

微处理机在线性系统建模中的应用

孙一康 童朝南
(北京钢铁学院)

摘 要

本文介绍用 z-80 单板微处理机进行系统在线辨识, 包括非参数、参数模型和系统阶次等一些必要的先验知识的计算和测定, 给出了有关计算公式和辨识结果.

一、辨识算法公式

有关系统辨识的现状可参阅文献 [1]. 由于精度与速度对于数字计算机来说是相互矛盾的, 为适应快速系统的要求, 下面的算法均采用在线采样取数、离线处理的间歇式在线辨识算法.

(1) 相关函数法^[2]. 用这种方法可得到非参数模型, 即脉冲响应曲线. 所用的算法公式为

$$\hat{g}(\tau) = \frac{N}{r \cdot a^2 \cdot (N+1) \cdot \Delta} \begin{bmatrix} 2 & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & 2 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 2 \end{bmatrix} R_{uy}(\tau). \quad (1)$$

式中 $R_{uy}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{K=0}^{N-1} y(K)u(K-\tau)$ 为互相关函数; $u(K)$, $y(K)$ 为输入输出序列; N , a , Δ 分别为伪随机二位式序列的长度、幅值与钟周期; r 为数据的周期数.

(2) 参数估计. 参数估计方法有最小二乘法、工具变量法和相关-最小二乘两步法^[3,4]. 递推工具变量算法公式为

$$\begin{cases} \hat{\theta}_{K+1} = \hat{\theta}_K + K_{K+1}[y_{K+1} - \varphi_{K+1}^T \hat{\theta}_K], \\ K_{K+1} = P_K z_{K+1} / (1 + \varphi_{K+1}^T P_K z_{K+1}), \\ P_{K+1} = [I - K_{K+1} \varphi_{K+1}^T] P_K. \end{cases} \quad (2)$$

若用最小二乘算法, 需将式中 z_{K+1} 置换为 φ_{K+1} . 两步法与最小二乘法形式上是一样的, 只是各矩阵的内容不一样. 在开始计算时, 为避免计算高阶矩阵, 需将参数向量和协态矩阵赋初值:

$$\begin{cases} \hat{\theta}_0 = 0, \\ P_0 = C^2 \cdot I, \quad C \text{ 为充分大的数.} \end{cases} \quad (3)$$

二、实验设计

测量系统由 z-80 单板机、A/D 转换器和电平转换等部分构成. 其中 A/D 转换器

的满量程精度为 0.2%。

本系统可以测定直流分量、系统调节时间和截止频率等,为模型辨识提供有关必要信息。估计参数时,模型阶的确定是很重要的。为易于在单板机上实现,采用残差检验方法确定模型的阶^[5],

$$J = \sum_{K=1}^N e^2(K) = E^T E. \tag{4}$$

为了提高计算精度,减小积累误差和舍入误差,用两个八位字节表示十进制定点数和四个字节表示十进制浮点数,以保证 A/D 转换的数据精度。为了实现前面的算法,用机器语言编制了一些通用子程序和应用程序。

三、 辨 识 结 果

先后对模拟电路、可控硅电力拖动系统、生产现场的轧机系统作过试验,在此仅给出模拟电路系统和上钢十厂三机架冷连轧机 2[#] 3[#] 机架间张力系统的辨识结果。

(1) 为了便于比较,首先给出模拟电路如图 1 所示,图中各参数是用专用仪表测得的。

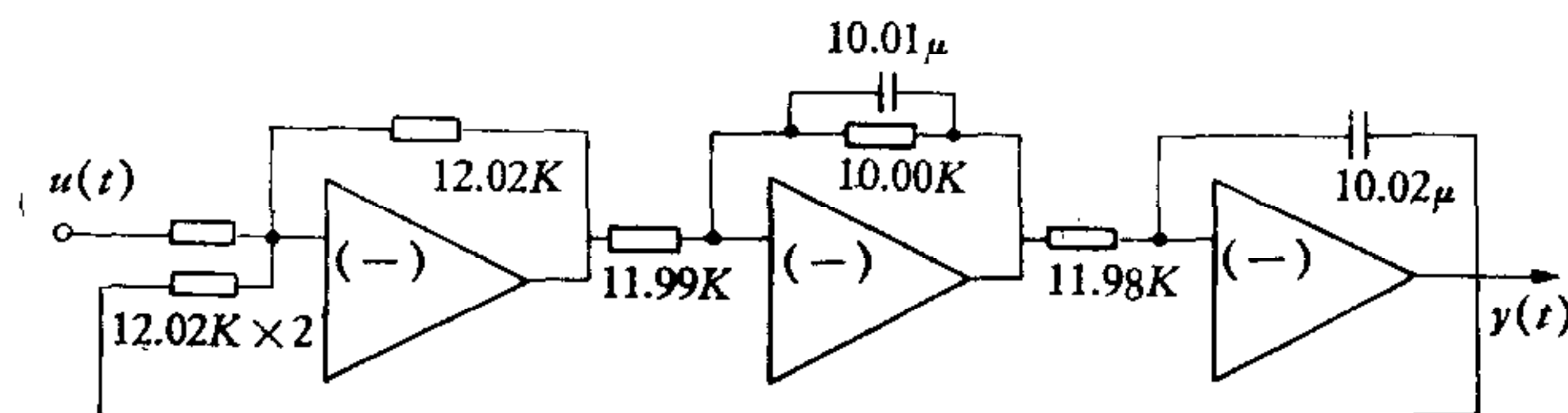


图 1

由线性系统理论知系统的传递函数为

$$W(s) = 8.333^2 / (s^2 + 9.99s + 8.333^2). \tag{5}$$

用双线性变换,令 $s = \frac{2}{\Delta} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$, 代入(5)式得

$$W(z^{-1}) = \frac{0.01424 + 0.02848z^{-1} + 0.01424z^{-2}}{1 - 1.678463z^{-1} + 0.735424z^{-2}}. \tag{6}$$

残差检验法得到各阶模型的残差平方和列于表 1。

表 1

n	一 阶	二 阶	三 阶	四 阶
J	7.81625	0.581789	0.221599	0.156542

可以看出当 $n = 2$ 以后, J 无明显变化,因此取 2 阶模型,其脉冲响应曲线如图 2 所示。估计的参数列于表 2。从表 2 中可见工具变量法与两步法更接近于(6)式。将两步法结果与(6)式比较,最大误差为 1%。

(2) 图 3 为轧机 2[#] 3[#] 机架张力环系统的脉冲响应曲线。表 3 为参数估计结果。这个模型已用于对本系统进行计算机控制。

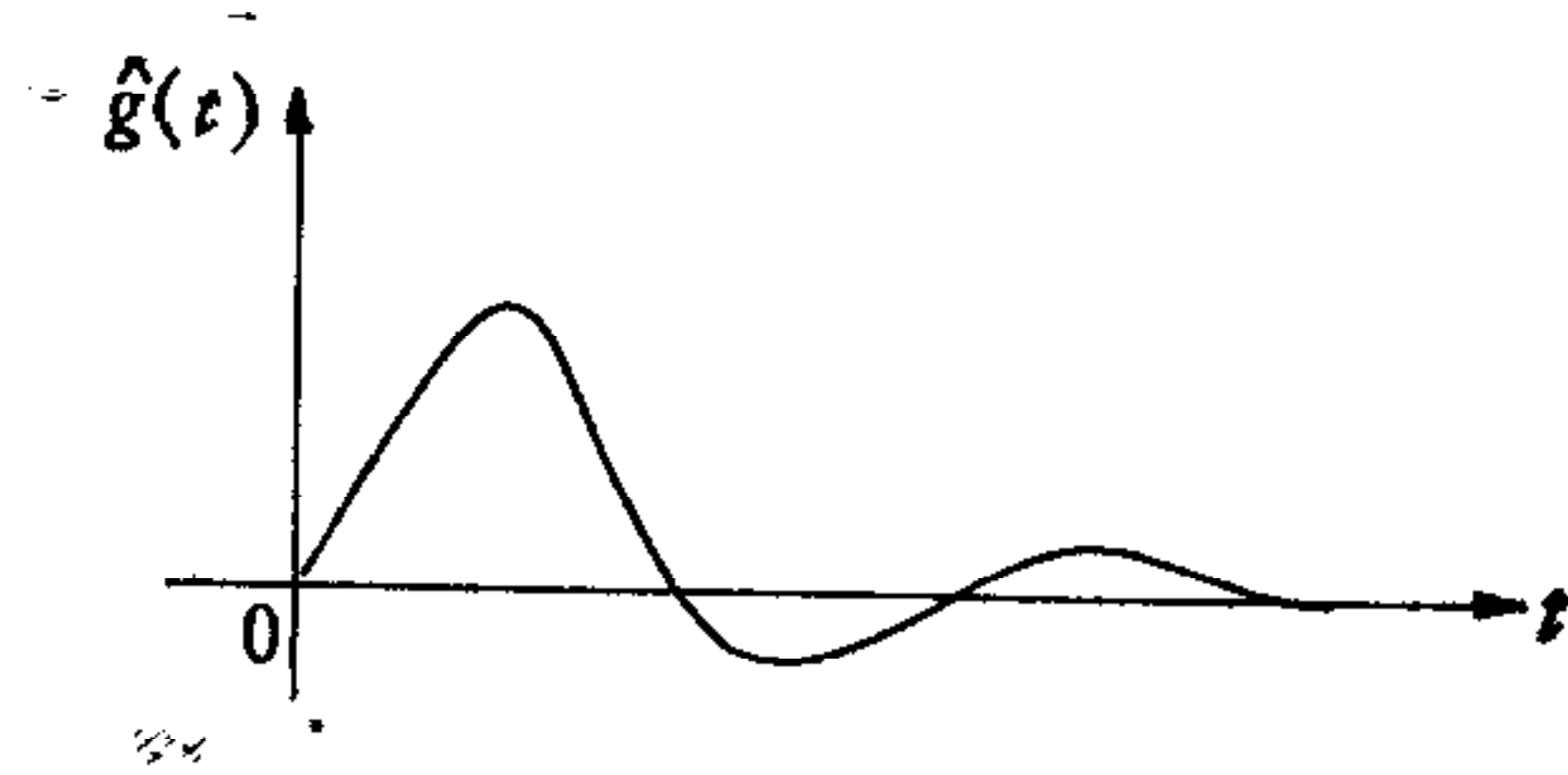


图 2



图 3

表 2

参 数	最小二乘	工具变量	两 步 法
a_1	-1.63598	-1.66488	-1.68503
a_2	0.697041	0.723892	0.739468
b_1	0.0228229	0.0217341	0.0252079
b_2	0.00618213	0.00522485	0.00413493

表 3

参 数	最小二乘	工具变量	两 步 法
a_1	-1.78564	-1.76248	-1.82349
a_2	0.863894	0.843563	0.852123
b_1	0.725783×10^{-4}	0.803125×10^{-4}	0.732125×10^{-4}
b_2	-0.48956×10^{-3}	-0.503693×10^{-3}	-0.447992×10^{-3}

由辨识结果可见，用单板机完成线性系统辨识是可行的。它不仅可用于模型辨识和系统非参数模型辨识，还可以用于估计参数、系统阶次和一些其它必要的先验信息。这些都优于一些进行系统辨识的专用仪器。实际应用表明，用单板机进行系统辨识能为控制系统的设计提供参考依据，并检验动态系统的性质和特性。不足之处是不能适应在高精度要求下在线进行数据处理。已编制了一些更适合于用户使用的通用程序块。

参 考 文 献

- [1] Isermann R., Practical Aspects of Process Identification, *Automatica*, 16 (1980), pp. 575—587.
- [2] Saridis G. N., Comparison of Six on-line Identification Algorithms, *Automatica* 10 (1974), pp. 69—74.
- [3] Strejc I., Least Squares Parameter Estimation, *Automatica*, 16 (1980), pp. 527—534.
- [4] Isermann R., Comparison of six on-line Identification and Parameter Estimation, *Automatica*, 10 (1974), pp. 81—103.
- [5] Inbehauen Hand B. Göhring, Tests for determining the model order in parameter estimation, *Automatica*, 10 (1974), pp. 233—244.

A MICROPROCESSOR APPLIED TO LINEAR SYSTEM MODELING

SUN YIKANG TONG CHAUNAN

(Beijing University of Iron and Steel Technology)

ABSTRACT

In this paper, a linear system identification with Z-80 microprocessor is proposed. The calculation and the detecting of the non-parameter parameter model order and some requisite prior knowledyes are interpreted. Some relevent algorithms, formulas and identified results are given.