

信息安全系列教材

模式识别

主 编 钟珞 潘昊 封筠 何平

副主编 宋华珠 郝红卫 方昱春



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

信息安全系列教材

模式识别

主 编 钟珞 潘昊 封筠 何平
副主编 宋华珠 郝红卫 方昱春
参 编 钟欣 韩小雷 罗玉 李洁
 聂立 肖轩



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模式识别/钟珞,潘昊,封筠,何平主编. —武汉:武汉大学出版社,
2006.9

信息安全系列教材

ISBN 7-307-05230-X

I. 模… I. ①钟… ②潘… ③封… ④何… II. 模式识别—
高等学校—教材 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 116065 号

责任编辑:黄金文 史新奎 张敏 责任校对:刘欣 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北新华印务有限责任公司

开本:787×1092 1/16 印张:17.375 字数:437千字

版次:2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

ISBN 7-307-05230-X/TP·216 定价:25.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

信息安全系列教材

编委会

主任:张焕国,武汉大学计算机学院,教授

副主任:何大可,西南交通大学信息科学与技术学院,教授

黄继武,中山大学信息科技学院,教授

贾春福,南开大学信息技术科学学院,教授

编委:(排名不分先后)

东北

张国印,哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院副院长,教授

姚仲敏,齐齐哈尔大学通信与电子工程学院,教授

江荣安,大连理工大学电信学院计算机系,副教授

姜学军,沈阳理工大学信息科学与工程学院,副教授

华北

王昭顺,北京科技大学计算机系副主任,副教授

李风华,北京电子科技学院研究生工作处处长,教授

李健,北京工业大学计算机学院,教授

王春东,天津理工大学计算机科学与技术学院,副教授

丁建立,中国民航大学计算机学院,教授

武金木,河北工业大学计算机科学与软件学院,教授

张常有,石家庄铁道学院计算机系,副教授

田俊峰,河北大学数学与计算机学院,教授

王新生,燕山大学计算机系,教授

杨秋翔,中山大学电子与计算机科学技术学院网络工程系主任,副教授

西南

彭代渊,西南交通大学计算机与通信工程学院,教授

王玲,四川师范大学计算机科学学院院长,教授

何明星,西华大学数学与计算机学院副院长,教授

代春艳,重庆工商大学计算机科学与信息工程学院

陈龙,重庆邮电大学计算机科学与技术学院,副教授

杨德刚,重庆师范大学数学与计算机科学学院
黄同愿,重庆工学院计算机学院
郑智捷,云南大学软件学院信息安全系主任,教授
谢晓尧,贵州师范大学副校长,教授

华东

徐炜民,上海大学计算机工程与科学学院,教授
楚丹琪,上海大学教务处,副教授
孙 莉,东华大学计算机科学与技术学院,副教授
李继国,河海大学计算机及信息工程学院,副教授
张福泰,南京师范大学数学与计算机科学学院,教授
王 箭,南京航空航天大学信息科学技术学院,副教授
张书奎,苏州大学计算机科学与技术学院,副教授
殷新春,扬州大学信息工程学院副院长,教授
林柏钢,福州大学数学与计算机科学学院,教授
唐向宏,杭州电子科技大学通信工程学院,教授
侯整风,合肥工业大学计算机学院计算机系主任,教授
贾小珠,青岛大学信息工程学院,教授
郑汉垣,福建龙岩学院数学与计算机科学学院副院长,高级实验师

中南

钟 珞,武汉理工大学计算机学院院长,教授
赵俊阁,海军工程大学信息安全系,副教授
王江晴,中南民族大学计算机学院院长,教授
宋 军,中国地质大学(武汉)计算机学院
麦永浩,湖北警官学院信息技术系副主任,教授
亢保元,中南大学数学科学与计算技术学院,副教授
李章兵,湖南科技大学计算机学院信息安全系主任,副教授
唐韶华,华南理工大学计算机科学与工程学院,教授
杨 波,华南农业大学信息学院,教授
王晓明,暨南大学计算机科学系,教授
喻建平,深圳大学计算机系,教授
何炎祥,武汉大学计算机学院院长,教授
王丽娜,武汉大学计算机学院副院长,教授

执行编委:黄金文,武汉大学出版社计算机图书事业部主任,副编审



内 容 简 介

本书作为普通高等院校计算机信息安全专业本科生的专用教材,从实用角度阐述了模式识别的基本原理、概念和技术方法。

全书共9章,第1章介绍了模式识别的基本概念;第2章阐述了贝叶斯决策理论;第3章介绍了线性与非线性判别函数;第4章介绍了近邻法则和集群的知识;第5章介绍了数据聚类的方法;第6章介绍了特征抽取和选择策略;第7章介绍了统计学习与支持向量机方法;第8章介绍了句法分析及句法结构模式识别方法;第9章进行了模式识别典型实例分析。

本书是一本注重系统性、科学性的教材,内容丰富,实用性强,可作为计算机与信息安全专业以及其他相关专业的本科教材,也可作为信息安全领域软件开发人员的技术参考书。



序 言

21 世纪是信息的时代，信息成为一种重要的战略资源，信息的安全保障能力成为一个国家综合国力的重要组成部分。一方面，信息科学和技术正处于空前繁荣的阶段，信息产业成为世界第一大产业。另一方面，危害信息安全的事件不断发生，信息安全的形势是严峻的。

信息安全事关国家安全，事关社会稳定，必须采取措施确保我国的信息安全。

我国政府高度重视信息安全技术与产业的发展，先后在成都、上海和武汉建立了信息安全产业基地。

发展信息安全技术和产业，人才是关键。人才培养，教育是根本。2001 年经教育部批准，武汉大学创建了全国第一个信息安全本科专业。2003 年经国务院学位办批准，武汉大学又建立了信息安全的硕士点、博士点和企业博士后产业基地。自此以后，我国的信息安全专业得到迅速的发展。到目前为止，全国设立信息安全专业的高等院校已达 50 多所。我国的信息安全人才培养进入蓬勃发展阶段。

为了给信息安全专业的大学生提供一套适用的教材，武汉大学出版社组织全国 40 多所高校，联合编写出版了这套《信息安全系列教材》。该套教材涵盖了信息安全的主要专业领域，既有基础课教材，又有专业课教材，既有理论课教材，又有实验课教材。

这套书的特点是内容全面，技术新颖，理论联系实际。教材结构合理，内容翔实，通俗易懂，重点突出，便于讲解和学习。它的出版发行，一定会推动我国信息安全人才培养事业的发展。

诚恳希望读者对本系列教材的缺点和不足提出宝贵的意见。

编委会

2006 年 9 月 19 日



前 言

模式识别诞生于20世纪20年代,其目的就是用机器去完成人类智能中通过视觉、听觉、触觉等感官去识别外部环境的工作。随着40年代计算机的出现、50年代人工智能的兴起,模式识别在60年代初迅速发展成一门学科,它所研究的理论和方法在很多科学和技术领域中得到了广泛的重视,推动了人工智能的发展。

目前,模式识别主要用两类方法进行,即决策方法(统计方法)和结构模式识别方法(句法)。在模式识别中也应用了一些模糊数学的方法,取得了很好的效果;对于某些复杂的模式识别向量,可以与人工智能领域中专家系统结合,研究出“基于知识”的模式识别方法;神经网络和其他智能方法作为一种有“学习能力”的工具,近来在模式识别中也得到了许多应用。这些方法对模式识别与应用起到很大的推动作用。

进入20世纪90年代,随着信息化进程的不断推进,信息系统在各行各业中得到了广泛的应用,随之带来的对信息系统的依赖性以及信息系统本身的脆弱性日益暴露。因此,信息安全问题也越来越引起人们的重视。目前,用人工智能方法(包括模式识别技术)来解决日益迫切的信息安全保障问题成为信息安全技术的一个重要分支。

本书是一本注重系统性、科学性的专业教材,其基本内容是从实用角度系统阐述模式识别的基本原理、概念和技术方法以及该技术在信息安全领域中的典型应用实例。

作为信息安全的实用教材之一,本书重点讨论模式识别的基本理论和常用方法,并较为详细地介绍该领域最新研究成果。全书共9章,第1章介绍了模式识别的基本概念;第2章阐述了贝叶斯决策理论;第3章介绍了线性与非线性判别函数;第4章介绍了近邻法则和集群的知识;第5章介绍了数据聚类的方法;第6章介绍了特征抽取和选择策略;第7章介绍了统计学习与支持向量机方法;第8章介绍了句法分析及句法结构模式识别方法;第9章进行了模式识别典型实例分析。

目前,国内外有关模式识别方面的教材和文献很多,而教学任务要求尽快将众多新理论、新技术的内容整理出版,以供急需。因时间和水平有限,书中一定存在许多不周到和不准确之处,恳请专家学者提出意见和建议,以便进一步完善。

本书由武汉理工大学钟珞、潘昊,石家庄铁道学院封筠,河北工业大学何平任主编,武汉理工大学宋华珠、北京科技大学郝红卫、上海大学方显春任副主编,参加编写工作的有武汉理工大学计算机学院钟珞、潘昊、宋华珠,武汉大学计算机学院钟欣,石家庄铁道学院计算机系封筠,河北工业大学软件学院何平,北京科技大学计算机系郝红卫,上海大学计算机学院方显春,武汉理工大学计算机学院韩小雷、罗玉、李洁、聂立、肖轩等,全书由钟珞教授统稿。

作 者

2006年7月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 模式与模式识别的概念	1
1.2 模式识别的研究方法	2
1.2.1 模式识别系统	2
1.2.2 识别方法	3
1.3 模式识别的发展与应用	4
1.4 本书内容的安排	5
第 2 章 贝叶斯决策理论	6
2.1 贝叶斯决策的基本概念	6
2.2 几种常用的决策规则	7
2.2.1 最小错误率的贝叶斯决策	7
2.2.2 最小风险的贝叶斯决策	11
2.2.3 限定错误率的两类判别决策	14
2.2.4 最大最小决策	16
2.2.5 分类器设计	18
2.3 正态分布时的统计决策	20
2.3.1 单变量正态分布概率密度函数	20
2.3.2 多元正态分布概率密度函数	20
2.3.3 多元正态分布下最小错误率贝叶斯决策	23
2.4 离散情况的贝叶斯决策	26
2.5 概率密度函数估计	28
2.5.1 参数估计	29
2.5.2 非参数估计	36
2.6 分类错误率的计算	43
2.6.1 在一些特殊情况下错误率的理论计算	44
2.6.2 错误率上界的估计	46
2.7 本章小结	50
练习题	51
第 3 章 线性与非线性判别函数	53
3.1 感知准则函数	53
3.1.1 线性判别函数的基本概念	53

3.1.2	感知器概念及其训练算法	54
3.1.3	感知器准则函数及其梯度法	55
3.2	最小平方误差准则与最小错分样本数准则	56
3.2.1	最小平方误差准则	56
3.2.2	最小错分样本数准则	58
3.3	Fisher 线性判别准则	59
3.3.1	线性投影与 Fisher 准则函数	59
3.3.2	线性求解最佳解向量	60
3.3.3	Fisher 算法实现步骤	61
3.4	分段线性判别函数的基本概念	61
3.4.1	基于距离的分段线性判别函数	62
3.4.2	分段线性分类器的设计	63
3.5	二次判别函数	65
3.6	本章小结	66
	练习题	67

第 4 章 近邻法则和集群 68

4.1	最近邻法	68
4.1.1	最近邻法决策规则	68
4.1.2	最近邻法的错误率分析	69
4.2	k 近邻法及模糊 k 近邻分类器	73
4.2.1	k 近邻法	73
4.2.2	k 近邻法错误率的分析	74
4.2.3	模糊 k 近邻 fkNN (fuzzy k Nearest Neighbor) 分类器	77
4.3	关于近邻法则的讨论	77
4.3.1	近邻法分类结果讨论	77
4.3.2	近邻法则的优缺点	79
4.4	改进的近邻法	81
4.4.1	快速搜索近邻法	81
4.4.2	快速近邻算法	82
4.4.3	剪辑近邻法	85
4.4.4	压缩近邻法	86
4.4.5	k 近邻法的快速计算	87
4.5	集群	89
4.5.1	样本间相似性的计算	89
4.5.2	集群的准则函数	91
4.5.3	迭代最优化方法	94
4.5.4	等级集群方法	95
4.5.5	基于近邻法则的集群算法	98
4.6	本章小结	100



练习题.....	100
第 5 章 数据聚类	102
5.1 数据聚类的三个要点	102
5.2 模式相似性测度及标准化	103
5.2.1 相似性测度	103
5.2.2 标准化问题	104
5.3 聚类的准则函数	105
5.3.1 误差平方和准则	105
5.3.2 散布准则	106
5.3.3 基于模式与类核间距离的准则函数	108
5.4 分级聚类算法	108
5.5 动态聚类法	111
5.5.1 K 均值算法	113
5.5.2 ISODATA 算法	114
5.5.3 模糊 K 均值聚类	116
5.5.4 核聚类	117
5.6 聚类有效性分析	119
5.7 本章小结	120
练习题.....	120
第 6 章 特征抽取和选择	122
6.1 特征抽取和选择的基本概念	122
6.2 类别可分离性判据	123
6.2.1 基于类间距离的可分离性判据	123
6.2.2 基于类概率密度函数的可分离性判据	126
6.2.3 基于熵函数的可分离性判据	128
6.3 特征抽取方法	129
6.3.1 基于可分离性判据的特征抽取方法	130
6.3.2 基于离散 K-L 变换的特征抽取方法	131
6.3.3 特征的模糊化与特征模糊评价	133
6.4 特征选择方法	135
6.4.1 经典的优化搜索算法	136
6.4.2 新的优化搜索算法	139
6.5 本章小结	140
练习题.....	141
第 7 章 统计学习理论与支持向量机方法	142
7.1 机器学习的基本问题与方法	142
7.1.1 机器学习概述	142

7.1.2	机器学习的基本问题	145
7.1.3	学习系统实例	147
7.1.4	机器学习方法	150
7.1.5	机器学习的应用	155
7.2	统计学习理论的核心内容	157
7.2.1	学习过程的一致性	157
7.2.2	学习过程收敛速度的界	168
7.2.3	结构风险最小化原则	174
7.3	支持向量机	177
7.3.1	支持向量机产生的理论背景	177
7.3.2	线性支持向量机	179
7.3.3	非线性支持向量机	185
7.3.4	SVM 算法目前的研究状况	188
7.3.5	支持向量机的应用	189
7.4	本章小结	191
	练习题	191

第8章 句法分析及句法结构模式识别方法 193

8.1	形式语言理论概述	193
8.1.1	形式语言概述	193
8.1.2	形式语言在模式识别中发展的几种文法	196
8.2	正规语言的句法分析方法	200
8.2.1	句法分析定义	200
8.2.2	句法分析方法	201
8.2.3	正规语言句法分析	204
8.3	算子优先算法	206
8.3.1	算子优先文法	206
8.3.2	算子优先关系矩阵的构造	207
8.4	CYK 算法	209
8.5	Earley 算法	212
8.6	随机文法	218
8.6.1	随机文法相关概念	218
8.6.2	随机有限自动机	220
8.6.3	随机文法的应用	223
8.7	属性文法	223
8.7.1	属性文法的概念	224
8.7.2	属性文法应用的举例	225
8.8	本章小结	225
	练习题	226



第 9 章 模式识别技术应用实例	228
9.1 指纹识别系统应用实例	228
9.1.1 指纹识别系统中的模式识别及应用	228
9.1.2 基于指纹特征的考生身份识别系统	231
9.2 IC 卡应用实例	236
9.2.1 IC 卡技术	236
9.2.2 校园一卡通智能管理系统的设计与实现	236
9.3 入侵检测系统应用实例	240
9.3.1 基于机器学习的人侵检测系统实例	240
9.3.2 基于 SVM 的人侵检测系统实例	246
9.3.3 基于遗传算法的人侵检测系统	250
9.4 字符识别应用实例	253
9.4.1 几种常用的模式识别方法及其在字符识别方面的比较	253
9.4.2 BP 网络及学习过程	253
9.4.3 基于遗传算法和 BP 网络的文字识别方法	255
9.5 本章小结	258
练习题	258
参考文献	260



第1章 绪论

1.1 模式与模式识别的概念^[1]

在日常生活、学习和工作中,我们几乎无时无刻不在进行着模式识别活动。可以说,模式识别能力是我们人类所具有的最基本的能力。例如,早上起床,我们要“看云识天气”,判断一下今天天气的冷与暖、晴与雨;上班或上学的路上,我们需要进行道路与道路两边景物的识别;学生上课时一边听老师讲课,在做着语音识别,一边还要看黑板,在做着文字识别。又如,医生给病人看病就是对病人的病情进行识别;技术工人检修机器就是对机器故障类型的诊断识别;刑侦专家根据犯罪现场遗留的指纹来判定犯罪嫌疑人,就是进行指纹识别,等等。随着计算机科学的发展和计算机应用的普及,迫切希望计算机也能听懂我们说的话,看懂我们写的字,从而代替人去完成某些复杂、繁重以及环境恶劣或危险等特殊场合下的识别工作。

模式识别就是研究用计算机来实现人类的模式识别能力的一门学科,如:文字识别、语音识别、图像识别等都属于模式识别研究的范畴。那么,什么是模式和模式识别呢?按照广义的定义,模式是一些供模仿用的、完美无缺的标本。模式识别就是识别出特定客体所模仿的标本^[1]。这儿的客体是指具体的客体,是我们人类能用感官直接或间接接收的外界信息,比如:声音、图像、文字是模式,心电图、脑电图、地震波也是模式,而且像自然系统或人造系统中的某个系统状态等也都可以看做是模式。比如医生给病人看病,首先需要根据病情做一些必要的检验,根据各项检验指标(如体温、血压、血相等)做出病情的分类决策(病情的具体诊断结果),上述过程就是一个模式识别过程。因此,研究用计算机模拟人的识别能力,提出识别具体客体的基本理论与实用技术,这就是模式识别这一学科的研究内容。

根据模式识别的研究内容,本文对模式和模式识别采用如下定义:把所见到的具体事物称为模式,而将它们归属的类别称为模式类,模式识别就是研究一些自动技术,利用这些技术,计算机自动地(或者人进行少量干涉)把待识别模式分到各自的模式类中。比如,有从“0”到“9”十个阿拉伯数字(印刷体或手写体)的模板(模式类),将待识别的数字(模式)与从0到9的模板做比较,看跟哪个模板最相似,或最接近,则它就分到相应的数字类中。

模式识别与人工智能都是研究让机器具有智能,即让机器做一些带“智能”的工作,因此两门课是有密切关系的。从广义上说,模式识别属于人工智能的范畴,但由于历史的原因,它已经形成了独立的学科,有其自身的理论和方法。目前模式识别主要研究对事物的识别,俗称分类,并且识别的方法主要依靠对事物属性的度量值进行计算,从而达到对事物进行分类的目的。人工智能学科的内容也在不断变化,但主要强调符号运算,推理,搜索方法等。

目前,计算机的识别能力在许多方面都远不如人。模式识别作为一个新的研究领域,到现在为止,它的理论和技术还远未完善,很多课题还有待于人们去研究和探索。

1.2 模式识别的研究方法^[1,2,3,4,5]

1.2.1 模式识别系统

图 1-1 为一个模式识别系统的简单框图,它主要由信息获取、预处理、特征(或基元)提取与选择、分类器设计以及分类决策五大部分组成^[2]。

下面对这五个部分分别作些说明。

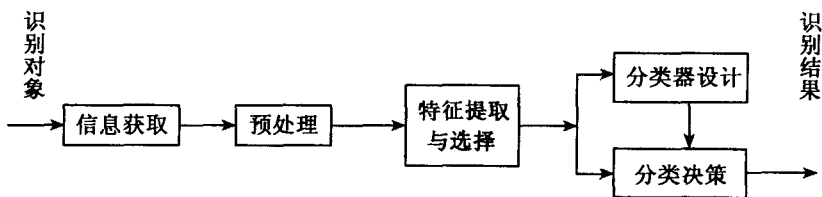


图 1-1 模式识别系统的构成

1. 信息获取

为了使计算机能够对客体进行分类识别,必须首先将客体用计算机所能接受的形式表示。目前计算机一般只能处理某种形式的电信号,而待识别的样本大多是非电信息,如灰度、色彩、声音、压力、温度等,所以需要将这些以各种不同形式表现的信息通过传感器转换成电信号,电信号再经过 A/D 变换,最终转换为能由计算机处理的数字量。

通常从客体获得的信息有下列三种类型:

- (1) 二维图像,如文字、指纹、照片等。
- (2) 一维波形,如语音、机械振动波、心电图等。
- (3) 物理参量和逻辑值,如体温、各种实验数据等。

通过测量、采样和量化,上述信息可以用矩阵或向量来表示,这就是信息获取过程。

2. 预处理

预处理的目的是去除信息获取过程中掺入的干扰和噪声,人为地加强有用的信息,并对种种因素造成的退化现象进行复原。预处理这个环节内容很广泛,与所要解决的具体问题有关。例如,从图像中将汽车车牌的号码识别出来,就需要先将车牌从图像中找出来,再对车牌进行划分,将每个数字分别划分开。做到这一步以后,才能对每个数字进行识别。在预处理阶段完成的工作主要有滤波、坐标变换、图像增强、图像复原、区域分割、边界检测、骨架提取等。

3. 特征提取与选择

由信息获取部分获得的原始数据量一般是相当大的。为了有效地实现分类识别,要对原始数据进行选择或变换,得到最能反映分类本质的特征,把这些特征组成一个向量,称为特征向量。上述过程就是特征抽取与选择过程。一般我们把原始数据组成的空间叫做测量空间,而把经过特征抽取与选择得到的特征向量构成的空间叫做特征空间。特征空间中的一个点就是一个特征向量,代表一个模式或样本,特征向量的每一个分量就是模式的一个特征。通过特征提取与选择,不但减少了处理时间,而且使分类错误减少。



4. 分类器设计

为了把待识别模式分配到各自的模式类中去,必须设计出一套分类判别规则。基本做法是:用一定数量的样本(称为训练样本集)确定出一套分类判别规则,使得按这套分类判别规则对待识模式进行分类所造成的错误识别率最小或引起的损失最小。这就是分类器设计的过程。

5. 分类决策

分类器按已确定的分类判别规则对待识模式进行分类判别,输出分类结果,这就是分类器的使用过程,也称为分类决策。

上述每一阶段设计的好坏都会对整个系统的性能产生严重的影响,所以每一阶段都应该争取尽可能完美的效果。在模式识别系统中,第一部分和第二部分一般是数字信号处理和图像处理等课程的研究课题,本书只讨论第三部分和第四、第五部分的理论和方法。

1.2.2 识别方法

一般说来,描述模式有两种方法:定量描述和结构性描述^[1]。定量描述就是用一组数据来描述模式。比如,判断某细胞是正常细胞还是癌变细胞,我们可以抓住两个特征,一个是细胞的圆形度 x_1 ,一个是细胞的形心偏差度 x_2 。因为正常细胞比较圆,即圆形度大,同时正常细胞的细胞核中心偏离细胞中心小,即形心偏差度小;而癌变细胞的圆形度小,形心偏差度大,这两个特征能比较有效地区分正常细胞与癌变细胞。所以,我们可以用这两个特征来描述细胞,用特征向量表示为:(圆形度 x_1 ,形心偏差度 x_2)^T,其中 T 是转置符号。

另一种描述模式的方法是结构性描述,也就是用一组基元来描述模式。比如,我们可以用一组基元来描述图 1-2 中的图形。这个图形由四个基本元素(称为基元)组成。两个圆弧段分别用符号“a”和“c”表示,直线段用符号“b”表示。同样,为了便于用形式语言处理,我们把这些符号组成符号串:“*abcb*”,这四个基元不仅分别表达了图形中四个线段的局部特征,而且这些基元之间的连接关系从结构上描述了这个图形。

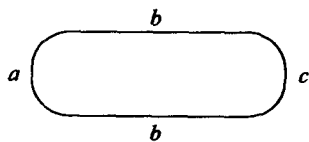


图 1-2 结构性描述

相应于两种模式描述方法,有两种基本的模式识别方法:统计模式识别方法和结构模式识别方法^[3]。

1. 统计模式识别

在统计模式识别中,被研究的模式用特征向量来描述,特征向量中的每一个元素代表模式的一个特征或属性,特征向量构成的空间叫做特征空间。例如对水果进行分类,就需要对它的各种属性进行度量,水果的重量、大小、颜色等。如果一个苹果的重量为 0.2 千克,直径为 10 厘米,颜色为红色(假设红色编号为 1,绿色编号为 2,…) ,则这个苹果可表示成三维特征向量 (0.2, 1.0, 1),对应的特征空间为三维的立方空间。一般情况下,可以合理地假设同类的模式在特征空间中相距较近,而不同类的模式在特征空间中相距较远,这是因为相距较近的模式各个特征相差不多,从而属于同一类的可能性也较大。如果我们用某种方法来分割特征空间,使得同一类模式大体上都在特征空间的同一个区域,那么对于待分类的模式,就可以根据它的特征向量在特征空间中哪一个区域来判定它属于哪一类模式。研究统计模式识别方法的任务就是用不同的方法划分特征空间,从而达到识别的目的。

2. 结构模式识别

结构模式识别方法主要立足于分析模式的结构信息。由于模式是由一些模式基元按一定的结构规则组合而成的,因此结构分析的内容就是分析模式如何由基元构成的规则。目前比较成功的是句法结构模式识别方法,它通过检查代表这个模式的句子是否符合事先给定的某一类文法规则,如果符合,那么这个模式就属于这个文法所代表的那个模式类。例如一幅景色图像中的房屋,它由屋顶、墙、门窗等组成,各种成分之间又有相互关系,如墙在屋顶之下,门窗都在墙上等。如果用已知结构信息的图像作为训练样本,先识别出基元(如屋顶、墙、门窗)和它们之间的连接关系(例如墙在屋顶之下,门窗都在墙上),并用字母符号代表之,然后用构造句子的文法来描述生成这幅场景的过程,由此推断出生成该场景的一种文法规则,这就是训练过程。在识别过程中,同样要对未知结构信息的图像进行基元识别及其相互结构关系的分析,然后用训练过程获得的文法作句法分析。如果它能被已知结构信息的文法分析出来,则该幅未知图像具有相同的图形结构,否则就不是这种结构。

统计模式识别和结构模式识别方法在许多应用方面是并行不悖的,二者可以相互取长补短。一方面,统计方法发展较早,取得了不少应用成果,但是它很少利用模式本身的结构关系,而很多识别问题,并不是用简单的分类就能解决的,更重要的往往是弄清这些模式的结构关系;另一方面,单纯的句法结构方法没有考虑模式所受到的环境噪声的干扰等不稳定因素的影响。

模式识别作为一门学科领域已经经历了 40 多年的历史,虽然建立了丰富的理论体系,但是由于问题的复杂性,离实现类似于人的复杂的模式识别能力的目标还相差甚远。因此,模式识别仍然是一门发展中的学科,新的理论和方法不断出现,同时,与其它学科相互结合、相互渗透,不断推动模式识别向前发展。模糊数学和神经网络引入模式识别就是典型的例子。

模糊模式识别就是利用模糊数学的理论和方法分析和解决模式识别问题,这种方法既有其数学基础(模糊数学),又更接近于人的思维方法。因此它适合于分类识别对象本身或要求识别结果具有模糊性的场合^[4]。目前,模糊模式识别方法主要有模糊 K 均值、模糊 ISODATA 算法等。

神经网络是对人脑的结构和功能的简单模拟和近似,它是由大量神经元相互连接而构成的非线性动力学系统。神经网络在自学习、自组织、联想记忆以及容错方面具有较强的能力,因此可以处理一些环境信息十分复杂、背景知识不清楚、推理规则不明确的识别问题^[5]。神经网络公认的最成功的应用就是模式识别领域。

但无论是模糊模式识别还是神经网络模式识别,都可以归结为以上两种基本的模式识别方法或两者的结合。

1.3 模式识别的发展与应用^[1,3,4,5]

模式识别诞生于 20 世纪 20 年代,随着 40 年代计算机的出现、50 年代人工智能的兴起,模式识别在 60 年代迅速发展成为一门学科。四十多年来,模式识别的研究取得了大量的成果,在许多领域都得到了成功的应用,并且它所研究的理论和方法在很多科学和技术领域中得到了广泛的重视,推动了人工智能的发展,扩大了计算机应用的可能性。尽管如此,但与生物的识别系统相比,模式识别系统的识别能力和鲁棒性还远远不能让人满意。模式识别还有许多的基础理论和基本方法有待于人们去解决,新问题也层出不穷。