

第二章 基础知识

机器学习

本章概要

- 基本概念
- 机器学习的分类
- 机器学习与人工智能的关系

机器学习的基本概念

■ **机器学习**：是人工智能的一个分支。主要是设计和分析一些让计算机可以自动“学习”的算法，是一类从数据中自动分析获得规律，并利用规律对未知数据进行预测的算法。机器学习与推断统计学联系尤为密切，也被称为**统计学习理论**。

机器学习有下面几种定义：

- 机器学习是一门人工智能的科学，该领域的主要研究对象是人工智能，特别是如何在经验学习中改善具体算法的性能。
- 机器学习是对能通过经验自动改进的计算机算法的研究。
- 机器学习是用数据或以往的经验，以此优化计算机程序的性能标准。

机器学习的分类

1. 按学习能力分类：

- 监督学习
- 无监督学习
- 强化学习

2. 按学习方法分类（温斯顿，1977）

- 机械式学习、指导式学习、示例学习、类比学习、解释学习等。
- 符号学习、非符号学习（连接学习）

机器学习的分类

3. 按推理方式分类：

- 基于演绎的学习（解释学习）。
- 基于归纳的学习（示例学习、发现学习等）。

4. 按综合属性分类：

- 归纳学习、分析学习、连接学习、遗传式学习等。

机器学习的分类-Wiki

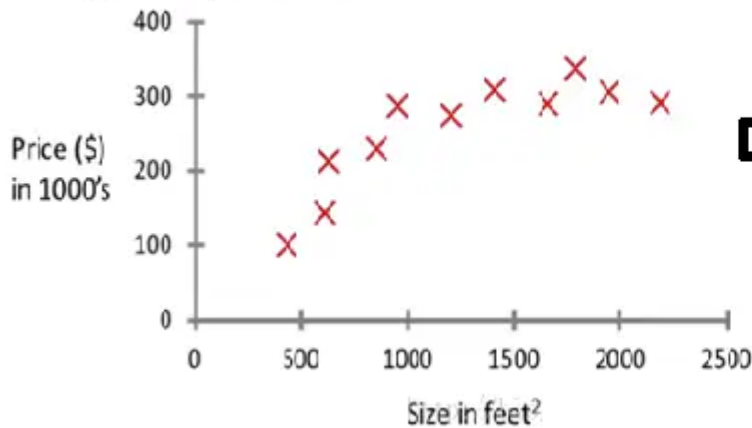
- **监督学习**：从给定的训练数据集中学习出一个模型，当新的数据到来时，可以根据这个模型预测结果。监督学习的训练集要求是包括输入和预期输出，也可以说是特征和标签。训练集中的样本需要标注（有标签）。
- **无监督学习**：训练集没有标签。
- **半监督学习**：介于监督学习与无监督学习之间。
- **强化学习**：机器为了达成目标，随着环境的变动，而逐步调整其行为，并评估每一个行动之后所到的回馈是正向的或负向的。

监督学习

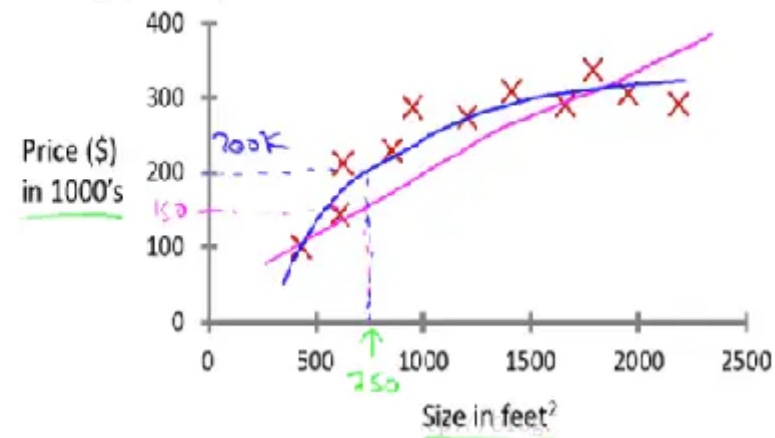
■ 监督学习 (Supervised Learning)

- 已知输入和输出的情况下训练出一个模型，将输入映射到输出
- 通过学习标记的训练样本来构建预测模型，并依此模型推测新的实例
- 输出可以是一个连续的值（称为回归分析），或是预测一个分类标签（称作分类）

Housing price prediction.



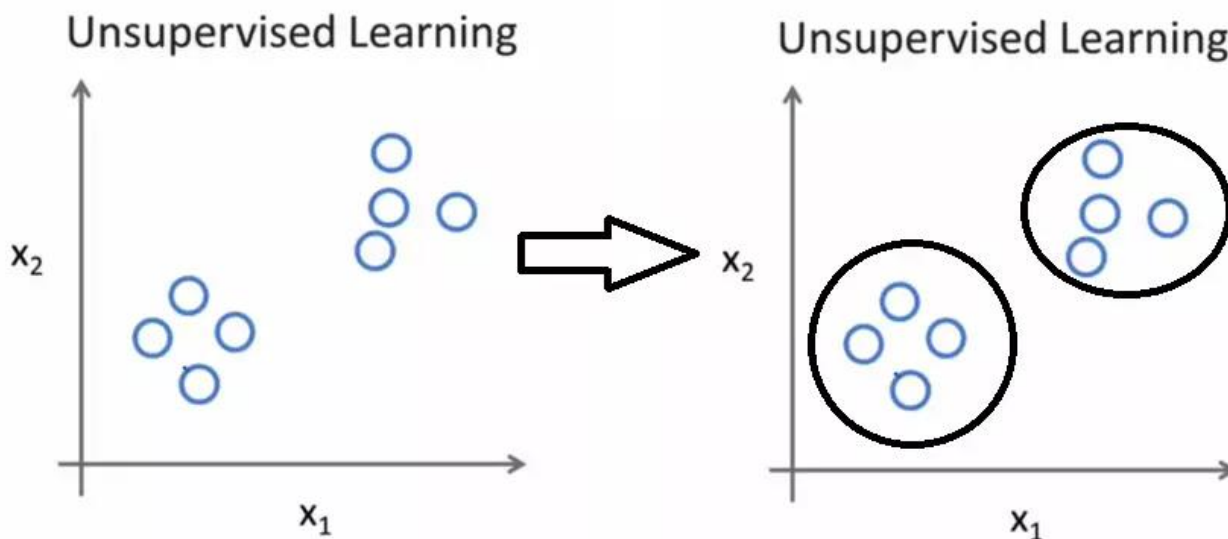
Housing price prediction.



无监督学习

■ 无监督学习 (Unsupervised Learning)

- 不给定事先标记过的训练示例，自动对输入的数据进行分析
- 不需要数据标注，对大数据分析很重要，但在实际应用中性能受限
- 包括聚类、降维等



监督/无监督学习

• Supervised Learning

Training sample : a feature vector (x) describing the event/object, and a label (y) indicating the ground-truth output.



Classification problem

The label indicates the class to which the training sample belongs

Regression problem

The label is a real-value response corresponding to the sample.

• Unsupervised Learning

Training sample : a feature vector (x) describing the event/object.



Clustering problem

监督/无监督学习

- Classification problem

x : watermelons

y : which class belongs to



Good

Bad

Good



Good or Bad ?

- Regression problem

x : watermelons

y : real-value response



30

40

35



How much?

- Clustering problem

x : watermelons

y : ?



?

?

?



?

监督学习

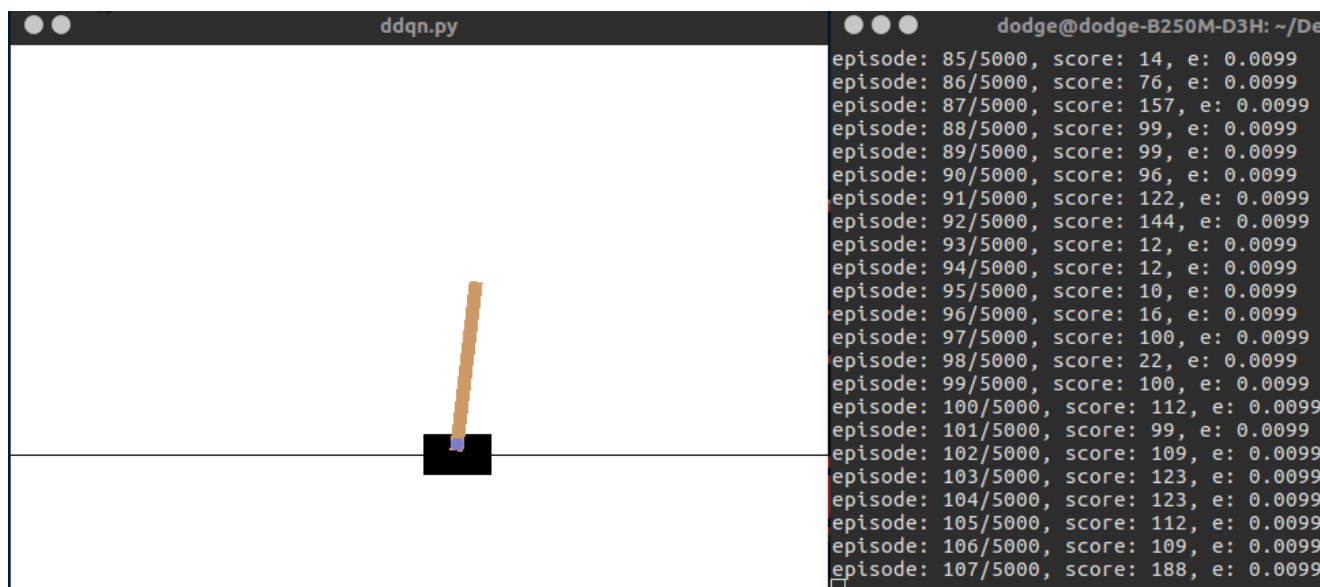
- K-近邻算法
- 决策树
- 朴素贝叶斯
- 逻辑回归
- 卷积神经网络
-

无监督学习

- 聚类：K-均值
- 降维：PCA
- 自编码器
-

强化学习

- 强化学习（Reinforcement learning）中外部环境对系统输出结果只给出评价信息（奖励或惩罚），而不是正确答案，学习系统通过那些受惩动作改善自身的性能。



强化学习

- 强化学习理论受到行为主义心理学启发，侧重在线学习并试图在探索-利用（exploration-exploitation）间保持平衡。
- 强化学习通过接收环境对动作的奖励（反馈）获得学习信息并更新模型参数。
- **四个元素**：agent，环境状态，行动，奖励
- 强化学习的目标：**获得最多的累计奖励**
 - Policy based，关注点是智能体的行为策略
 - Value based，关注点是衡量回报的多少
 - Model based，关注点是预测环境如何变化

弱监督学习

■ 弱监督学习 (Weakly Supervised Learning)

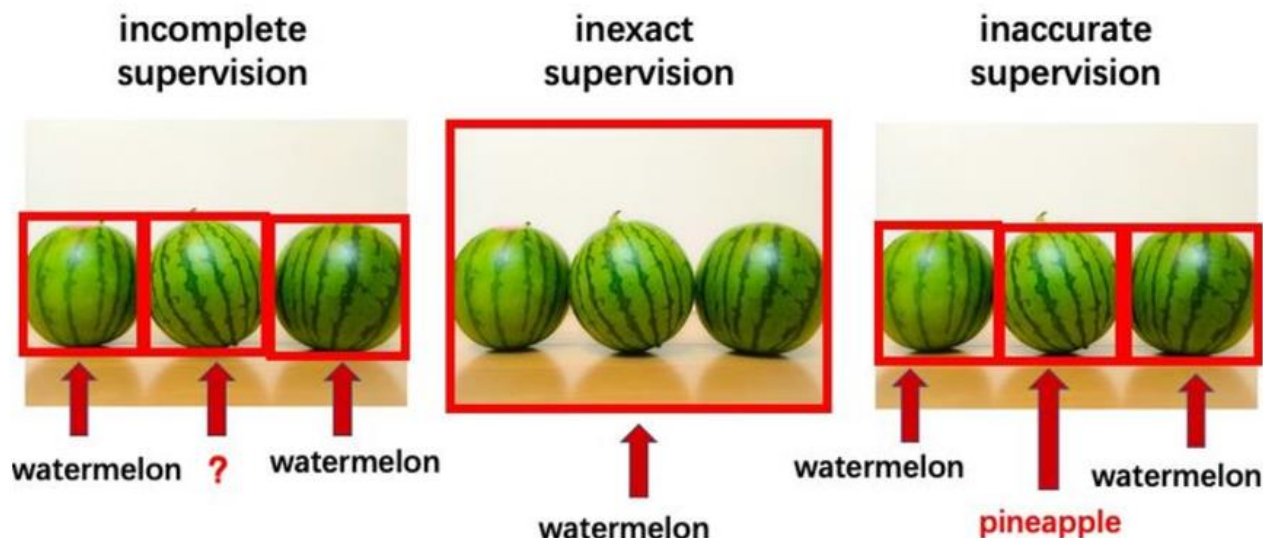
监督学习 → 数据标注成本太高；无监督学习 → 学习过程困难、发展缓慢



弱监督学习

数据标签允许是不完全的、不确切、不精确的

- 不完全监督
- 不确切监督
- 不精确监督



弱监督学习

■ 弱监督学习

“weak supervision” is very common

- incomplete



Image classification

It is easy to get a huge number of images from the Internet, but only a small subset of images can be annotated due to the human cost.

- inexact



Important target detection

Usually we only have image-level labels rather than object-level labels.

- inaccurate



Crowdsourcing data analysis

when the image annotator is careless or weary, or some images are difficult to categorize.

弱监督学习普遍存在
也更接近人类的学习方式

弱监督学习

Related exploration

For simplicity, today we consider binary classification that output is Y or N .

- Incomplete supervision

Active learning
With Human Intervention

Semi-supervised learning
Without Human Intervention

- Inexact supervision

Multi-instance learning

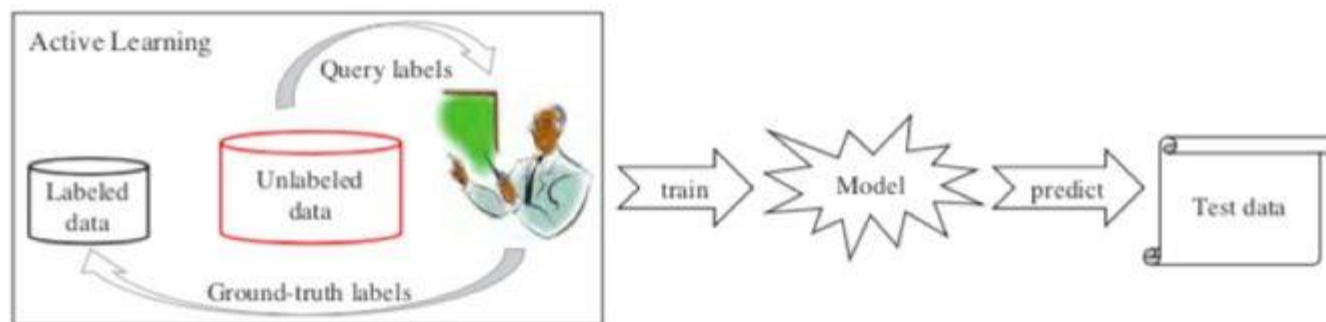
- Inaccurate supervision

Learning with label noise

主动学习

- 在这些未标记数据中，主动学习 (Active learning) 尝试选择最有价值的未标记实例进行查询。最有价值指的是信息性和代表性。主动学习的目标是最小化查询的数量。

Active learning (Incomplete supervision)
With Human Intervention



Active learning assumes that the ground-truth labels of unlabeled data can be queried from an oracle.

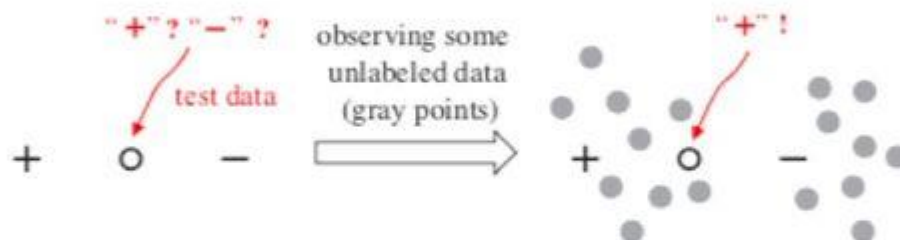
In these unlabeled data, active learning attempts to select the most **valuable** (informativeness and representativeness) unlabeled data to query.

Goal : minimize the number of queries

半监督学习

- 半监督学习 (Semi-supervised learning) 尝试在不查询人类专家的情况下利用未标注的数据

Semi-supervised learning (Incomplete supervision)
Without Human Intervention



Semi-supervised learning attempts to exploit unlabeled data without querying human experts.

Here, although the unlabeled data points do not clearly have label information, they implicitly convey some information about data distribution that can be helpful for predictive modeling.

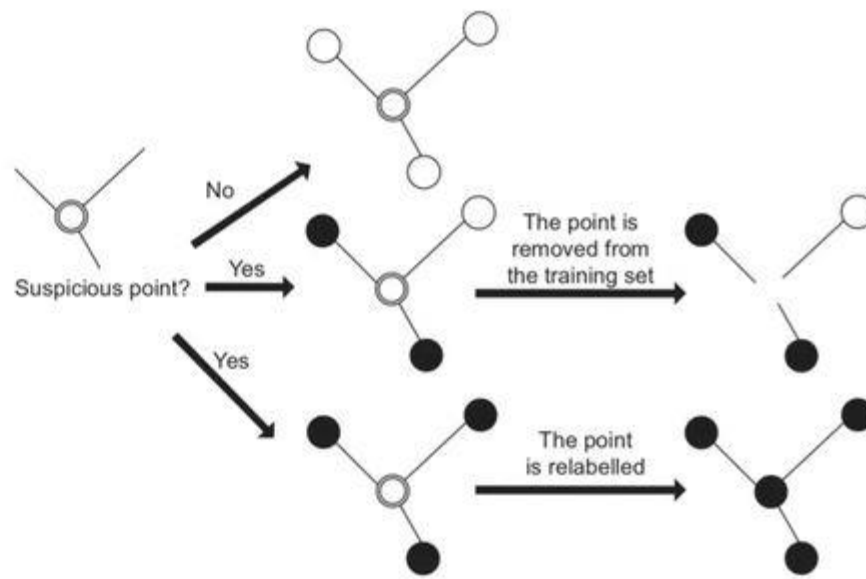
带噪学习

- 带噪学习 (Learning with label noise) 基本的思想是识别潜在的误分类样本, 然后尝试进行修正。

Learning with label noise (Inaccurate supervision)

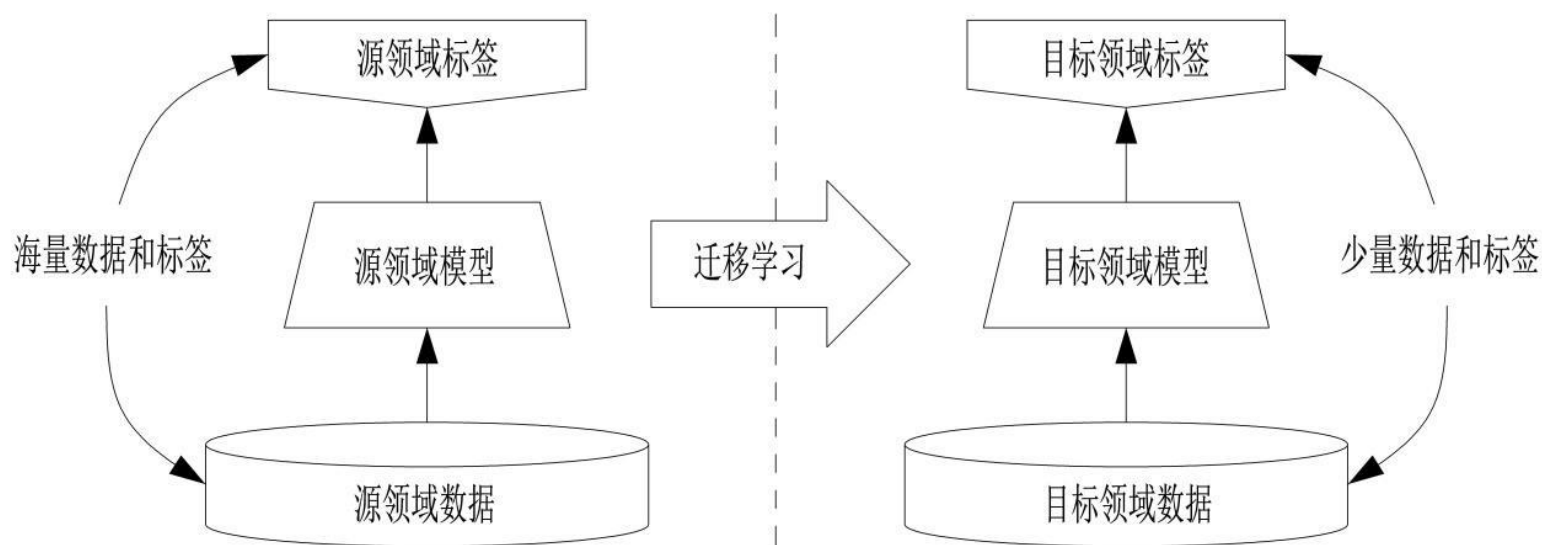
In practice, a basic idea is to identify the potentially mislabeled samples, and then try to make some correction.

For example, a data-editing method constructs a relative neighborhood graph



迁移学习

- 迁移学习（Transfer learning）：将已经学习过的知识迁移应用到新的问题中
- 在数据独立同分布不成立的条件下



迁移学习

- 研究可以用哪些知识在不同的领域或者任务中进行迁移学习，即不同领域之间有哪些共有知识可以迁移。
- 研究在找到了迁移对象之后，针对具体问题所采用哪种迁移学习的特定算法，即如何设计出合适的算法来提取和迁移共有知识。
- 研究什么情况下适合迁移，迁移技巧是否适合具体应用，其中涉及到负迁移的问题。

✧ 迁移学习的关键点

- 用什么迁移(What to transfer)
- 如何进行迁移(How to transfer)
- 何时适合迁移(When to transfer)

桥梁是什么？

基于实例的迁移

基于特征的迁移

基于共享参数的迁移

假设领域间具有公共知识结构

迁移学习

- 样本迁移

- 从源领域中挑选出，对目标领域的训练有用的实例

- 特征迁移

- 找出源领域与目标领域之间共同的特征表示，然后利用这些特征进行知识迁移

- 模型迁移

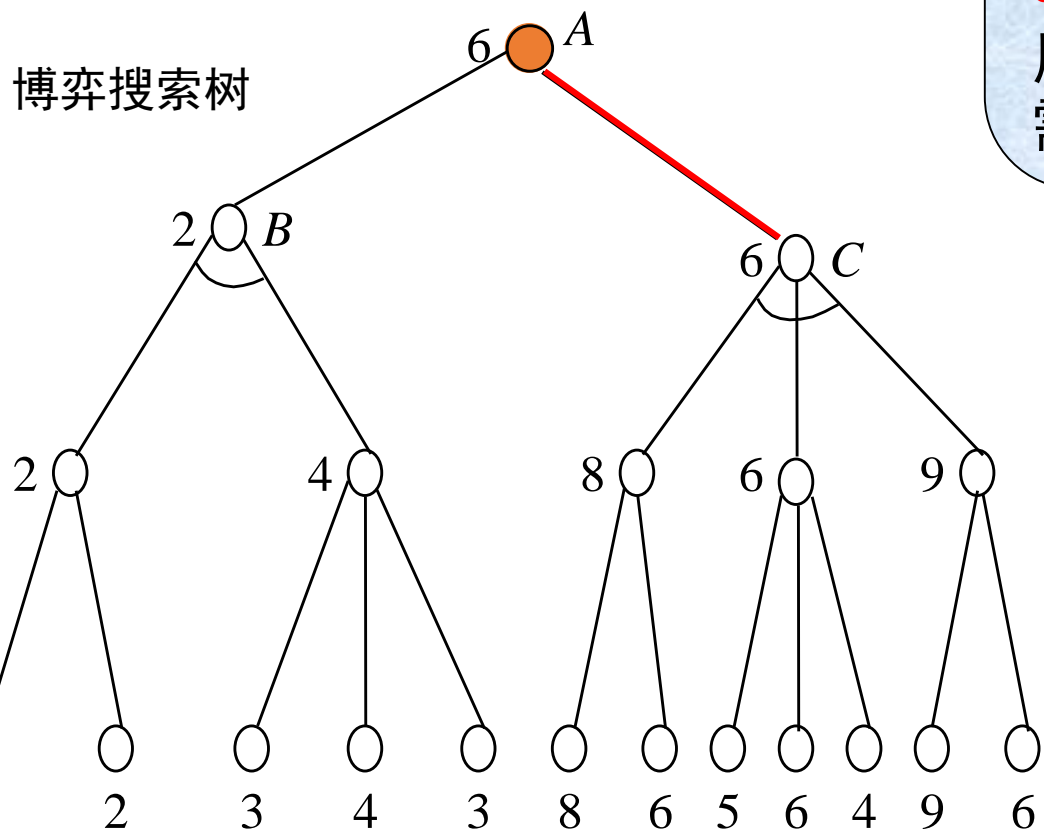
- 找到源数据和目标数据的空间模型之间的共同参数或者先验分布，从而可以通过进一步处理，达到知识迁移的目的

机械式学习

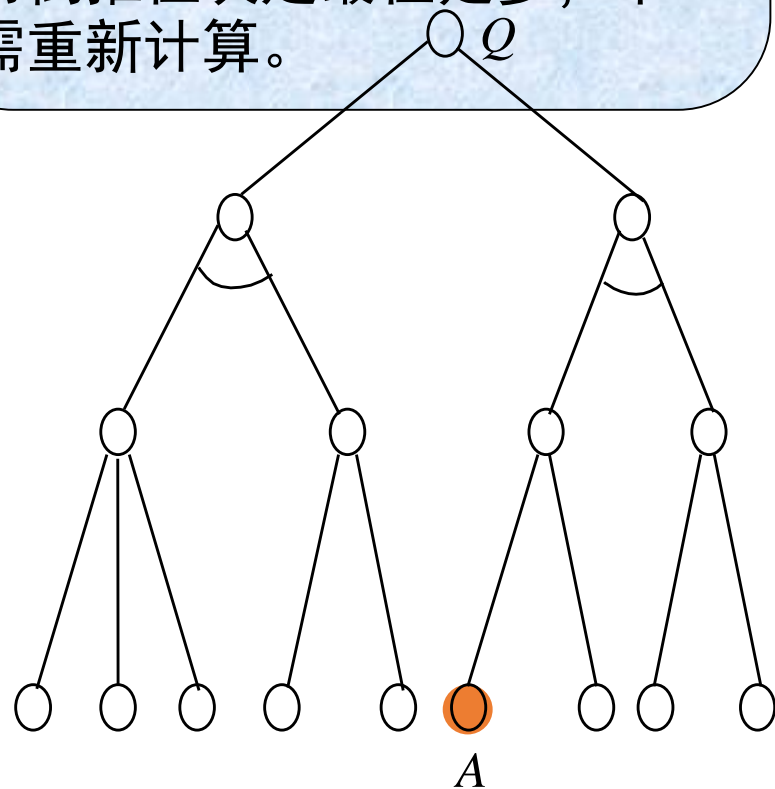
- 机械式学习 (rote learning) 又称**记忆学习**，或**死记式学习**：通过直接记忆或者存储外部环境所提供的信息达到学习的目的，并在以后通过对知识库的检索得到相应的知识直接用来求解问题。
- 机械式学习实质是**用存储空间来换取处理时间**。
- **典型例子**：1959年，塞缪尔(A. L. Samuel)的跳棋程序CHECKERS。

机械式学习

• 塞缪尔的跳棋程序 CHECKERS



- 在给定搜索深度下用估价函数对格局进行评分，通过倒推计算求出上层节点的倒推值，决定当前的最佳走步。
- 下次遇到相同情况，直接利用倒推值决定最佳走步，不需重新计算。



以 A 为结点的博弈树



华中科技大学

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

机械式学习

机械学习的主要问题：

- **存储组织信息**：要采用适当的存储方式，使检索速度尽可能地快。
- **环境的稳定性与存储信息的适用性问题**：机械学习系统必须保证所保存的信息适应于外界环境变化的需要。
- **存储与计算之间的权衡**：对于机械学习来说很重要的一点是它不能降低系统的效率。

指导式学习

- **指导式学习** (learning by being told) 又称**嘱咐式学习**或**教授式学习**：由外部环境向系统提供一般性的指示或建议，系统把它们具体地转化为细节知识并送入知识库中。在学习过程中要反复对形成的知识进行评价，使其不断完善。
- **指导式学习的学习过程**：征询指导者的指示或建议，把征询意见转换为可执行的内部形式，加入知识库，评价。

指导式学习

1. 征询指导者的指示或建议

- 简单征询：指导者给出一般性的意见，系统将其具体化。
- 复杂征询：系统不仅要求指导者给出一般性的建议，而且还要具体地鉴别知识库中可能存在的问题，并给出修改意见。
- 被动征询：系统只是被动地等待指导者提供意见。
- 主动征询：系统不只是被动地接受指示，而且还能主动地提出询问，把指导者的注意力集中在特定的问题上。

指导式学习

2. 把征询意见转换为可执行的内部形式

- 学习系统应具有把用约定形式表示的征询意见转化为计算机内部可执行形式的能力，并且能在转化过程中进行语法检查及适当的语义分析。

3. 加入知识库

- 在加入过程中要对知识进行一致性检查，以防止出现矛盾、冗余、环路等问题。

4. 评价

- 评价方法：对新知识进行经验测试，即执行一些标准例子，然后检查执行情况是否与已知情况一致。

示例学习

- 示例学习 (learning from examples, 实例学习或从例子中学习) : 通过从环境中取得若干与某概念有关的例子, 经归纳得出一般性概念的一种学习方法。
- 示例学习中, 外部环境 (教师) 提供一组例子 (正例和反例), 然后从这些特殊知识中归纳出适用于更大范围的一般性知识, 它将覆盖所有的正例并排除所有反例。



多示例学习

- 多示例学习 (Multi-instance learning)
- 训练数据集中每一个数据看做一个包(Bag), 每个包由多个示例(Instance)构成, 每个包有一个可见的标签。
- 多示例学习假设每一个正包必须存在至少一个关键示例。
- 多示例学习的过程就是通过模型对包及其包含的多个实例进行分析预测得出包的标签。

Multi-instance learning (Inexact supervision)

Bag :
Tiger (Y)

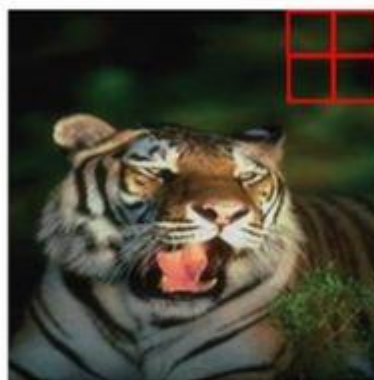


Image bag generators

Instance1 :



Instance2 :



...

Instance9 :



...

Instance16 :



Actually, almost all supervised learning algorithms have their multi-instance peers.

Goal: predict labels for **unseen bags** by analyzing bags and instances

Multi-instance learning exists widely in the real world, and the potential application prospects are very large.

深度学习

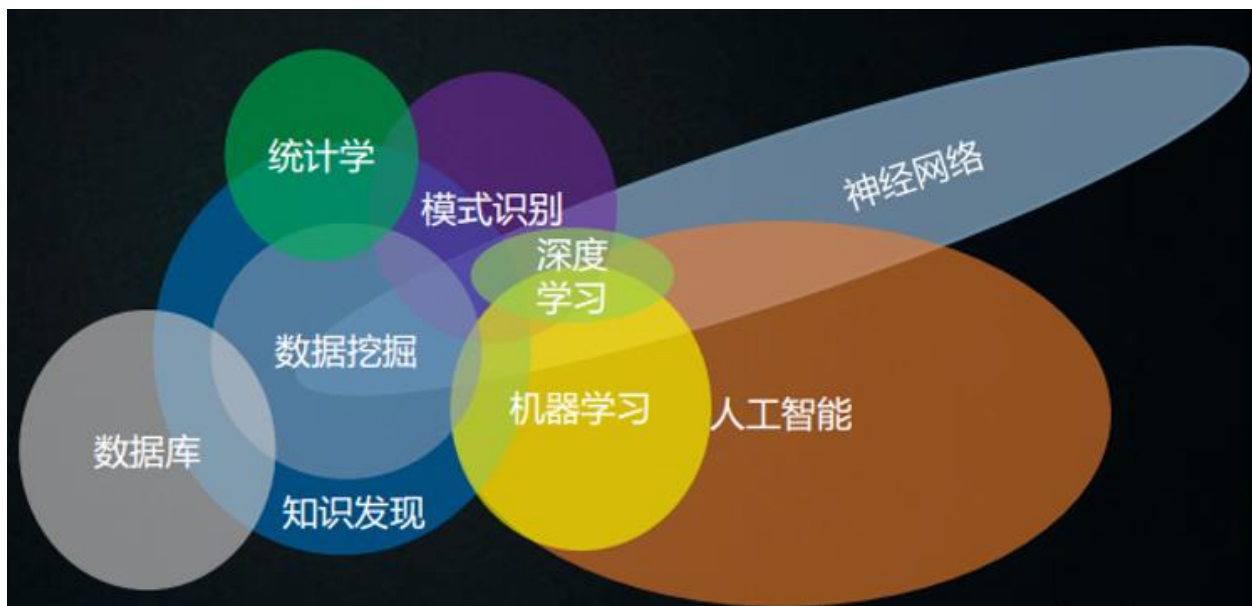
- 把原始数据通过一些简单但非线性的模型转变为更高层次、更加抽象的表达
- 可以学习非常复杂的函数
- 实质是通过构建具有很多隐层的模型和海量的训练数据来学习更有用的特征、提升分类或预测的准确性

更多.....

- Representation Learning 表示学习
- Self-supervised Learning 自监督学习
- Metric Learning 度量学习
- Contrastive Learning 对比学习
- Adversarial Learning 对抗学习
- Meta Learning 元学习
-

这些名词之间的关系

- 机器学习
- 模式识别
- 人工智能
- 深度学习
- 数据挖掘
-



这些名词之间的关系

- **模式识别**：自己建立模型刻画已有的特征，样本是用于估计模型中的参数。模式识别的落脚点是**感知**
- **机器学习**：根据样本训练模型，如训练好的神经网络是一个针对特定分类问题的模型；重点在于“学习”，训练模型的过程就是学习；机器学习的落脚点是**思考**，是一种实现人工智能的方法
- **深度学习**：深度学习本来并不是一种独立的学习方法，其本身也会用到有监督和无监督的学习方法来训练深度神经网络，是一种实现机器学习的技术。

