

复杂系统的非参数决策模型*

邱道尹

瞿寿德

(郑州工学院计算机与自动化系·河南, 450002) (北京科技大学自动化系, 100083)

摘要: 本文针对烧结过程不确定性大, 缺乏足够的结构信息, 含有大时滞和变时滞等特点, 提出用非参数决策“黑箱”模型来研究复杂系统参数间的制约关系. 实例表明, 所设计的分类器效果良好, 推断烧结矿质量的正确率达 81.5%. 该模式识别系统具有普遍的工程应用价值.

关键词: 非参数决策; 烧结; 模式识别; 优化控制; 近邻分类器

1 问题的提出

烧结是为高炉准备原料的重要环节. 目前, 烧结矿质量的控制皆采用间接手段, 即依靠经验工长观察倒数几个风箱的温度、负压和机尾矿断面, 来调节车速. 对于质量的检验, 均采用离线专用设备进行, 从原料混合到结果呈报约滞后近十小时. 为了实现烧结生产的优化控制, 实时获取质量信息是一个亟待解决的难题.

许多学者曾对烧结模型和终点控制进行了深入研究. 然而, 统计模型对原料和设备稳定性要求苛刻, 通用性和准确性之间存在着矛盾^[1]; 机理性模型含有过多的简化假设, 和若干难以在线检测的参数^[2]; 终点控制因经常性的的大时滞和变时滞, 系统的鲁棒性很差^[3]. 基于上述等原因, 这些成果的工程实用价值受到了限制.

2 总体设计方案

针对烧结过程的一系列特点, 本文提出图 1 所示的在线推断烧结矿质量的模式识别系统.

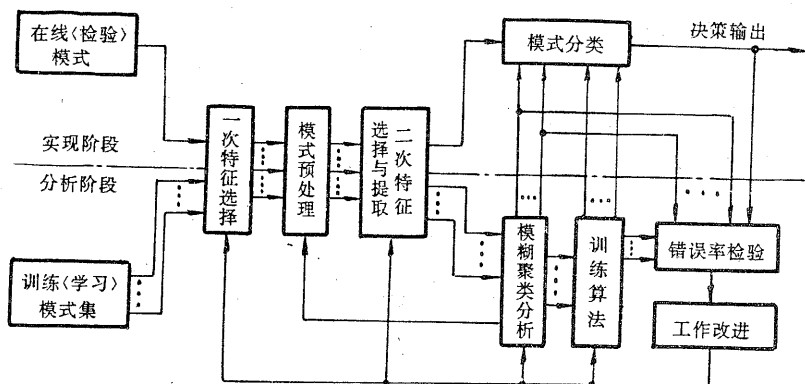


图 1 推断烧结矿质量的模式识别系统实施框图

* 国家自然科学基金资助研究项目.

本文于1992年7月21日收到, 1993年3月1日收到修改稿.

从烧结现场获取的模式维数高达近 80 维, 研究中分别利用工艺成果、专家经验和最优化等技术, 进行了特征选择, 最终用 Karhunen-Loeve 变换将特征压缩为 4 维. 为了去除噪声加强有用信息, 并增加模式空间的可分性, 进行了利用类别信息的预处理. 在初始类别分划的基础上, 剪辑模糊聚类分析产生了 7 个符合实际工况的合理类别^[4]. 继上述工作, 待识模式输入训练后的分类器, 即可输出其所处的类别.

3 非参数决策分类器

早在 60 年代初, Smith 就提出了将控制问题转化为模式识别分类问题, 以实现最优控制的思想^[5]. 由于烧结过程十分复杂, 从研究情况看, 一般的分类器已达不到理想的效果^[4]. 因此, 提出用非参数法设计非线性分类器, 来予以解决.

3.1 分类决策规则

假设有 C 个类别 $\omega_i (i=1, 2, \dots, C)$ 的模式识别问题, 在 N 个模式总量中, 来自 ω_i 类的模式有 N_i 个, k_i 为待识模式 $x = [x_1, \dots, x_d]^T$ 的 k 个近邻中属于 ω_i 类的模式数, d 为特征维数, 则实现近邻决策的步骤如下:

- 1) 计算 x 与模式集 $\mathcal{R}^N$ 中第 l 个模式的距离

$$D(x, x_l) = \|x - x_l\|, \quad (l = 1, \dots, N); \quad (1)$$

- 2) 求出 $D(x, x_l)$ 中较小的 k 个值 $D_m(x, x_l) (m=1, \dots, k)$, k 取奇数;

- 3) 找出 $D_m(x, x_l)$ 中属于 ω_i 类的模式个数 k_i , 定义判决函数:

$$g_i(x) = k_i (i = 1, \dots, C); \quad (2)$$

- 4) 决策规则为:

$$g_i(x) > g_j(x), \quad (i, j = 1, \dots, C; \forall i \neq j) \Rightarrow x \in \omega_i. \quad (3)$$

3.2 高效决策措施

为了提高分类器的性能价格比, 将 $\mathcal{R}^N$ 中的“劣质”模式剔除掉是有益的. 剪辑规则如下, 首先将 $\mathcal{R}^N$ 随机分成考试集 $\mathcal{R}^{NT}$ 和参数集 $\mathcal{R}^{NR}$. 其次取一个 $\mathbb{I} \mathcal{R}_i^{NT} (i=1, \dots, NT)$, 求其在 $\mathcal{R}^{NR}$ 中的 k 个近邻, 若决策与原类别一致则保留, 反之剔除. 最后将 $\mathcal{R}^{NT}$ 中剩下的剪辑模式集 $\mathcal{R}^{NTB}$ 设计分类器.

“留一法”是有效利用有限 $\mathcal{R}^N$ 的途径. 另外, 在风险较大时, 可使用拒绝决策, 二种情形是 x 归属数类的概率相等, 以及 $k_i < k' = (k+1)/C$.

下面的最佳距离度量, 可在有限 $\mathcal{R}^N$ 时, 使渐近平均错误率最小. 设 x 局部邻近区域 A 中有 N_A 个模式 x^a , 其中 N_{Ai} 个属于 ω_i , 则局部模式的均值估计为

$$M_0(x) = N_A^{-1} \sum_{N_A} (x^a - x), \quad (4)$$

$$M_i(x) = N_{Ai}^{-1} \sum_{N_{Ai}} (x^a - x). \quad (5)$$

距离函数为

$$D(x, x^a) = |\nabla_1^T(x - x^a)|. \quad (6)$$

其中 ∇_1 为后验概率 $P(\omega_i|x)$ 梯度 $\nabla P(\omega_i|x)$ 的估计值:

$$\nabla_1 = C^{-1} \sum_{i=1}^C P^2(\omega_i|x) [M_i(x) - M_0(x)]. \quad (7)$$

可以证明, 在 A 中选择 x 的 k 个近邻, 可保证与无限模式近邻法误识率的均方误差最小.

4 实例结果

利用唐钢烧结厂 N-90 计控系统,收集了 100 余个模式,经综合处理后,从中精选出有效模式 59 个.该“模型”对波动较大的 FeO 和 R(碱度)进行了推断实验,正确识别率达 81.5%,经一次剪辑后,误识率降至 3.7%,程序结构框图见图 2.研究尚可获生产优质区模式的有关信息^[4].

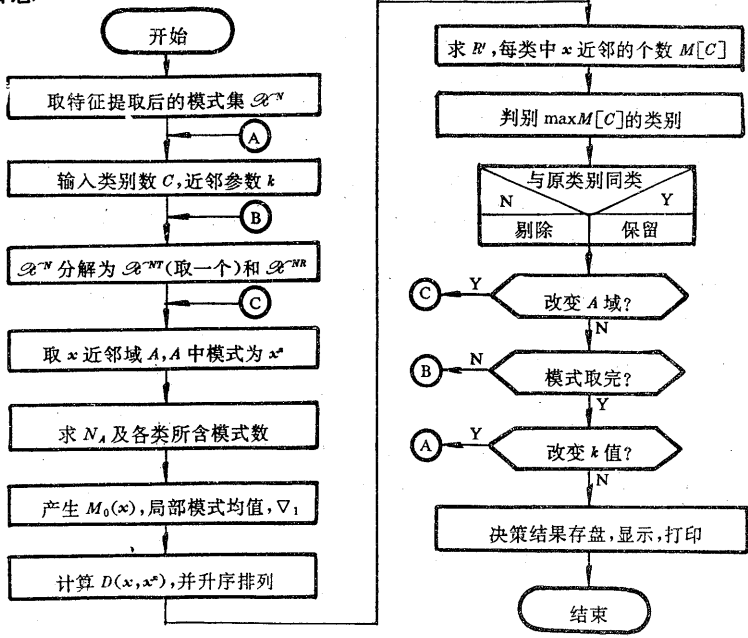


图 2 非参数近邻决策程序结构框图

参 考 文 献

[1] Corte, N. D.. Commision Europeenne Class Houts Fourneux. Tareatte, 1984, 19
[2] Ma Zhengwu et al.. Mathematical Model of Sintering Process and Its Numerical Simulation Study. 11th IFAC World Congress, 1990, Tallin.
[3] Migagi, T.. Process Control System of Sintering Plant. The Sumitomo Search, 1980, 24;83-93
[4] 邱道尹. 用模式识别在线推断烧结矿的质量. 北京科技大学硕士学位论文, 1991
[5] Smith, F. W.. Contact Control by Adaptive Pattern Recognition Techniques. Stanford Electronic Lab, Stanford Univ, CA, Tech. Rep., 1964

A Nonparametric Decision Model of Complicated Systems

QIU Daoyin

(Department of Computer and Automation, Zhengzhou Institute of Technology • Henan Zhengzhou, 450002, PRC)

QU Shoude

(Department of Automation, Beijing University of Science and Technology • Beijing, 100083, PRC)

Abstract: In this paper, a “black box” model of nonparametric decision is used to study the restrictive relationships among the parameters of the complicated system, aiming at the following characteristics in the sintering

process; large uncertainty, lacking enough structural information, long and varying time delay etc.. A factual example proves that the classifier designed is good, and its correct ratio of deducing sinter's quality up to 81.5%. The pattern recognition system has a universal value of engineering application.

Key words: nonparametric decision; sintering; pattern recognition; optimization control; neighbour classifier

本文作者简介

邱遵尹 1961年生. 1991年毕业于北京科技大学, 获工学硕士学位. 现任郑州工学院计算机与自动化系讲师. 1983年工作以来, 感兴趣的研究是优化控制, 模糊控制与最优估计. 目前主要从事不确定性系统, 模式识别, 智能控制与决策, 以及在复杂工业过程中的应用研究.

璩寿德 1932年生. 1953年毕业于武汉大学, 1956年至1960年在苏联科学院自动学与远动学研究所(即今控制科学研究所)进修, 获技术科学候补博士学位. 现任北京科技大学自动化系教授. 近期研究方法是过程控制中的分布参数系统, 模式识别及图像序列分析.

“何潘清漪优秀论文奖”征文启事

“何潘清漪优秀论文奖”征文 1993年继续由本刊办理. 请应征作者注意:

1. 文章必须是用中文正式发表过的. 因此, 寄来的文章应是该文在所发表的刊物的抽印页或复印页.
2. 文章需一式五份.
3. 请在应征稿的首页左上方注明“何潘清漪优秀论文奖征文”字样.

《控制理论与应用》编辑部

美国哈佛大学教授何毓琦(Y. C. Ho)先生为了庆贺其母亲何潘清漪老太太九十岁生日特设此奖, 借以纪念她的母爱, 以及她为了支持何先生的事业所付出的辛劳.

授奖对象:

离散事件动态系统(DEDS)方面优秀中文论文的作者.

目的:

选拔、奖励、促进和宣扬中国在DEDS领域内得到国际承认的重大成果.

条例与机构:

1. 由何毓琦先生提供的何潘清漪奖金总额为5000美元, 每次授奖金额1000美元, 连续颁发5次(每两次之间间隔至少为一年). 5次之后, 有可能追加基金继续颁发.
2. 世界各地用中文发表的关于DEDS方面的论文都有资格申请奖金.
3. 论文由国际专家小组甄别和最终评定.

专家小组成员: 曹希仁、陈翰馥、李伯天、谈自忠(组长)、饶多维、郑应平.

4. 如果某年度无合适的论文, 该奖可以不颁发, 但至少会颁发5次.
5. 1993年截稿日期为1993年12月31日, 授奖时间为1994年5月, 申请者可将论文寄到《控制理论与应用》编辑部(地址: 广州市 五山 华南理工大学 邮政编码: 510641).
6. 鼓励获奖者将其论文译成英文, 为其发表提供帮助, 借此促进在DEDS领域内工作的中国研究人员的国际合作.