系统分解成若干个较低阶的子系统. 对每个子系统的孤立子系统求控制函数，然后对关联项加以协调，使整个闭环系统稳定，这种方法称为分散镇定. 目前，已有一些文献对连续系统的分散镇定问题进行了研究(如文献[4,5,6,7,8])，而对于离散系统这方面的文章却很少见到. 特别是，利用现代控制论中的线性二次最优调节和 M-矩阵的性质研究离散系统的分散镇定则几乎没有，本文就对这方面的问题进行了初探. 其结构安排如下：第 2 节研究了带有控制项的线性定常离散大系统的分散镇定(一致渐近镇定、具有给定稳定度的指数镇定)；第 3 节研究了一类非线性离散控制大系统的分散镇定.

2 线性定常离散控制大系统的分散镇定

2.1 一致渐近镇定

考虑由 N 个子系统 S_i 描述的离散控制大系统 S. 每一子系统 S_i 具有如下形式

本文于1989年6月15日收到. 1991年8月30日收到修改稿.

$$\begin{cases} X_i(k+1) = A_iX_i(k) + B_iu_i(k) + \sum\limits_{\substack{j=1\\j\neq i}}^{N} A_{ij}X_j(k), \\ Y_i(k) = C_iX_i(k). \end{cases} \tag{2.1}$$

$i=1,2,\cdots,N \quad k\in J=\{k_0+1,k_0+2,\cdots\}$

$X_i(k)\in R^{n_i}$、$u_i(k)\in R^{m_i}$、$y_i(k)\in R^{q_i}$分别为第 i 个子系统在 k 时刻的状态向量、控制向量、输出向量；A_i、B_i、C_i、A_{ij}分别为 $n_i\times n_i$、$n_i\times m_i$、$q_i\times n_i$、$n_i\times n_j$ 常矩阵，A_{ij}被称为第 i 个子系统与第 j 个子系统之间的互相关联矩阵. $\sum\limits_{i=1}^{N}n_i=n$, $\sum\limits_{i=1}^{N}m_i=m$, $\sum\limits_{i=1}^{N}q_i=q$.

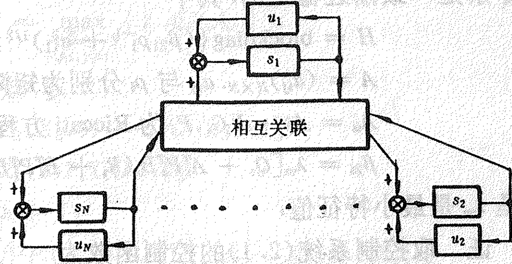

图 1　大系统 S 的模型结构示意图

首先应注意：对于分散控制，尽管所给系统是可控的，也不一定能找到增益矩阵 G_i，使系统 S 在控制 $u^T=(u_1^T,\cdots,u_N^T)$下达到所希望的稳定状态. 这是因为整个反馈矩阵 $G=$ blockdiag$\{G_1,\cdots,G_N\}$是分块对角形的，不是任意的，配置极点的结论就不一定能成立. 例如系统

$$X(k+1)=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&3&1\\0&1&2\end{pmatrix}X(k)+\begin{pmatrix}1&0\\0&0\\0&1\end{pmatrix}u(k). \tag{2.2}$$

若取
$$G=\begin{pmatrix}G_1&G_0&0\\0&0&G_2\end{pmatrix},$$

则 $A+BG$ 的特征根为 $1+G_1$、3、$2+G_2$，无论怎样选取 G，(2.2)都不稳定，但(A,B)是可控的.

那么，对于什么类型的系统，才能由分散控制得到其稳定性呢？下面就来讨论这个问题.

把系统(2.1)看成是孤立子系统

$$\begin{cases} X_i(k+1) = A_iX_i(k) + B_iu_i(k), \\ Y_i(k) = C_iX_i(k), \quad i=1,2,\cdots,N \end{cases} \tag{2.3}$$

的线性关联. 关联项为 $\sum\limits_{\substack{j=1\\j\neq i}}^{N}A_{ij}X_j(k)$.

选取使系统(2.3)的二次性能指标

$$J_i(X_i(k),u_i(k)) = \sum_{k=k_0}^{\infty}[X_i^T(k)Q_iX_i(k) + u_i^T(k)R_iu_i(k)], \tag{2.4}$$

达到极小值的最优负反馈向量函数

$$u_i(X_i(k),k) = -G_iX_i(k) = -(R_i + B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_iX_i(k) \tag{2.5}$$

为(2.3)的控制函数，其中 P_i 为 Riccati 矩阵方程

$$P_i = A_i^TP_iA_i - A_i^TP_iB_i(R_i + B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_i + Q_i \tag{2.6}$$

的解矩阵. 这里 R_i 为正定对称矩阵，$Q_i=\beta_iC_i^TC_i$，$\beta_i>0$ 则有如下结果：

定理 2.1　若(A_i,B_i)可控，(A_i,C_i)可观测，矩阵 $E=H-A$ 的各阶顺序主子式为正，则大型线性定常控制系统(2.1)的闭环系统

$$X_i(k+1)=(A_i-B_iG_i)X_i(k)+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}A_{ij}X_j(k),\quad i=1,2,\cdots,N \tag{2.7}$$

的零解是一致渐近稳定的. 其中

$$H=\mathrm{blockdiag}\{(\beta_{21}\rho_1^{-1}+a_{11}^2)^{1/2},\cdots,(\beta_{2N}\rho_N^{-1}+a_{NN}^2)^{1/2}\}. \tag{2.8}$$

$A=(a_{ij})_{N\times N}$. a_{ij} 与 ρ_i 分别为矩阵 A_{ij} 与 P_i 的模.

$A_{ii}=A_i-B_iG_i$, P_i 为 Riccati 方程(2.6)的解. (2.9)

$$\beta_{2i}=\lambda_m[Q_i+A_i^TP_i^TB_i(R_i+B_i^TP_i^TB_i)^{-1}R_i(R_i+B_i^TP_i^TB_i)^{-1}B_i^TP_iA_i]. \tag{2.10}$$

这是 λ_m 是最小特征值.

证 取控制系统(2.1)的控制函数为

$$u(X,k)=[u_1^T(X_1,k)\quad u_2^T(X_2,k)\quad u_N^T(X_N,k)]. \tag{2.11}$$

其中 $u_i(X_i,k)$ 为(2.3)的控制函数, 如(2.5)所示. 由 (A_i,B_i) 可控, (A_i,C_i) 可观测知, Riccati 方程(2.6)有唯一正定解矩阵 P_i. 令 $V(X,k)=\sum_{i=1}^{N}\gamma_iV_i(X_i,k)$, $V_i(X_i,k)=X_i^T(k)P_iX_i(k)$, $\gamma_i>0$ 待定. 则 $V(X,k)$ 正定. 取之为系统(2.7)的 Lyapunov 函数. 则存在 $\alpha>0,\beta>0$ 使

$$\alpha X^T(k)X(k)\leqslant V(X,k)\leqslant\beta X^T(k)X(k),$$

$$\begin{aligned}
\Delta V(X,k)|_{(2.7)}=&\sum_{i=1}^{N}\gamma_i\{[(A_i-B_iG_i)X_i(k)+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}A_{ij}X_j(k)]^TP_i[(A_i-B_iG_i)X_i(k)\\
&+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}A_{ij}X_j(k)]-X_i^T(k)P_iX_i(k)\}\\
\leqslant&\sum_{i=1}^{N}\gamma_i[(-\beta_{2i}X_i^T(k)X_i(k)+2\|A_{ii}^T\|\,\|X_i^T(k)\|\,\|P_i\|\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}\|A_{ij}\|\,\|X_j(k)\|\\
&+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}\|A_{ij}\|\,\|X_j(k)\|)^2\|P_i\|]\\
\leqslant&\sum_{i=1}^{\gamma}\gamma_i\rho_i[-\beta_{2i}\rho_i^{-1}\|X_i(k)\|^2+2a_{ii}\|X_i(k)\|\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}a_{ij}\|X_j(k)\|\\
&+(\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{N}a_{ij}\|X_j(k)\|)^2]\\
=&-(\|X_1(k)\|\cdots\|X_N(k)\|)M(\|X_1(k)\|\cdots\|X_N(k)\|)^T.
\end{aligned} \tag{2.12}$$

这里 $M=HWH-A^TWA$, $W=\mathrm{blockdiag}\{\gamma_1\rho_1,\gamma_2\rho_2,\cdots,\gamma_N\rho_N\}$, H、A 为(2.8)、(2.9). 由于 $E=H-A$ 的顺序主子式为正, 且 $a_{ij}\geqslant0$, 所以 $E=H-A$ 为 M-矩阵. 从而存在 $\gamma_i>0,i=1,2,\cdots,N$, 使得 M 为正定矩阵. 故系统(2.7)的零解一致渐近稳定.

定理 2.2 在定理 2.1 的条件下, 若矩阵 L 的所有特征根都在单位圆内, 则(2.7)的零解也是一致渐近稳定的, 其中

$$L=\begin{pmatrix}L_{11}&L_{12}&\cdots&L_{1N}\\ L_{21}&L_{22}&\cdots&L_{2N}\\ \vdots&\vdots&\vdots&\vdots\\ L_{N1}&L_{N2}&\cdots&L_{NN}\end{pmatrix}, \tag{2.13}$$

$$L_{ij}=(N-1)\lambda_m^{-1}(P_j)\left(\frac{2b^2(i,j)}{\beta_{2i}}+b_{rj}^{(i)}\right)\quad i\neq j,i\neq r.\ L_{ii}=\frac{\lambda_m^{-1}(P_j)-\dfrac{\beta_{2i}}{2}}{\lambda_m(P_i)}.\tag{2.14}$$

$$b(i,j)=\|(A_i-B_iG_i)^TP_iA_{ij}\|,\quad b_{rj}^{(i)}=\max_{\substack{r,j=1\cdots N\\ r\neq i,j\neq i}}\{\|A_{ij}^TP_iA_{ir}\|\}.$$

证　仍取(2.11)为系统(2.1)的控制函数.取

$$V(X,k)=[V_1(X_1,k),V_2(X_2,k),\cdots,V_N(X_N,k)]^T$$

为(2.7)的 Lyapunov 函数.其中,$V_i(X_i,k)=X_i^T(k)P_iX_i(k)$,则

$$\begin{aligned}V_i(X_i,k+1)|_{(2.7)}&=X_i^T(k+1)P_iX_i(k+1)\\&=X_i^T(k)(A_i-B_iG_i)^TP_i(A_i-B_iG_i)X_i(k)-X_i^T(k)P_iX_i(k)\\&\quad+X_i^T(k)P_i\cdot X_i(k)+\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^N\sum_{\substack{r=1\\r\neq i}}^N[X_i^T(k)A_{ij}^TP_iA_{ir}X_r(k)]\\&\quad+2X_i^T(k)(A_i-B_iG_i)^TP_i\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^NA_{ij}X_j(k)\\&\leqslant-\beta_{2i}\|X_i(k)\|^2+2\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^Nb(i,j)\|X_i(k)\|\ \|X_j(k)\|\\&\quad+\lambda_M(P_i)\|X_i(k)\|^2+b_{rj}^{(i)}\sum_{\substack{r,j=1\\r\neq i,j\neq i}}^N\|X_r(k)\|\ \|X_j(k)\|\\&\leqslant\lambda_m^{-1}(P_i)[\lambda_m(P_i)-\frac{\beta_{2i}}{2}]V_i(X_i,k)+(N-1)\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^N[\frac{2b^2(ij)}{\beta_{2i}}\\&\quad+b_{rj}^{(i)}]\lambda_m^{-1}(P_i)V_j(X_j,k).\end{aligned}$$

作辅助方程　$V^*(k+1)=LV^*(k)$.其中 L 为(2.13).则有

$$V(X,k+1)\leqslant V^*(k+1).$$

由 L 的所有特征根都在单位圆内知:$V^*(k)$的零解渐近稳定,从而(2.7)的零解一致渐近稳定.

推理　当所给系统具有形式

$$X_i(k+1)=A_iX_i(k)+B_iu_i(k)+\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^N(A_{ij}X_j(k)+B_{ij}u_j(k))\tag{2.15}$$

时,若令

$$\begin{aligned}b_{rj}&=\|(A_i-B_iG_i)^TP_i(A_{ij}-B_{ij}G_j)\|,\\b_{rj}^{(i)}&=\max_{\substack{r,j=1,2,\cdots,N\\r\neq i,j\neq i}}\{\|(A_{ij}-B_{ij}G_j)^TP_i(A_{ir}-B_{ir}G_r)\|\},\end{aligned}\tag{2.16}$$

则在定理 2.2 的条件下,(2.16)的闭环系统一致渐近稳定(控制仍取(2.11)).

2.2　具有稳定度 m 的指数镇定

定理 2.3　若(A_i,B_i)可控,(A_i,C_i)可观测,则

1)无论孤立子系统 $X_i(k+1)=A_iX_i(k)$的零解指数稳定性如何,总可选取控制函数

$$u_i(X_i,k)=-e^{2m}(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_iX_i(k),\tag{2.17}$$

$$P_i=e^{2m}A_i^TP_iA_i+\beta_iC_i^TC_i-e^{4m}A_i^TP_iB_i(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_i,\tag{2.18}$$

使孤立子系统

$$\begin{cases}X_i(k+1)=A_iX_i(k)+B_iu_i(k),\\Y_i(k)=C_iX_i(k)\quad i=1,2,\cdots,N\end{cases}\tag{2.19}$$

的闭环系统

$$X_i(k+1)=[A_i-B_ie^{2m}(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_i]X_i(k) \tag{2.20}$$

的零解是具有给定稳定度 m 的指数稳定.

2)若矩阵 $H=D-A$ 的逐次主子式大于零,则系统(2.1)在分散控制(2.17)～(2.18)的作用下,闭环大系统

$$X_i(k+1)=[A_i-e^{2m}B_i(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)]X_i(k)+\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^{N}A_{ij}X_j(k) \tag{2.21}$$

的零解也是具有给定稳定度 m 的指数稳定.

这里 $D=\text{blockdiag}\left\{\left(\frac{\beta_{21}}{\rho_1}e^{-2m}+a_{11}^2\right)^{\frac{1}{2}}\cdots\left(\frac{\beta_{2N}}{\rho_N}e^{-2m}+a_{NN}^2\right)^{\frac{1}{2}}\right\}$,

$A=(a_{ij})_{N\times N}$, a_{ij} 与 ρ_i 分别为 A_{ij} 与 P_i 的模,

$A_{ii}=A_i-e^{2m}B_i(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)$,

$\beta_{2i}=\lambda_m[\beta_iC_i^TC_i+e^{4m}A_i^TP_iB_i(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)^{-1}R_i(R_i+e^{2m}B_i^TP_iB_i)^{-1}B_i^TP_iA_i]$.

证 1)由 (A_i,B_i) 可控,(A_i,C_i) 可观测知:(2.18)具有正定解 P_i,取 $V_i(X_i,k)=X_i^T(k)\cdot P_iX_i(k)$ 为(2.20)的 Lyapunov 函数,则存在 $\alpha_i>0,\beta_i>0$,使

$$\alpha_iX_i^T(k)X_i(k)\leqslant V_i(X_i,k)\leqslant\beta_iX_i^T(k)X_i(k)$$

沿着系统(2.20)的解的运动轨迹有(推导过程略)

$$V_i(X_i,k+1)e^{2m}-V_i(X_i,k)\leqslant-\beta_{2i}X_i^T(k)X_i(k),$$

$$V_i(X_i,k+1)<e^{-2m(k+1-k_0)}V_i(X_i(k_0),k_0)$$

$$\|X_i(k)\|\leqslant\left(\frac{V_i(X_i,k)}{\alpha_i}\right)^{\frac{1}{2}}\leqslant\left(\frac{\beta_i}{\alpha_i}\right)^{\frac{1}{2}}\|X_0\|e^{-m(k-k_0)}.$$

故系统(2.20)的零解是具有给定稳定度 m 的指数稳定.

2) 取(2.21)的 Lyapunov 函数为 $V(X,k)=\sum_{i=1}^{N}\gamma_iV_i(X_i,k)$,$\gamma_i>0$ 待定. 由 $V_i(X_i,k)$ 的正定性知:存在 $\alpha>0,\beta>0$,满足

$$\alpha X^T(k)X(k)\leqslant V(X,k)\leqslant\beta X^T(k)X(k),$$

$$e^{2m}V(X(k+1),k+1)-V(X(k),k)$$

$$\leqslant\sum_{i=1}^{N}\gamma_i\rho_ie^{2m}[-\frac{\beta_{2i}}{\rho_i}e^{-2m}\|X_i(k)\|^2+2a_{ii}\|X_i(k)\|\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^{N}a_{ij}\|X_j(k)\|+(\sum_{\substack{j=1\\j\neq i}}^{N}a_{ij}\|X_j(k)\|)^2]$$

$$=-(\|X_1(k)\|\cdots\|X_N(k)\|)M(\|X_1(k)\|\cdots\|X_N(k)\|)^Te^{2m}.$$

下面的证明同定理 2.1 的证明相似. 略.

3 一类非线性离散控制大系统的分散镇定

考虑具有分解

$$X_i(k+1)=A_iX_i(k)+B_iu_i(k)+f_i(X_1(k),X_2(k),\cdots,X_N(k),k),\quad i=1,2,\cdots,N \tag{3.1}$$

的非线性控制系统

$$X(k+1) = AX(k) + Bu(k) + f(X,k), \quad 0 < f^T(X,k)X < \sigma X^T(k)X(k). \tag{3.2}$$

(3.1)可看成孤立子系统

$$X_i(k+1) = A_iX_i(k) + B_iu_i(k), \quad i = 1,2,\cdots,N \tag{3.3}$$

的非线性时变关联. 关联项为 $f_i(X_1, X_2, \cdots, X_N, k)$ 则有

定理 3.1　若 (A_i, B_i) 可控, $(A_i, \sqrt{\theta_i})$ 可观测, 则在控制 $u(X,k) = (u_1(X_1,k) \quad u_2(X_2, k) \cdots u_N(X_N), k))^T$ 的作用下, 当 $0 < \sigma < \dfrac{-c_4 + \sqrt{c_4^2 + \dfrac{c_2^2}{2}\lambda_m(\theta P^{-1})}}{c_2^2 c_3}$ 时, 系统(3.2)的闭环系统一致渐近稳定. 其中, $u_i(X_i,k)$ 为(2.5), $C_2 = \lambda_M^{1/2}(P)$, $C_3 = \lambda_m^{1/2}(P)$, $C_4 = \lambda_M^{1/2}(H^TP^2HP^{-1})$, $\theta = \mathrm{blockdiag}\{\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_N\}$, $H = \mathrm{blockdiag}\{A_1 - B_1G_1, \cdots, A_N - B_NG_N\}$, $P = \mathrm{blockdiag}\{P_1, P_2, \cdots, P_N\}$.

证　取 $V_i(X_i,k) = X_i^T(k)P_iX_i(k)$ 为(3.3)的 Lyapunov 函数, $V(X,k) = \sum_{i=1}^{N} V_i(X_i,k)$ 为(3.1)的 Lyapunov 函数. 则

$$\begin{aligned} \Delta V(X,k)|_{(3.1)} &\leqslant - X^T(k)QX(k) + 2f^TPHX(k) + f^TPf \\ &\leqslant -[\lambda_m(QP^{-1}) - 2\sigma C_3C_4 - \sigma^2C_2^2C_3^2]V(X,k) < 0. \end{aligned}$$

故系统(3.1)的闭环系统一致渐近稳定.

例　考虑系统

$$X(k+1) = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} X(k) + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} u(k) + \begin{pmatrix} \sigma X_1(k)\sin(X_1(k)X_2^2(k) + 2X_2(k)) \\ \sigma X_2(k)\cos(X_1^2(k) + X_2^2(k)) \end{pmatrix}.$$

孤立子系统为

$$\begin{cases} X_1(k+1) = -2X_1(k) + u_1(k), \\ X_2(k+1) = \dfrac{1}{2}X_2(k) + u_2(k). \end{cases}$$

当 $u_1(k) = u_2(k) = 0$ 时, 第一个子系统不稳定, 第二个子系统一致渐近稳定. 在性能指标

$$J_i(X_i, u_i) = \sum_{k=k_0}^{\infty} [X_i^T(k)X_i(k) + u_i^T(k)u_i(k)], \quad i = 1,2$$

下, 最优控制函数分别为 $u_1 = \dfrac{1+\sqrt{5}}{2}X_1(k)$, $u_2 = \dfrac{7-\sqrt{65}}{4}X_2(k)$. 则在控制函数 $u = \left(\dfrac{1+\sqrt{5}}{2}X_1(k) \quad \dfrac{7-\sqrt{65}}{4}X_2(k)\right)^T$ 的作用下, 若 $\sigma < \dfrac{1}{25}$, 此系统的零解一致渐近稳定.

相应于定理 3.1 中的 C_i, 分别为 $C_2 = \sqrt{2+\sqrt{5}}$, $C_3 = \left(\dfrac{1+\sqrt{65}}{8}\right)^{\frac{1}{2}}$, $C_4 = \left(\dfrac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^{-1}$. 验证从略.

参 考 文 献

[1] Michel, A. N. and Miller, R. K.. Qualitative Analysis of Large Dynamical Systems. New York, 1977, 12—84

[2] Grujic, L. T. and Siljak, D. D.. Exponential Stability of Large Scale Discrete Systems. INT J. Control, 1974, 19:481—491

[3] Siljak, D. D.. Large Scale Dynamic Systems-Stability and Structure. New York Elsevier North-Holland, Inc., 1971:145—219

[4] Aoki, M.. On Feedback Stabilizability of Decentralized Dynamic Systems. Automatic, 1972, 8:163—173

[5] Davison, E. J.. The Decentralized Stabilization and Control of a Class of Unknown Non-Linear Time Varying Systems. Automatic, 1974, 10:309—316

[6] Sëzer, M. E. and Özay Hüseyin.. Stabilization of Linear Time Invariant Interconnected Systmes Using Local State Feedback. IEEE, S. M. C., 1978, 8:741—756

[7] Sëzer, M. E. and Özay Hüseyin.. On Decentralized Stabilization of Interconnected Systems. Automatic, 1980, 16

[8] Wang, S. H. and Davison, E. J.. On the Stabilization of Decentralized Control Systems. IEEE Transactions, 1973 AC-18, 473—478

[9] Kailath, T.. Linear Systems. Prentice-Hall, 1980

[10] Anderson, B. D. O. and Moore, J. B.. Optimal Filtering. Prentice-Hall, 1977

[11] Mitter, S. K. and Foulkes, R.. Controllability and Pole Assignment for Discrete Time Linear Systems Defined Over Arbitrary Fields. SIAM J. Control, 1971, 9(1):1—7

[12] Kalman, R. E. and Bertram, J. E.. Control Systems Analysis and Design Via the "Second Method" of Lyapunov Discrete Systems. Transition ASME 1960:394—400

[13] 刘永清,宋中昆. 大型动力系统的理论与应用(卷 I). 广州:华南工学院出版社,1988:81—96

[14] Heimen, J. A.. Difference Inequalities and Comparison Theorem for Stabilities of Discrete Systems. INT J. Systems Sci., 1970, 10:711—719

Decentralized Stabilization of Large Scale Discrete System with Control

LÜ Shaoming and WEN Xiangcai

(Department of Mathematics, Henan Normal University·Xinxiang, 453002, PRC)

Abstract: In this paper, we consider the problem of decentralized stabilization of large scale discrete system with control. Some sufficient conditions under which the system is uniformly asymptotic stabilization or exponential stabilization with a prescribed degree of stability are derived by applying linear-quadratic optimal control of modern control theory, the property of *M*-matrices and Lyapunov stability.

Key words: decentralized stabilization; *M*- matrix; uniformly asymptotic stabilization; exponential stabilization with a prescribed degree of stability

本文作者简介

吕绍明 河南师范大学数学系教授. 六十年代初开始从事运动稳定性理论的研究. 八十年代以来从事大系统周期解的存在性、唯一性的研究. 1988年以来从事控制大系统和离散系统变结构控制等方面的研究.

温香彩 女. 1987年在河南师范大学数学系获硕士学位,现为该校讲师. 先后从事过非线性离散大系统的稳定性,离散大系统解的有界性及周期解的存在性,以及离散控制大系统镇定的研究. 目前从事离散系统变结构控制方面的研究.