

# 模糊模型辨识的改进\*

孔金生 吴天福

(郑州工学院计自系)

**摘 要:** 本文提出一次观测数据的二次利用问题, 对提高模糊模型的精度作用明显, 同时对  $R$  参数运算的连续性问题进行了讨论。

**关键词:** 模糊模型辨识, 模糊关系, 模糊集合

**中国图书分类号:** 0159

模糊模型的辨识包括结构辨识和参数估计部分, 其辨识问题的提法是在给定性能指标  $J$  (一般选取一步预报误差的均方值) 下, 根据系统的  $I/O$  (非模糊) 数据确定: ①所有的参考模糊集合; ②模型结构参数 (阶、时滞); ③模糊关系  $R$  以使  $J$  极小化。我们提出的一次观测数据的二次利用问题是指在参考模糊集合、结构参数确定下, 二次利用观测数据, 以辨识最佳的模糊关系  $R$ , 提高模型的精度。

## 1 观测数据的利用

针对一个多输入单输出系统的简化模型 (1) 式, 首先要确定参考模糊集合。

设与  $Y_{(t)}$ ,  $X_1(t)$ ,  $\dots, X_n(t)$

$$Y_{(t)} = X_1(t) \circ X_2(t) \circ \dots \circ X_n(t) \circ R \quad (1)$$

对应的论域分别为  $\bar{Y}$ ,  $\bar{X}_1$ ,  $\dots, \bar{X}_n$  其一般元素分别为  $y$ ,  $x_1$ ,  $\dots, x_n$ , 参考模糊集合记

为:

$$\begin{cases} B_1, \dots, B_r \in F(\bar{x}) \\ A_{11}, \dots, A_{1r} \in F(\bar{x}_1) \\ A_{n1}, \dots, A_{nr} \in F(\bar{x}_n) \end{cases} \quad (2)$$

其中  $r$  为参考模糊集合的参数,  $r$  的确定一般适中,  $r$  增大可以改善模型的精度, 在计算机存储容量允许的前提下, 尽可能增大  $r$ , 以获得尽可能精确的模糊模型。

辨识首先要解决的问题是将给定的非模糊样本数据模糊化, 然后二次利用观测数据进行模型辨识。

1.1 计算第  $k$  组数据  $\{x_1(k), \dots, x_n(k), y(k)\}$  相对于各自参考模糊集合的

\* 收稿日期: 1990-03-01

隶属值。

$$\begin{cases} P_{ij}(k) = \mu_{A_{ij}}(x_1(k)) \\ P_{nj}(k) = \mu_{A_{nj}}(x_n(k)) \\ P_j(k) = \mu_{B_j}(y(k)) \quad (j=1, \dots, r) \end{cases} \quad (3)$$

对一个模糊数据  $x_1(k)$  我们可以用以下向量表示:  $[P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1r}]$  (4)

## 1.2 构造

$$\begin{cases} P_{x_1}(k) = [P_{11}(k), \dots, P_{1r}(k)] \\ P_{x_n}(k) = [P_{n1}(k), \dots, P_{nr}(k)] \\ P_y(k) = [P_1(k), \dots, P_r(k)] \end{cases} \quad (5)$$

由此我们构成  $y$  关系式  $R_k$

$$R_k = P_{x_1}(k) \circ P_{x_2}(k) \circ \dots \circ P_{x_n}(k) \circ P_y(k) \quad (6)$$

式中“ $\circ$ ”为笛卡尔算子。

对应于  $\max$ - $\min$  合成情况有:

$$\begin{aligned} \mu_{R_k}(s_1, \dots, s_n, s) &= \min [P_{1s_1}(k), \dots, P_{ns_n}(k), P_s(k)] \\ (s_1, \dots, s_n, s) &\in \bar{r}, \bar{r} = 1, \dots, r \end{aligned} \quad (7)$$

## 1.3 计算 $R^{(k)}$

$$R^{(k)} = R_k \cup R^{(k-1)} \quad (8)$$

## 1.4 再次利用观测数据修正关系 $R^{(k)}$

① 根据模型  $R^{(k-1)}$  及送入数据  $[x_1(k), \dots, x_n(k)]$  产生预报  $\hat{y}(k)$ , 令  $e(k) = |\hat{y}(k) - y(k)|$ , 若  $e(k) < \varepsilon$  则返回 1.1, 否则继续进行②。

② 按 (3) 式计算  $P_{ij}(k)$ 、 $P_j(k)$  继而得到与当前数据最接近的参考模糊集合, 以  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  表示。

$$\text{修正量为: } \mu_s(k) = P_{1\lambda_1}(k) \circ \dots \circ P_{n\lambda_n}(k) \circ P_s(k) \quad (9)$$

③ 修正量  $R^{(k)}$  得  $R'^{(k)}$

$$\mu_{R'}(k)(s_1, \dots, s_n, s) = \begin{cases} \alpha_s \cdot \Delta \mu_s(k) + (1 - \alpha_s) \cdot \mu_R(k)(s_1, \dots, s_n, s) \\ \quad (\text{若 } s_1 = \lambda_1, \dots, s_n = \lambda_n) \\ \mu_R(k)(s_1, \dots, s_n, s) \end{cases} \quad (10)$$

④ 返回 1.1  $R'(k) \Rightarrow R(k)$

式 (10) 中的  $\alpha_s$  由  $e(k)$  及  $\mu_s(y(k))$  确定

$$\alpha_s = h \cdot \beta_s \cdot e(k) \quad (11)$$

其中:  $\beta_s = \mu_s(y(k))$   $h$  为一常数因子。

利用二次观测数据的辨识方法能较好地辨识模型, 使其精度增高。

## 2 R 参数的连续运行。

吕勇哉<sup>〔3〕</sup>等提出的利用单一 R 参数进行预报或精度评价往往由于 R 参数缺少而使结果成不连续的阶跃型。

对极简单的模糊模型 (12) 式

$$Y(k) = X(k) \circ R \quad (12)$$

假设  $r=5$  则 R 参数共有 25 个, 在预报过程中 R 可变参数只有 5 个, 这样 R 计算的不连续程度很大, 为减少其不连续性, 可采用 max-min, max-product 直接计算法来预报, 效果较好!

## 3 仿真实例

采用前述二次利用观测数据的方法针对参考文献〔1〕中的一套燃烧炉数据进行辨识, 性能指标为  $J=0.4002$ , 较文献〔1〕、〔2〕、〔3〕中优, 效果较好。参见表 1

表 1

| 方 法   | 性能指标 J |
|-------|--------|
| 文献〔1〕 | 0.7100 |
| 文献〔2〕 | 0.7761 |
| 文献〔3〕 | 0.4555 |
| 本文    | 0.4002 |

### 参 考 文 献

- 〔1〕 Box,G.E.P etal Time Series, Analysis,Forecasting and control,Holden Day Francisco 1970
- 〔2〕 Pedrgoz,W.Numercal and applicationed aspects of fuzzy relational equations Fuzzy Sets and Systemll (1983),1-18
- 〔3〕 chen-Wei,X. and yong-Zai L.Fuzzy model identification and self-learn for dynamic systems,IEEE Trans Syst.Man & Cyberr Vol smc-17.No.4,1987
- 〔4〕 贺仲雄、模糊数学及其应用,天津科学技术出版社,1985

## Improvement of Fuzzy model identification

Kong jingsheng Wu TianFu

(computer and automation dcpartment)

**Abstract:** this paper presents two time using problem of one time observation data,this method have obvious effection on improving the accuracy of the fuzzy model.At the same time We discuss the continuity problem of R parameter calculation.

**Keywords:** Fuzzy model identification,Fuzzy relation, Fuzzy sets.