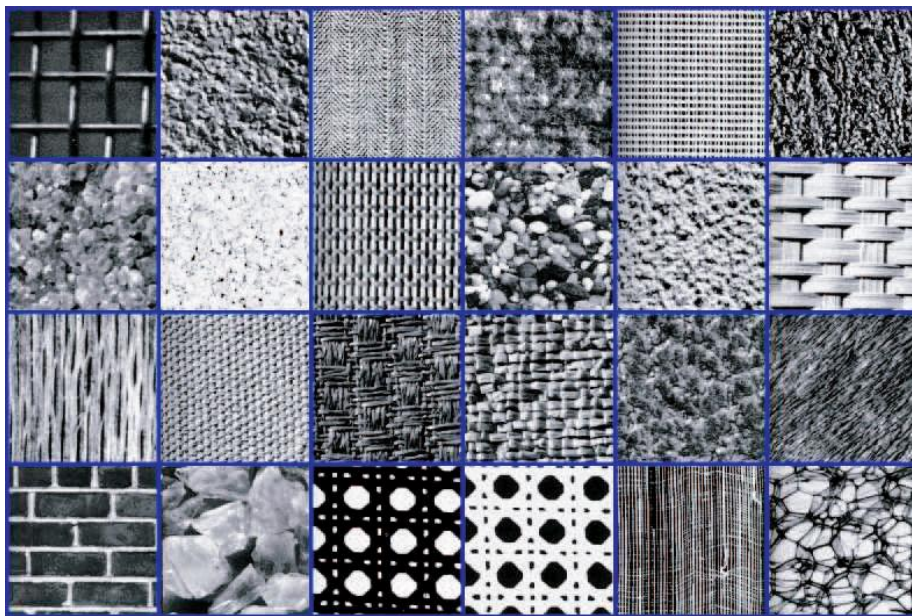


# 模式识别系统

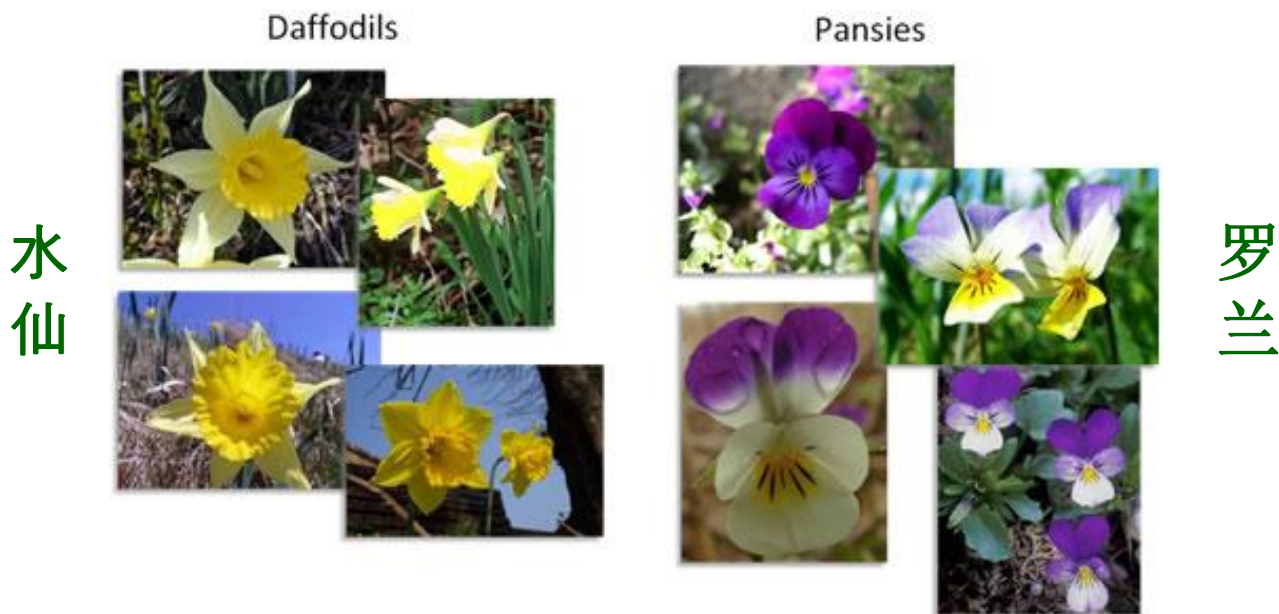
- 基本概念
- 模式识别系统组成
- 困难与挑战
- 主要研究方向
- 应用

# 概念：模式、模式识别和模式类

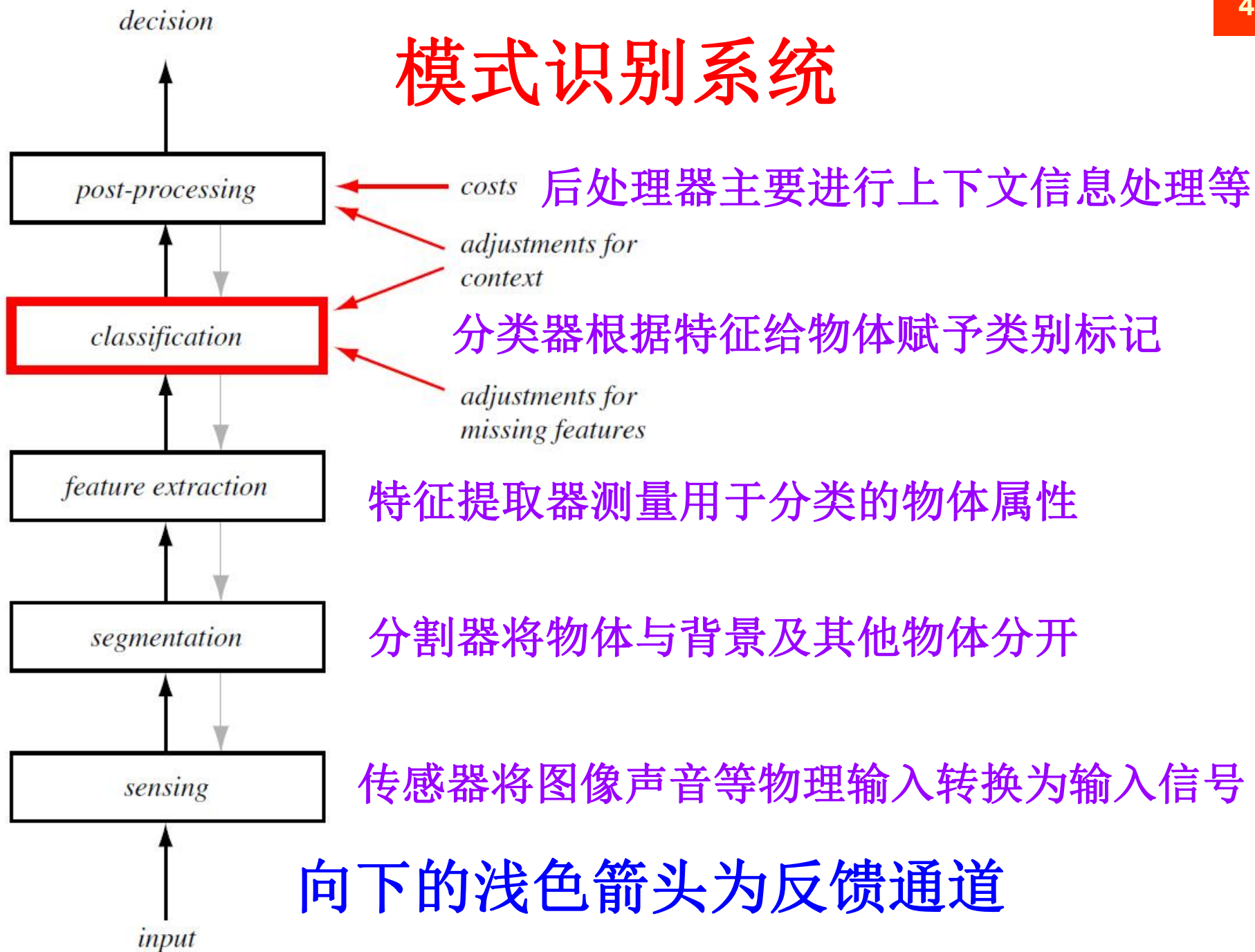
1. **模式**：通过对具体的个别事物进行观测所得到的具有一定时间或空间分布的信息。
  - 模式不等于事物本身，而是从事物中获得的某些信息，同一事物可以产生不同的模式。
  - 模式的表示：向量、矩阵、几何表示、链码、树、时间序列、图等



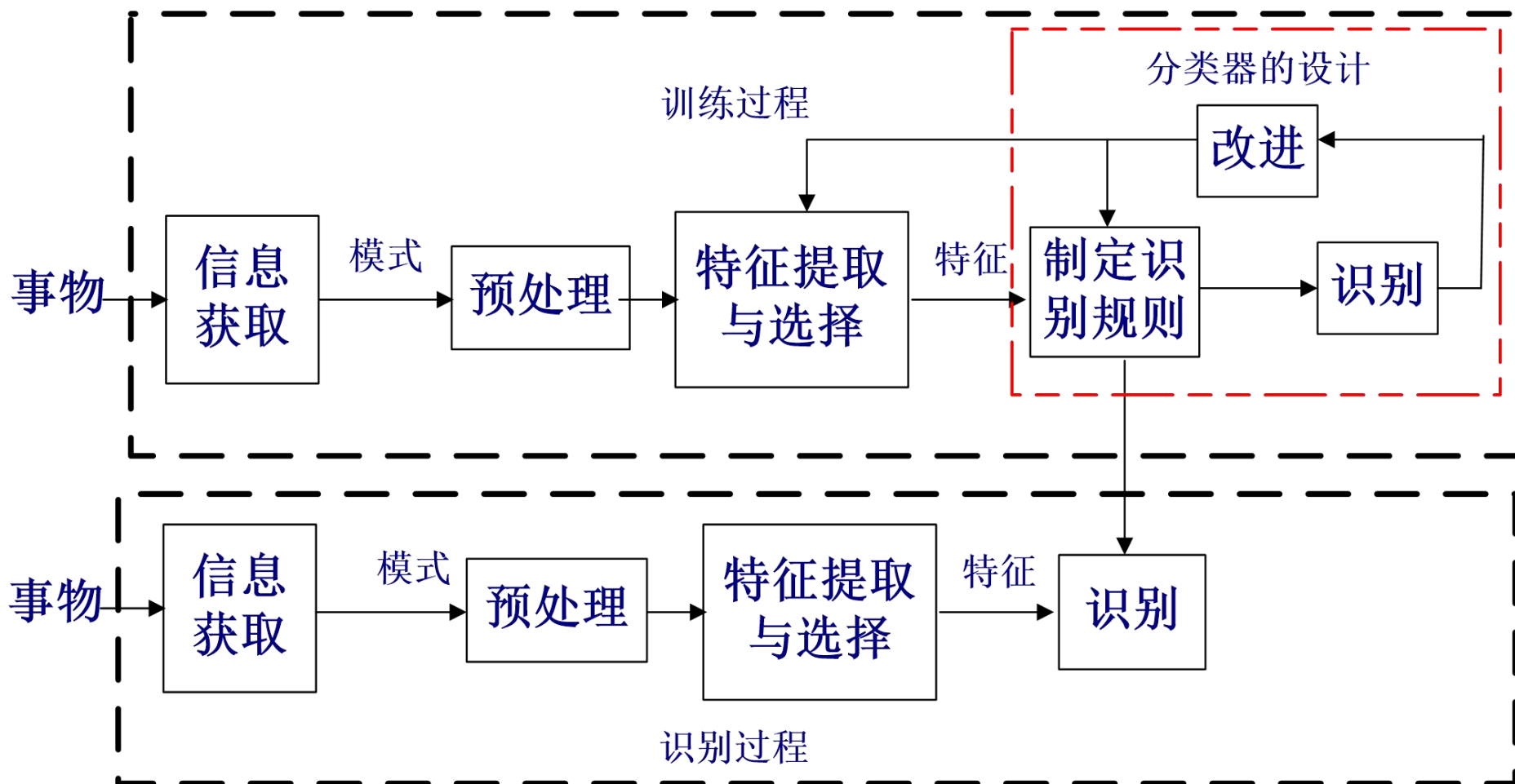
2. **模式识别**：是指计算机将某一模式进行分类、聚类或回归分析；是研究人类识别能力的数学模型，并借助于计算机技术实现对其模拟的科学。
3. **模式类**：模式所属的类别或者同一类中模式的总体。



# 模式识别系统



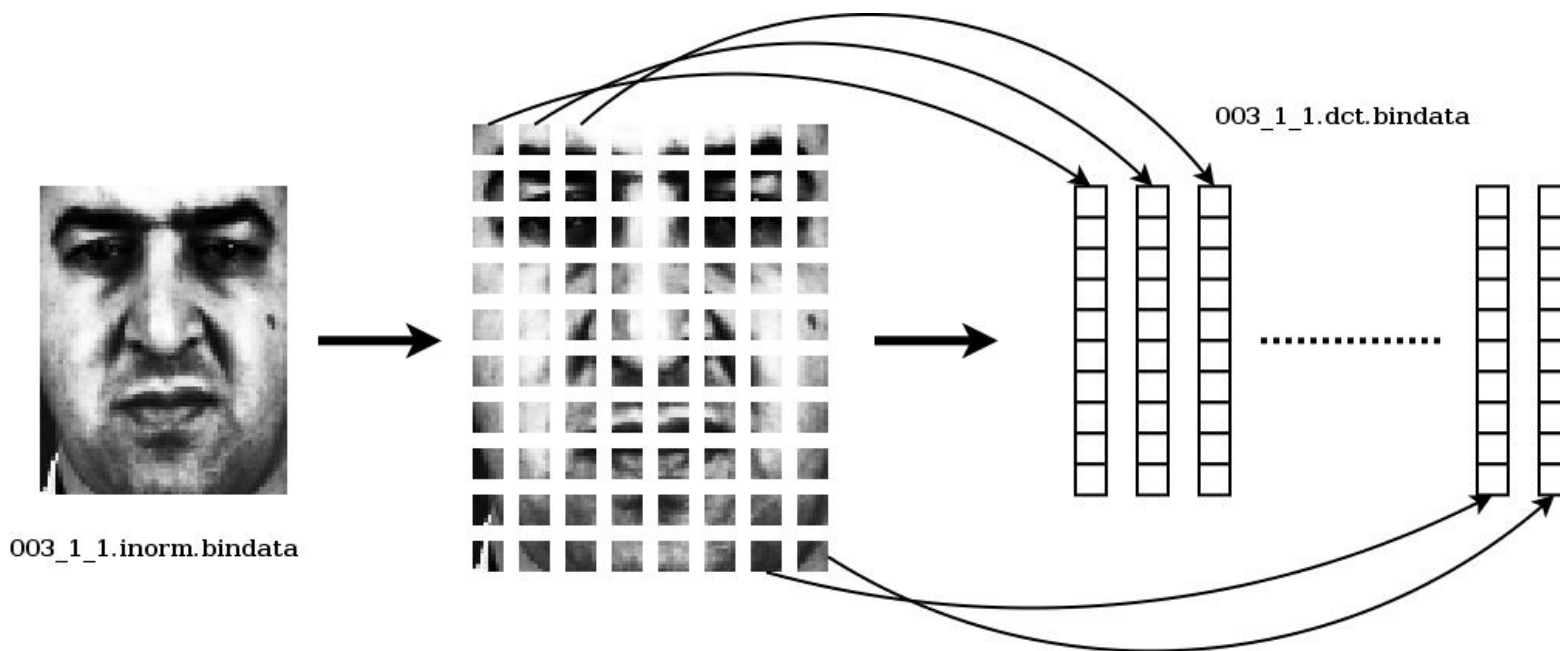
# 模式识别（分类）系统组成



1. **信息获取**：从具体事物获取原始信息。  
通常输入计算机的有三类信息：
  - (1) **二维图像**：如人脸图像；
  - (2) **一维波形**：如语音信号；
  - (3) **物理参量和逻辑值**：如体温值，疼/不疼(1/0)。
  
2. **预处理**：对信息进行**分割**、**增强**、**复原**、**去噪**等操作。

### 3. 特征提取与选择：提取最能反映分类本质的特征，同时压缩数据量。

- (1) 测量空间：原始数据所组成的空间；
- (2) 特征空间：特征数据所组成的空间。



4. 分类器的设计(训练): 根据训练样本集, 在特征空间中确定某种判决规则, 通常, 该规则的确定是一个反复调整的过程, 最后所得到的规则即为分类器。



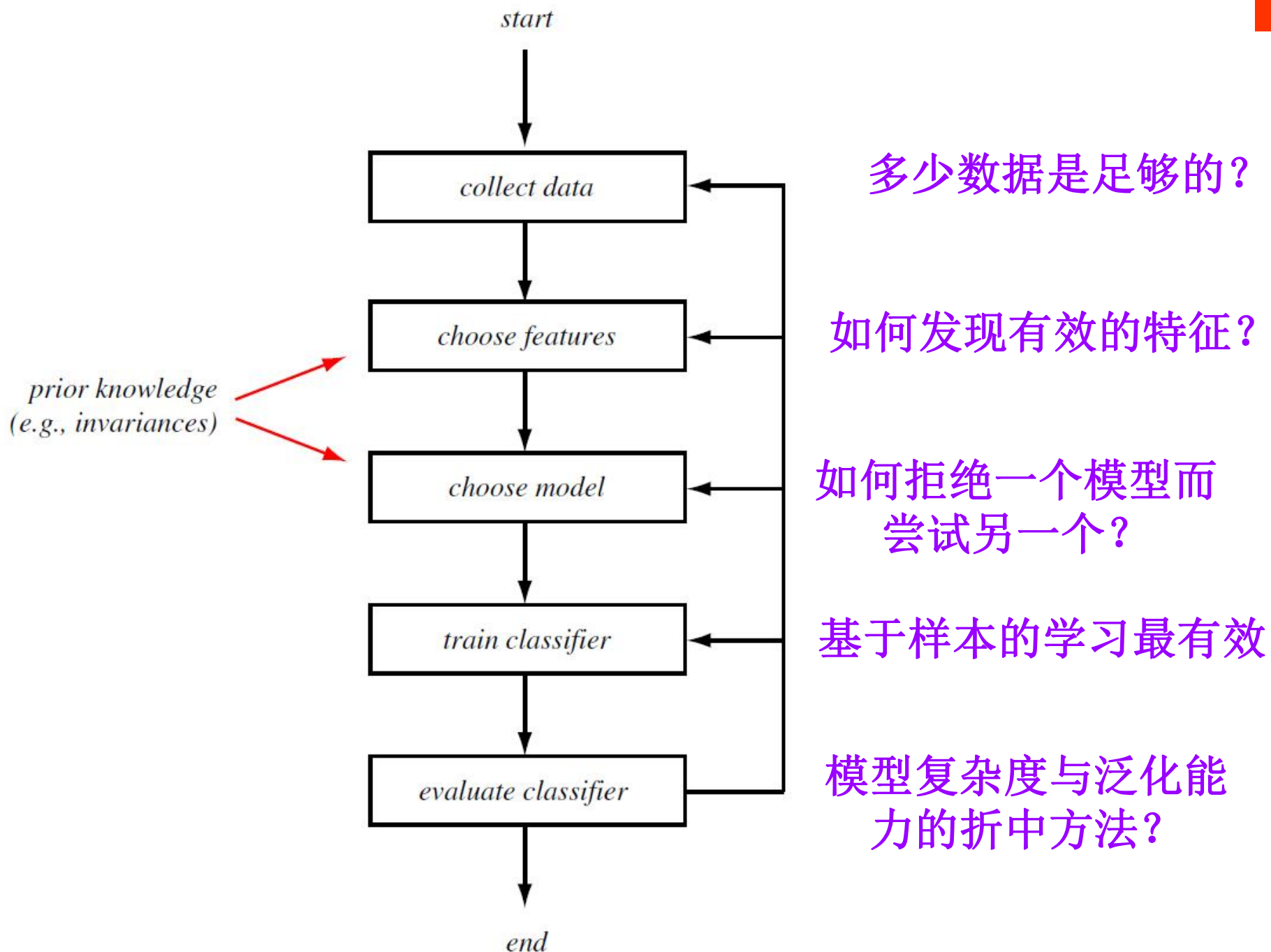
## 5. 分类决策(识别)：在特征空间中，用所设计的分类器将待识别模式归为某一模式类。

### 1. 统计模式识别 vs. 句法模式识别

- 统计模式识别：指用统计学的方法来分析所输入的模式，进而进行识别的方法。
- 句法模式识别：指通过分析模式的结构来进行识别的方法。
- 上述分类方法并不是绝对的。由于数据缺失、模式的结构规律的不确定性等问题往往不可避免，即使对结构数据，目前主流方法仍然是统计模式识别方法。
- 对于图像、时间序列等模式数据，综合考虑数据和问题的结构，同样有助于设计更好的统计模式识别方法，如马尔科夫随机场、隐马尔科夫模型。

# 设计循环

设计一个模式识别系统通常涉及如下几个不同步骤的重复：数据采集、特征选择、模型选择、训练和评估



# 学习和适应

## ■ 有监督学习

存在一个教师信号，对每个输入样本能提供类别标记和分类代价

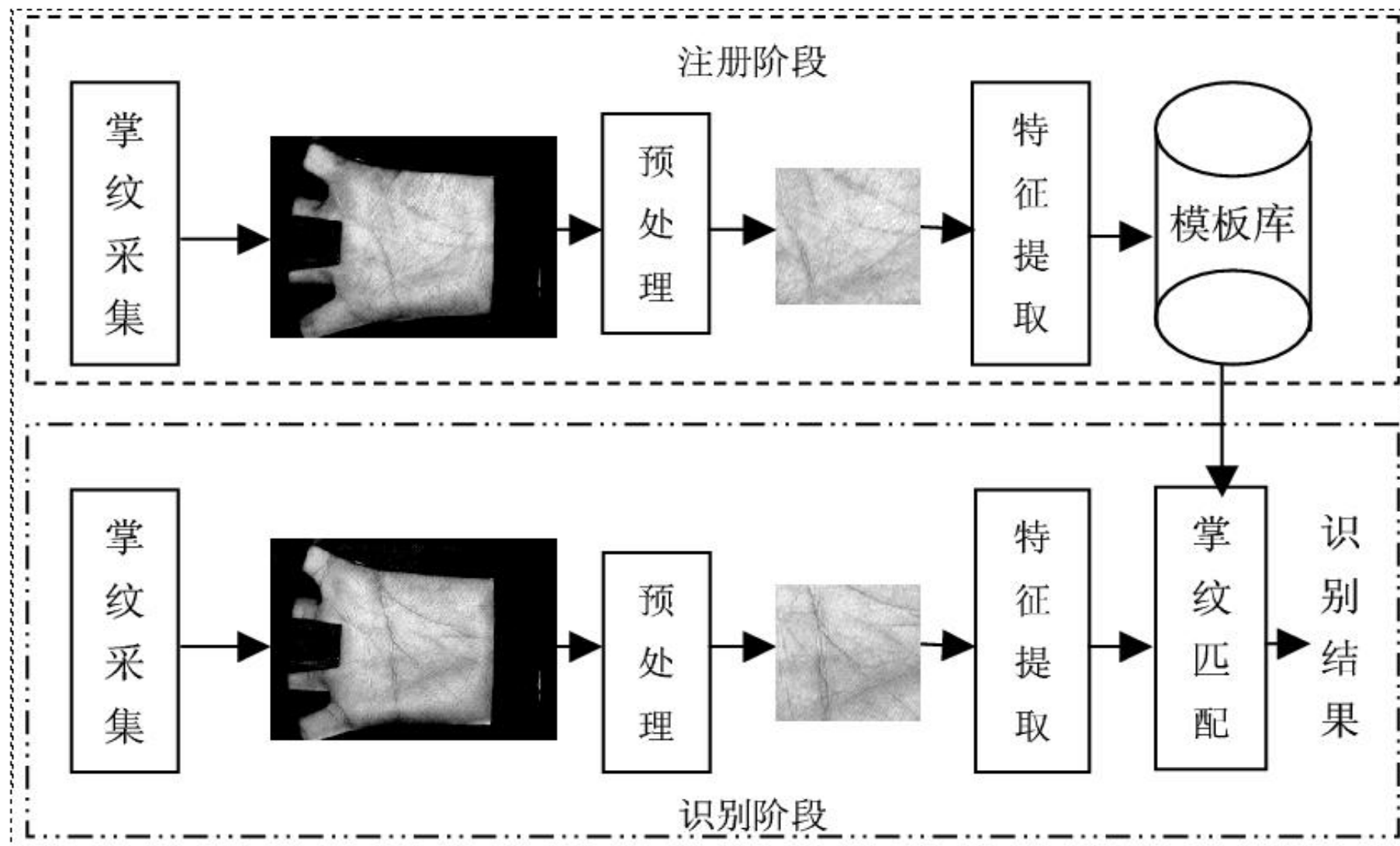
## ■ 无监督学习

没有显式的教师，系统对输入样本自动形成聚类或自然的组织

## ■ 强化学习

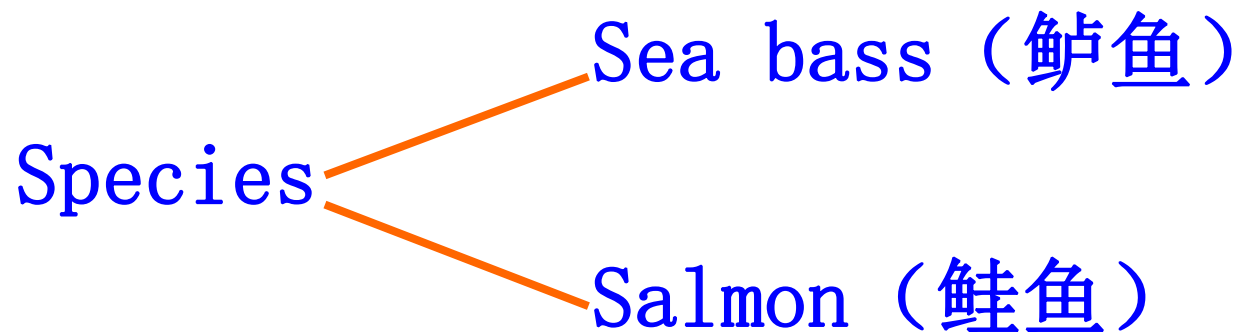
智能体（Agent）以“试错”的方式进行学习，通过与环境进行交互获得的奖赏指导行为，目标是使智能体获得最大的奖赏。最终结果会有标签，但单次分类无标签。

# 模式识别系统举例-掌纹识别



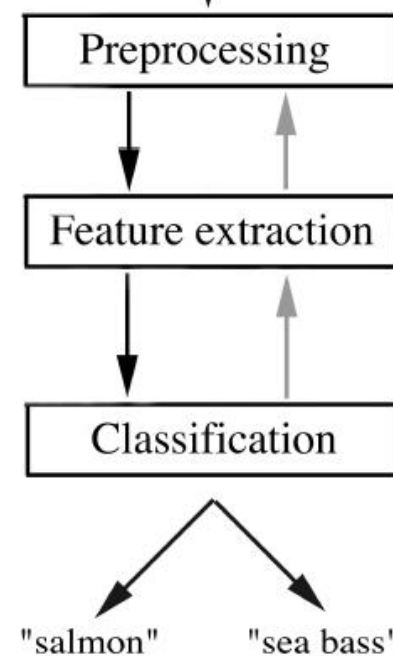
# 鱼分类例子

- 通过光学感知手段对传送带上的鱼种进行分类



## ■ 问题分析

- Set up a camera and take some sample images to extract features
  - Length
  - Lightness
  - Width
  - Number and shape of fins (鱼鳍)
  - Position of the mouth, etc...



图像分割

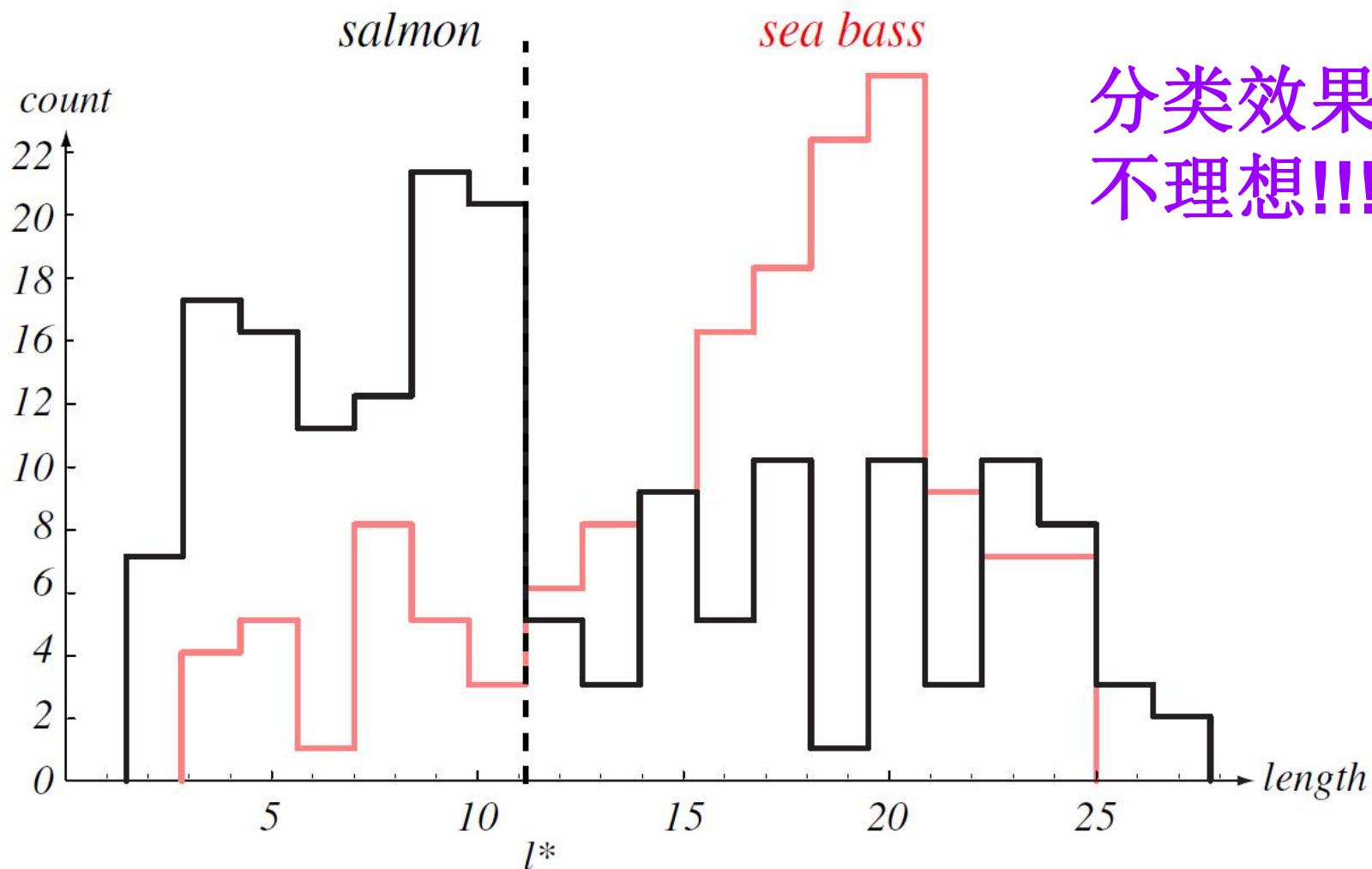
特征提取

模式分类



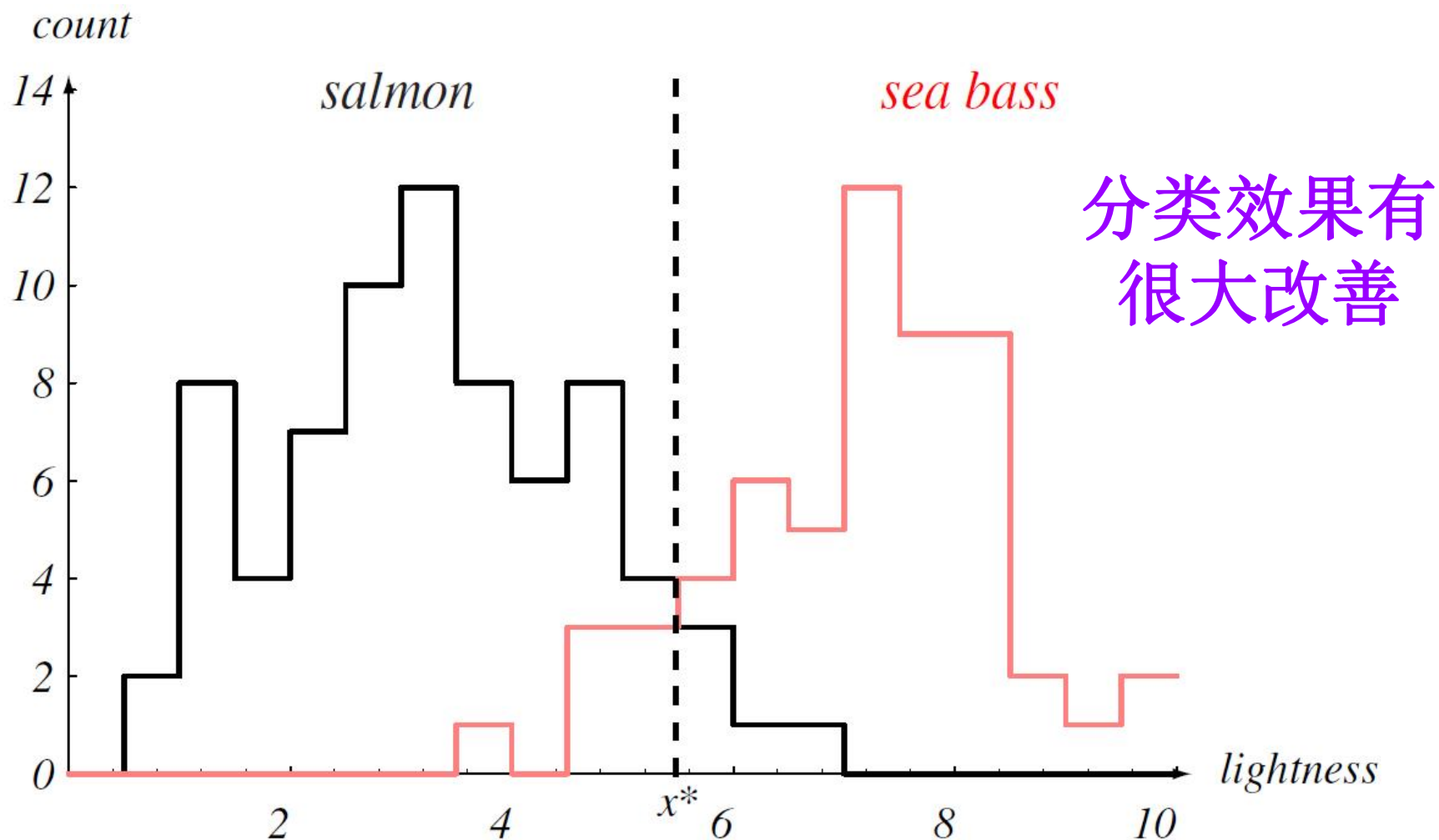
## ■ 分类

- 选择鱼的长度作为特征



## ■ 分类

- 选择鱼的光泽度作为特征

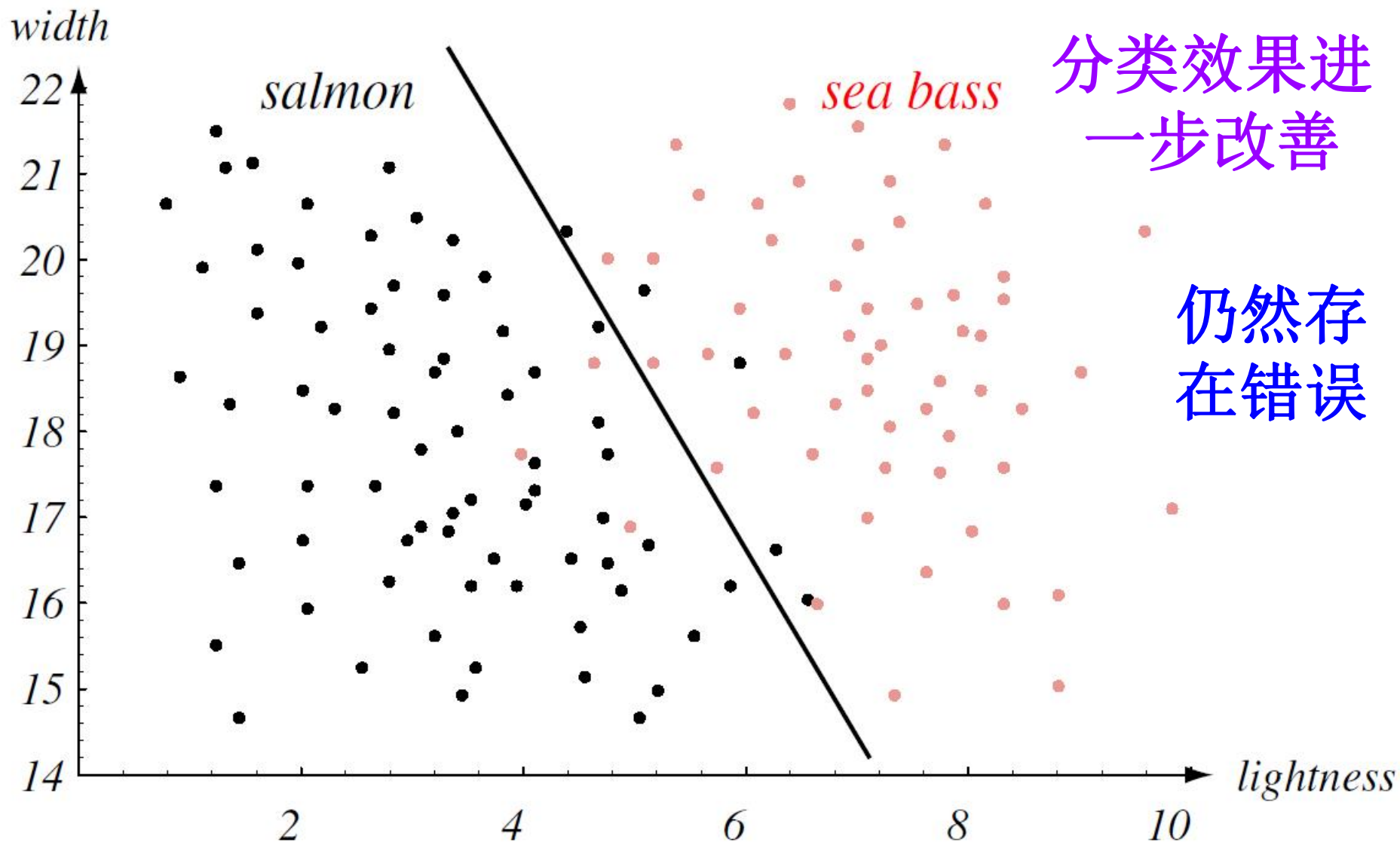


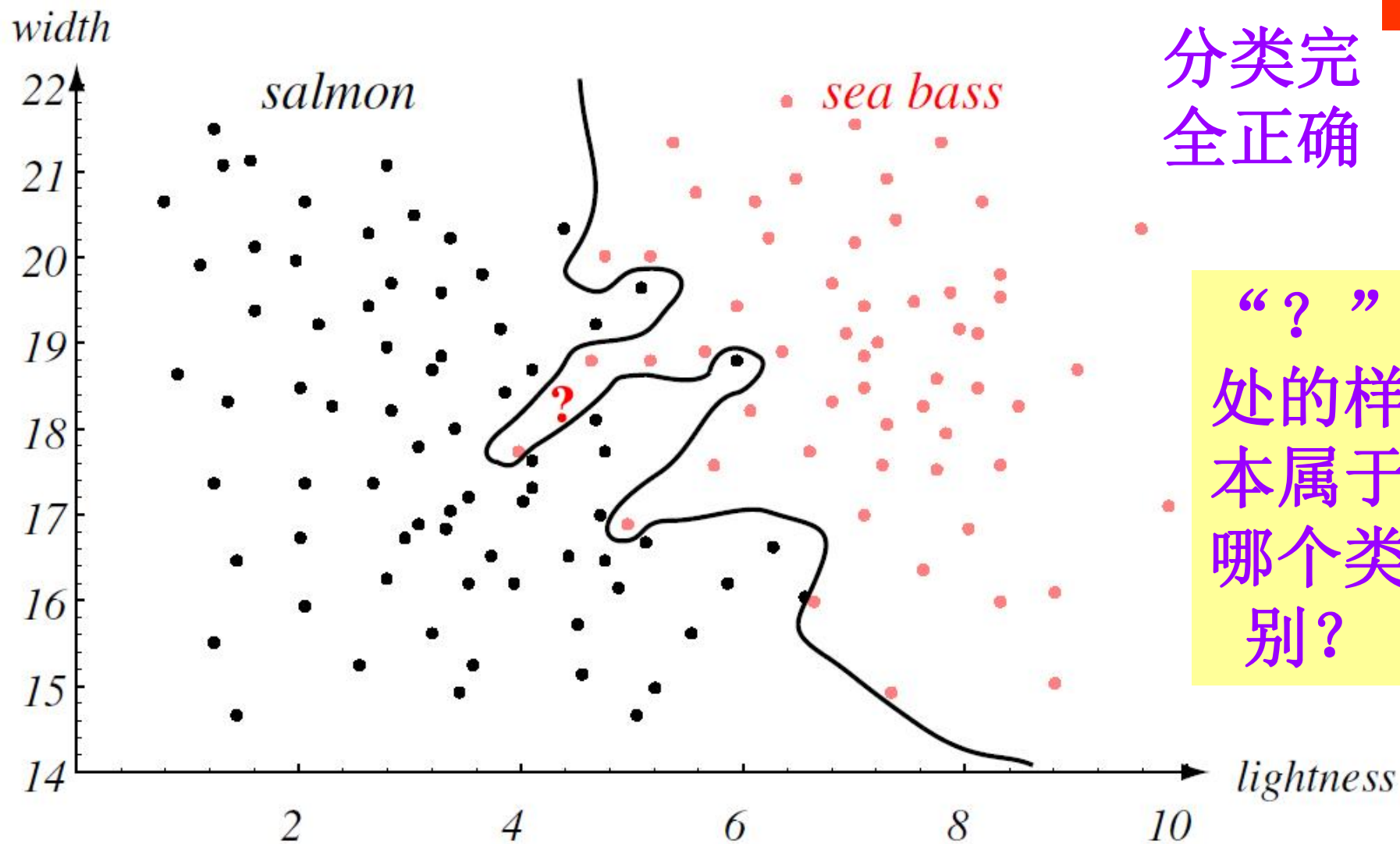
## ■ 决策边界与代价

- 假定两种鱼误分类的代价不同，salmon更贵重
- 决策时应将边界向光泽度更小的方向移动，以避免顾客可能产生的反感

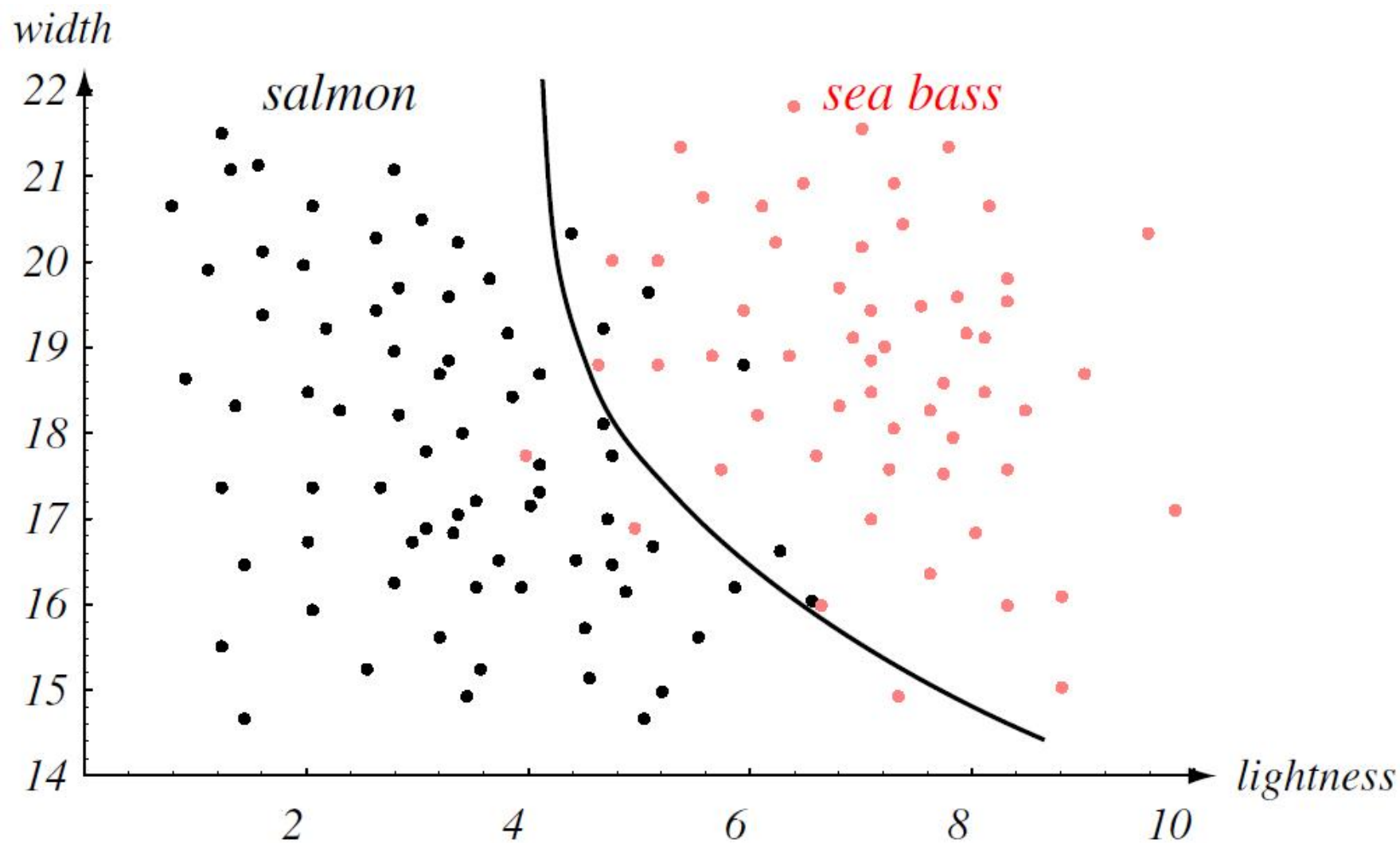
## ■ 存在的问题：

- 单一特征难以达到理想的分类效果
- 寻求多种特征的组合
  - 光泽度
  - 宽度





过分复杂的模型导致复杂的判决曲线，从而影响泛化能力



模型泛化能力与复杂度的折中

# 困难与挑战-模式类的类内变化

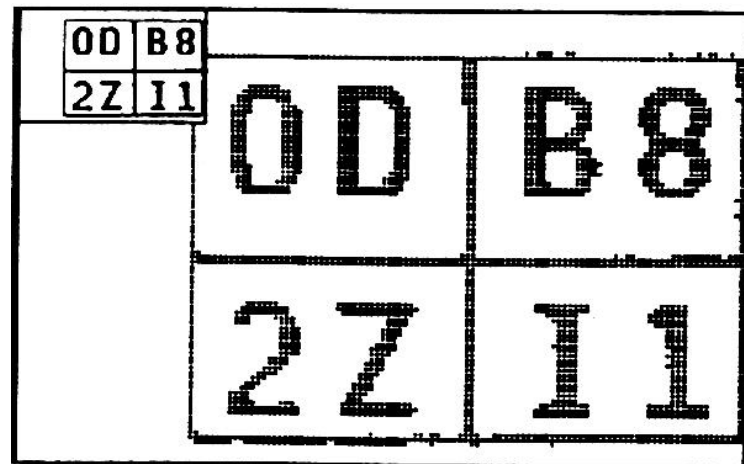


人脸图像

# 困难与挑战-模式类的类间变化



双胞胎的人脸图像



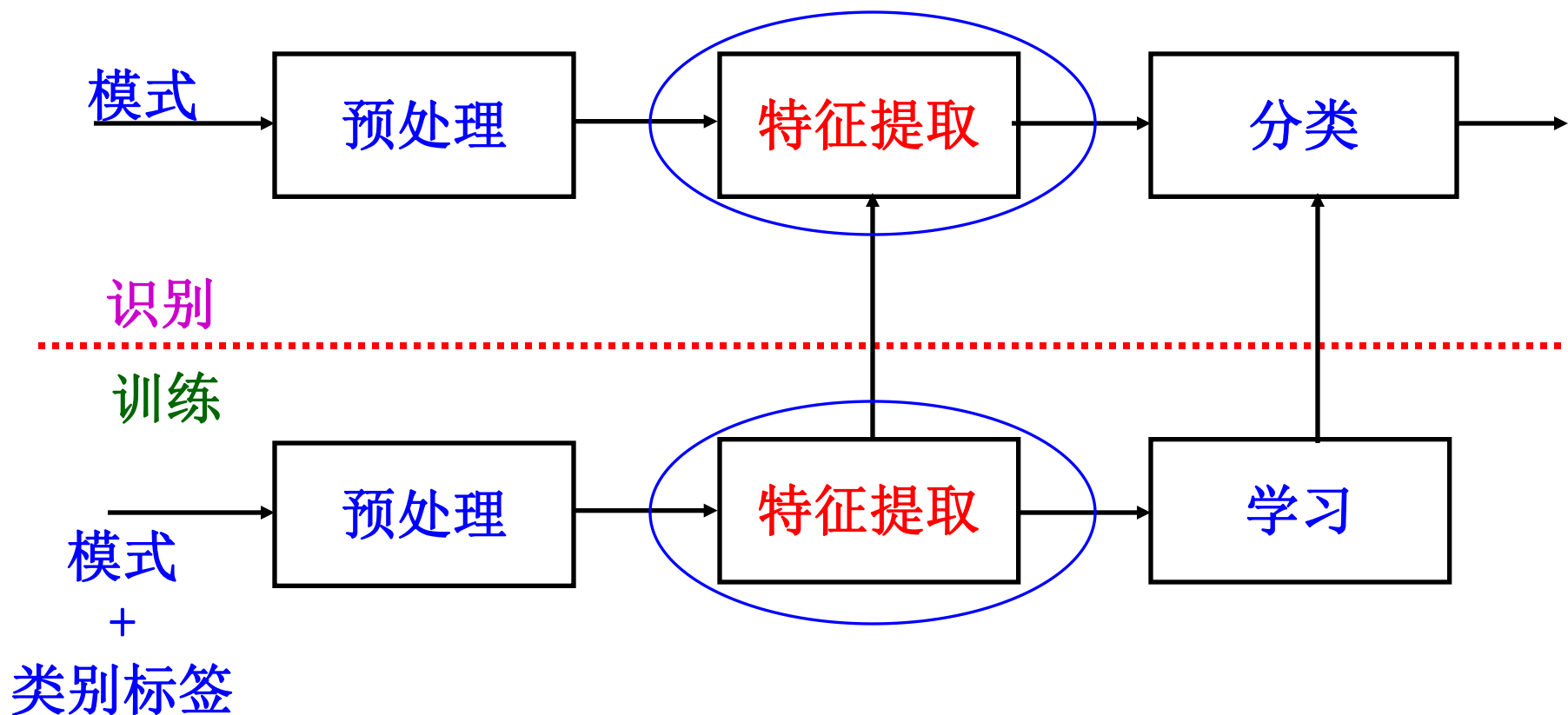
相似的字母和数字



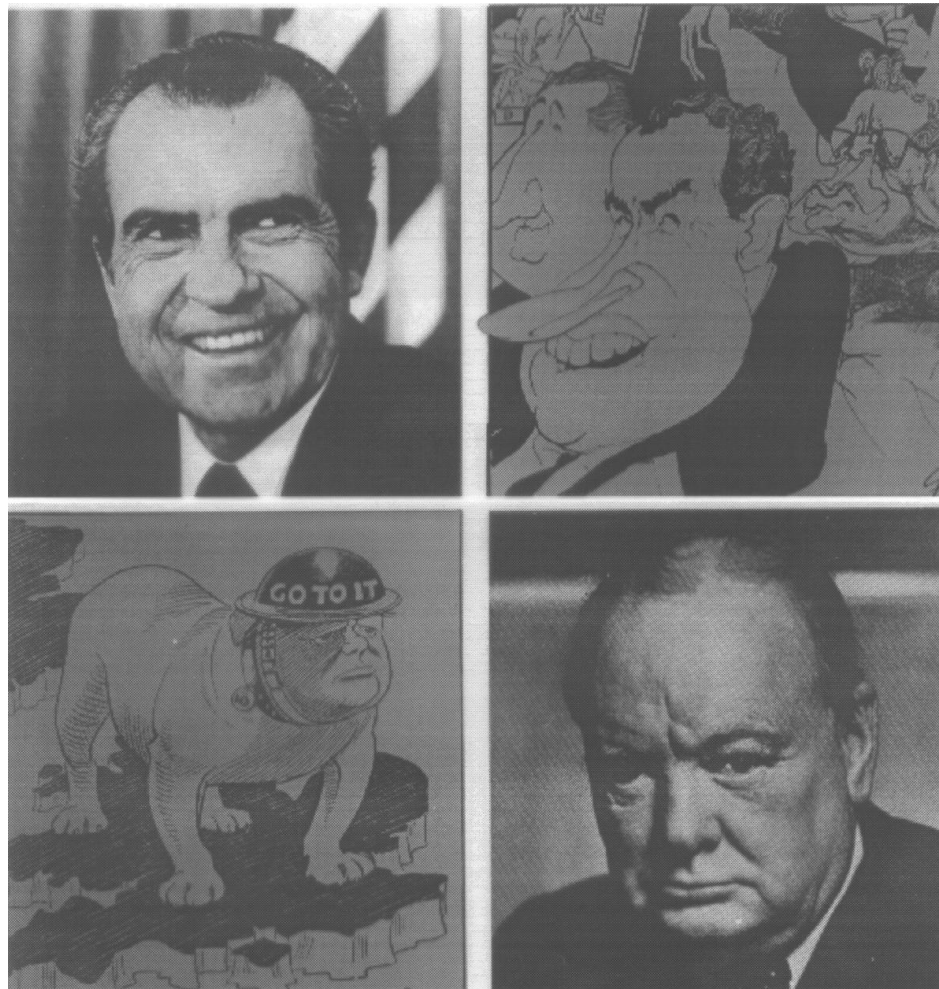
# 主要研究方向

- 特征选择与表示
- 监督学习（分类器设计、回归分析）
  - 集成学习
  - 深度学习
- 无监督学习（聚类）
- 弱监督与半监督学习
- 强化学习

# 特征选择和特征提取

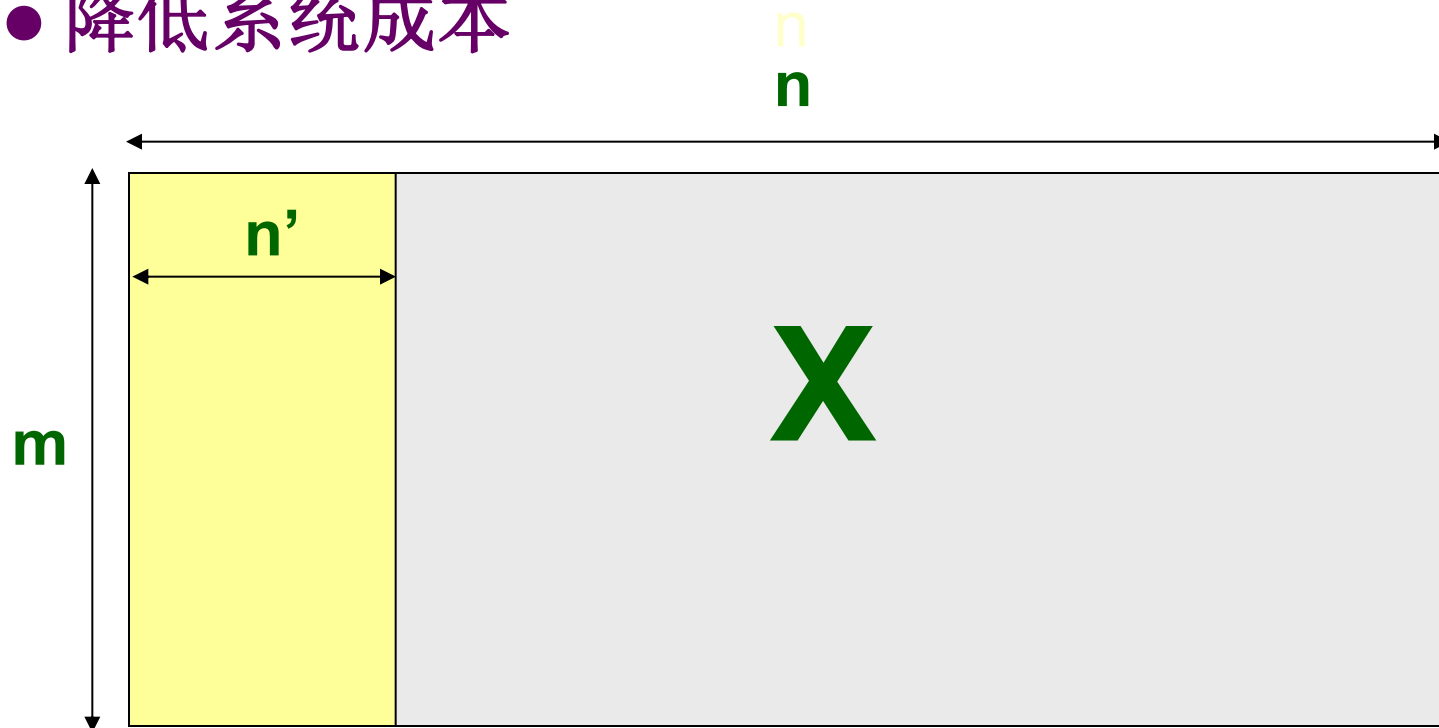


# 特征表示



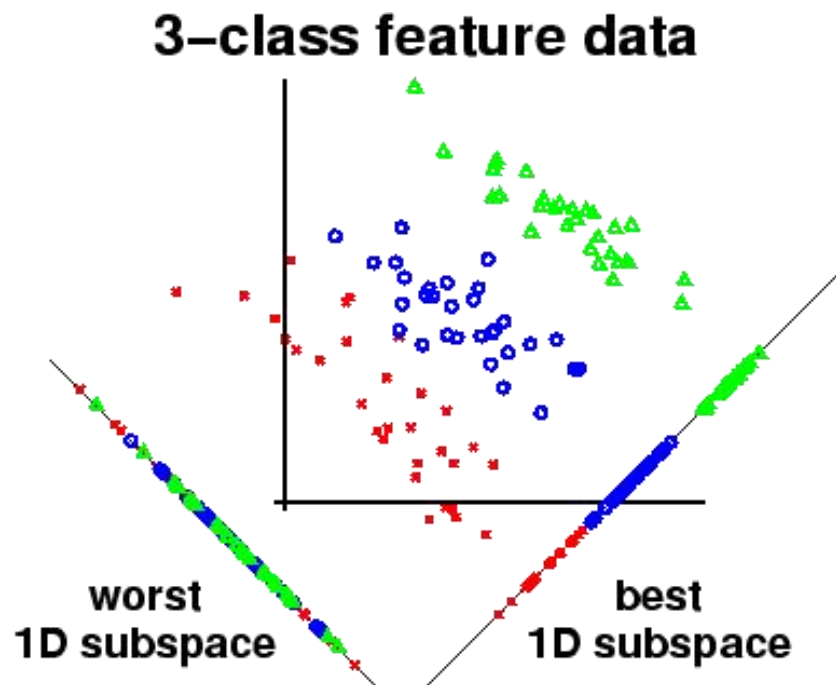
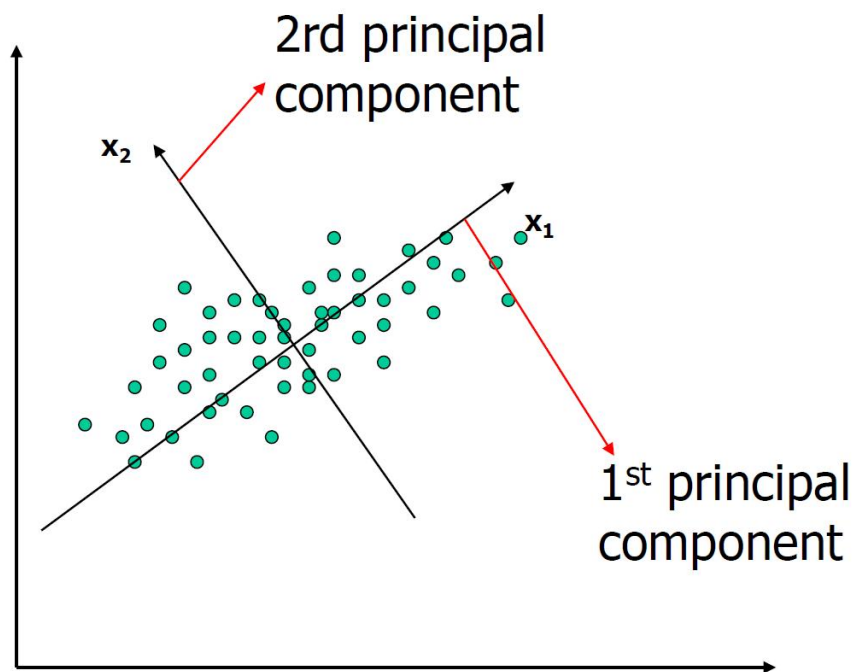
# 特征选择

- 去除冗余特征，提高识别性能  
冗余特征可能会导致性能恶化
- 减少特征数目，提高识别速度
- 降低系统成本



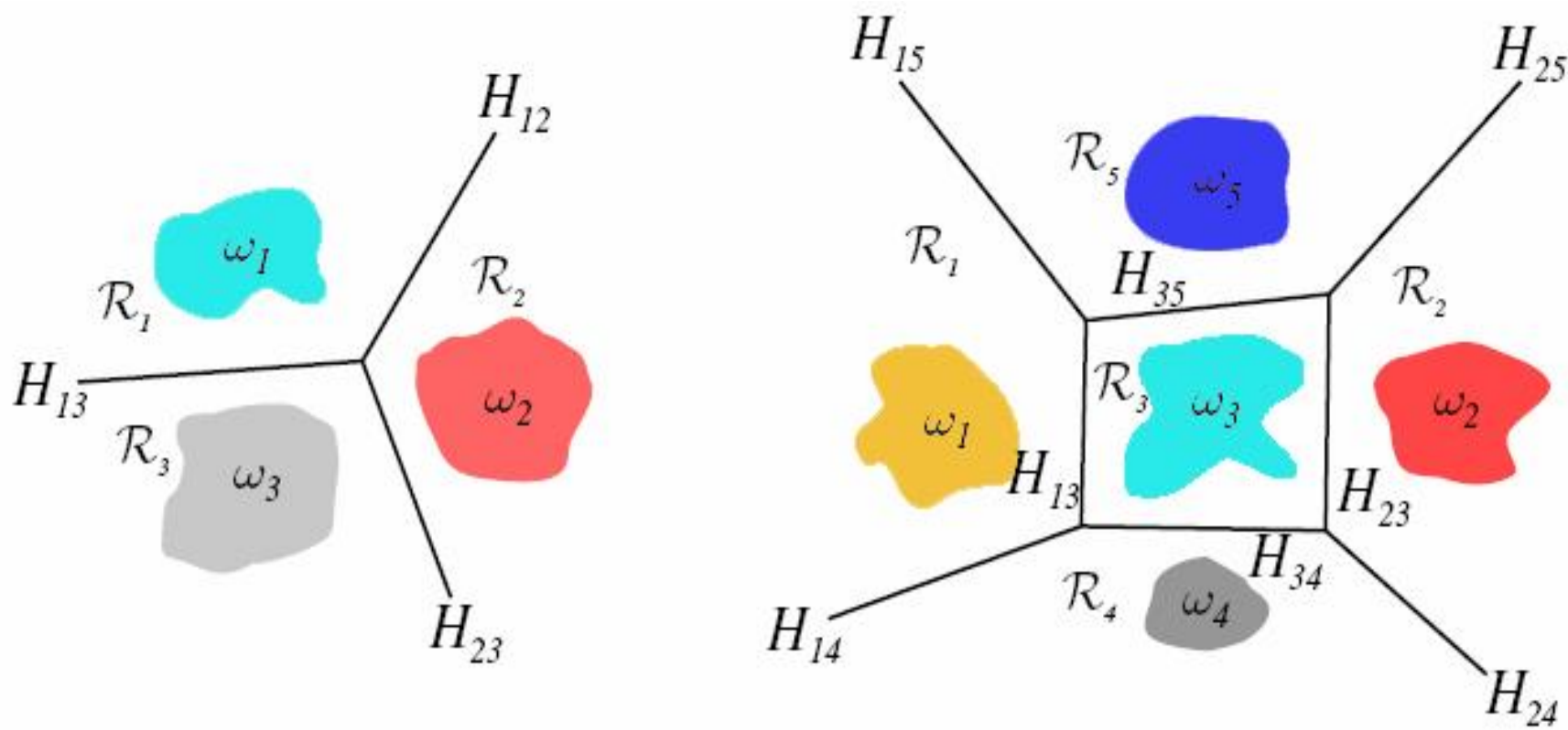
# 维数约简

- 本征维数
- 判别能力

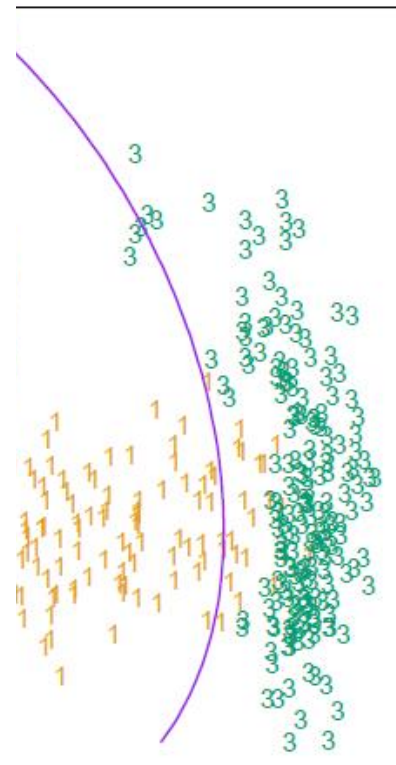
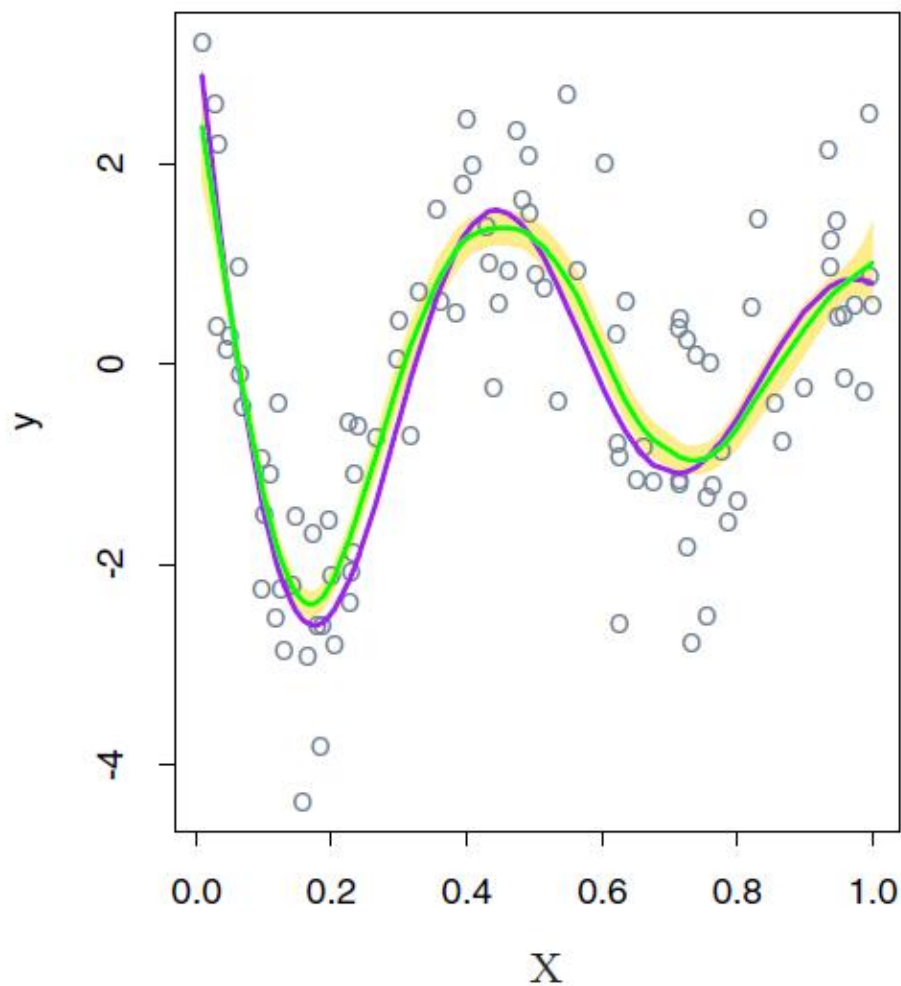
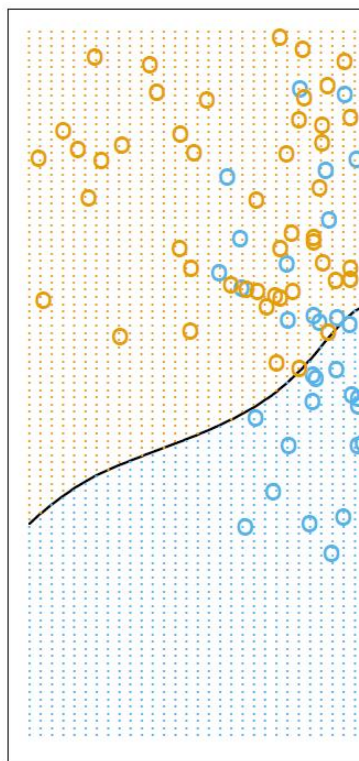


# 分类器设计

## ■ 高维数据、线性分类面



# 非线性分类器、非线性回归



# 学习理论

- 建模变量间的关联与因果关系
- 经验风险最小化（减小样本误差率为目标）
- 结构化风险最小化（兼顾简化模型复杂度）
- 贝叶斯决策（理论基石，最优分类器）
- 人工神经网络
- 支持向量机
- 集成学习
- 深度学习



# 学习方法分类

样本标记程度

Supervised

Unsupervised

Semi-supervised

分类器模型

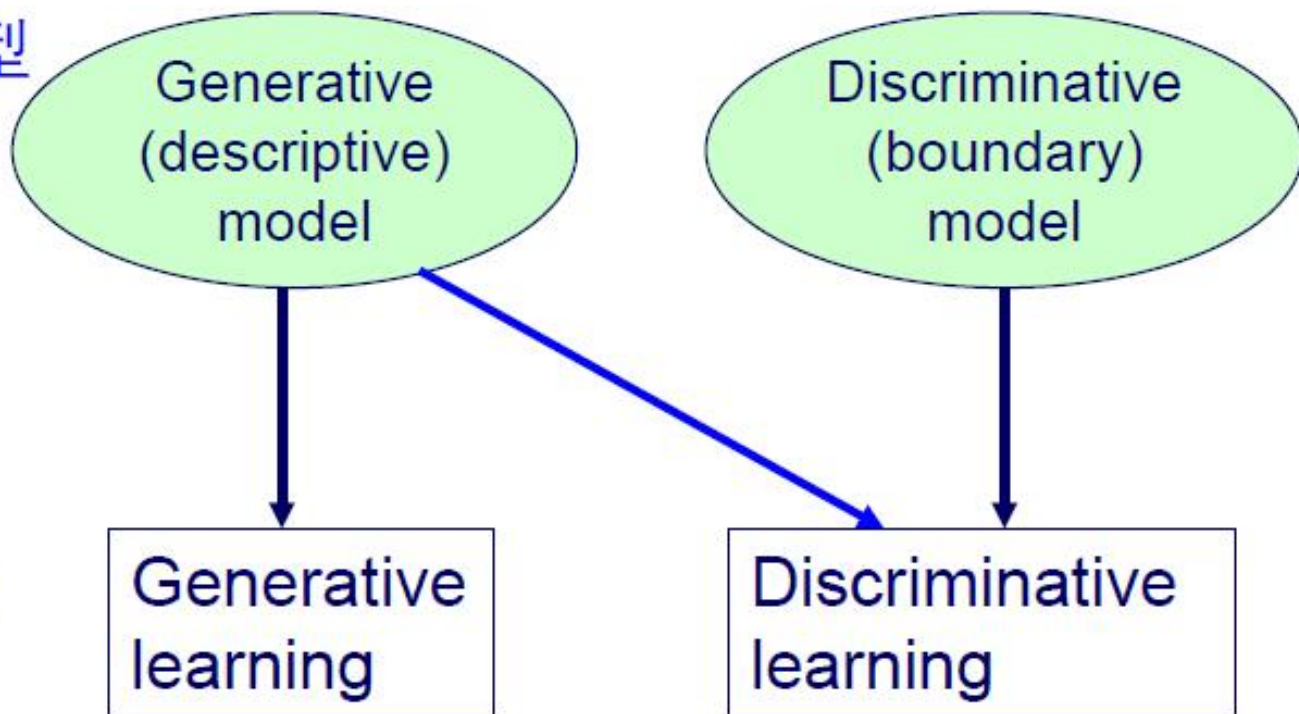
Generative  
(descriptive)  
model

Discriminative  
(boundary)  
model

学习准则

Generative  
learning

Discriminative  
learning



# 集成学习

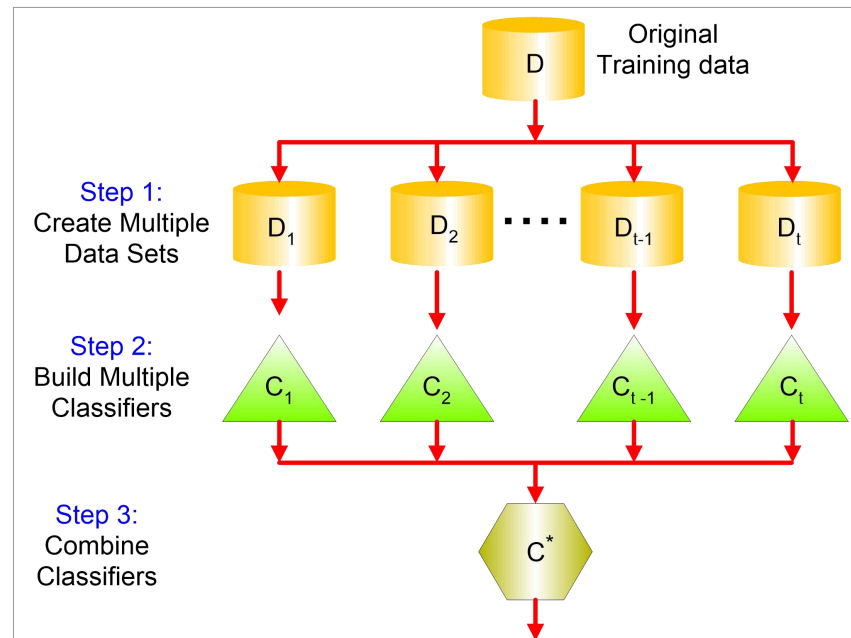
■ Two Heads are better than one.

■ 如何设计集成方法

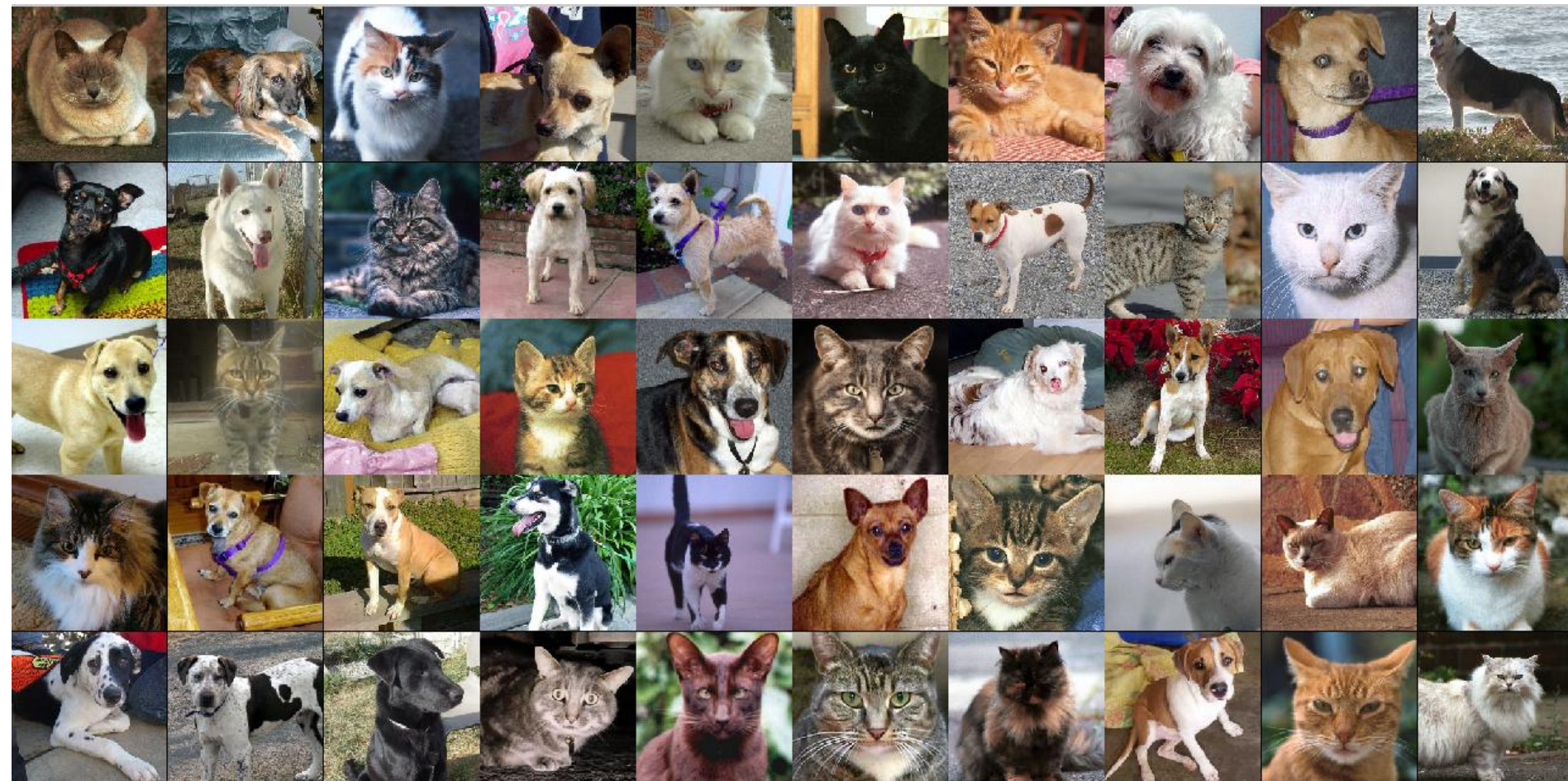
- 基分类器
- 如何集成（融合）

■ 集成方法

- Bagging
- boosting, AdaBoost
- XGBoost
- 多分类器系统：融合策略

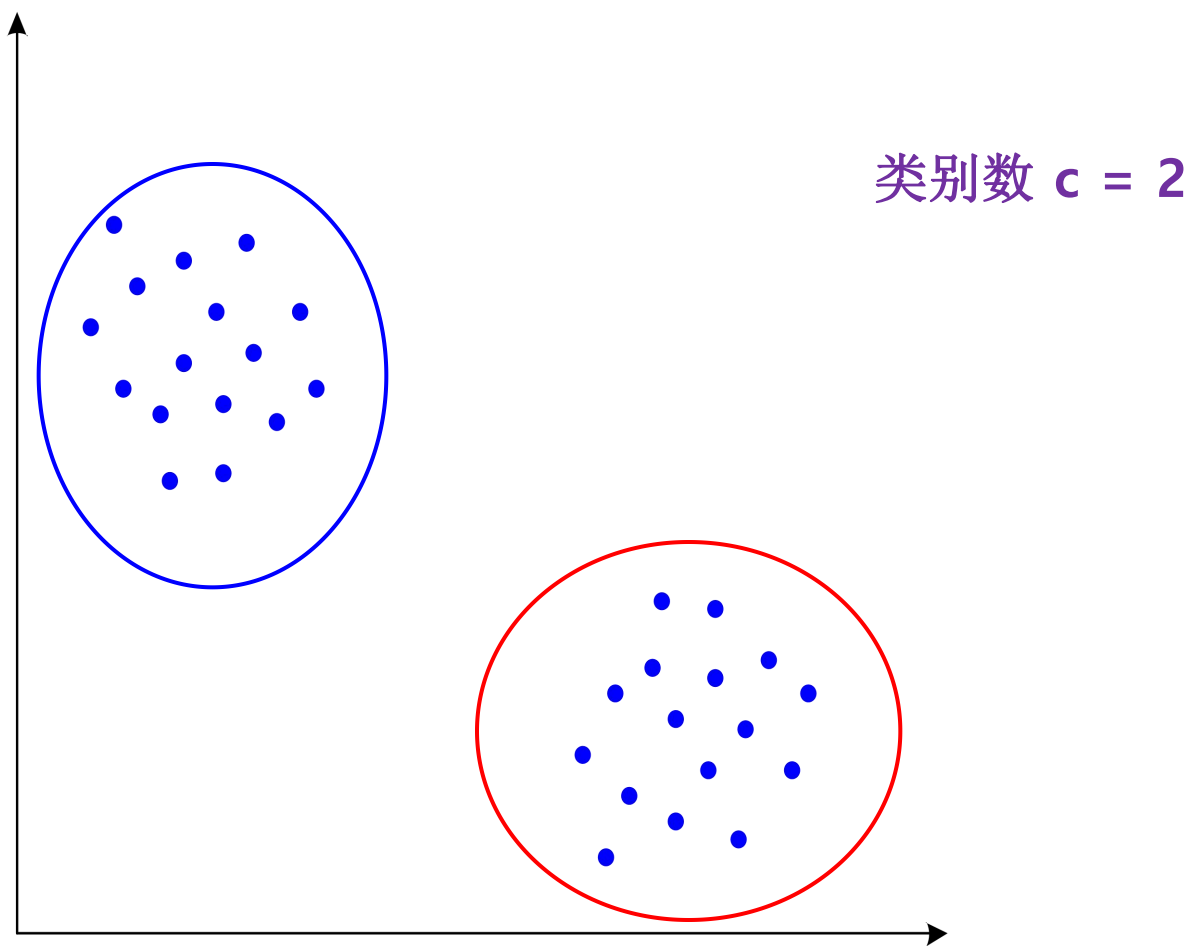


# 聚类分析

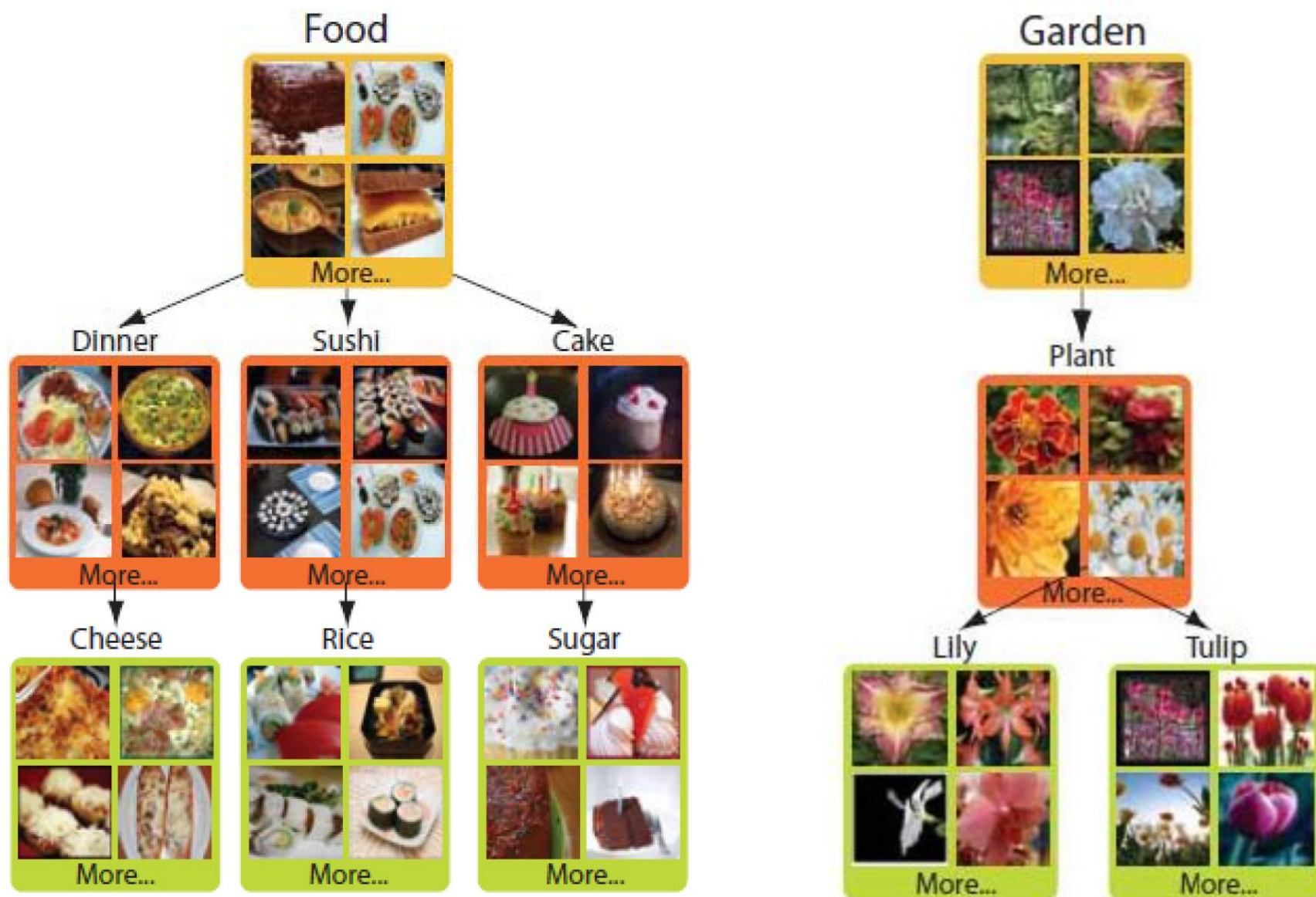




# 聚类分析：准则和优化



# 层次聚类



# 小结

## ■ 模式识别

- 对模式分布规律的分析 and 利用

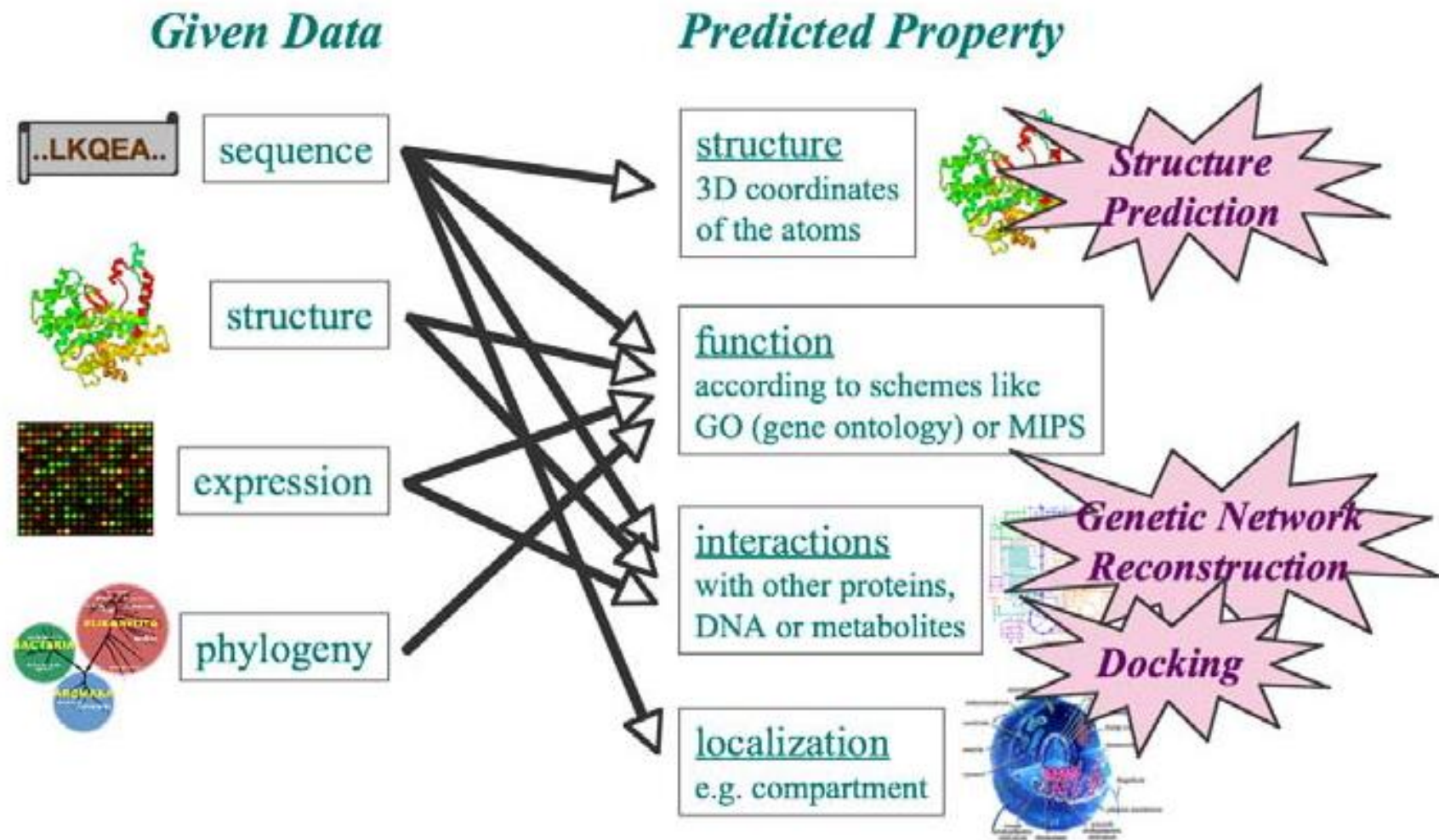
## ■ 方法

- 特征选择、特征提取
- 分类、聚类、回归分析

## ■ 理论

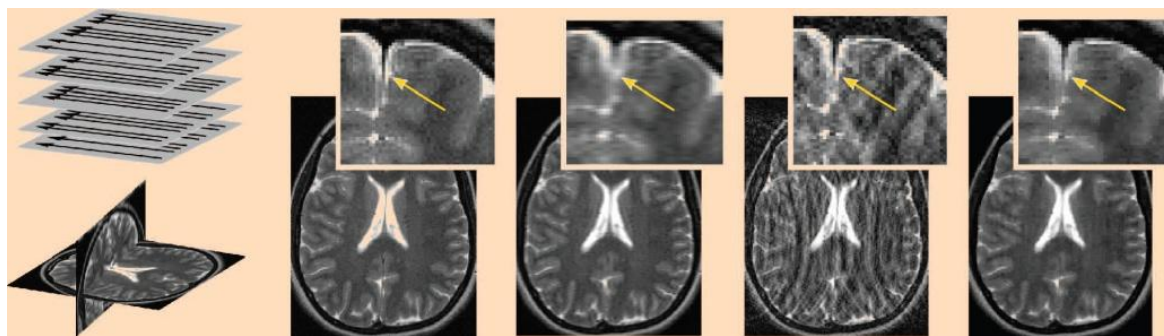
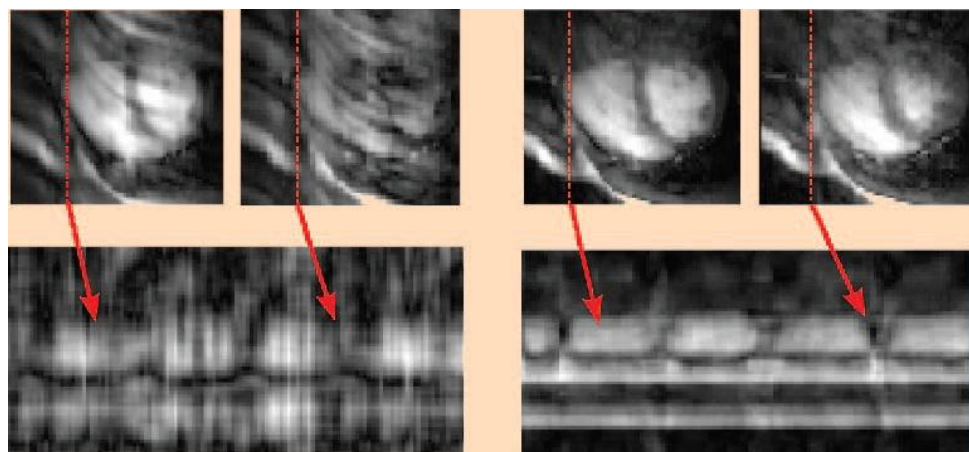
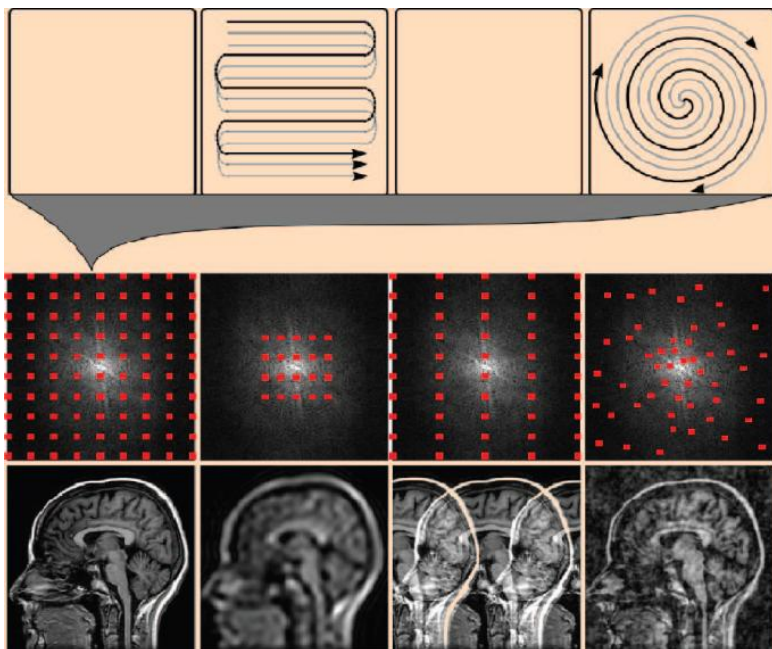
- 贝叶斯决策：先验 · 似然 = 后验
- 计算学习理论
- .....

# 应用：生物信息学



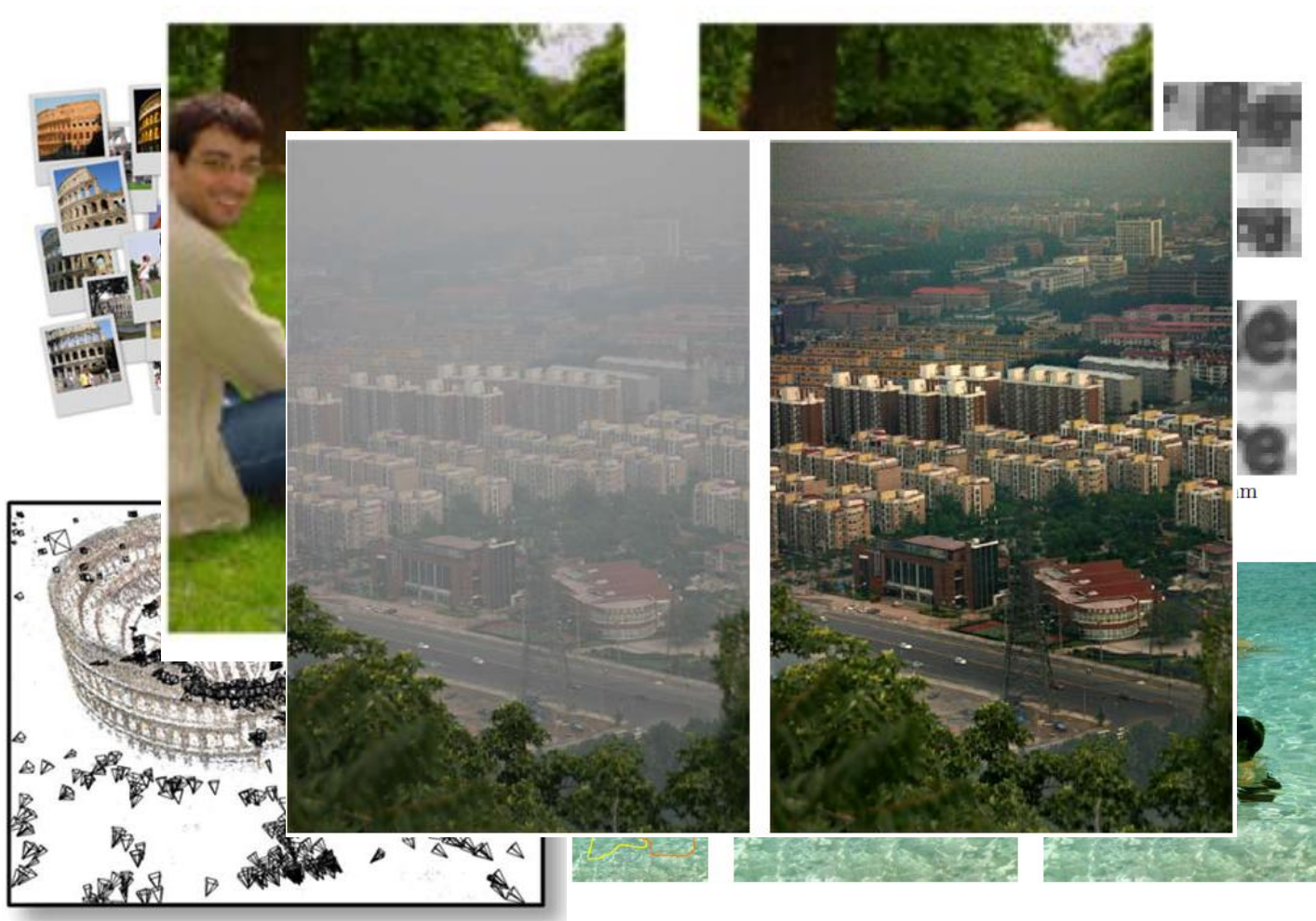


# 医学成像





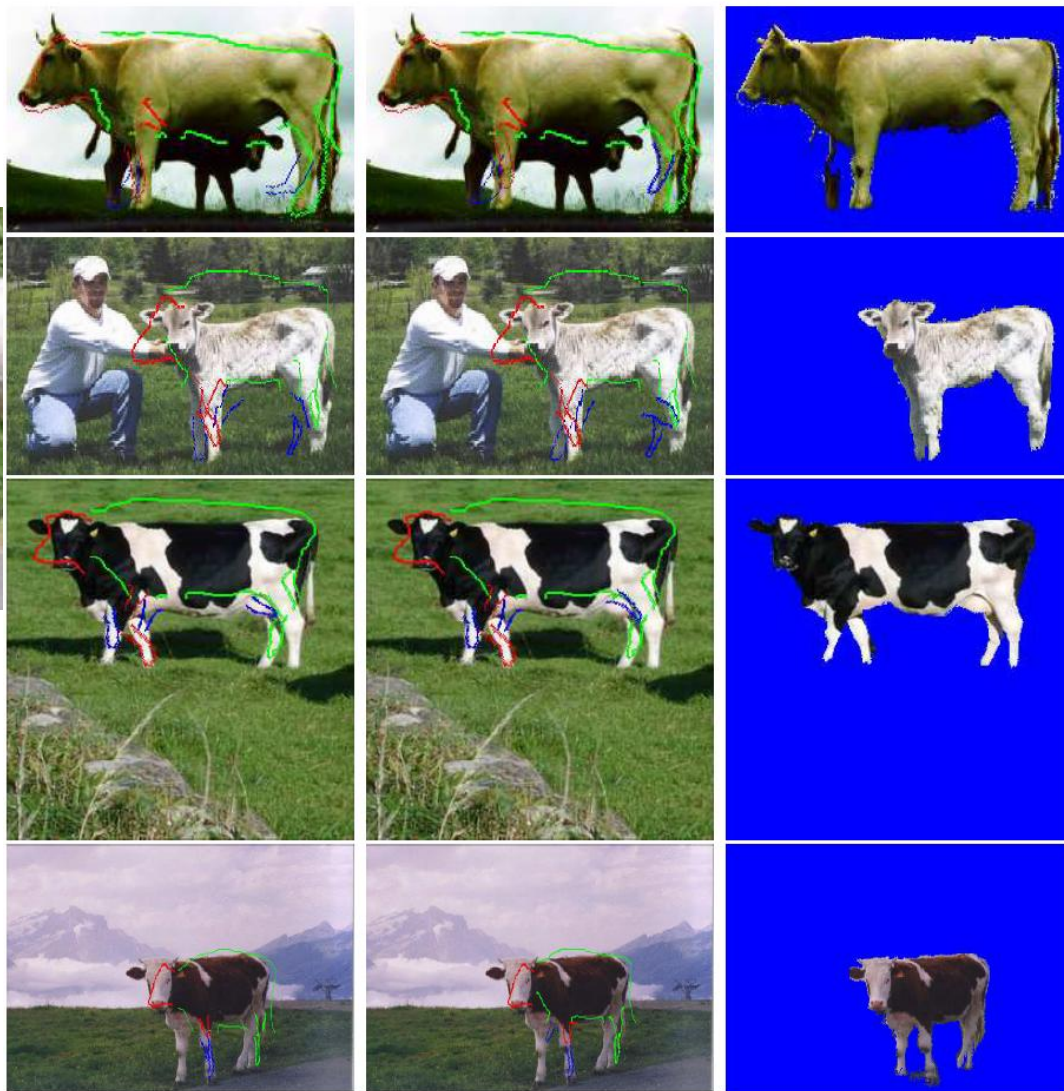
# 视觉信息获取与编辑



# 图像分割



Cow

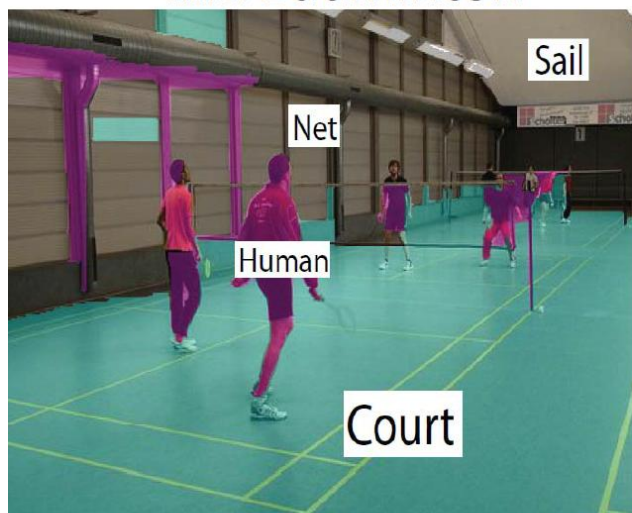


Segmented Cow

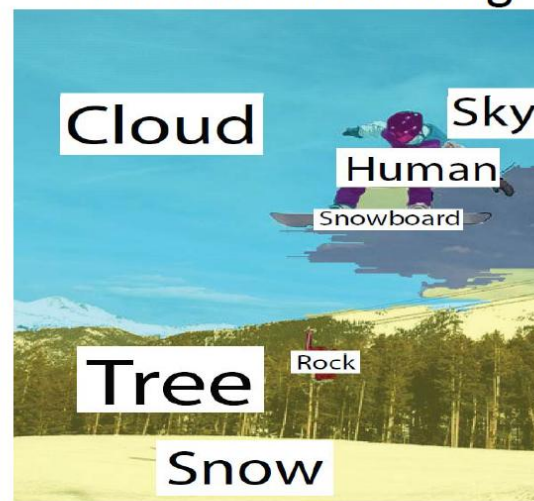


# 图像理解

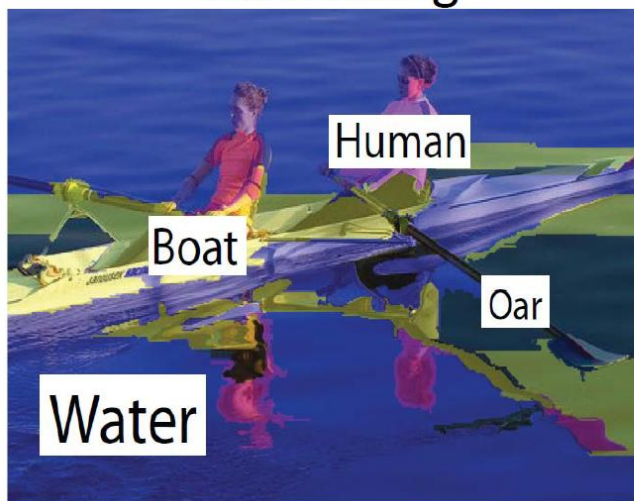
Class: Badminton



Class: Snowboarding



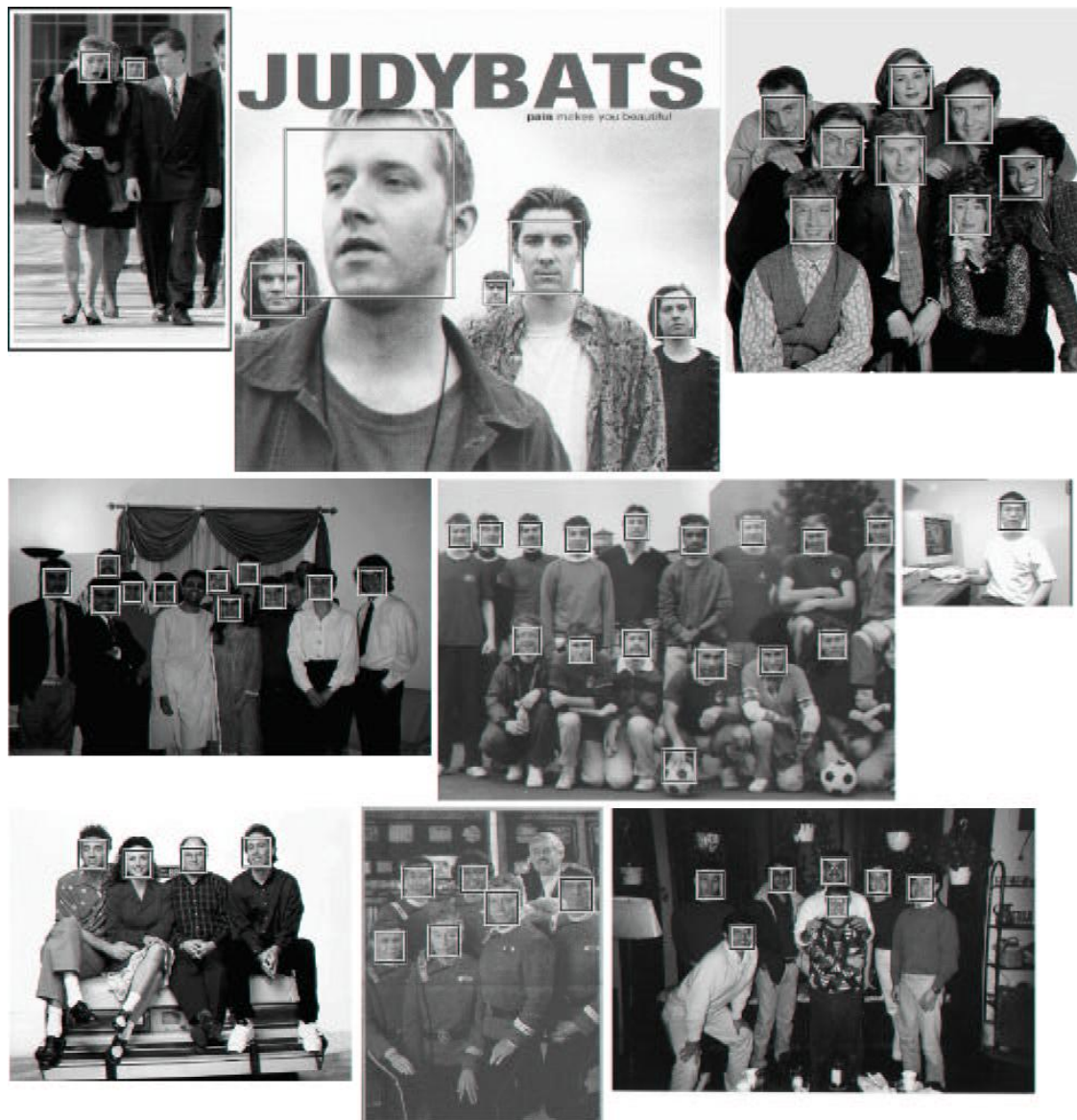
Class: Rowing



Class: Rock Climbing



# 目标检测与图像检索





# 视觉监控



# 生物特征识别





我们只能向前看到很短的距离，但是  
我们能够看到仍然有很多事情要做。

Alan Turing

- 模式识别的问题一定可以解决，因为人和生物体的识别能力是最好的“存在性证明”
- 解决其中很多问题的数学理论已经被发展起来
- 还有很多挑战性问题有待解决