



# 第六章 机器学习I—概述

Chao Yu (余超)

School of Computer Science and Engineering  
Sun Yat-Sen University

- “系统通过利用经验达到提升性能的过程成为机器学习”

——Herbert Simon

- Tom Mitchell (1998) 给出了更为具体的定义，机器学习是一类具备以下要素的算法研究：

- 给定一系列任务  $T$
- 给定经验  $E$
- 目标是优化性能  $P$

- 基于上述定义下的任务由  $\langle T, E, P \rangle$  三部分组成。

□ 基于经验  $E$ , 提升任务  $T$  的性能  $P$ 。

- $T$ : 下跳棋
- $E$ : 与自己对抗的练习经验
- $P$ : 与任一对手下棋的胜率
- $T$ : 识别手写字母
- $E$ : 人工标记的手写字母数据集
- $P$ : 字母识别分类的准确率
- $T$ : 使用视觉传感器在四车道的高速公路上行驶
- $E$ : 观察人类驾驶员时记录的一系列图像和转向指令
- $P$ : 人工判断行驶出错前的平均安全行驶距离
- $T$ : 将电子邮件归类为垃圾邮件或正常邮件
- $E$ : 具有人工标记的邮件数据集
- : 邮件归类的正确率

# 机器学习与传统方法的异同



## □ 传统方法



## □ 机器学习

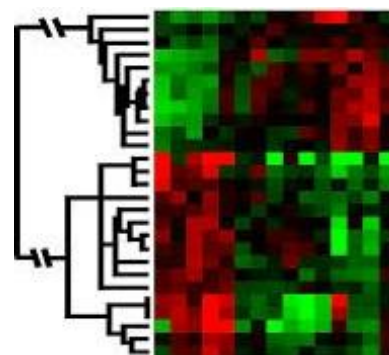


## □ 机器学习适用于以下场景

- 缺乏人类的专业知识（例如在火星上导航）
- 人类无法将知识直接转化为计算机语言（语音识别）
- 要求定制的模型（个性化医疗服务）
- 需要能够处理庞大数据量的模型（基因组学）

## □ 机器学习也不是万金油

- 比如没有必要使用机器学习来计算我的工资单



- 人类很难具体解释为什么能识别不同手写习惯下得到的“2”

0 0 0 1 1 1 1 1 1 2

2 2 2 2 2 2 2 3 3 3

3 4 4 4 4 4 5 5 5 5

6 6 7 7 7 7 7 8 8 8

9 9 9 9 9 9 9 9 9

## □ 模式识别

- 识别面部特征或面部表情
- 识别手写或语音的文字
- 识别医学图像

## □ 异常情况识别

- 异常的信用卡交易
- 核电站传感器中的异常读数

## □ 模式生成

- 生成图片或运动序列

## □ 预测

- 预测股票或货币汇率  
的未来走势

- 网页搜索
- 计算生物学
- 金融
- 电子商务
- 空间探索
- 机器人学
- 信息提取
- 社会网络
- 调试软件
- 或许也可以应用在各位的爱好中



# 无人驾驶领域的应用

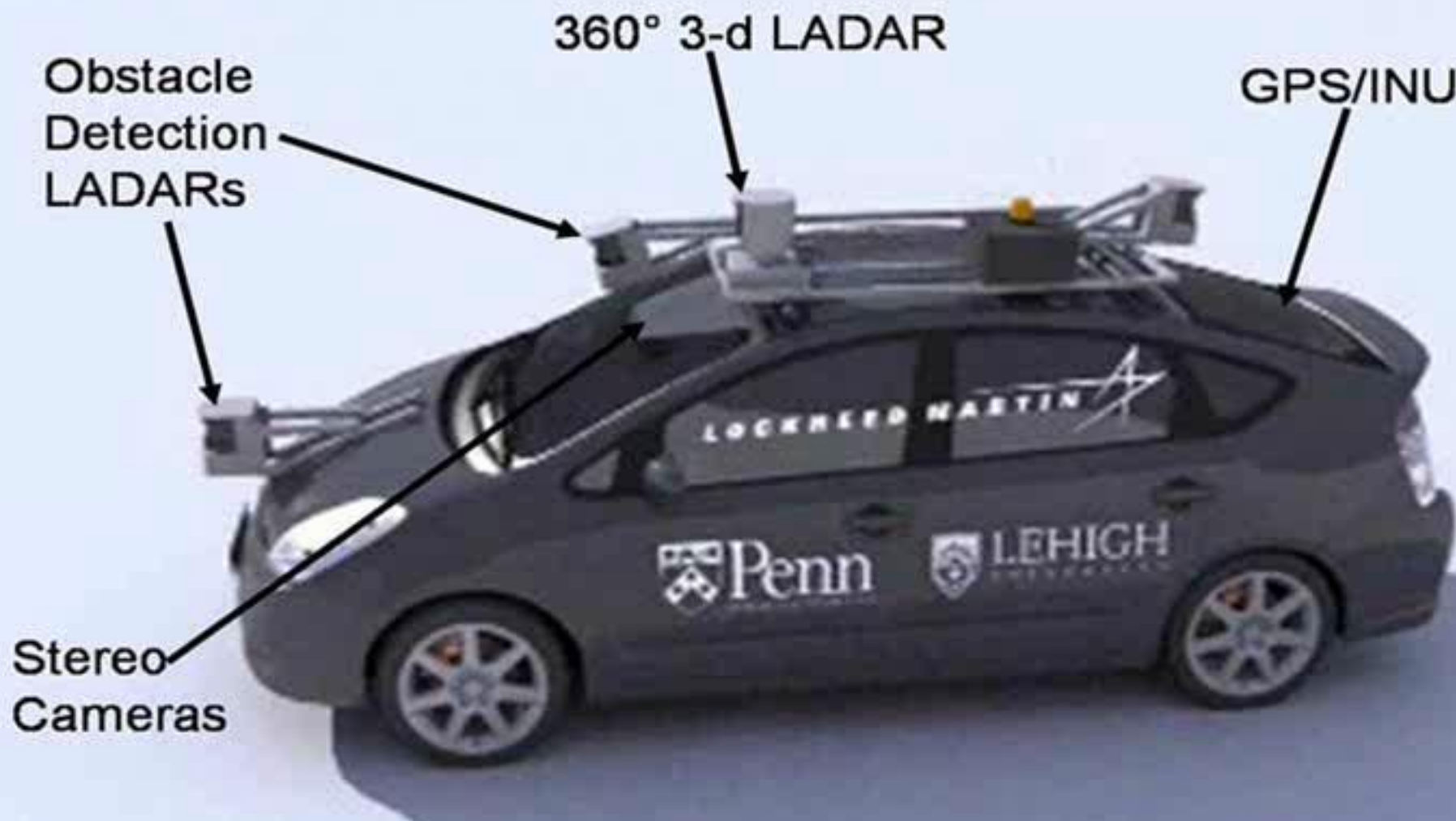


- ❑ 内华达州在2011年6月使自动驾驶汽车在道路上合法行驶；
- ❑ 截至2013年，有四个州（内华达州、佛罗里达州、加利福尼亚州和密歇根州）已将自动驾驶汽车合法化

开发自宾夕法尼亚大学的无人驾驶汽车→  
(Ben Franklin Racing Team)

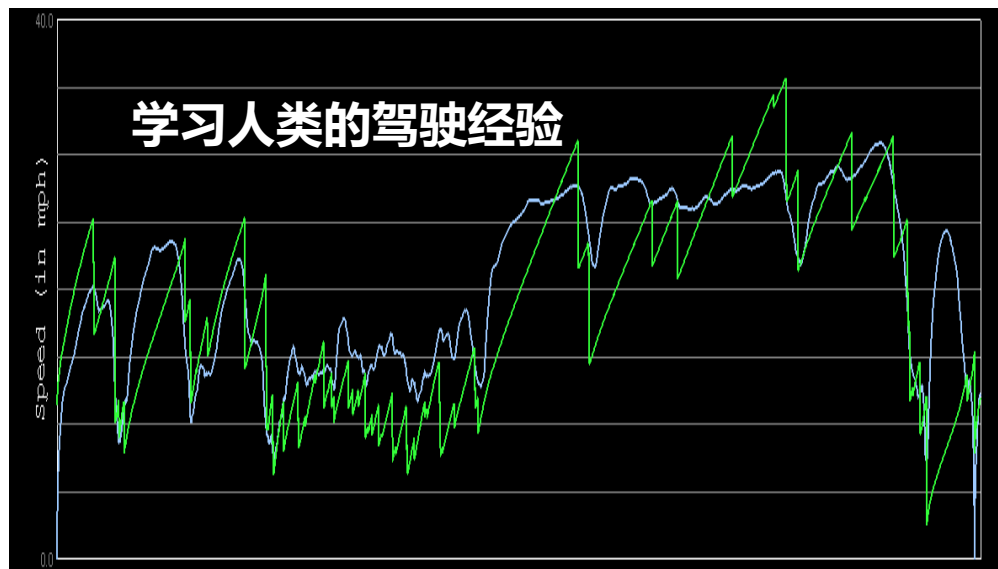
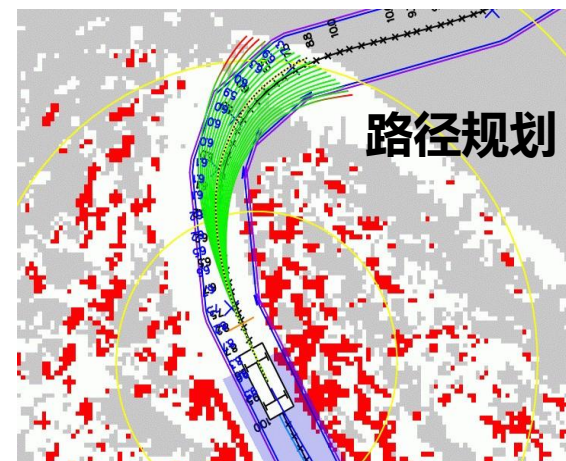


# 无人驾驶汽车中的传感器





# 无人驾驶中的关键技术



BUSINESS NEWS

MIT  
Technology  
Review

## Is Google Cornering the Market on Deep Learning?

A cutting-edge corner of science is being wooed by Silicon Valley, to the dismay of some academics.

By Antonio Regalado on January 29, 2014



How much are a dozen deep-learning researchers worth? Apparently, more than \$400 million.

This week, Google reportedly paid that much to acquire [DeepMind Technologies](#), a startup based in



This is Freescale  
make it

WIRED

GEAR SCIENCE ENTERTAINMENT BUSINESS SECURITY DESIGN

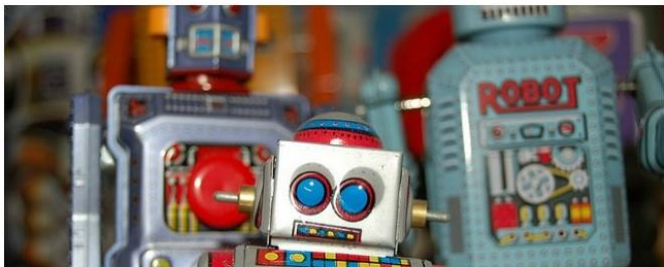
INNOVATION INSIGHTS

community content

featured

## Deep Learning's Role in the Age of Robots

BY JULIAN GREEN, JETPAC 05.02.14 2:56 PM



## BloombergBusinessweek Technology

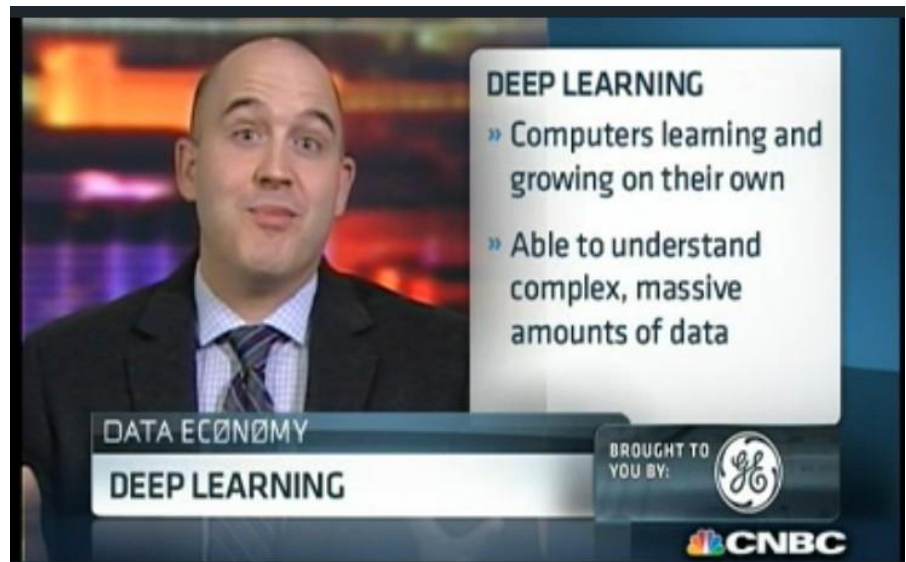
Acquisitions

### The Race to Buy the Human Brains Behind Deep Learning Machines

By Ashlee Vance | January 27, 2014

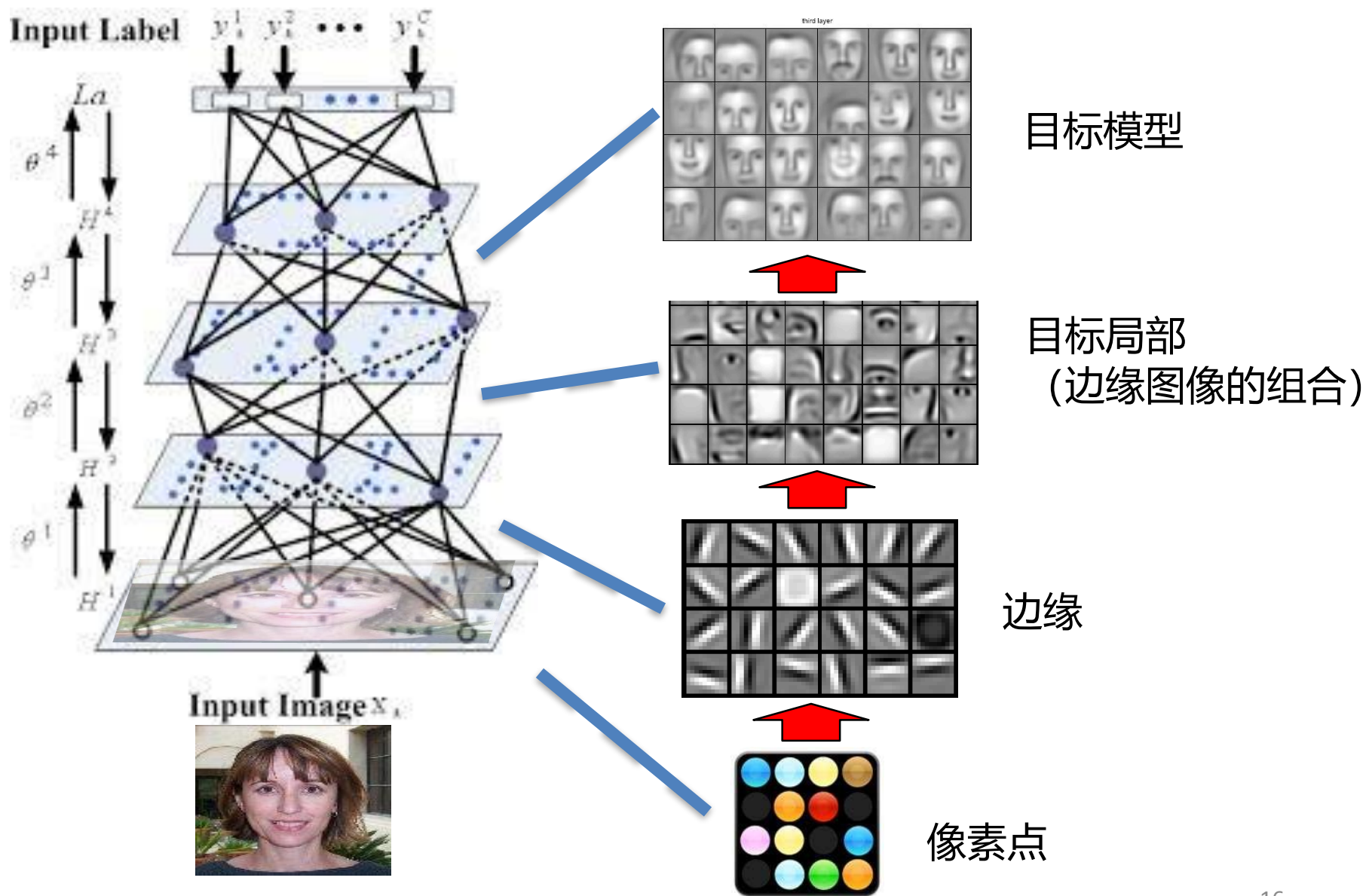
intelligence projects. “DeepMind is bona fide in terms of its research capabilities and depth,” says Peter Lee, who heads Microsoft Research.

According to Lee, Microsoft, Facebook (FB), and Google find themselves in a battle for deep learning talent. Microsoft has gone from four full-time deep learning experts to 70 in the past three years. “We would have more if the talent was there to

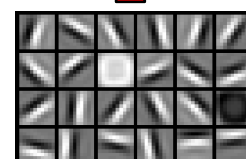
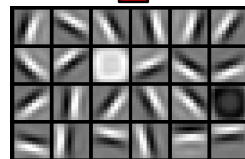
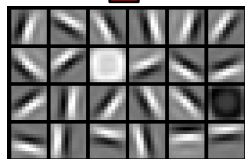
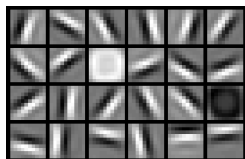
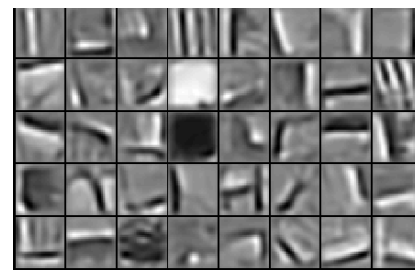
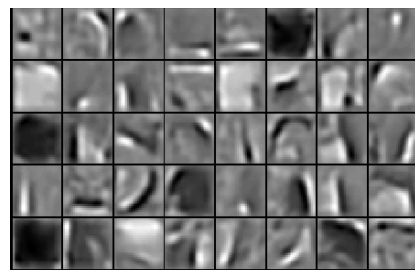
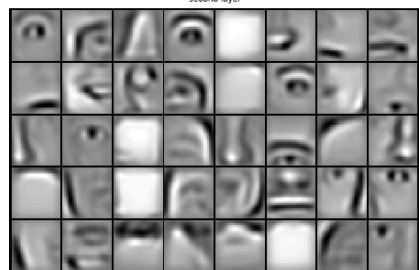
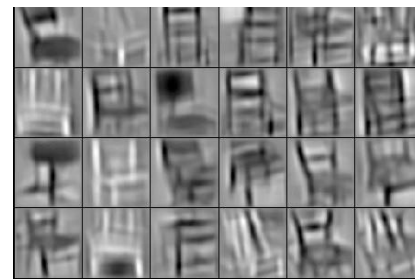


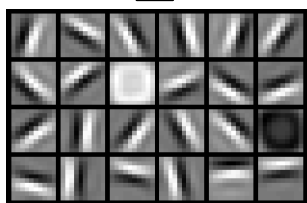
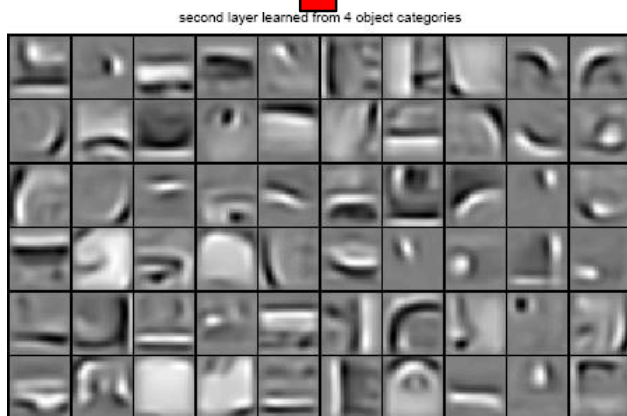
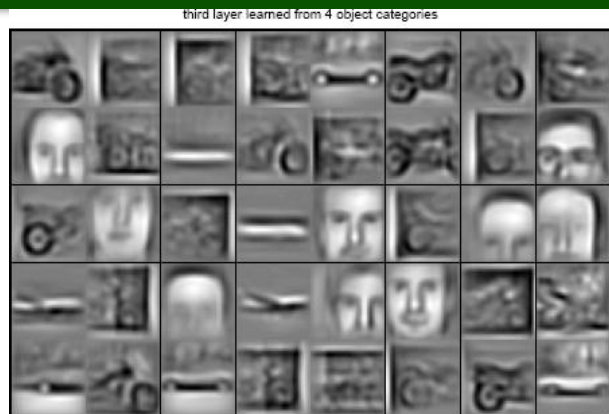


# 深度置信网络在人脸图像中的应用



# 从目标图片的局部学习





□ 训练了4类

(汽车、人脸、摩托车、飞机)

□ 第二层： 共享特征和特定对象的特征

□ 第三层： 更具体的特征。

# 使用深度学习标注场景



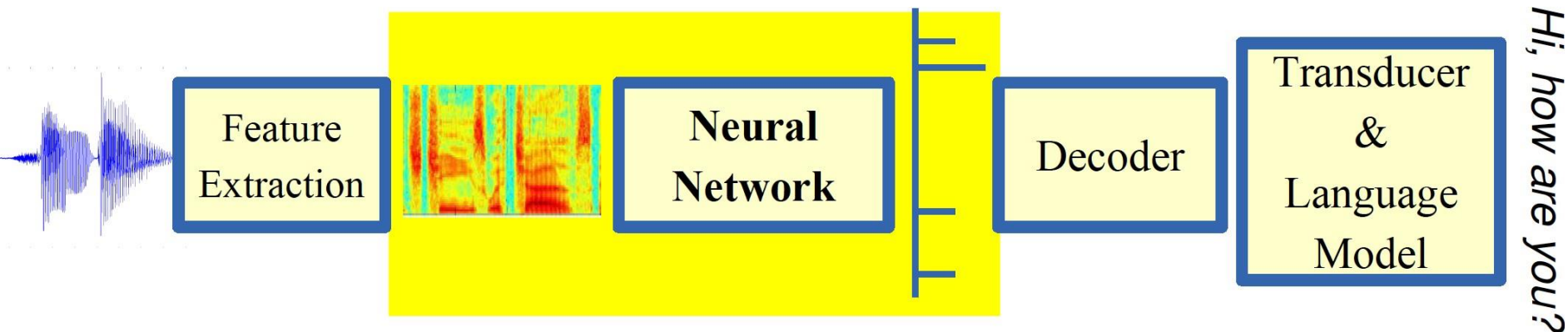
[Farabet et al. ICML 2012, PAMI 2013]



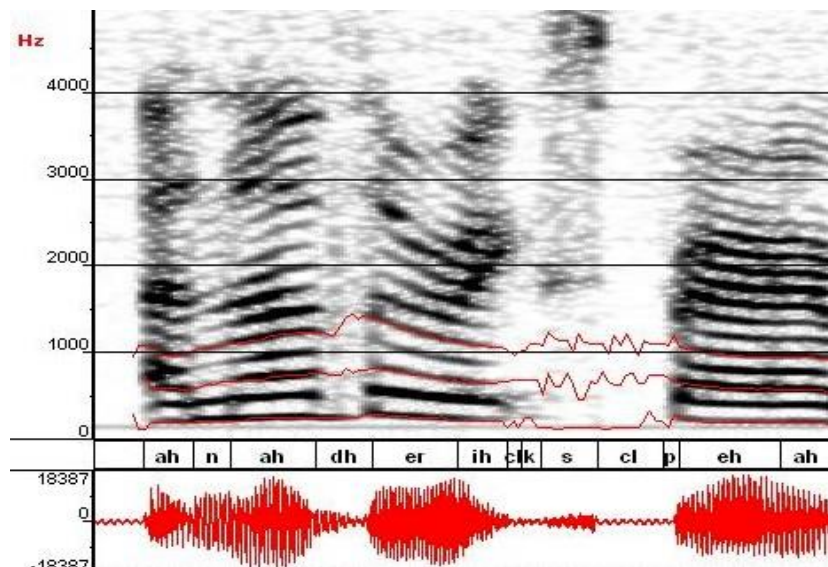
# 使用机器学习进行语音识别



## □ 一个典型的语音识别系统



## □ 使用深度学习从声谱中预测电话状态



# Hidden Layers	1	2	4	8	10	12
Word Error Rate %	16.0	12.8	11.4	10.9	11.0	11.1

□ 深度学习取得最优效果

□ 基线 GMM 效果 = 15.4%

[Zeiler et al. "On rectified linear units for speech recognition" ICASSP 2013]

# 深度学习对语音技术的影响



Slide credit: Li Deng, MS Research

## □ 1950s

- Samuel's checker player (基于机器学习算法的国际跳棋程序)
- Selfridge's Pandemonium (“万魔殿”理论——风靡一时的神经网络模型)

## □ 1960s

- Neural networks: Perceptron (构建人工神经网络用于图像识别)
- Pattern recognition (对模式识别展开研究)
- Learning in the limit theory (研究算法的性能与限制)
- Minsky and Papert prove limitations of Perceptron (证明了感知机算法仅限于解决线性可分问题)

## □ 1970s

- Symbolic concept induction (符号概念归纳)
- Winston's arch learner (基于符号推理的机器学习算法)
- Expert systems and the knowledge acquisition bottleneck (如何有效获取与整合专家知识)
- Quinlan's ID3 (基于决策树的分类算法)
- Michalski's AQ and soybean diagnosis (机器学习中的两个经典案例)
- Scientific discovery with BACON (一种基于归纳逻辑编程的科学发现系统)
- Mathematical discovery with AM (一种基于归纳逻辑编程的数学发现系统)

## □ 1980s

- Advanced decision tree and rule learning (用于分类和预测)
- Explanation-based Learning (EBL) (基于推理和知识表示)
- Learning and planning and problem solving (学习、规划与问题解决的综合应用)
- Utility problem (效用问题)
- Analogy (类比问题)
- Cognitive architectures (认知架构理论模型)
- Resurgence of neural networks (神经网络的复苏)
- Valiant's PAC Learning Theory (一种学习理论)
- Focus on experimental methodology (强调实验评估算法的有效性)

## □ 1990s

- Data mining (数据挖掘)
- Adaptive software agents and web applications (软件和网络应用)
- Text learning (文本学习)
- Reinforcement learning (强化学习)
- Inductive Logic Programming (归纳逻辑编程)
- Ensembles: Bagging, Boosting, and Stacking (集合多个模型以提升性能)
- Bayes Net learning (一种用于建模概率关系的图形模型)

## □ 2000s

- Support vector machines & kernel methods (支持向量机与核方法)
- Graphical models (一种表示和推断概率分布的方法)
- Statistical relational learning (统计关系学习)
- Transfer learning (迁移学习)
- Sequence labeling (一种有监督的学习方法)
- Collective classification and structured outputs (联合考虑多个实例)
- Computer Systems Applications(编译器、调试、安全)
- E-mail management (邮件管理)
- Learning in robotics and vision (机器人与计算机视觉)

## □ 2010s

- Deep learning systems (深度学习时代)
- Learning for big data (大数据时代)
- Bayesian methods (贝叶斯方法)
- Multi-task & lifelong learning (多任务和终身学习)
- Applications to vision, speech, social networks, learning to read... (全面应用时代)
- 敬请期待...

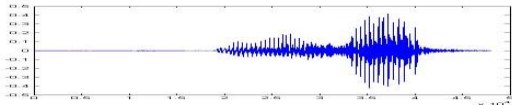


# 机器学习算法分类



# 机器学习 $\approx$ 寻找函数

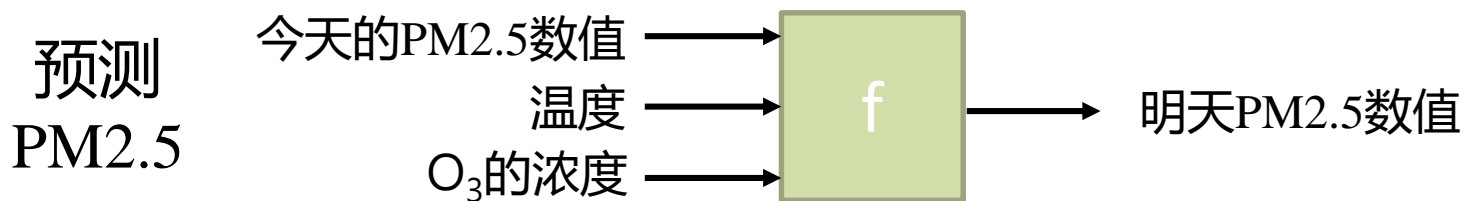


语音识别  $f(\text{  }) = \text{“你咋回事儿？”}$

图像识别  $f(\text{  }) = \text{猫咪}$

下围棋  $f(\text{  }) = \text{“5-5”}$   
(下一步决策)

**回归:** 函数的输出为标量.



**分类:** 给定选项（类），函数输出为正确的选项。





**分类:** 给定选项（类），函数输出为正确的选项。

每个位置都  
是一个类  
(19 x 19 个类)



棋盘上的位置

Playing GO

下一步决策

## □ 监督（归纳）学习

- 给定训练数据和期望的输出（标签）

## □ 无监督学习

- 仅给定训练数据

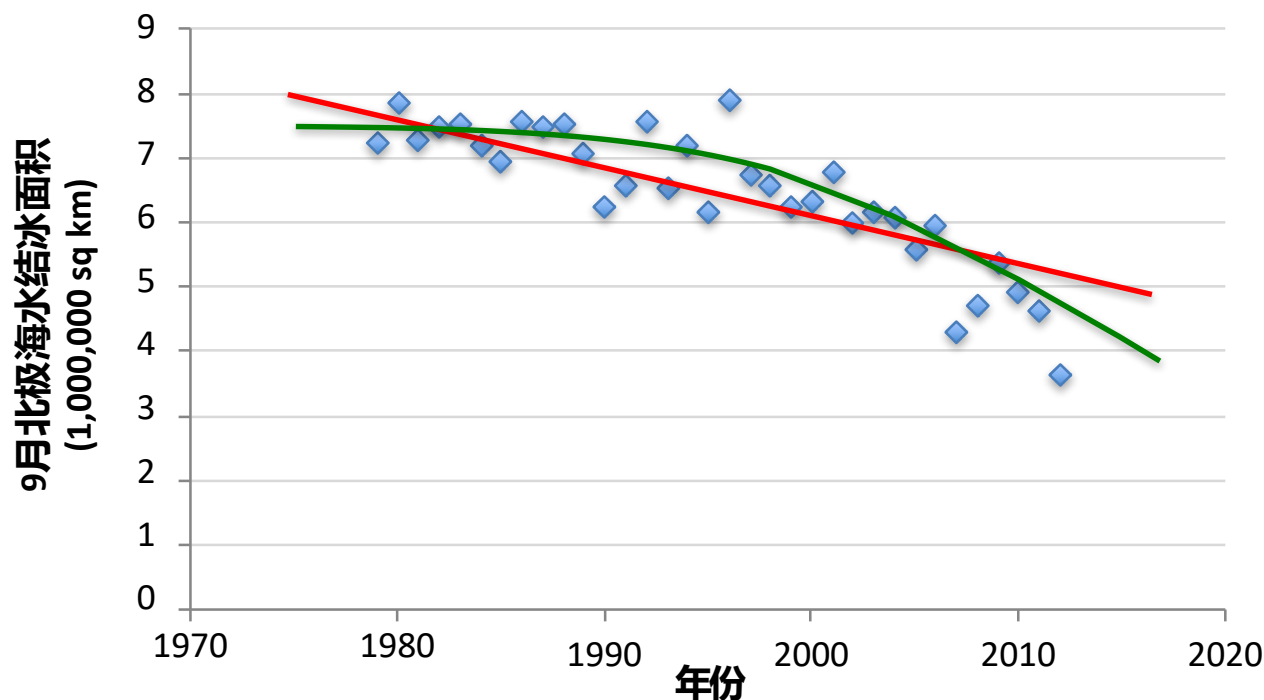
## □ 半监督学习

- 给定训练数据和部分期望的输出

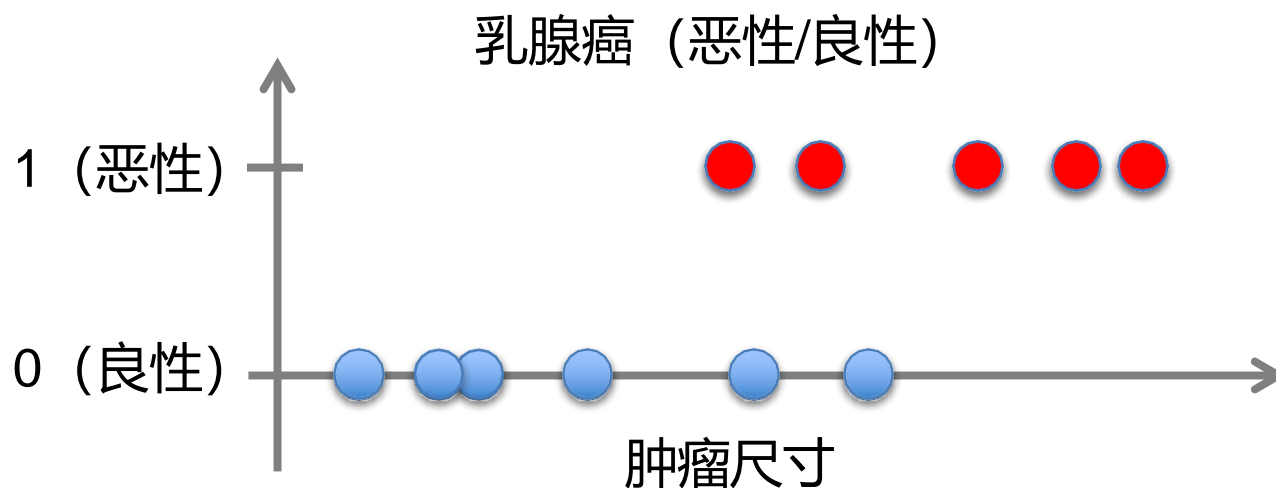
## □ 强化学习

- 从序列决策中获取奖励

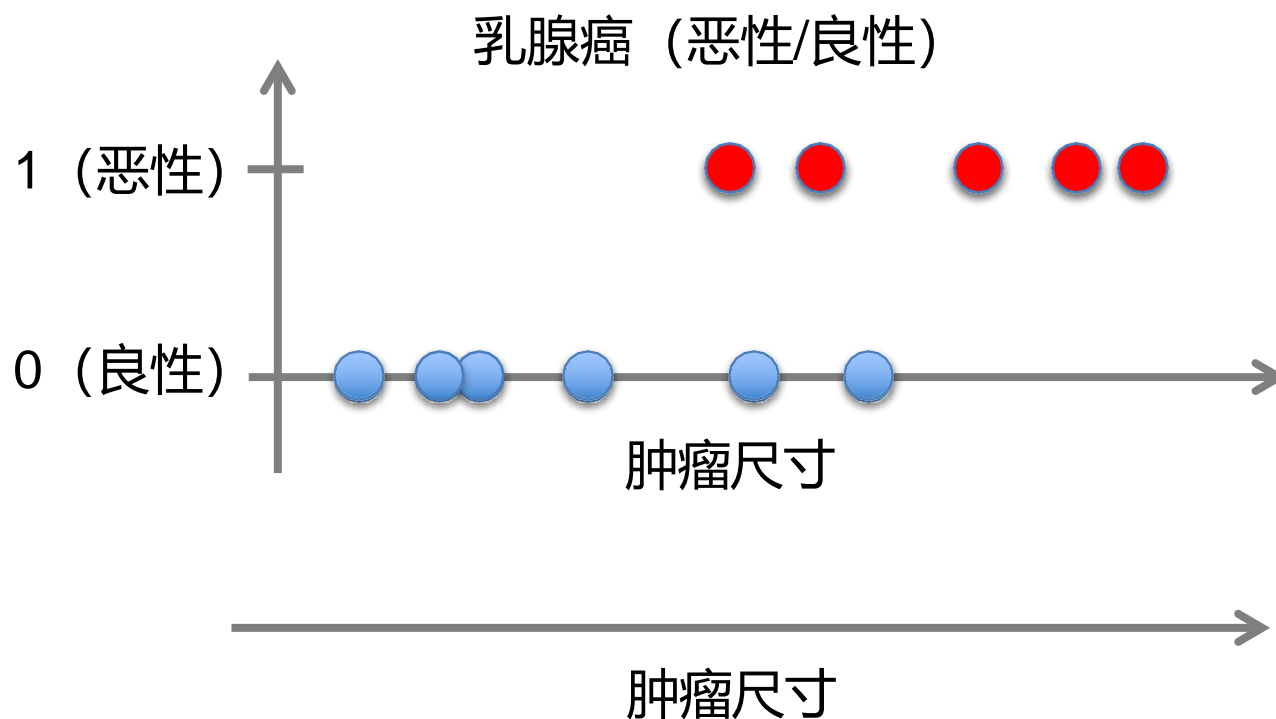
- 给定  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$
- 学习一个函数  $f(x)$  能够根据输入  $x$  预测  $y$ 
  - 其中  $y$  为数值, 即回归



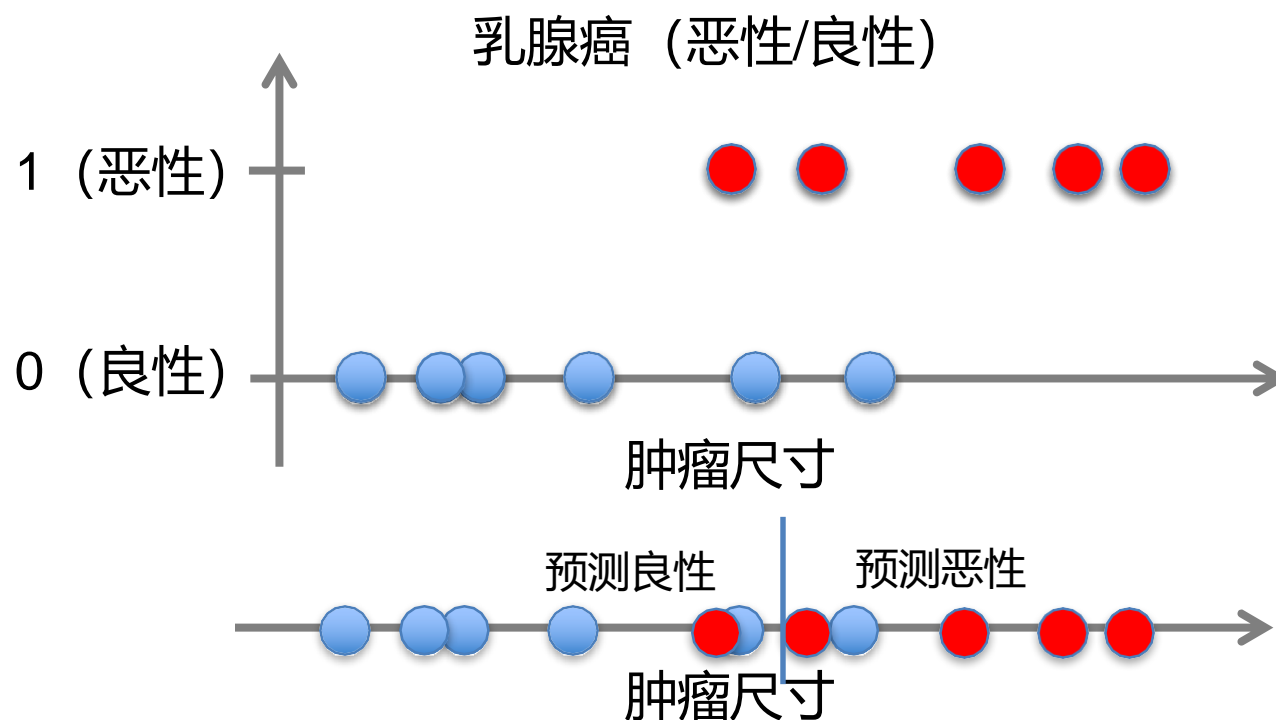
- 给定  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$
- 学习一个函数  $f(x)$  能够根据输入  $x$  预测  $y$ 
  - 其中  $y$  为类别，即分类



- 给定  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$
- 学习一个函数  $f(x)$  能够根据输入  $x$  预测  $y$ 
  - 其中  $y$  为类别，即分类

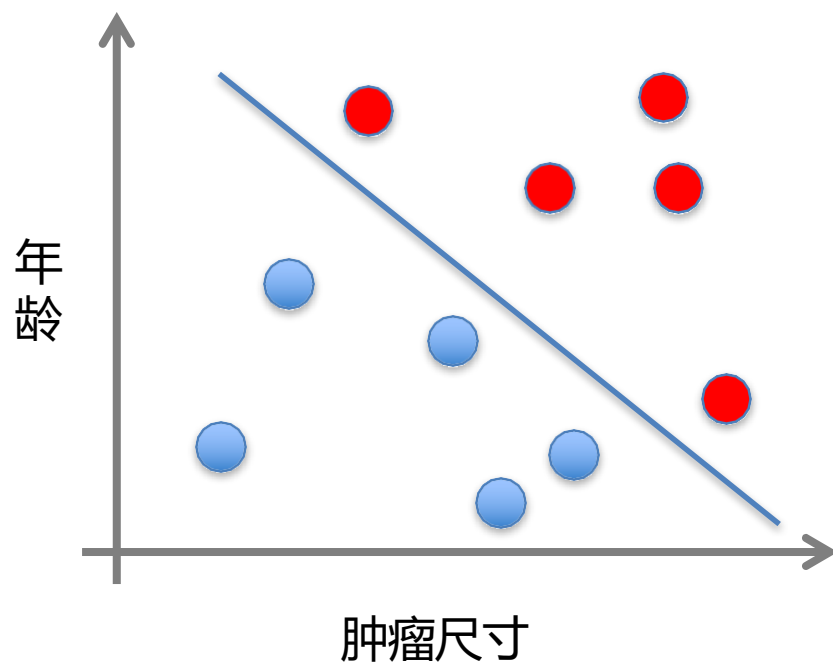


- 给定  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$
- 学习一个函数  $f(x)$  能够根据输入  $x$  预测  $y$ 
  - 其中  $y$  为类别，即分类



□  $x$  可以是多维的

- 每一维对应一个属性

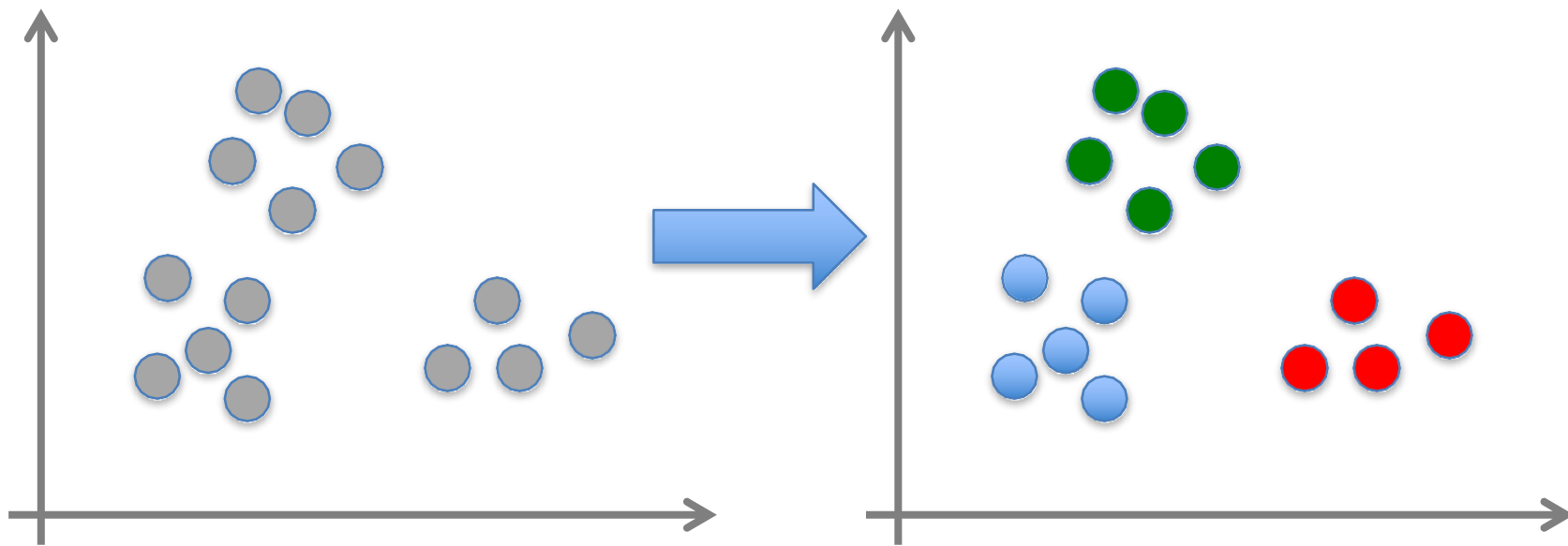


- 细胞团厚度
- 细胞尺寸的均匀度
- 细胞形状的均匀性
- ...

□ 给定  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (无标签)

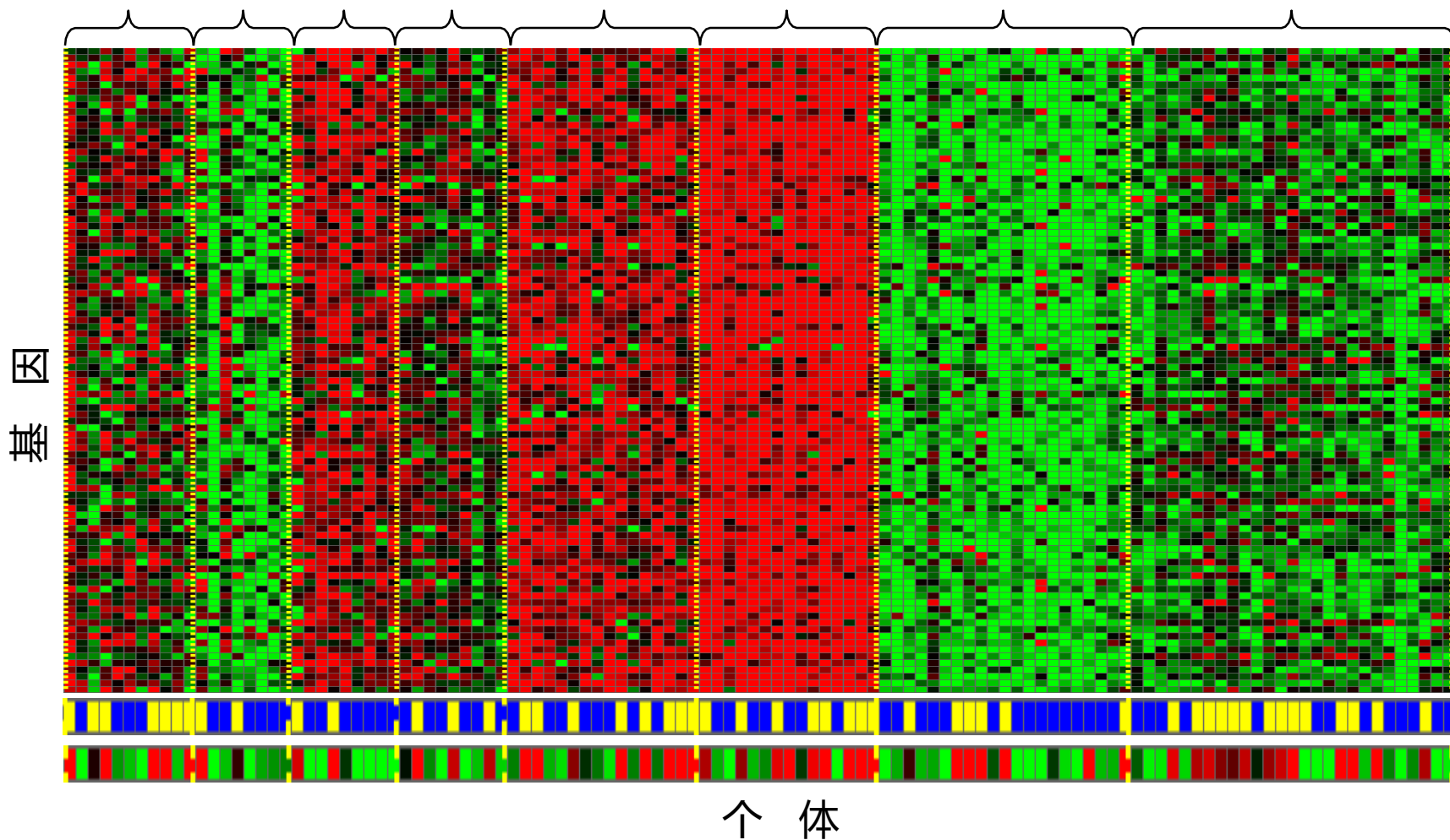
□ 输出  $x$  的隐变量

- 例如：聚类



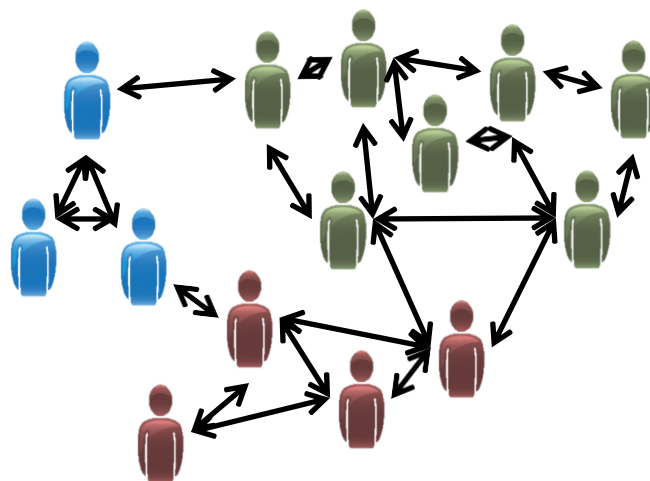


## □ 基因组学应用：按遗传相似性对个体进行分组





构建计算集群



社交网络分析

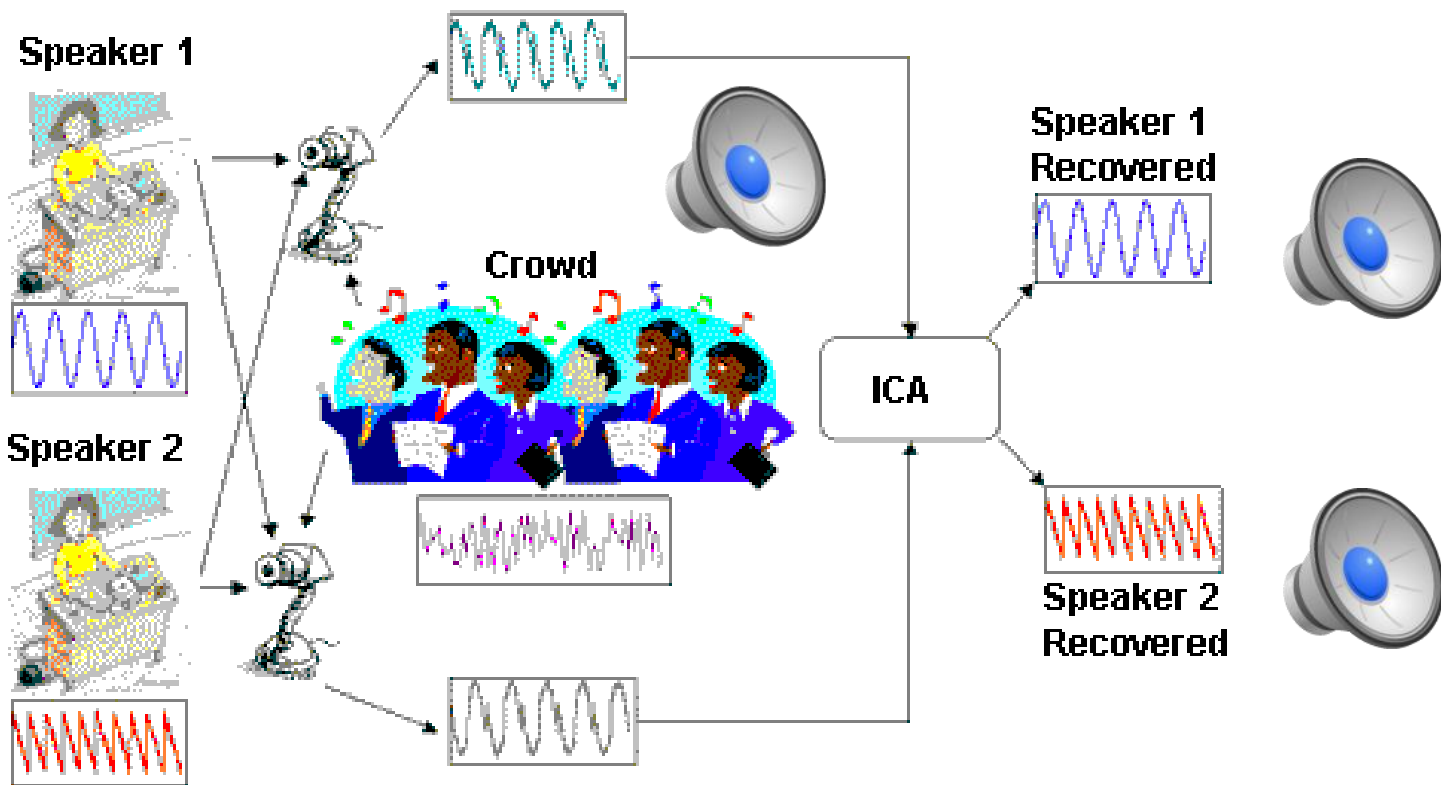


市场分割

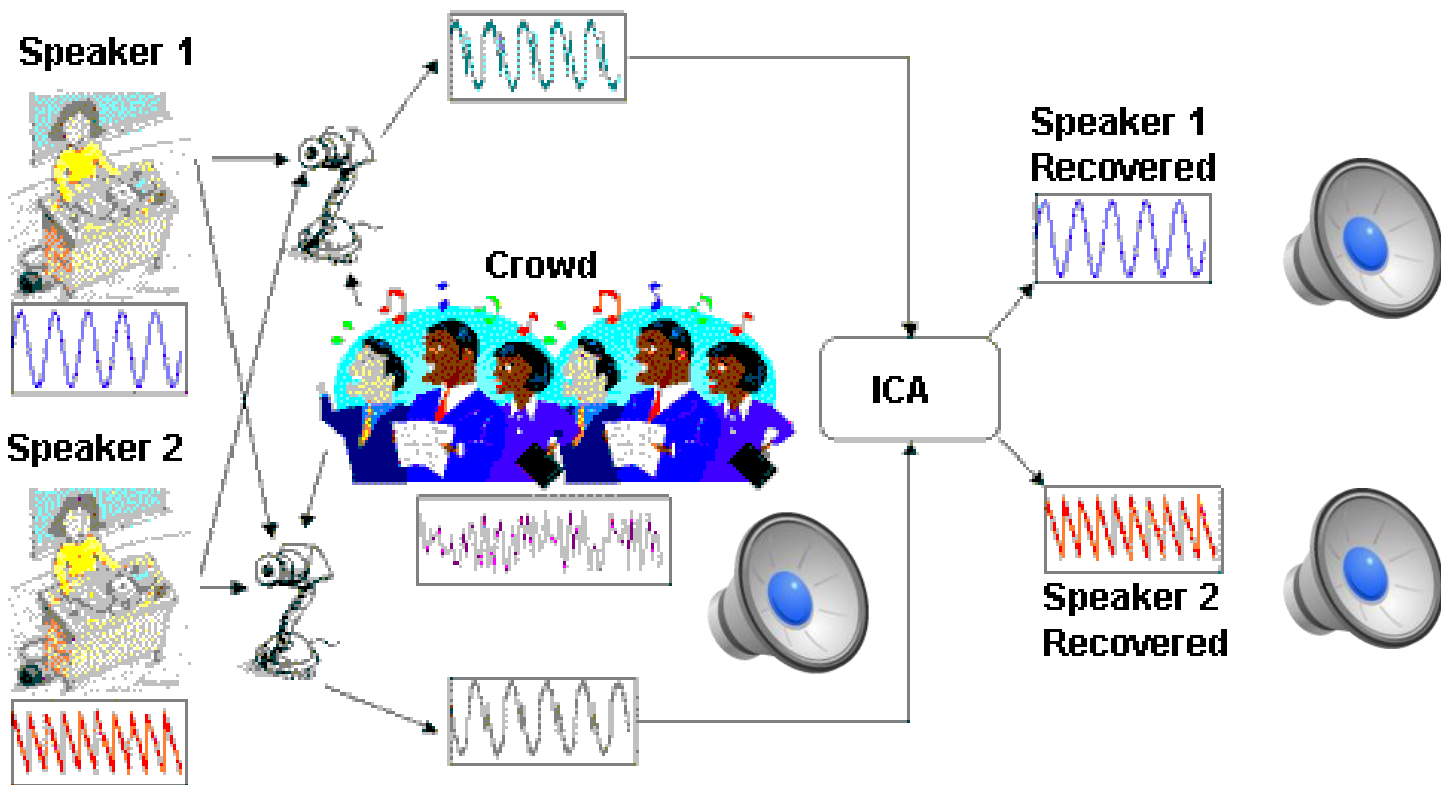


天文数据分析

- 独立分量分析 (ICA)：一种用于分离混合信号中不同独立源的方法

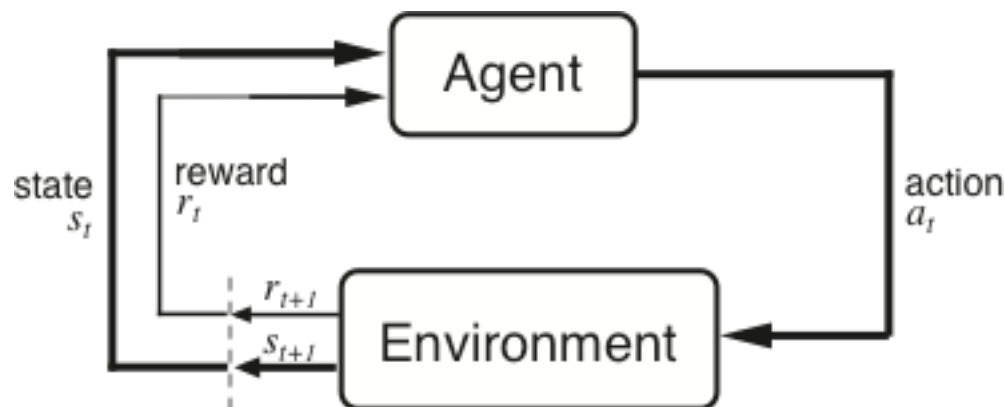


□ 独立分量分析（ICA）：一种用于分离混合信号中不同独立源的方法

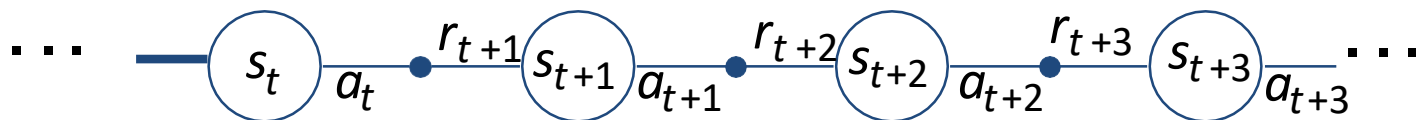


- 输入一组包括状态、动作、延迟奖励的序列，输出一个策略
  - 策略是一个从状态到行动的映射函数，表明每个状态下所采取的行动或行动的分布
  
- 部分例子
  - 分配问题
  - 游戏AI
  - 机器人走迷宫
  - 控制平衡问题

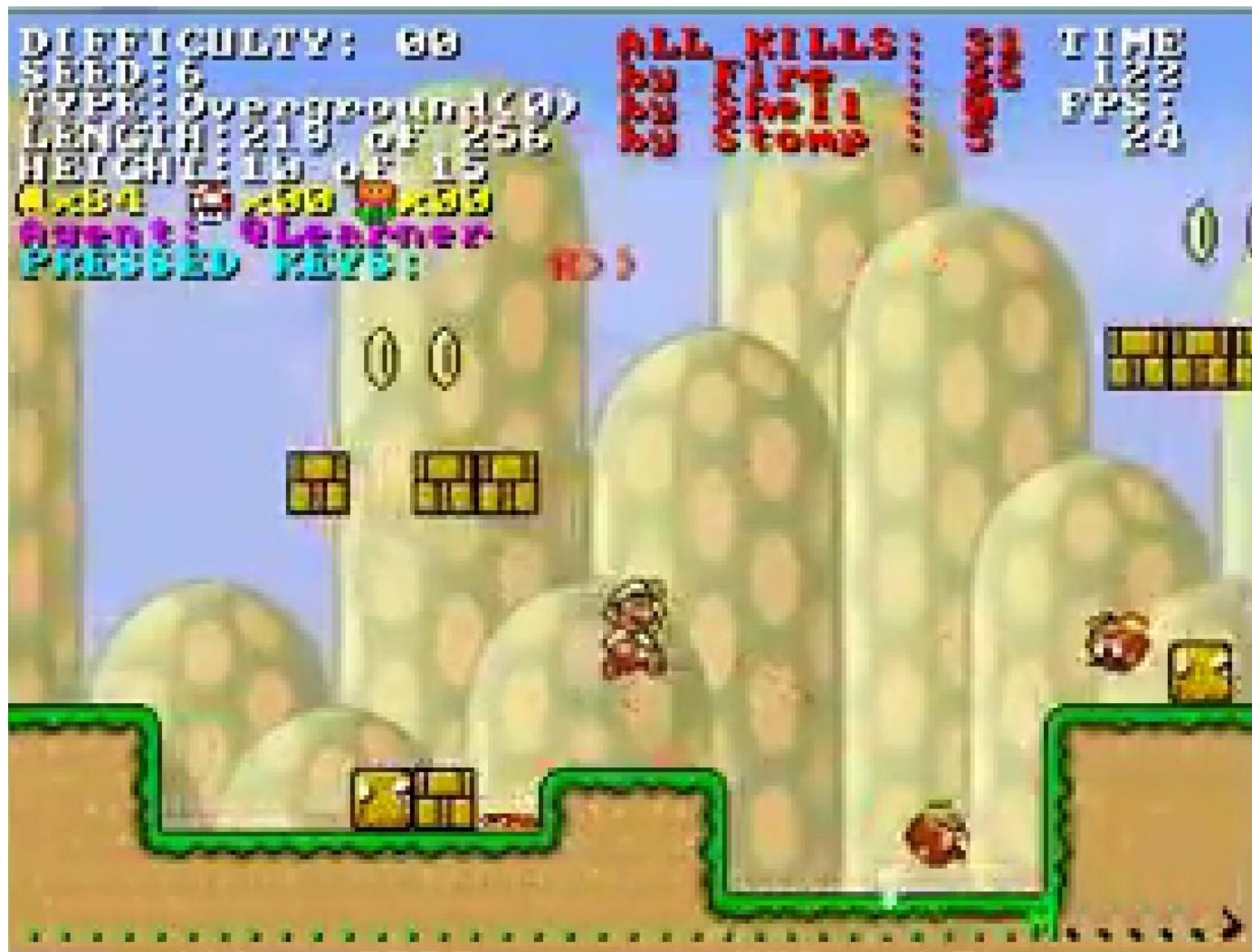
# 初识 “智能体” 与 “环境”



- 智能体与环境在离散的时间步中交互:  $t = 0, 1, 2, \dots, K$
- 智能体观察时间步  $t$  所处的状态:  $s_t \in S$
- 根据所观测到的状态采取动作:  $a_t \in A(s_t)$
- 得到环境的反馈:  $r_{t+1} \in R$
- 转移到下一状态:  $s_{t+1}$







<https://www.youtube.com/watch?v=4cgWya-wjgY>

## □ 从专家示范中学习策略



斯坦福的无人直升机

<http://heli.stanford.edu/>

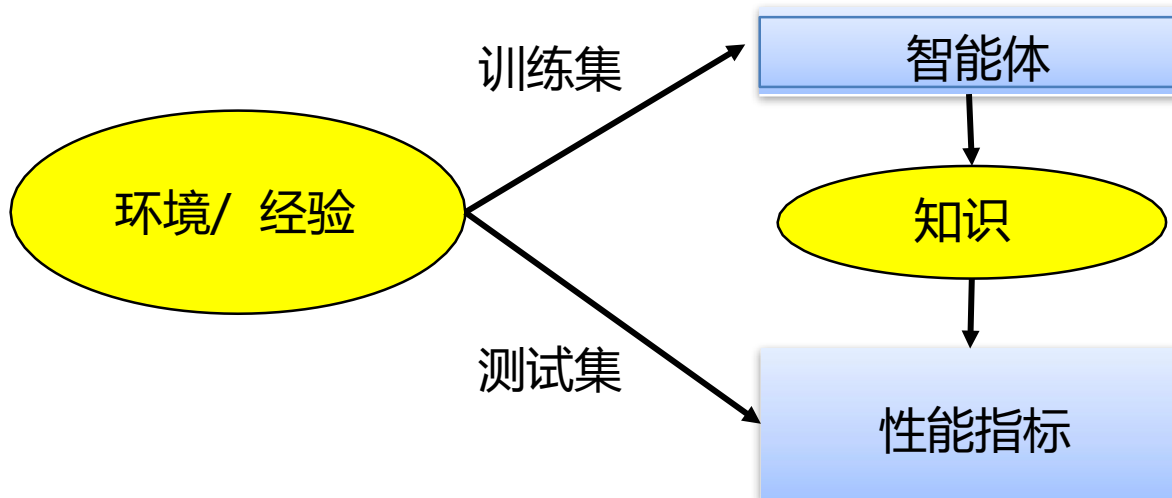
<https://www.youtube.com/watch?v=VCdxqn0fcnE>





# 如何构建学习问题

- 选择用于训练的经验
- 确定学习目标
  - 例如：目标函数
- 确定该目标函数的表征方法
- 选择一个学习算法使模型根据历史经验推断目标函数



- 通常假设训练集和测试集满足独立同分布 (i.i.d) 性质
  - 即独立地从相同地数据分布中抽取的
- 若样本不是独立的, 可使用集体分类方法 (Collective Classification)
  - 考虑样本之间的关联性, 并将它们作为一个整体进行分类
- 若测试分布与训练分布不同, 可使用迁移学习方法 (Transfer Learning)
  - 迁移学习的目的是利用已有的知识来帮助模型更好地适应新的数据分布

- 现如今已有数以万计的机器学习算法
  - 每年仍有数百种新方法
  
- 万变不离其宗，每种机器学习都由以下三部分组成
  - 表征（模型）
  - 优化
  - 评估

- 数值函数
  - 线性回归
  - 神经网络
  - 支持向量机
- 符号函数
  - 决策树
  - 命题逻辑中的规则
  - 一阶谓词逻辑中的规则
- 基于实例的函数
  - 最近邻
  - 基于案例求解
  - 概率图解模型
  - 朴素贝叶斯
  - 贝叶斯网络
  - 隐性马尔可夫模型 (HMMs)
  - 概率上下文自由语法 (PCFGs)
  - 马尔可夫网络

## □ 梯度下降

- 感知机
- 反向传播算法

## □ 动态编程

- HMM学习
- PCFG学习

## □ 分而治之

- 决策树归纳法
- 规则学习

## □ 进化计算

- 遗传算法 (GA)
- 遗传编程 (GP)
- 神经进化算法

- 准确率
- 精度和召回率
- 均方误差
- 先验概率
- 后验概率
- 成本/效率
- 边际效用
- 熵
- KL散度
- ...



周而  
复始

- 掌握所研究的领域的现有理论知识以及学习目标
- 数据收集、筛选、清洗、预处理等
- 模型学习
- 分析结果
- 整理与利用模型所学习到的知识



- ❑ 机器学习可以被看作是利用直接或间接的经验来逼近一个选定的目标函数。
- ❑ 函数近似可以看作是在假定的空间（函数的表征）中寻找最适合一组参数。
- ❑ 不同的学习方法设定不同的假定空间（表征语言）和 / 或采用不同的搜索技术。



# Thank you