

模式识别在控制系统中的应用*

邱道尹 陈铁军 韩 兵 吴天福

(郑州工学院计算机与自动化系)

摘 要: 模式识别本质上是一种分类方法, 它不需要过程的数学模型即可作出高级决策。该技术已在控制领域的诸多方面得到了应用, 体现了其解决复杂系统问题的优越性。本文概述了模式识别方法在控制系统诸方面的应用情况, 并指出其今后可能的研究方向。

关键词: 模式识别, 复杂控制系统, 分类决策, 智能自动化。

中图分类号: O235:TP273

1 模式识别与控制技术

控制理论的研究对象面临着各种形式的复杂性: 在整体结构上, 表现为非线性、不确定性、无穷维、分布式和多层次; 在被处理的信息上, 表现为信息的不完全性、信号的随机性、图像及符号信号的混合等; 在计算上, 表现为数量运算和逻辑运算的混合等。以上情况和其它一些学科的要求, 促成了交叉和边缘学科应运而生, 模式识别即是其产物之一。

1.1 模式识别方法及创新点

模式识别自 60 年代诞生以来, 发展异常迅速。为了用计算机对模式进行有效的描述、分析和识别, 曾提出过多种处理方法, 概括起来有统计决策、语言结构、模糊与智能识别四类。

统计模式识别吸收了决策理论的成果。其基本假设是, 模式实质上是随机的, 通过对模式的形状及纹理等特征的提取, 可用统计法以参量或非参量的形式来描述。语言法把模式视为一些“字”或“词”的原始结构元素的组合, 并用句法或词法规则来定义这些字间的关系。模糊法是美国控制论专家 L.A.Zadeh 创立的模糊数学, 与模式识别相结合的产物。而智能法则是模式识别嫁接于人工智能这一母株上的新枝。

模式识别的创新点是, 避开复杂机理建模的困难, 通过对象操作参数、过程信息和输

* 河南省自然科学基金资助课题
收稿日期: 1994-05-22

出指标制约关系的研究，推断生产工况并进行控制与决策。

1.2 步入控制界的模式识别

模式识别技术用于解决控制问题，可以追溯到其创立初期。F.W.Smith 在 1964 年就提出了一种新的控制思想，即用性能模式分类器来学习最优控制方法，从而将一个控制问题转化为一个模式识别中的分类问题。试验有趣的是，当模拟元件损坏 20% 以后，以线性判别器替代的控制器的性能仅有稍许差别^{〔1〕}。

后来，J.M.Mendel 等人进一步发展了这一思想。基于把一个长的缓变随机过程分为若干区域，从长时间考察该过程是各态遍历的，但每段区域是不平稳过程。故可将各区域定为一个工况，依据附加信息，借助模式识别技术来确定工况，进行控制^{〔2〕}。遗憾的是由于处理过程速度缓慢，存储量过大等原因，而未能得到实际应用。在硬件和新方法不断完善的今天，模式识别以其独特的优越性，再次在控制和其它学科领域中，得到了深入的运用。

2 模式识别的应用状况

模式识别的理论和方法几乎遍及了各个学科领域。如文字、图像和声音的识别；生物医学信号的分析；天气和经济情况的预报；机器人和工业过程控制；以及社会和管理科学。甚至在生态学、生物地理学与地球科学等方面也有报道。难怪有人认为模识别是本世纪雄心最大的学科，需要数学、控制、电子和生物等学科专家的通力合作^{〔3〕}。下面综述一下其在过程控制中的一些应用情况。

2.1 系统结构识别

在 70 年代中期，用模式识别解决系统辨识问题，曾成为一时的热门课题。G.N.Saridis 等首先将其用于非线性系统的结构识别，即将一些已知的非线性系统作为决策类别，以输入输出间的互相关函数构成特征向量，用 K 近邻法，将未知结构的非线性随机系统，划归于已知类别中的某类。他们还研究了用随机逼近学习来作为参数辨识和控制的算法。

后来，J.Kittler 等人推广了 Sartidis 的结果，解决了多变量非线性系统的结构辨识。W.J.Hill 等则在复杂生物系统辨识中，应用了模式识别概念。80 年代末，M.Cadaparthi 等人进一步研究了一般分布参数系统。即对验前信息进行分析，得出可能描述系统的数学模型（如双曲形、抛物形或椭圆形偏微分方程）为类别；模式向量是系统的输入和观测向量；决策结果即为模型结构的解。

2.2 动态建模与状态估计

对于“黑箱”模型，仅依据输入输出数据及过程信息，也可用模式识别技术有效地建立系统的动态模型。设一个非线性 *SISO* 系统 *DE*: $x(k+1) = f(x(k), u(k))$ ，已知 $x \in [x_{min}, x_{max}]$, $u \in [u_{min}, u_{max}]$ ，模型结构未知，这时可将 $x(k+1)$ 的值域分为 *R* 个子域 $[x_{min}^i, x_{max}^i] (i = 1, \cdots, R; x_{max}^i = x_{min}^{i+1})$ ，若从所给的 $x(k)$ 和 $u(k)$ ，能通过分类求出 $x(k+1)$ 所属子域，则 *DE* 的动态特性在一定程度上得到了描述。

N.Ye 等人利用 MHB 的模式表示和分类方法, 得到了 DE 的动态模式识别表示 $x(k+1) = [x_1 \cdots x_R] * [x(k), u(k)]$, 其中 $*$ 表示分类关系, $\alpha_i (i=1;R)$ 为一系列逻辑复合体 (1-Complex) 的逻辑和。他们还研究了 MIMO 系统的动态建模, 及基于模式识别的状态估计器。所设计的估计器在结构上与 Kalman 滤波器相似, 采用“超盒”表示法描述模式, 按近邻准则进行分类。

2.3 智能和优化控制

模式识别借鉴了行为科学的研究成果, 具有记忆、学习和适应性等功能, 故可用于研究结构未知, 或工作于随机环境中结构不确定系统的分析和决策问题。

假定不可能得到控制过程完整的模型, 仅能用如下随机输入输出定性关系表示, $x(k+1) = F(x(k), u(k))$, $y(k) = G(x(k))$ 。其中 $x(k) \in x$ 是状态向量, $y(k) \in y$ 是离散时间输出向量, $u(k) \in u$ 是控制输入向量, $F(\cdot)$ 和 $G(\cdot)$ 是随机动态算子。控制问题的目的在于找到一个定义在过程持续期间上的控制序列 $\{u(R)\}$, 使性能准则 $J(u)$ 达到最小。

将模式识别技术用于过程系统的直接控制, 已获取了不少成果, 出现了多种智能控制方案。继 Smith 用可训练模式分类器来学习最优控制以后, 人们还研究了判别函数为非线性形式等问题。K.S.Fu 等人探索了基于“奖优罚劣”原则的再励学习系统, 并给出了 LQG 系统的子目标划分方法; 这一思想还被人应用于卫星的精确姿态控制, 以及核反应堆控制。关于 Bayes 学习法, Saridis 等首先将其用于具有未知参数系统的渐近最优控制; 一些学者还研究了其在机械手控制、钢厂热轧机控制及交通系统中的应用。

随机逼近方法引入控制领域, 可解决未知模型系统的最优控制。Riordon 直接推广上法后, 提出了一种可使多步品质极小化的自适应自动机算法。由于再励算法具有描述变结构随机自动机的功能, Fu 等人开创性地研究了将这种自动机作为一个控制器的可行性。由于该控制器仅适于有限控制作用形式, R.W.Mclaren 推广后, 提出了一种增长式的自动机, 可用于控制输出为可数集的情况。Saridis 将此法用于多例, 得到了不少有益的结果。

作为变结构自动机的另一种推广, 是将模糊概念引入优化控制, 从而构成了模糊自动机。Fu 等人在一个优化问题求解中, 运用了这一思想。Saridis 等人则将模糊自动机用于多级递阶智能控制的第二级, 作为控制协调器, 使机器人按高级智能控制器发出的模糊指令, 完成适当的复合运动, 该机的结构能使这种协调作用自然地完成。此外, 模式识别技术在故障诊断, PID 自整定控制, 非参数自适应控制, 以及应急控制等方面也有不少应用成果。

3 模式识别的国内研究

模式识别工作在国内起步较晚, 但受到了有关部门和人士的很大重视。继国家模式识别实验室成立之后, 戴汝为等人在海外人士的资助下, 又筹建了汕头大学模式识别实验室, 且都设有开放实验室基金, 还创办了《模式识别与人工智能》专刊, 以大力推动国内的研究工作。

在控制方面, 自 80 年代中后期开始, 研究的单位和人数有了很大的增加, 并不断有

多方面的新成果报道, 然而其热点主要集中在复杂生产过程的优化控制方面。这些有益的工作不仅促进了控制理论的发展, 同时也给工业生产带来了巨大的效益。下面对有关情况作一简要介绍。

目前, 致力于模式识别在控制方面应用较有影响的单位有, 华东化工学院自动化研究所, 浙江大学和中国科学院上海冶金研究所等单位。他们主要研究化工等复杂工业过程, 采用的方法有基于线性分类器的 Fisher 判别, 基于 Karhunen-Loeve 展开的主成分分析法, Bayes 序贯分类法等。涉及面几乎包含了上述的各个方面, 但有些工作仅仅是一般性的论述, 处理的实际问题也只是考虑了较为简单的情形。

北京科技大学自动化信息工程学院进入本领域的研究, 是笔者在该校进修时才首次开始的。但近年来, 在国家自然科学基金、博士点基金、霍英东基金及国际协作项目的大力资助下, 进展极其迅速。研究的方法已从统计模式识别、图像识别、模糊模式识别, 进入了现阶段的基于时间序列分析的动态模式识别, 和基于神经网络的智能自动化系统。从事过的实际对象有单晶生长、烧结和水泥生产。其特点是研究缺乏重要信息的复杂过程的决策与控制。

4 展望

国内外关于模式识别方面的研究工作, 虽然取得了可观的理论和应用成果, 并大大地推动了智能自动化的发展, 但仍有不少问题亟待解决。下面的十大课师具有重要的学术价值和广阔的应用前景。

- 1) 开发计算机视觉工业应用产品。
- 2) 解决应用系统的快速性和海量存储问题。
- 3) 算法中有关的自由参数的智能选取。
- 4) 研究有限样本的高效分类器。
- 5) 模式识别在复杂系统中的参数估计应用。
- 6) 适于各种应用目的的图像处理和模式识别 (PRIP) 计算机系统的研制。
- 7) 多种模式识别方法有机地组成混合模型。
- 8) 寻找模式识别在控制应用中的新领域。
- 9) 开发复杂系统中模式识别的专家系统。
- 10) 各种智能化系统中模式识别的应用。

参 考 文 献

- 1 F.W.Smith, Contact Control by Adaptive Pattern Recognition Techniques, Stanford University, Tech.Rep., 1964.
- 2 J.M.Mendel et al, The Application of Techniques of AI to Control Systems Design, Advances in Control Systems: Theory and Application, C.T.Leondes Ed., 1986.
- 3 王碧泉等, 模式识别——理论、方法和应用, 地震出版社, 1989.

(下转 82 页)

参 考 文 献

- 1 (美国) 威谋斯.JF 陈林堂等译. 放电灯. 轻工业出版社1983.
- 2 (英国) 爱份巴斯.W 方道腴等译. 光源.轻工业出版社, 1981
- 3 LENO, CHUA Memristive Devices and Systems. IEEE Pro.1976,64

Voltage—Current Function of Electirc Discharge Lamps

Yang Lixi Wang Liancai Qin Kejing
(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: The thesis mainly discusses the voltage — current function of electric discharge lamps in the range from voice— frequency to radic — frequency. The dynamic charateristics of the lamp in the range have been tested with some new model electronic — instruments. Some new results indicate that the electric circuit model of the lamp could not be deseribed by resistance, inductance, capatiance, or their combination. It should be the fourth category electric elements—current controlled memristive devices.

Keywords: electric discharge lamp, radio — frequency, voltage — current function, current controlled memristive devices.

(上接 74 页)

Application of Pattern Recognition to Control Systems

Qiu Daoyin Chen Tiejun Han Bing Wu Tianfu
(Depart. of Computer and Automation, Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: Pattern recoguition is a classification method in fact, and can make advanced decision without a precise description of the process model. The techniques have been used in many cases to implement advanced control systems, and show the advantage solving the problems. The applications of pattern recognition methods to control systems are given in this paper. Finally, possible new applications are suggtsted.

Keywords: pattern recognition, complicated control systems, classification decision, intelligent automation.