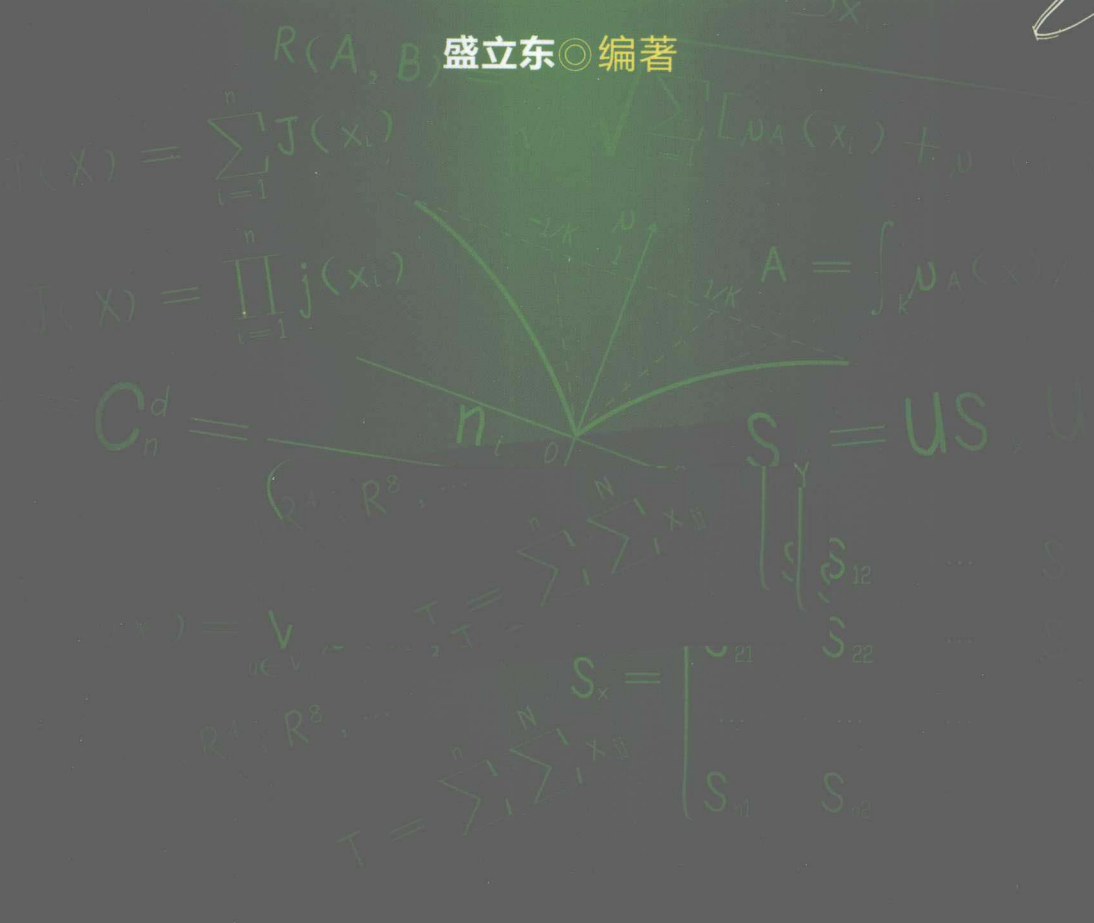


模式识别导论

MOSHI SHIBIE DAOLUN

盛立东◎编著



模式识别导论

盛立东 编著

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要讨论统计模式识别、句法结构模式识别、模糊模式识别、智能模式识别及特征选择和降维映射的基本理论和实用算法,并附有大量例题和计算机上机练习,加深了对理论和算法的深刻理解和实际应用。尤其智能模式识别一章,它介绍了模式识别的最新理论成果——人工神经网络和支持向量机,同时还介绍了这些新理论的应用成果。书后还备有题库和计算机上机用的数据集,适于教学和自学。

本书可作为高等院校信息工程、计算机及自动化等专业的研究生和高年级本科生的模式识别教材。同时也可供计算机信息处理、计算机视觉、自动控制、地球物理、生物信息等领域中从事模式识别研究的广大科技人员和高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

模式识别导论/盛立东编著. --北京:北京邮电大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-5635-2356-6

I. ①模… II. ①盛… III. ①模式识别 IV. ①0235

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 150306 号

书 名: 模式识别导论

作 者: 盛立东

责任编辑: 赵玉山

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 62282185 传真: 62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 25.5

字 数: 634 千字

印 数: 1—2000 册

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2356-6

定 价: 44.00 元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

随着计算机技术的迅猛发展,计算机应用领域的不断开拓,急切地要求计算机能更有效地感知诸如文字、声音、图像、温度、震动等人类赖以发展自身,改造环境且能运用自如的信息资料。但目前计算机对外部世界感知能力之不足,成为开拓计算机应用的瓶颈。这一问题已日益引起科学工作者的关注,并投入大量人力、物力从事计算机模式识别的理论与应用的研究,并且已在某些领域取得了可喜成果。

模式识别是一门新兴的边缘科学,它的应用几乎遍及各个科学领域。有人断言,在自动控制,信息处理等领域中,唯一有希望解决最高一级问题的途径就是应用模式识别和人工智能的综合成果。

作者自 20 世纪 80 年代从事模式识别的教学与研究工作以来,深感这一课程的难度。因为一方面它涉及数学与计算机科学,如概率统计、数字信号处理、图像处理、模糊数学、形式语言等学科。另一方面它又是一门迅速发展中的科学,新的理论和研究成果不断充实着它的内容。鉴于此,本书在讨论问题时尽量减少数学推导和证明,主要讨论基本理论和常用的有效的模式识别方法和算法,使读者能较快地、较容易地掌握模式识别的基本理论和方法。此外,本书除对经典的模式识别理论和方法进行较详细的讨论外,还对近十几年来发展起来的新理论和新方法,以及我们自己应用这些理论和方法的科研成果也在书中做了介绍。使读者对这一领域所研究的问题有一个全面了解,为进一步深入学习和从事这一领域的研究打下一个良好的基础。下面是学完本课程的研究生给作者的一封信的片段:

“经过一学期对模式识别导论课程的学习,使我对模式识别这门技术有了进一步认识。这是一门非常好的入门课程,让我学到了很多模式识别中常用的分类聚类算法。老师布置的作业题非常具有代表性。通过学习基本理论,例题的分析,再到作业题的编程实现,用例题验证,使我对一些常用分类聚类算法有了更加深入的理解。虽然编程实现过程中遇到这样或那样的困难,但经过反复思考和讨论后,得到了解决,提高了对算法的认识水平,锻炼了编程实践能力,积累了分类聚类算法经验,为将来的研究工作打下了良好的基础。”

本书有三个特点:

(1)综合性。本书内容比较系统和全面,包括了模式识别的各种理论和方法。

(2)实用性。本书叙述了一批常用的有效的模式识别方法和算法,对复杂的数学理

论只介绍其结果,尽量不做证明,使读者较容易地掌握一些识别方法和算法,并能将其付诸实施。

(3)新颖性。付京孙教授讲过:“模式识别必须与人工智能相结合,才能有更大的发展。”为此,作者在智能模式识别这一章中,把新的理论、方法和我们自己的研究成果也在其中做了介绍。这是本书最精华的部份,值得一读。

本书是作者几十年的教学和科学研究的总结,凝聚了作者的智慧、经验和心血。其中采用了作者指导的研究生许建生、白利达、王树海、邹伟、欧阳观宇等人的论文和研究成果,在此表示感谢。

作 者

2010年3月于北京邮电大学

目 录

第 1 章 概 论	(1)
1.1 模式识别的基本概念	(1)
1.2 模式和模式类	(2)
1.3 模式识别的方法	(4)
1.3.1 统计模式识别	(4)
1.3.2 句法模式识别	(5)
1.3.3 模糊模式识别方法和神经网络方法	(5)
1.4 学习(训练)的概念	(7)
1.5 模式识别系统	(8)
1.5.1 数据获取	(8)
1.5.2 预处理	(8)
1.5.3 特征选择和降维	(8)
1.5.4 分类决策	(9)
1.6 模型识别技术的重要应用	(9)
1.6.1 科学应用	(9)
1.6.2 生命与行为科学	(9)
1.6.3 工业应用	(10)
1.6.4 医学应用	(10)
1.6.5 农业应用	(10)
1.6.6 行政应用	(10)
1.6.7 某些军事用途	(10)
1.7 模式识别应用举例——邮政编码识别	(11)
1.7.1 二值化处理	(11)
1.7.2 平滑处理	(12)
1.7.3 细化处理	(12)
1.7.4 跟踪和抽取特征	(14)
1.7.5 分类判决	(15)
第 2 章 判别函数	(18)
2.1 判别函数(判决函数)	(18)
2.2 线性判别函数	(18)
2.3 线性判别函数的性质	(24)
2.3.1 模式空间与加权空间	(24)
2.3.2 解向量和解区	(24)

2.3.3	超平面的几何性质	(25)
2.3.4	二分法能力	(26)
2.4	广义线性判别函数	(28)
2.5	非线性判别函数	(30)
2.5.1	分段线性判别函数	(30)
2.5.2	基于距离的分段线性判别函数	(30)
2.5.3	基于函数的分段线性判别函数	(32)
2.5.4	用凹函数的并表示分段线性判别函数	(32)
2.5.5	二次判别函数	(33)
第3章	分类器的设计	(35)
3.1	线性分类器的设计	(35)
3.1.1	梯度下降法——迭代法	(37)
3.1.2	感知器法	(37)
3.1.3	最小平方误差准则(MSE法)——非迭代法	(41)
3.1.4	韦-霍氏法(LMS法)	(42)
3.1.5	何-卡氏法(LMSE算法)	(43)
3.1.6	Fisher分类准则	(45)
3.2	分段线形分类器的设计	(47)
3.2.1	已知子类划分时的设计方法	(48)
3.2.2	已知子类数目的设计方法	(48)
3.2.3	未知子类数目时的设计方法	(48)
3.3	线性不可分问题的分类器的设计	(49)
3.4	讨论	(54)
第4章	贝叶斯决策理论	(56)
4.1	Bayes(贝叶斯)分类器	(56)
4.1.1	两类问题	(56)
4.1.2	多类情况	(58)
4.2	正态分布决策理论	(59)
4.2.1	正态分布判别函数	(60)
4.2.2	最小错误率(贝叶斯)分类器	(61)
4.3	关于分类器的错误率分析	(65)
4.3.1	一般错误率分析	(65)
4.3.2	正态分布最小错误率	(67)
4.4	最小风险贝叶斯分类器	(67)
4.5	贝叶斯分类器算法	(70)
4.6	聂曼—皮尔逊判决准则(Neyman-Pearson)	(74)
4.7	最大最小判别准则	(76)
4.8	决策树	(79)
4.8.1	基本概念	(80)

4.8.2	决策树的构造	(80)
4.8.3	决策树设计的基本考虑	(82)
4.9	序贯分类	(82)
4.10	讨论	(84)
第5章	参数估计与非参数估计	(85)
5.1	参数估计与监督学习	(85)
5.1.1	参数估计与非参数估计	(86)
5.1.2	监督学习与无监督学习	(86)
5.2	参数估计理论	(86)
5.2.1	最大似然估计	(86)
5.2.2	贝叶斯估计	(89)
5.2.3	贝叶斯学习	(90)
5.3	非参数估计	(92)
5.3.1	密度估计	(93)
5.3.2	Parzen 窗口估计	(95)
5.3.3	k_N -近邻估计	(101)
5.3.4	后验概率的估计	(103)
5.3.5	修正的 k 近邻分类方法	(104)
5.3.6	最近邻法则	(106)
5.3.7	简化最近邻法则	(109)
第6章	聚类分析	(110)
6.1	系统聚类	(110)
6.1.1	两类距离	(110)
6.1.2	聚类算法和递推公式	(113)
6.1.3	利用非对称相似性矩阵的系统聚类方法	(116)
6.2	分解聚类	(118)
6.2.1	对分法	(118)
6.2.2	一种方式的分解算法	(121)
6.3	动态聚类——兼顾系统聚类和分解聚类	(122)
6.3.1	动态聚类的方法概要	(122)
6.3.2	代表点的选取方法	(123)
6.3.3	初始分类和调整	(123)
6.3.4	k 次平均算法	(123)
6.3.5	ISODATA 算法(迭代自组织数据分析算法)	(126)
6.4	利用图论的聚类方法	(130)
6.4.1	基本概念	(131)
6.4.2	孔茨的树聚类算法	(132)
6.5	满足邻接条件的聚类方法	(134)
6.5.1	最优分割法	(134)

6.5.2	二维邻接条件	(136)
6.5.3	满足二维邻接条件的聚类算法	(137)
6.5.4	满足邻接条件的其他聚类方法	(139)
第7章	句法结构模式识别	(141)
7.1	引言	(141)
7.2	形式语言基础	(142)
7.2.1	基本概念	(142)
7.2.2	短语结构文法	(143)
7.3	模式的描述方法	(144)
7.3.1	模式基元的选择和链描述法	(145)
7.3.2	染色体文法	(147)
7.3.3	图像描述语言(PDL)	(148)
7.3.4	标准形式文法	(150)
7.3.5	高维文法	(151)
7.3.6	状态转移图描述法	(157)
7.4	文法推断	(157)
7.4.1	基本定义	(158)
7.4.2	有限状态文法推断(正则文法的推断)	(159)
7.4.3	非有限状态文法的推断	(164)
7.5	句法分析	(168)
7.5.1	用句法分析作模式识别	(168)
7.5.2	句法分析的主要方法	(169)
7.5.3	杨格(Younger)法	(172)
7.5.4	CYK(Cocke-Younger-Kasami)剖析(列表法)	(174)
7.5.5	厄利(Earley)法	(175)
7.5.6	转移图文法	(177)
7.5.7	算子优先文法	(179)
7.6	自动机理论	(182)
7.6.1	有限状态自动机	(182)
7.6.2	下推自动机(PDA)	(186)
7.6.3	1型文法和线性有界自动机	(191)
7.6.4	0型文法和图灵机	(191)
7.6.5	句法引导的简单翻译自动机	(193)
7.7	误差校正句法分析	(200)
7.7.1	随机文法	(200)
7.7.2	句法模式相似性度量	(204)
7.7.3	句法模式的聚类分析	(205)
7.7.4	最小距离法	(206)

第 8 章 模糊模式识别	(208)
8.1 模糊集的基本概念	(208)
8.2 模糊集的简单运算与模糊关系	(211)
8.3 隶属函数	(216)
8.4 模糊识别方法	(223)
第 9 章 特征选择与降维	(239)
9.1 单个特征的评价	(239)
9.1.1 K-W 检验	(239)
9.1.2 直方图方法	(241)
9.1.3 利用不确定性选择特征	(242)
9.1.4 用于有序样本的特征选择方法	(243)
9.2 主成分分析和对应分析	(244)
9.2.1 主成分分析	(245)
9.2.2 对应分析	(251)
9.3 考虑多类情形的线性降维映射法	(254)
9.3.1 几种常用线性映射及其性质	(255)
9.3.2 多类问题线性降维映射算法	(256)
9.4 非线性的降维映射方法	(257)
9.4.1 降维映射方法中的几个问题	(258)
9.4.2 迭代方法	(259)
9.4.3 非迭代方法	(259)
9.5 特征选择	(261)
9.5.1 最优搜索算法	(262)
9.5.2 次优搜索法	(265)
9.6 特征选择的几种新方法	(267)
9.6.1 模拟退火算法	(267)
9.6.2 Tabu 搜索算法	(269)
9.6.3 遗传算法	(270)
第 10 章 智能模式识别	(272)
10.1 逻辑推理法	(272)
10.1.1 引言	(272)
10.1.2 知识表示方法	(273)
10.1.3 基于知识的推理	(287)
10.1.4 知识的获取	(300)
10.1.5 应用实例	(304)
10.2 人工神经网络	(309)
10.2.1 大脑神经元的构成及其机理	(309)
10.2.2 人工神经网络概述	(312)
10.2.3 BP 神经网络模型	(326)

10.2.4 Hopfield 神经网络模型.....	(330)
10.3 支持向量机.....	(334)
10.3.1 概述.....	(334)
10.3.2 统计学习理论.....	(335)
10.3.3 支持向量机.....	(337)
10.3.4 顺序最小优化算法.....	(340)
10.3.5 对 SMO 算法的改进	(347)
10.3.6 应用改进的 SMO 算法的手写体数字识别系统	(354)
10.3.7 讨论.....	(356)
10.4 智能模式识别应用举例.....	(357)
10.4.1 神经网络集成的手写体数字识别.....	(357)
10.4.2 基于 BP 神经网络与支持向量机的二级手写体数字识别系统	(372)
模式识别导论题库.....	(381)
附录 计算机上机作业用数据集.....	(389)
参考文献.....	(394)

第 1 章 概 论

1.1 模式识别的基本概念

模式识别(pattern recognition,也可译作模式辨认、图像识别、图形识别)是近 30 年来得到迅速发展的一门新兴边缘学科。关于什么是模式或者机器所能辨认的模式,迄今为止还没有一个确切而严格的定义。

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。识别能力是人类和其他生物的一种基本属性,根据被识别的客体的性质可以将识别活动分为两个主要类型:具体的客体与抽象的客体。字符、图画、音乐等是具体的客体,它们通过对感官的刺激而被识别;论点、思想、信仰等则是抽象的客体,对它们的研究主要属于哲学、政治学的范畴。我们主要是研究具体客体的识别,而且仅局限于研究用机器完成识别任务的有关的基本理论与实用技术,针对本书的内容,对模式、模式识别作如下狭义的定义:模式是对某些感兴趣的客体的定量的或结构的描述,模式类是指具有某些共同特性的模式的集合。模式识别是研究一种自动技术,依靠这种技术,机器将自动地(或人尽量少地干涉)把待识模式分配到各自的模式类中去。

严格地说,模式识别不是简单的分类学,它的目标包括对于系统的描述、理解与综合。模式识别的高级阶段是通过大量信息对复杂过程进行学习、判断和寻找规律,从这个意义上说,模式识别与“学习”或“概念形成”的意义是相近的。模式识别与机器智能的结合将为人认识世界和做出新的发现开辟广阔的前景。

自从 60 年代初期以来,随着人们实践活动的日益扩大、深入和更加社会化,人们面临着日益增加的巨大的信息处理和信息管理任务,这些任务的一个重要方面就是信息的辨识和分类。例如,人造卫星拍摄的用于空间研究和地球资源探测的大量图片的分析和分类,核试验现场信息的获取、分析和分类,疾病的诊断,银行票据真伪的辨识等,因此人们迫切需要具有一定智能的机器来完成巨大而复杂的信息分析和分类任务。此外,计算机技术的迅速发展使得人们的这种愿望成为可能。在这种情况下,模式识别的理论和应运而生。模式识别又称图像识别,概括地讲,模式识别理论所研究的问题主要是如何用计算机的方法实现人对各种事物或现象的分析、描述、判断和识别。模式识别是机器智能领域中的重要工具之一。

模式识别是模拟人的某些功能:

- (1)模拟人的视觉:计算机+光学系统。
- (2)模拟人的听觉:计算机+声音传感器。
- (3)模拟人的嗅觉和触觉:计算机+传感器。

模式识别的发展史:

(1)1929年 G. Tauschek 发明阅读机,能够阅读 0~9 的数字。

(2)30 年代 Fisher 提出统计分类理论,奠定了统计模式识别的基础。因此,在 20 世纪 60~70 年代,统计模式识别发展很快,被识别的模式愈来愈复杂,特征也愈多,就出现“维数灾难”,但由于计算机运算速度的迅猛发展,这个问题得到一定克服,统计模式识别仍是模式识别的主要理论。

(3)50 年代 Noam Chomsky 提出形式语言理论,美籍华人付京孙提出句法结构模式识别。

(4)60 年代 L. A. Zadeh 提出了模糊集理论。模糊模式识别理论得到了较广泛的应用。

(5)80 年代 Hopfield 提出神经网络模型理论。近些年人工神经网络在模式识别和人工智能上得到较广泛的应用。

(6)90 年代小样本学习理论。支持向量机也受到了很大的重视。

关于模式识别的国内、国际学术组织:

1973 年 IEEE 发起了第一次关于模式识别的国际会议“ICPR”,成立了国际模式识别协会——“IAPR”,每两年召开一次国际学术会议。

1977 年 IEEE 的计算机学会成立了模式分析与机器智能(PAMI)委员会,每两年召开一次模式识别与图像处理学术会议。

国内的学术组织有电子学会、通信学会、自动化协会、中文信息学会……

1.2 模式和模式类

人们在观察各种事物或现象的时候,是从一些具体的个别的事物或现象开始的,这种观察日积月累,所观察到的事物和现象的数量不断增加,当数量增加到一定程度时,就开始在人的大脑中形成一些概念,这些概念反映了事物之间相似和差异的主要特征或属性。这时候,人们在观察事物时已经不是盲目的了解事物的全貌,而是根据能反映事物之间相似与差异的主要特征或属性对事物进行分析和认识,并把它们分成由各个相似的但又不完全相同的事物组成的类别,人脑的这种思维能力就形成了“模式”的概念。具体地说,模式就是用反映一类事物的主要性质,并能反映这类事物与别类事物之间差异的一组有意义的特征对这类事物的描述。同一类事物尽管可能不完全一样,但它们的主要特征是相同的或极相似的,不同类的事物在某些次要方面可能相似,但它们的主要特征有较大的差异。

在用机器进行具体项目识别的时候,识别对象必须描述成机器能够接受的形式。根据上述模式的概念,在研究用机器进行模式识别的理论和技術中,模式是根据事物的一组主要的有意义的特征或属性,对事物的一种定量的或结构的描述。模式类是指具有共同特征或属性的模式的集合。例如,十个阿拉伯数字可以看成十个模式类,每一个数字又有不同的写

法,一种写法就是这个数字对应的模式类中的一个模式。

定量描述是以数量信息为特征的一种描述方法。用这种方法描述时,首先要选择事物的 n 个有意义的数量特征,通常用小写字母 x_1, x_2, \dots, x_n 表示,然后把这 n 个特征表示为列向量形式,用大写字母 \mathbf{X} 表示。具体为

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

\mathbf{X} 也可以表示为 $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, 上标 T 表示转置。 \mathbf{X} 称为特征向量,又称为模式。例如,在语音识别中,声音信号是时间的连续函数,可以根据采样定理在离散时间点上采样,然后把得到的 n 个采样值表示成向量形式。在图片识别中, n 个特征可以是像素点的 n 个灰度值。一个模式向量可以表示为 n 维欧氏空间中的一个点,称为点模式。同一类模式比较相似,在欧氏空间中,它们一般相距较近,相互聚集在一起,不同类的模式差异较大,在欧氏空间中相互相距较远。

结构描述是以结构信息为特征的描述方法,结构特征又称几何特征。在一些识别任务中,识别对象可能比较复杂,如果采用定量描述,势必选择数量较多的特征,使模式向量的维数很大,从而使机器处理变得十分复杂和困难。在这种情况下,把一个复杂事物分成一些简单的子模式,这些子模式是构成事物的基本单元,简称为基元。把基元按一定的规则排列,就得到事物的结构描述,这种结构描述可以用以下两个例子作简要的说明。图 1-1(a) 所示是一个等边三角形,它可以分成由三种长度相等方向不同的有向线段组成,这三种有向线段分别用字母 a, b, c 表示,如图 1-1(b) 所示。 a, b, c 三种有向线段就是构成等边三角形的基元。若从等边三角形的一个顶点开始,沿顺时针方向把三种基元连接起来,就构成了等边三角形,根据这种规律,只要把表示基元的字母组成一个字符串,就可以表示等边三角形。若从底边的右端开始,等边三角形就可以表示为字符串 $X = aabbcc$, 这种结构描述方式称为串描述,串描述适合于物体结构是以基元的简单连接为基础的情况。对于复杂的物体结构(如三维结构)通常用树描述方式。图 1-2(a) 所示表示一个景物图像,用符号 $\$$ 表示整个景物。图像又由 a, b, c 三个不同的区域组成。区域 a 中又包含区域 d , 区域 b 中又包含两个子区域 e 和 f , 区域 c 中又包含区域 g , 区域 g 中又包含两个子区域 h 和 i 。根据图像的结构特征和“在内部”这个关系,可以用图 1-2(b) 所示的树状分级结构来描述景物,这种描述方式称为树描述。除了利用“在内部”这种关系外,如果能进一步表示出 a, b, c 三部分之间的连接关系以及 e 和 f 之间、 h 和 i 之间的连接关系,又会得到另一种描述方式——网描述。

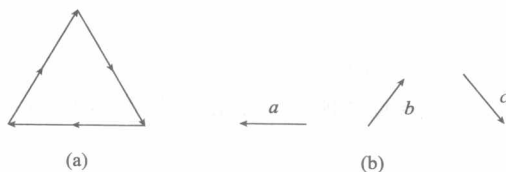


图 1-1 等边三角形的结构描述

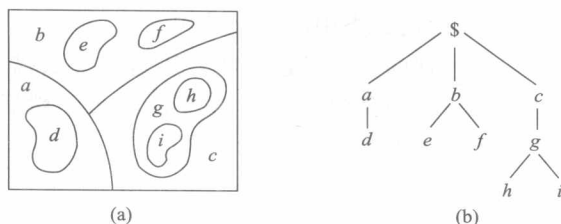


图 1-2 景物图像的树描述

不同的描述方式,对应不同的识别方法。下面介绍模式识别的方法。

1.3 模式识别的方法

根据识别对象的性质及描述方式,传统的模式识别方法主要分为统计模式识别和句法模式识别两种方法。此外,还有近十几年来发展起来的模糊模式识别方法和神经网络方法。

1.3.1 统计模式识别

统计模式识别是以定量描述为基础的识别方法。在模式识别的过程中,不可能仅由一个具体物体得到一类物体区别于其他物体的主要特征,必须经过对许多具体物体的反复考察和分析,才能得出一类物体区别于其他类物体的主要特征。其次,在用机器进行识别的过程中,不可能用一个或少数几个样本模式通过一次或几次实验就能得到合适的分类规则,必须用足够数量的样本模式经过多次反复试验才能得到比较合适的分类规则。上述两个方面采用的方法就是一种统计方法,这就是统计模式识别的概念。统计模式识别包括判别函数法(又称决策理论方法)和聚类分析法。

判别函数法就是直接根据一个或几个分类准则函数对模式进行分类的方法。这种分类准则函数称为判别函数,它是模式向量 X 的函数。判别函数可以是模式空间中描述模式类之间分界面的函数,也可以是其他能够描述模式类之间的可分性并能用来直接对模式分类的函数。一旦找到合适的判别函数,对未知类别的模式就可以根据判别函数的值来进行分类判决。判别函数可以是线性的,也可以是非线性的,一般由模式在模式空间的分布特点来决定。在保证一定分类精度的前提下,判别函数应尽可能采用简单的形式。

聚类分析法是基于“物以类聚”的观点,根据模式之间的相似性进行分类的方法。相似性可以用相似性测度来衡量。例如,在模式空间中,模式点之间的欧氏距离就可以作为相似性测度,距离愈近,模式之间愈相似。由于不同类别的模式在模式空间聚集成若干个群,因此,可以根据群与群之间距离的远近把模式分成若干类。如果能事先知道应划分的类别数目,则这种分类法的准确度会更高,但这种方法通常用于类别的先验信息了解较少的情况下,因此分类结果的正确与否只能通过评价来决定。聚类分析通常要反复修改规则和反复进行聚类,才能得到较满意的结果。

对同一个识别任务,判别函数法和聚类分析法可以相互补充综合应用。例如,可以事先用一组样本通过聚类分析法对样本进行分类,然后根据分类结果训练判别函数,一旦得到判

别函数,就可以用判别函数对未知类别的样本进行分类。

1.3.2 句法模式识别

句法模式识别是以结构描述为基础,根据形式语言理论提出的一种识别方法。形式语言理论是一门研究自然语言的文法计算模型的学科,尽管这门学科的研究工作目前还未取得预期的结果,但它的一些研究成果已被应用于模式识别、自动机理论、程序语言等领域,并对这些领域的研究产生了很大的影响。自然语言和事物的结构描述有一些相似的性质,一种自然语言(如英语)由语句构成,而语句又由词构成,由词构成语句的时候必须符合这种语言的语法,一种自然语言有一种语法。如果把描述物体的基元看成词,而把由基元构成的对物体的结构描述(如串描述)看成语句,基元之间的连接规则看成语法,把同一类事物的结构描述的集合看成语言,那么自然语言和结构描述之间就存在某种对应关系。这样,对一类物体,先抽取它的基元,得到对物体的结构描述,然后根据一组样本的结构描述分析推断出基元连接规则,这个规则称为文法。完成这些工作以后,对一个未知类别的结构描述(即句法模式)来说,如果构成它的基元与构成某一类模式的基元相同,并且构成它的文法也与这类模式对应的文法相同,那么这个句法模式就是属于该类的一个模式,这就是句法模式识别的基本原理。显然,句法模式识别的关键在于物体的恰当描述和文法的推断。

1.3.3 模糊模式识别方法和神经网络方法

模糊模式识别是以模糊集合理论和模糊数学为基础的一种识别方法。模糊集合是指没有明确的边界的集合。例如,“远大于2的整数”,“学习很用功的学生”,“很好吃的苹果”等,这些都是模糊集合。而“大于2的整数”,“平均成绩大于80分的学生”等,这些都是普通集合,称为清晰集合。由于事物的某些特征可能亦此亦彼,并且在对事物的观测中,由于噪声、测量不精确以及特征选择不恰当和选择的特征数量有限等因素的影响,使得不同模式类的边界不明确,从而使模式类具有模糊集合的性质。因此,在模式识别中可以把模式类看成模糊集合,利用模糊集合理论和模糊数学方法对模式进行分类。

模式识别的神经网络方法是模拟人脑识别机理,以人工神经网络理论为基础的一种模式分类方法。在这种方法中,模式信息的获取、分析和识别由人工神经网络来进行。人工神经网络理论起源于20世纪50年代末和60年代初,近十几年来这个领域的研究取得了引人注目的进展,引起了许多领域的研究人员的广泛兴趣和巨大热情。神经网络理论研究的主要问题是探索并模拟人脑神经系统的信息处理机制,模式识别是神经网络理论最有应用前景的领域之一。传统的模式识别理论和方法是以传统的以线性处理为基础的数字电子计算机为基础的,现行的数字计算机是按冯·诺依曼原理,用逻辑规则进行运算的,它有极强的逻辑运算功能和很高的运算速度,但它不具有像人那样的形象思维能力,它对数据的处理是串行方式,数据的存储严格按单元存放,并且数据的存储和计算是严格分开的,这样就限制了现行数字计算机的能力和速度。人脑是一个极强的信息处理系统,人对复杂的物体可以进行迅速的一目了然的识别。例如,对于突如其来的外界刺激,人能立即做出判断和相应处理。但是对于计算机来说,即使识别很简单的物体也十分费时费力。人脑之所以具有极强的信息处理能力是由于人脑是由约 10^{11} 个神经元组成的非线性巨系统,它对信息的存储是分布式的,即一种信息不是存储于一个地方,而是分布存储于神经元之间的连接权上,

存储能力强,并且信息不易丢失。当从外界获得信息时,许多神经元相互协同,同时进行分
析处理,其处理信息的方式是并行的,因而速度极高,处理能力极强。此外,人脑神经系统具
有自组织能力、自学习能力和联想能力,这就使得人不仅能获得知识,而且能发展知识,不断
地完善自己,人脑的联想能力使人脑具有很强的容错性。神经网络理论的最终研究目标就
是利用现代科学技术模拟人脑的信息处理机制,建立实用的具有人脑智能的人工神经网络
系统,这种系统的信息处理机制与现行数字计算机完全不同,人工神经网络系统有可能最终
取代现行数字计算机而成为模式识别及其他信息处理的强有力的工具,真正使模式识别的
过程成为“智能”信息处理过程。

所有这些方法均将在后面的章节中深入介绍。此处先以表格的方式,对它们作一比较。
见表 1-1。

表 1-1 几种模式识别方法的比较

识别方法 比较项目	统计模式识别	句法模式识别	模糊模式识别	逻辑推理	神经网络
主要理论支柱	概率论、数理统计	形式语言、自动机技术	模糊数学	演绎逻辑、布尔代数	神经生理学、心理学
模式描述方法	特征向量: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$	符号串、树、图	模糊集合: $A = \{(\mu_a, a), (\mu_b, b), \dots, (\mu_n, n)\}$	字符串表示的事实	以不同活跃度表示的输入结点集
模式类判定	是一个聚合类。用条件概率分布 $P(X \omega_i)$ 表示, m 类就有 m 个分布,然后判定未知模式属于哪一个分布	是一种语言。用一个文法表示一类, m 类就有 m 个文法,然后判定未知模式遵循哪个文法	是一种集合运算。用隶属度将模糊集合划分为若干子集, m 个类就有 m 个子集,然后根据择近原则分类	是一种布尔演算。从事实出发运用一系列规则,推理得到不同结果, m 个类就有 m 个结果	是一个非线性动态系统。通过对样本的学习建立起记忆,然后将未知模式判决为其最接近的记忆
主要方法	几何分类: 线性分类 非线性分类 统计分类:贝叶斯决策 无教师的分类: 聚类分析	自动机技术 CYK 剖析算法 Early 算法 转移图法	隶属度函数的设计: 模糊统计法 二元对比排序法 模糊集运算规则 模糊矩阵	产生式推理 语义网推理 框架推理	BP 模型 HOP 模型 高阶网
主要优缺点	优点:比较成熟,能考虑干扰、噪声等影响,识别模式基元能力强 缺点:对结构复杂的模式抽取特征困难。不能反映模式的结构特征,难以描述模式的性质,难以从整体角度考虑识别问题	优点:识别方便,可从简单的基元开始,由简至繁。能反映模式的结构特性,能描述模式的性质,对图像畸变的抗干扰能力较强 缺点:当存在干扰及噪声时,抽取基元困难,且易失误	优点:由于用隶属度函数作为样品与模板间相似程度的度量,故往往能反映它们整体的与主要的特征,从而允许样品有相当程度的干扰与畸变 缺点:准确合理的隶属度函数往往难以建立,故限制了它的应用	优点:已建立了关于知识表示及组织,目标搜索及匹配的完整体系。对需通过众多规则的推理达到识别目标确认的问题,有很好的效果 缺点:当样品有缺损,背景不清晰,规则不明确甚至有歧义时,效果不好	优点:可处理一些环境信息十分复杂,背景知识不清楚,推理规则不明确的问题。允许样品有较大的缺损、畸变 缺点:模型在不断丰富与完善中,目前能识别的程式类还不够多