

模糊模型的结构辨识

于静江 顾钟文 周春晖
(浙江大学工业控制技术研究所, 杭州)

关键词: 模糊辨识, 模糊模型, 结构辨识.

一、问题的描述

考虑 MISO 模糊系统

$$y(t) = x_1(t) \circ x_2(t) \circ \cdots \circ x_n(t) \circ R, \quad (1)$$

其中 $y(\cdot)$ 为输出模糊变量; $x(\cdot)$ 为输入模糊变量; R 为基于参考模糊集合^[1]的模糊关系; “ \circ ”为基于参考模糊集合的合成算子; n 为输入模糊变量的个数. 模糊模型的辨识就是确定各模糊变量 $x_i(\cdot)$, $y(\cdot)$ 在其论域上参考模糊集合的隶属函数(即结构)和模糊关系 R .

考虑普遍采用的隶属函数表示方法, 定义各参考模糊集合的隶属函数

$$\mu(x) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2}. \quad (2)$$

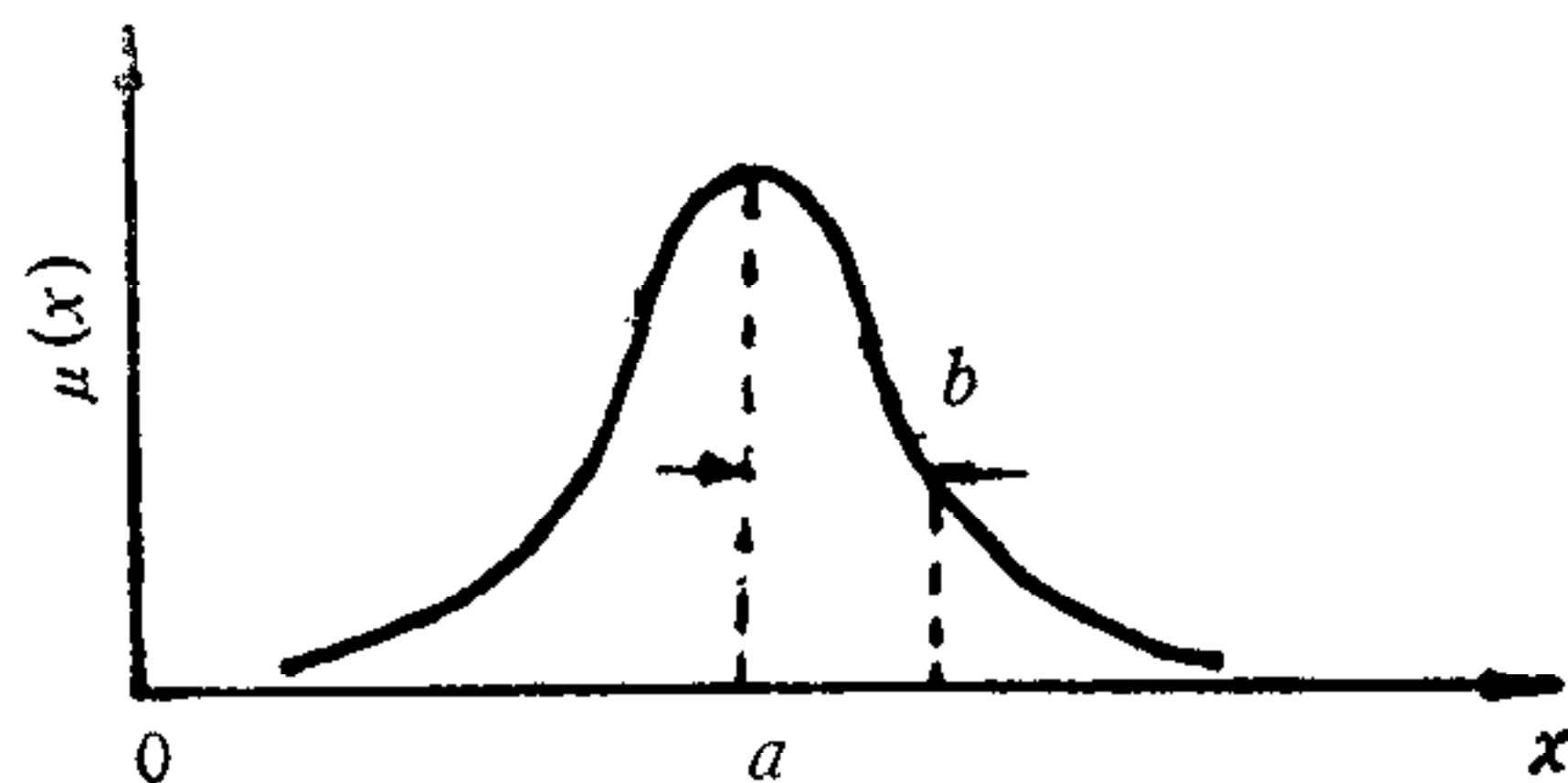


图 1 隶属函数意义

(2)式的几何意义如图 1 所示. 显然, 对具有 p 个参考模糊集合的隶属函数可用 $2p$ 个实数完全表达.

对于给定的数据样本 $\{x_i(t), y(t), i = 1, n, t = 1, N\}$, 定义模糊模型的性能指标

$$J = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [y(t) - \hat{y}(t)]^2. \quad (3)$$

其中 $\hat{y}(\cdot)$ 为模糊模型的估计值; N 为数据样本个数. 若令使得 J 达到极小的参考模糊集合分布即为模糊模型的结构, 则对 (1) 式所示的模糊关系模型的结构辨识问题可转化为 $2pn$ 个参数的最优化命题.

二、算法的实现和结果

设模糊模型的结构用实数对 $\{a_{ij}, b_{ij}\}$ 表达. 其中 $i = 0, n, j = 1, p$, 并规定 $i = 0$ 时表征输出模糊变量 $y(\cdot)$ 的隶属函数, 最优化方法选用单纯形法, 则整个辨识算法可用如下步骤完成.

1) 初始化. 设 $J^{(0)}, a_{ij}^{(1)}, b_{ij}^{(1)}$, 置 $l = 1$;

- 2) 用文献 [1] 的方法辨识 $R^{(l)}$;
- 3) 计算 (3) 式定义的性能指标 $J^{(l)}$;
- 4) 判断 $\left| \frac{J^{(l)} - J^{(l-1)}}{J^{(l-1)}} \right| < \varepsilon$ 成立否? 如成立转步骤 6), 否则继续;
- 5) 置 $l = l + 1$, 用单纯形法求出一组新的 $a_{ij}^{(l)}$, $b_{ij}^{(l)}$ 并返回步骤 2);
- 6) 输出辨识结果 $a_{ij}^{(l)}$, $b_{ij}^{(l)}$, $R^{(l)}$, 并结束。

这里 l 表示迭代步数, ε 为给定的精度。

本文利用文献 [2] 中的燃烧炉数据进行了算法的仿真。考虑系统的动态特性及输入的滞后, 并令

$$x_1(t) = y(t-1),$$

得到如下模糊关系模型:

$$y(t) = x_1(t) \circ x_2(t-4) \circ R. \quad (4)$$

辨识结果得到 $J = 0.182$ 。图 2 说明了模糊模型的输出值 $\hat{y}(\cdot)$ 与过程实测值 $y(\cdot)$ 吻合得很好。这一结果比前人的工作^[1-4]有了很大提高。

作者将本文的方法应用于某工业装置的建模, 也取得了满意的结果¹⁾。

三、讨 论

开发模糊模型的结构辨识方法, 克服主观选取带来的各种缺陷, 可以提高模糊模型的精度和建模工作的系统性。

本文提出的结构辨识算法在实际工作中可减少计算量。以 (1) 式定义的动态系统; 输入模糊变量中有一部分是输出的动态滞后, 还有一部分是同一物理量的不同时滞, 这些变量显然具有相同的结构。因此所需确定的参数要比 $2pn$ 小得多。

参 考 文 献

- [1] Pedrycz, W., An Identification Algorithm in Fuzzy Relation Systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 13(1984), 153—167.
- [2] Box, G. E. P. and Jenkins, G. M., *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, San Francisco, Holden Day, 1970.
- [3] Tong, R. M., Synthesis of Fuzzy Models for Industrial Process. *Int. J. General Syst.*, 4(1978), 143—162.
- [4] Higashi, M. and Klir, G. J., Identification of Fuzzy Relation System. *IEEE Trans. Syst. Man & Cybern.*, 14(1984), 349—355.

1) 于静江, 一类模糊系统辨识和控制算法的研究及其应用, 浙江大学硕士学位论文, 1988.

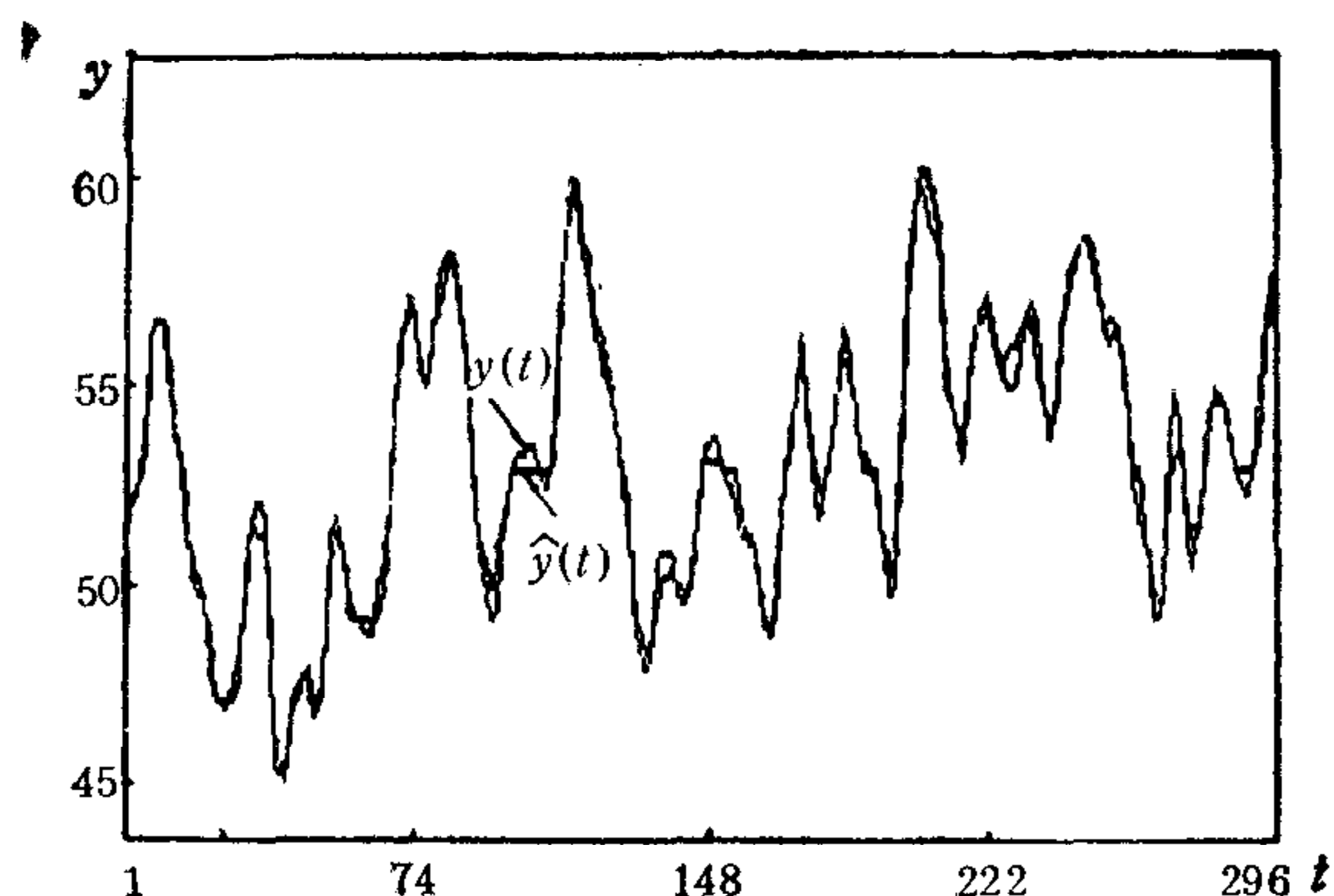


图 2 燃烧炉数据仿真结果

STRUCTURE IDENTIFICATION OF FUZZY MODEL

YU JINGJIANG GU ZHONGWEN ZHOU CHUNHUI

(Research Institute of Industrial Process Control, Zhejiang University)

Key words: Fuzzy identification; fuzzy model; structure identification.

中国自动化学会 1991 年一般专题学术会议计划

项目名称	主要内容	时间	地点	联系人
全国工业集散控制系统及其应用学术会议	交流国内外集散控制系统技术在冶金、电力、化工、石油等工业部门的科技成果和工业应用成果	5月	九江	张振华(应用专业委员会)北京 919 信箱, 邮码 100071
第 4 届过程控制科学报告会	交流过程控制方面的经验及应用成果	5月	广州	同上
第 2 届中国交流电机调速传动学术会议	总结两年来交流传动的新技术发展与研究今后对策	5月	重庆	禹鹏举(电气自动化专业委员会)天津市 2 号桥天津电传所, 邮码 300180
电气自动化控制理论应用专题学术讨论会	智能和自适应控制以及变结构控制的理论及应用	10月	重庆	王永骥 武汉华中理工大学自控系, 邮编 430074
PLC 及单片机应用研讨会	研讨 PLC 与单片机应用技术	待定	苏州	张琛, 上海交通大学自控系, 邮编 200030
中小型功率直流传动更新换代产品研讨会	总结现有产品与国外产品对比, 提出发展新产品方向	4季度	待定	李国民, 天津大学自动化系, 邮编 300072
第 4 届节能学术交流会	研究风机水泵与压缩机交流传动节能技术	10月	上海	梁庆龙, 上海工业大学自动化系, 邮码 200072
低压配电装置结构与工艺学术交流会	探讨结构与工艺新发展	10月	上海	徐莹, 上海电器成套厂, 邮码 200092
机器人控制专题研讨会	探讨、交流机器人控制方面的问题	10月	天津	卢桂章, 天津大学数学系, 邮码 300072
水文遥测技术研讨会	对现有我国水文遥测设备的有关技术、标准等问题的探讨	2季度	待定	王玉璞, 北京 9200 信箱 74 分箱, 邮码 100076
生物医学工程遥测学组年会	讨论有关人体生物、心电、脑电等问题的遥测方面的技术问题	2季度	南昌	同上
全国第 2 届办公自动化学术会议	对办公自动化、计算机网络与通讯、数据库及办公自动化应用、管理信息系统等方面进行广泛的交流和讨论	3季度	北京	李春山(办公室自动化专业委员会), 沈阳东北工学院计算机系, 邮码 110006
“CIMS” 学术交流会	根据国家对“CIMS”的总体要求, 探讨有关问题并进行学术交流	3季度	上海	蒋明炜, 北京德外机械工业自动化所, 邮编 100011
生物控制论专题讨论会	讨论生物控制论及神经网络研究的前沿问题	4月	苏州	陆惠民, 北京 349 信箱, 邮码 100080
第 3 届全国机器人学术讨论会	总结、交流我国机器人研究方面的成果、经验和存在的问题	1季度	北京	肖秀珍, 北京德外机电部自动化所, 邮码 100011

(下转第 224 页)