

# 模式识别

张俊超

中南大学  
航空航天学院



# 模式识别 - 绪论



AI



The interface shows various poetry styles: 绝句 (Jueju), 风格绝句 (Style Jueju), 藏头诗 (Hidden Head Poem), 九歌 (Jiu Ge), 律诗 (Lushi), 集句诗 (Collection Poem), and 词 (Ci). It also includes options for 五言藏 (Five-character Hidden) and 七言藏 (Seven-character Hidden). The user input is 张俊超 (Zhang Junchao) and the generated result is 张翰文章伯 (Zhang Han Wen Chang Bo), 俊良第一流 (Junliang Di Yiliu), 超然千古意 (Chao Ran Qian Gu Yi), and 群动万山秋 (Qun Dong Wan Shan Qiu). The interface also features QR codes and the logo of the Tsinghua University Natural Language Processing Laboratory.



# 模式识别 - 绪论



中华人民共和国中央人民政府

www.gov.cn



国务院

总理

新闻

政策

互动

服务

数据

国情

首页 > 信息公开 > 国务院文件 > 科技、教育 > 科技



索引号: 000014349/2017-00142

发机关: 国务院

标题: 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知

发文字号: 国发〔2017〕35号

主题词:

主题分类: 科技、教育\科技

成文日期: 2017年07月08日

发布日期: 2017年07月20日

## 国务院关于印发 新一代人工智能发展规划的通知 国发〔2017〕35号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

### 相关报道

\* 国务院印发《新一代人工智能  
发展规划》

### 图解

## 战略目标：

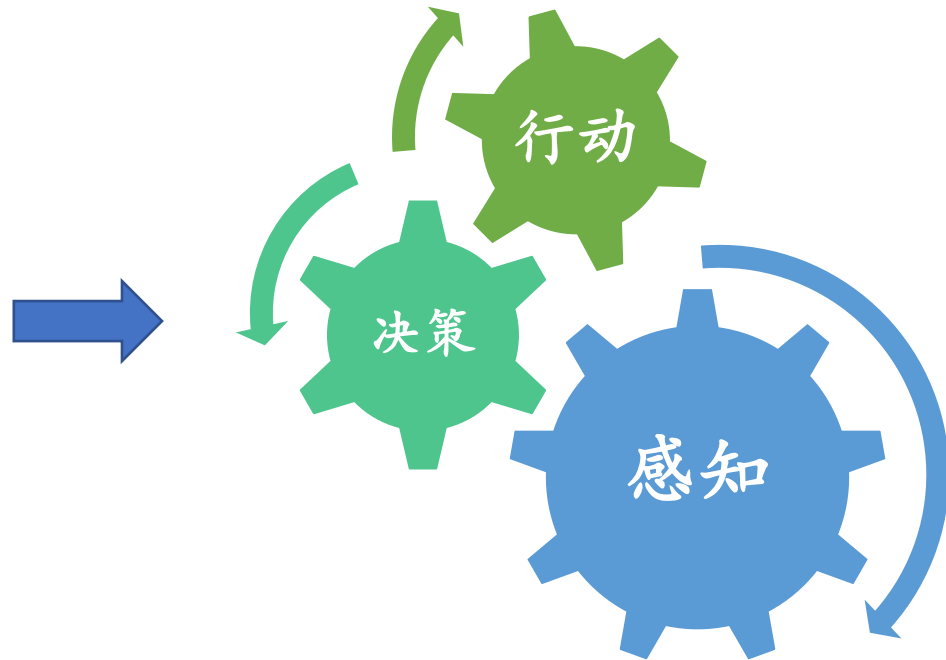
- 到**2020**年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步
- 到**2025**年人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平
- 到**2030**年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平



# 模式识别 - 绪论

什么是人工智能(AI, Artificial Intelligent)?

缺少权威和统一的定义，究其根本是指机器能够像人一样，具有**感知**、**决策**和**行动**的能力。





# 模式识别 - 绪论

什么是模式识别(PR, Pattern Recognition)?

感知：感觉(信息采集和变换)和认知(信息分析与理解)

**模式识别**是实现人工智能感知能力的重要技术手段。



# 模式识别 - 绪论

## 模式识别(Pattern Recognition):

► 模式(Pattern): 两重含义:

- 一是代表事物(个体或一组事物)的模板或原型;
- 二是表征事物特点的特征或性状的组合。



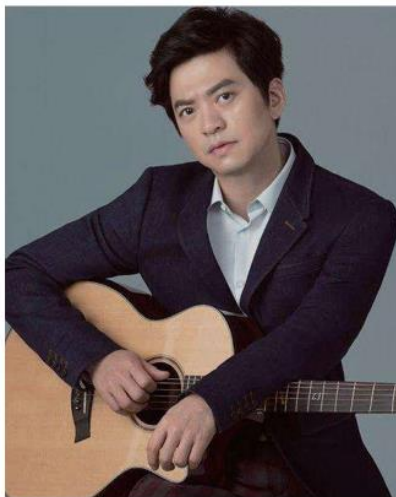
模式: 指的是从客观事物中抽象出来, 用于识别的最关键的一些特征信息。

# 模式识别 - 绪论

模式识别(Pattern Recognition):

➤ 识别(Recognition): Re + cognition (再认知)

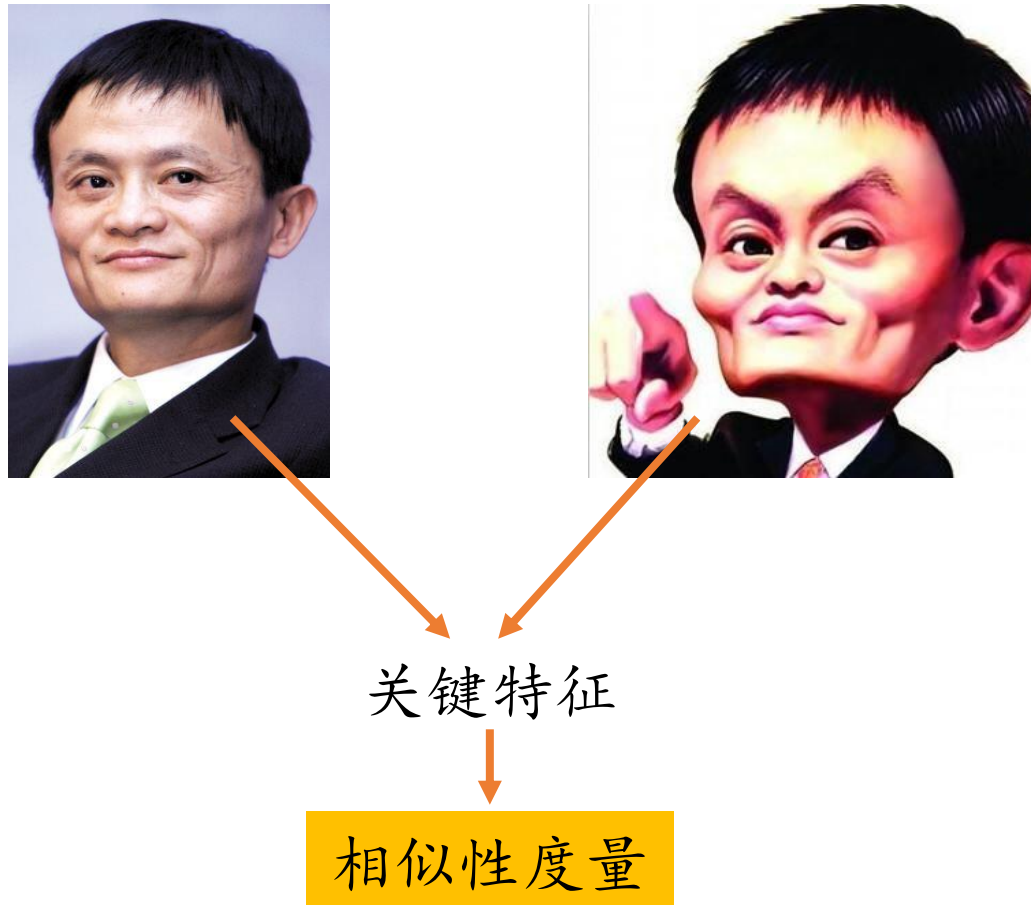
是根据某个具体事物的特征来判断它是不是属于某种事物，也可以说是按照特征来将其进行归类。



**模式识别**：对模式的区分和再认知，把对象根据其特征归到若干类别中适当的一类。本质上是**模式分类**。

# 模式识别 - 绪论

为什么模式识别的本质是分类，而不是特征的严格匹配呢？





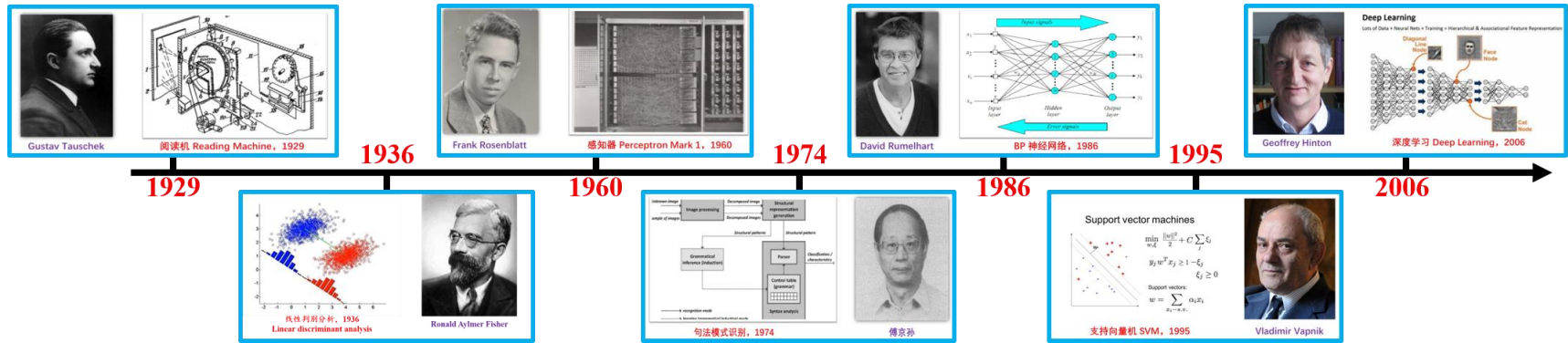
# 模式识别 - 绪论

识别的基础是相似性，会带来什么问题？



误识别

# 模式识别 - 发展历程

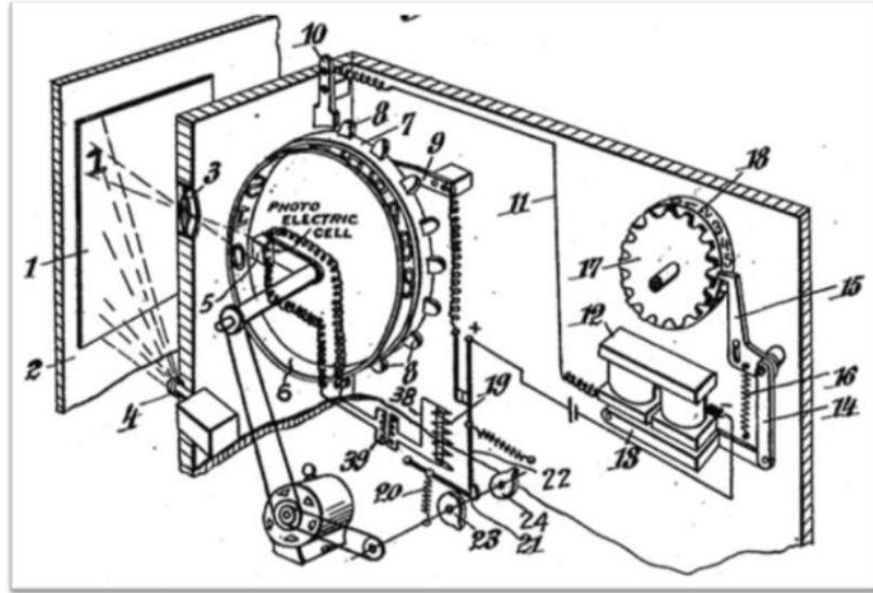


- 1929年 奥地利发明家 Tauschek 的光电阅读机
- 1936年 英国Fisher首次将模式识别问题数学化
- 1960年 美国实验心理学家Rosenblatt提出感知器
- 1974年 美籍华裔计算机专家傅京孙提出的句法模式识别
- 1986年 美国认知神经学家Rumelhart 等人提出 BP 模型
- 1995年 前苏联统计学家和数学家 Vapnik 等人提出的SVM
- 2006年 Hinton 等人 提出了深度学习

# 模式识别 - 发展历程



Gustav Tauschek

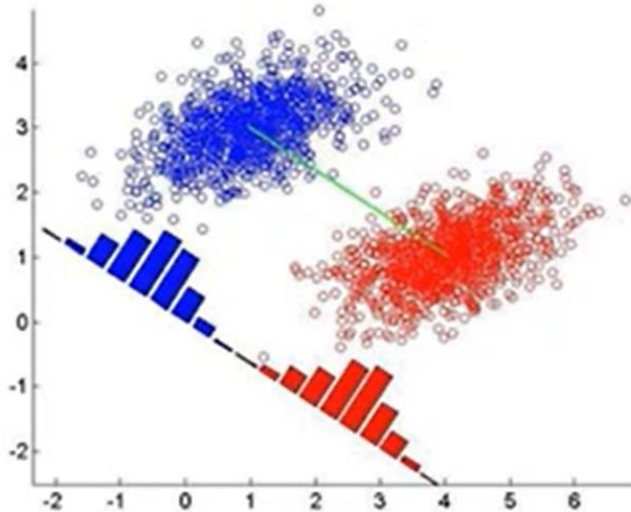


阅读机 Reading Machine, 1929

- 1929 年，奥地利发明家 Tauschek 的光电阅读机
- 采用的方法被称为“模板匹配”，也是第一个被实际应用的模式识别方法。

# 模式识别 - 发展历程

从理论上对模式识别进行研究



线性判别分析, 1936  
Linear discriminant analysis



Ronald Aylmer Fisher

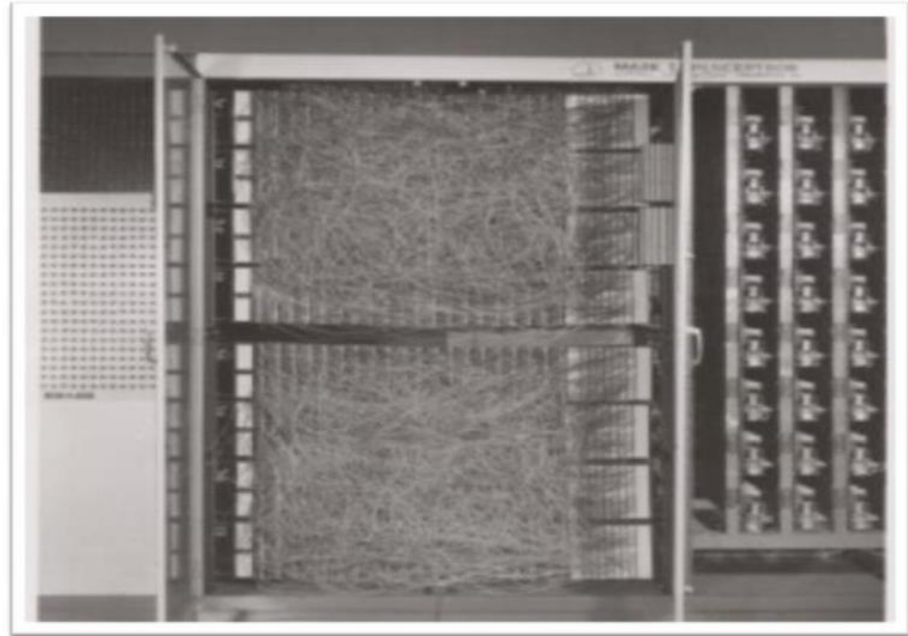
1936年，英国统计学家和遗传学家罗纳德-费希尔首次提出了完整的数学算法。基于统计分布和投影变换，将同一几何空间的样本点用线性函数分离开来。



# 模式识别 - 发展历程



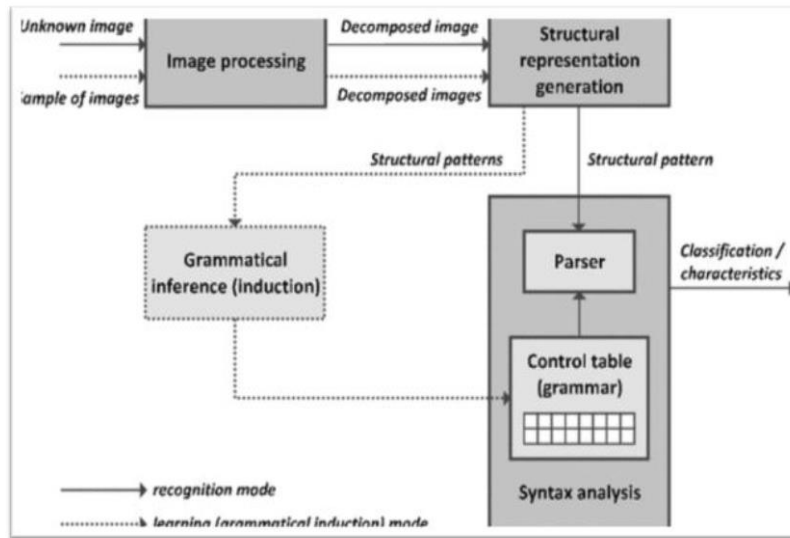
Frank Rosenblatt



感知器 Perceptron Mark 1, 1960

1960 年，美国实验心理学家罗森布拉特用硬件实现了由 400 个输入信号和 8 个输出信号构成的模式识别机 Mark 1，可以将  $20 \times 20$  的点阵图像识别为 8 种不同的图形。

# 模式识别 - 发展历程



句法模式识别，1974



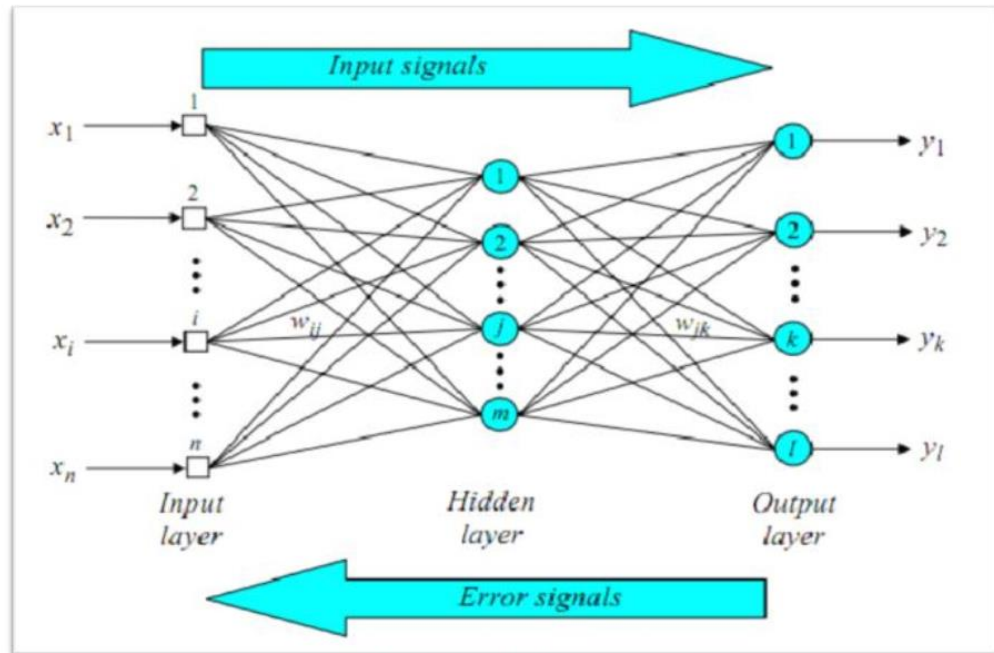
傅京孙

- 1974 年，美籍华裔计算机专家傅京孙提出的句法模式识别，开创了“结构模式识别”。
- 1976 年，联合其他学者正式成立了国际模式识别学会 IAPR，使得模式识别作为一个独立的学科走上了国际学术舞台。

# 模式识别 - 发展历程



David Rumelhart

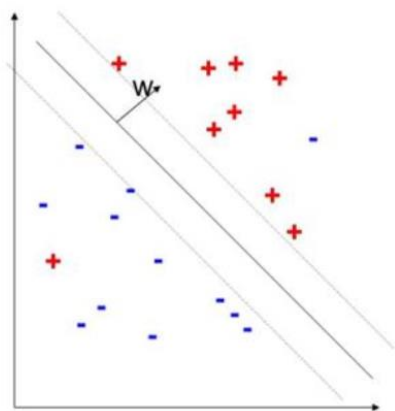


BP 神经网络, 1986

1986 年,美国认知神经学家Rumelhart 等人提出误差反向传播的BP 模型, 模式识别迎来了另一个发展的高潮。

# 模式识别 - 发展历程

## Support vector machines



$$\min_{w, \xi} \frac{\|w\|^2}{2} + C \sum_j \xi_j$$

$$y_j w^T x_j \geq 1 - \xi_j$$
$$\xi_j \geq 0$$

Support vectors:

$$w = \sum_{x_i - s.v.} \alpha_i x_i$$



支持向量机 SVM, 1995

Vladimir Vapnik

1995 年，前苏联统计学家和数学家 Vapnik 等人提出的支持向量机，作为一种理论基础严密，优化目标明确，扩展能力强大的模式识别算法。



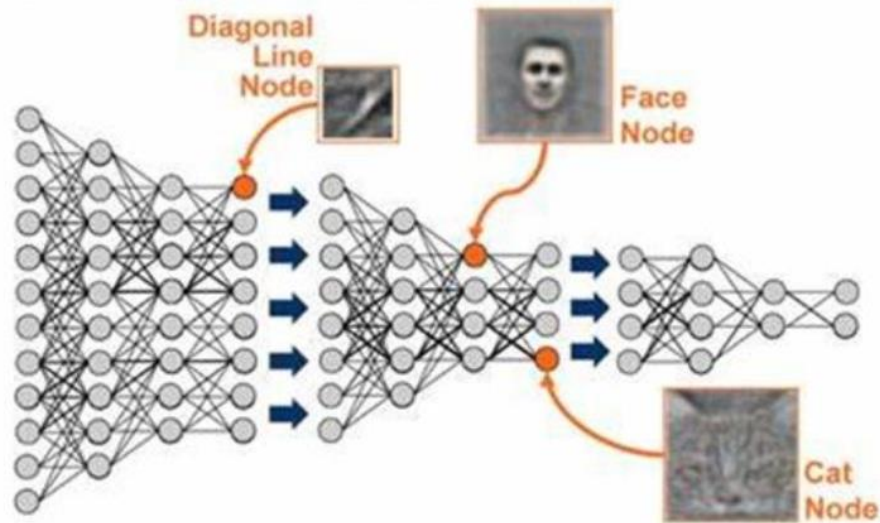
# 模式识别 - 发展历程



Geoffrey Hinton

## Deep Learning

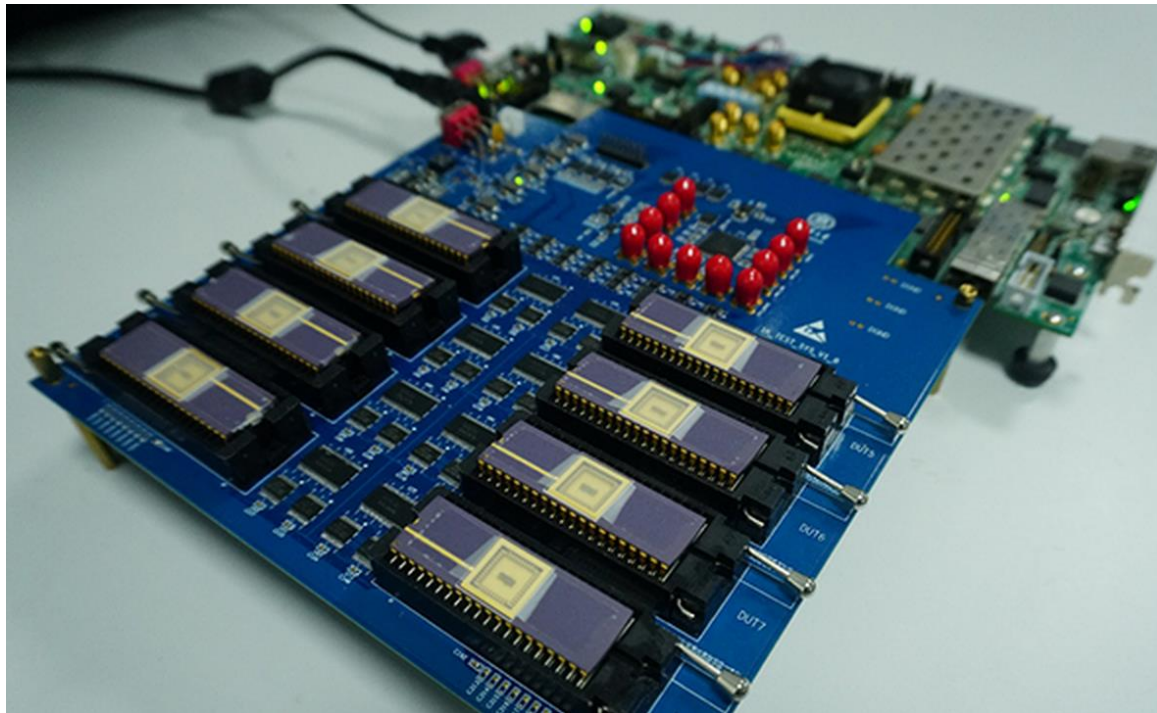
Lots of Data + Neural Nets + Training = Hierarchical & Associational Feature Representation



深度学习 Deep Learning, 2006

2006 年以来，深度学习技术引领着当今人工智能发展的新一轮浪潮。

# 模式识别 - 发展历程



2020年，清华实现完整硬件CNN，忆阻器阵列效能高过GPU两个数量级。

论文原文链接：

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-1942-4>



# 模式识别 - 研究内容

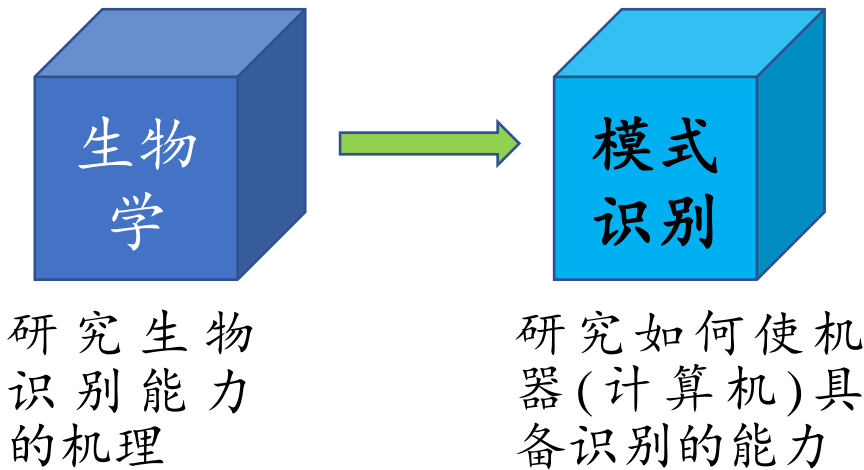
一类事物的共同特征

↑  
模式  
Pattern

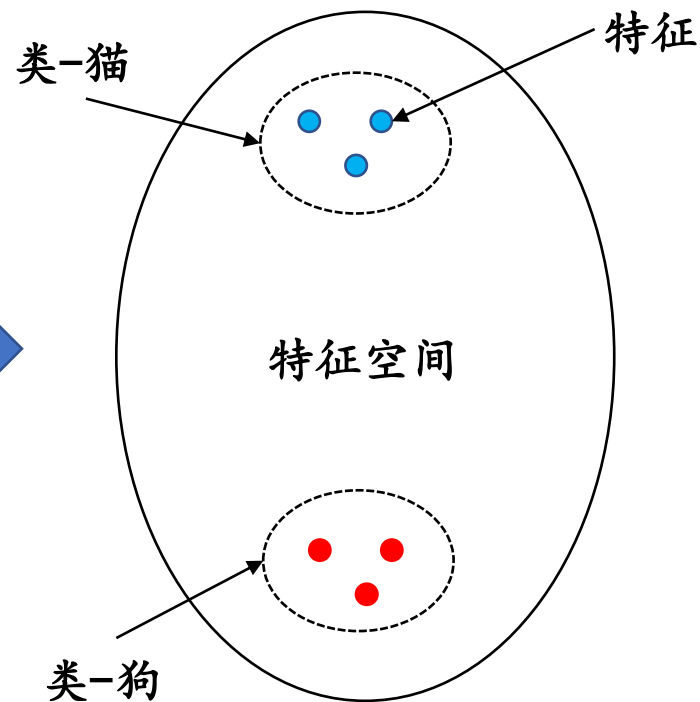
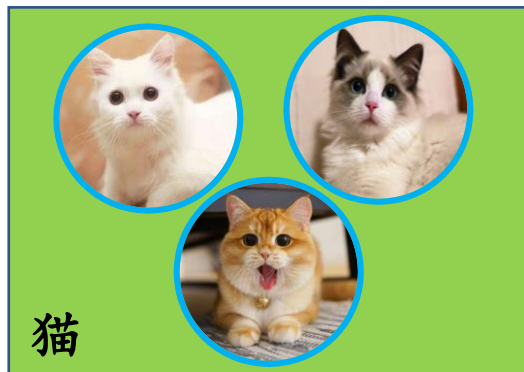
对事物进行归类

↑  
识别  
Recognition

模式识别：依据事物的特征进行归类



# 模式识别 - 基本概念



样本(sample): 所研究对象的一个个体(已知样本和未知样本)

样本集(sample set): 若干样本的集合

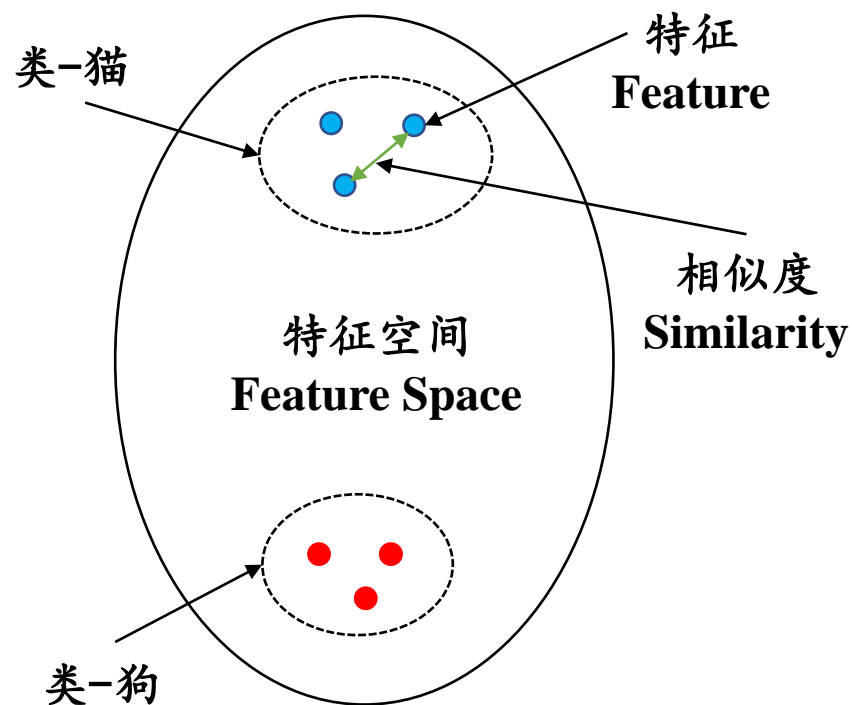
类别(class): 同一类的样本具有相同的模式(特征)



# 模式识别 - 基本概念

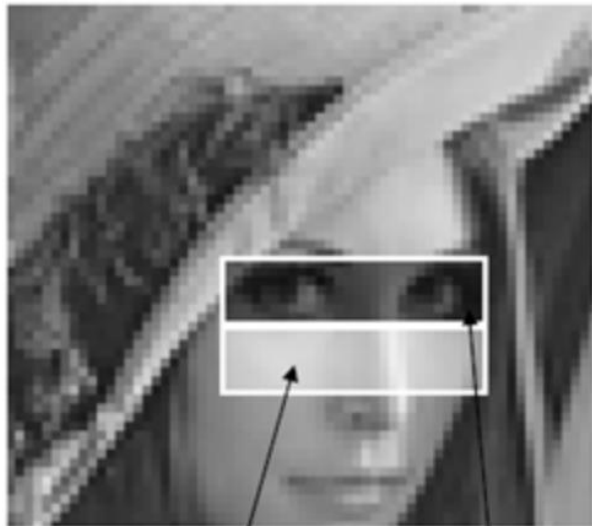
- **特征**: 能够用于识别的重要特性
- **特征空间**: 特征整体构成的空间, 在特征空间中, 每个样本都可以看作是一个由一组特征来表达的一个点。

有了特征和特征空间的概念, 对一个样本的识别问题, 就转换为对**该样本在特征空间中对应点的分类问题**。看这个样本在特征空间中的点属于哪个类的聚集范围, 或者与哪个类的众多样本相似度更高, 就可以把它归类到这一类之中。



# 模式识别 - 基本概念

## Haar特征



$R_{white}$     $R_{black}$



$$F_{Haar} = E(R_{white}) - E(R_{black})$$



# 模式识别 - 基本概念

## 特征空间：

➤(1) 向量空间：一个样本抽象到特征空间中就成为一个向量，也就是向量空间中的一个点。此时，样本与样本之间的相似度，就可以用向量空间中定义的某种“距离”来度量。

### 距离

a) 正定性:  $d(x_i, x_j) > 0, (i \neq j); d(x_i, x_i) = 0$

b) 对称性:  $d(x_i, x_j) = d(x_j, x_i)$

c) 传递性:  $d(x_i, x_j) \leq d(x_i, x_l) + d(x_l, x_j)$

常用相似度量度的介绍和对比：

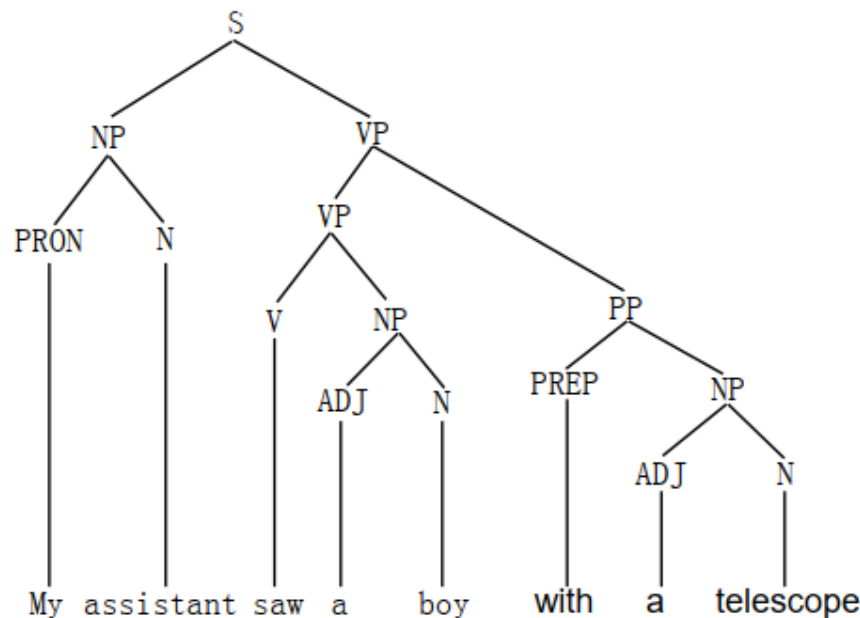
<https://www.cnblogs.com/ettie999/p/8747773.html>



# 模式识别 - 基本概念

## 特征空间：

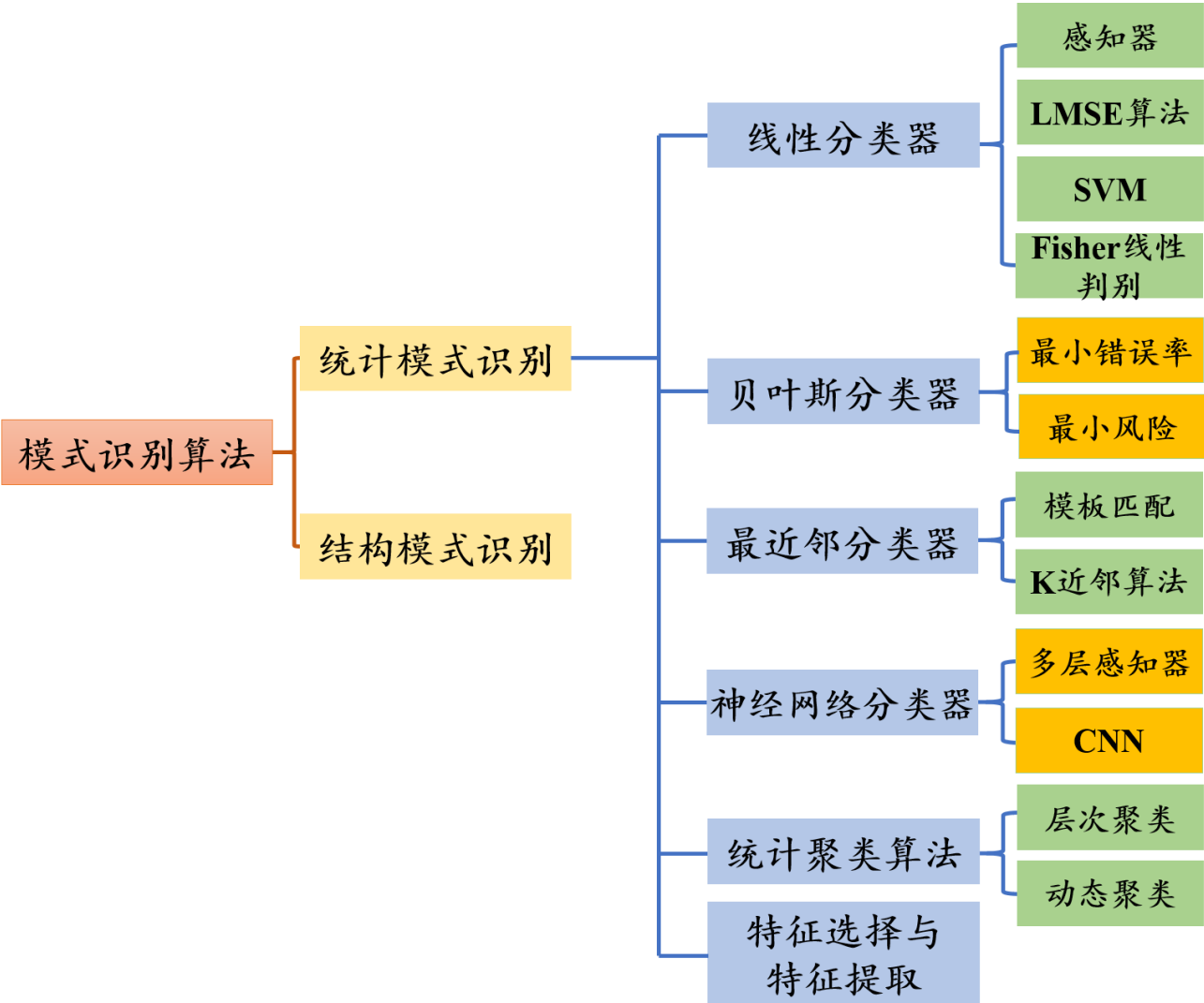
- (2)集合空间：从样本中抽取出的特征不能用向量空间来表达。样本与样本之间的相似性，会表现为结构关系或拓扑关系上的相似性，这就不能用距离来表达。





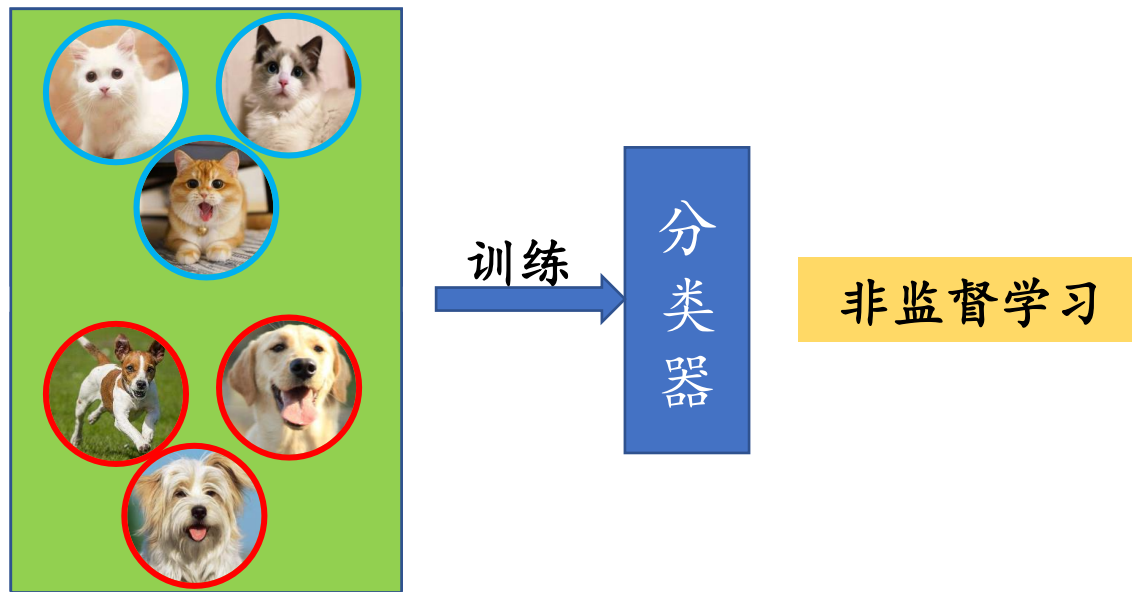


# 模式识别 - 主要方法



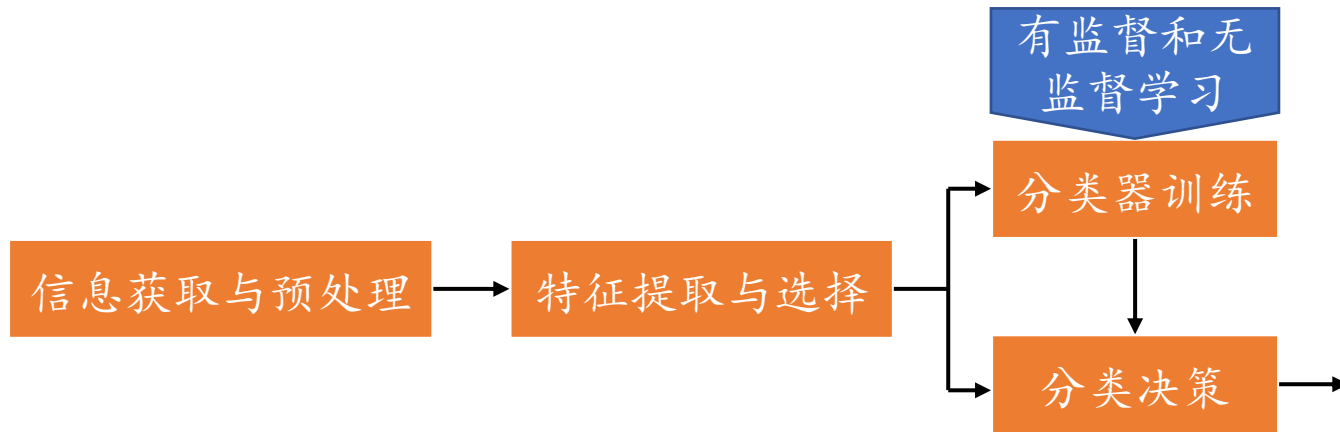
# 模式识别 - 主要方法

- 监督模式识别(有监督学习)
- 非监督模式识别(非监督学习)





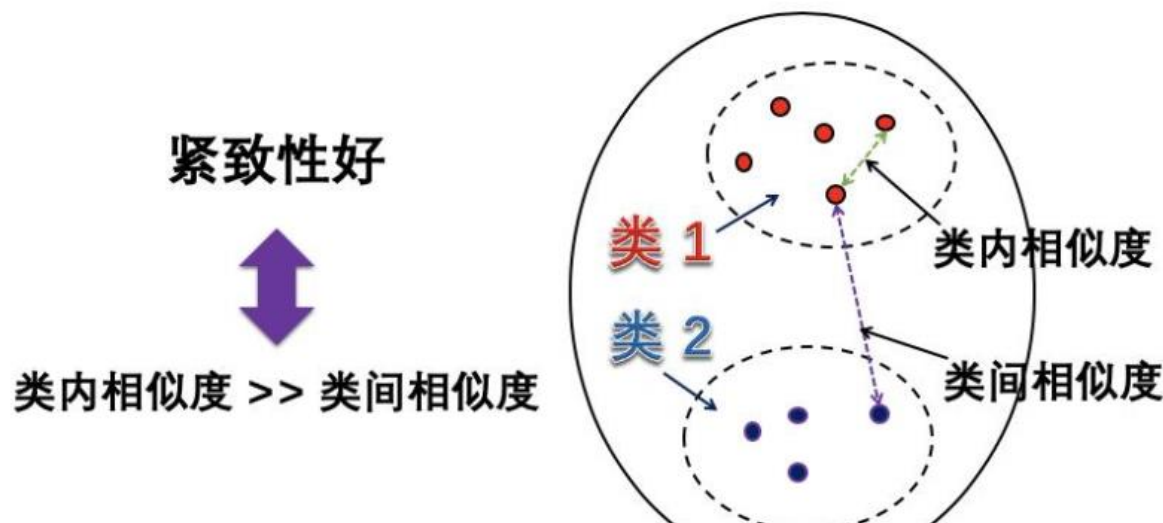
# 模式识别 - 系统构成



## 关键问题:

- 特征提取与选择(“紧致性”准则)
- 泛化能力与过拟合

# 模式识别 - 紧致性与维数灾难



## 特征的维数可以无限地增加吗？

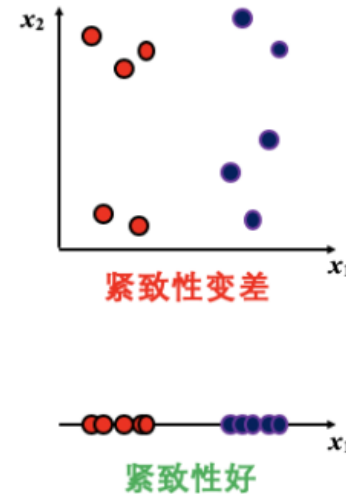
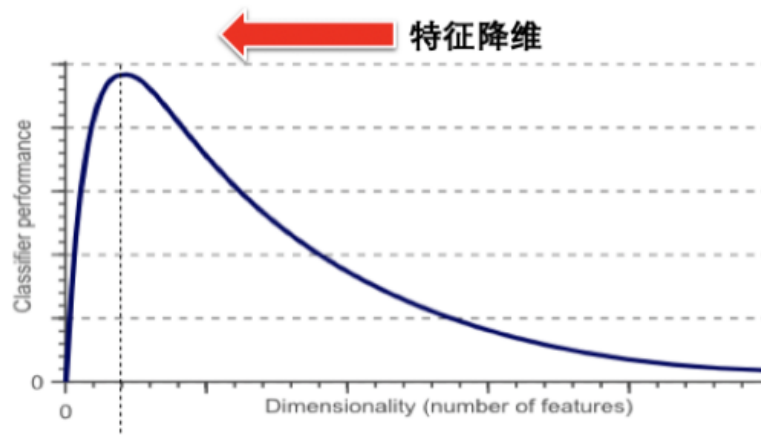
- 紧致性好的样本集，样本的类内相似度远大于类间相似度。
- 特征的维度越多，用于识别的信息就越丰富，就有越多的细节信息可以将不同的样本之间的相似度降低，提高样本集的紧致性。





# 模式识别 - 紧致性与维数灾难

**维数灾难：**指当一个问题描述的维度不断增加时，会带来计算量剧增与解法性能下降等严重问题。



特征维数越高 ➡ 样本集越稀疏 ➡ 紧致性越差 ➡ 分类器性能越差

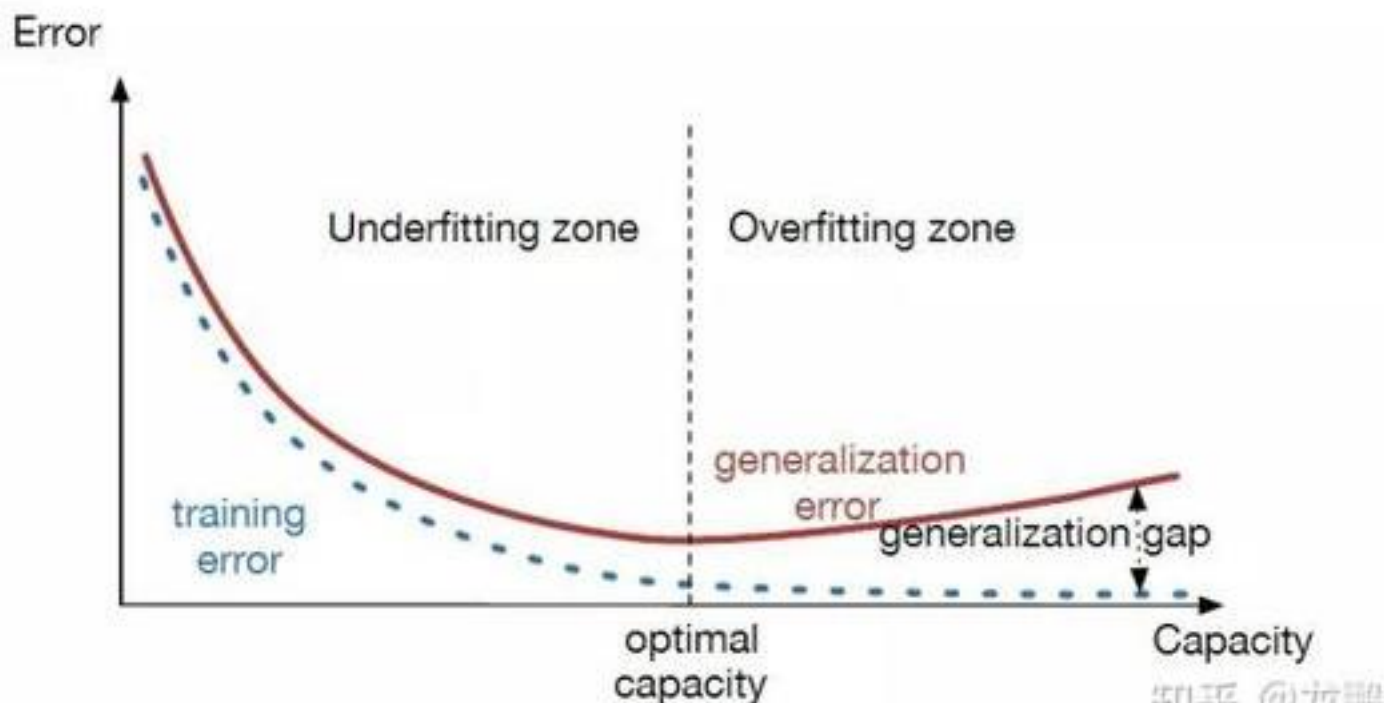
**抑制维数灾难问题：**

1. 增加样本数量
2. 特征降维



# 模式识别 - 泛化能力与过拟合

- 训练好的分类器对未知新样本正确分类的能力，就称为“**泛化能力**”。
- 过分追求训练样本集中样本的分类正确性，导致的分类器泛化能力降低，称为分类器训练过程中的“**过拟合**”。

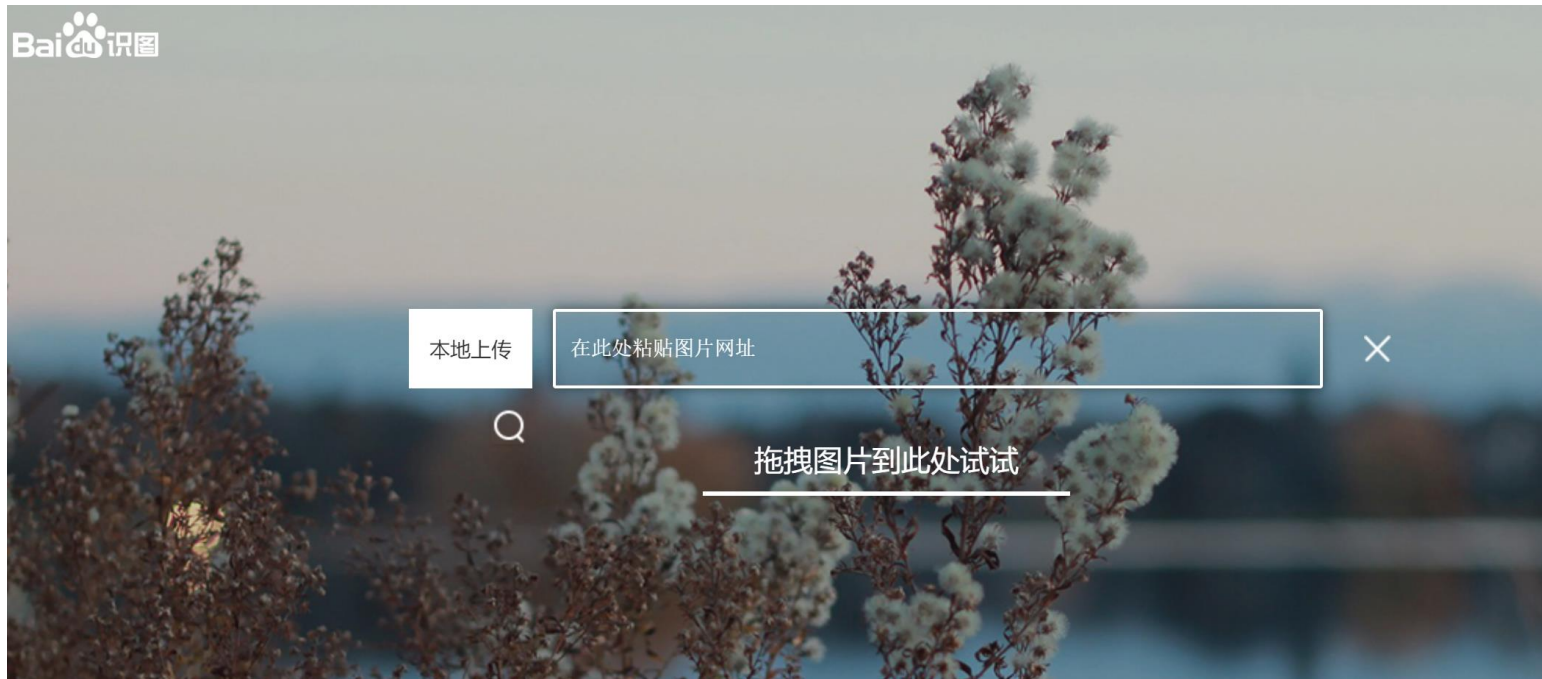




# 模式识别 - 应用举例

## ➤ 图像识别搜索(Image Searching)

百度识图: <http://image.baidu.com/?fr=shitu>





# 模式识别 - 应用举例

## ➤ 自然语言理解(Natural Language Understanding)

百度翻译

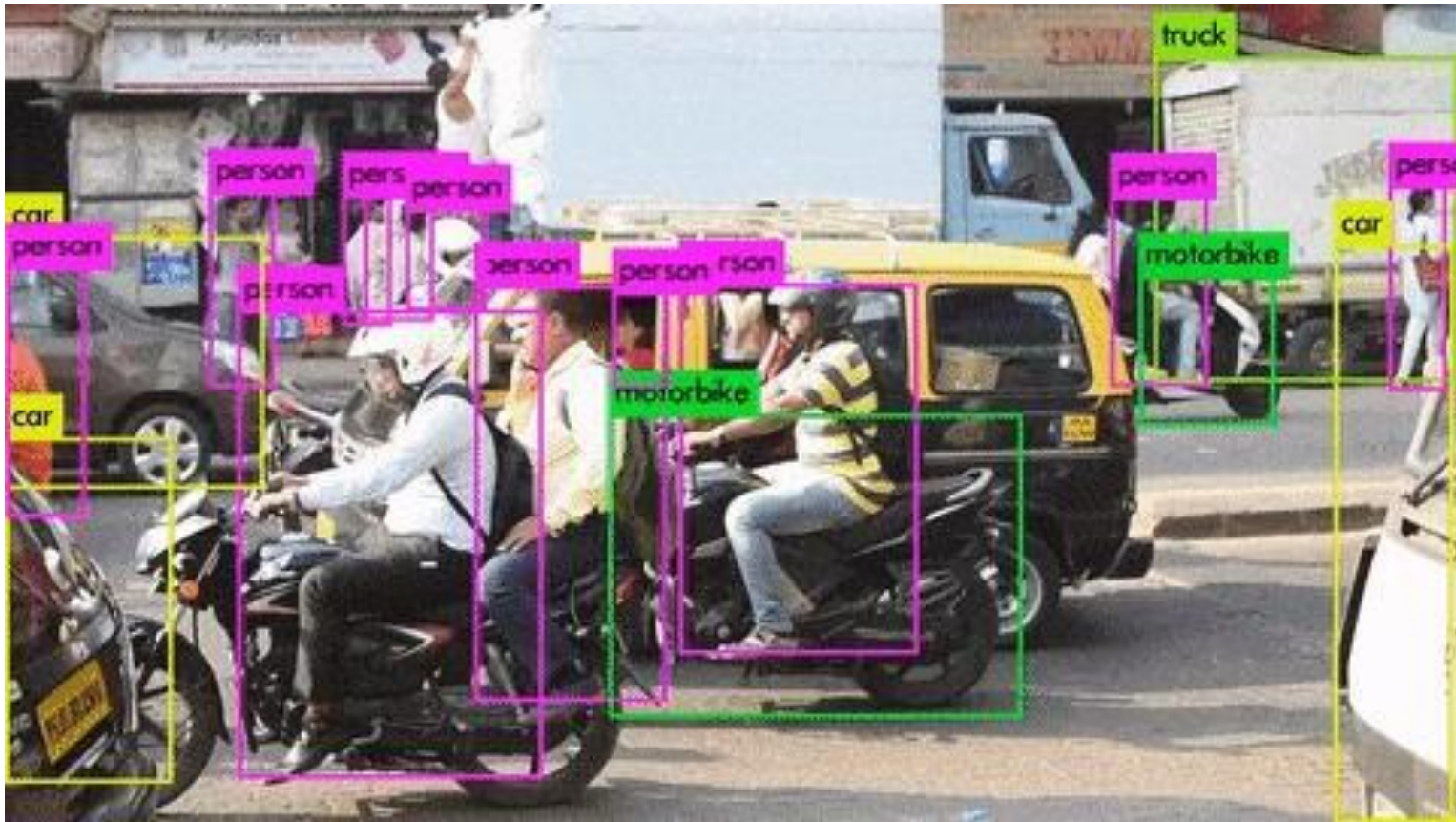
Google Translate: <https://translate.google.cn/>





# 模式识别 - 应用举例

## ➤ 目标检测与跟踪(Object Detection and Tracking)



# 模式识别 - 应用举例

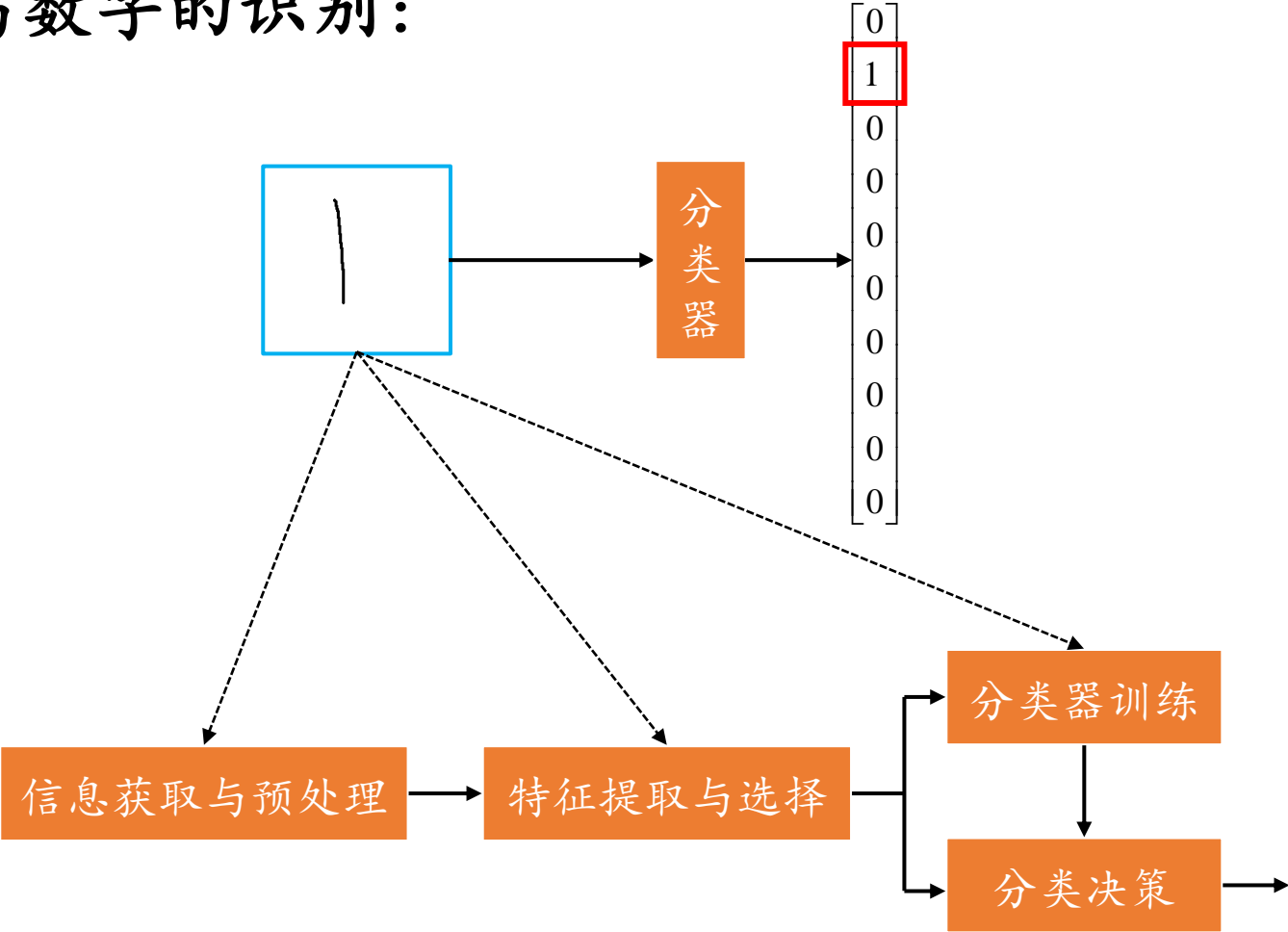
## ➤ 图像语义分割(Image Semantic Segmentation)





# 模式识别 - 模板匹配示例

手写数字的识别:





# 模式识别 - 模板匹配示例

% 手写数字模板匹配

clear all

clc

%读取模板

image = cell(1,10);%生成十个cell保存模板

for i = 0:9

filename = sprintf('./Data\_HandWriten/%d/2.bmp', i);

Tmp = imresize(rgb2gray(imread(filename)), [28, 28]);

Tmp\_n = im2double(Tmp);

image{1,i+1} = Tmp\_n(:);

end





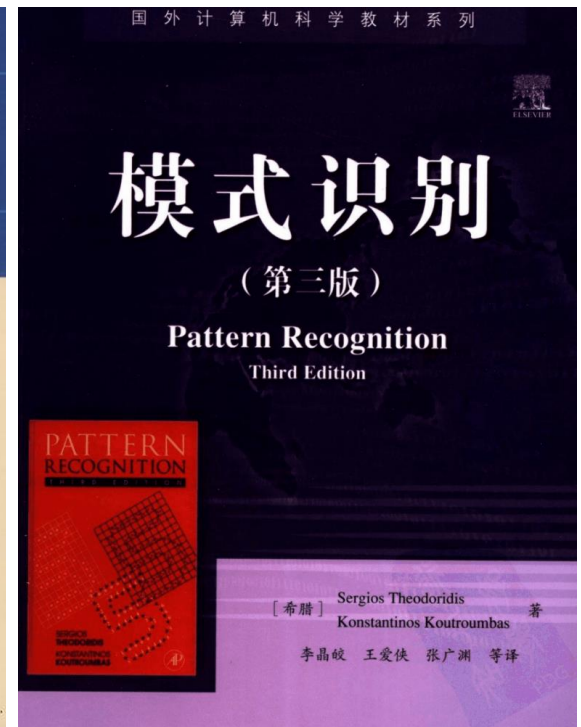
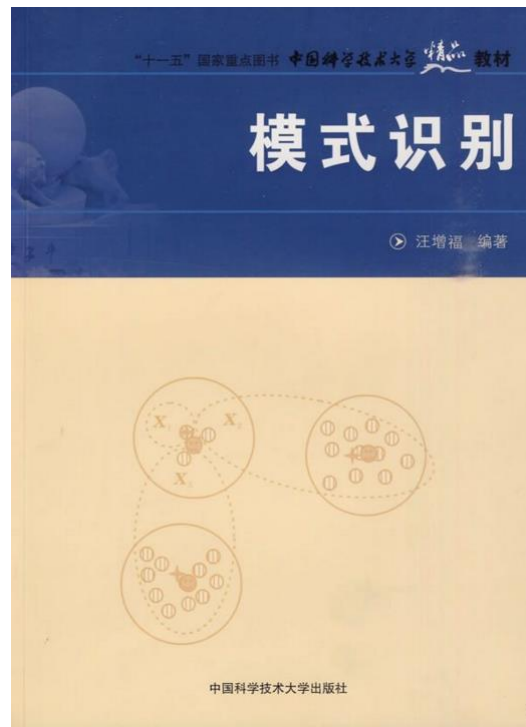
# 模式识别 - 模板匹配示例

```
%待匹配样本
correct_num = 0;
for index = 0:9%每个数字测试一次
    distance = zeros(1,10);%保存计算得到的距离值
    fname = sprintf('./Data_HandWriten/%d/4.bmp',index);
    Tmp = imresize(rgb2gray(imread(fname)),[28,28]);
    Tmp_n = im2double(Tmp);
    sample = Tmp_n(:);%图片转换为行向量
    for j = 1:10%共十个模板，计算与每个模板的距离
        distance(j) = sum((sample-image{1,j}).^2);
        %计算欧式距离，这里可以更改 'euclidean' 为其他距离
    end
    [m,p] = min(distance);%计算距离最小值，并给出索引
    if p-1 == index
        correct_num = correct_num+1;
    end
    fprintf(' 数字%d到模板的最小距离为: %d, 匹配到的类别为: %d\n',[index,m,p-1]);%打印匹配结果
end
fprintf(' 共测试10个样本，正确匹配个数为%d个\n',[correct_num]);
```



# 模式识别 - 课程参考书目

- 张学工, 《模式识别》第三版, 清华大学出版社
- 汪增福, 《模式识别》, 中国科学技术大学出版社
- Sergios Theodoridis and Konstantinos Koutroumbas. Pattern Recognition, Elsevier Science, 2003.





# 模式识别 - 课程成绩评定和编程语言

## ➤ 课程成绩评定

- 平时作业：15%
- 项目实践：15%
- 期末考试(闭卷笔试)：70%

总成绩：三项加权平均

## ➤ 编程语言

- Matlab
- Python

## ➤ 预修课程

- 概率论
- 线性代数
- 数字图像处理



# 模式识别 - 相关期刊和会议

---

- 期刊:

IEEE Trans. On PAMI,IP,SP  
Pattern Recognition  
Machine Learning

- 会议:

CVPR IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition  
ICCV IEEE International Conference on Computer Vision  
ECCV European Conference on Computer Vision  
ICML International Conference on Machine Learning  
AAAI AAAI Conference on Artificial Intelligence  
ICPR International Conference on Pattern Recognition



# 模式识别 - 符号约定和学习策略

- 符号约定：
  - 标量：小写字母  $a$
  - 向量：加粗的小写字母，默认是列向量  $\mathbf{a}$
  - 矩阵：加粗的大写字母  $\mathbf{A}$
- 学习策略：
  - 多思考，多讨论
  - 做题→编程解决实际问题
  - 学习内容不仅限于教材

Talk is cheap, show me the code!





# 模式识别 - 助教信息

---

郑钧璟

邮箱: [854523186@qq.com](mailto:854523186@qq.com)



# 模式识别 - 如何学习?

---

学习的过程都是相似的!

科学上没有坦途，只有那些不畏艰险，沿着陡峭山峰向上攀登的人，才有希望到达光辉的顶点。

学习《模式识别》课程，好比学习作诗词。

诗词创作，讲究合辙押韵；  
模式识别也是，有其固有的套路。

形式和内容同样重要!

汝欲果学诗，功夫在诗外。

--摘自汪增福教授的课件



# 模式识别 - 绪论

若干素材取自网络，特此致谢！





# 模式识别 - 绪论

谢谢聆听！

