

模式识别

—概念、原理（算法）及其应用

余映
云南大学信息学院

引言

余映 云南大学

2

授课对象

- 计算机技术专业硕士研究生的专业选修课
- 信息与通信工程专业硕士研究生的专业选修课
- 控制工程专业硕士研究生的专业必修课

余映 云南大学

3

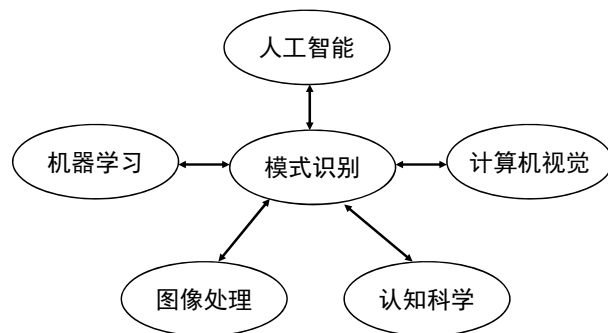
模式识别的基础学科

- 统计学
- 概率论
- 线性代数（矩阵计算）
- 优化方法
- 形式语言

余映 云南大学

4

模式识别的相关学科



余 映 云南大学

5

教学方法

- 着重讲述模式识别的基本概念、基本方法和算法原理。
- 注重理论与实践的结合
 - 通过一些实例讲述如何将专业知识运用到实际之中。
- 避免引用过多繁琐的数学推导。

余 映 云南大学

6

教学目标

- 掌握模式识别的基本概念和方法
- 有效地运用所学的知识和方法解决实际问题
- 为研究新的模式识别的理论和方法打下基础

余 映 云南大学

7

题外话

- 基本：完成课程学习，通过考试，获得学分。
- 提高：能够将所学知识和内容用于课题研究，能够解决实际问题，完成毕业论文。
- 飞跃：通过模式识别的学习，改进思维方式，为将来的工作打好基础，终身受益。

余 映 云南大学

8

参考文献

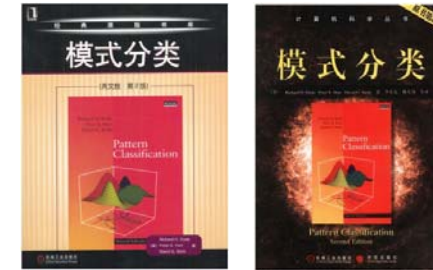
- R. Duda, P. Hart, D. Stork, Pattern Classification, 2nd edition, 2000 (有中译本)
- Theodoridis et. al. Pattern Recognition, 4th edition, 2009 (有中译本)
- 边肇祺, 张学工, 模式识别 (第二、三版), 清华大学出版社, 2000, 2010。
- 蔡元龙, 模式识别, 西北电讯工程学院出版社, 1986。

余 映 云南大学

9

参考书

- R. Duda, P. Hart, D. Stork, Pattern Classification, 2nd edition, 2000 (有中译本)



余 映 云南大学

10

参考书

- Theodoridis et. al. Pattern Recognition, 4th edition, 2009 (有中译本)



余 映 云南大学

11

参考书

- 边肇祺, 张学工, 模式识别 (第二、三版), 清华大学出版社, 2000, 2010。



余 映 云南大学

12

机构、会议、刊物

- 1973年IEEE发起了第一次关于模式识别的国际会议“ICPR”（此后两年一次），成立了国际模式识别协会——“IAPR”
- 1977年IEEE成立PAMI委员会，创立IEEE Trans. on PAMI，并支持ICCV，CVPR两个会议
- 其他刊物
 - International Journal of Computer Vision
 - Pattern Recognition (PR) 英国办
 - Pattern Recognition Letters (PRL) 英国办 和前者属同一机构

余 映 云南大学

13

机构、会议、刊物（续）

- 其他刊物（续）
 - Pattern Analysis and Application (PAA) 数学味道重，理论性很强
 - International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence (IJPRAI) 美国刊物，水平一般
 - IEEE Trans. on Neural Network
 - Neural Network
 - Neurocomputing
 - Cognitive Neurodynamics
 - Neural Computation

余 映 云南大学

14

机构、会议、刊物（续）

- 国内刊物
 - 模式识别与人工智能
 - 计算机辅助设计与图形学学报
 - 红外与毫米波
 - 电子学报
 - 计算机学报

余 映 云南大学

15

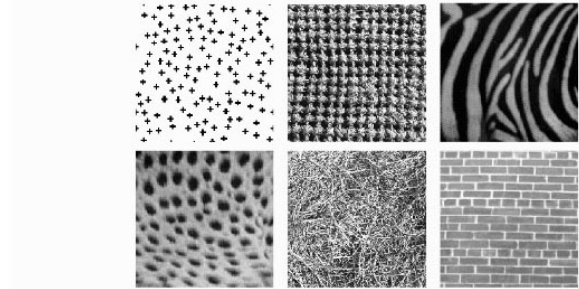
第一章 模式识别概论

余 映 云南大学

16

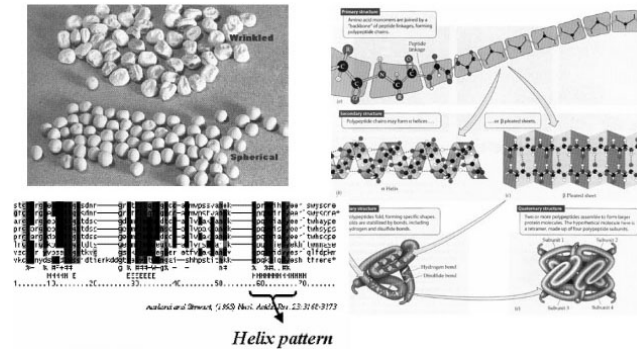
什么是模式（Pattern）？

Texture Patterns:



Textures are the richest pattern created in nature, perceptually each class of texture has some common features—regularities, and it also contains non-deterministic characteristics.

常见模式举例



余映 云南大学

18

常见模式举例（续）

- 人脸模式
 - 共性：“人脸”作为一类目标区别于其他
 - 个性：每个人作为一类区别于其他人



什么是模式？

- 广义地说，存在于时间和空间中可观察的物体，如果我们可以区分它们是否相同或是否相似，都可以称之为模式。
- 模式所指定不是事物本身，而是从事物获得的信息，因此，模式往往表现为具有时间和空间分布的信息。
- 模式的直观特性：
 - 可观察性
 - 可区分性
 - 相似性

余映 云南大学

20

模式识别的概念

- 模式识别 - 直观, 无所不在, “人以群分, 物以类聚”
 - 周围物体的认知: 桌子、椅子
 - 人的认识: 张三、李四 (人脸识别是经典问题)
 - 声音的辨别: 汽车、火车、狗叫、人语
 - 气味的辨别: 炸带鱼、红烧肉 (传感器不容易设计)
- 人和动物的模式识别能力是极其平常的, 但对计算机来说是非常困难的。(我们研究计算机的模式识别)

余 映 云南大学

21

模式识别的研究

- 目的: 利用计算机对物理对象进行分类, 在错误概率最小的条件下, 使识别的结果尽量与客观物体相符合。(以人做参照标准)
- $Y = F(X)$
 - X 的定义域取自特征集 (特征选择影响很大)
 - Y 的值域为类别的标号集
 - F 是模式识别的判别方法 (关键的研究点)

余 映 云南大学

22

模式识别简史

- 1929年 G Tauschek发明阅读机, 能够阅读0-9的数字。(欧洲, 当时科技比较发达)
- 30年代Fisher (搞数学的) 提出统计分类理论, 奠定了统计模式识别的基础。(后人在其基础上做了很多贡献, 不断完善, 发展比较好)
- 50年代Noam Chomsky (1928--)提出形式语言理论——傅京荪 (美籍华人) 提出句法结构模式识别。(后来没有很好的发展, 不好用, 作为模式识别的一个分支放在那儿)

余 映 云南大学

23

模式识别简史 (续)

- 60年代L. A. Zadeh (1921--)提出模糊集理论, 模糊模式识别方法得以发展和应用。(生活中很多东西都不是确定的, 把问题模糊化, 更贴近于实际)
- 80年代以Hopfield网、BP网为代表的神经网络模型导致人工神经网络复活, 并在模式识别得到较广泛的应用。(原来就有, 但沉寂了一段时间, 由于人们突然发现它好用, 能解决了一些难解决的问题, 所以一下子就热起来)
- 90年代小样本学习理论, 支持向量机也受到了很大的重视。

余 映 云南大学

24

模式识别的应用（举例）

- 生物学
 - 自动细胞学、染色体特征研究、遗传研究
- 天文学
 - 天文望远镜图像分析、自动光谱学
- 经济学
 - 股票交易预测、企业行为分析

余 映 云南大学

25

模式识别的应用（举例）

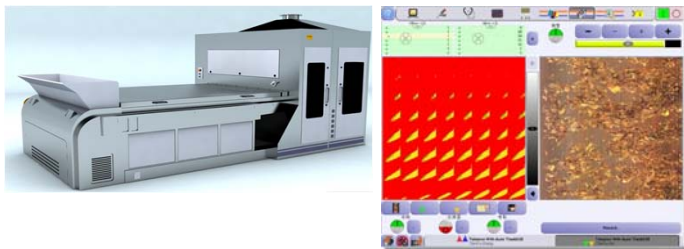
- 工程
 - 产品缺陷检测、特征识别、语音识别、自动导航系统、污染分析

余 映 云南大学

26

模式识别的应用（工程）

- 产品缺陷检测



余 映 云南大学

27

模式识别的应用（工程）

- 字符识别（Character Recognition）
 - 手写体
 - 印刷体
 - 汉字、英文、数字



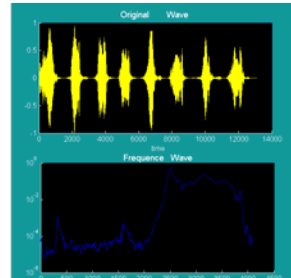
余 映 云南大学

28

模式识别的应用（工程）

- 语音识别 (Speech recognition)

- 说话人识别
- 语种识别
- 语音情感识别
- 特定人、非特定人
- 母语、非母语
- 孤立音、连续音



余映 云南大学

29

模式识别的应用（安全）

- 生物特征识别

- 包括指纹识别、掌纹识别、人脸识别、虹膜识别等
- 监视和报警系统



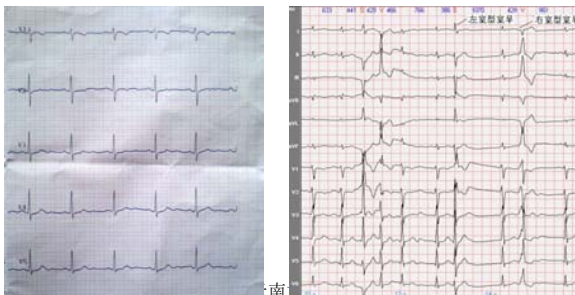
余映 云南大学

30

模式识别的应用（医学）

- 计算机辅助诊断(Computer-aided diagnosis)

- 心电图分析、脑电图分析



云南

模式识别的应用（医学）

- 计算机辅助诊断（提个问题）

- 医学图像分析：如超声图像



www.3d-jrcs.org

模式识别的应用（医学）

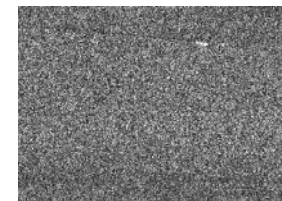
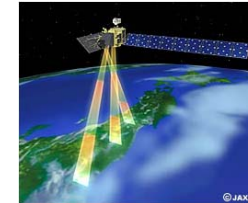
- 计算机辅助诊断（CAD）
 - 指通过影像学、医学图像处理技术以及其他可能的手段，结合计算机的分析计算，辅助影像科医师发现病灶，提高诊断的准确率。
 - 有人称CAD技术为医生的“第三只眼”，采用CAD系统有助于提高医生诊断的敏感性和特异性。

余 映 云南大学

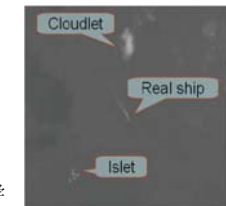
33

模式识别的应用（军事）

- 遥感图像分析
- 雷达和声纳信号检测
- 自动目标识别



云南大学



34

模式识别的方法

- 模式识别系统的目标：在特征空间和解释空间之间找到一种映射关系，这种映射也称之为假说。
- 特征空间：从模式得到的对分类有用的度量、属性或基元构成的空间。
- 解释空间：将 c 个类别表示为 $\omega_i \in \Omega, i = 1, 2, \dots, c$
- 其中 Ω 为所属类别的集合，称之为解释空间。

余 映 云南大学

35

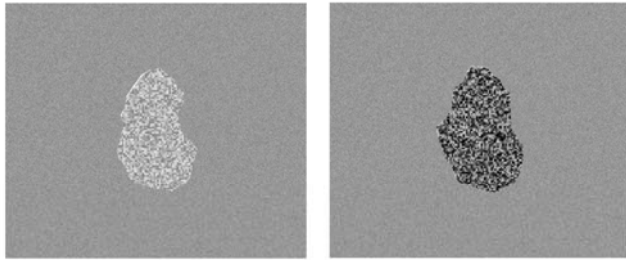
假说的两种获得方法

- 监督学习（概念驱动或归纳假说）：在特征空间中找到一个与解释空间的结构相对应的假说。在给定模式下假定一个解决方案，任何在训练集中接近目标的假说也都必须在“未知”的样本上得到近似的结果。
 - 依靠已知所属类别的训练样本集。按它们特征向量的分布来确定假说（通常为一个判别函数）。在判别函数确定之后能用它对未知的模式进行分类；
 - 对分类的模式要有足够的先验知识，通常需要采集足够数量的具有典型性的样本进行训练。

余 映 云南大学

36

监督学习图示



(a)

(b)

FIGURE 1.1

Examples of image regions corresponding to (a) class A and (b) class B.

余映 云南大学

37

监督学习图示

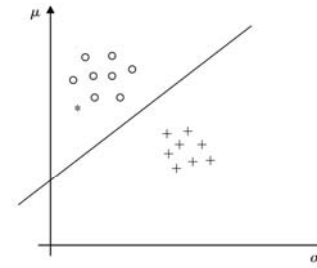


FIGURE 1.2

Plot of the mean value versus the standard deviation for a number of different images originating from class A (o) and class B (+). In this case, a straight line separates the two classes.

余映 云南大学

38

假说的两种获得方法（续）

- 非监督学习（数据驱动或演绎假说）：在解释空间中找到一个与特征空间的结构相对应的假说。这种方法试图找到一种只以特征空间中的相似关系为基础的有效假说。
 - 在没有先验知识的情况下，通常采用聚类分析方法，基于“物以类聚”的观点，用数学方法分析各特征向量之间的距离与分散情况；
 - 如果特征向量集聚集若干个群，可按群间距离远近把它们划分成类；
 - 这种按各类之间的亲疏程度的划分，若事先能知道应划分成几类，则可获得更好的分类结果。

余映 云南大学

39

举例



余映 云南大学

40

非监督学习图示

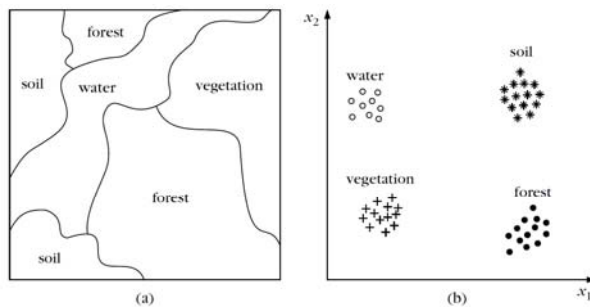


FIGURE 1.4

(a) An illustration of various types of ground cover and (b) clustering of the respective features for multispectral imaging using two bands.

余 映 云南大学

41

模式分类的主要方法

- 数据聚类
- 统计分类
- 结构模式识别
- 人工神经网络
- 模糊模式识别

余 映 云南大学

42

数据聚类

- 目标：用某种相似性度量的方法将原始数据组织成有意义的和有用的各种数据集。
- 是一种非监督学习的方法，解决方案是数据驱动的。

余 映 云南大学

43

统计分类

- 基于概率统计模型得到各类别的特征向量的分布，以取得分类的方法。
- 特征向量分布的获得是基于一个类别已知的训练样本集。
- 是一种监督分类的方法，分类器是概念驱动的。

余 映 云南大学

44

结构模式识别

- 该方法通过考虑识别对象的各部分之间的联系来达到识别分类的目的。
- 识别采用结构匹配的形式，通过计算一个匹配程度值（matching score）来评估一个未知的对象或未知对象某些部分与某种典型模式的关系如何。
- 当成功地制定出了一组可以描述对象部分之间关系的规则后，可以应用一种特殊的结构模式识别方法——句法模式识别，来检查一个模式基元的序列是否遵守某种规则，即句法规则或语法。

余 映 云南大学

45

人工神经网络

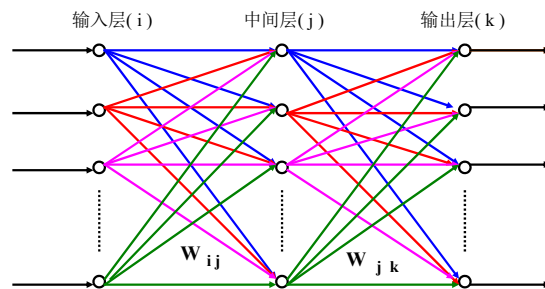
- 人工神经网络（ANN）是以认知科学和神经生物学的发展为基础而发展起来的。
- 由一组互相联系的计算单元（神经元）组成。相互间的联系可以在不同的神经元之间传递增强或抑制信号。
- 增强或抑制是通过调整神经元相互间联系的权重系数（weight）来实现。
- 神经网络可以实现监督和非监督学习下的分类。
- 对信号的处理和计算机模拟人的大脑。

余 映 云南大学

46

人工神经网络

- 最简单的人工神经网络模型



余 映 云南大学

47

人工神经网络

- 人工神经网络的特点
 - 分布式计算：每个神经元都是计算单元
 - 分布式存储：信息广泛分布于整个神经网络
 - 具有鲁棒性：个别神经元的计算错误或失效对网络输出的影响有限

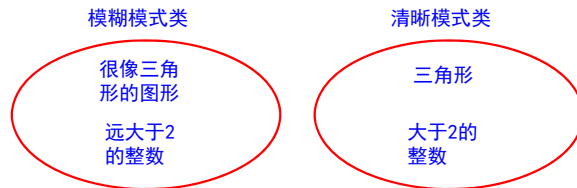
余 映 云南大学

48

模糊模式识别

- 模糊模式识别

- 基于模糊数学和统计分析的识别方法，在不能明确描述模式特征和结构的复杂模式识别问题中得到了成功应用



- 根据隶属度和模糊文法进行分类

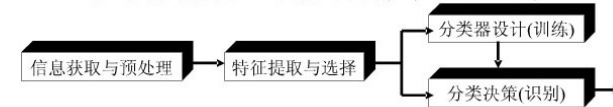
余映 云南大学

49

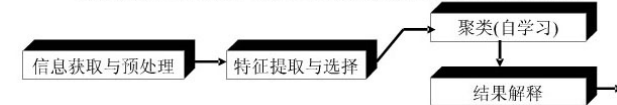
模式识别系统

- 模式识别系统的基本组成

- 有已知样本情况：监督模式识别(supervised PR)



- 无已知样本情况：非监督模式识别(unsupervised PR)



余映 云南大学

50

非监督PR的结果解释

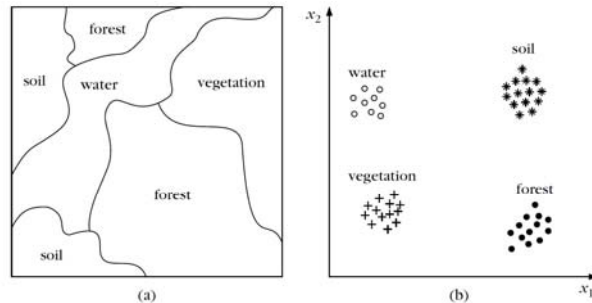


FIGURE 1.4

(a) An illustration of various types of ground cover and (b) clustering of the respective features for multispectral imaging using two bands.

余映 云南大学

51

模式识别系统组成单元

- 数据获取：用计算机可以运算的符号来表示所研究的对象
 - 二维图像：文字、指纹、地图、照片等
 - 一维波形：脑电图、心电图、地震波形等
 - 物理参量和逻辑值：体温、化验数据、参量正常与否的描述
- 预处理单元：去噪声，提取有用信息，并对输入测量仪器或其它因素所造成的退化现象进行复原

余映 云南大学

52

模式识别系统组成单元

- **特征提取和选择**：对原始数据进行变换，得到最能反映分类本质的特征。
 - 测量空间：原始数据组成的空间
 - 特征空间：分类识别赖以进行的空间
 - 模式表示：维数较高的测量空间—>维数较低的特征空间
- **分类决策**：在特征空间中用模式识别方法把被识别对象归为某一类别
 - 基本做法：在样本训练集基础上确定某个判决规则，使得按这种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(PR目的)。

余 映 云南大学

53

处理监督模式识别问题的一般步骤

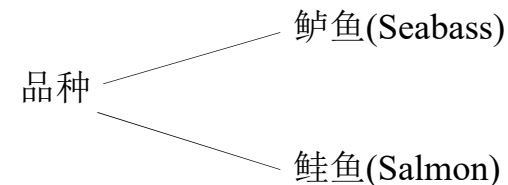
1. **分析问题**：看是否属于模式识别问题，把研究的目标抽象为类别；分析问题中哪些(可以观测的)因素可能与分类有关
2. **原始特征获取**：设计实验方法，得到已知样本，对这些样本实施观测和预处理，获取与样本分类有关的观测向量(原始特征)
3. **特征选择与提取**：为了更好地进行分类，对特征进行必要的提取与选择
4. **分类器设计**：利用已知样本设计(训练)某种分类器
5. **分类**：对未知样本，实施同样对信息获取与预处理、特征提取与选择，用设计对分类器进行识别

处理非监督模式识别问题的一般步骤

1. **分析问题**：看研究对目标是否可能抽象为若干类别；分析问题中哪些(可以观测的)因素可能与所关心对类别有关
2. **获取原始观测**：观测未知样本，获取原始特征
3. **特征提取与选择**：进行必要的特征提取与选择
4. **聚类分析**：采用某种方法将未知样本分类
5. **结果解释**：分析所得的类别与所关心的目标之间对关系；如问题需要，用同样的方法对新的未知样本进行分类

模式识别过程实例

- 在传送带上用光学传感器件对鱼按品种分类



余 映 云南大学

56

识别过程

- 数据获取：架设一个摄像机，采集一些样本图像，获取样本数据。
- 预处理：去噪声，用一个分割操作（图像分割是最经典问题，很难）把鱼和鱼之间以及鱼和背景之间分开。

余 映 云南大学

57

识别过程

- 特征提取和选择：对单个鱼的信息进行特征选择，从而通过测量某些特征来减少信息量
 - 长度
 - 亮度
 - 宽度
 - 鱼翅的数量和形状
 - 嘴的位置，等等
- 分类决策：把特征送入决策分类器

余 映 云南大学

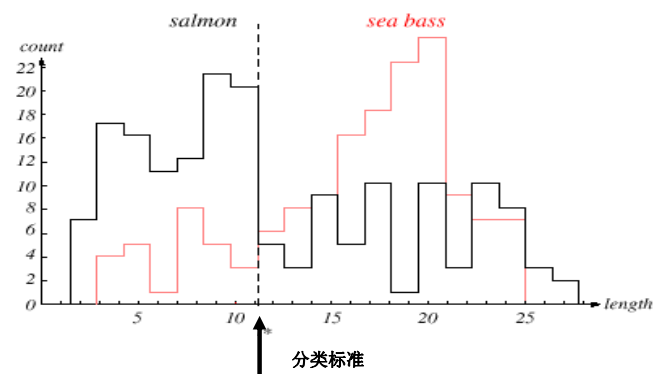
58

识别过程



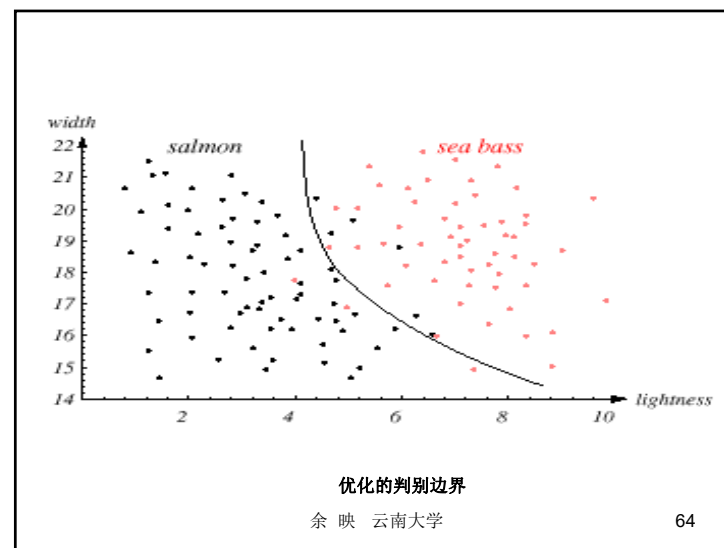
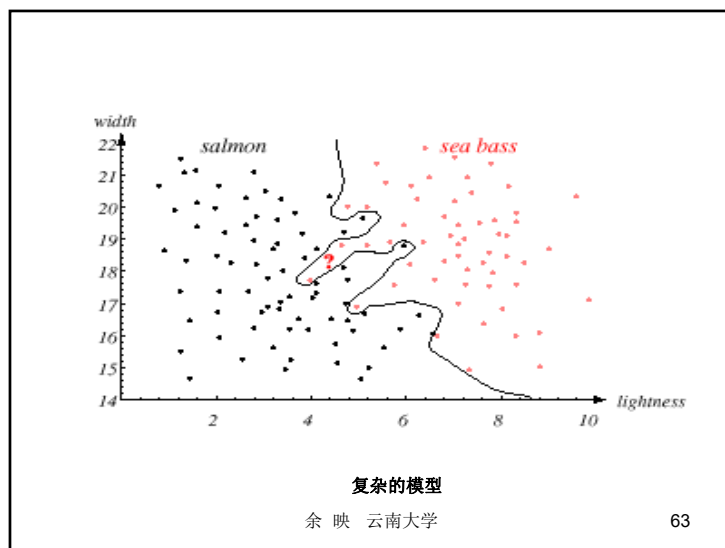
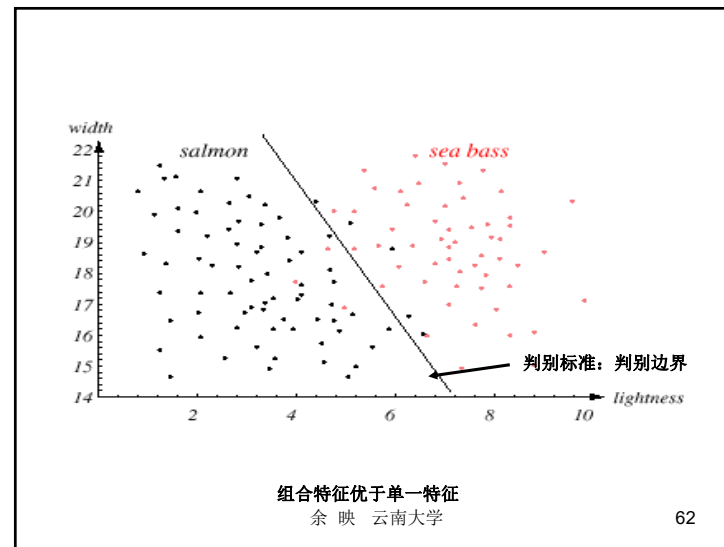
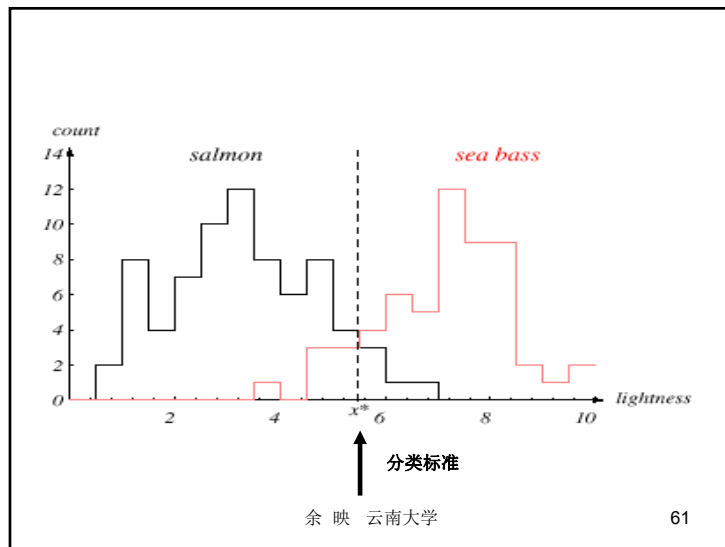
余 映 云南大学

59



余 映 云南大学

60

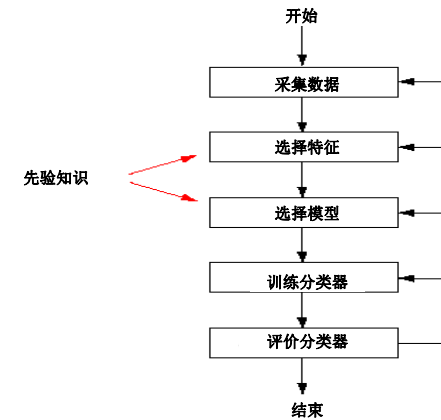


模式分类器的获取和评测过程

- 数据采集
- 特征选取
- 模型选择
- 训练和测试
- 计算结果和复杂度分析，反馈

余 映 云南大学

65



余 映 云南大学

66

训练和测试

- 训练集：是一个已知样本集，在监督学习方法中，用它来开发出模式分类器。
- 测试集：在设计识别和分类系统时没有用过的独立样本集。
- 系统评价原则：为了更好地对模式识别系统性能进行评价，必须使用一组独立于训练集的测试集对系统进行测试。

余 映 云南大学

67

实例：统计模式识别

- 19名男女同学进行体检，测量了身高和体重，但事后发现其中有4人忘记填写性别，试问（在最小错误的条件下）这4人是男是女？体检数值如下：

编 号	身高(cm)	体重(kg)	性 别	编 号	身高(cm)	体重(kg)	性 别
1	170	68	男	11	140	62	男
2	130	66	女	12	150	64	女
3	180	71	男	13	120	66	女
4	190	73	男	14	150	66	男
5	160	70	女	15	130	65	男
6	150	66	男	α	140	70	?
7	190	68	男	β	150	60	?
8	210	76	男	γ	145	65	?
9	100	58	女	δ	160	75	?
10	170	75	男				

实例：统计模式识别（续）

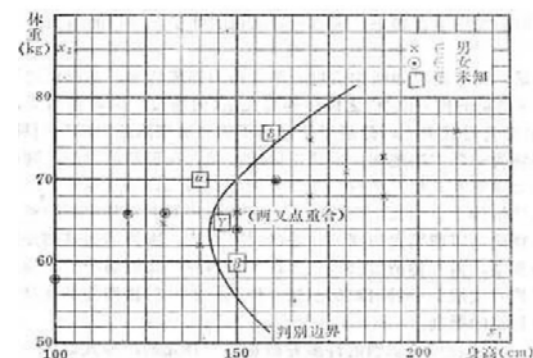
- 待识别的模式：性别（男或女）
- 测量的特征：身高和体重
- 训练样本：15名已知性别的样本特征
- 目标：希望借助于训练样本的特征建立判别函数（即数学模型）

余 映 云南大学

69

实例：统计模式识别（续）

- 由训练样本得到的特征空间分布图



70

实例：统计模式识别（续）

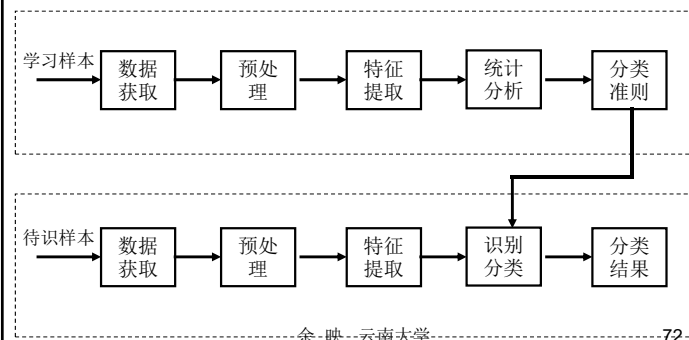
- 从图中训练样本的分布情况，找出男、女两类特征各自的聚类特点，从而求取一个判别函数（直线或曲线）。
- 只要给出待分类的模式特征的数值，看它在特征平面上落在判别函数的哪一侧，就可以判别是男还是女了。

余 映 云南大学

71

实例：统计模式识别（续）

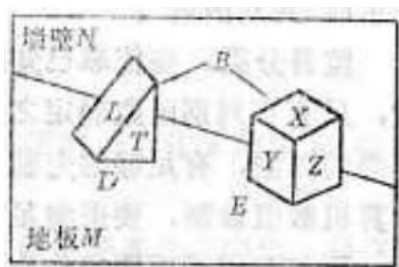
- 统计模式识别的一般过程



72

实例：句法模式识别

- 问题：如何利用对图像的结构信息描述，识别如下所示图片：



余 映 云南大学

73

实例：句法模式识别（续）

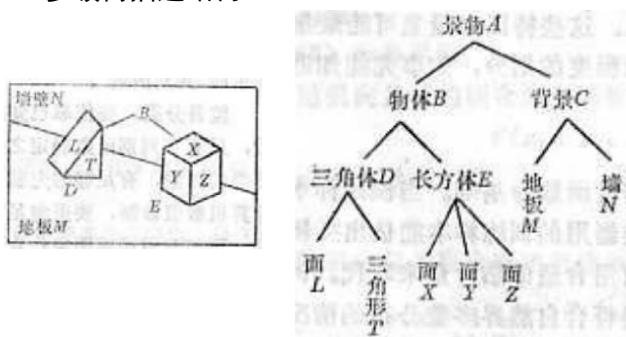
- 将整个场景图像结构分解成一些比较简单的子图像的组合；
- 子图像又用一些更为简单的基本图像单元来表示，直至子图像达到了我们认为的最简单的图像单元（基元）；
- 所有这些基元按一定的结构关系来表示，利用多级树结构对其进行描述（这种描述可以采用形式语言理论）。

余 映 云南大学

74

实例：句法模式识别（续）

- 多级树描述结构：



余 映 云南大学

75

实例：句法模式识别（续）

- 训练过程：
 - 用已知结构信息的图像作为训练样本，先识别出基元（比如场景图中的X、Y、Z等简单平面）和它们之间的连接关系（例如长方体E是由X、Y和Z三个面拼接而成），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。

余 映 云南大学

76

实例：句法模式识别（续）

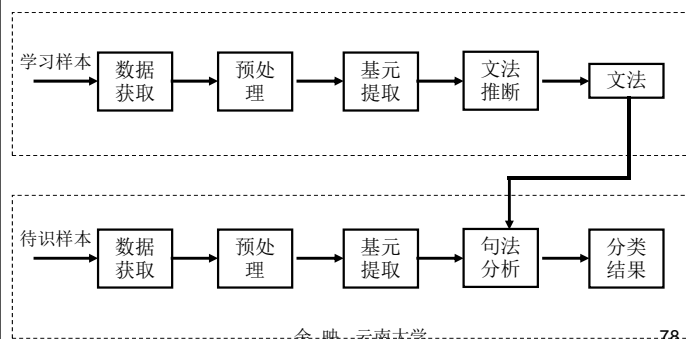
- 识别过程：
 - 先对未知结构信息的图像进行基元提取及其相互结构关系的识别；
 - 然后用训练过程获得的文法做句法分析；
 - 如果能被已知结构信息的文法分析出来，则该幅未知图像与训练样本具有相同的结构（识别成功），否则就不是这种结构（识别失败）。

余 映 云南大学

77

实例：句法模式识别（续）

- 句法模式识别的一般过程



余 映 云南大学

78

本门课程的主要内容

- 第1章 概论
- 第2章 贝叶斯决策理论
- 第4章 线性判别函数
- 第6章 近邻法
- 第9章 基于K-L变换的特征提取
- 第10章 非监督学习方法
- 第11章 人工神经网络
- 第12章 模糊模式识别方法
- 学生报告：模式识别的应用

余 映 云南大学

79

小结

- 模式和模式识别的概念
- 模式识别的发展简史和应用
- 模式识别的主要方法
- 模式识别的系统和实例

余 映 云南大学

80