

信息技术丛书

第二版

模式识别

边肇祺 张学工 等 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

02
668
(7)
信息技术丛书

模式识别

(第二版)

边肇祺 张学工等 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是清华大学自动化系教材,主要讨论统计模式识别理论和方法,第一版包括贝叶斯决策理论、线性和非线性判别函数、近邻规则、经验风险最小化、特征提取和选择,以及聚类分析,等等。多数章后附有习题,适于教学和自学。

第二版在第一版基础上进行了较多的修订和补充,增加了关于人工神经网络、模糊模式识别、模拟退火和遗传算法,以及统计学习理论和支持向量机等内容,还介绍了模式识别在人脸识别、说话人语音识别及字符识别等中的应用实例。

本书除了可以作为高等院校自动化、计算机等专业研究生和高年级学生的模式识别教材外,也可供计算机信息处理、自动控制、地球物理、生物信息等领域中从事模式识别工作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/边肇祺编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,1999. 12

(信息技术丛书/李衍达主编)

ISBN 7-302-01059-5

I. 模… II. 边… III. 模式识别-高等学校-教材 IV. 0235

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 50774 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京国马印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:22 字数:550 千字

版 次:2000 年 1 月第 2 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN7-302-01059-5/TP·2144

印 数:0001~5000

定 价:25.00 元

《信息技术丛书》

出版说明

当今的时代被称作为信息时代。信息科学技术的快速发展和广泛渗透已经成为现今社会的一个重要的时代特征。人类社会的生产活动和生活质量,比以往任何时代,都更加得益于和依赖于信息技术的成就和发展。自动化是信息技术领域的主要组成部分之一,包括信号和信息处理、模式识别、知识工程、控制理论、自动化技术、传感技术、自动化仪表、系统工程、机器人控制、计算机控制与应用、网络技术等在內,都和信息科学与技术有着直接和密切的关系,几乎涉及到了信息的检测、分析、处理、控制和应用等所有的方面。正是基于当今时代特点和科技发展态势这个大视野,结合自动化类专业人才培养模式及教学内容体系的改革,我们规划和组织了这套丛书的编写和出版。这套丛书的读者,定位为自动控制、过程自动化、计算机、电子工程、电气工程、动力工程、机械自动化等系科的高年级大学生和研究生,以及工作于这些领域和部门的科学工作者和工程技术人员。

10年前,我们曾经组编和出版过一套《信息、控制与系统》系列教材,产生了比较大的社会影响,其中的许多著作至今仍然为国内很多高等学校采用作为教材,并为广大相关的科技人员采用作为进修和自学读物。现在组编和出版的这套《信息技术丛书》,从一定意义上可以说,就是先前的那套系列教材的发展和延伸,以反映新的进展和适应新的需求,匹配于变化了的时代和发展了的科技。列入这套丛书中的著作,大都是清华大学自动化系等所开设的课程中经过较长教学实践而形成的,既有在多年教学经验基础上新编而成的教材,也有属于原系列教材中的部分教材的修订版本,还有一些是反映信息技术最新发展的科技专著。总体上,这套丛书仍将保持原系列教材的求新与求实的风格,力求反映所属学科的基本理论和新近进展,力求做到科学性和教学性的统一,力求体现清华大学近年来在相应学科和领域中科学研究与教学改革成果。

我们希望这套丛书,既能为在校大学生和研究生学习提供内容较新和论述较为系统的教材,也能为广大科技人员的继续学习与知识更新提供适合的和有价值的参考书。我们同时热忱欢迎,选用这套丛书的老师、学生和科技工作者提出批评和建议。

《信息技术丛书》编委会

《信息技术丛书》编委会

主 编 李衍达 郑大钟

编 委 边肇祺 陈禹六
杨家本 金以慧
周东华 蔡鸿程

责任编辑 蔡鸿程 王一玲

第二版前言

本书自1988年出版以来已经过去10多年了。在这期间,我们把它作为高年级学生和研究生学习模式识别课程的教材取得了不少的教学经验,也发现了原书中的个别错误以及叙述不清楚的地方。特别是自本书出版以来,模式识别学科还在不断地发展,人工神经网络和各种新的最优化技术在模式识别中的广泛应用,以及作为统计模式识别基础的统计学习理论的新进展,都使我们迫切感觉到要对本书进行大的修改和补充新的内容,以适应当前学科发展的需要。在清华大学出版社的大力支持下,我们成立了由边肇祺、阎平凡、赵南元、张学工和张长水等教授和副教授组成的改写小组,并由张学工副教授负责第二版的出版组织工作。其中,赵南元教授对原书绪论进行了改写,赵南元、阎平凡教授和张学工副教授参与了人工神经网络一章的编写,张学工副教授撰写了关于统计学习理论和模糊集方面的两章内容,张长水副教授撰写了有关遗传算法和模拟退火算法等方面的内容以及模式识别在人脸识别、说话人语音识别和字符识别中应用的举例。张学工副教授还对原书内容进行了仔细的审读,对其中的错误加以改正,对原书中叙述不适当的地方也进行了必要的修改,并增加了少量评述。

我们希望本书第二版的出版,不仅给学习统计模式识别课程的高年级学生和研究生提供一本内容比较全面的教材,而且也为广大从事模式识别实际应用的科学工作者和技术人员提供一本可读性较好的参考书。当然,由于模式识别涉及到很多学科领域,我们的实践经验和理论水平都有其局限性,本书还会存在不少不足的地方,敬请读者在阅读本书时,能不断地给我们提出宝贵的建议和对有错误的地方进行指正,以在今后再版时加以改进。

本教材的编写得到了国家自然科学基金的资助(项目编号 69885004)。

边肇祺

1999年9月于清华园

第一版前言

这本教材是清华大学自动化系信息处理和模式识别教研组在近几年给大学生和研究生讲授“模式识别”课程的基础上,参考了国外同类教材及有关文献编写而成,重点讨论统计识别方法。为了使读者能够对模式识别的应用有一定的了解,本书最后两章讨论了模式识别在一维数字波形和二维数字图像中的应用。这一部分内容在很大程度上涉及到数字信号处理和数字图像处理中的一些方法,因此只是为了给有兴趣的读者作参考,讲授时完全可以略去而不影响对全书的理解。

本书是在常迥教授的热情支持和帮助下写成的,参加编写的有边肇祺、阎平凡、杨存荣、高林、刘松盛和汤之永等同志。边肇祺、阎平凡和杨存荣对全书原稿进行了大量修改和校正。我们在编写过程中反复进行讨论,力求把这本教材写好,但仍会有错漏之处。希望读者能及时把发现的问题告诉我们,并希望为今后进一步提高本书的质量提出宝贵意见。

目 录

第二版前言	(V)
第一版前言	(VII)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 模式识别和模式的概念	(1)
1.2 模式识别系统	(2)
1.3 关于模式识别的一些基本问题	(3)
1.4 关于本书的内容安排	(8)
第 2 章 贝叶斯决策理论	(9)
2.1 引言	(9)
2.2 几种常用的决策规则	(9)
2.2.1 基于最小错误率的贝叶斯决策	(9)
2.2.2 基于最小风险的贝叶斯决策	(13)
2.2.3 在限定一类错误率条件下使另一类错误率为最小的两类别决策	(16)
2.2.4 最小最大决策	(18)
2.2.5 序贯分类方法	(20)
2.2.6 分类器设计	(20)
2.3 正态分布时的统计决策	(24)
2.3.1 正态分布概率密度函数的定义及性质	(24)
2.3.2 多元正态概率型下的最小错误率贝叶斯判别函数和决策面	(30)
2.4 关于分类器的错误率问题	(34)
2.4.1 在一些特殊情况下错误率的理论计算	(35)
2.4.2 错误率的上界	(38)
2.5 讨论	(42)
习题	(43)
第 3 章 概率密度函数的估计	(46)
3.1 引言	(46)
3.2 参数估计的基本概念	(47)
3.2.1 最大似然估计	(48)
3.2.2 贝叶斯估计和贝叶斯学习	(50)
3.3 正态分布的监督参数估计	(54)
3.3.1 最大似然估计示例	(54)
3.3.2 贝叶斯估计和贝叶斯学习示例	(55)

3.4	非监督参数估计	(59)
3.4.1	非监督最大似然估计中的几个问题	(59)
3.4.2	正态分布情况下的非监督参数估计	(62)
3.5	总体分布的非参数估计	(65)
3.5.1	基本方法	(65)
3.5.2	Parzen 窗法	(67)
3.5.3	k_N -近邻估计	(71)
3.6	关于分类器错误率的估计问题	(72)
3.6.1	关于已设计好分类器时错误率的估计问题	(73)
3.6.2	关于未设计好分类器时错误率的估计问题	(75)
3.7	讨论	(80)
	习题	(81)
第4章	线性判别函数	(83)
4.1	引言	(83)
4.1.1	线性判别函数的基本概念	(84)
4.1.2	广义线性判别函数	(85)
4.1.3	设计线性分类器的主要步骤	(87)
4.2	Fisher 线性判别	(87)
4.3	感知准则函数	(91)
4.3.1	几个基本概念	(91)
4.3.2	感知准则函数及其梯度下降算法	(93)
4.4	最小错分样本数准则	(95)
4.4.1	解线性不等式组的共轭梯度法	(95)
4.4.2	解线性不等式组的搜索法	(98)
4.5	最小平方误差准则函数	(101)
4.5.1	平方误差准则函数及其伪逆解	(101)
4.5.2	MSE 准则函数的梯度下降算法	(104)
4.5.3	随机 MSE 准则函数及其随机逼近算法	(104)
4.6	随机最小错误率线性判别准则函数	(106)
4.6.1	随机最小错误率线性判别准则函数	(106)
4.6.2	关于 $J_{\sigma}(\alpha)$ 准则的随机逼近算法	(109)
4.6.3	设计考虑和应用实例	(111)
4.7	多类问题	(112)
4.7.1	多类问题的基本概念	(112)
4.7.2	决策树简介	(113)
4.8	讨论	(117)
	习题	(117)
第5章	非线性判别函数	(120)

5.1	分段线性判别函数的基本概念	(120)
5.1.1	基于距离的分段线性判别函数	(120)
5.1.2	分段线性判别函数	(121)
5.1.3	分段线性分类器设计的一般考虑	(122)
5.2	用凹函数的并表示分段线性判别函数	(124)
5.2.1	分段线性判别函数的表示	(124)
5.2.2	算法步骤	(126)
5.3	用交遇区的样本设计分段线性分类器	(129)
5.3.1	算法基本思想	(129)
5.3.2	紧互对原型对与交遇区	(129)
5.3.3	局部训练法	(130)
5.3.4	决策规则	(131)
5.4	二次判别函数	(133)
	习题	(134)
第6章	近邻法	(136)
6.1	最近邻法	(136)
6.1.1	最近邻决策规则	(136)
6.1.2	最近邻法的错误率分析	(136)
6.2	k -近邻法	(140)
6.3	关于减少近邻法计算量和存储量的考虑	(142)
6.3.1	近邻法的快速算法	(142)
6.3.2	剪辑近邻法	(145)
6.3.3	压缩近邻法	(153)
6.4	可做拒绝决策的近邻法	(154)
6.4.1	具有拒绝决策的 k -近邻法	(154)
6.4.2	具有拒绝决策的剪辑近邻法	(154)
6.5	最佳距离度量近邻法	(156)
	习题	(159)
第7章	经验风险最小化和有序风险最小化方法	(161)
7.1	平均风险最小化和经验风险最小化	(161)
7.2	有限事件类情况	(162)
7.3	线性分界权向量数的估计	(163)
7.4	事件出现频率一致收敛于其概率的条件	(164)
7.5	生长函数的性质	(165)
7.6	经验最优判决规则偏差的估计	(166)
7.7	经验最优判决规则偏差估计的改进	(167)
7.8	有序风险最小化方法	(168)
7.8.1	判决规则选择准则	(169)

7.8.2 几种判决规则类的排序方法	(170)
7.9 讨论	(173)
习题	(174)
第8章 特征的选择与提取	(176)
8.1 基本概念	(176)
8.1.1 问题的提出	(176)
8.1.2 一些基本概念	(176)
8.2 类别可分离性判据	(178)
8.2.1 用于可分性判据的类内类间距离	(178)
8.2.2 基于概率分布的可分性判据	(180)
8.2.3 基于熵函数的可分性判据	(183)
8.2.4 类别可分离性判据的直接应用举例	(184)
8.3 特征提取	(185)
8.3.1 按欧氏距离度量的特征提取方法	(185)
8.3.2 按概率距离判据的特征提取方法	(189)
8.3.3 用散度准则函数的特征提取器	(192)
8.3.4 多类情况	(193)
8.3.5 基于判别熵最小化的特征提取	(195)
8.3.6 两维显示	(197)
8.4 特征选择	(198)
8.4.1 最优搜索算法	(199)
8.4.2 次优搜索法	(202)
8.4.3 可分性判据的递推计算	(204)
8.5 特征选择的几种新方法	(205)
8.5.1 模拟退火算法	(205)
8.5.2 Tabu 搜索算法	(207)
8.5.3 遗传算法	(208)
习题	(210)
第9章 基于K-L展开式的特征提取	(212)
9.1 傅里叶级数展开式	(212)
9.2 K-L 展开式	(213)
9.3 K-L 展开式的性质	(215)
9.3.1 展开系数	(215)
9.3.2 表示熵	(215)
9.3.3 总体熵	(217)
9.4 K-L 坐标系的产生矩阵	(218)
9.5 从类平均向量中提取判别信息	(218)
9.6 包含在类平均向量中判别信息的最优压缩	(220)

9.7	包含在类中心化特征向量中判别信息的提取	(221)
9.8	用于非监督模式识别问题中的特征提取	(223)
9.9	K-L 变换在人脸自动识别研究中的一个应用	(223)
9.9.1	图像的归一化	(224)
9.9.2	K-L 变换	(224)
9.9.3	特征向量的选取	(226)
9.10	讨论	(227)
	习题	(228)
第 10 章	非监督学习方法	(230)
10.1	引言	(230)
10.2	单峰子集(类)的分离方法	(230)
10.2.1	投影方法	(230)
10.2.2	基于对称集性质的单峰子集分离法	(232)
10.2.3	单峰子集分离的迭代算法	(233)
10.3	类别分离的间接方法	(234)
10.3.1	动态聚类方法	(235)
10.3.2	近邻函数准则算法	(241)
10.4	分级聚类方法	(244)
10.5	非监督学习方法中的一些问题	(247)
	习题	(248)
第 11 章	人工神经网络	(250)
11.1	引言	(250)
11.2	人工神经元	(251)
11.2.1	生物神经元	(251)
11.2.2	人工神经元	(251)
11.2.3	神经元的学习算法	(253)
11.3	前馈神经网络及其主要算法	(253)
11.3.1	前馈神经网络	(253)
11.3.2	感知器	(253)
11.3.3	三层前馈网络	(254)
11.3.4	反向传播算法(BP 法)	(254)
11.3.5	径向基函数网络	(257)
11.4	竞争学习和侧抑制	(258)
11.5	自组织特征映射	(259)
11.6	Hopfield 网络	(261)
11.6.1	离散 Hopfield 网络	(261)
11.6.2	联想存储器	(263)
11.6.3	优化计算	(263)

11.6.4	连续时间 Hopfield 网络	(264)
11.7	神经网络模式识别的典型做法	(265)
11.7.1	多层前馈网络用于模式识别	(265)
11.7.2	自组织网络用于模式识别	(266)
11.8	前馈神经网络与统计模式识别的关系	(267)
11.8.1	隐层的特征提取作用	(267)
11.8.2	神经网络与贝叶斯分类器	(270)
11.9	讨论	(271)
第 12 章	模糊模式识别方法	(273)
12.1	引言	(273)
12.2	模糊集的基本知识	(273)
12.3	模糊特征和模糊分类	(275)
12.3.1	模糊化特征	(276)
12.3.2	结果的模糊化	(276)
12.4	特征的模糊评价	(277)
12.4.1	模糊程度的度量	(277)
12.4.2	特征的模糊评价	(278)
12.5	模糊聚类方法	(280)
12.5.1	模糊 C 均值算法	(280)
12.5.2	改进的模糊 C 均值算法	(281)
12.6	模糊 k 近邻分类器	(282)
12.7	讨论	(283)
第 13 章	统计学习理论和支持向量机	(284)
13.1	引言	(284)
13.2	机器学习的基本问题和方法	(285)
13.2.1	机器学习问题的表示	(285)
13.2.2	经验风险最小化	(286)
13.2.3	复杂性与推广能力	(287)
13.3	统计学习理论的核心内容	(288)
13.3.1	学习过程一致性的条件	(288)
13.3.2	函数集的学习性能与 VC 维	(290)
13.3.3	推广性的界	(293)
13.3.4	结构风险最小化	(295)
13.4	支持向量机	(296)
13.4.1	最优分类面	(296)
13.4.2	广义最优分类面	(298)
13.4.3	规范化超平面集的子集结构	(299)
13.4.4	支持向量机	(299)

13.5	讨论	(303)
第 14 章	模式识别在语音信号数字处理中的应用举例	(305)
14.1	说话人识别概述	(305)
14.2	语音信号及其几个特性	(306)
14.3	短时基音周期的估计	(310)
14.4	一个说话人识别系统举例	(312)
14.5	讨论	(314)
第 15 章	印刷体汉字识别中的特征提取	(315)
15.1	印刷体汉字识别的基本知识	(315)
15.2	印刷体汉字的统计特性及分析	(317)
15.3	文字的归一化	(321)
15.4	印刷体汉字识别中的一些特征	(323)
15.5	分类问题	(327)
15.6	判别准则	(328)
15.7	讨论	(329)
主要参考书目		(330)
附录 A	几种最优化算法	(331)
A.1	梯度(下降)法	(331)
A.2	牛顿法	(332)
A.3	共轭梯度法	(333)
A.4	Lagrange 乘子法	(335)
A.5	随机逼近法	(336)

第 1 章 绪 论

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,推动了人工智能系统的发展,扩大了计算机应用的可能性。几十年来,模式识别研究取得了大量的成果,在很多地方得到了成功的应用。但是,由于模式识别涉及到很多复杂的问题,现有的理论和方法对于解决这些问题还有很多不足之处。为了使读者更好地掌握后面各章的内容,对这些内容的有效性和局限性有较全面的认识,正确地使用这些理论和方法,进而研究新的理论和方法,本章主要讨论模式识别的一些基本概念和问题,以利于对模式识别的现状与未来的发展方向有更全面的了解。

1.1 模式识别和模式的概念

我们在生活中时时刻刻都在进行模式识别。环顾四周,我们能认出周围的物体是桌子、椅子,能认出对面的人是张三、李四;听到声音,我们能区分出是汽车驶过还是玻璃碎裂,是猫叫还是人语,是谁在说话,说的是什么内容;闻到气味,我们能知道是炸带鱼还是臭豆腐。我们所具备的这些模式识别的能力看起来极为平常,谁也不会对此感到惊讶,就连猫狗也能认识它们的主人,更低等的动物也能区别食物和敌害。因此过去的心理学家也没有注意到模式识别的能力是个值得研究的问题,就像苹果落地一样见惯不惊。只有在计算机出现之后,当人们企图用计算机来实现人或动物所具备的模式识别的能力时,它的难度才逐步为人们所认识。本书讨论的模式识别是指用计算机实现人的模式识别能力。由于目前计算机的模式识别在多数方面还远不如人,因此研究人脑中的模式识别过程对提高机器的能力是有益的;反之,研究机器模式识别的能力对于理解人脑中的过程也有很大帮助,认知心理学的很多新模型即得益于此。

什么是模式呢?广义地说,存在于时间和空间中可观察的事物,如果我们可以区别它们是否相同或是否相似,都可以称之为模式。但模式所指的不是事物本身,而是我们从事物获得的信息。因此,模式往往表现为具有时间或空间分布的信息。由于本书主要讨论的是用计算机进行模式识别,信息进入计算机之前通常要经过取样和量化,在计算机中具有时空分布的信息表现为向量即数组。数组中元素的序号可以对应时间与空间,也可以对应其他的标识。例如,医生根据各项化验指标判断疾病种类的模式识别过程中,各种化验项目并不对应实际的时间或空间。因此,对于上面所说的时间与空间应作更广义、更抽象的理解。

人们为了掌握客观事物,按事物相似的程度组成类别。模式识别的作用和目的就在于面对某一具体事物时将其正确地归入某一类别。例如,数字“4”可以有各种不同的字体或写法,但它们都属于同一类,即使我们看到从未见过的某种写法的“4”,也能正确地将其分到“4”这

一类别中去。从不同角度看人脸,视网膜上的成像也不同,但我们可以识别出这个人是谁,把所有不同角度的像都归入某个人这一类。如果给每个类命名,并且用特定的符号来表达这个名字,那么模式识别可以看成是从具有时间和空间分布的信息向着符号所作的映射。

通常,我们把通过对具体的个别事物进行观测所得到的具有时间和空间分布的信息称为模式,而把模式所属的类别或同一类中模式的总体称为模式类(或简称为类)。也有人习惯于把模式类称为模式,而把个别具体的模式称为样本,这种用词的不同可以从上下文弄清其含义,并不会引起误解。

1.2 模式识别系统

有两种基本的模式识别方法,即统计模式识别方法和结构(句法)模式识别方法,与此相应的模式识别系统都由两个过程所组成,即设计和实现。设计是指用一定数量的样本(叫作训练集或学习集)进行分类器的设计。实现是指用所设计的分类器对待识别的样本进行分类决策。^① 本书只讨论统计模式识别方法。基于统计方法的模式识别系统主要由 4 个部分组成:数据获取,预处理,特征提取和选择,分类决策,如图 1.1 所示。

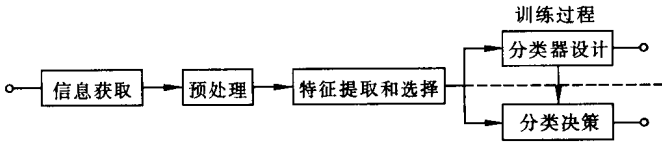


图 1.1 模式识别系统的基本构成

下面我们简单地对这几个部分作些说明。

1. 数据获取

为了使计算机能够对各种现象进行分类识别,要用计算机可以运算的符号来表示所研究的对象。通常输入对象的信息有下列 3 种类型,即

- (1) 二维图像 如文字、指纹、地图、照片这类对象。
- (2) 一维波形 如脑电图、心电图、机械震动波形等。

(3) 物理参量和逻辑值 前者如在疾病诊断中病人的体温及各种化验数据等;后者如对某参量正常与否的判断或对症状有无的描述,如疼与不疼,可用逻辑值即 0 和 1 表示。在引入模糊逻辑的系统中,这些值还可以包括模糊逻辑值,比如很大、大、比较大等。

通过测量、采样和量化,可以用矩阵或向量表示二维图像或一维波形。这就是数据获取的过程。

2. 预处理

预处理的目的是去除噪声,加强有用的信息,并对输入测量仪器或其他因素所造成的退

^① 这里指的是监督模式识别,即有训练样本情况下的模式识别。在没有训练样本的情况下,分类器设计也只能依靠待识别样本集进行,通常设计和决策综合在一起完成,称作非监督模式识别,将在第 10 章中专门介绍。

化现象进行复原。

3. 特征提取和选择

由图像或波形所获得的数据量是相当大的。例如,一个文字图像可以有几千个数据,一个心电图波形也可能有几千个数据,一个卫星遥感图像的数据量就更大。为了有效地实现分类识别,就要对原始数据进行变换,得到最能反映分类本质的特征。这就是特征提取和选择的过程。一般我们把原始数据组成的空间叫测量空间,把分类识别赖以进行的空间叫特征空间,通过变换,可把在维数较高的测量空间中表示的模式变为在维数较低的特征空间中表示的模式。在特征空间中的一个模式通常也叫做一个样本,它往往可以表示为一个向量,即特征空间中的一个点。

4. 分类决策

分类决策就是在特征空间中用统计方法把被识别对象归为某一类别。基本作法是在样本训练集基础上确定某个判决规则,使按这种判决规则对被识别对象进行分类所造成的错误识别率最小或引起的损失最小。

本书主要讨论第3和第4部分的理论基础和方法,第1和第2部分是数字信号处理和图像处理等课程的研究课题,而且一般与所研究的具体问题有关,本书中只在第14章和第15章中给出几个实例。

1.3 关于模式识别的一些基本问题

本节讨论与模式识别有关的一些基础性问题,由于这些问题多数还没有满意的解决方法,所以不能在正文中讨论;但这些困难的问题对于模式识别来说又很重要,因此,在此作简单的说明对于更深入地理解和进一步发展模式识别的理论和技术的有益的。

1. 模式类的紧致性

为了能在某个空间中进行分类,通常假设同一类的各个模式在该空间中组成一个紧致集。从这个紧致集中的任何一点可以均匀地过渡到同一集中的另外一点,而在过渡途中的所有各点都仍然属于这个紧致集即属于同一模式类。此外当紧致集中各点在任意方向有某些不大的移动(相应于被观察现象有某些微小的变形)时它仍然属于这个集合。为说明上述假设的意义,我们比较详细地研究一下样本集紧致性的概念。假定如图1.2所示,在三维空间中给定具有坐标000,001,010,011,100,101,110,111的点集。我们希望用平面把它分成两个集合 A_1 和 A_2 。显然解决这个问题的复杂性和这两个集合的组成情况有关。例如,假若 A_1 由点111,101,110,011组成,而 A_2 由点000,010,100,001组成,则只要用一个平面就能把这两个点集分开。假若 A_1 由一个点000组成, A_2 由一个点111组成,那么把它分开

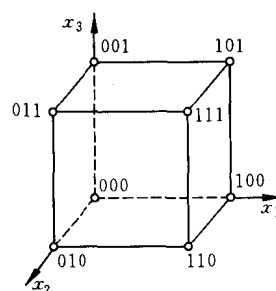


图 1.2 样本集紧致性
概念举例