

# 模式识别与深度学习

---

PATTERN RECOGNITION & DEEP LEARNING

授课教师：金野 左旺孟

Q群： 227304357

邮箱： [48549712@qq.com](mailto:48549712@qq.com)

电话： 13766863217

# 考试形式

72学时：

**期末考试 50%** ： 公平公开，开卷考试

**课程实验 30%** ： 实验报告、结果展示

**平时成绩 20%** ： 课堂点名、平时作业

**翻转课堂、实践报告 +10%** ： 鼓励参与各实验室的  
相关课题！

# 考试形式

48学时:

**期末考试 70%** : 公平公开, 开卷考试

**平时成绩 30%** : 课堂点名、平时作业

**翻转课堂、实践报告 +10%** : 鼓励参与各实验室的  
相关课题!

# 模式识别与深度学习

---

Pattern Recognition & deep learning

## 第1章 绪论

# 第1章 绪论

## 1.1 什么是模式识别

## 1.2 模式识别系统

## 1.3 模式识别的几个关键概念

## 1.4 模式识别方法简介

## 1.5 应用举例

## 1.6 相关书籍

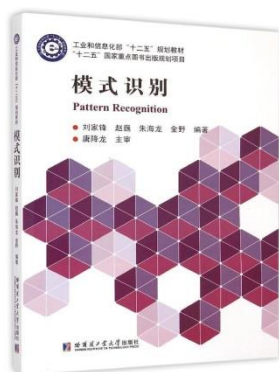
# 1.1 什么是模式识别？

认知科学：

生物体如何趋利避害？如何具有识别能力？  
认知过程中的一切行为都归结为模式识别。

哲学：

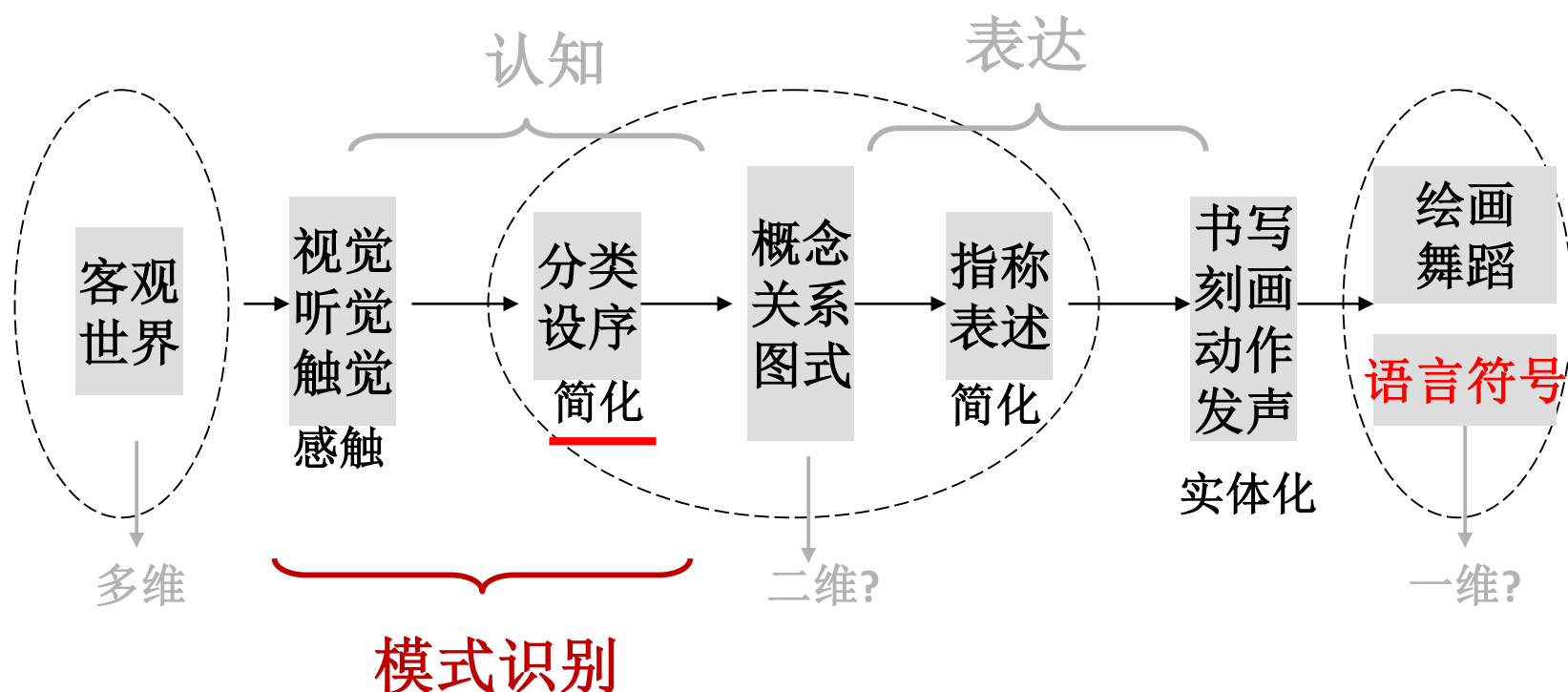
亚里士多德——物质的本质属性？  
达摩——这是什么？本性、真谛？



——从工程的角度考虑，  
针对给定的任务和应用，  
研究如何使计算机具有识别能力。

# 认知与表达Cognition & Expression

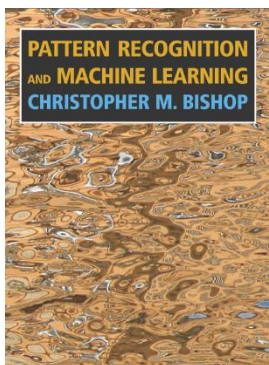
物质存在  $\longrightarrow$  主体思维  $\longrightarrow$  外化表达



## 1.1 什么是模式识别？

### ■ 使机器具备识别能力——Anil K. Jain

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



### ■ 发现规律、应用规律——Chris Bishop

The field of pattern recognition is concerned with the automatic **discovery of regularities** in data through the use of computer algorithms and with the use of these regularities to **take actions** such as classifying the data into different categories

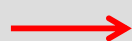


## 1.1 什么是模式识别？

- 模式 (Pattern)：待识别对象的一组属性集合。



对象本身

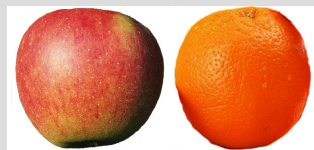


测量属性：{颜色、形状、糖度、酸度、重量...}



属性集合 (特征)：  $x=(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5...)$

- 识别/分类 (Recognition/Classification)：  
根据模式描述，判断不同的识别对象是否属于相同类别。



苹果橘子分类：颜色、形状...



苹果好坏分类：糖度、酸度、重量...

——针对问题，选择有效的特征及分类方法！

# 模式识别的发展历程

- 1929年：Gustav Tauschek，机械手段的光学字符识别；
- 1957年：IBM的C.K.Chow将统计决策方法用于字符识别；
- 60年代：基本的统计模式识别方法已经成型；
- 70年代：K.S.Fu提出的句法结构模式识别理论；
- 80年代：反向传播算法推动了人工神经网络研究的热潮；
- 90年代：提出支持向量机和核方法，组合多分类器；
- 21世纪：提出深度学习、强化学习、图网络...

# 模式识别与机器学习



John Hopcroft  
1986年图灵奖得主。

信息革命正在改变我们的世界，而机器学习则是其重要的推动力。其中，深度学习是机器学习非常重要的一个方面。

“现在的人工智能只是高维空间的模式识别而已，并不能抽取物体的本质特征，进而理解其功能或其他重要方面。”  
要实现这一点，需要另外40年的时间才能完成这场革命。

# 计算机学院模式识别相关领域研究现状

作为主要研究方向：

模式识别与智能系统研究中心

语言技术研究中心

智能接口与人机交互研究中心

社会计算与信息检索研究中心

生物计算研究中心

多智能体机器人研究中心

作为重要关键技术：

海量数据计算研究中心

企业与服务智能计算研究中心

航天软件工程研究中心

调研这些研究中心，  
找老师沟通，选择一个  
你喜欢的课题，作为  
实践课题？

模式识别技术目前已出现在几乎所有科学和工程领域！

——Duda（15年前）

哈尔滨工业大学 计算机学院  
模式识别与智能系统研究中心

# 第1章 绪论

## 1.1 什么是模式识别

## 1.2 模式识别系统

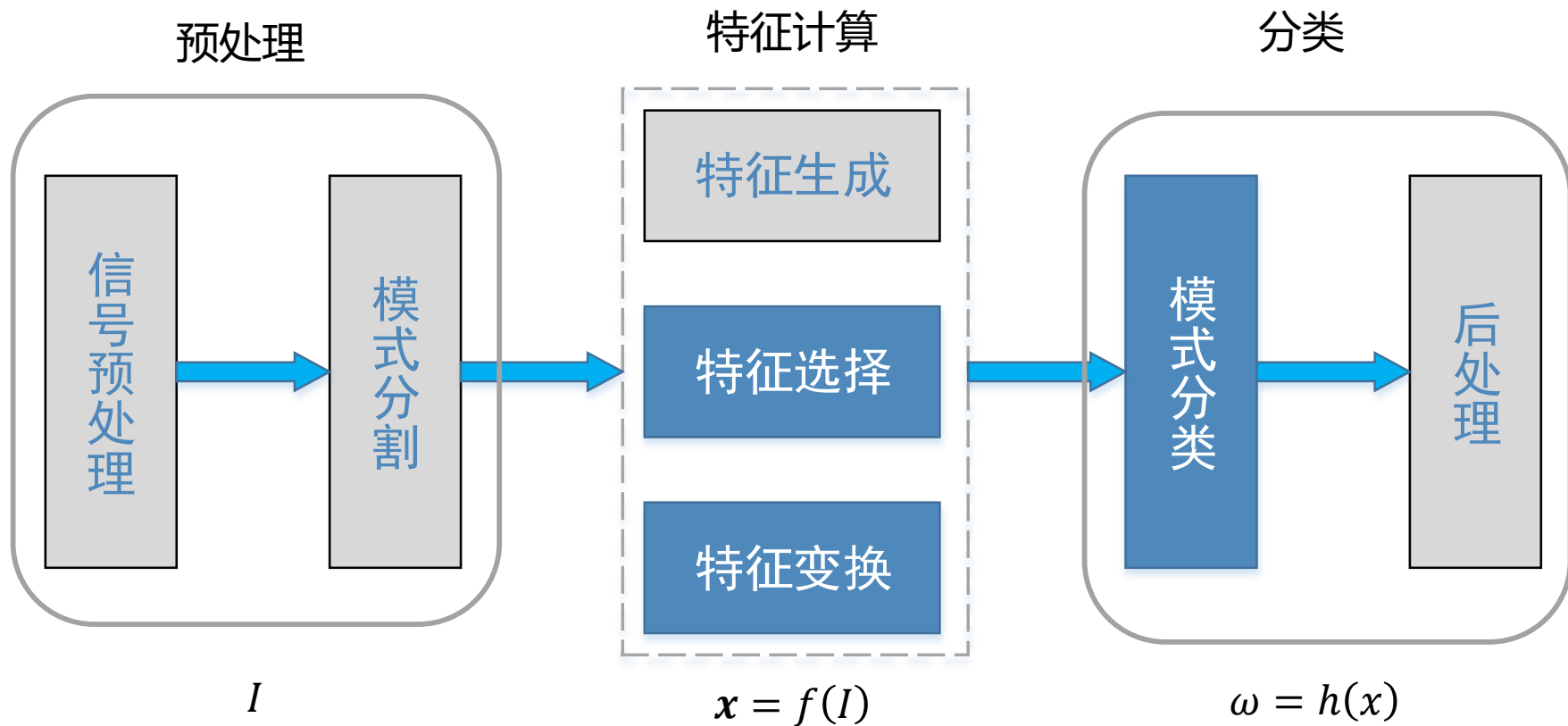
## 1.3 模式识别的几个关键概念

## 1.4 模式识别方法简介

## 1.5 应用举例

## 1.6 相关书籍

## 1. 2模式识别系统

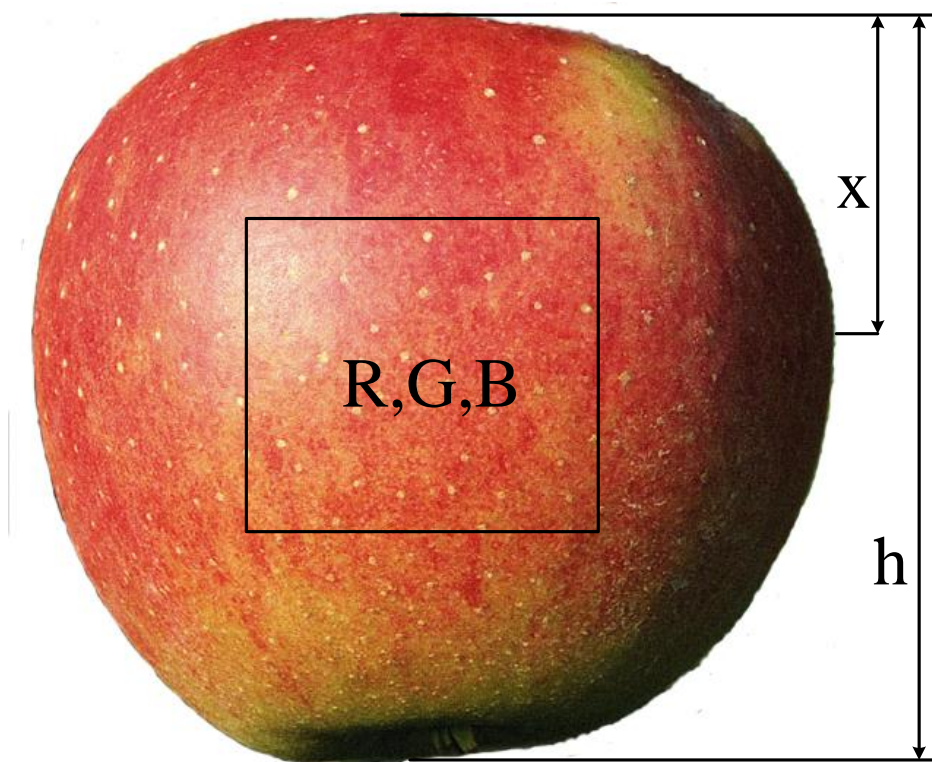


模式识别是系统问题：  
——面向实际问题，具体问题具体分析！

特征计算:  $x = f(I)$







原始5维特征 ( $R, G, B, x, h$ )

特征选择

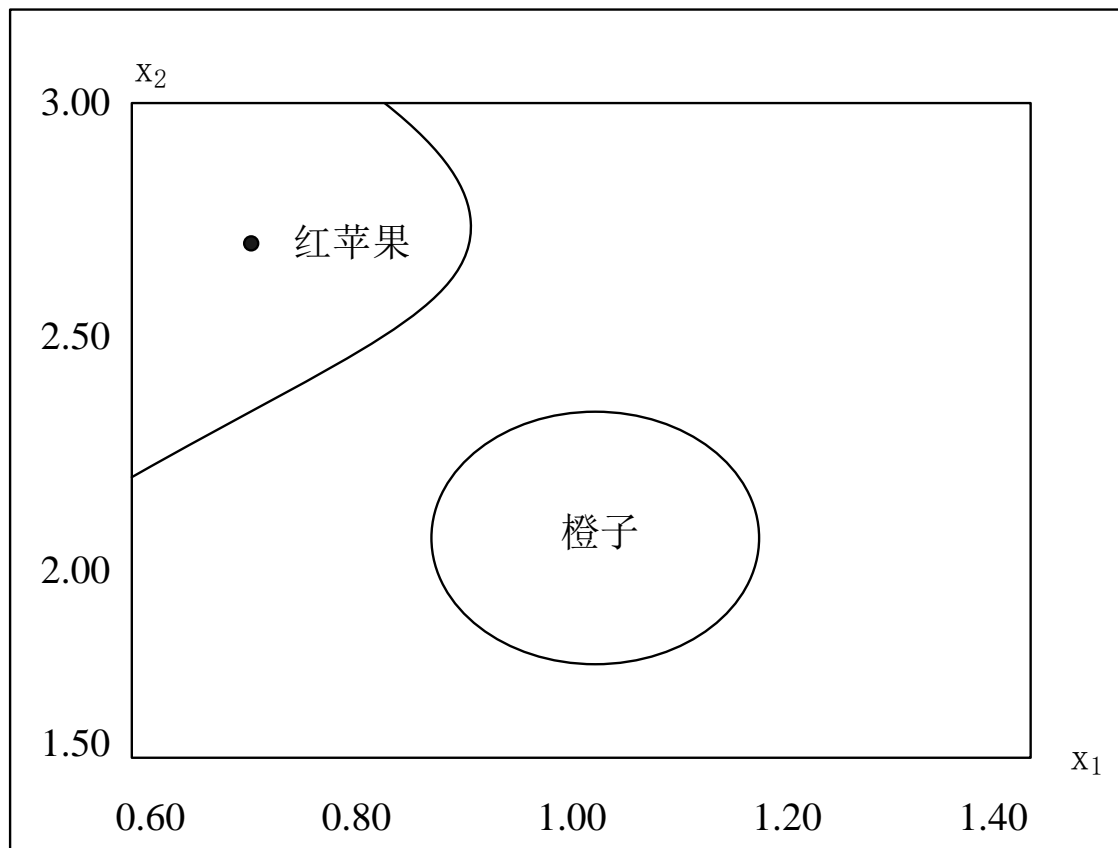
蓝色分量B对分类作用低，去掉后得到4维特征 ( $R, G, x, h$ )

计算红绿比值和x、h比值得到2维特征 ( $\frac{R}{G}, \frac{x}{h}$ )

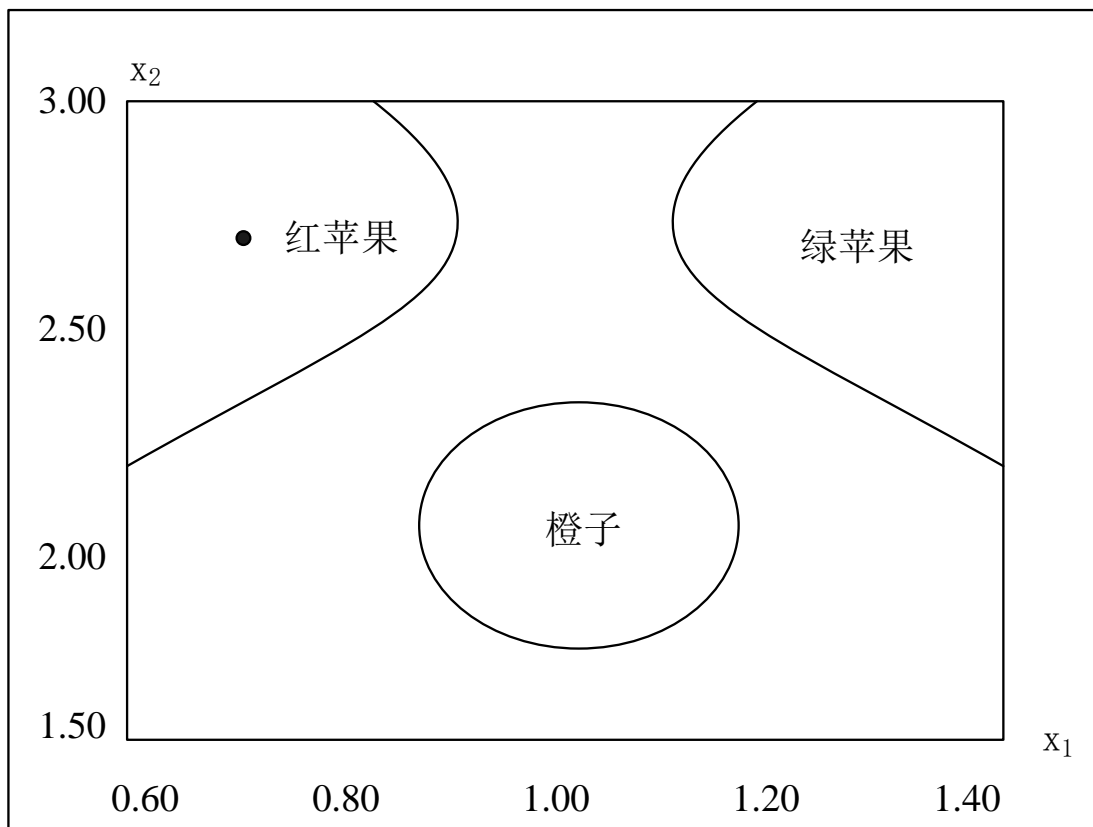
特征提取



# 特征的分类 $\omega = h(x)$

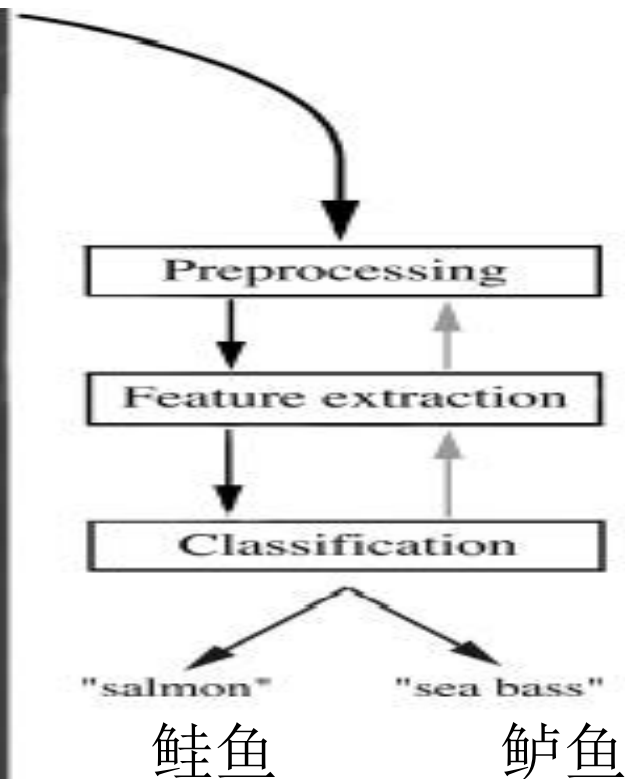
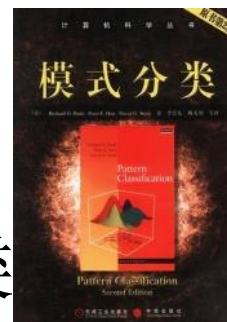


# 特征的分类 $\omega = h(x)$



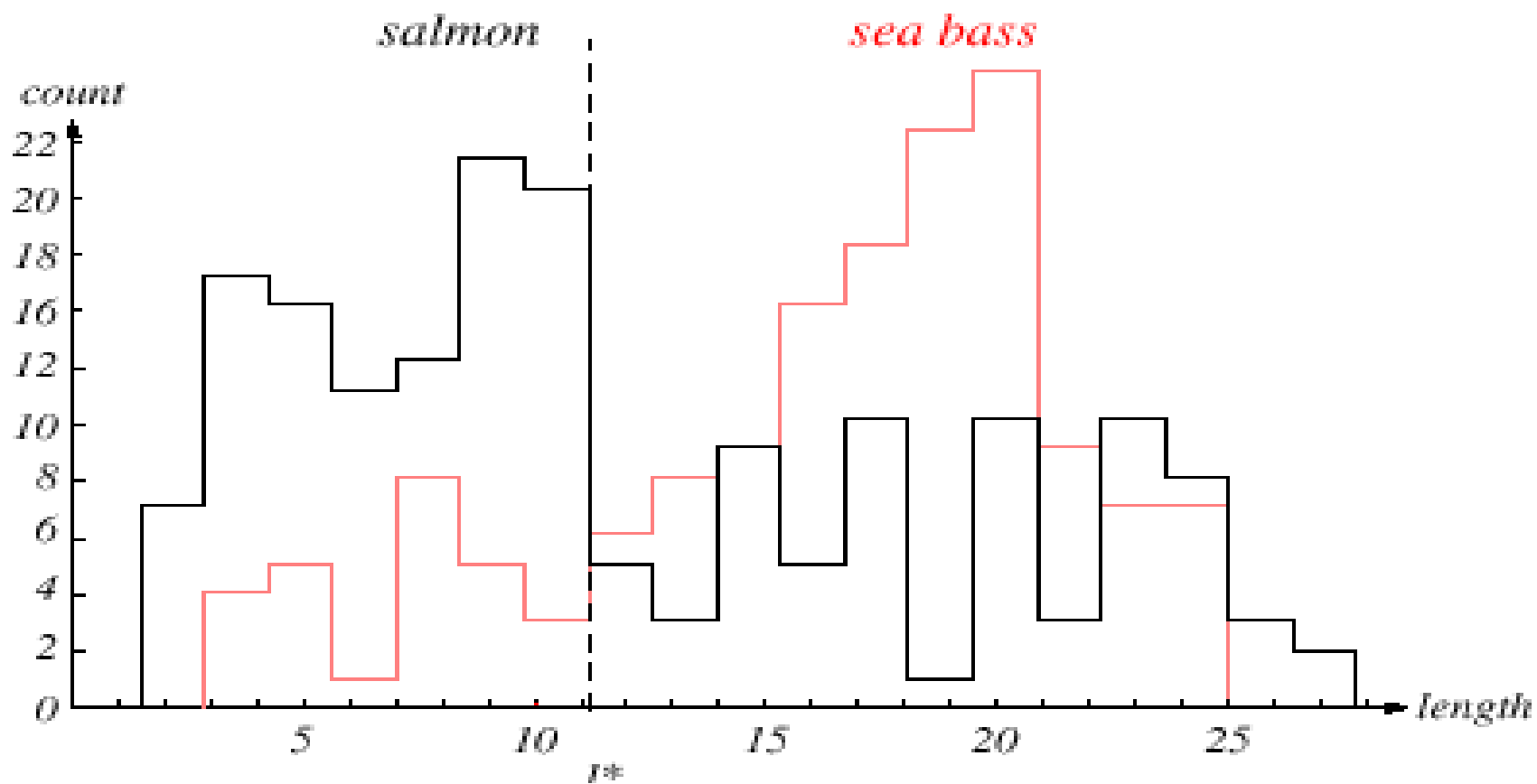
# 模式识别过程实例

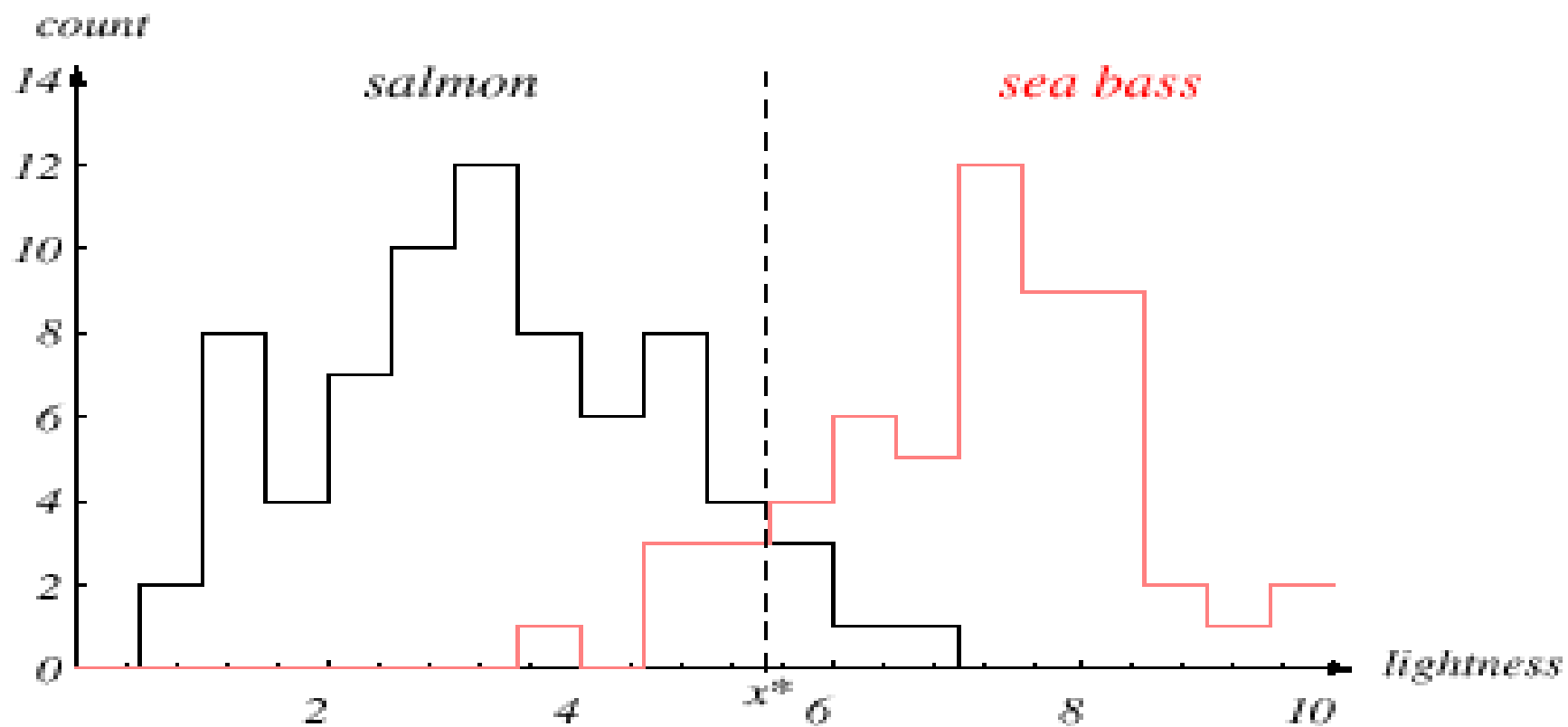
在传送带上用光学传感器件对鱼按品种分类

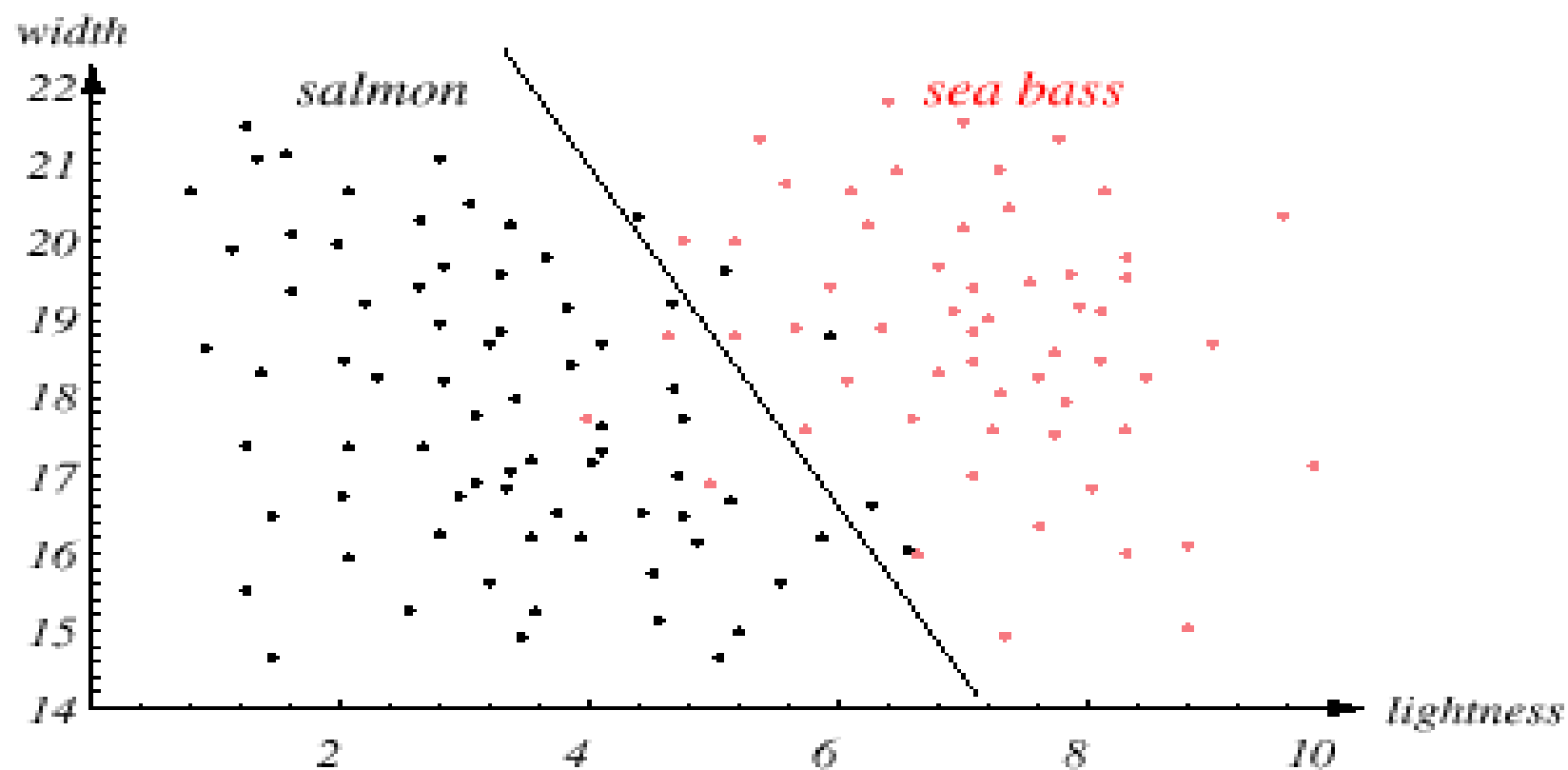


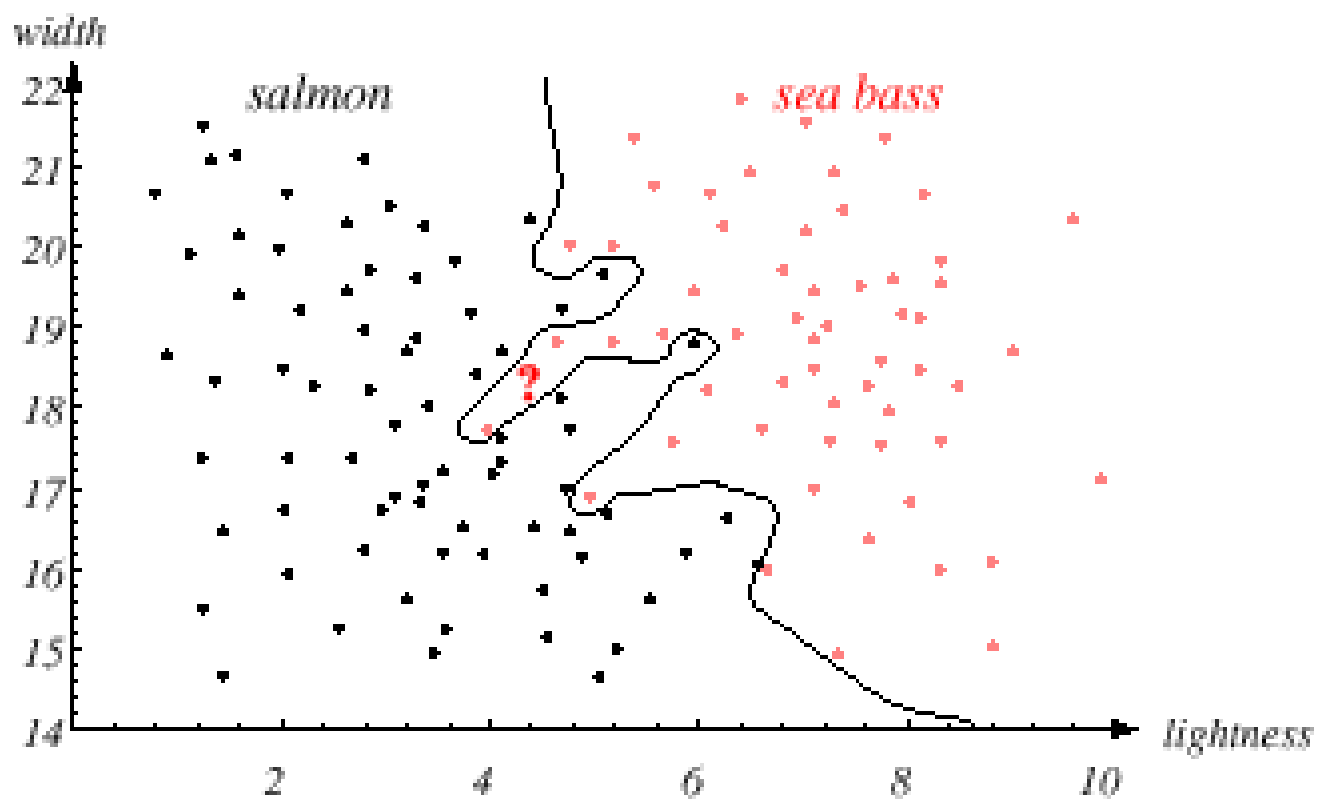
# 识别过程

- ▣ 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，用一个分割操作把鱼和鱼之间以及鱼和背景之间分开
- ▣ 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

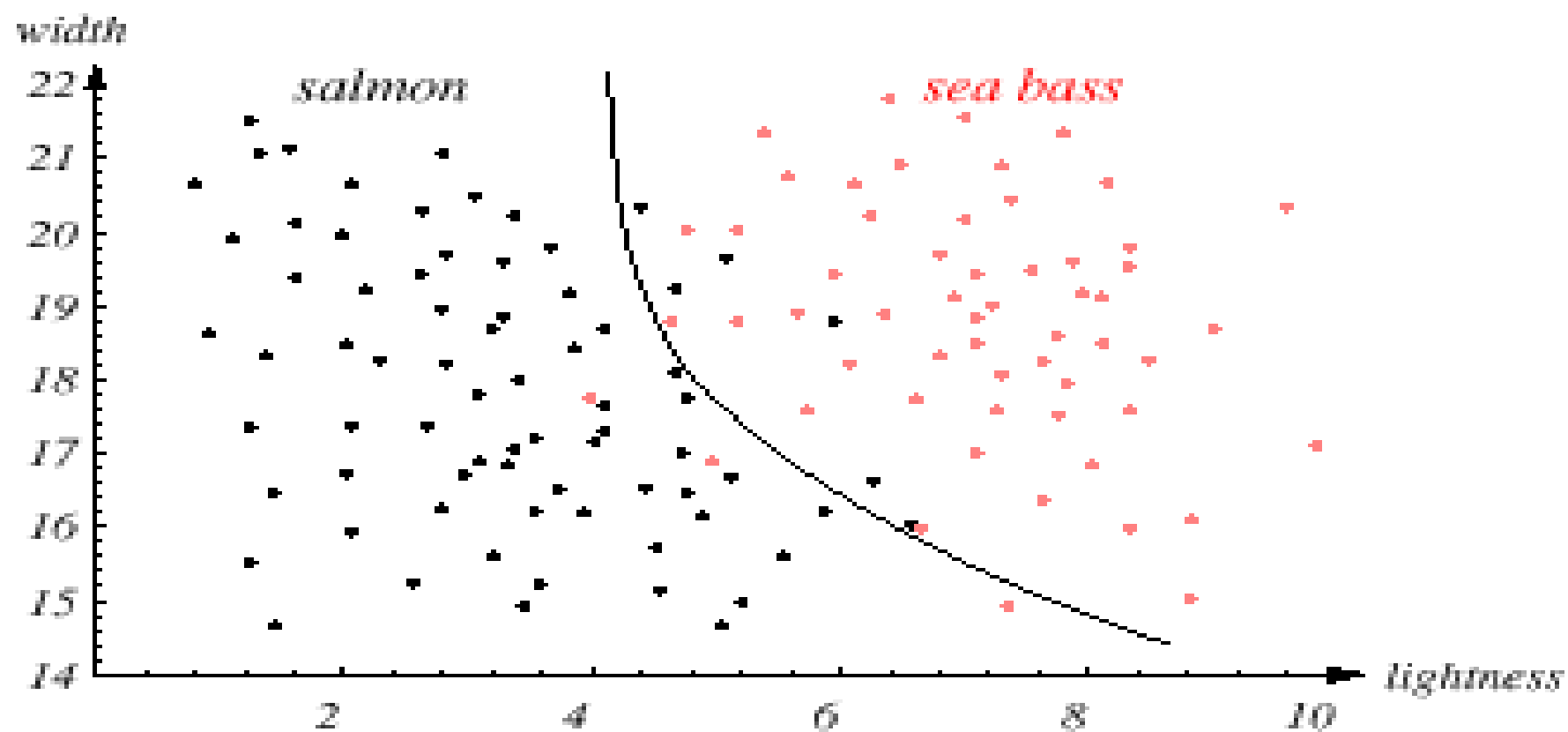




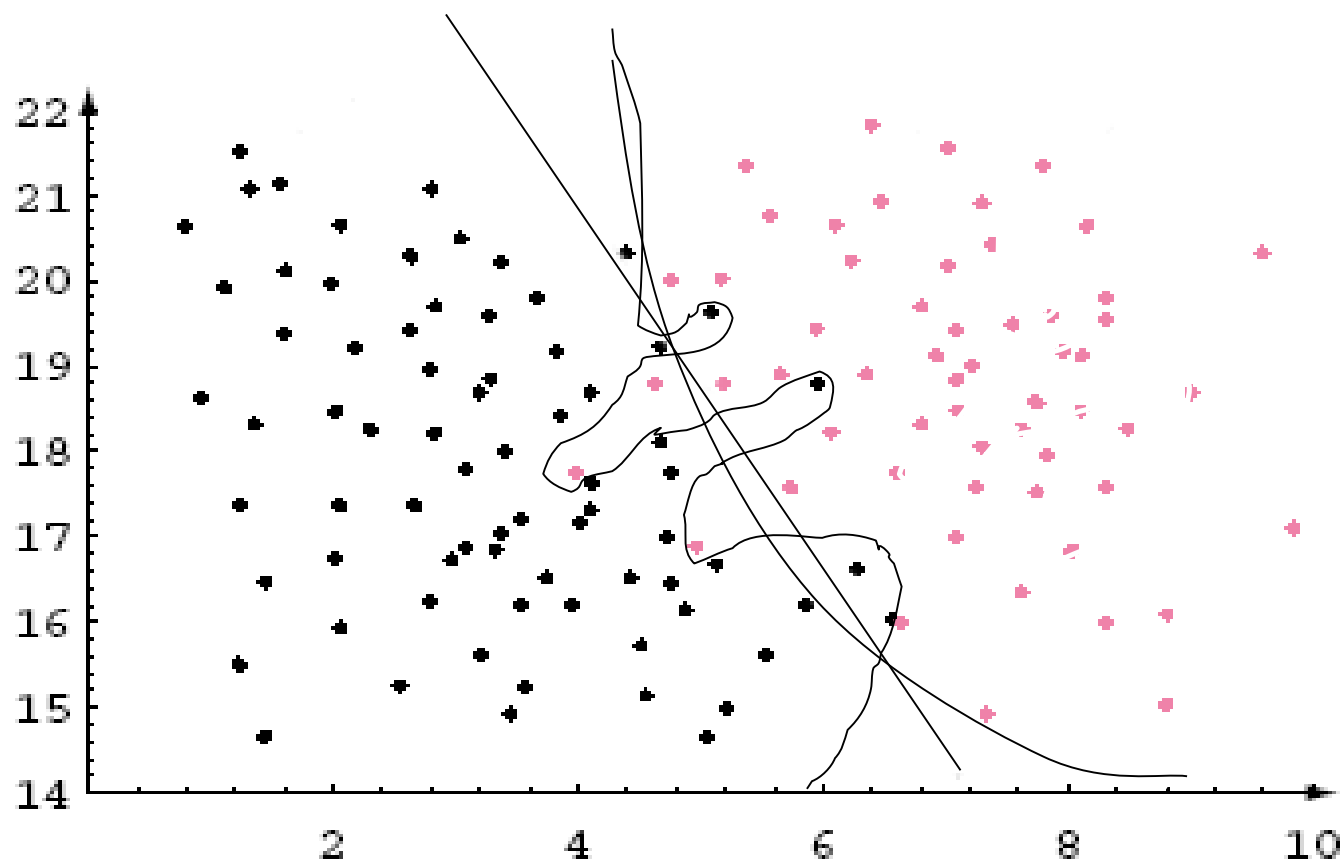








# 哪一个分类面才是最好的？



# 第1章 绪论

1.1 什么是模式识别

1.2 模式识别系统

1.3 模式识别的几个关键概念

1.4 模式识别方法简介

1.5 应用举例

1.6 相关书籍

# 1. 3模式识别的几个关键概念

## 具体问题、具体分析！

丑小鸭定理（Ugly Duckling Theorem）——根据问题确定特征计算方法。

“丑小鸭与白天鹅之间的区别和两只白天鹅之间的区别一样大”。

世界上不存在相似性的客观标准，必须根据问题需求，确定“相似性”标准

没有免费的午餐（No Free Lunch Theorem）——根据问题

确定分类方法

如果一个算法对某些问题有效，那么他一定在另一些问题上比纯随机搜索算法

更差。不能脱离具体问题来讨论算法的优劣，任何算法都有优劣性，必须根据

问题特点，选择“合适”算法。

# 1. 3模式识别的几个关键概念

归纳偏置 (inductive biases) :

模型会对学习的问题做一些假设, 即所谓的认知偏好。

最近邻分类器: 近朱者赤

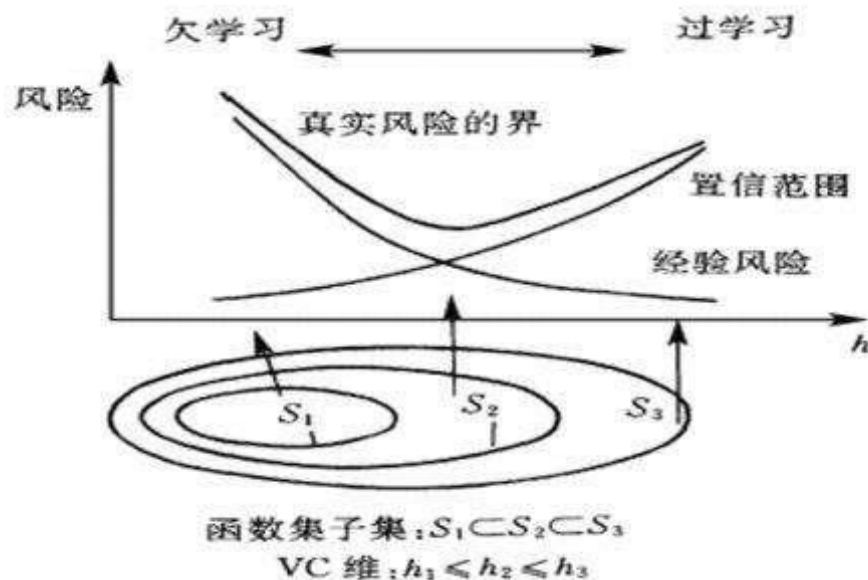
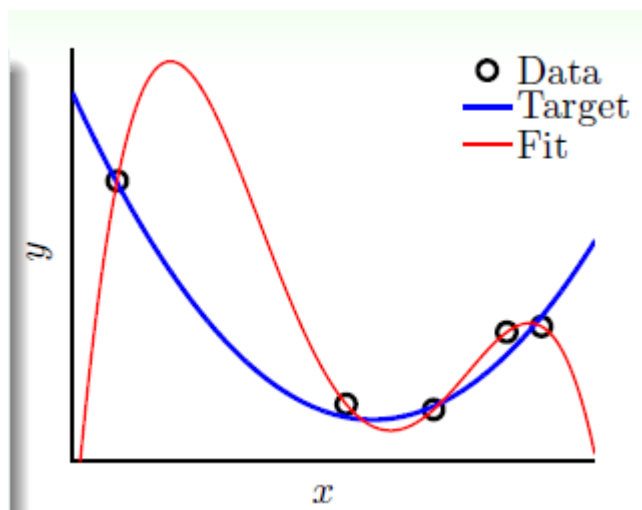
朴素贝叶斯分类器: 每个特征相互独立

距离分类器: ..., 各类别先验概率相等

卷积神经网络?

根据问题特点, 做出“合适”假设, 选择合适模型

# 1. 3模式识别的几个关键概念



泛化 (Generalization) : 可“推广”的才是知识!

VC维: 模型复杂度 (拟合能力)

奥卡姆剃刀——如无必要勿增实体

# 1.4 模式识别方法简介

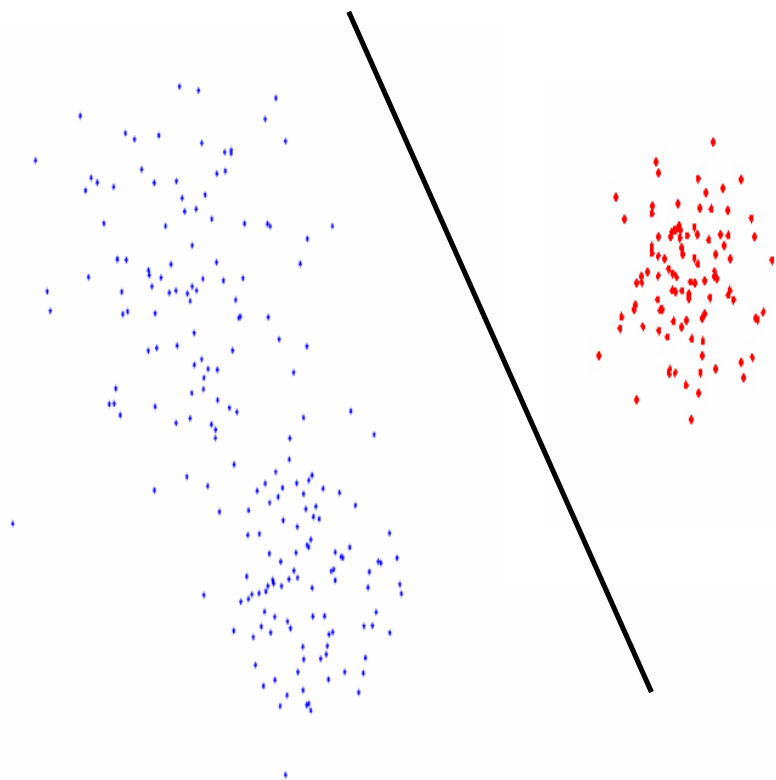
分类与聚类

统计模式识别与结构模式识别

支持向量机与神经网络

从浅层模型到深度学习

## 1.4.1 分类与聚类



有监督学习——分类

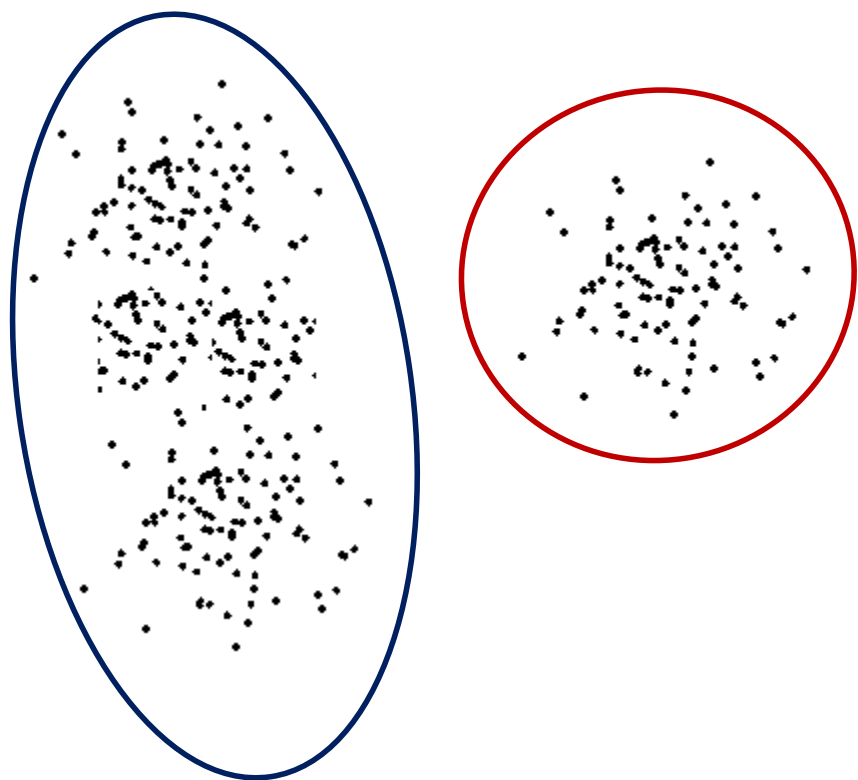
已知：训练样本

每个样本的所属类别

目的：利用训练样本学习分类器，  
对未知类别样本分类。



## 1.4.1 分类与聚类



无监督学习——聚类

已知：训练样本

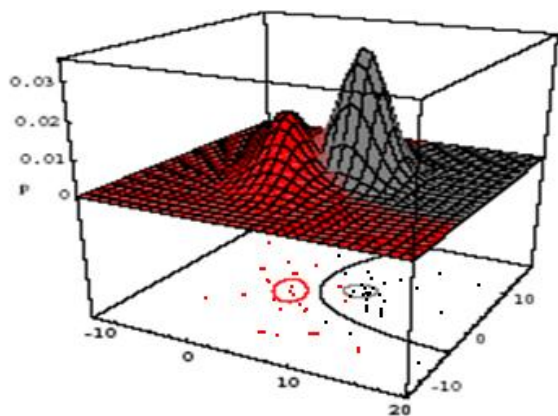
未知：不知道每个样本所属的类别，甚至类别数量也未知，

目的：利用无监督样本集，发现规律，对当前样本集合中样本进行分类

只有一部分样本有标签？——半监督学习  
标签不可靠？——弱监督学习

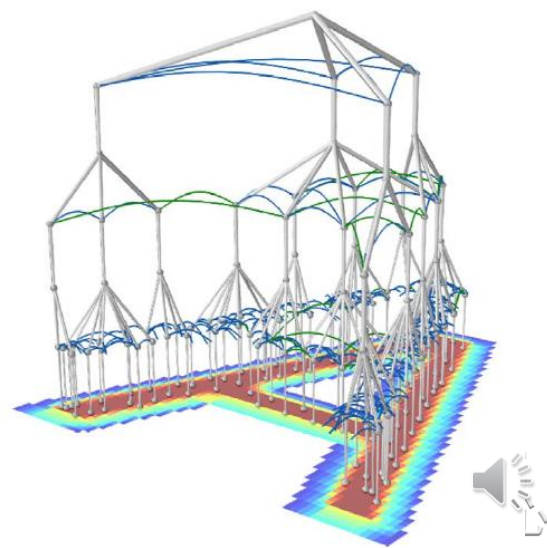
## 1.4.2 统计模式识别与结构模式识别

**统计方法：**将模式看作为空间中的一个点，采用解析几何和概率论、数理统计的方法，判别输入模式的类别属性；

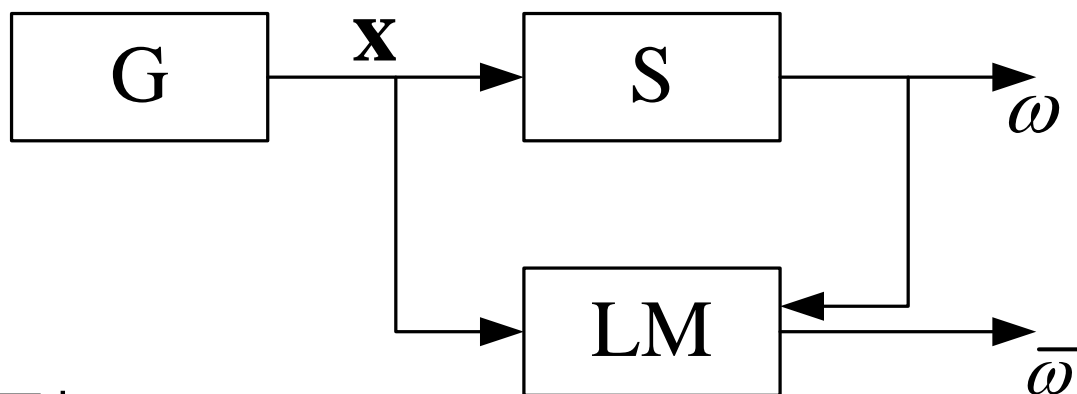


**结构方法：**将模式看成是由一些基本元素有组织的构成，利用形式语言和自动机理论对模式的结构进行分析和判别；

图方法？  
贝叶斯网络  
图神经网络...



# 统计学习模型



学习目标:

1, 模仿训练器的算子:

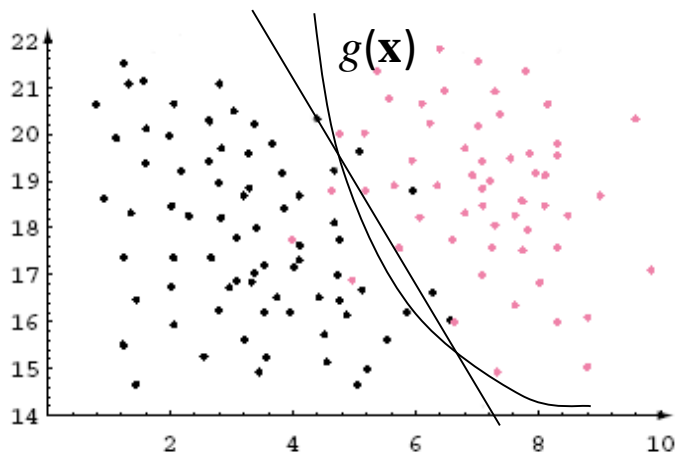
对给定的发生器 $G$ , 预测训练器 $S$ 的输出

2, 辨识训练器算子:

构造一个非常接近训练器算子 $S$ 的算子

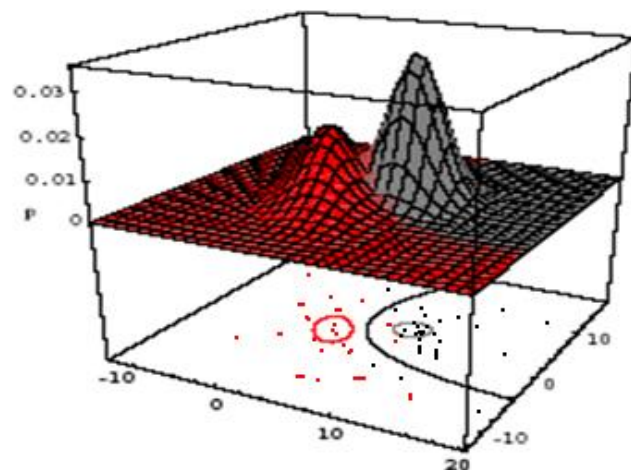
# 1.4.3 鉴别模型与产生式模型

## ▣ 鉴别模型



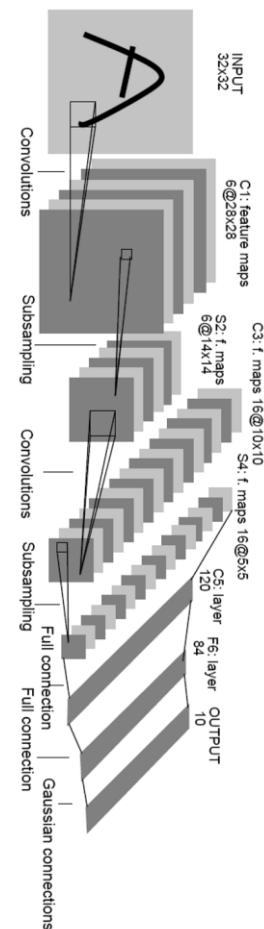
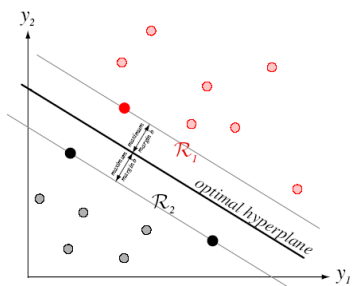
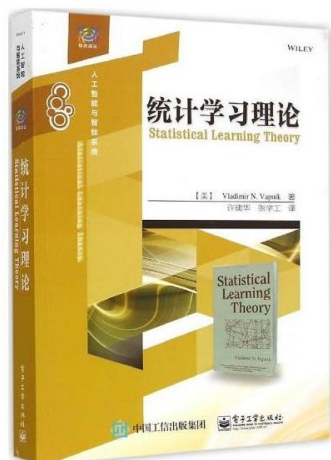
- 不同类别样本在特征空间中处于不同区域
- 学习  $g(\mathbf{x})$ , 对于不同区域输出不同值

## ▣ 产生式模型



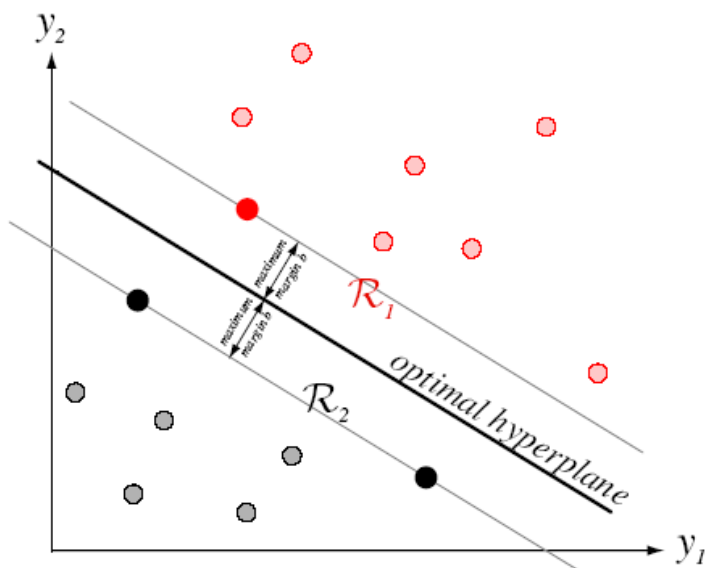
- 模式是分布在特征空间中的一个随机矢量, 在不同位置出现概率不同
- 根据模式在某点的出现的概率来判断该点所属类别

# 1.4.5 支持向量机 与 神经网络



## 1.4.6 从浅层到深层

## □ 浅层学习



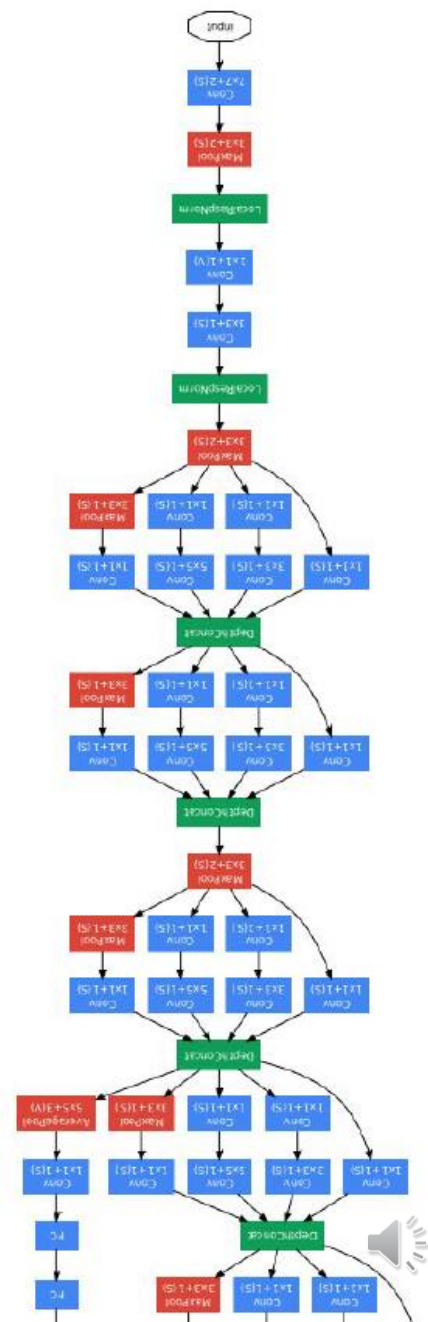
## 特征工程

## 特征选择与提取严重依赖专家经验进行

## 深度学习

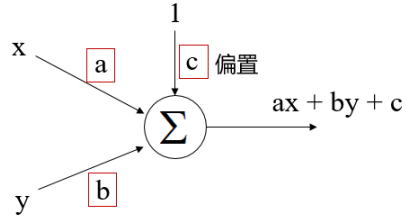
表示学习：模  
型的结构依赖  
专家经验

# 自动学习：自动学习调整模型结构

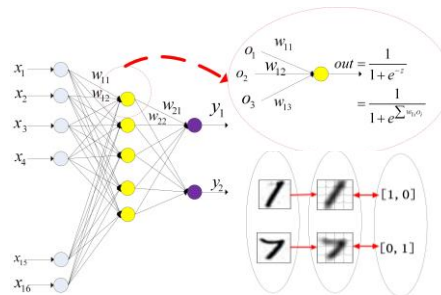




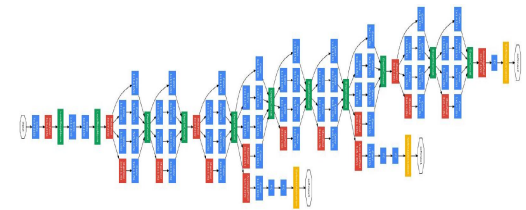
# 从神经网络到深度神经网络



神经网络的萌芽  
(单层感知器网络)

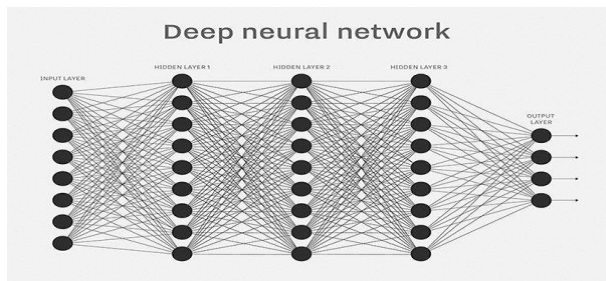


神经网络发展  
(BP网络)

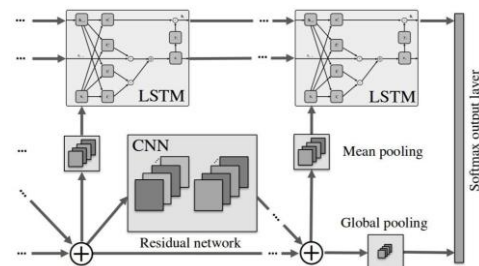


神经网络的突破  
(深度神经网络)

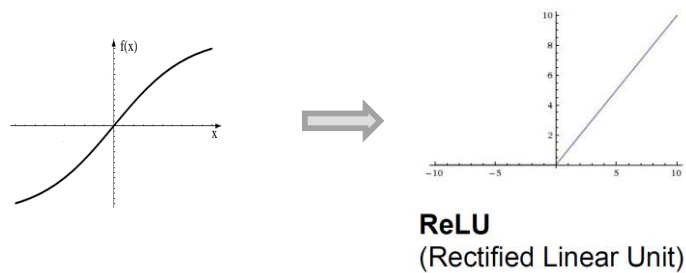
# 深度神经网络的技术特点



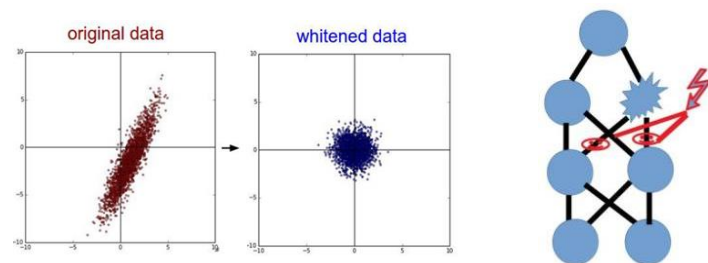
增加深度，增强描述能力



针对问题特点，设计连接方式



改进传输函数，加速信息传递

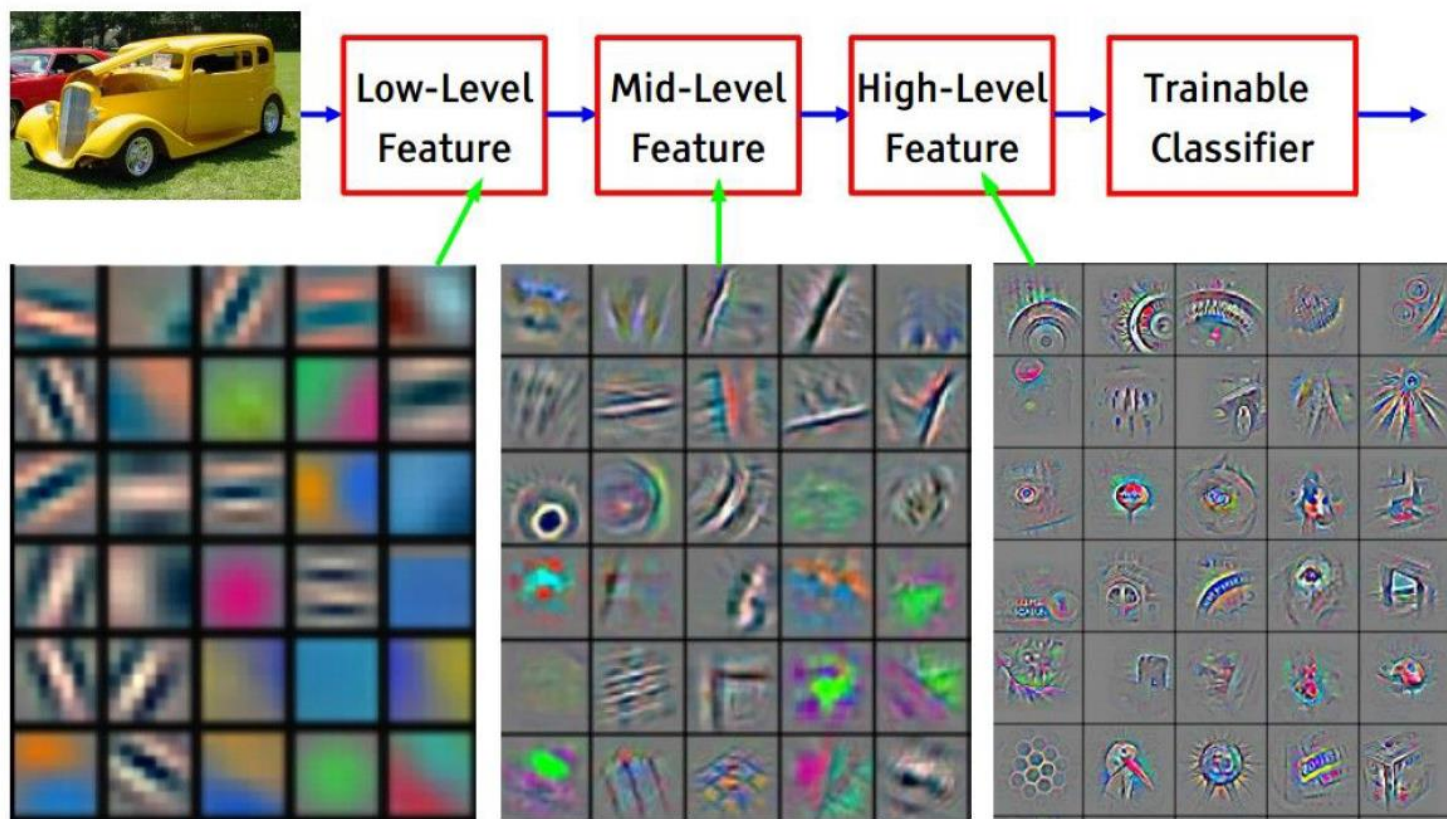


改进训练技巧，提升学习效果



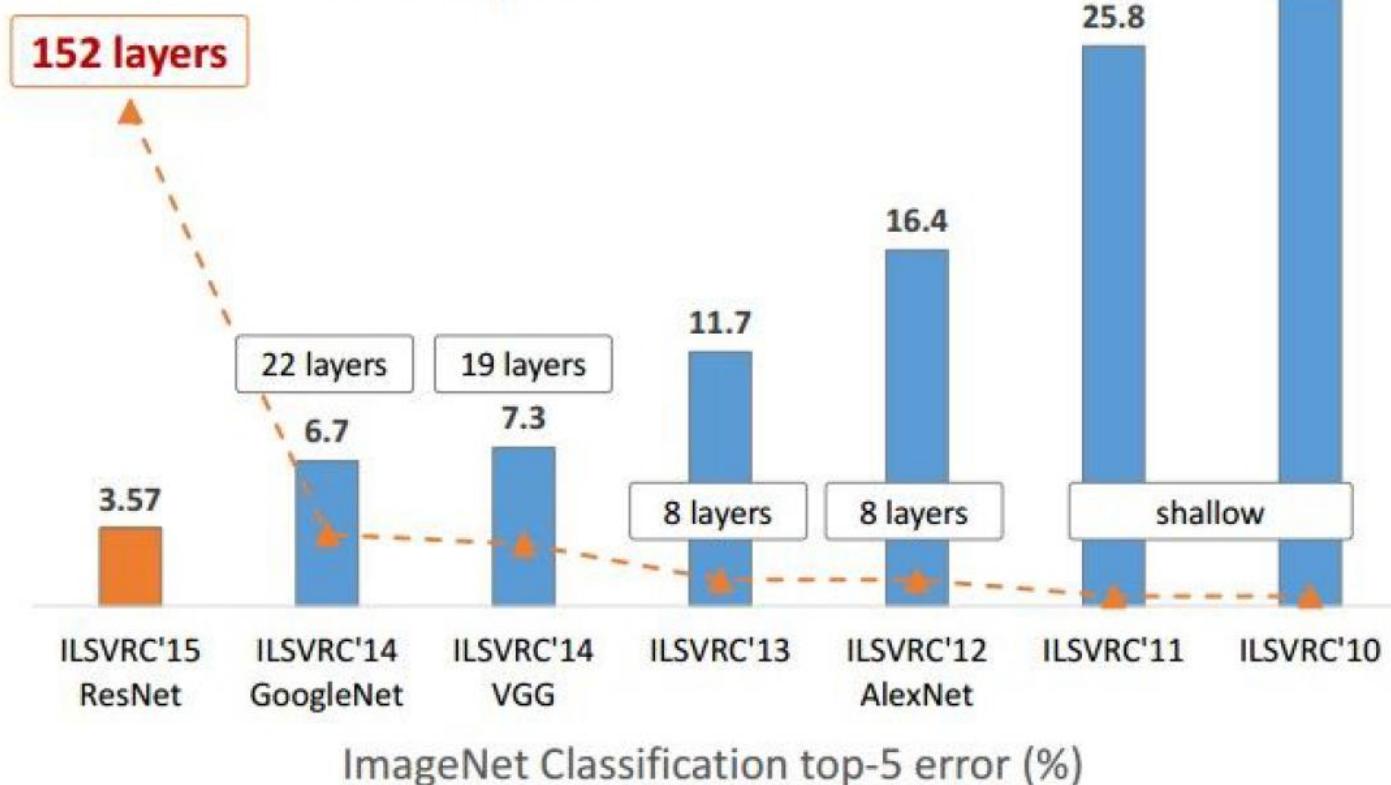
# 深度学习的作用

随着网络的加深，逐步提取到信号的高级特征，实现理解

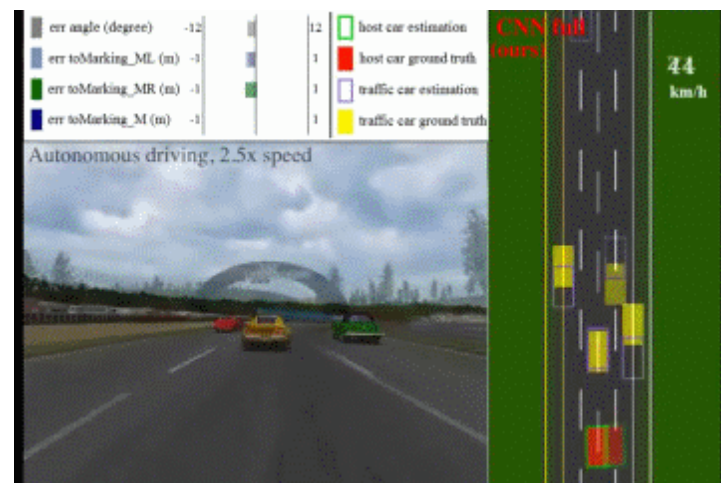
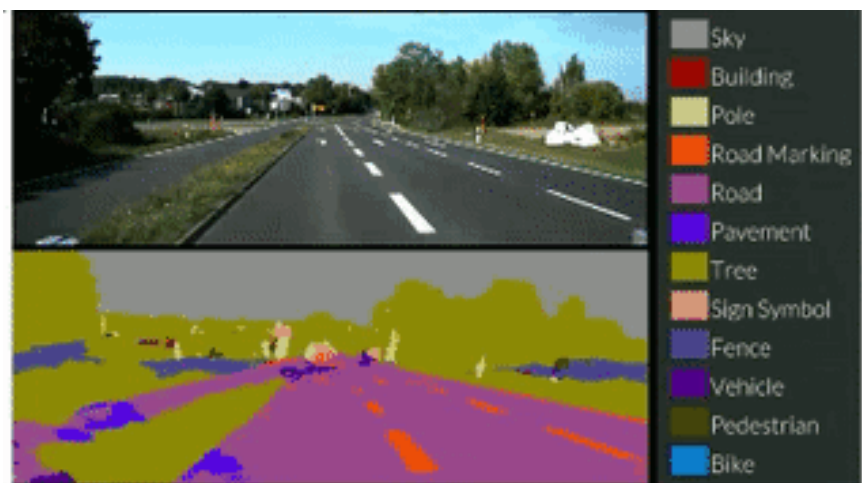


Feature visualization of convolutional net trained on ImageNet from [Zeiler & Fergus 2013]

## Revolution of Depth



## 1.5 模式识别应用举例——自动驾驶



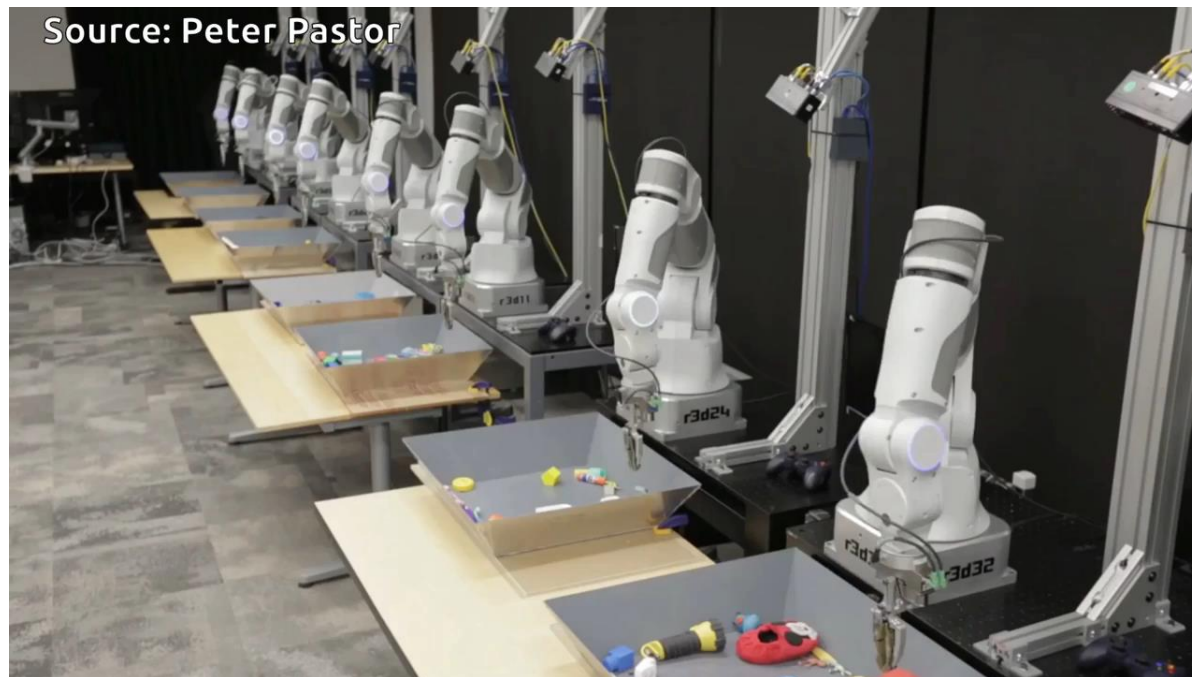


# 1.5 模式识别应用举例——图像理解与生成



GAN 2.0 英伟达“风格迁移”面部生成器

## 1.5 模式识别应用举例——强化学习



与环境交互 试错学习

# 1.5 模式识别应用举例



在特定问题上达到、  
甚至超越人类水平



学习过程不稳定，  
依赖经验、缺乏理论支持



效率低、依赖大样本、大  
运算量

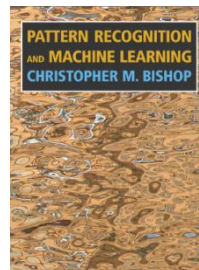
前景光明、前路漫漫

## 1.6 模式识别相关书籍

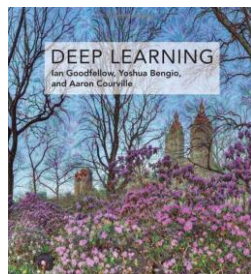
参考教材：



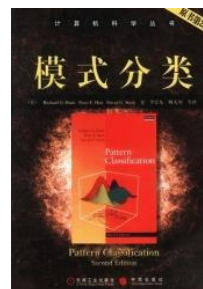
《模式识别》刘家锋等，哈尔滨工业大学出版社



Pattern Recognition and Machine Learning  
2010-02  
Christopher Bishop



Deep Learning  
Ian Goodfellow、Yoshua Bengio 和 Aaron Courville



《模式分类》  
机械工业出版社，  
Richard O. Duda



《机器学习》  
清华大学出版社  
周志华；  
哈尔滨工业大学 计算机学院  
模式识别与智能系统研究中心



# 作业：

## 课堂、课后练习

请准备两个最普通的大白本，用于课堂练习及课后作业  
作业手写在本上，等回校上课后交给老师。

**第一次作业：**查阅资料，完成以下作业：

- 1, 解释“泛化”与VC维（Vapnik-Chervonenkis Dimension）
- 2, 在模式识别领域，介绍一个你最感兴趣的问题。简要阐述问题背景，研究现状，重点说明你的观点和看法。

**高手作业（选做）：**阅读以下材料，谈谈你关于“没有免费的午餐”定理的理解

- 1) 周志华“机器学习”8-9页在二分类问题上的讨论。
- 2) 不同的“午餐”？

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1638454320990265280&wfr=spider&for=pc>



# 作业：

## 实践作业（选做，10%加分）

调研哈工大在模式识别相关领域的研究，选择一个你喜欢的课题，作为实践课题，撰写开题报告

**内容：**做什么？跟哪位老师做？怎么做？预期目标？

**要求：**3-5页ppt，准备在群里展示，如有抄袭总成绩8折。

**截止：**3月19日15:00前，发到群里

每个课题最多10分加分，可以团队合作分享。