



厦门大学信息学院 本科选修课

2021-2022 第二学期

模式识别

Pattern Recognition

主讲：王程



第一章 模式识别概论

- 1.1 什么是模式识别
- 1.2 模式识别的基本概念
- 1.3 模式识别系统（基本框架）
- 1.4 模式识别的历史与现状
- 1.5 模式识别方法
- 1.6 模式识别应用领域

1.1 什么是模式识别？



■ 模式识别的定义

Pattern recognition is the study of how **machines** can observe the environment, learn to **distinguish patterns** of **interest** from their **background**, and make sound and reasonable **decisions** about the categories of the patterns.

—— **Anil K. Jain, Michigan State University**

<http://www.cse.msu.edu/~jain/>

Ref: Anil K. Jain et al. Statistical Pattern Recognition: A Review. IEEE Trans. on pattern analysis and machine intelligence. 2000, 22(1):4-37

1.1 什么是模式识别？

- ◆ **目标识别（人脸识别）**：人在环顾四周的时候，可以认出周围的物体是桌子，椅子；能认出你的同学是张三还是李四；
- ◆ **语音识别**：听到声音，能够区分出是汽车喇叭还是火车鸣笛，是猫叫还是人在说话，是谁在说话；
- ◆ **文本分类**：通过阅读书籍，可以看出哪些属于艺术类书籍，哪些属于体育类书籍；
- ◆ **图像、视频识别**：看到图像和视频，可以立刻反映出来是动物的图片，或者讲述动物生活习性的视频；
- ◆ **人类所具备的这些认知能力非常的平常，但如何让计算机来模拟人的智能，可以同人类一样具备这种认知，学习这种模式识别能力是这门课关注的问题。**

1.1 什么是模式识别？

- ◆ **人的模式识别过程**：刚出生的小朋友，你不断地给他灌输知识反复训练他，比如，介绍一个动物，介绍这种动物的一些主要的特征，叫声，外形，颜色等，来反复地让他加深印象，下一次见到可以认出这种动物；
- ◆ **机器的模式识别过程**：如果让机器识别一个动物，需要将动物的抽象**特征提取**出一些机器可以识别的符号、向量，作为机器的输入；然后，建立一个**模型（分类器）**，让机器识别出来这是猫，这种动物是狗；
- ◆ 这里面就是**模式识别的两个核心：特征提取和分类器设计**，这门课也主要围绕这两大模块进行。因为每一种数据，每一种应用，都有各自的特点，所以要根据不同的应用，设计相应的特征提取方法和相应的分类器模型。

1.1 什么是模式识别？

Deep Blue



深蓝是美国**IBM**公司生产的一台**超级国际象棋电脑**，重1270公斤，有32个大脑（微处理器），每秒钟可以计算2亿步。“深蓝”输入了一百多年来优秀棋手的对局两百多万局。

1997年5月11日，“深蓝”超级电脑战胜了人类有史以来最伟大的国际象棋大师卡斯帕罗夫。这场举世瞩目的人机大战以计算机取胜而落下帷幕。

深蓝算法的核心是基于**暴力穷举**：生成所有可能的走法，然后执行尽可能深的搜索，并不断对局面进行评估，尝试找出较佳走法。包括走棋模块，评估模块，以及搜索控制器。

1.1 什么是模式识别？

正在与深蓝下棋的卡斯帕罗夫



1.1 什么是模式识别？

Watson



□2011年，Watson参加综艺节目危险边缘（Jeopardy）来测试它的能力，Watson赢得了第一笔奖金100万美元。

□它包括语音的识别，语义的理解，还有对答系统。首先需要语音的识别，他需要识别出，你说的是人工智能四个字，然后需要理解问题，因为语料库中的问题未必和主持人完全匹配，最后需要在语料库中找到相应的答案。

1.1 什么是模式识别？

小度



- ▣小度机器人诞生于**百度自然语言处理部**。依托于百度强大的人工智能，集成了自然语言处理、对话系统、语音视觉等技术；
- ▣2014年9月16日，小度机器人现身江苏卫视《芝麻开门》：40道涉及音乐，影视，历史，文学类型的题目全部答对；
- ▣2017年1月，小度参加江苏卫视《最强大脑》第四季；

1.1 什么是模式识别？

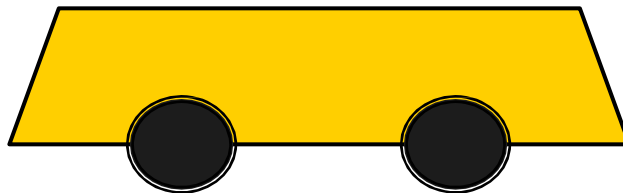
AlphaGo



- AlphaGo由谷歌（ Google ） 旗下 **DeepMind**公司开发。2016年3月，AlphaGo与围棋世界冠军、职业九段选手**李世石**比赛并获胜；
- 2016年末2017年初，该程序在中国棋类网站上以“ **大师**”（**Master**）为注册帐号与中日韩数十位围棋高手进行快棋对决，连续60局无一败绩。
- 2017年5月，战胜中国选手**柯洁**战胜。
- 2017年10月，发布**AlphaGo Zero**。
- 核心技术：深度学习+强化学习

1.1 什么是模式识别？

什么是模式？

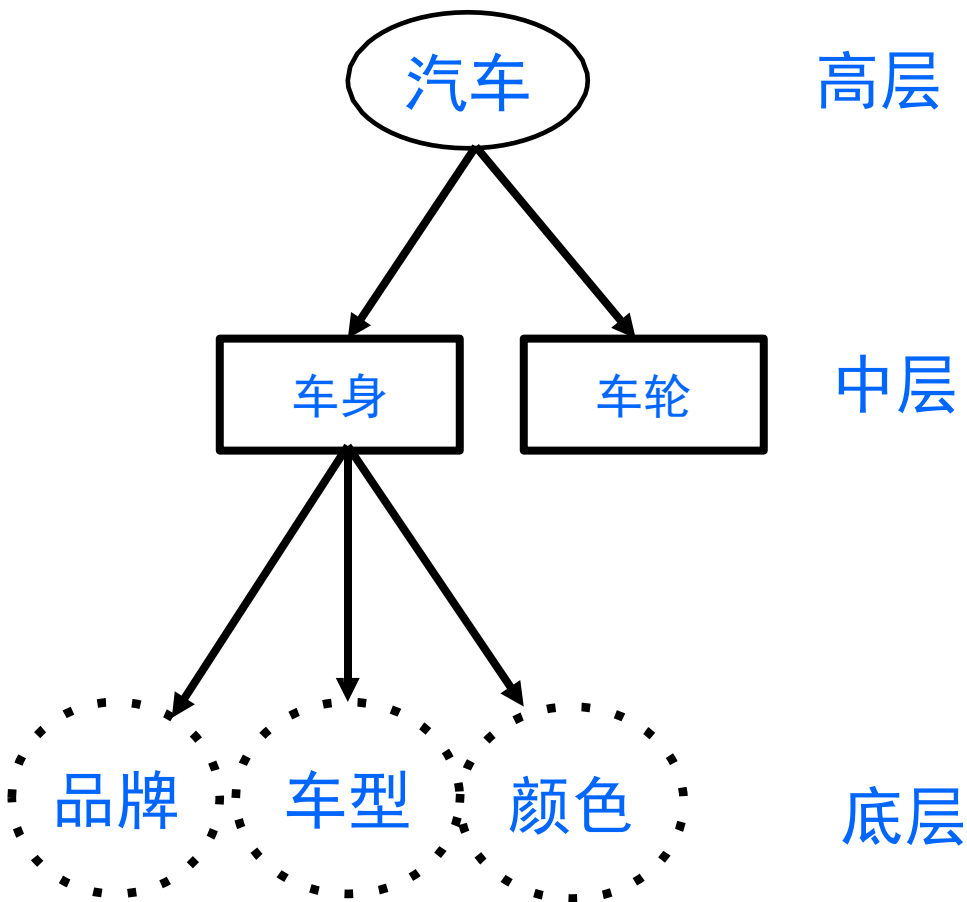


模板匹配



1.1 什么是模式识别？

什么是模式？



➤ 提取车的轮廓、颜色，这个属于来自图像本身的**底层特征**；

➤ 用底层特征来抽象到这种轮廓这种颜色的车身，它有几个车轮，上升到了**中层特征**；

➤ 有车身和四个车轮的这种物体，上升到汽车这样一个语义的层次。语义就是人类赋予它的一个定义，这是**高层特征**。

➤ **识别的过程是从底层，逐渐抽象到高层，这样的一个过程。**其中，汽车作为物体的一个类别属性，根据底层特征，抽象到中层特征，从而获取物体的类别属性，就是一个**模式分类的过程**。

1.1 什么是模式识别？

什么是模式？

- 广义地说，存在于物理空间、信息空间或者人类社会中可观察的物体，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**。
- 狭义地说，模式是对感兴趣的客体的定量的或结构的描述。
- **模式的直观特性：**
 - 可观察性
 - 可区分性
 - 相似性

1.1 什么是模式识别？

什么是识别？

- 模式识别的目的：利用**计算机**对物体（模式）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。
- $Y = F(X)$
 - X 的定义域取自特征集
 - Y 的值域为类别的标号集
 - F 是模式识别的判别方法

第一章 模式识别概论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别的基本概念

1.3 模式识别系统（基本框架）

1.4 模式识别的历史与现状

1.5 模式识别方法

1.6 模式识别应用领域

1.2 模式识别的基本概念

一个例子：鲈鱼和鲑鱼识别

- **问题：** 某鱼类制品罐头厂需将传送带上的鲈鱼和鲑鱼进行区分，以便于后续对鲈鱼和鲑鱼进行分别处理并装罐。



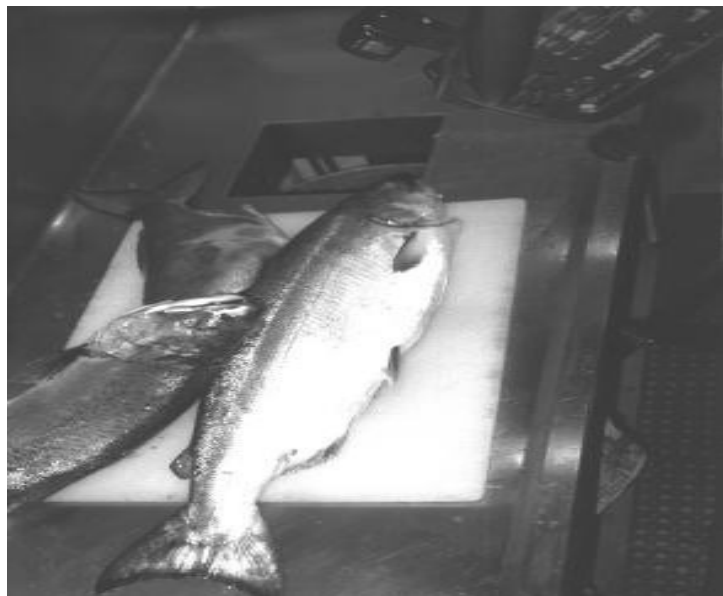
Sea bass: 鲈鱼



Salmon: 鲑鱼

1.2 模式识别的基本概念

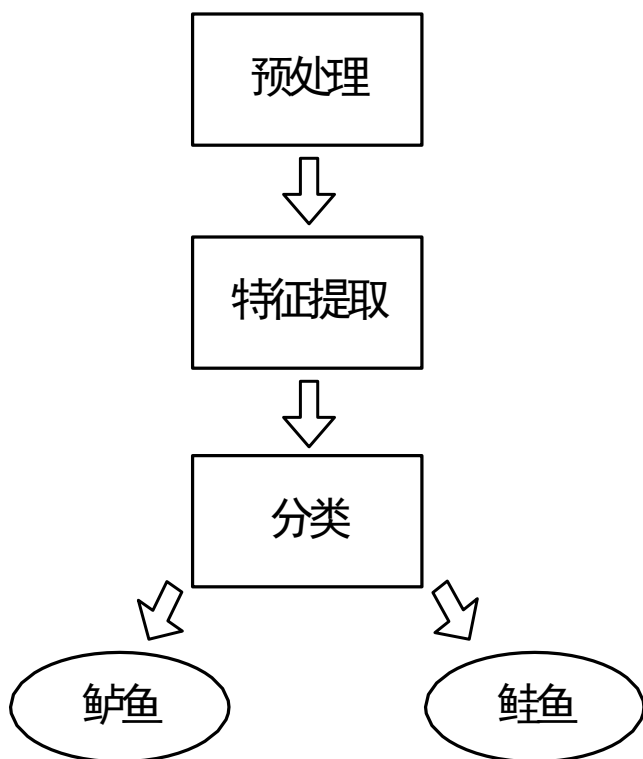
一个例子：鲈鱼和鲑鱼识别



1. 需要将鱼输入到计算机，我们搭建一个**摄像机**，然后拍摄很多鱼的照片收集起来；
2. 由于在传送带上，摄像机拍照，有背景，也有可能很多鱼交叠在一起，所以要**进行一个预处理**；
3. 需要对鱼的图像进行**特征提取**；比如，长度、光泽、宽度、鳍的数目与形状等；
4. 设计**分类器**，对鲈鱼和鲑鱼进行分类。

1.2 模式识别的基本概念

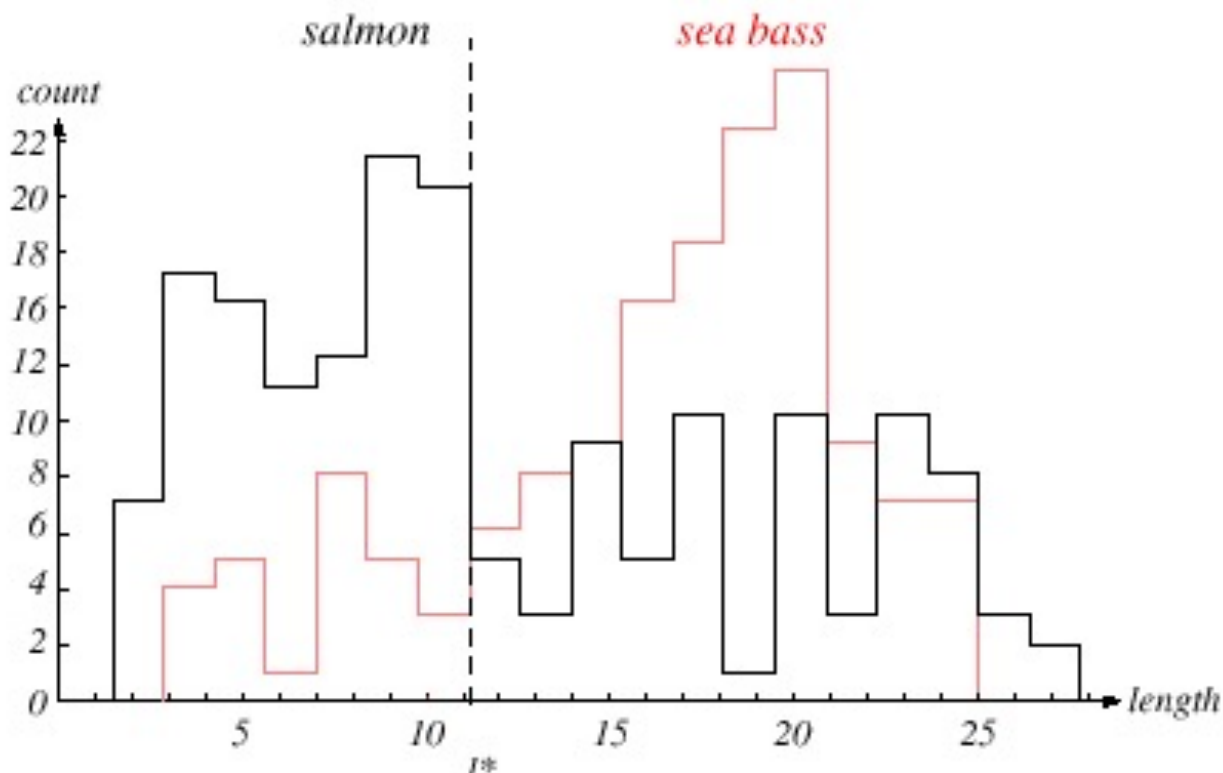
一个例子：鲈鱼和鲑鱼识别



- 传感器：
 - 摄像头
- 预处理：
 - 统一光照、统一焦距，去除背景，分割...
- 特征提取：
 - 长度，亮度，重量，鳍的数目...
- 输入（测量）：
 - 重量，长度，宽度，光泽度（亮还是暗） 鳍数目
- 设计分类器：线性？非线性？

1.2 模式识别的基本概念

特征选择：长度

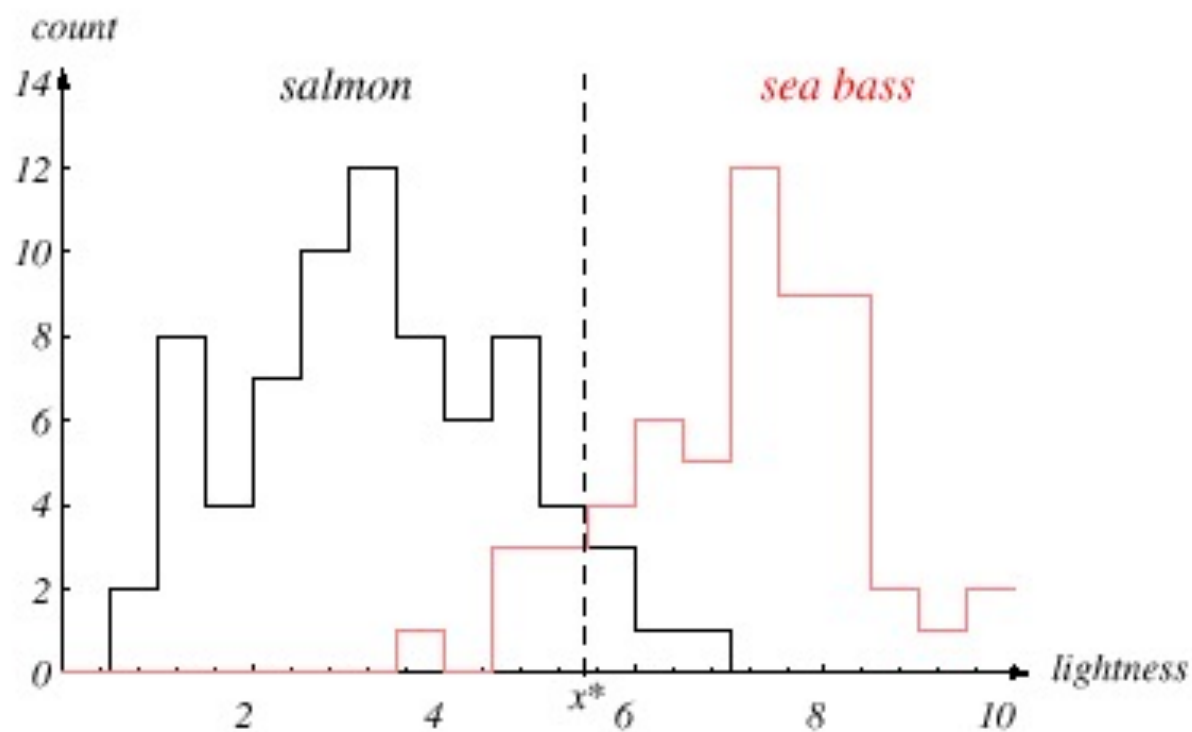


从长度上选一个阈值很难区分

Salmon: 鲑鱼 **Sea bass:** 鲈鱼

1.2 模式识别的基本概念

特征选择：亮度



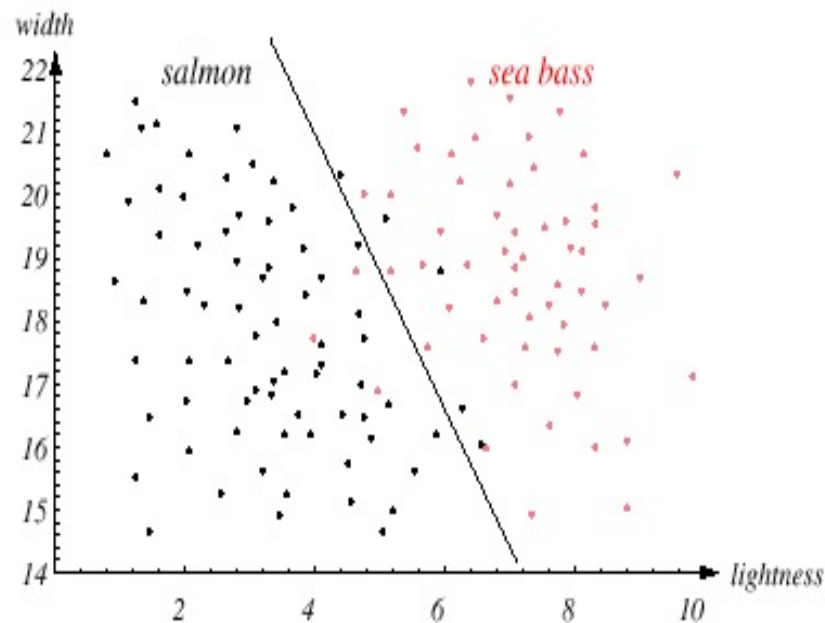
错误率仍然较高

1.2 模式识别的基本概念

特征选择：光泽度+宽度

- 1.如果单一特征不能产生一个满意的结果，我们可以考虑融合多种特征；
- 2.光泽度与宽度(二维特征)，描述鱼的数据---模式

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{光泽度} \\ \longrightarrow \text{宽度} \end{array}$$



1.2 模式识别的基本概念

问题1：是不是特征越多越好？

◆ 二维特征的分类结果看起来好于一维特征；

◆ 我们可以考虑加入更多的特征来进一步提高分类效果，比如背鳍的顶角，嘴的位置等等；

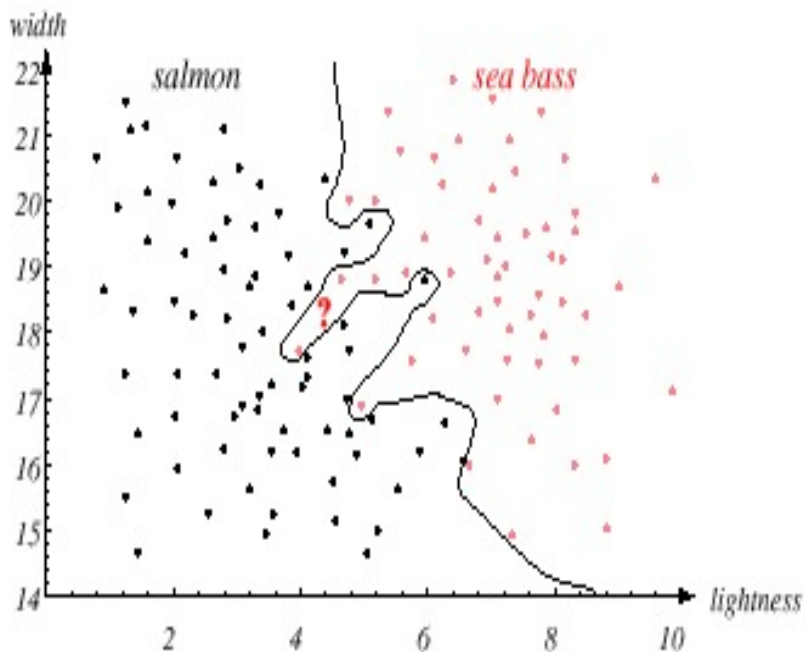
1. 特征越多，测量的代价就越多；

2. 加入冗余或低辨别力的特征，反而可能会带来负面影响；

3. 特征越多，模型就越复杂，分类边界也越复杂，容易过拟合。

1.2 模式识别的基本概念

问题1：训练样本的完美分类面是不是最好的？



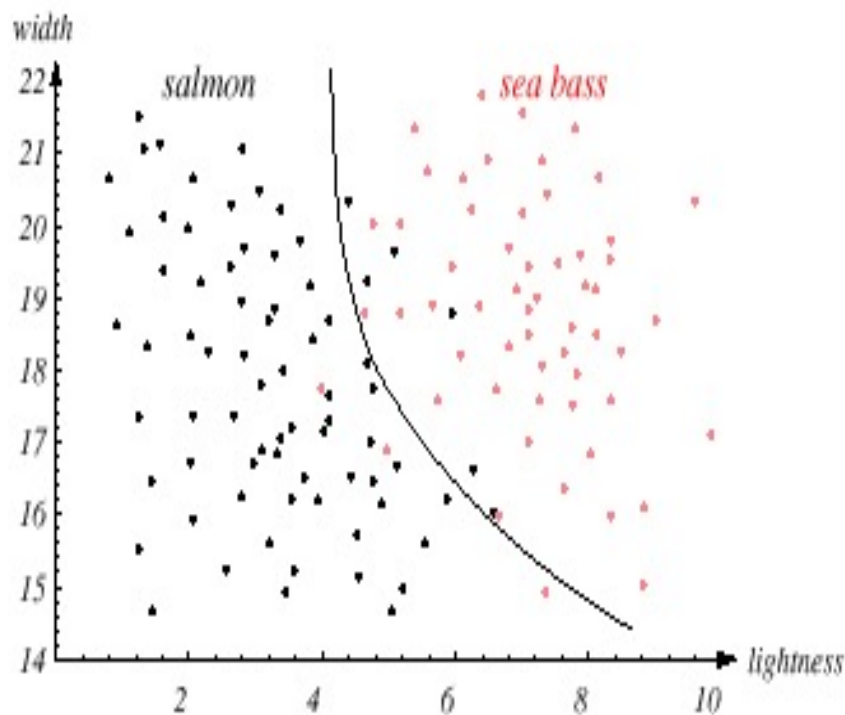
◆分类器设计的核心目标是实现对未知样本的正确分类，也就是要有好的推广能力。

◆一个过于复杂的决策界一般来说不太可能有好的推广能力，它过拟合了个别少量训练样本。这些训练样本没真正地反映数据的真实分布。

◆结论：我们必须在训练样本的分类正确率和推广能力之间权衡以得到满意的设计。

1.2 模式识别的基本概念

非线性分类面



图中的判决面是对训练样本的分类性能和分界面复杂度的一个折中，可以解决这种线性不可分问题。

避免过拟合的方法：
避免过于复杂的分类面。

1.2 模式识别的基本概念

- ◆ **样本 (sample)** : 一类事物的一个具体体现, 所研究对象的一个个体, 也称模式。
- ◆ **样本集 (sample set)** : 若干样本的集合。
- ◆ **类或类别 (class)** : 在所有样本上定义的一个子集, 处于同一类的样本在我们所关心的性质上是不可区分的, 即具有相同的模式, 也称模式类。
- ◆ **特征 (feature)** : 用于表征样本的观测信息, 通常是数值表示的, 有时也称为属性 (**attribute**); 如果是高维则称为特征向量, 样本的特征 (向量) 构成了特征空间, 每个样本是特征空间中的一个点。

1.2 模式识别的基本概念

◆ 已知样本（**known sample**）：事先知道类别标号的样本（训练样本）。

◆ 未知样本（**unknown sample**）：类别标号未知但特征已知的样本（待识别的样本，测试样本）。

◆ 一般来说，模式识别必须经历如下的过程：

模式空间 \longrightarrow 特征空间 \longrightarrow 类型空间

1.2 模式识别的基本概念

模式空间

在模式空间里，每个样本模式都是一个点，点的位置由该模式在各维上的测量值确定。

特征提取

特征空间

对模式空间里的各坐标元素进行综合分析，以提取最能揭示样本属性的特征，这些特征就构成特征空间。

分类决策

类型空间

根据适当的判决规则，把特征空间里的样本区分成不同的类型，从而把特征空间塑造成了类型空间。由特征空间到类型空间所需要的操作就是分类判决。

1.2 模式识别的基本概念

■ 模式识别过程：

从物理上可以觉察到的世界，通过模式空间、特征空间到类型空间，经历了模式采集、特征提取和选择、以及分类决策等过程，这就是一个完整的模式识别过程。



✓ **模式识别：**是从样本到类别的映射

第一章 模式识别概论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别的基本概念

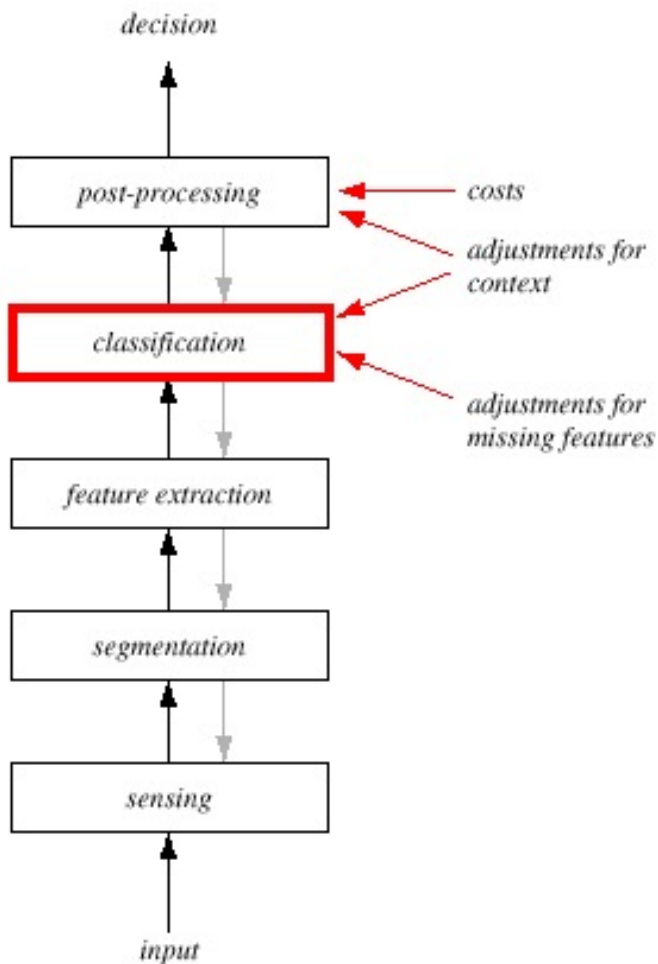
1.3 模式识别系统（基本框架）

1.4 模式识别的历史与现状

1.5 模式识别方法

1.6 模式识别应用领域

1.3 模式识别系统

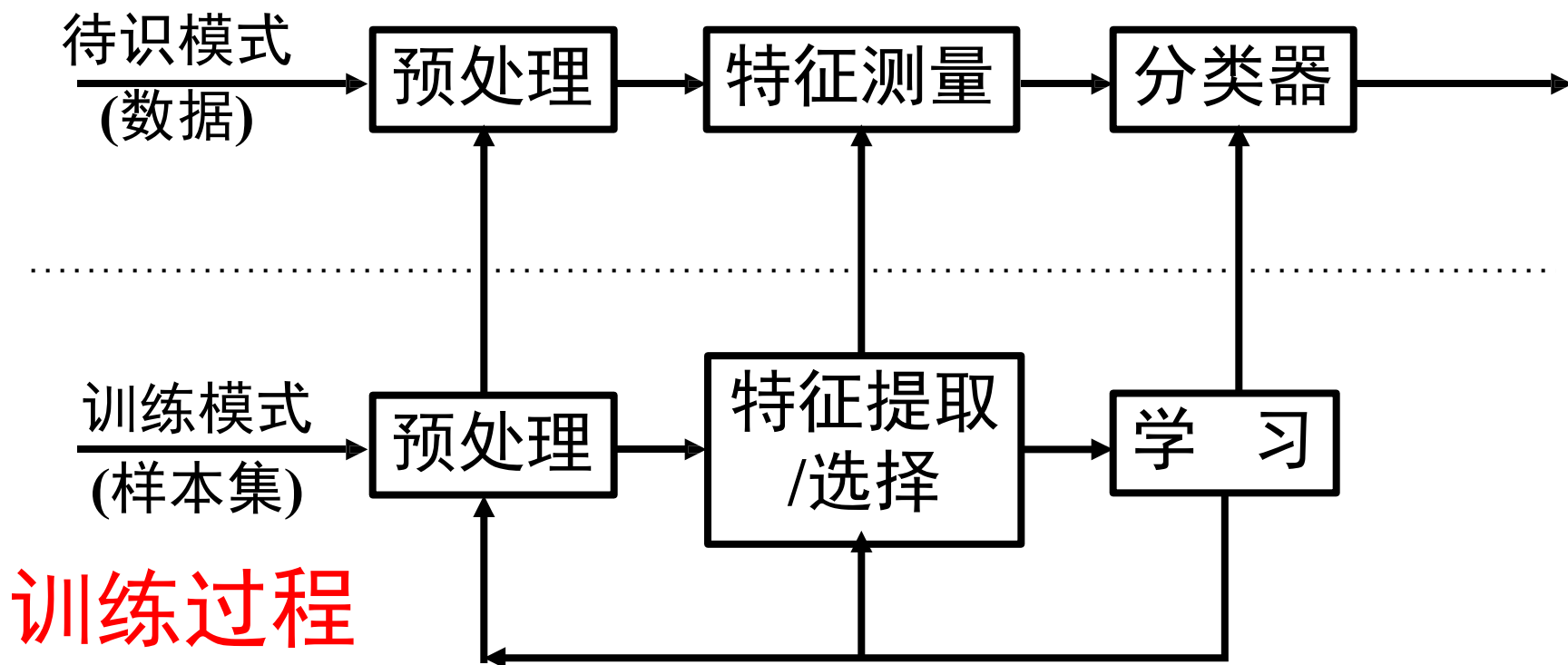


- ❖ **传感器(Sensing):** 信号采集
- ❖ **分割(Segmentation):** 使模式之间相互独立，互不重叠，依靠图象处理技术。
- ❖ **特征提取(Feature extraction)**
 - 可判别特征
 - 平移、旋转和尺度变换不变性特征
- ❖ **分类(Classification):** 由特征向量确定对象所属的类别。
- ❖ **后处理(Post Processing):** 利用“上下文”先验信息提高分类性能。

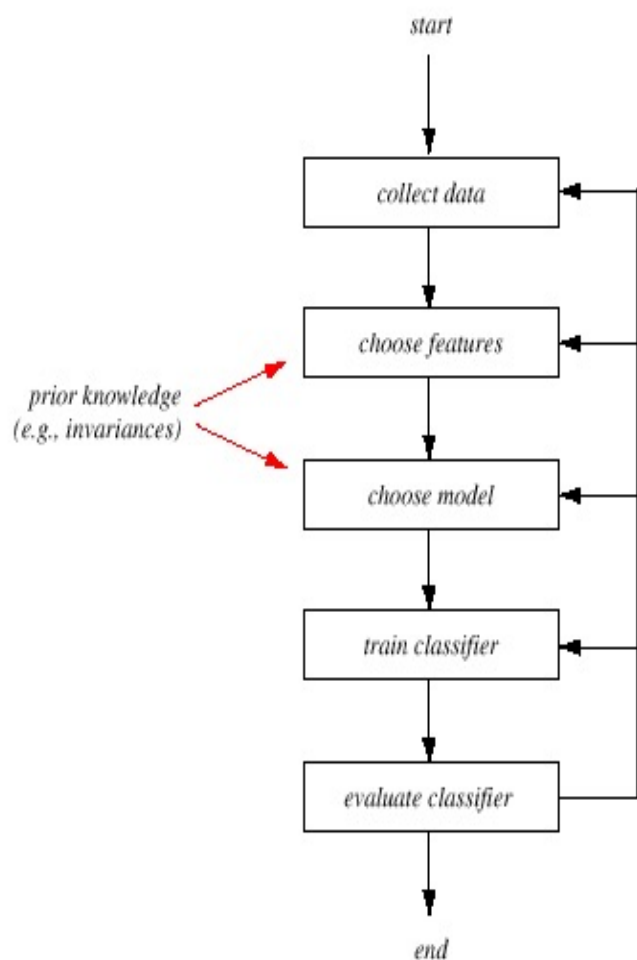
模式识别系统

1.3 模式识别系统

识别过程



1.3 模式识别系统



模式识别系统设计的五个步骤:

- **收集数据 (collect data)** : 收集足够的代表性样本
- **特征选择 (choose features)** : 确定哪个目标的属性可以区别不同的目标
- **选择模型(choose model)**: 选择分类器模型, 确定分类原理和机理
- **训练分类器(train classifier)**: 确定分类器参数
- **分类器评估(evaluate classifier)**: 估计可能的误差率

1.3 模式识别系统

- ◆ **分类器的学习和适应**：给定一般模型或分类器的形式，利用样本(例子)去学习或估计模型的未知参数。
 - ▣ **有监督学习(Supervised learning)**：已知训练样本集中每个输入样本的类别标记和分类代价，寻找能降低总体代价的方向。已知分类情况，计算各类在特征空间的分布，然后对未知样本进行分类。
 - ▣ **无监督学习(Unsupervised learning)**：样本的类别标记和分类代价未知，由聚类器形成“聚类”(clusters)或者“自然组织(natural groupings)”。事先不知有多少类，有哪些类，只能根据样本间的相似性进行聚合。

第一章 模式识别概论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别的基本概念

1.3 模式识别系统（基本框架）

1.4 模式识别的历史与现状

1.5 模式识别方法

1.6 模式识别应用领域

1.4 模式识别的历史与现状

- 1929年，Gustav Tauschek(奥地利)利用光学和机械手段发明了阅读机，能够阅读0-9的数字，在德国获得了光学字符识别的专利。
- 20世纪30年代Fisher提出统计分类理论，奠定了统计模式识别的基础。统计模式识别发展很快，但由于被识别的模式愈来愈复杂，特征也愈来愈多，出现“维数灾难”问题。
- 20世纪40年代电子计算机兴起，由于计算机运算速度的迅猛发展，统计模式识别的“维数灾难”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。

1.4 模式识别的历史与现状

- 20世纪50年代人工智能兴起。乔姆斯基（Chomsky）提出形式语言理论，用数学方法研究自然语言（如英语）和人工语言（如程序设计语言）的产生方式、一般性质和规则。
- 由于统计方法不能表示和分析模式的结构，20世纪70年代以后结构和句法模式识别方法受到关注。尤其是美籍华人付京荪提出句法结构模式识别理论，在20世纪70-80年代受到了广泛的关注。但是，句法模式识别中的基元提取和文法推断（学习）问题直到现在还没有很好的解决，因而没有太多的实际应用。

1.4 模式识别的历史与现状

- 20世纪80年代，**BP算法**的重新发现和成功应用推动了人工神经网络的研究热潮。神经网络方法与统计学习方法相比具有不依赖概率模型、参数自学习、泛化能力强等优点。
- 20世纪90年代，**支撑向量机（SVM）**的提出吸引了模式识别领域对**小样本统计学习理论和核方法（Kernel Methods）**的关注。与神经网络相比，**SVM**通过优化一个泛化误差界限，自动确定一个最优的分类器结构，具有更好的泛化能力。核方法的引入使统计方法从线性空间推广到高维非线性空间。（经验风险最小化-结构风险最小化）

1.4 模式识别的历史与现状

● 21世纪以来：蓬勃发展时期

- 统计学学习理论越来越多地用于解决具体的模式识别和模型选择问题
- 新的概率密度估计、特征选择、特征变换、聚类算法不断提出
- 模式识别领域和机器学习领域的互相渗透
- 模式识别系统大规模用于实际问题

Ref: 刘成林, 谭铁牛. 模式识别研究进展。中科院自动化所, 模式识别重点实验室

1.4 模式识别的历史与现状

● 发展趋势

- **半监督学习 (Semi-supervised Learning)** : 利用少量的标注样本和大量的未标注样本进行训练和分类
- **增量学习 (Incremental Learning)** : 样本逐步积累时, 学习精度也要随之提高
- **迁移学习 (Transfer Learning)** : 将从一个环境中学到的知识用来帮助新环境中的学习任务
- **主动学习 (Active Learning)** : 根据已标记样本集合, 找到未标记样本的子集, 主动提出标记请求, 学习器之外的某个系统对这些未标记进行标记后, 加入标记样本中, 进行下一次迭代
-

第一章 模式识别概论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别的基本概念

1.3 模式识别系统（基本框架）

1.4 模式识别的历史与现状

1.5 模式识别方法

1.6 模式识别应用领域

1.5 模式识别的方法

- 模板匹配法
- 统计方法
- 结构方法(句法方法)
- 神经网络方法

1.5 模式识别的方法

模板匹配

- 首先对每个类别建立一个或多个模板
- 输入样本和数据库中每个类别的模板进行比较，求相关或距离
- 根据相关性或距离大小进行决策
- 优点：直接、简单
- 缺点：适应性差
- 形变模板

1.5 模式识别的方法

统计方法

- 根据训练样本，建立决策边界 (decision boundary)
 - 统计决策理论——根据每一类总体的概率分布决定决策边界
 - 判别式分析方法——给出带参数的决策边界，根据某种准则，由训练样本决定“最优”的参数
- 本课程的重点内容

1.5 模式识别的方法

句法方法

- 许多复杂的模式可以分解为简单的子模式，这些子模式组成所谓“基元”
- 每个模式都可以由基元根据一定的关系来组成
- 基元可以认为是语言中的词语，每个模式都可以认为是一个句子，关系可以认为是语法
- 模式的相似性由句子的相似性来决定
- 优点：适合结构性强的模式
- 缺点：抗噪声能力差，计算复杂度高

1.5 模式识别的方法

神经网络

- 进行大规模并行计算的数学模型
- 具有学习、推广、自适应、容错、分布表达和计算的能力
- 优点：可以有效地解决一些复杂的非线性问题
- 缺点：缺少有效的学习理论

1.5 模式识别的方法

几种方法比较

方法	表达	识别函数	评价准则
模版匹配	样本, 像元 , 曲线	相关, 距离 度量	分类错误
统计方法	特征	决策函数	分类错误
句法方法	基元	规则, 语法	接受错误
神经网络	样本, 像元 , 特征	网络函数	均值方差错 误

第一章 模式识别概论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别的基本概念

1.3 模式识别系统（基本框架）

1.4 模式识别的历史与现状

1.5 模式识别方法

1.6 模式识别应用领域

1.6 模式识别的应用领域



Aircraft

Animal



Building

Bus

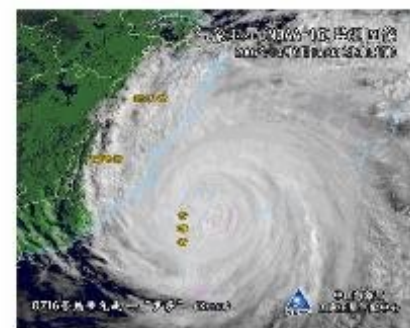
图片



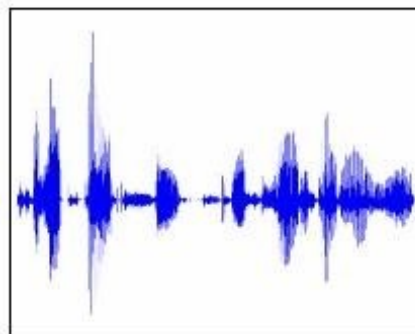
电视



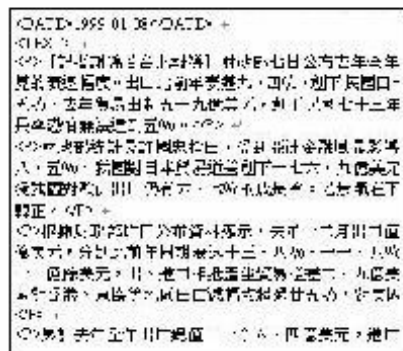
视频监控



遥感图像



语音



文本



网络数据

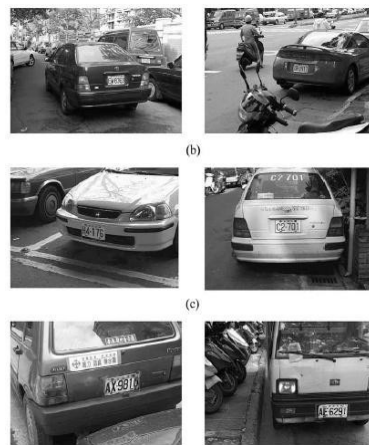


医学图像

1.6 模式识别的应用领域

□ 文字处理：

- 文字识别（印刷体，手写体汉字识别，车牌识别）
- 办公自动化（机器翻译）
- 银行（支票识别）
- 邮局（邮政信函的自动分拣）



	P7577	P7577
	G4402	G4402
	DU3403	DU3403
	GG 4025	GG4025
	CX0166	CX0166

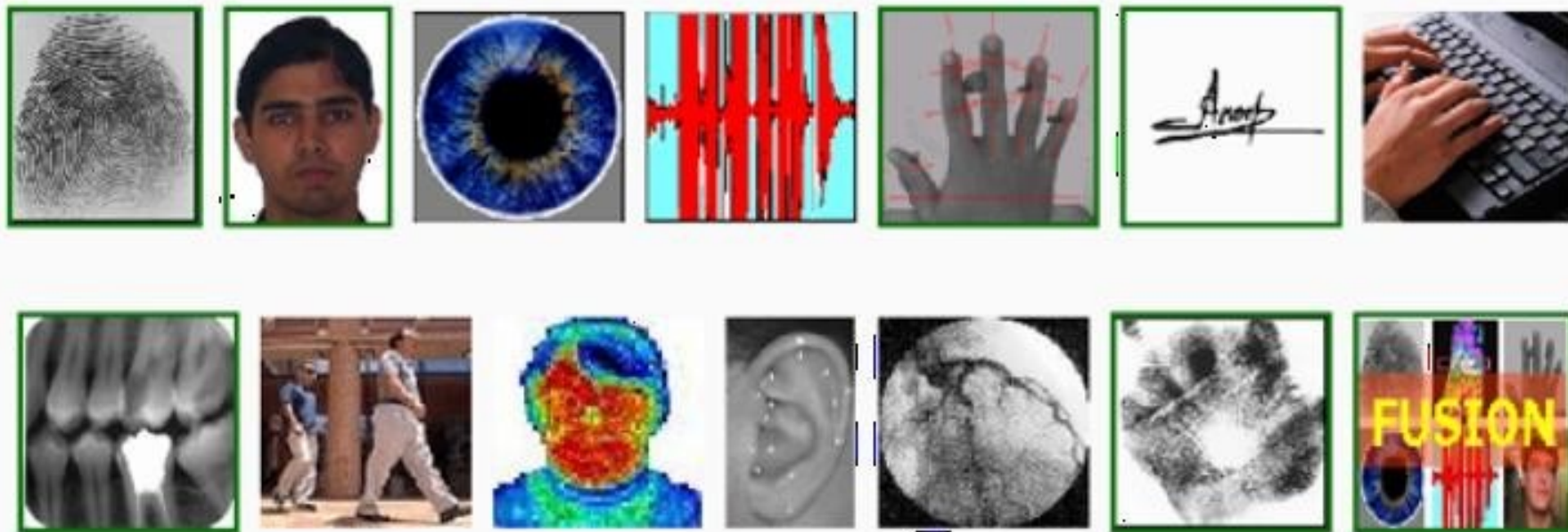
Earham encourag-

Earham encourag



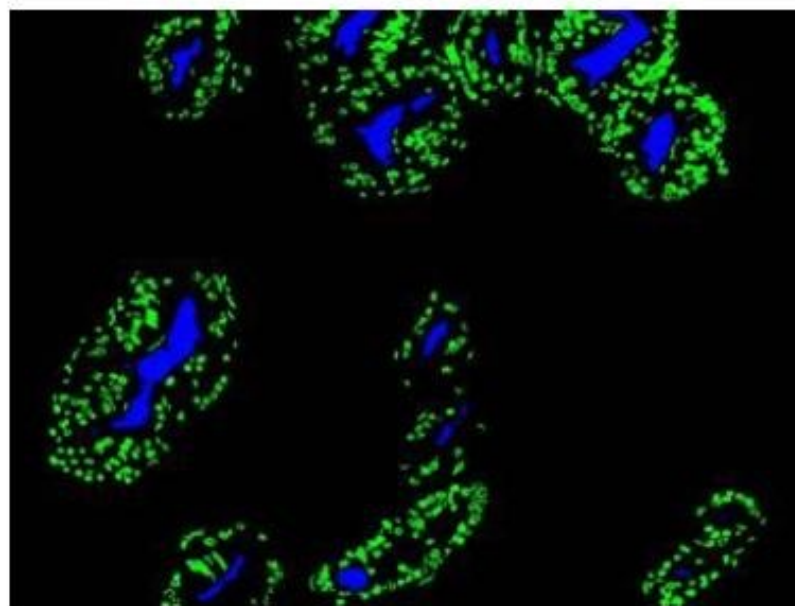
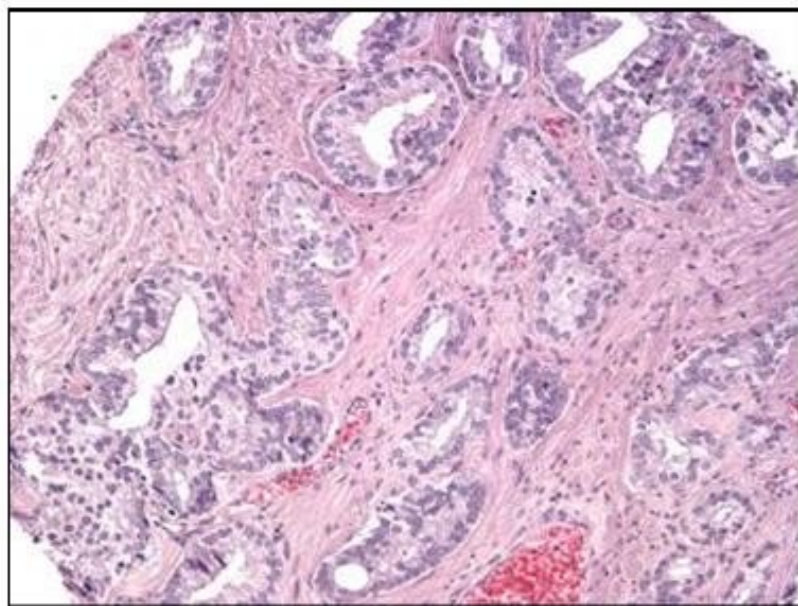
1.6 模式识别的应用领域

- ◆ **生物特征识别**：指纹识别，人脸识别，虹膜识别，声音识别，签名识别，步态识别.....



1.6 模式识别的应用领域

- ◆ **生物医学**：血细胞计数，染色体分类，心电脑电图，整形外科，癌症检测和分级.....



Cancer detection and grading using microscopic tissue data.

1.6 模式识别的应用领域

- ◆ **遥感**：资源普查（地形地貌分析，森林、海洋资源普查，湖水面积计算），地图识别，军事目标检测.....



1.6 模式识别的应用领域

◆ 文档分类



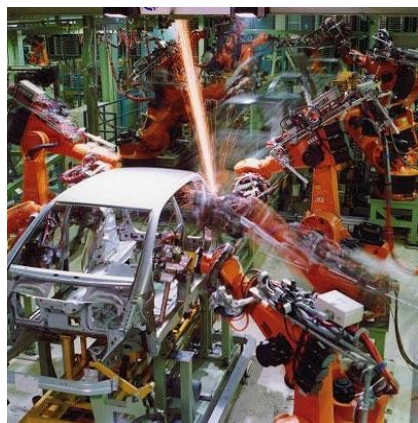
1.6 模式识别的应用领域

◆ 预测决策



1.6 模式识别的应用领域

- ◆ **机器人**：机器人是一种可编程的多功能操作装置。机器人研究的四个阶段：遥控机器人——程序机器人——自适应机器人——智能机器人。



1.6 模式识别的应用领域

◆ 其它：





End

