



祝恩

人工智能

人工智能及智能认识
人工智能的发展历程



内容

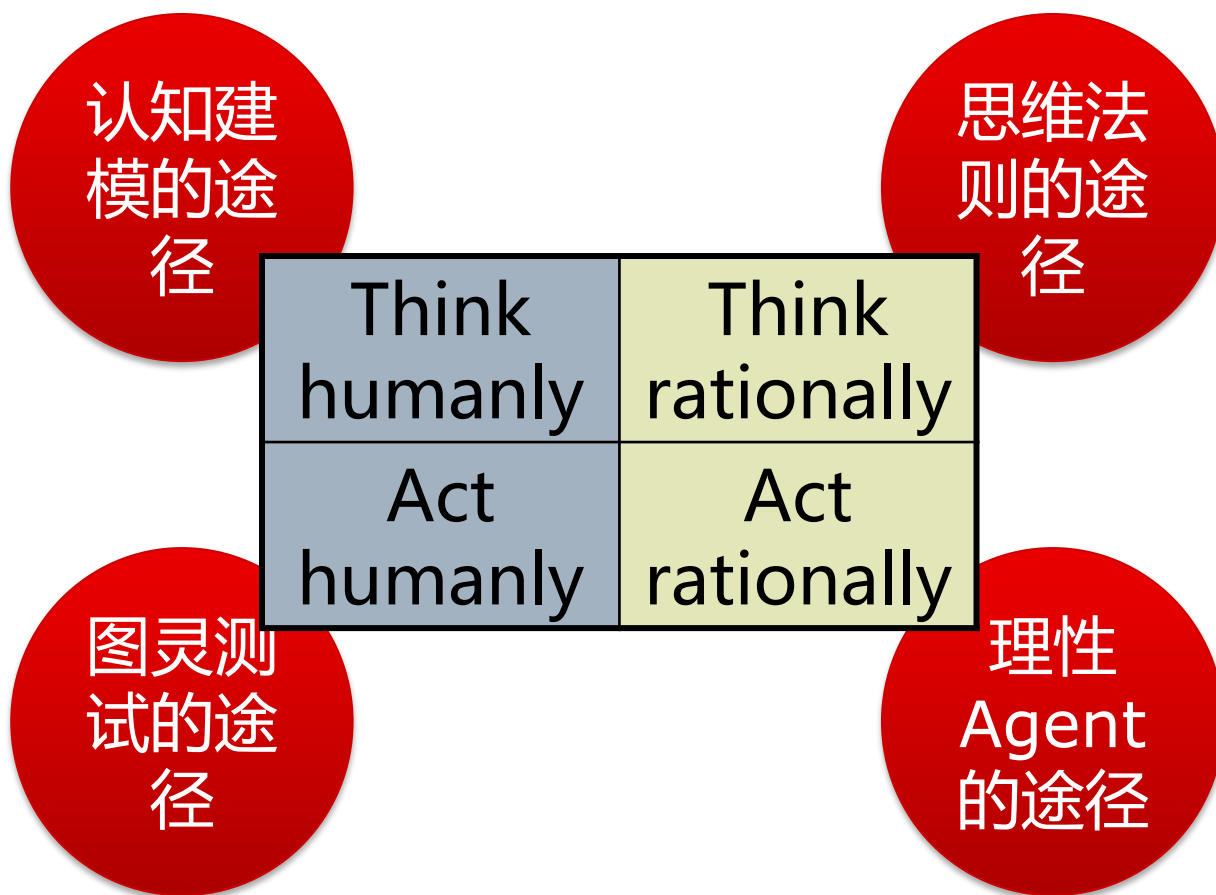
- **人工智能及智能认识**
- 人工智能的发展历程

What is AI ?



What is AI?

□ The science of making machines that:





Turing Test

The Turing Test	The Bird Test
I don't have a good definition of " intelligence ".	I don't have a good definition of " flight ".
However, I know humans are intelligent .	However, I know birds can fly .
If an entity can masquerade as human so well that I can't detect the difference, I will say this entity is intelligent.	If an entity can masquerade as a bird so well that I can't detect the difference, I will say this entity flies.



Think humanly

- The Cognitive Science approach
- If we are going to say that a given program thinks like a human, we must have some way of determining how humans think.



Think humanly

□ Cognitive science

- Predicting and testing behavior of human subjects (top-down)

认知科学将计算机模型与心理学实验技术相结合，构建一种可测试的人类思维理论

□ Cognitive neuroscience

- Direct identification from neurological data (bottom-up)

Searle's "Chinese Room"



中文提问，中文回答
人，英文写的规则手册，纸
CPU，程序，存储器

运行正确的通过图灵测试
程序是否一定产生理解？



Think rationally

- The “Laws of Thought” approach

求解用逻辑表示
法描述的问题

- Logicist tradition:

- Logic: notation and rules of derivation for thoughts
- Aristotle: what are correct arguments/thought processes?



Think rationally

- Problems:
 - Suppose put your hand down on a hot stove. What is the rational response?
 - Not all intelligent behavior is mediated by logical deliberation
 - Uncertainty: Not all facts are certain (e.g., the flight might be delayed).





Act rationally

- Rational behavior: doing the “right thing”
 - The right thing: that which is expected to maximize goal achievement, given the available information
 - Doesn't necessarily involve thinking
 - Thinking can be in the service of rational action
 - Entirely dependent on goals!
 - Rational \neq successful
- rational agents
 - Systems which make the best possible decisions given goals, evidence, and constraints
 - In the real world, usually lots of uncertainty
 - Usually, we're just approximating rationality

What is
Intelligence?



符号主义视角的 “智能”

□ 何为 “智能”

- “思考” 表现为对物理系统 and 问题的符号表示以及基于符号的推理

□ 如何实现 “智能”

- 提供表示方法和推理工具

□ 代表性成果和应用

- 知识表示、搜索、规划、推理、专家系统等
- “深蓝”国际象棋程序、“Watson”问答系统



连接主义视角的 “智能”

□ 何为 “智能”

- 像人一样 “思考”
- 认为人类的思考以人脑的生物神经网络为载体

□ 如何实现 “智能”

- 构造人工神经网络来模拟生物神经网络

□ 代表性成果

- 神经网络、深度学习等
- AlphaGo , GNMT(机器翻译程序)等



行为主义视角的 “智能”

□ 何为 “智能”

- 表现为恰如其分的 “行动”
- “行动” 基于 “控制论” 的感知-建模-决策-执行模型以及对一些群体性生物行为方式的观察

□ 如何实现 “智能”

- 基于控制论以及群体智能等建立起及其智能
- 提供模型、算法

□ 代表性成果

- 反应式系统、进化计算、群体智能、蚁群算法等
- 群体无人机、机器人行走、无人车等

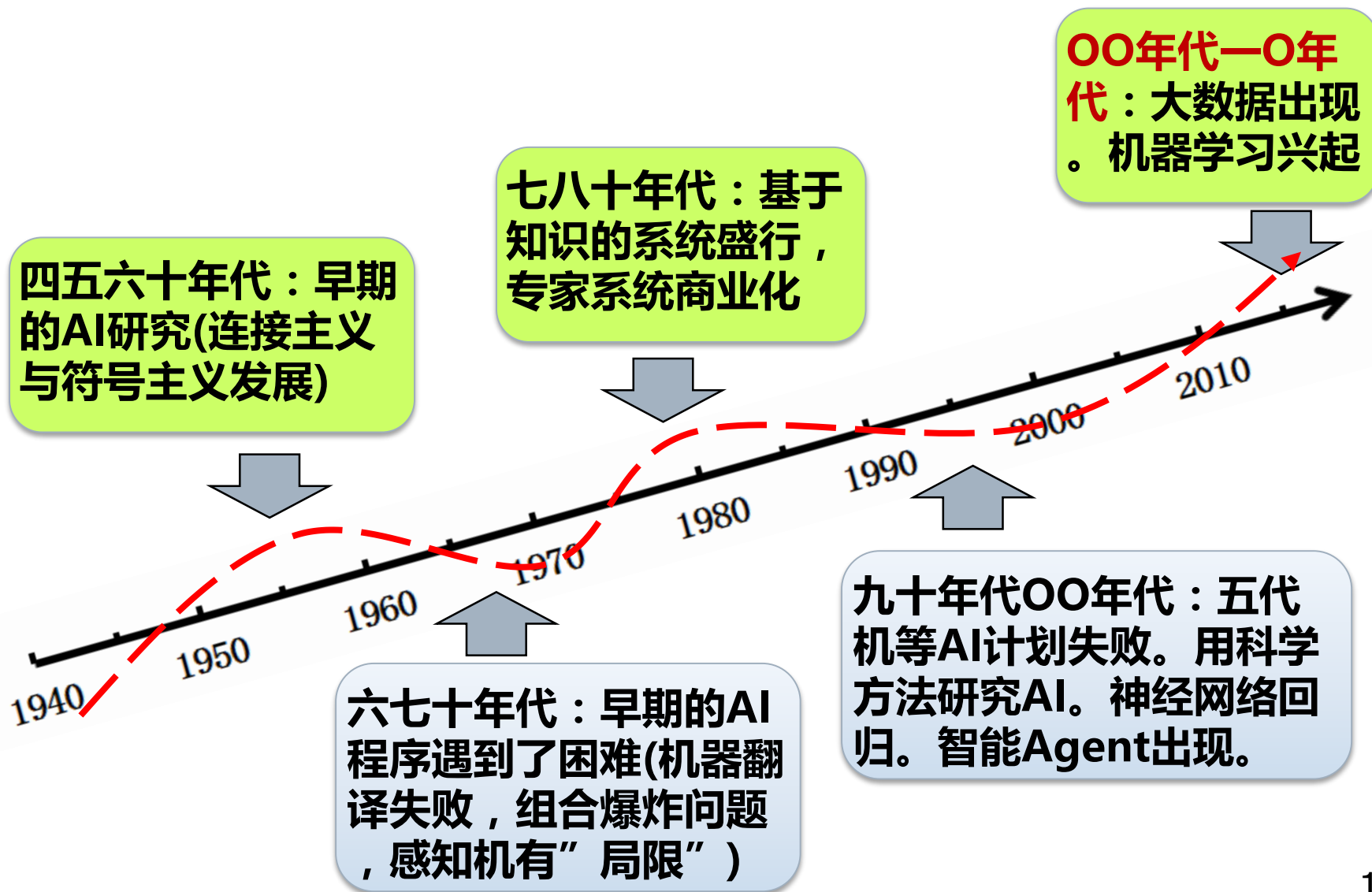


内容

- 人工智能及智能认识
- **人工智能的发展历程**



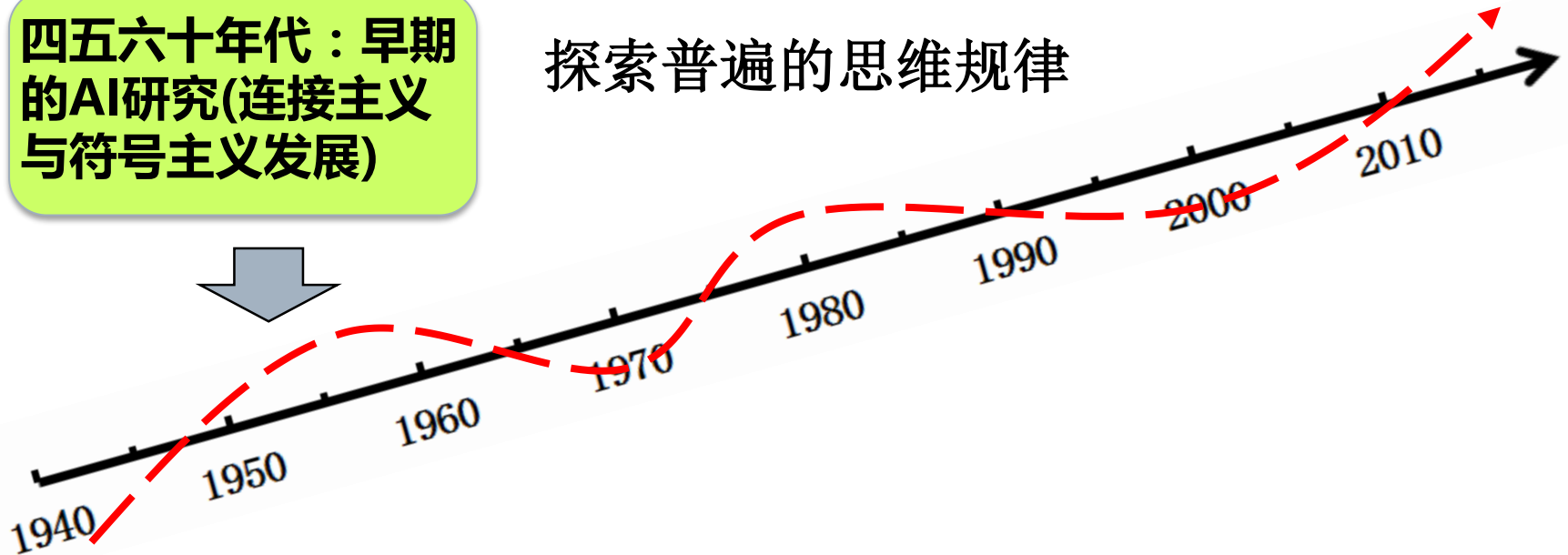
人工智能发展的五个阶段



第一阶段：AI的产生

四五六十年代：早期的AI研究(连接主义与符号主义发展)

探索普遍的思维规律





第一阶段：总体特点

- 致力于探索普遍的思维规律。
 - 从神经网络出发开始研究。
 - 符号系统和逻辑推理盛行。
 - 会学习的博弈程序出现。



第一阶段：代表工作

□ 一个会议

Dartmouth会议

□ 两条主线

**连接主义
符号主义**

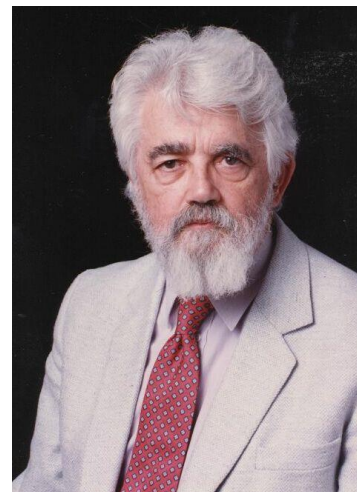


第一阶段：代表性工作

□ Dartmouth会议：

- 1956年
- John McCarthy
- 10位研究者参与
- 为期两个月
- 提出“人工智能”

□ 会议之后，人们投入极大的热情研究AI（特别是符号主义）



John McCarthy



第一阶段：代表性工作

连接主义的代表工作：

- 1943年Warren McCulloch和Walter Pitts提出了**人工神经元模型**，被认为是最早的人工智能工作。



Warren McCulloch



Walter Pitts

认为任何函数
可通过网络实
现，网络能够
学习。



第一阶段：代表性工作

- 1949年Donald Hebb提出了一条更新神经元之间连接强度的学习规则，称为**赫布型学习**(Hebbian learning)，至今仍有影响。



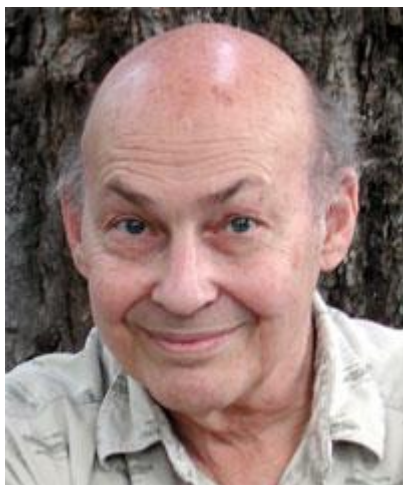
Donald Hebb

认为相邻的神经元同时被激活了，则它们的联系应强化。



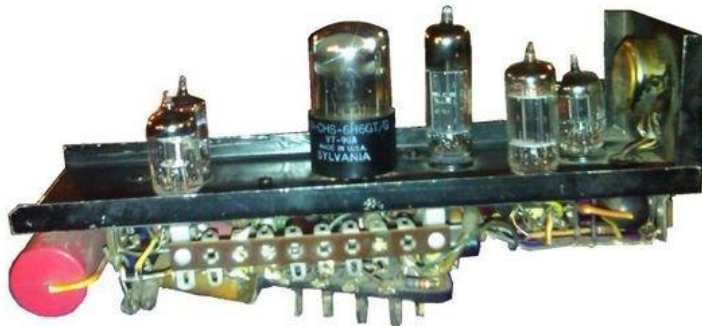
第一阶段：代表性工作

- 1950年Marvin Minsky和Dean Edmonds构建了第一台神经网络计算机（SNARC）。



Marvin Minsky

说明神经网络可以用计算机硬件模拟





第一阶段：代表性工作

□ 早期神经网络的其他工作:

1. 认为大量元素可共同表示一个单独概念。
2. 加强了赫布学习方法(1960,1962)。
3. 发现了感知机收敛定理(1962)。
4. 建立后向传播学习算法(1969)。

**有了通过样本训练网络
参数的理念及具体算法**



第一阶段：代表性工作

符号主义的代表工作：

- CMU的Newell和Simon的**逻辑理论家程序**LT，能证明《数学原理》第2章中大部分定理。随后研制了**通用问题求解器**GPS 模拟人类求解问题
- IBM的Herbert Gelernter(1959)研制了**几何定理证明器**。



Alan Newell



Herbert Simon

GPS考虑子目标与可能的行动顺序
类似于人类处理相同问题的顺序

**通过符号形式化地描述
和求解问题。**



第一阶段：代表性工作

- IBM的Arthur Samuel(从1952年开始)编写出西洋跳棋程序。

告诉人们：程序下棋水平可通过学习提高



Arthur Samuel



运行跳棋程序的IBM 701计算机

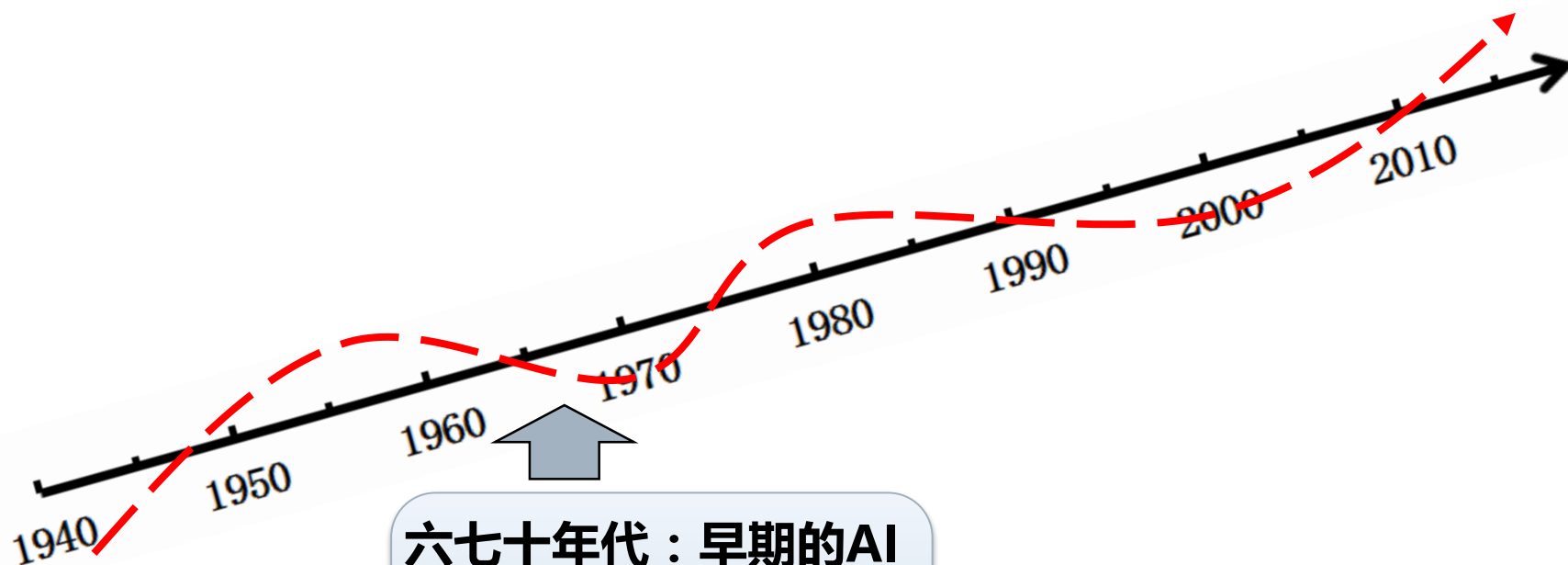


第一阶段：代表性工作

- John McCarthy 1958年在MIT的工作：
 1. 定义了人工智能语言LISP。
 2. 发明了分时技术。
 3. 发表了论文《有常识的程序》，其中提出了“意见采纳者”(Advice Taker)假想程序。
- 1965年，Robinson提出归结方法(一阶逻辑定理证明算法)，“意见采纳者”的实现有了算法依据。

(1) AI问题的描述需要有力的工具，如LISP。
(2) 知识可从程序中分离出来。

第二阶段 第一个冬天



六七十年代：早期的AI程序遇到了困难(机器翻译失败，组合爆炸问题，感知机有“局限”)

探索普遍的思维规律遇到了困难



第二阶段：总体特点

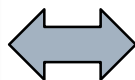
- Simon说了无法兑现的大话。
 - AI的资助投入几乎降到0。
 - AI进展缓慢，没有重大成果。
 - 困难重重。
-
- 遇到的困难的几个典型：



第二阶段：代表性工作

- 第一种困难是，早期的人工智能程序对问题的主题一无所知。例如机器翻译领域：
- 当时机器翻译的水平(英语俄语互译)：

"the spirit is willing but the flesh is weak(心有余而力不足)"



"the vodka is good but the meat is rotten(伏特加是好酒但肉是烂的)"

说明机器翻译需要背景知识



第二阶段：代表性工作

- 第二种困难是，人工智能程序试图求解的许多问题的不可操作性。例如由于规模太大：
- 归结定理证明器受挫了。
- Samuel的下棋程序0:4输给Helmann(1966)

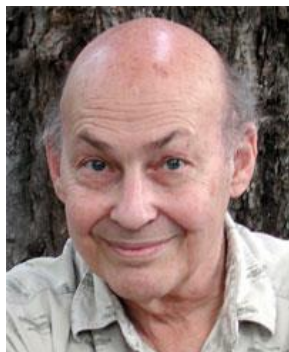
为了将搜索空间变小，
需要领域启发知识

- 1973年，**莱特希尔报告**(Lighthill Report)批评人工智能，英国政府因此取消了对几乎所有的人工智能研究

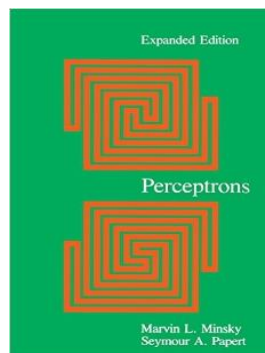


第二阶段：代表性工作

- 第三种困难是，用于产生智能行为的基本结构具有某些根本局限。
- Minsky和Papert(1969)的《感知机》批评了感知机，认为它有缺陷。



Marvin Minsky



Perceptron(1968, MIT Press)

草率地
下了结论

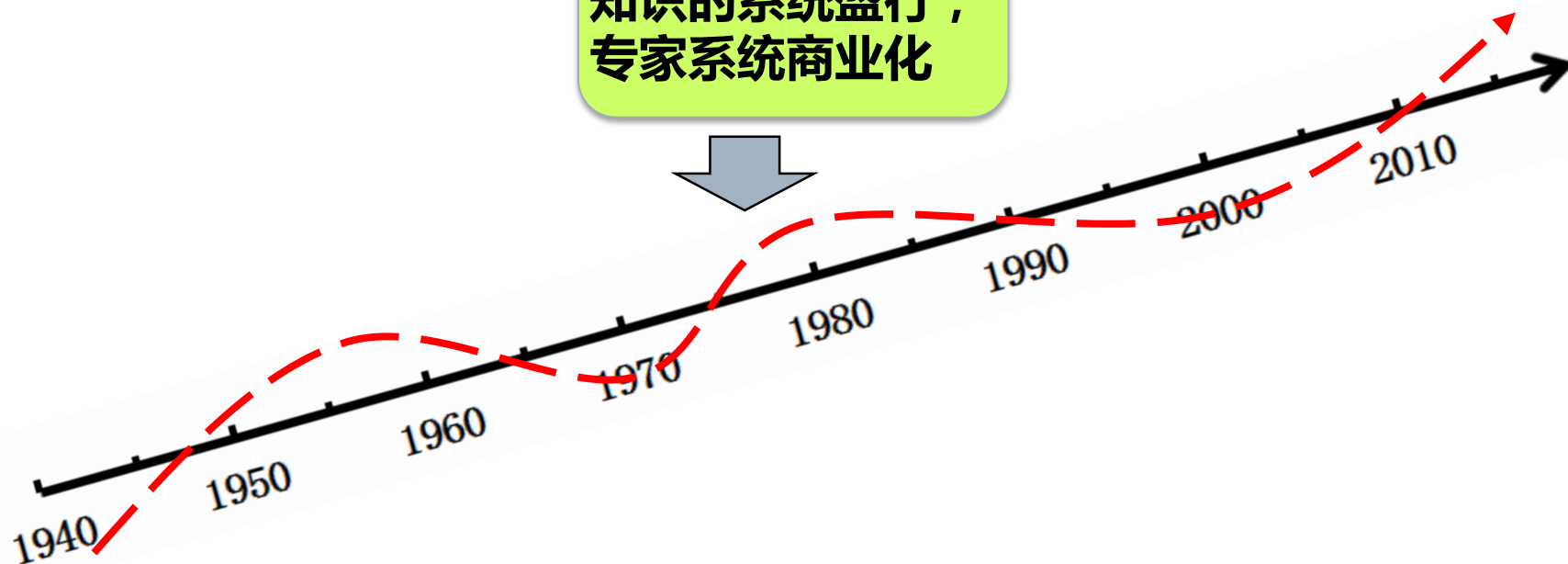


对第二阶段的认识和思考

- 该阶段AI停滞的主要原因：预言落空，早期的被认为成功的程序后来失败了，新的程序也没成功。
- 理性看待AI的成功，更应理性看待AI的失败，对AI应有持续的研究投资。

第三阶段 基于知识的系统

七八十年代：基于
知识的系统盛行，
专家系统商业化



求助领域知识



第三阶段：总体特点

- 专家系统是这个时期的主要旗帜。
- 商业领域大规模研发和使用专家系统。
- 自然语言理解领域也呼唤领域知识。



第三阶段：代表性工作

- 在“使用更强有力的领域相关的知识”的思想的指导下：
- 1969年，Feigenbaum等在斯坦福开发了第一个专家系统：**DENDRAL程序**。
 - 不使用专家知识的情况下：DENDRAL程序生成与分子式一致的全部可能的结构，然后预测每种结构可能观察到的质谱，再与真实观察到的质谱比较，对于中等大小的分子，这是不实际的，因为**候选太多**。



第三阶段：代表性工作

- Feigenbaum和Buchanan以及Edward Shortliffe医生开发了MYCIN，用于诊断血液传染。
- MYCIN有450条规则，表现得与某些专家一样好，且比初级医生好很多。

吸收了称为确定性因子的非确定性演算



第三阶段：代表性工作

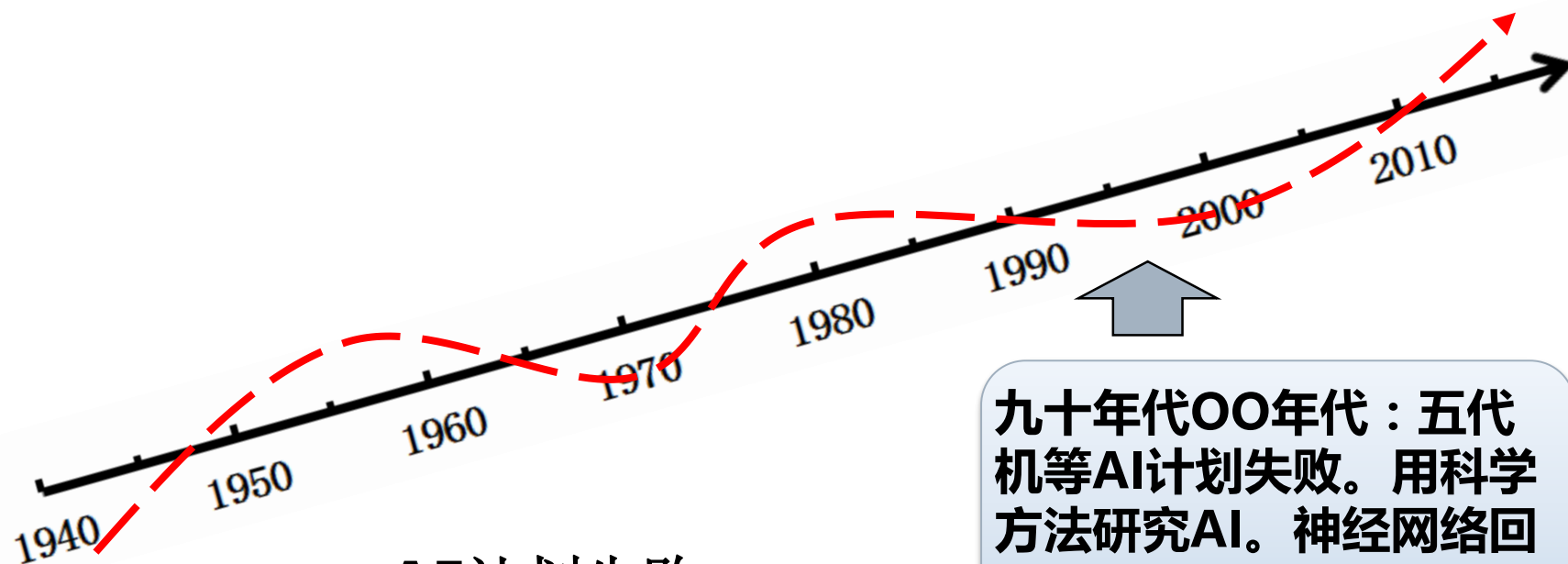
- 商业领域大量研发和运用专家系统。
 - 数据设备公司(DEC): **专家系统R1**每年为公司节省4千万美元。
 - 杜邦公司(DuPont)每年节省1千万美元。
 - AI产业从1980年开始暴涨(数百万-数十亿美元)。



第三阶段：代表性工作

- 自然语言理解研究者也重视领域知识
- Winograd(1972)为积木世界设计的自然语言理解系统SHRDLU。
- 一些研究者提出：鲁棒的语言理解将需要关于世界的一般知识和使用知识的一般方法。
- 自然语言理解导致了对可行的知识表示方法的需求增长：Prolog语言，PLANNER，语义网。

第四阶段 第二个冬天



AI计划失败
求助严格的数学理论
以**HMM**和贝叶斯网络为代表

九十年代00年代：五代机等AI计划失败。用科学方法研究AI。神经网络回归。智能Agent出现。



第四阶段：总体特点

- 人们开始采用科学方法研究AI，**杂乱派**转向**优雅派**，寻求建立AI的数学理论基础。
 - 神经网络回归：后向传播算法重新被发现。
 - 智能Agent出现。
 - AI与其他领域更靠近了。
-
- 这一时期相对前一时期而言热情从春天退到了冬天，但AI仍有进展。



第四阶段：代表性工作

AI的理论基础有突破：

- 代表性理论：HMM、贝叶斯网络、神经网络的理论框架。
- **语音识别：隐马尔科夫模型HMM主导**
- **机器翻译：基于单词序列的方法又被捡起**

李开复1988年的博士论文发表了第一个基于隐马尔科夫模型（HMM）的语音识别系统Sphinx，被《商业周刊》评为1988年美国最重要的科技发明

HMM为语音识别和机器翻译提供了数学理论



第四阶段：代表性工作

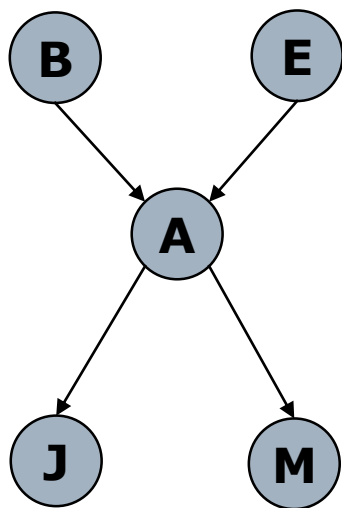
- **概率和决策理论**领域：提出了**贝叶斯网络**。
- 规范了**专家系统**：根据决策理论的法则理性地行动，并不试图模仿人类专家的思考步骤

贝叶斯网络为不确定推理提供了数学理论，使专家系统可以有效地处理不确定性的知识。



第四阶段：代表性工作

- **贝叶斯网络**：通过表示变量之间的依赖关系来表示完全联合概率分布。
- 例如：盗贼(**B**urglary)进屋或者地震(**E**arthquake)都会导致屋里的警报(**A**larm)启动，邻居**J**ohn和**M**ary听到警报声会打我电话。我据此判断屋里是否进了盗贼： $P(b|j,m)$ 。John有时把电话声误当为警报声，Mary喜欢大声听音乐，有时听不到警报声。



朴素贝叶斯思想： $P(j,m,a,b,e)$
 $= P(j) P(m) P(a) P(b) P(e)$ ，误差大

贝叶斯网络思想： $P(j,m,a,b,e)$
 $= P(j|a) P(m|a) P(a|b,e) P(b) P(e)$

先验概率 $P(b)$ 、 $P(e)$ ，条件概率 $P(a|b,e)$ 、 $P(j|a)$ 、 $P(m|a)$ 可从数据训练获得

基于贝叶斯网络思想和训练获得的先验概率与条件概率可以推理 $P(b|j,m)$ 的值



第四阶段：代表性工作

- 使用贝叶斯网络的专家系统实例：
 - Munin系统(1989):诊断神经肌肉紊乱
 - Pathfinder系统(1991)：用于病理学
 - CPCS系统(1994)：用于内科医学
 - 发电机监测(Morjaria等，1995)
 - 参考老鼠基因识别人类基因(Zhang等,2003)
- 可参见《贝叶斯网络：应用实践指南》(Pourret等, 2008)



第四阶段：代表性工作

- 20世纪80年代中期，至少4个不同的研究组重新发明了由Bryson和Ho于1969年首次建立的后向传播学习算法。
- **神经网络**领域通过改进的方法和理论框架，已经可以和统计学、模式识别、机器学习等领域的对应技术相提并论。**数据挖掘**是这些领域发展的结果。

**神经网络的理论框架逐渐完善
(网络结构的类型和学习算法)**



第四阶段：代表性工作

智能Agent开始出现：

□ John Laird(1987)提出了**完整Agent**

- 在现实环境中具有连续传感器输入的Agent如何行动。例如，机器人、自动驾驶汽车。



换个角度看问题。从Agent的角度看人类，从Agent的角度看智能实体。



第四阶段：代表性工作

- 研究者们开始审视“完整Agent”。
 1. 人们发现孤立的AI子领域需要综合起来。
 2. 推理和规划系统必须能够处理不确定性。
- Agent观点导致AI与其他领域已经被拉得更靠近了。无人驾驶的进展来源于许多方法的混合，以及一定程度的高层次规划。

从Agent角度看问题促进了
无人驾驶的进展。



第四阶段：代表性工作

分布式人工智能出现：

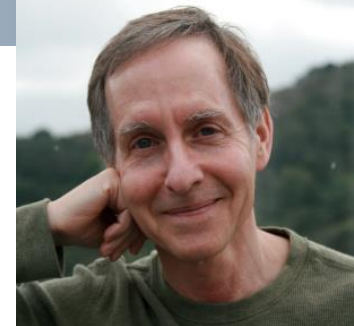
- 利用多个智能体来共同解决问题
 - 多个智能体
 - 交互和协作
- 分布式问题求解(DPS)
 - 不对等，存在集中的协调者
 - 采用集中管控方式来求解问题
- 多智能体系统(MAS)
 - 对等，无集中协调者
 - 采用发散方式来求解问题

□ 自然反映现实世界问题求解方式
□ 提高问题求解的效率和水平

从多Agent的角度



第四阶段：代表性工作



□ 群体智能(Swarm Intelligence)

- 认为通过大量自主个体以及它们之间的群体性交互和协作，可实现智能
- 模仿自然和生物系统中的智能现象

□ 群体智能研究

- 1986年雷诺尔兹(Craig Reynolds)，鸟群飞行Boid模型
- 后续的蚂蚁觅食、人工鱼群、粒子群PSO、遗传算法等
- 在优化问题、物质调配、无人系统编队飞行等领域发挥作用

从群体Agent的角度
(生物群体)





第四阶段：代表性工作



□ 集体性智能(Collective Intelligence)

- 通过现实社会或者虚拟社会中大量个体（人）的交互和协作，可以实现智能
- 认为智能取决于大量个体的参与和交互，模仿社会系统中的智能现象

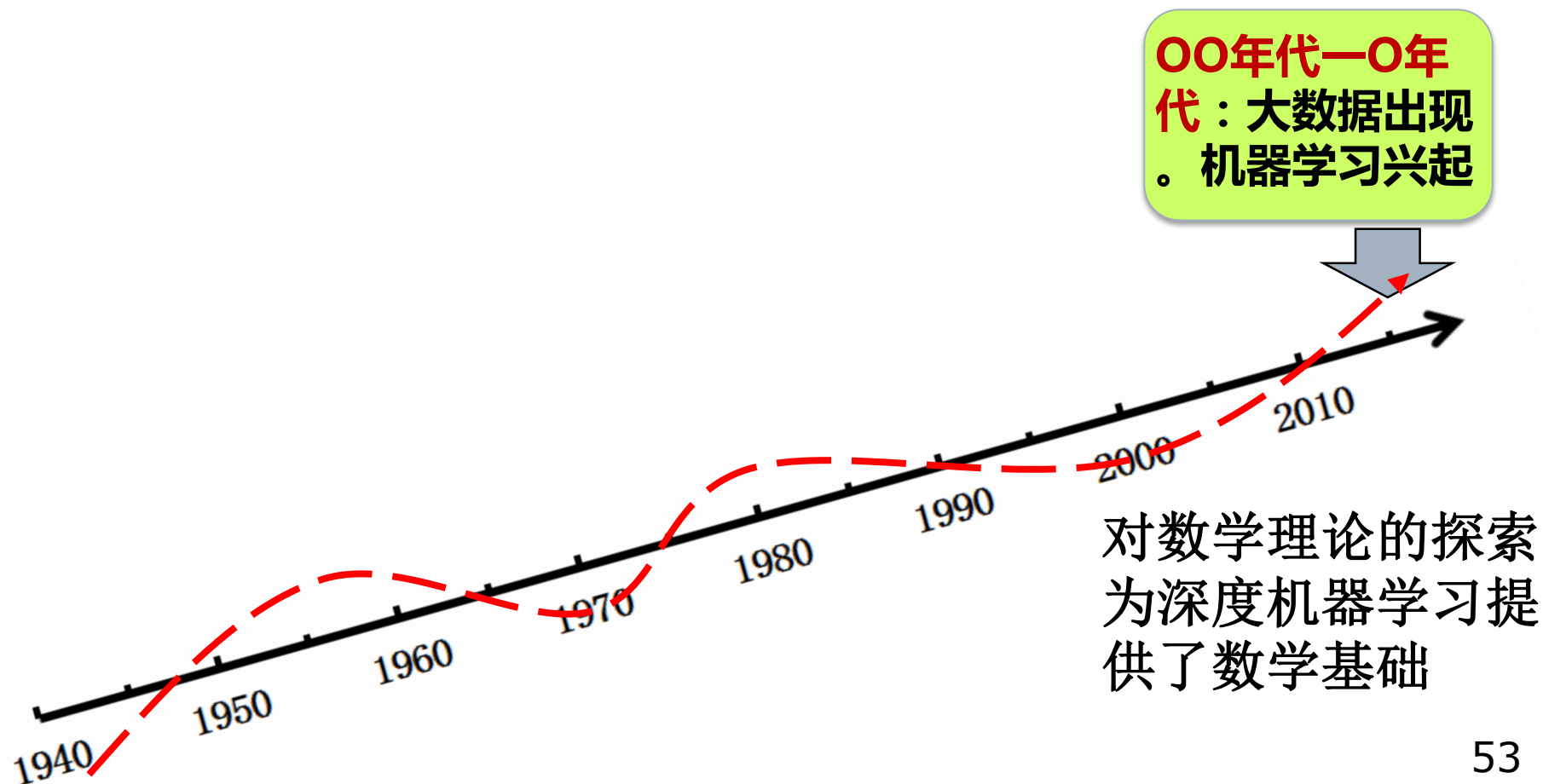
□ 集体性智能研究

- 互联网将大量的人连接在一起
- 以社交媒体（如微信、QQ）为媒介汇聚了大量的人
- 借助互联网实现群体化的协同工作
- 在软件开发、舆情传播、舆论战等领域得到应用

**从群体Agent的角度
(人类社会群体)**



第五阶段 大数据与机器学习





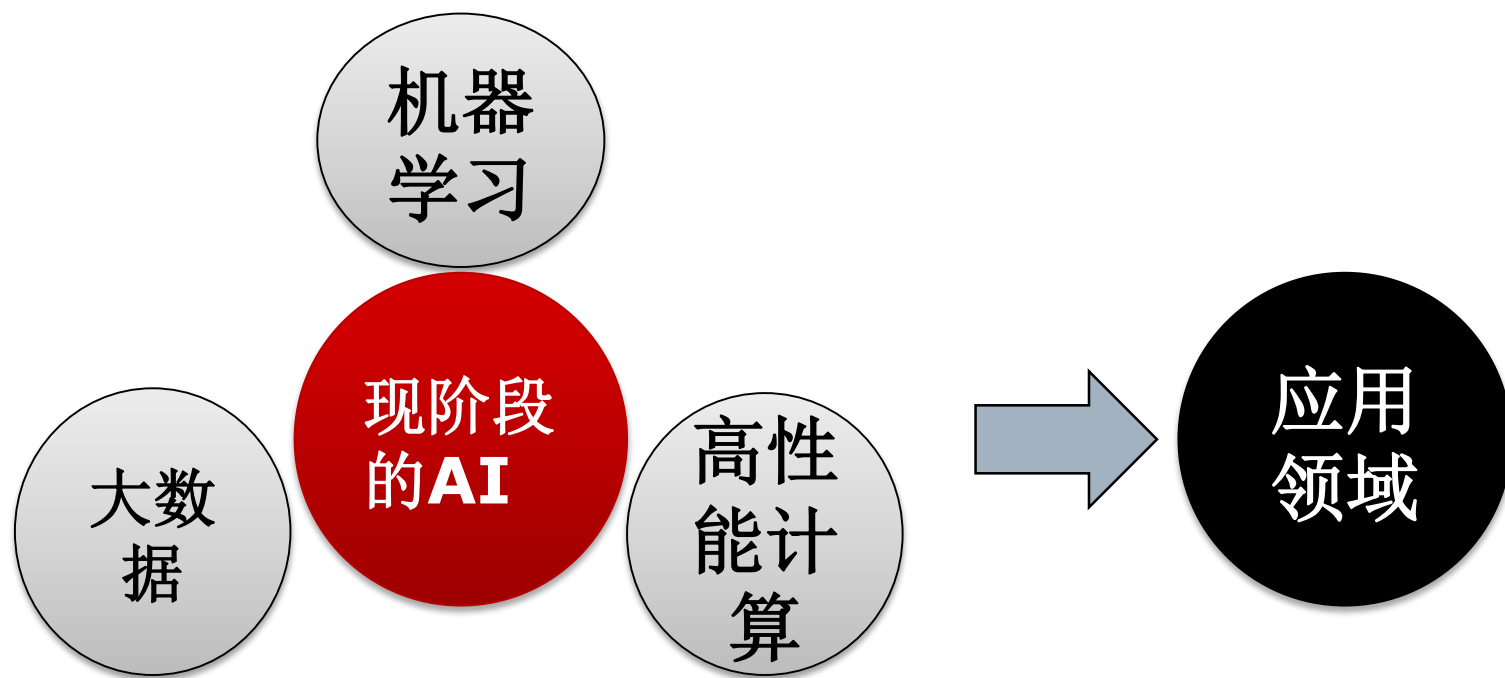
第五阶段：总体特点

- 大数据+机器学习主导着当前的研究。
- 深度学习正逐渐覆盖到每个可能的应用领域。
 - 。
- 人们开始重视收集和运用大数据。
- 人们开始重视高性能计算对深度学习的支撑。
 - 。



第五阶段：总体特点

□ 大数据+机器学习+高性能计算
用到各个领域。

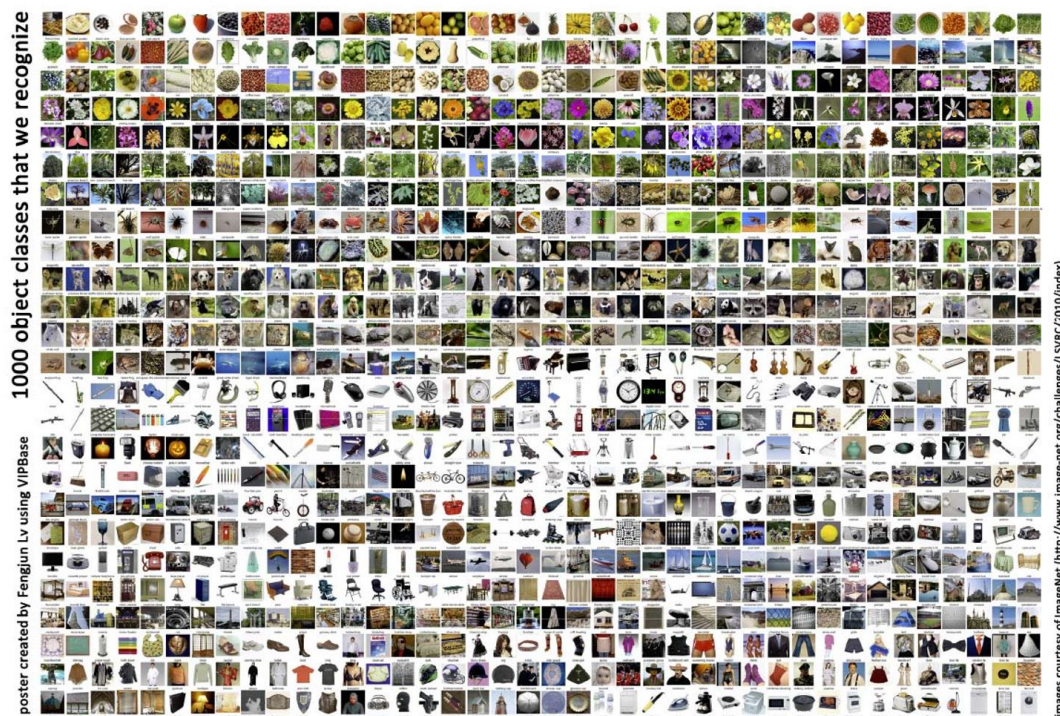


第五阶段：代表性工作

大数据方面的代表：

□ 斯坦福主导建立了ImageNet大数据库

Examples from ImageNet





第五阶段：代表性工作

机器学习的标志性工作：

- 2006年Hinton在《科学》上发表论文指出：多层神经网络有很强的特征学习能力，可采用逐层训练法解决难训练的问题。
- 2012年深度神经网络在ImageNet上取得了惊人的结果。“深度学习”开始家喻户晓
- 机器学习+大数据+高性能计算成为趋势



第五阶段：代表性工作

运用深度机器学习的代表：

- 在**人脸识别**领域，识别正确率达到99.47%，超过人类的识别水平。
- 在**围棋**领域2016年AlphaGo已经超过人类冠军的水平。
- 在**语音识别**领域，百度2014推出深度语音识别系统，微软在GitHub上发布开源深度学习工具包。机器已经可以实时地将播音员的语音转换为文字。



第五阶段：代表性工作

- 在**机器翻译**领域，Google(2016)推出了神经机器翻译系统GNMT。
- 在**计算机视觉**领域。已经能够比人类更好地执行一些视觉分类任务。目前正致力于为图像和视频自动添加字幕。
- 在**机器人**领域。深度学习刚开始。视觉、力和触觉感知大部分将由机器学习驱动。



第五阶段：代表性工作

□ AI100

- 微软Eric Horvitz
- 能持续100年的研究项目
- 分析和预测人工智能将如何影响人类
- 在未来100年，每5年撰写一个报告。



第五阶段：机器学习基本概念

- 早期神经网络的研究者认为网络可以学习，提出了通过样本实例进行学习的理念以及具体算法。
- 从样本进行学习仍是现代机器学习的理念，学习算法有了很大的进展。



第五阶段：机器学习基本概念

遥感图像建筑区域识别

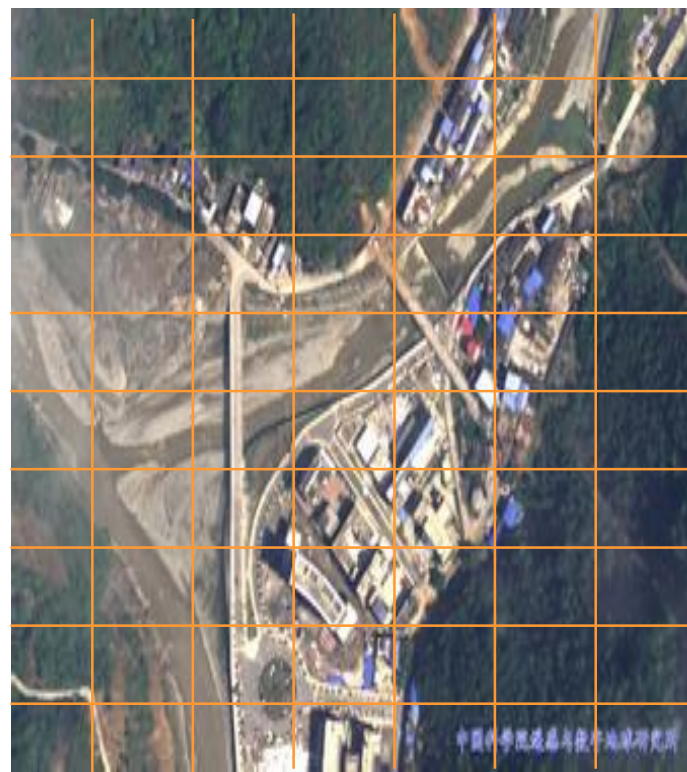




第五阶段：机器学习基本概念

- 给定一些遥感图像，告知系统哪些局部区域是建筑区域，哪些不是，系统据此得到识别模型，该模型可以对新图像的局部区域进行判断。

遥感图像建筑区域识别

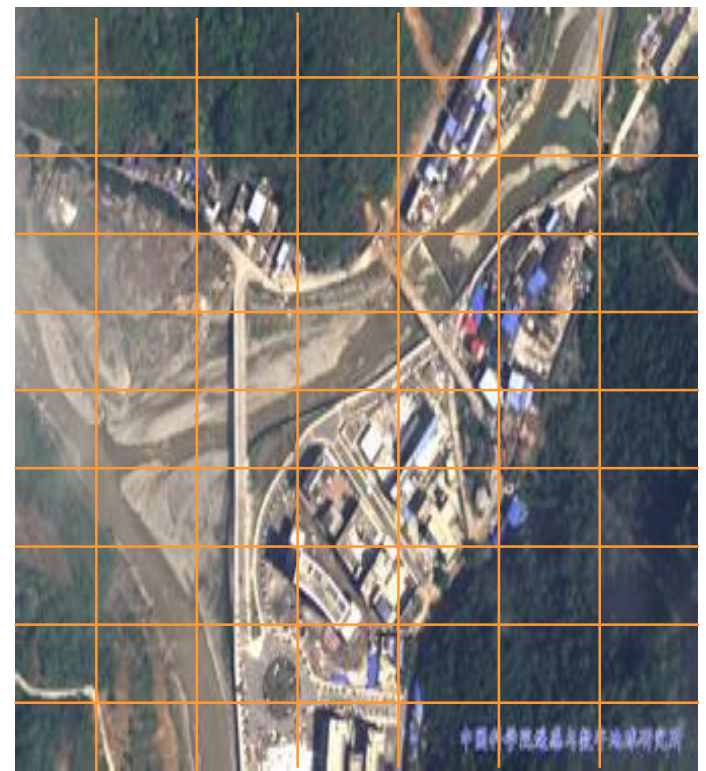




第五阶段：机器学习基本概念

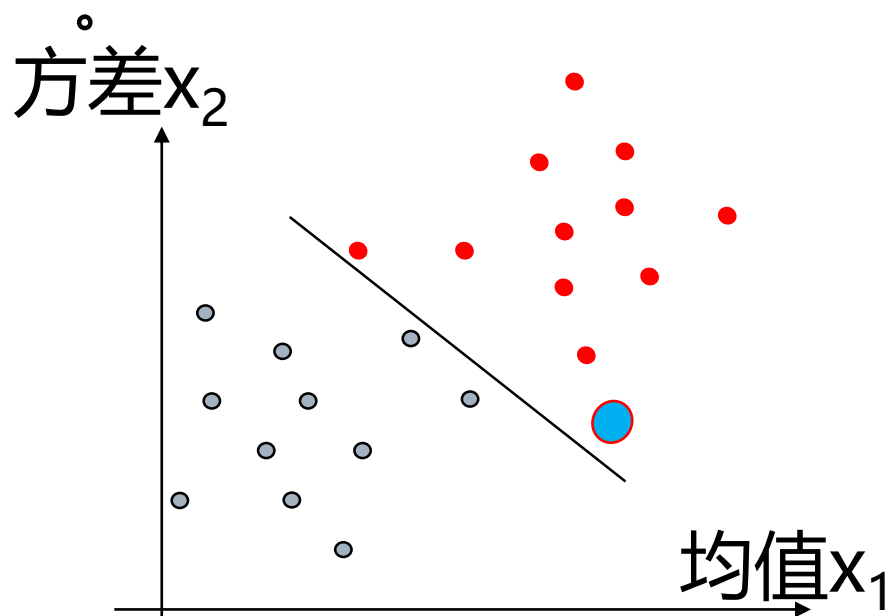
- 对于给定图像，划分为小区域，每个区域是一个**样本**
- 计算每个小区域的**灰度均值 x_1** 和**灰度方差 x_2** ，均值大方差大的属于建筑区域(A类)，均值小方差小的属于非建筑区域(B类)。

遥感图像建筑区域识别

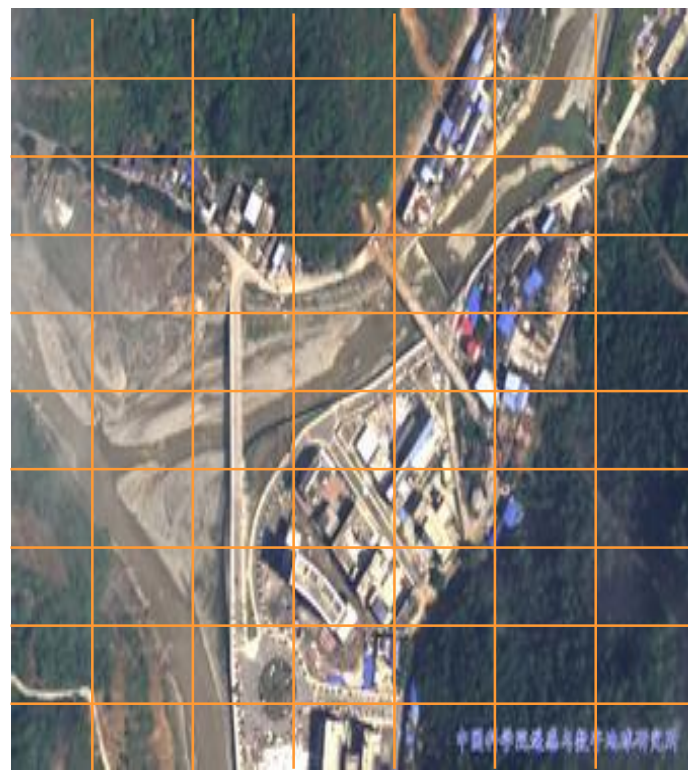


第五阶段：机器学习基本概念

- 每个区域得到的二维向量放入二维空间中，**用一条直线区分这两个类**。判断新图像中的某个新区域，只需判断它在直线的哪一边



遥感图像建筑区域识别

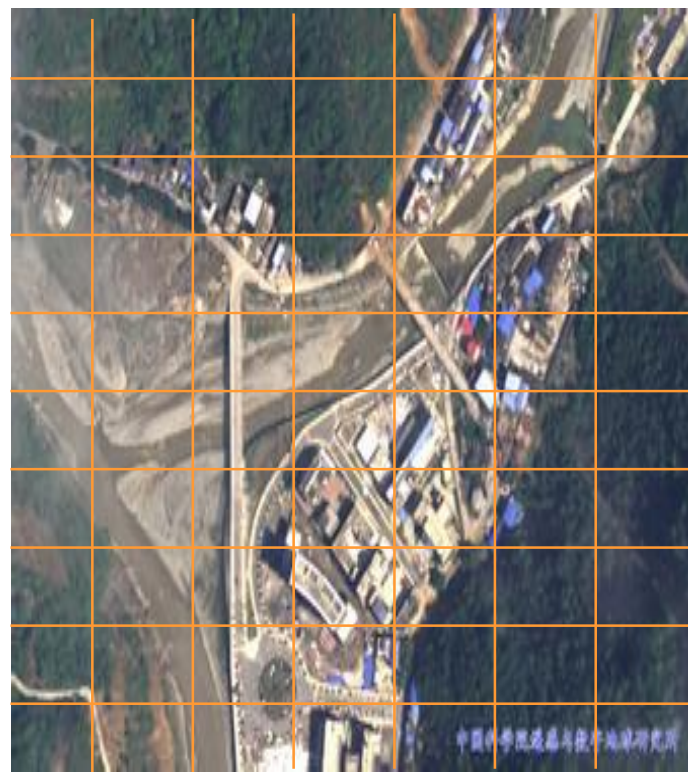




第五阶段：机器学习基本概念

- 这是一个分类问题。该问题给定一组**数据**，例如
 $((10, 50), A)$
 $((12, 47), A)$
 $((30, 20), B)$
 $((33, 16), B) \dots$
- 通过这组数据获得一条区分两个类的**直线**，从而对未来的新图像进行判断。

遥感图像建筑区域识别

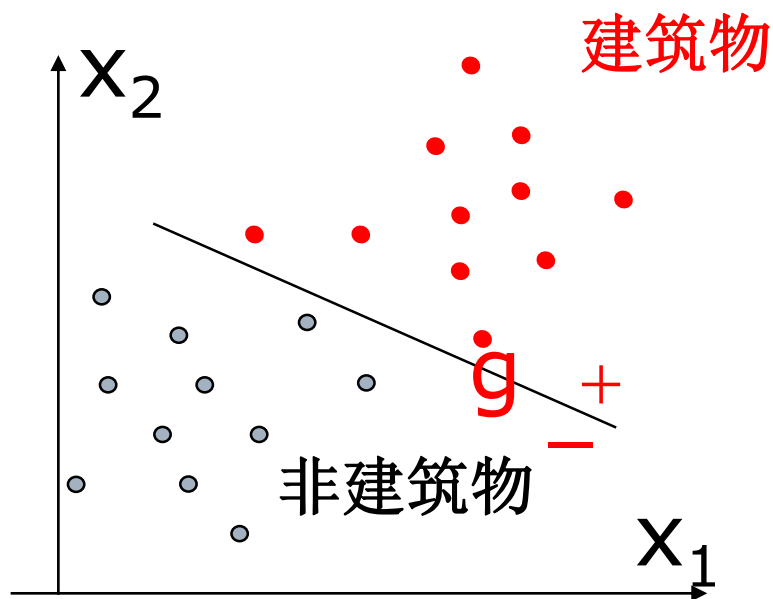




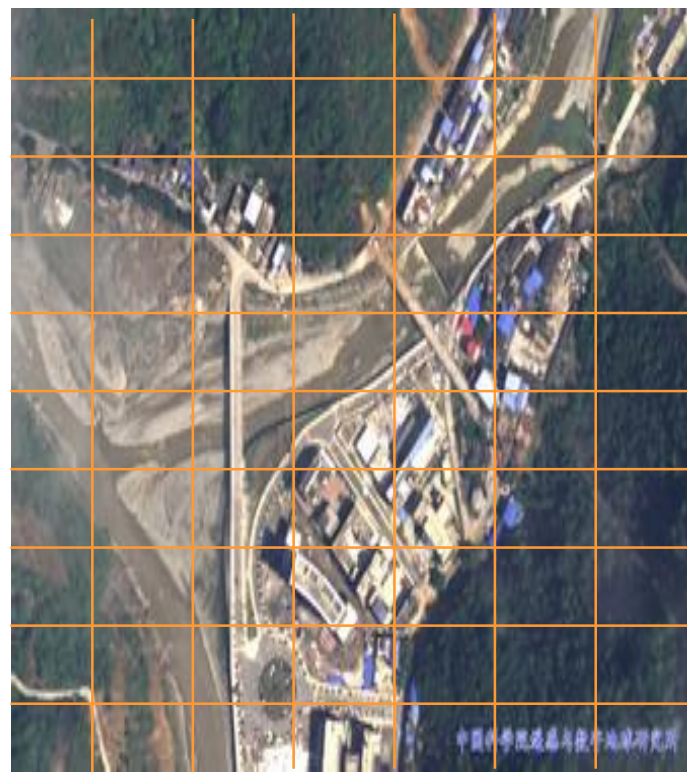
第五阶段：机器学习基本概念

□ 直线

$g(x_1, x_2) = w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 = 0$ 将二维空间划分两个区域。



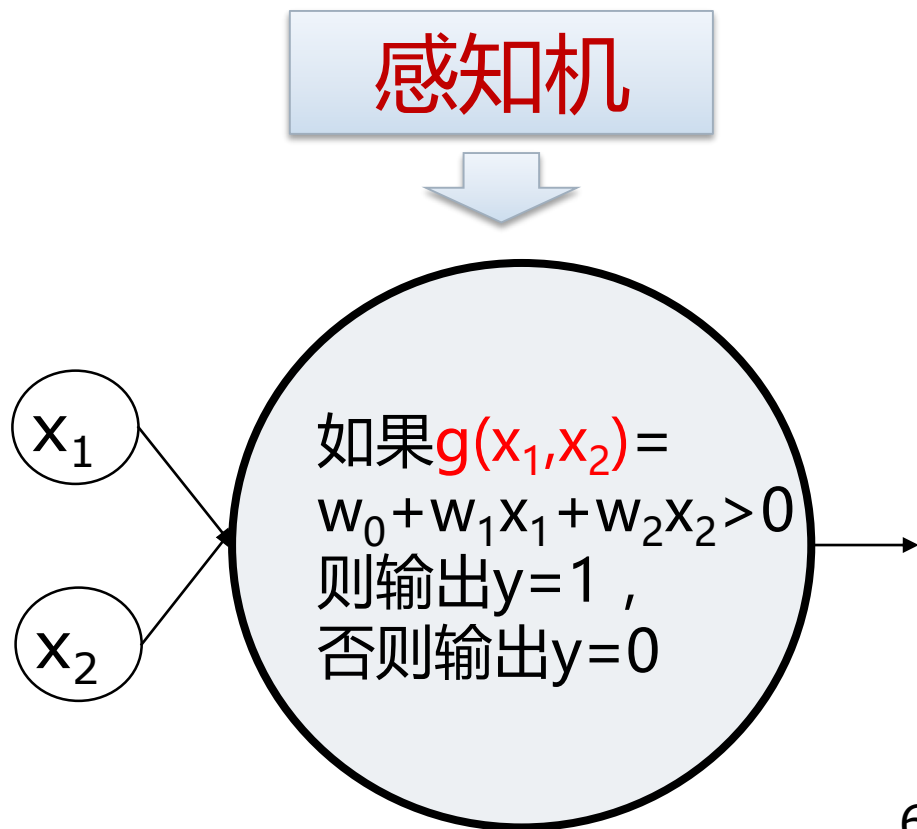
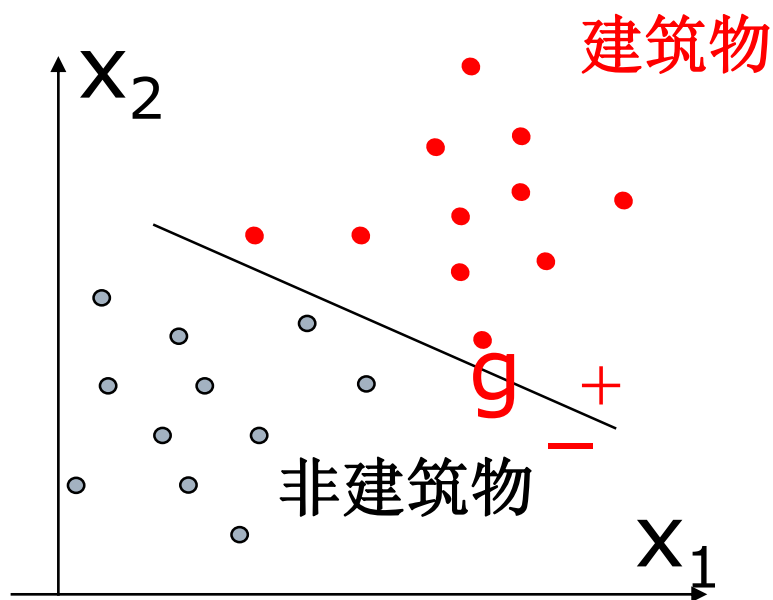
遥感图像建筑区域识别





第五阶段：机器学习基本概念

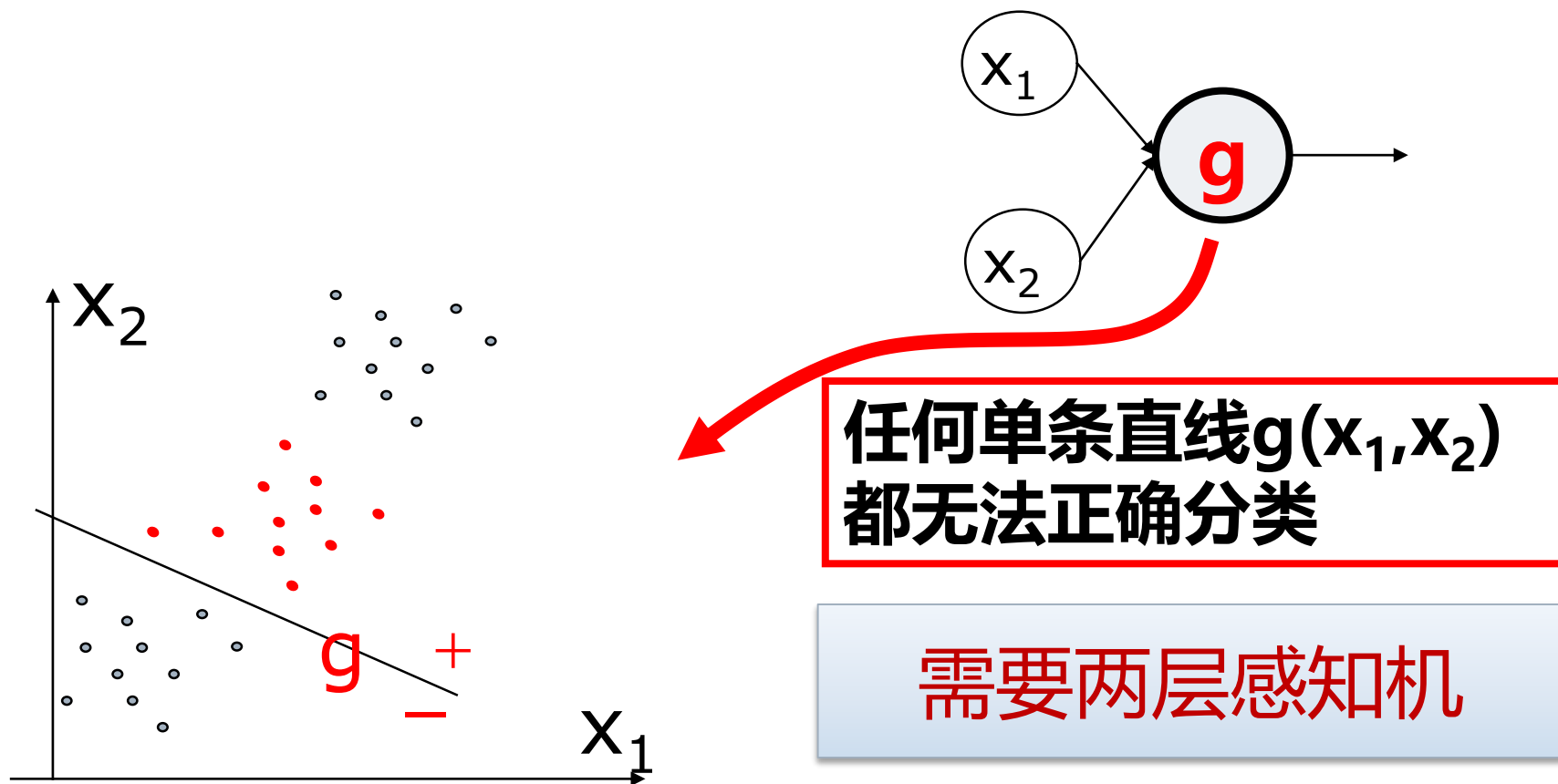
- 建筑物样本点 (x_1, x_2) 代入直线有 $g(x_1, x_2) > 0$ 。





第五阶段：机器学习基本概念

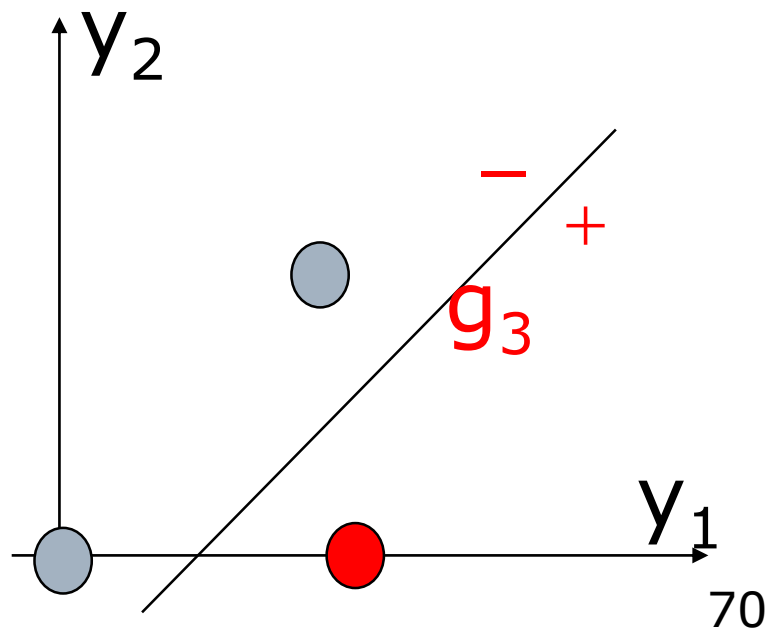
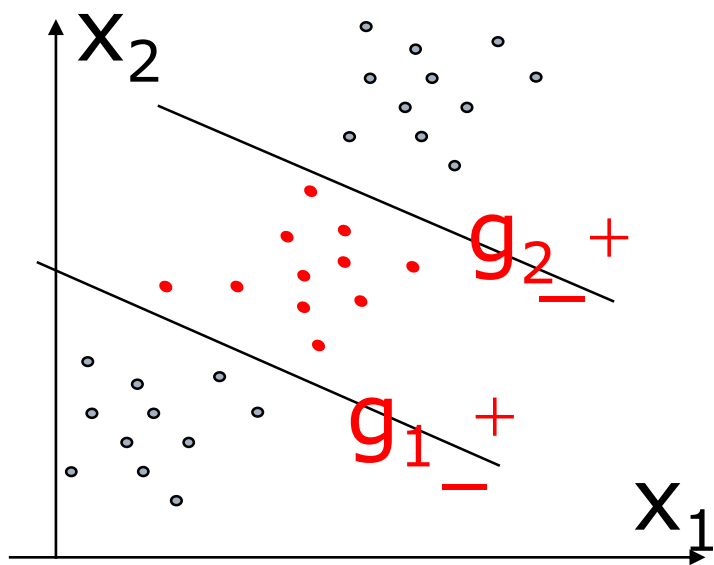
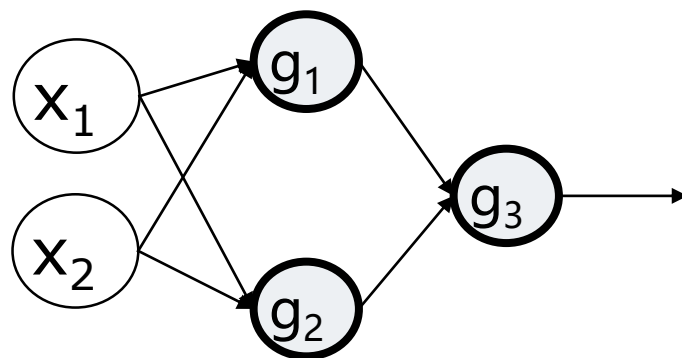
□ 如果情况变复杂，简单感知机无法分类：





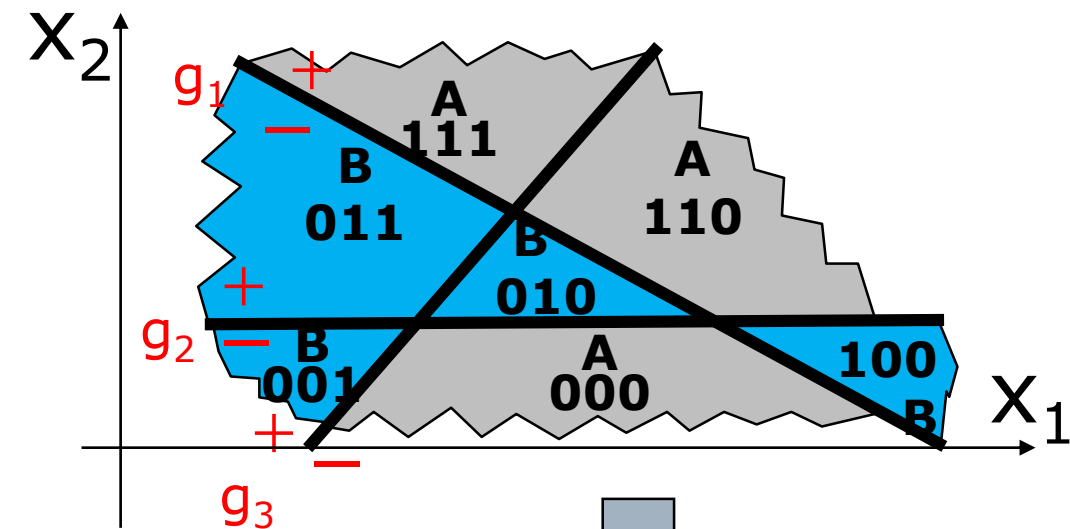
第五阶段：机器学习基本概念

两层感知机

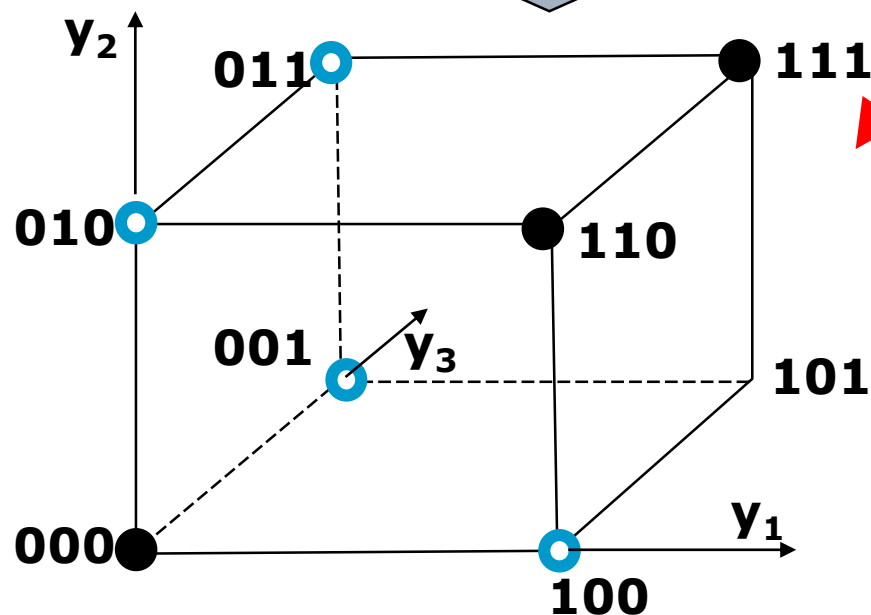
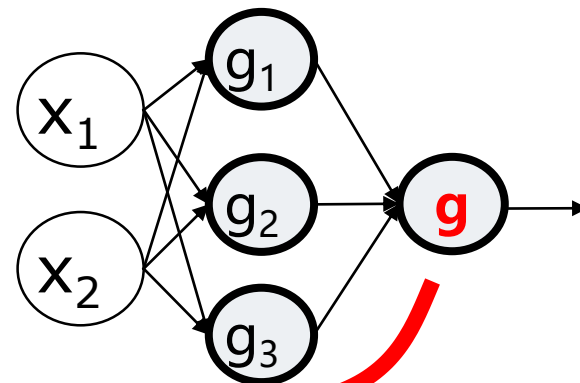




第五阶段：机器学习基本概念



两层感知机

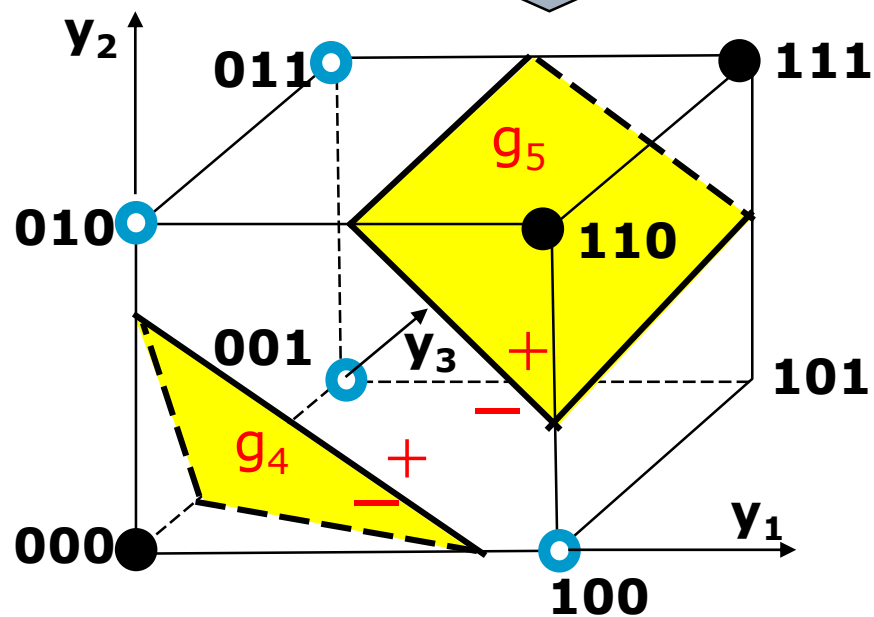
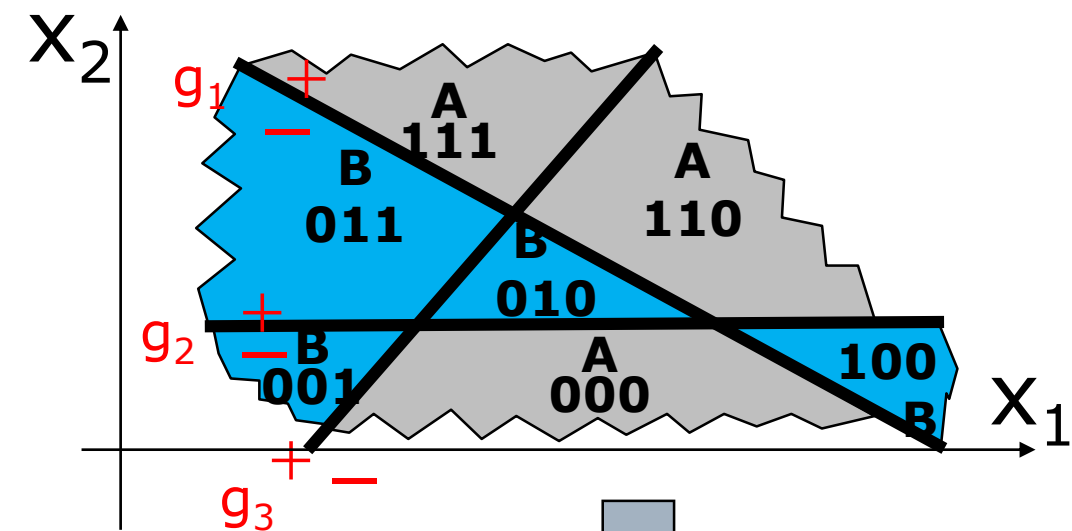


任何单个的平面 $g(y_1, y_2, y_3)$ 都无法划分这两个类。因此
两层感知机无法正确处理原分类问题

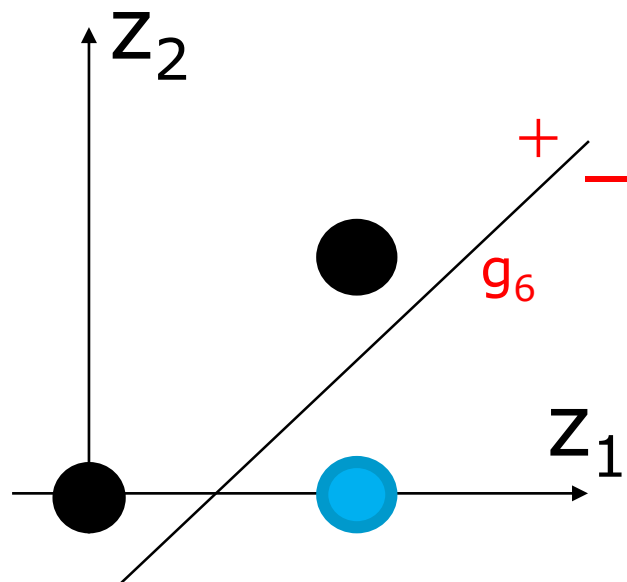
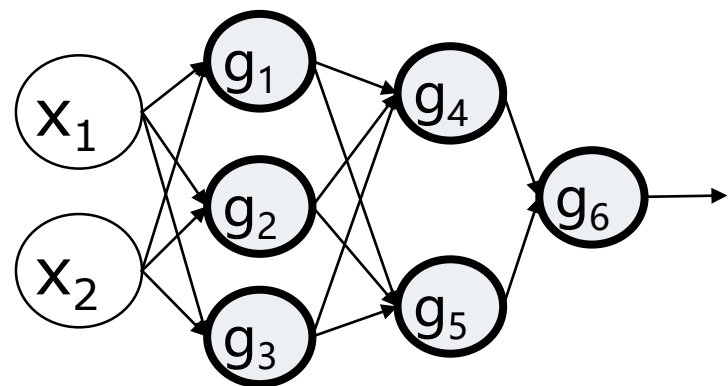
需要三层感知机



第五阶段：机器学习基本概念



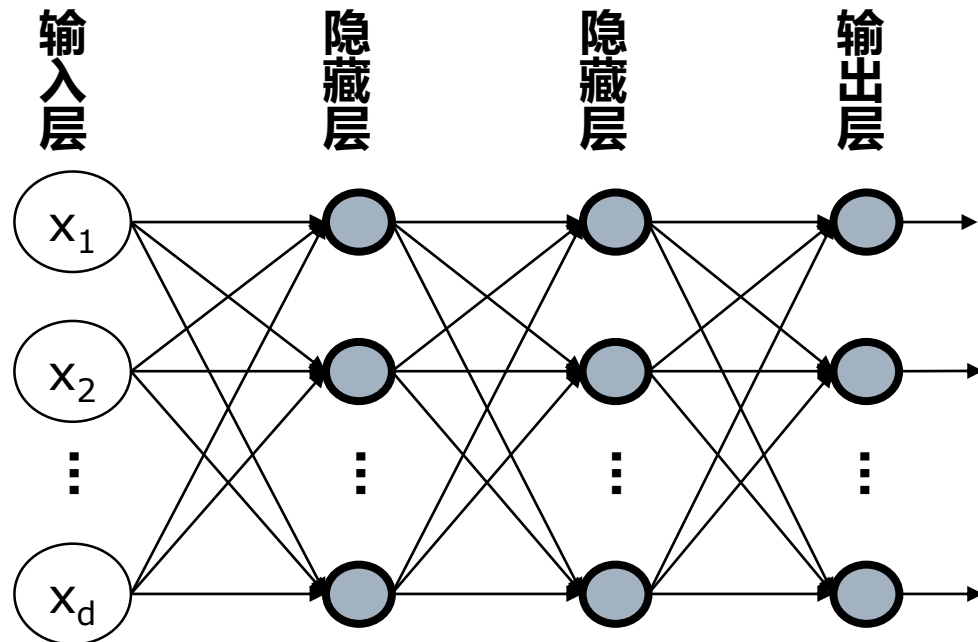
三层感知机





第五阶段：机器学习基本概念

- 一个一般的三层感知机(隐藏层和输出层的每个结点称为一个**神经元**)



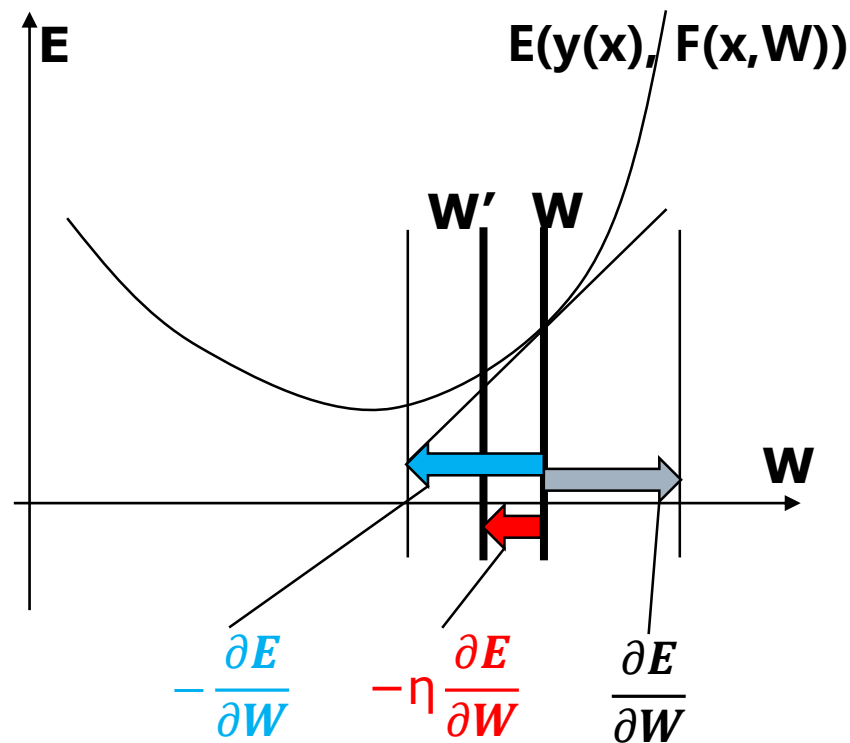
可扩展到更多
层：深度学习



第五阶段：机器学习基本概念



假设 x 的标注输出是 $y(x)$,
网络输出的误差记为
 $E(y(x), F(x,W))$ 。
调整网络权值：
 $W' = W - \eta(\partial E / \partial W)$



调整网络
权值 W



第五阶段：机器学习基本概念

□	((10 , 50) , A)
	((12 , 47) , A)
	((30 , 20) , B)
	((33 , 16) , B)
	数据集 标注

数据集、样本、特征、特征向量、标注

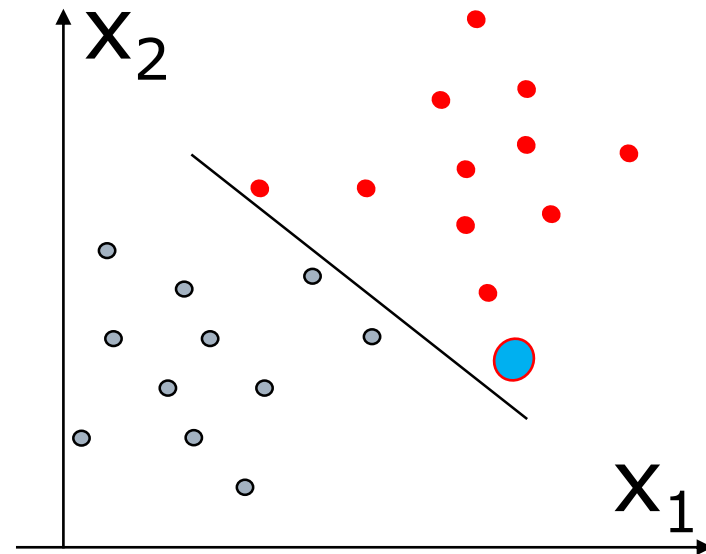
- **数据集**由样本构成，每个**样本**由d个**特征**组成一个**特征向量**。对于分类问题，每个样本有一个对应的**标注**。



第五阶段：机器学习基本概念

- 从训练数据中学习获得模型的过程称为**训练**。训练数据组成集合称为**训练集**，其中每个样本称为**训练样本**
- 使用学习获得的模型预测新样本称为**测试**，测试的样本称为**测试样本**，测试样本组成的集合称为**测试集**。

训练、
测试





第五阶段：机器学习基本概念

- 建筑物识别问题中，样本的标注是**离散值**，学习获得模型用来预测新样本是A类还是B类，预测值也是离散值，这是**分类**问题。

分类、
回归

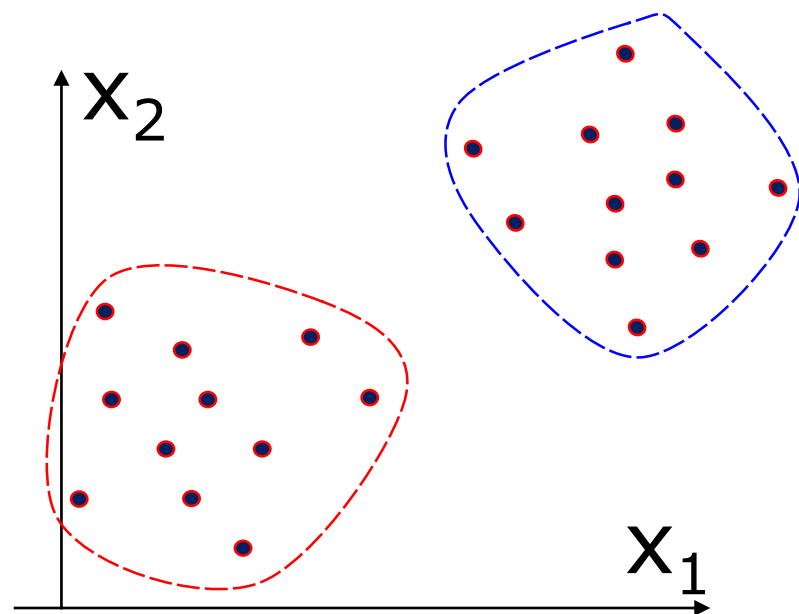
- 如果标注和预测值是**连续值**，那么这样的问题是**回归**问题。例如预测人的年龄。



第五阶段：机器学习基本概念

- 将相似的样本聚到一组，每个组称为一个**簇**，这个过程称为**聚类**。根据先验知识可描述每个簇的内涵。
- 经典算法：k-means聚类、密度聚类等。

簇、聚类





第五阶段：机器学习基本概念

- **有监督学习**：训练数据中**每个样本都有标注**。
 - 分类和回归是有监督的代表。
- **半监督学习**：**只有部分样本有标注**，大多数样本没有类别标注。
 - 也可用于分类和回归等。
- **无监督学习**：**每个样本都没有标注**，只有一组特征向量。目标是要弄清楚这些向量之间的相似性。
 - 聚类是无监督学习的代表。

有监督、
半监督、
无监督



总结

一：四五六十年代，早期的人工智能

致力于探索普遍的思维规律，研制了大量的AI程序。

二：六七十年代，AI计划几乎全面取消

探索普遍的思维规律遇到了困难，停滞不前。

三：七八十年代，基于知识的系统

思考前期AI遇到的困难，求助领域知识，导致专家系统出现。

四：九十年代00年代，又一个冬天

三国的AI计划失败，AI再次缓慢发展。求助数学理论，代表是HMM和贝叶斯网络

五：00年代—10年代，新的春天

数学理论的沉淀给深度机器学习带来有效的学习方法。大数据和机器学习兴起。

谢谢