

模糊模式识别的理论及应用研究

郭 桂 蓉
(国防科学技术大学)

[摘要] 运用模糊数学的概念和方法对具有模糊性的观测结果进行处理和识别,构成了模糊模式识别的基本内容。本课题着重研究瞬态模糊模式识别、连续语音模糊识别、视觉识别、遥感图象高精度分类等,旨在提供新的识别方法,开辟新的研究途径,为上述一批模式识别问题勾画出一新的实用化理论框架。作为一门交叉学科,它的突破对人工智能、自动控制、信号处理等研究领域都有很大的推动作用,对机器智能问题的解决具有重要的理论和实际意义,在军事上和国民经济建设中都会有广泛的应用前景。

本课题是国家自然科学基金委员会重大项目“模糊信息处理与机器智能”的课题之一。本文介绍了本课题实施近二年半来取得的成果和今后的研究计划。

一、模糊模式识别的机理和研究的意义

传统模式识别的理论和方法尽管存在着差异,但都是以归纳为一些公理的共同原则为基础的,如:问题论域内存在一有代表性的样本集;每一模式具有自己的类属性特征;一类模式的特征在特征空间中组成一集群区域;不同类的集群区域是彼此分离的;等等。显然,由此建立起来的分类系统都具有静态的确定性结构。如果在不确定的复杂环境中要满足分类的可靠性,势必导致系统的复杂化而难以实现。诸如未知地形的匹配、地震信号的分析、动态起伏的雷达目标信号的识别等,代表性的样本是在缺少先验信息的条件下获取的,实测样本集容量的限制使所含信息存在局限性,而接收模式信息时又受噪声和杂波的污染,这些都使复杂环境中的模式识别的可靠性具有不确定性^[1,2]。

当运用传统的统计学方法进行信号(信息)处理与识别时,噪声和杂波干扰被模型化为具有某种分布特性的随机过程,这是近半个世纪以来信号处理界普遍承认与接受的基本前提。但对于复杂的干扰环境,很难作出符合实际的经典数学意义下的精确描述。在这种情况下把它模型化为一种模糊过程,反倒更符合客观实际。还需注意到,对于经常遇到的短观测数据样本,很难用一种确定的统计分布模型去拟合它,因少量样本不能反映出统计规律而呈现模糊性^[3,4]。此外在识别问题中的类别定义又常带有人为的因素,象海上船只的大、中、小类别就是一种无确定边界的模糊划分,从而形成一种相类似的区域——模糊区域。模糊模式识别就是在上述的背景下提出的一种用模糊数学方法研究模式识别的新技术途径。

自1965年美国控制论学者L.A.Zadeh教授创立模糊数学以来,已取得很大进展。它涉及到了论理数学、应用数学、自然科学、人文科学、技术科学与管理科学等软硬学科。近几年来,在诸如人工智能、模式识别(包括聚类分析)、图像处理、语音识别、模糊控制、模糊滤波等领域,模糊数学已取得了一批有实际意义的科研成果,显示出它在信息系统中的应用已越来越受世人瞩目。

在电子系统工程中,信息处理与识别占有相当重要的地位。它的基本任务是,从实际的物理观测中恢复所需要的信息,给出它的类别判定。运用模糊数学的概念和方法,对具有模糊性的观测结果进行处理与识别,构成了模糊模式识别的基本内容。模糊性是一种排中律的破缺,是由于概念外延的模糊而造成的一种划分上的不确定性。研究这种模糊不确定性问题的有效方法,是目前人工智能和模式识别研究领域的核心问题。用模糊集理论处理这类模糊不确定性问题时,并不是基于大量的统计积累分析,而是基于各种先验信息和问题论域实际模型的融合分析。模糊集理论可以成功地模拟人脑的模糊信息处理过程,具有很好的智能性,并易于应用解决各种实际问题^[5]。

模糊模式识别的研究内容包括以下几个方面:

1. 模糊模式模型的建立;
2. 模糊模式特征的表达与描述;
3. 模糊模式特征的抽取与算法研究;
4. 模糊模式特征间的匹配;
5. 模糊特征空间的划分与聚类分析;
6. 模糊模式识别的判定准则;
7. 模糊特征库的自组织和自学习算法。

应当指出,本课题的研究着重强调了模糊处理与识别的重要性,但这并不意味着信息的模糊处理和统计处理是对立的。事实上二者是互为渗透和互为补充的。在解决面临的具体问题时,应当根据对象和内容的不同,合理地运用它们,以期获得在预定准则意义下的最佳结果。

本课题着重研究瞬态模糊模式识别、连续语音模糊识别、视觉识别、遥感图像高精度分类等,旨在提供新的识别方法,开辟新的研究途径,为上述一批模式识别问题勾画出一新的实用化理论框架。作为一门交叉学科,它的突破对人工智能、自动控制、信号处理等研究领域都将有很大的推动作用,对机器智能问题的解决具有重要的理论和实际意义,在军事上和国民经济建设中都会有广泛的应用前景。

二、课题内容简介

本课题是国家自然科学基金委员会重大项目“模糊信息处理与机器智能”中的课题之一,研究内容包括以下四个方面:1.雷达目标模糊识别;2.语音模糊识别;3.视觉模糊识别;4.模糊图像分类和识别。本课题执行时间从1989年1月至1991年12月。预期达到的目标有:发表国内外学术论文约50篇;在3—5个重要学术问题的研究上达到国际领先水平;实现将本课题的研究成果转化应用到军用和民用的相应的科研工作中,以取得学术上和经济上的良好效果。

参加本课题的研究单位有长沙国防科技大学电子技术系、西安电子科技大学电子工程系、长沙国防科技大学数学与系统工程系等三个单位。

三、项目进展情况

主要研究成果如下:

1. 在雷达目标识别方面:(1)研制成功50兆赫大容量高速数据采集系统和高速

TMS32020 的多路并行信息处理系统, 为雷达目标回波数据的采集和处理提供必要的保证和技术基础; (2) 提出并建立了瞬态模糊模式识别的基本理论框架, 包括原始空间的模糊信息度量、模糊特征提取、模糊推理判决、模糊模式库的建立和模糊知识的表达; (3) 提出多种有效的模糊特征抽取算法, 包括分布式回波特征抽取、特征信息的三态划分、多重域法特征抽取及特征模糊化; (4) 实现了三种有效的模糊推理和划分判别算法, 即模糊数的应用和基于可能性分布理论的多前提推理、基于语音变量方法的模糊逻辑蕴涵近似推理、可能性的传播控制和度量及推理结果的解析化, 并建立了以上方法的推理机; (5) 建立了雷达目标回波的模糊模式库和专家经验的模糊知识库, 实现专家识别推理机; (6) 建立动态模糊集和模糊过程理论, 构造动态模糊识别的分析系统; (7) 推出一套实用化的舰船雷达目标识别系统, 成功地分类八种舰船目标, 正确识别率达 90% 以上; (8) 研究并实现用于知识表达和建立决策模型的模糊 Petri 网; (9) 研究并建立进一步提高识别系统能力的模糊神经网络分类器; (10) 提出了基于目标电磁散射特性的多频与多极化目标回波的识别方法, 建立了电磁散射模型, 推演了相应的模糊匹配算法。

2. 语音模糊识别方面: (1) 研制成功为语音识别用于 IBM-PC 机的专人预训练语音输入接口和相应的识别软件, 达到一定的识别水平 (词汇量 100, 识别率 95%, 识别时间 2 秒); (2) 对语音信号特征和发音规则作了深入分析, 建立了用于识别的语音特征库和规则库; (3) 提出并实现了最小语音单元的分段及模糊分段算法。

3. 模糊视觉与图像分类方面: (1) 提出了模糊集的信息测度、模糊集的总信息量、模糊信息与香农信息的等效关系、模糊信息和物理熵的关系等, 给出了一整套用信息等效原则确定图像灰度级的隶属度函数的理论和方法; (2) 对模式识别中的第 I, II 类模糊滤波器的构造进行了改进, 证明了改进后两类滤波器的等价性, 给出了统一的模糊滤波器模型; (3) 研究了可用于模式识别的模糊信息处理中的两种塔形结构, 进行了塔形结构的数学描述和分析; (4) 对 Cannon 等人提出的快速模糊聚类算法 (AFCM 算法) 进行了探讨, 提出了一种改进的快速模糊聚类算法 (IAFCM 算法)。比较发现, 在图像大数据量条件下, IAFCM 算法的速度比 AFCM 算法提高了一倍。

4. 发表论文 46 篇, 其中在全国性刊物上有 12 篇, 国外学术刊物上 10 篇, 国际会议上 18 篇, 国内学术年会上 6 篇。

通过部委级鉴定两项, 其中一项获部委级科技进步一等奖并申报待批国家科技进步二等奖。

4. 培养博士生 7 名, 其中一名已获博士学位; 培养硕士生 25 名, 已获硕士学位的 15 名。

四、今后研究计划

1. 进一步完善模糊模式识别的理论研究, 主要是各种模糊信息处理手段的进一步开拓和综合, 及动态模糊模式识别问题等, 以满足更加复杂的不确定性背景下的识别问题的需要。

2. 进一步加强研究模糊神经网络识别技术, 包括模糊神经元、模糊学习规则等机制的探讨, 以优化和改进现有各种模糊识别算法。

3. 加强模糊数学理论在目前语音识别研究基础上的应用, 提高语音识别的速度、精度和容

- 量。
4. 进一步深入研究连续语音的模糊识别算法。
 5. 进行关于用模糊塔形结构的模式识别的定量研究。
 6. 进行关于真实遥感图像的分类和识别实验研究, 研制具有最大可能信息压缩的视觉识别系统。
 7. 进一步开拓模糊模式识别的应用研究, 如信息融合模式识别领域、空中和地面目标识别等。

参 考 文 献

- [1] D.Dubois, H.Prade, *Fuzzy Sets and Systems, theory and application*, Academic Press, 1980.
- [2] L.W.Fung, K.S.Fu, An axiomatic approach to rational decision-making in a fuzzy environment, in *Fuzzy Sets and Their Application to Cognitive and Decision Process*, Academic Press, 1975.
- [3] E.Trillas, T.Riera, Entropies of finite fuzzy sets, *Information Science*, No.2, 1978, 159—168.
- [4] P.K.Ragade, M.M.Gupta, *Fuzzy Automata and Decision Process*, Northholland Publ., Amsterdam, 1977.
- [5] Guo Guirong, An intelligence Method for ship target recognition, *Fuzzy Sets and System*, No. 36, 1990, 27—36.

FUZZY PATTERN RECOGNITION THEORY AND APPLICATION RESEARCH

Guo Guirong

(National University of Defense Technology, Changsha)

Abstract

How to use fuzzy set theory to deal with vague observed data and to draw it out into recognition results is the main concern of fuzzy pattern recognition. The goal of this research project is to provide new recognition approaches and schemes for the fields of temporal fuzzy pattern recognition, continuous speech fuzzy recognition, machine vision and remotely sensed image classification on which we focus our attention and efforts. As an interdisciplinary science, the development of fuzzy pattern recognition will have a strong impact on the research fields of AI, automatic control, information processing, and etc., and will play an important role in the economic areas and military services.

This project is included in the major program titled "Fuzzy Information Processing and Machine Intelligence" which is supported by the NSFC, and the main achievements made in the project are introduced briefly in this report.