$$\dot{V}(\boldsymbol{e})=\sum_{i=1}^{n}\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n}[q_iw_{ii}e_i^2+q_jw_{jj}e_j^2+(q_iw_{ij}+q_jw_{ji})e_ie_j],\tag{8}$$

并指出当条件

1) $V(\boldsymbol{e})>0,\forall \boldsymbol{e}\neq 0,t$,

2) $q_iw_{ii}\leqslant -D<0,i=1,2,\cdots,n$,

3) $(q_iw_{ij}+q_jw_{ji})/2\leqslant -D<0$

成立时，有

$$\dot{V}(\boldsymbol{e})\leqslant -2D\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(e_i^2+e_j^2)<0.\tag{9}$$

并由此推出系统(6)是渐近稳定的.

然而，由(8)式和条件1)—3)不能推出(9)式，下面给出一个反例.

例 1. 取 $n=2$，并令某一时刻取值为

$$Q=\begin{bmatrix}1&0\\0&1\end{bmatrix},\quad W=\begin{bmatrix}-1&-2\\-2&-1\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{e}=\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix},\quad D=0.1.\tag{10}$$

显然条件1)—3)成立，且由(8)式可以算出 $\dot{V}(\boldsymbol{e})>0$，但由(9)式却得出 $\dot{V}(\boldsymbol{e})<0$，出现矛盾. 所以，文献[1]给出的稳定性定理是不完善的.

另外，文献[1]推出的(8)式也是不合理的，下面也以反例予以说明.

例 2. 令 $n=1$，则由(8)式可知 $\dot{V}(\boldsymbol{e})\equiv 0$. 然而，根据(6),(7)式可知

$$\dot{V}(\boldsymbol{e})=\boldsymbol{e}^T(QW+W^TQ)\boldsymbol{e}.\tag{11}$$

显然当 $Q,W,\boldsymbol{e}$ 均为正数时，$\dot{V}(\boldsymbol{e})>0$，矛盾出现.

应该指出，文献[2]中也存在类似错误.

参　考　文　献

[1] 谭民，疏松桂，具有参数跟踪自适应观测器的故障检测与诊断系统，自动化学报，18(1992),(2),193—198.
[2] Sidar, M., Implementation of Failure-Detection Systems with Adaptive Observers, Proceedings of 1983 American Control Conference, 1205—1211.

对倪茂林、张汉国同志所提问题[1]的答复

谭　民
(中国科学院自动化研究所　100080)

1. 设计自适应律的维数问题

在文[2]中，设 $\boldsymbol{x}(t)\in\mathbb{R}^n,\boldsymbol{y}(t)\in\mathbb{R}^m,\boldsymbol{u}(t)$ 的维数为 $p(p\leqslant n)$，设计的自适应律为

$$\Delta A=K_1(\boldsymbol{x}^T(t)+\boldsymbol{u}^T(t))\boldsymbol{\varepsilon}(t),\tag{3.1}$$

$$\Delta B=K_2(\boldsymbol{x}^T(t)+\boldsymbol{u}^T(t))\boldsymbol{\varepsilon}(t).\tag{3.2}$$

这一过程用到了增补 (3.1), (3.2) 式中各项的维数的分析方法. 比如: $\boldsymbol{u}(t)\in\mathbb{R}^p$, 设为 $\boldsymbol{u}(t)=(u_1(t),u_2(t),\cdots,u_p(t))$, 那么在与状态向量 $x^T(t)$ 相加时,将 $\boldsymbol{u}^T(t)$的 p 维扩成 n 维,只在后面补零即可.

$$\boldsymbol{u}^T(t)=(u_1(t),u_2(t),\cdots,u_p(t),0\cdots0)^T.$$

这一过程的意义是把 p 维的输入向量假想成 n 维输入, $n-p$ 个输入实际上是不存在的,令这 $n-p$ 个输入全为零,这对分析问题是很有好处的, 这样的处理在实际问题中也是常用的.

2. 关于稳定性条件问题

文 [2] 设计观测器的思想是用同一种测量方法, 即设计的观测器所测量的数据与实际数据的偏差的变化方向是一致的,要么同时大,要么同时小(文[2]p195).

由状态观测器观测的状态 $\hat{x}_i$ 与实际状态 x_i 的残差为

$$e_i=x_i-\hat{x}_i,(i=1,2,3,\cdots\cdots n).$$

若 $\hat{x}_i$ 与 x_i 是正偏差,那么 $\hat{x}_j$ 与 $x_j(j\neq i)$ 也是正偏差;若 $\hat{x}_i$ 与 x_i 是负偏差,那么 $\hat{x}_j$ 与 x_j 也是负偏差, 这就保证了 $e_i\cdot e_j\geqslant0$. 那么由文 [2] 给出的定理条件完全可以保证 $\dot{V}(\boldsymbol{e})<0$, 使得系统是大范围渐近稳定的.

倪茂林[1]给出的反例中,取 $e=\begin{pmatrix}1\\-1\end{pmatrix}$, 可得 $e_1\cdot e_2=-1<0$, 这显然不符合文 [2] 的"用同一种测量方法"这一设计思想,可见反例在我们给的条件下是不成立的.

另外,文 [1] 中,令 $n=1$,由 (8) 式(即文[2] 的 3.5 式) 可知 $\dot{V}(e)\equiv0$. 这一推论显然也是不成立的,因为由文[2]的 3.5 式,当 $n=1$ 时,是推不出 $\dot{V}(e)\equiv0$ 的.

当然,应该说明的是,文 [1] 的提法在实际问题中也是有意义的. 如果观测器的观测数据与实际数据的偏差方向不同正或不同负时,就会出现 $e_i\cdot e_j<0(i\neq j)$的情况,这时为了保证系统的大范围渐近稳定性, 文[2]定理中第 4 条就相应地变为"(4) $\frac{1}{2}|q_{ii}w_{ij}+q_{jj}w_{ji}|\leqslant D$ 且 $q_{ii}w_{ij}+q_{jj}w_{ji}$与 $e_i\cdot e_j$ 异号."这样同样可以满足要求.

感谢《自动化学报》编辑部同志的辛勤工作, 对倪茂林,张汉国同志认真、求实的精神以及对我们研究课题的兴趣和见解表示感谢.

参 考 文 献

[1] 倪茂林,对"具有参数跟踪自适应观测器的故障检测与诊断系统"一文的商榷,自动化学报,**19**(1993),(6).
[2] 谭民、疏松桂,具有参数跟踪自适应观测器的故障检测与诊断,自动化学报,**18**(1992),(2),193—198.