第24卷 第5期
1998年9月

自 动 化 学 报
ACTA AUTOMATICA SINICA

Vol. 24, No. 5
Sept., 1998

离散广义系统稳定性分析与控制的 Lyapunov 方法[1)]

张庆灵[2)] 戴冠中
(西北工业大学信息科学与工程学院 西安 710012)
徐心和 谢绪恺
(东北大学信息科学与工程学院、理学院 沈阳 110006)

摘 要 利用 Lyapunov 方法，研究离散广义系统稳定性分析与控制问题. 得到了离散广义系统正则、具有因果关系且渐近稳定的等价条件；还给出了相关的鲁棒稳定性分析与镇定方法.

关键词 离散广义系统，渐近稳定性，Lyapunov 方程，Riccati 方程.

1 引言

众所周知，Lyapunov 方法在正常系统稳定性分析与控制中起重要作用，并得到了广泛的研究与应用，尤其成为研究系统鲁棒稳定性分析与控制的基本方法之一. 近几年广义系统鲁棒稳定性分析以及相关的控制问题得到了重视与研究[1-6]，但目前还没有得到成熟的方法.

本文基于离散广义系统的 Lyapunov 方程和 Riccati 方程，研究该系统的渐近稳定性问题以及相关的控制问题. 得到了离散广义系统正则、具有因果关系和渐近稳定的等价条件. 并初步应用于该系统的鲁棒稳定性分析中，还给出了相关的鲁棒镇定方法(限于篇幅，本文的一些证明从略).

2 稳定性分析

考虑如下的离散广义系统

$$Ex(t+1) = Ax(t) + Bu(t), \quad y(t) = Cx(t), \tag{1}$$

其中 $\boldsymbol{x}(t)$，$\boldsymbol{u}(t)$，$\boldsymbol{y}(t)$ 依次为 n-维状态向量、m-维输入向量和 l-维输出向量；E，A，B，C 分别为具有相应阶数的矩阵. 矩阵 E 一般不满秩.

1)中国博士后科学基金、国家自然科学基金(69574004)、辽宁省自然科学基金(95168)资助项目.
2)现在工作单位为东北大学理学院.
收稿日期 1995-10-20
收修改稿日期 1998-04-16

构造离散广义系统(1)的 Lyapunov 函数为

$$v[Ex(t)] = x^T(t)E^TVEx(t), \tag{2}$$

其中，V 为 $n\times n$ 阶半正定矩阵，满足：$v[Ex(t)]>0$，如果 $Ex(t)\neq 0$；$v[Ex(t)]=0$，如果 $Ex(t)=0$. 当 $u(t)=0$时，由式(1)和式(2)得到

$$A^TVA - E^TVE = - E^TWE, \tag{3}$$

其中，W 为 $n\times n$ 阶对称矩阵. 称式(3)为离散广义系统(1)的 Lyapunov 方程[7].

引理1[7]. 设离散广义系统(1)正则，则它具有因果关系且渐近稳定的充要条件是 Lyapunov 方程(3)对任意给定的 $W>0$有解 $V\geqslant 0$，满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=\mathrm{rank}(E)=r$.

引理2. 当引理1条件成立时，Lyapunov 方程(3)的半正定解 V 存在且唯一.

证明. 当离散广义系统(1)正则且具有因果关系时，存在可逆矩阵 P 和 Q，使

$$P[EQ \quad AQ] = \{\mathrm{diag}[I_1 \quad 0]\mathrm{diag}[A_1 \quad I_2]\}, \quad PB = [B_1 \quad / \quad B_2],$$

其中，A_1为 $n_1\times n_1$阶矩阵；其它各矩阵块分别具有相应的阶数. 代入式(3)得到

$$A_1^TV_{11}A_1 - V_{11} = - W_{11}, \quad A_1^TV_{12} = 0, \quad V_{22} = 0, \tag{4}$$

其中

$$P^{-T}VP^{-1} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{12}^T & V_{22} \end{bmatrix}, \quad P^{-T}WP^{-1} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{12}^T & W_{22} \end{bmatrix}.$$

由 A_1渐近稳定知：$V_{11}>0$唯一确定. 并且由 $V_{22}=0, V\geqslant 0$得到：$V_{12}=0$. 从而

$$V = P^T\begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{12}^T & V_{22} \end{bmatrix}P = P^T\begin{bmatrix} V_{11} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}P$$

唯一被确定. 证毕

引理3[8]. 奇异矩阵束$(zE-A)$的标准型为

$\mathrm{diag}\{zE_0 - A_0 \quad zL_1 - J_1 \quad zL_2 - J_2 \quad \cdots \quad zL_i - J_i \quad zM_1 - N_1 \quad zM_2 - N_2 \cdots$ $zM_j-N_j \quad 0\}$，其中(zE_0-A_0)为正则矩阵束；

$$(zL_k - J_k) = \begin{bmatrix} z & -1 & & & \\ & z & -1 & & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & z & -1 \end{bmatrix}, k = 1,2,\cdots,j;$$

$$(zM_k - N_k) = \begin{bmatrix} z & & & \\ -1 & z & & \\ & -1 & \ddots & \\ & & \ddots & z \\ & & & -1 \end{bmatrix}, k = 1,2,\cdots,j.$$

每个子矩阵束都具有适当的阶数. 构造

$$\begin{aligned} J_k^TV_{kk}J_k - L_k^TV_{kk}L_k &= - L_k^TW_{kk}L_k, \\ N_k^TV_{kk}N_k - M_k^TV_{kk}M_k &= - M_k^TW_{kk}M_k, \end{aligned} \tag{5}$$

其中的矩阵块都具有适当的阶数. 有如下结论：

引理4. 当矩阵 W 正定时，式(5)中第一个方程不存在半正定解；第二个方程不存在唯一解.

证明. 由引理3计算可得(限于篇幅这里从略).

定理1. 离散广义系统(1)正则、具有因果关系且渐近稳定的充要条件是:对于任意给定的 $W>0$,Lyapunov 方程(3)有满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 的唯一半正定解 $V\geqslant 0$.

证明. 必要性由引理1和2直接得到. 下证充分性. 只需证明该系统在给定条件下正则. 其余由引理1得证.

当把$(zE-A)$分解成标准型时,由 Lyapunov 方程(3)得到它对角块上的方程为

$$A_0^TV_0A_0-E_0^TV_0E_0=-E_0^TW_0E_0, \tag{6a}$$

$$J_k^TV_{kk}J_k-L_k^TV_{kk}L_k=-L_k^TW_{kk}L_k, \tag{6b}$$

$$N_k^TV_{kk}N_k-M_k^TV_{kk}M_k=-M_k^TW_{kk}M_k, \tag{6c}$$

$$0^TV_{00}0-0^TV_{00}0=-0^TW_{00}0, \tag{6d}$$

其中各矩阵块具有适当的阶数. 由 $W>0,V\geqslant 0$唯一得到:式(6)中最后一个方程不存在. 又由引理4知:式(6)中第二个和第三个方程也不存在. 所以只有第一个方程存在. 则该系统正则. 证毕

对于 Lyapunov 方程解的唯一性,这里不加证明地给出如下结论:

定理2. Lyapunov 方程(3)解唯一的充要条件是[9]

$$\mathrm{rank}(A\otimes A-E\otimes E)=n^2. \tag{7}$$

当用矩阵不等式描述离散广义系统的渐近稳定性时,有

定理3. 离散广义系统(1)正则、具有因果关系且渐近稳定的充要条件是:当 $\boldsymbol{Ex}\neq 0$时,Lyapunov 函数(2)满足 $\Delta v[\boldsymbol{Ex}(t)]=v[\boldsymbol{Ex}(t+1)]-v[\boldsymbol{Ex}(t)]<0$;这里的 $V\geqslant 0$满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 且唯一.

证明. 必要性 由定理1得

$$\Delta V[\boldsymbol{Ex}(t)]=-x^T(t)E^TW\boldsymbol{Ex}(t)<0 \tag{8}$$

对 $\boldsymbol{Ex}\neq 0$成立. 其它由同一定理得到.

充分性 首先证明该系统正则. 由 V 唯一根据定理2知:矩阵束$(zE-A)$在标准型下,对角线上无零矩阵块. 否则式(7)不成立. 同理,对角线上不存在像(zM_k-N_k)这样的矩阵束. 并由矩阵束$(zE-A)$为方阵知对角线上也不存在像(zL_k-J_k)这样的矩阵束. 则该系统正则.

现在证明该系统具有因果性. 由正则性知存在可逆矩阵 S,T 使

$$S[ET\quad AT]=\{\mathrm{diag}[I_1\quad N]\mathrm{diag}[A_1\quad I_2]\},$$

其中 N 为幂零矩阵,存在非负整数 h 使 $N^h\neq 0,N^{h+1}=0$. 代入式(3)得

$$\begin{bmatrix}A_1^TV_1A_1-V_1 & A_1^TV_2-V_2N\\ V_2^TA_1-N^TV_2^T & V_3-N^TV_3N\end{bmatrix}\leqslant 0,$$

其中

$$S^{-T}VS^{-1}=\begin{bmatrix}V_1 & V_2\\ V_2^T & V_3\end{bmatrix},$$

得到 $V_3\geqslant 0,V_3-N^TV_3N\leqslant 0$. 由 $V_3\geqslant 0,V_3\leqslant N^TV_3N\leqslant (N^{h+1})^TV_3N^{h+1}=0$得到 $V_3=0$. 再由 $V\geqslant 0,E^TVE\geqslant 0$,及秩条件

$$\mathrm{rank}(E^TVE)=\mathrm{rank}\begin{bmatrix}V_1 & V_2N\\ N^TV_2^T & 0\end{bmatrix}=r$$

得到 $V_1>0, V_2N=0$. 所以进一步由

$$\mathrm{rank}(E^TVE) = \mathrm{rank}(V_1) = \mathrm{rank}(I_1) + \mathrm{rank}(N),$$

得 $N=0$. 则该系统具有因果性.

最后证明该系统渐近稳定. 注意到此时有:$V_1>0$,且

$$\Delta v[E\boldsymbol{x}(t)] = x_1^T(t)(A_1^TV_1A_1 - V_1)x_1(t) < 0, \quad \boldsymbol{x}(t) = T\begin{bmatrix} x_1(t) \\ 0 \end{bmatrix} \neq 0$$

成立,得到:A_1为稳定矩阵. 则该系统渐近稳定. 证毕

类似的还可以证明

定理4. 离散广义系统(1)正则、具有因果关系且渐近稳定的充要条件是:当 $E\boldsymbol{x}\neq 0$时,Lyapunov 函数(2)满足 $\Delta v[E\boldsymbol{x}(t)] = v[E\boldsymbol{x}(t+1)] - v[E\boldsymbol{x}(t)] < 0$;这里的 V 满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$,$\mathrm{rank}(E^T \quad A^T)=n$.

3 鲁棒稳定性分析

设带扰动的离散广义系统为

$$E\boldsymbol{x}(t+1) = (A + \Delta A)\boldsymbol{x}(t), \tag{9}$$

其中 ΔA 为 $n\times n$ 阶系数扰动矩阵. 由于目前研究的广义系统只有在解存在唯一时,它的控制才有实际意义[10],因此本文假定

$$\mathrm{rank}[E^T \quad A^T + \Delta A^T] = n. \tag{10}$$

这里不加证明的给出:

定理5. 如果

$$\mathrm{rank}[E^T \quad A^T] = n, \quad \|(E^TE + A^TA)^{-1}\|(2\|A\|\|\Delta A\| + \|\Delta A\|^2) < 1, \tag{11}$$

则有式(10)成立. 这里使用的范数满足相应的运算要求[9].

引理5. 对于 $\boldsymbol{x}(t)$,$V\geqslant 0$,有

$$2x^T(t)A^TV\Delta A\boldsymbol{x}(t) \leq x^T(t)A^TVA\boldsymbol{x}(t) + x^T(t)\Delta A^TV\Delta A\boldsymbol{x}(t).$$

记对称矩阵 M 当 $ME\boldsymbol{x}(t)\neq 0$时的最小(大)特征值为 $\lambda_{\min}(M)$($\lambda_{\max}(M)$).

定理6. 设离散广义系统(1)正则、具有因果关系且渐近稳定,式(11)成立,还存在常数 $\alpha>0$满足

$$\|\Delta A\boldsymbol{x}(t)\| \leqslant \alpha\|A\boldsymbol{x}(t)\|, \tag{12a}$$

$$\frac{2\alpha^2+1}{2(\alpha^2+1)} < \frac{\lambda_{\min}(W)}{\lambda_{\max}(V)}, \tag{12b}$$

则离散广义系统(9)正则,具有因果关系且渐近稳定.

证明. 在给定条件下,由定理1知,存在 $V\geqslant 0$,$\mathrm{rank}(E^TVE)=r$,满足 Lyapunov 方程(3). 将式(9)代入 Δv,由引理5得

$$\Delta v \leqslant x^T(t)[2A^TVA - E^TVE + 2\Delta A^TV\Delta A]\boldsymbol{x}(t).$$

再利用式(3)和式(12)得

$$\Delta v \leqslant x^T(t)E^T[(2\alpha^2+1)\lambda_{\max}(V) - 2(\alpha^2+1)\lambda_{\min}(W)]E\boldsymbol{x}(t).$$

当 $E\boldsymbol{x}(t)\neq 0$时,有 $\Delta v<0$. 注意到式(11)成立,则由定理5和定理4得证结论. 证毕.

类似可证

定理7. 设离散广义系统(1)正则、具有因果关系且渐近稳定;式(11)成立,还存在常数 $\beta>0$满足

$$\Delta A^T \Delta A \leq \beta E^T E, \tag{13a}$$

$$(2\beta+1) < \frac{2\lambda_{\min}(W)}{\lambda_{\max}(V)}, \tag{13b}$$

则离散广义系统(9)正则,具有因果关系且渐近稳定.

4 镇定方法

根据前面的分析,构造 Riccati 方程为

$$A^TVA - E^TVE - A^TVB(R+B^TVB)^{-1}B^TVA = -E^TWE \tag{14}$$

其中 R 为 $m\times m$ 阶正定矩阵. 当离散广义系统(1)正则且具有因果关系时,式(14)在标准型下等价于

$$\begin{bmatrix} A_1^TV_1A_1 & A_1^TV_2 \\ V_2^TA_1 & V_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A_1^TV_1 & A_1^TV_2 \\ V_2^T & V_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}\left\{R + \begin{bmatrix} B_1^T & B_2^T \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_1 & V_2 \\ V_2^T & V_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}\right\}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} B_1^T & B_2^T \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_1A_1 & V_2 \\ V_2^TA_1 & V_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

令 $V_2=0, V_3=0$,得到

$$A_1^TV_1A_1 - A_1^TV_1B_1(R+B_1^TV_1B_1)^{-1}B_1^TV_1A_1 - V_1 = -W_1. \tag{15}$$

由此不难证明如下结论:

定理8. 如果离散广义系统(1)正则、具有因果关系且 R-能稳,则 Riccati 方程(14)对于给定的 $W>0$有解 $V\geqslant 0$,满足:$\mathrm{rank}(E^TVE)=r$.

定理9. 如果离散广义系统(1)正则、具有因果关系且 R-能稳,则它在状态反馈

$$u = -K\boldsymbol{x}(t) \triangleq -(R+B^TVB)^{-1}B^TVA\boldsymbol{x}(t) \tag{16}$$

作用下得到的闭环广义系统

$$E\boldsymbol{x}(t+1) = [A - B(R+B^TVB)^{-1}B^TVA]\boldsymbol{x}(t) \tag{17}$$

正则、具有因果关系且渐近稳定. 这里的 V 为 Riccati 方程(14)满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 的半正定解;K 为 $m\times n$ 阶状态反馈矩阵.

定理10. 设 V 是 Riccati 方程(14)满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 的半正定解,它使闭环广义系统(17)正则、具有因果关系且渐近稳定,则这个解唯一.

Riccati 方程(14)半正定解的唯一性提供了分析与运算的方便性. 还可以进一步证明

定理11. 设离散广义系统(1)正则、Y-能控、R-能稳且 Y-能观,则存在输出和状态混合反馈

$$u = -[FC + (R+B^TVB)^{-1}B^TV(A-BFC)]\boldsymbol{x}(t), \tag{18}$$

其中 F 为 $m\times 1$阶输出反馈矩阵,使闭环广义系统

$$E\boldsymbol{x}(t+1) = [A - BFC - B(R+B^TVB)^{-1}B^TV(A-BFC)]\boldsymbol{x}(t) \tag{19}$$

正则、具有因果关系且渐近稳定. 这里的 F 用于消除系统的非因果性;V 是如下 Riccati 方程

$$A_F^TVA_F - E^TVE - A_F^TVB(R+B^TVB)^{-1}B^TVA_F = -E^TWE$$

满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 的半正定解，其中 $A_F=A-BFC$.

5 鲁棒镇定方法

考虑带有扰动项的离散广义系统

$$Ex(t)=(A+\Delta A)x(t)+(B+\Delta B)u(t), \tag{20}$$

其中 ΔB 为 $n\times m$ 阶输入扰动矩阵. 当离散广义系统(1)具有非因果关系时，总可以在 Y-能控(观)的条件下通过状态(或输出)反馈加以消除. 否则，即使是无穷小扰动也可能导致系统不稳定. 定理11告诉我们，当离散广义系统消除非因果关系后，有关稳定控制器的设计和结论与具有因果关系的情况是一致的. 因此，下面的讨论总假定离散广义系统(1)正则且具有因果关系. 并假定扰动不改变系统的正则性. 记 $A_K=A-BK$, $\Delta A_K=\Delta A-\Delta BK$，则离散广义系统(20)在状态反馈(16)作用下所对应的闭环广义系统为

$$Ex(t)=(A_K+\Delta A_K)x(t). \tag{21}$$

引理6. 设 V 是 Riccati 方程(14)满足 $\mathrm{rank}(E^TVE)=r$ 的半正定解，它使闭环广义系统(17)正则、具有因果关系且渐近稳定，则

$$K^TRK=E^TU^TY^TK^TRKYUE, \tag{22a}$$

$$K^T\Delta B^TV\Delta BK=E^TU^TY^TK^T\Delta B^TV\Delta BKYUE, \tag{22b}$$

$$\Delta A_K^TV\Delta A_K\le 2(\Delta A^TV\Delta A+K^T\Delta B^TV\Delta BK), \tag{22c}$$

其中 U,Y 为系统分解矩阵.

证明. 在给定条件下，对于给定的状态反馈矩阵 K，存在可逆矩阵 U,Y 使

$$U[EY\quad (A-BK)Y]=\{\mathrm{diag}[I_1\quad 0]\mathrm{diag}[A_1\quad I_2]\},$$

代入 Riccati 方程(14)得到

$$Y^T[(A-BK)^TV(A-BK)-E^TVE]Y=\begin{bmatrix}A_1^TV_1A_1-V_1 & A_1^TV_2\\ V_2^TA_1 & V_3\end{bmatrix}=$$

$$-Y^T(E^TWE+K^TRK)Y=-\begin{bmatrix}W_1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}K_1 & K_2\\ K_2^T & K_3\end{bmatrix}, \tag{23}$$

其中各矩阵块具有相应的阶数 $Y^TK^TRKY\triangleq\begin{bmatrix}K_1 & K_2\\ K_2^T & K_3\end{bmatrix}$. 由 $V\geqslant 0$ 和 $K^TRK\geqslant 0$ 分别得到 $V_3\geqslant 0$, $K_3\geq 0$. 由式(23)又得到 $V_3\leqslant 0$. 所以 $V_3=K_3=0$. 从而有 $V_2=0$, $K_2=0$. 得到

$$Y^TK^TRKY=\begin{bmatrix}K_1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}I_1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}K_1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}=$$

$$Y^TE^TU^TY^TK^TRKYUEY,$$

消去 Y 即得式(23)中第一个等式. 其它类似可证. 证毕.

定理12. 如果离散广义系统(1)正则、具有因果关系且 R-能稳，且存在常数 $\lambda>0$, $\eta>0$，使

$$\Delta A^T\Delta A\leqslant\lambda\cdot E^TE,\ \Delta B^T\Delta B\leqslant\eta\cdot I, \tag{24a}$$

$$(4\lambda+1)\lambda_{\max}(V)+4\eta\lambda_{\max}(U^TY^TK^TKYU)\lambda_{\max}(V)-$$

$$2\lambda_{\min}(W + U^T Y^T K^T RKYU) < 0, \tag{24b}$$

则闭环广义系统(21)正则、具有因果关系且渐近稳定. 这里的 V 为 Riccati 方程(14)满足 $\mathrm{rank}(E^T VE)=r$ 的半正定解.

证明. 在给定条件下,闭环广义系统(21)正则、具有因果关系且渐近稳定. Riccati 方程(14)成立. 其中,V 为 Riccati 方程(14)满足 $\mathrm{rank}(E^T VE)=r$ 的半正定解. 将式(21)代入 Lyapunov 函数(2),由引理6、式(14),式(24)推出其增量差满足

$$\begin{aligned}\Delta v = &x^T(t)[(A_K + \Delta A_K)^T V(A_K + \Delta A_K) - E^T VE]\boldsymbol{x}(t) \leqslant \\ &[(4\lambda + 1)\lambda_{\max}(V) + 4\eta\lambda_{\max}(U^T Y^T K^T KYU)\lambda_{max}(V) - \\ &2\lambda_{\min}(W + U^T Y^T K^T RKYU)]\|E\boldsymbol{x}(t)\|^2 < 0,\end{aligned}$$

当 $E\boldsymbol{x}(t)\neq 0$时成立. 由定理4知,闭环广义系统(21)正则、具有因果关系且渐近稳定. 证毕.

当 $\Delta A=0,\Delta B=0$时,式(24)自然成立. 这时,$\lambda=0,\eta=0$;有

$$\lambda_{\max}(V) - 2\lambda_{\min}(W + U^T Y^T K^T RKYU) < 0. \tag{25}$$

它反映了离散广义系统的鲁棒稳定裕度.

本文对于离散广义系统的鲁棒稳定性分析与控制是初步的. 相信在此基础上,可以对相关问题做进一步研究.

参 考 文 献

1 Fang C H, Lee L, Chang F R. Robust control analysis and design for discrete-time singular systems. *Automatica*, 1994, **30**(11): 1741-1750

2 Fang C H, Chang F R. Analysis of stability robustness for generalized state-space systems with structured perturbations. *Systems & Control Letters*, 1993, **21**(2): 109-114

3 Qiu L, Deavison E J. The stability robustness of generalized eigenvalues. *IEEE Trans on Control*, 1992, **37**(5): 886-891

4 Nichols N K. Robust control system design for generalized state-space systems. In: Proc 25th IEEE CDC, 1986, 538-540

5 Zhang Q L, Xu X H. Robust control for descriptor systems. In: Proc 33th IEEE CDC, 1994, 2981-2982

6 张庆灵. 广义大系统的分散控制与鲁棒控制. 西安: 西北工业大学出版社, 1997

7 Zhang Q L, Xu X H. Structural stability and linear quadratic control for discrete descriptor systems. In: Proc Asian Control Conf., 1994, 407-410

8 Gantmacher F R. The Theory of Matrices. Chelsea, New York, 1974

9 黄琳. 系统与控制理论中的线性代数. 北京: 科学出版社, 1984

10 Dai L Y. Singular Control Systems. Springer Verlag, 1989

ANALYSIS AND CONTROL OF STABILITY FOR DISCRETE DESCRIPTOR SYSTEMS VIA LYAPUNOV METHODS

ZHANG QINGLING　DAI GUANZHONG

(*College of Information Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an* 710072)

XU XINHE　XIE XUKAI

(*College of Information Science and Engineering, College of Science, Northeastern University, Shenyang* 110006)

Abstract In this paper, we investigate the problems of stability analysis and control for discrete descriptor systems using Lyapunov methods. Certain equivalent conditions for the systems to be regular, causal and asymptotically stable are obtained. Related robust stability and stabilizability topics are also discussed.

Key words Discrete descriptor systems, asymptotic stability, Lyapunov equation, Riccati equation.

张庆灵　东北大学理学院院长、控制理论与工程学科教授、博士生导师. 主要研究方向为分散控制、鲁棒控制和广义系统理论.

戴冠中　西北工业大学校长、控制理论与工程学科教授、博士生导师. 主要研究方向为自动控制理论及应用,模糊控制,神经网络,计算机控制与仿真等.

徐心和　东北大学信息科学与工程学院教授、博士生导师. 主要研究方向为自动控制理论及应用,离散事件动态系统,计算机控制与仿真等.

谢绪恺　东北大学数学系教授. 主要研究方向为广义系统和稳定性理论.