

第19讲 机器是怎样学习的？ ——样本-训练与分类

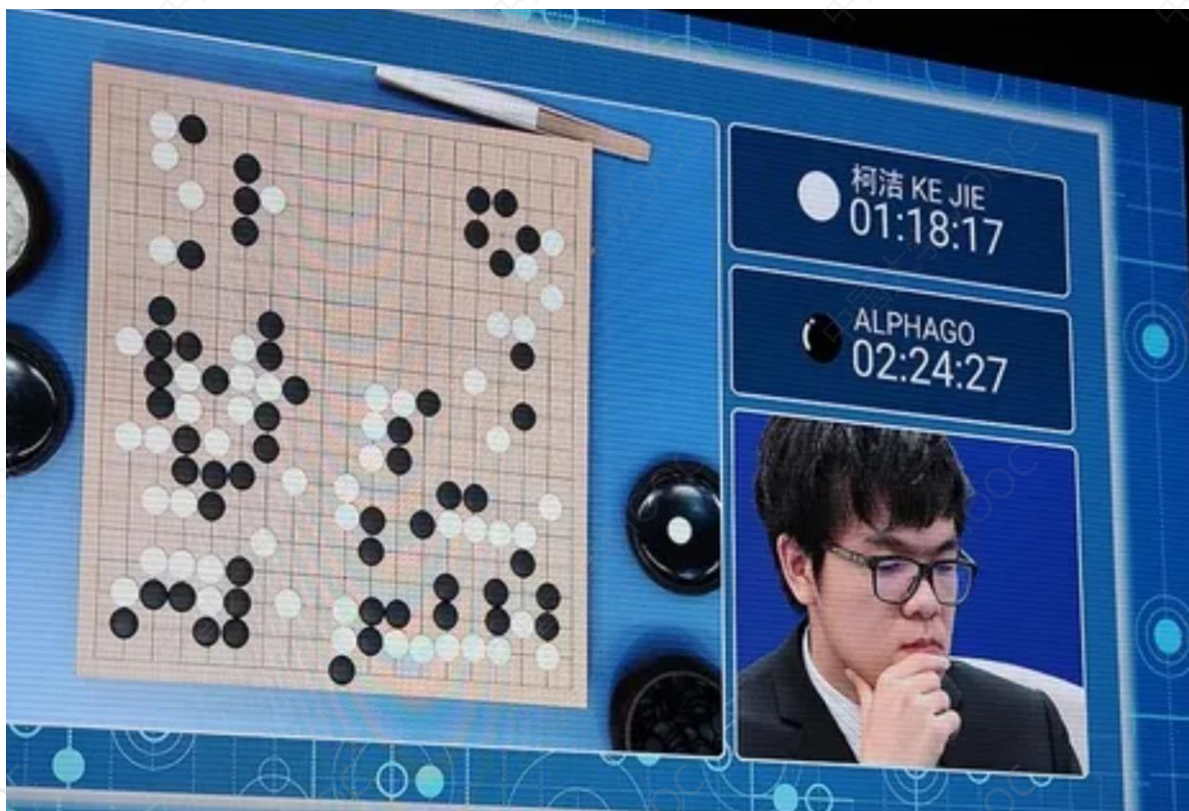
战 德 臣

哈尔滨工业大学计算学部教学委员会主任
国家教学名师

从AlphaGo看人工智能

2

AlphaGo是什么？



AlphaGo是首个击败人类围棋选手职业冠军的计算机程序

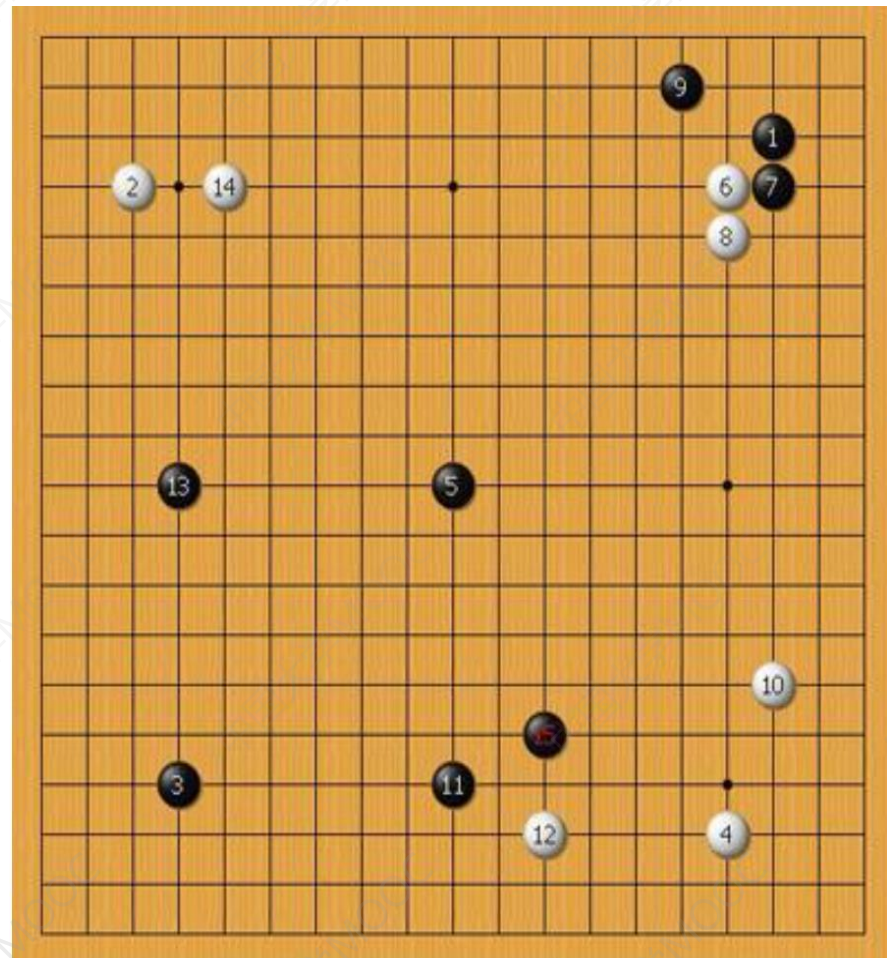
【思考】

- AlphaGo战胜人类围棋世界冠军为什么引发了人工智能的高关注度？
- AlphaGo使用了什么样的创新技术，这些技术对人工智能发展有什么意义？

从AlphaGo看人工智能

3

围棋规则及行棋复杂性



围棋

- **棋盘**：19*19的平行线构成，形成 361个交叉点，交叉点放置棋子。
- **对局**：双方各执一色棋子，轮流下子于交叉点。
- **胜负**：围住空间多的一方获胜。
- **复杂性**：假如用1,2,...,361来表示每一个交叉点即棋子位置，则一盘棋局就是这些棋子位置的一种组合。而棋盘上所有可能位置组合(**枚举**)多达 $10^{170}(=3^{361})$ ：361个位置，每个位置黑子、白子、无子3种状态)，是一种非常复杂的游戏。

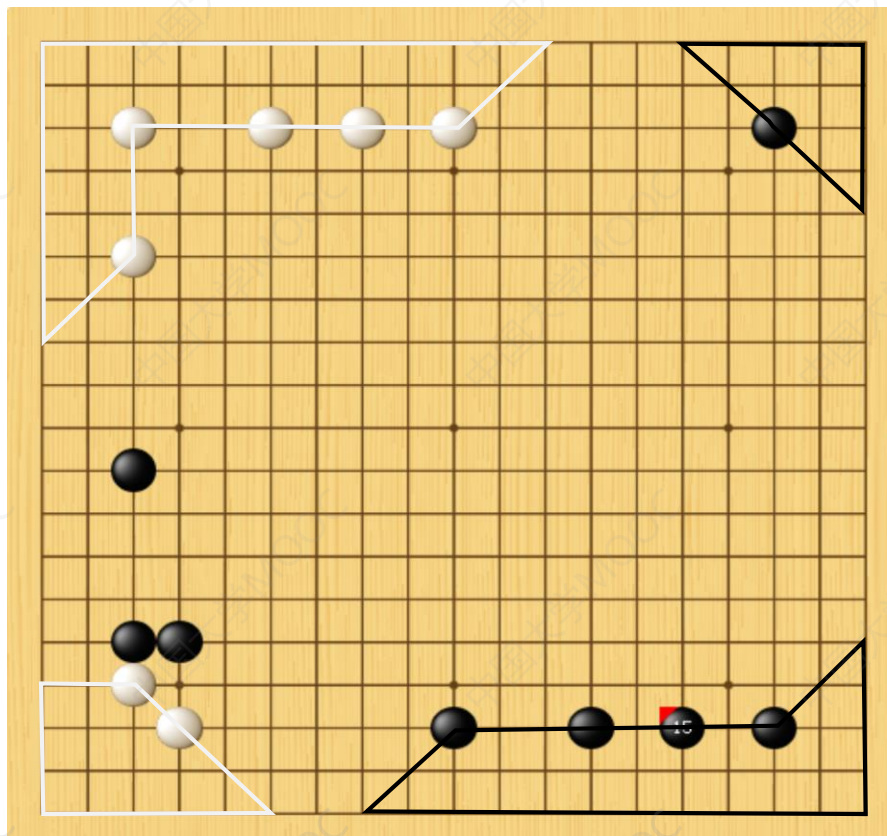
可观测宇宙的直径达920亿光年，包含不计其数的星系，估算出的原子总量也只有 10^{80} 个



从AlphaGo看人工智能

4

围棋的智能问题



围棋形势判断

● 围棋待行棋位置的决策

- ✓ 轮黑方或白方下子时，选择哪一个交叉点落子才能取胜

● 围棋形势的判断

- ✓ 行棋到某一状态时，对围棋胜负局面的判断

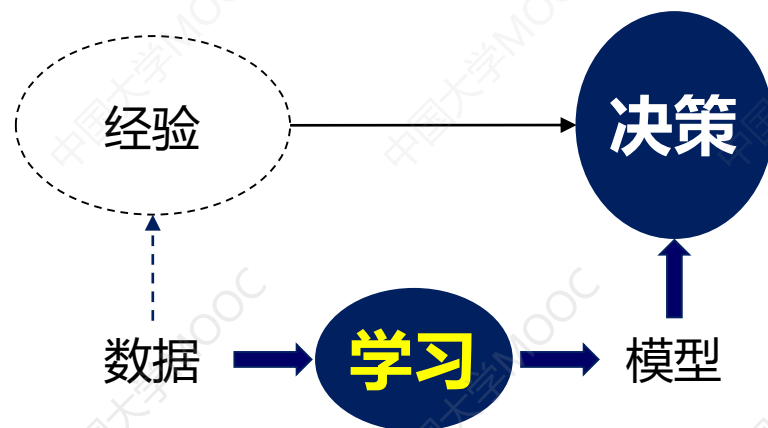
机器是怎样
通过学习提
高智能的？

围棋对弈与人工
智能和机器学
习有什么关系？

机器学习与人工智能

机器学习相关内容概述

- **机器学习**是一门从数据中研究算法的多领域交叉学科。
- 机器学习研究计算机如何模拟或实现人类的学习行为
- 机器学习从以往的经验中得到数据，通过学习构建模型，预测新数据，并提供对问题的决策支持
- **典型方法**：决策树、随机森林、人工神经网络、贝叶斯学习、关联规则学习、深度学习等



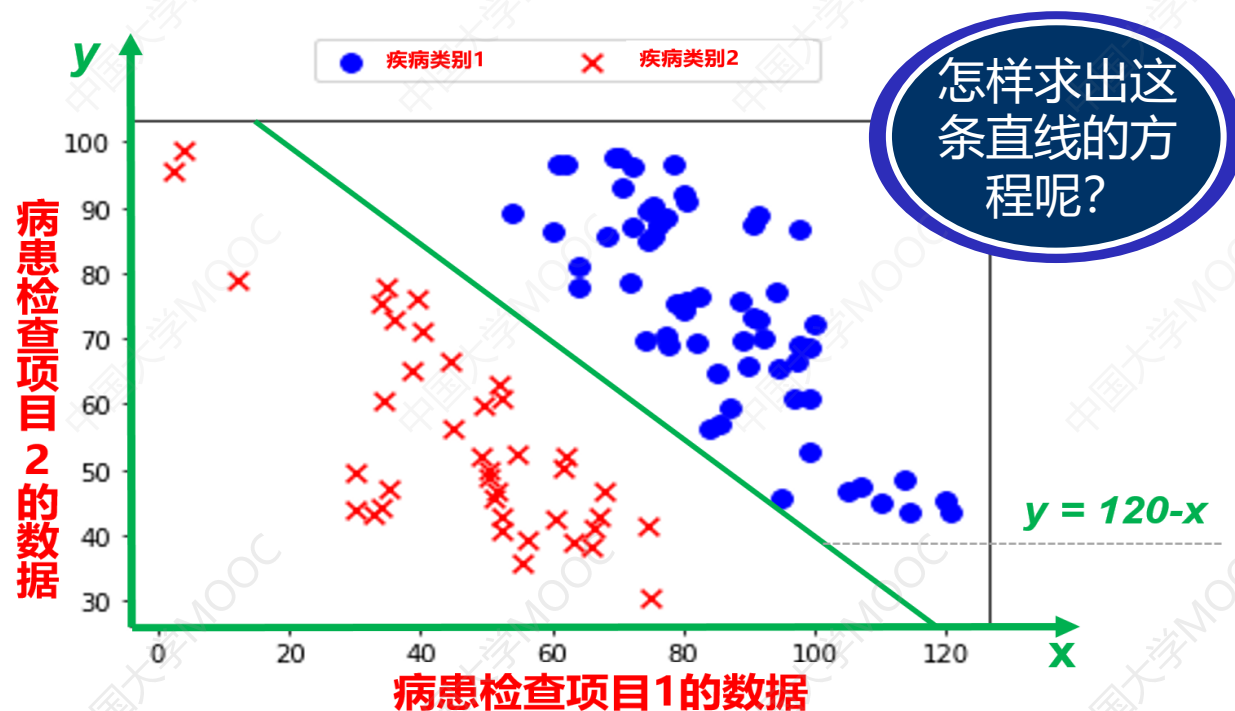
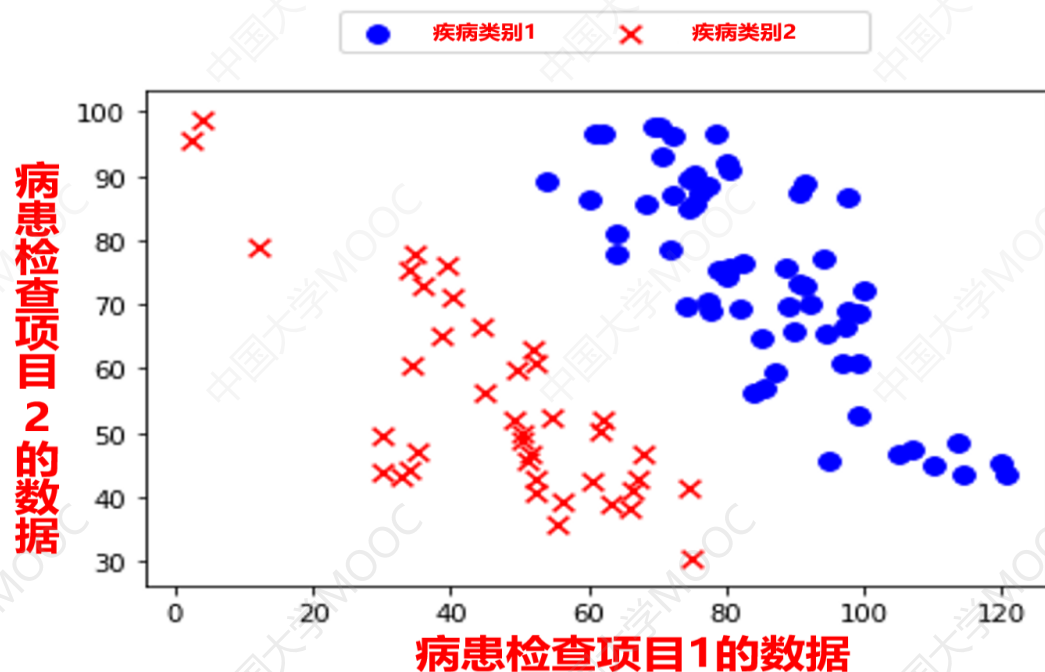
机器是怎样学习的？

两特征两类别分类问题

6

已知模型，对【数据】进行分类

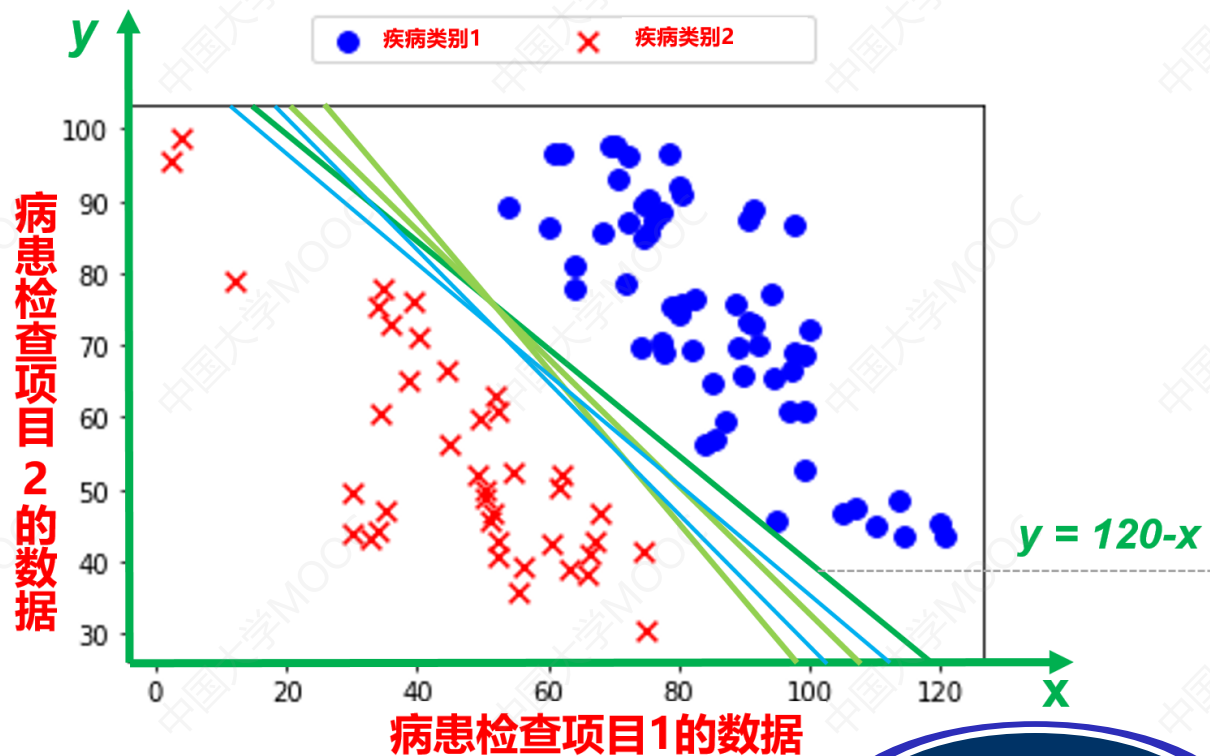
【示例】有100个病患，已知每个病患的两个项目的检查数据，且每个病患的诊断结果（疾病类别1或疾病类别2）已知。问：如何根据这些数据反推出疾病诊断的标准并用于对未分类病患的疾病诊断？



两特征两类别分类问题

7

已知样本数据及其分类结果，反求模型：线性回归（拟合）



待求方程形式：

$$y = wx + b$$

$$\hat{y} = wx + b$$

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}^{(i)} - y^{(i)})^2$$

$$L(w, b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (wX^{(i)} + b - y^{(i)})^2$$

其中 $\langle x^{(i)}, y^{(i)} \rangle$ 为样本点，而 \hat{y} 为按方程计算的点

【线性回归】枚举 w 和 b ，使【损失函数】 L 值最小

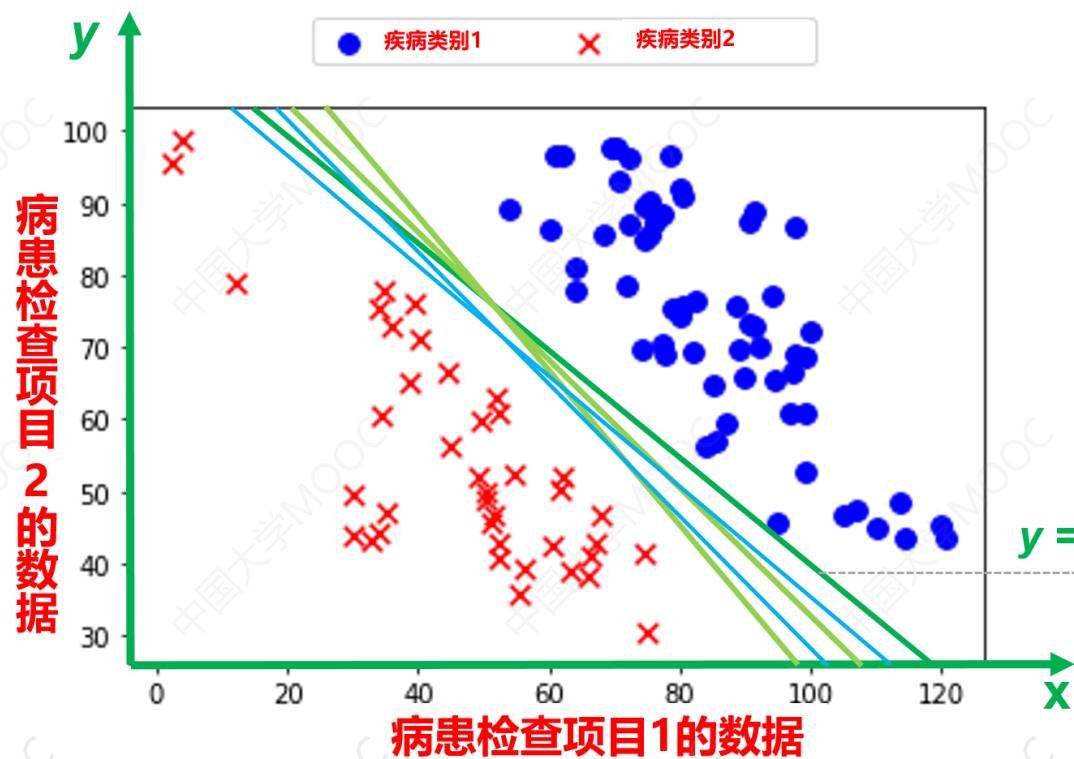
枚举-计算-验证-优化算法

算法：最小二乘法、梯度下降法（略）

两特征 vs. 多特征 两类别分类问题

8

多特征线性方程形式



两特征方程形式:

$$y = w_1x + b$$

多特征方程形式:

$$y = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_{m-1}x_{m-1} + b$$

模型形式一定是线性的吗?

两特征两类别分类问题

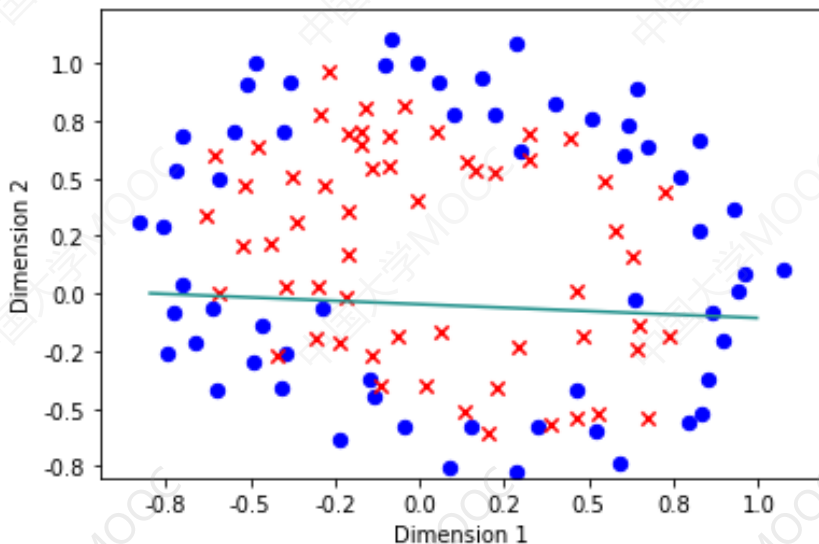
9

曲线拟合分类问题：线性分类 vs. 非线性分类

理想很丰满，现实很骨感--对于更复杂的数据，如何求解？

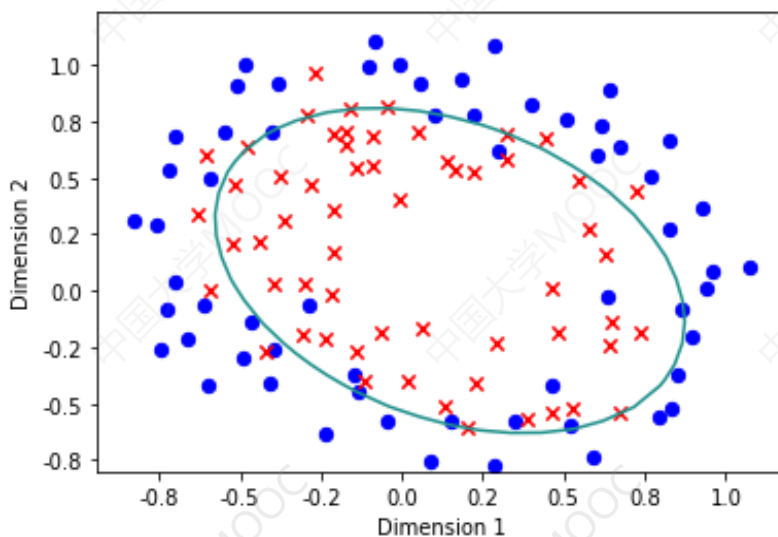
● 模型假设？

---仍用直线分割（分类）？

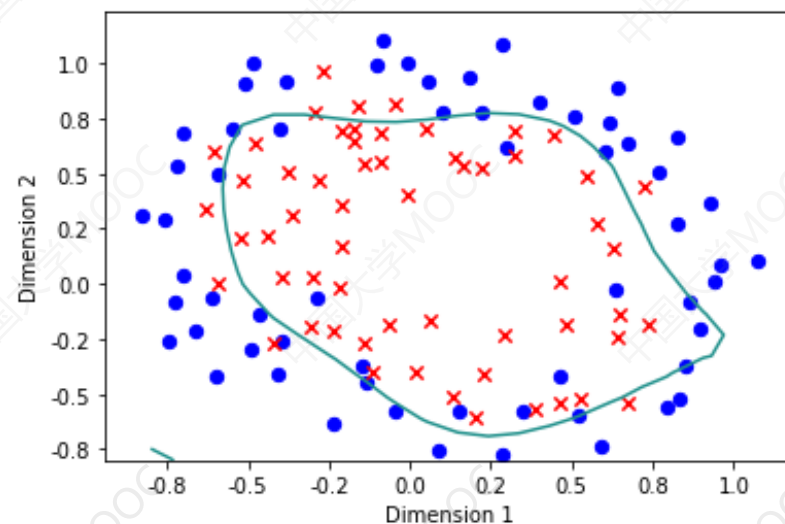


模型假设？

---用曲线如何？



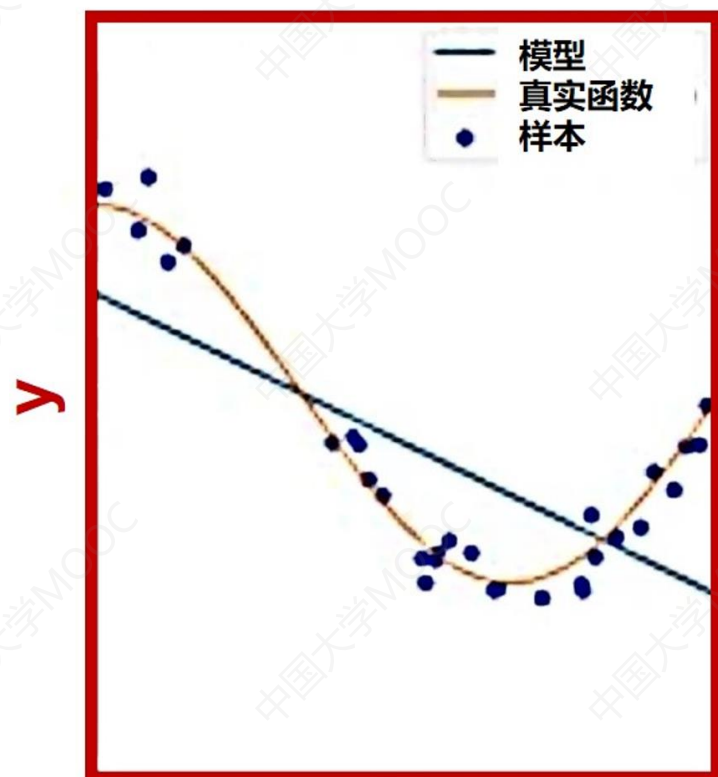
数学是不是很有用呢？
哪些函数形式能产生
什么形式的曲线？



两特征两类别分类问题

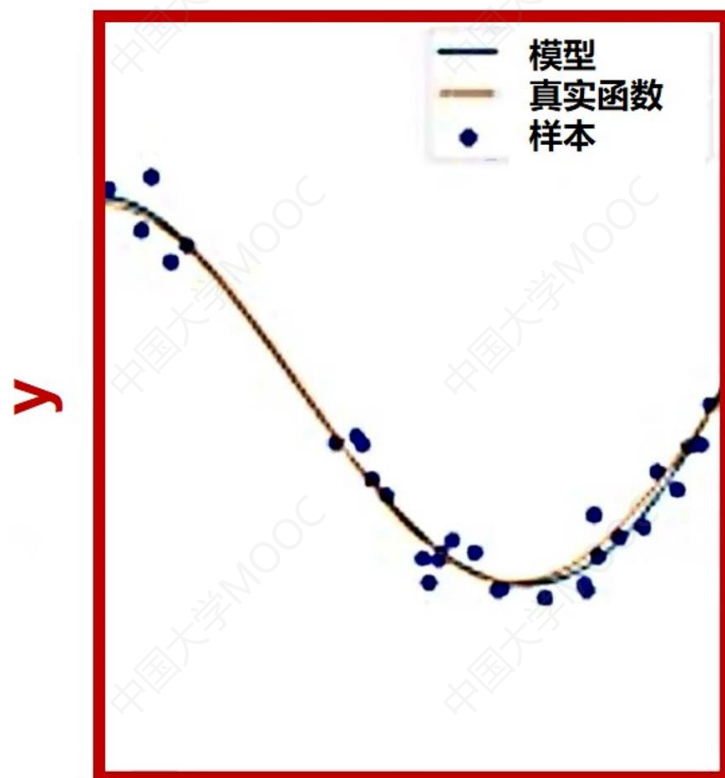
10

曲线拟合存在的问题：【欠拟合】与【过拟合】



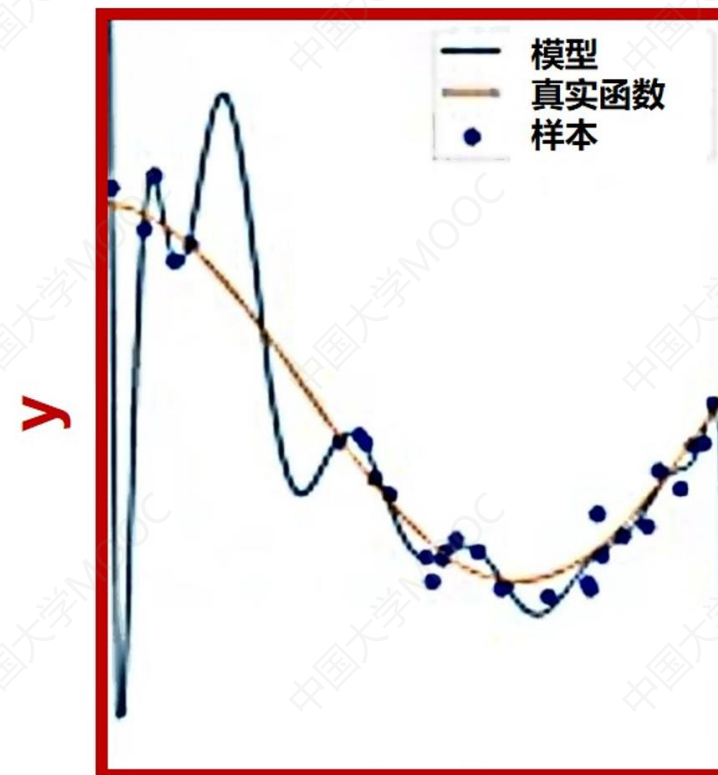
x

$$y = \theta_0 + \theta_1 x$$



x

$$y = \theta_0 + \theta_1 x + \theta_2 x^2 + \theta_3 x^3$$

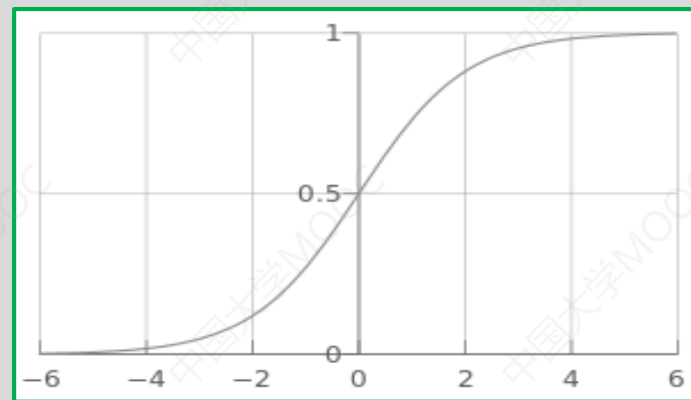
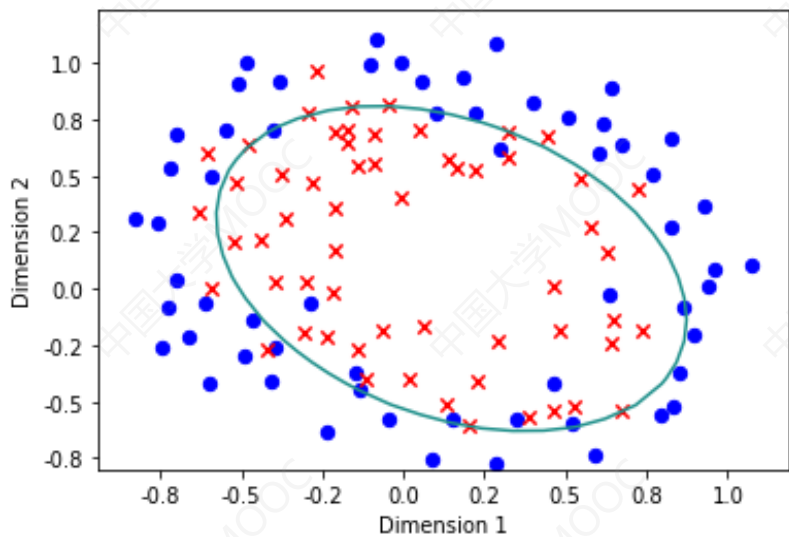


x

$$y = \sum_{n=0}^N \theta_n x^n$$

如何判断边界内外

逻辑回归：将结果映射为0和1的函数



Sigmoid函数: $g(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$

$$Z = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_1^2 + w_4x_2^2$$

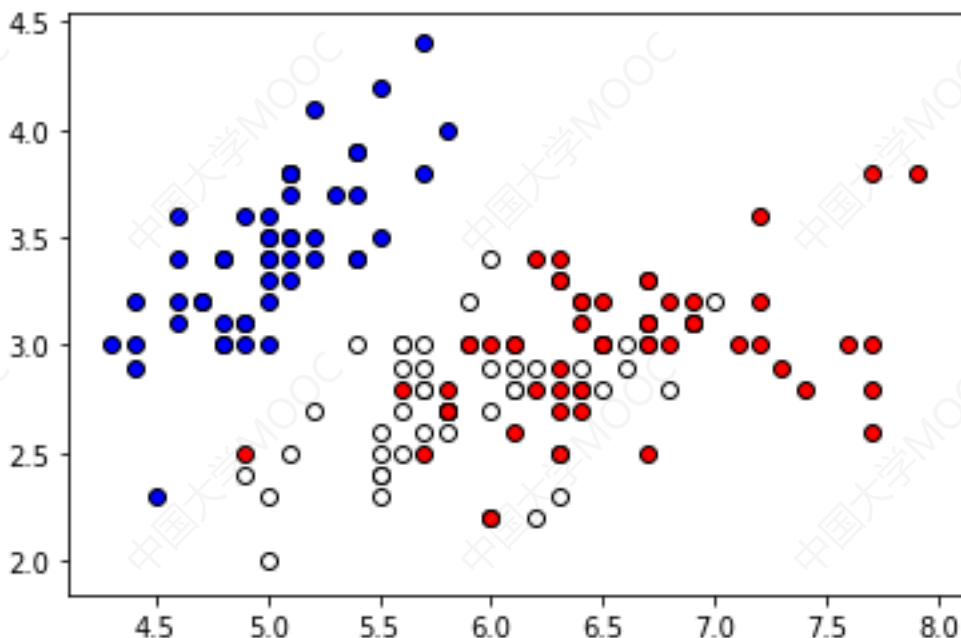
$$y(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

多类别分类问题

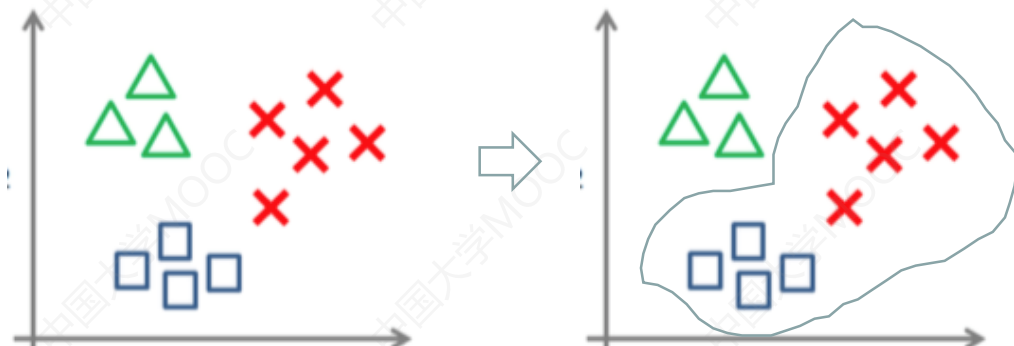
12

多类别分类问题

推广到多类问题，如何求解？



- 多类分类问题可以转化为两类分类问题进行解决
--例如将其中一个类视为正类、其它类统一视为负类ONE-VS-REST模式)

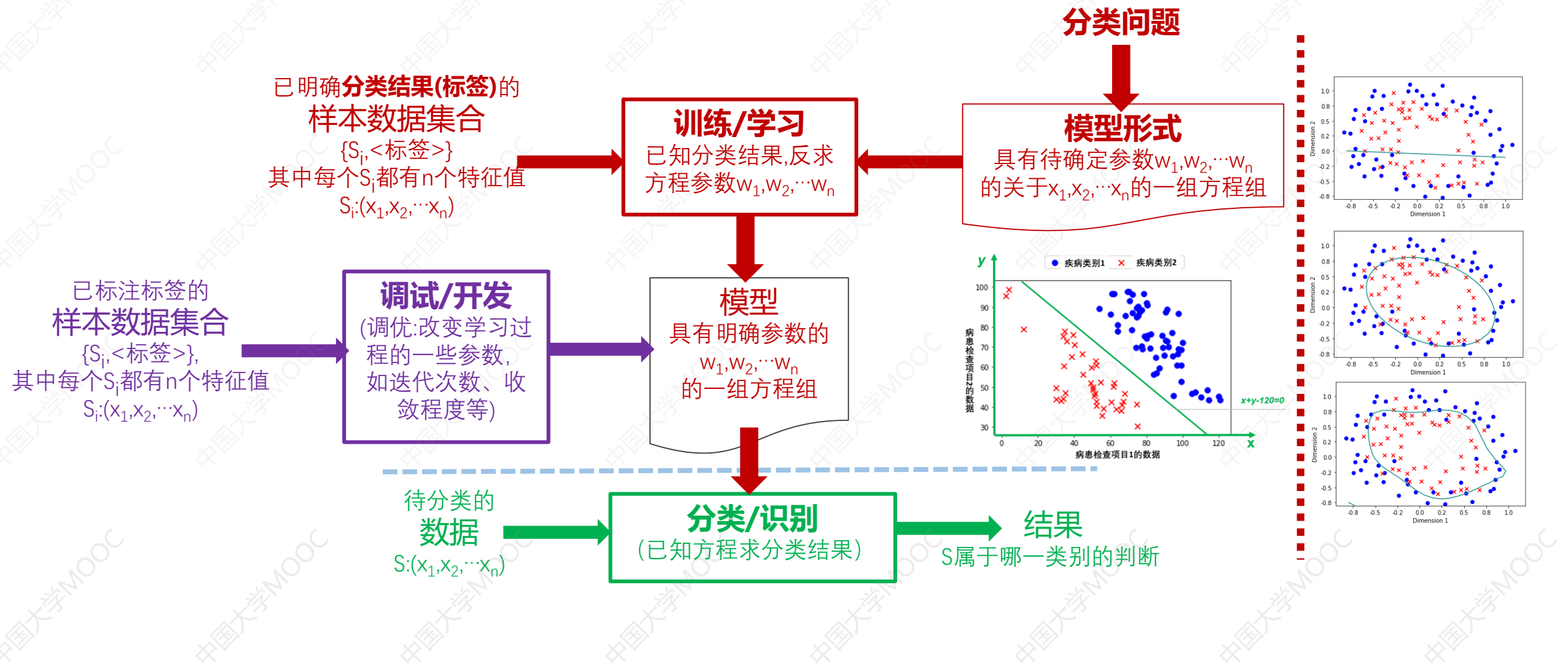


问题：假设采用ONE-VS-REST模式，且共有N个类，则需要构建多少个二类分类器？

什么是机器学习

13

基本概念与过程

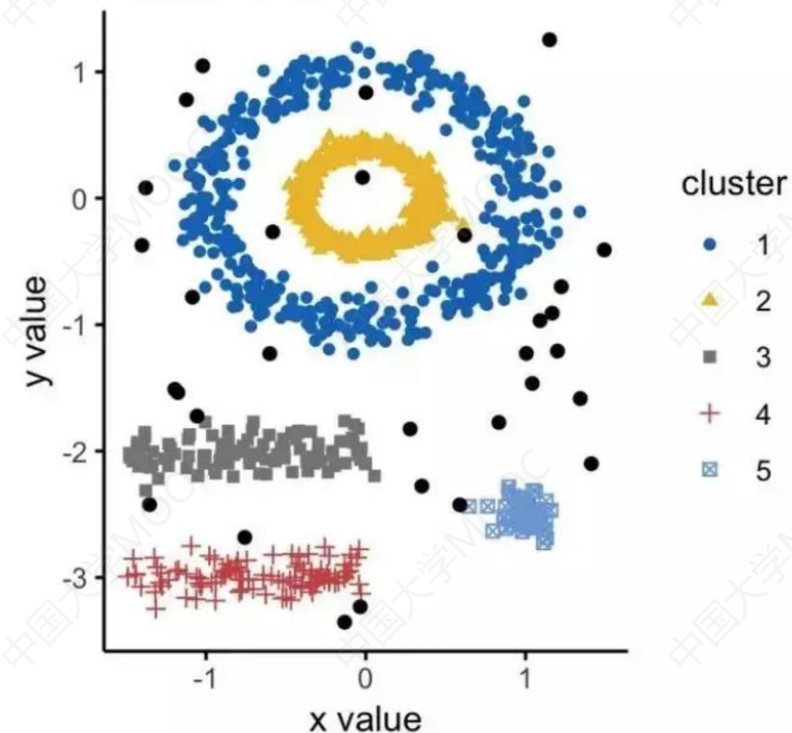


什么是机器学习

14

有监督学习 与 无监督学习

- **监督学习**是用已知类别【标签】的样本来学习模型参数
 - ✓ 分类：对离散数据，寻找决策边界（属于哪一类）
 - ✓ 回归：对连续数据，寻找最优拟合
- **无监督学习**是用未知类别【标签】的样本来学习模型参数
 - ✓ 聚类：一组数据究竟应该分为几类

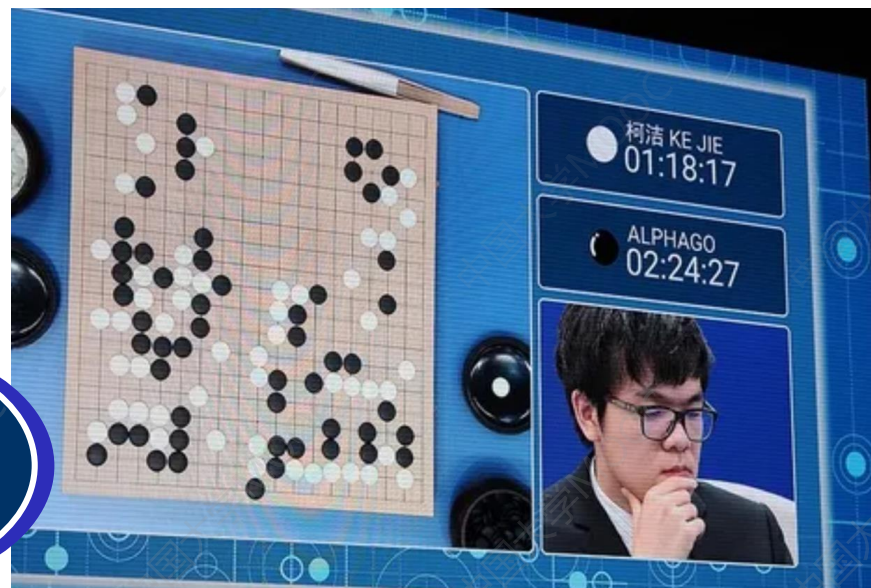


什么是机器学习

15

其他类型的学习

- **半监督学习**是综合使用大量的未标记数据，以及小部分标记数据来进行学习
- **迁移学习**是把为任务A开发的模型重新应用在为任务B开发模型的过程中
- **强化学习**是通过智能体与环境的交互学习策略以实现回报最大化或实现特定目标
 - ✓ 时序信息，在决定合适的行动时，需要考虑后续步骤
 - ✓ 延后给出的奖励值（如下棋最终的胜负）

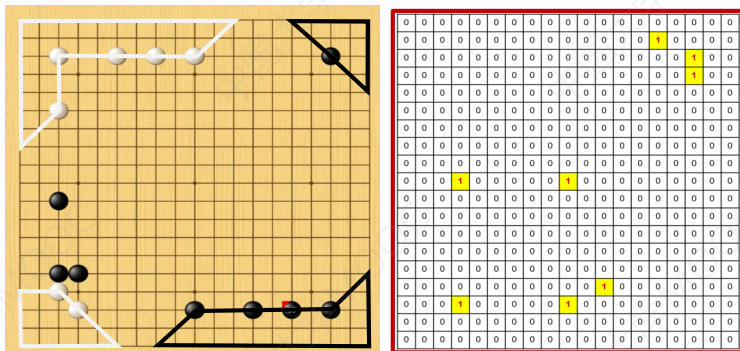


AlphaGo是
怎样学习的?

再从机器学习看AlphaGo

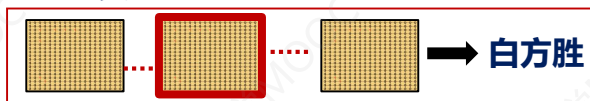
17

围棋规则及行棋复杂性

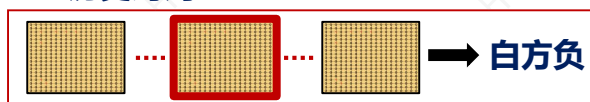


围棋形势判断

1盘历史对局



n盘历史对局



在n盘对局中出现m盘,
其中k盘胜, m-k盘负

● 围棋形势的判断

- ✓ 所围空间形状拟合—计算所围空间大小---较难
- ✓ 将所围空间形状拟合问题转变为图像匹配问题, 找到包含该局面的所有对局, 然后由已知输赢结果的对局来判断围棋形势

● 围棋待行棋位置的决策 (选择下在哪一个交叉点的决策)

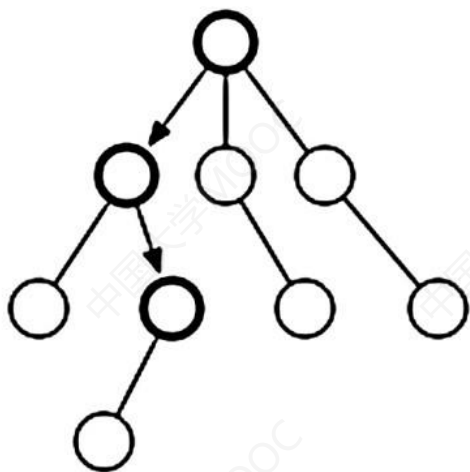
● 围棋未来N步可能行棋后的形势判断 (用于辅助即将行棋位置的决策, 即所谓“走一步前看N步”)

- ✓ 蒙特卡罗树搜索算法
- ✓ 由已知输赢结果的对局训练算法
- AlphaGo首先利用了人类职业六段以上选手已知输赢结果的16万局对局来训练机器在不同状态下的最优位置选择能力
- AlphaGo Zero使用两个机器相互对局来训练最优位置选择能力

简单了解蒙特卡洛树搜索算法

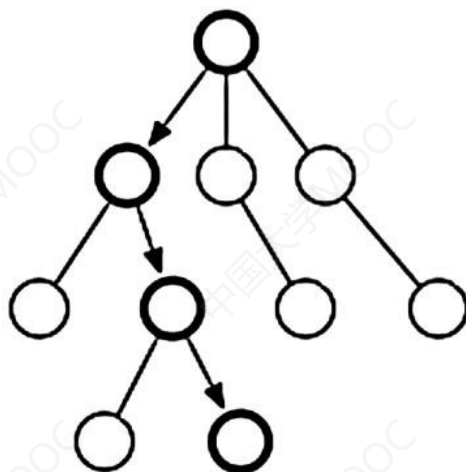
蒙特卡洛树搜索算法思想

[1] 选择



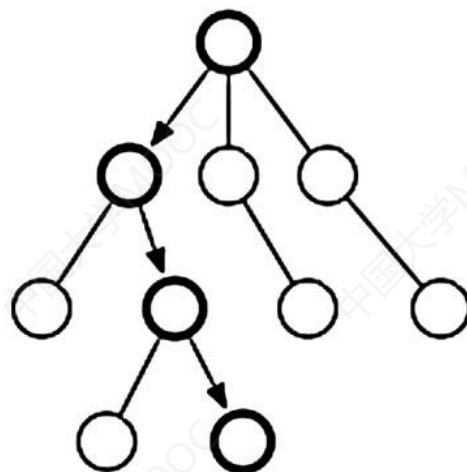
基于当前状态，选择出评估值最优的节点，准备扩展

[2] 拓展



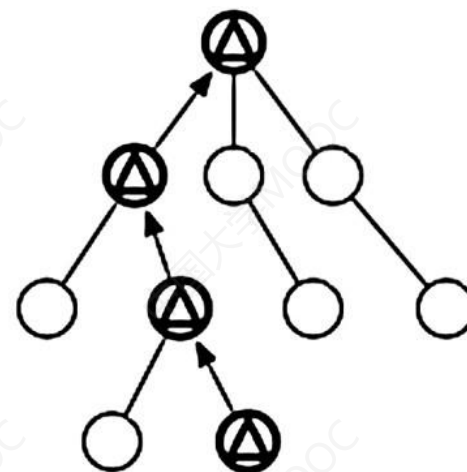
将前步选择出的节点展开其子树节点

[3] 模拟



对每个子树的叶节点，模拟直到已知胜负，从而算出评估值作为该叶节点的评估值。

[4] 反向传播



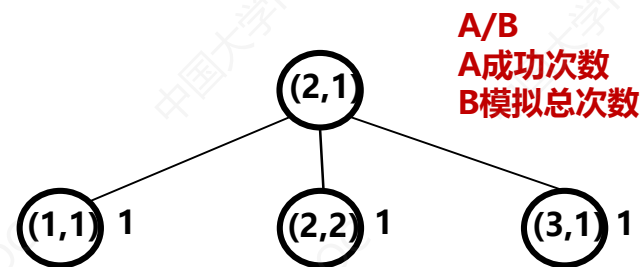
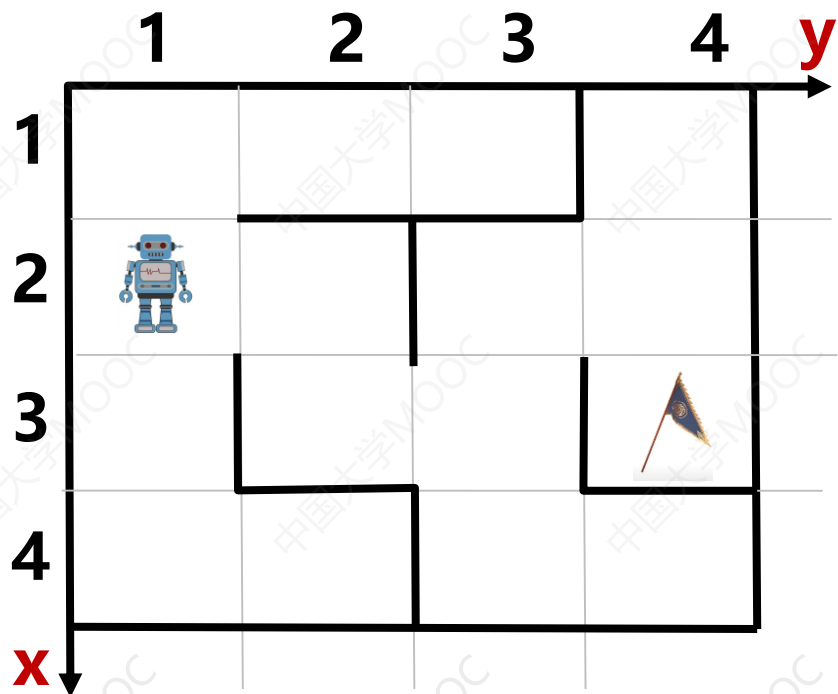
将该子树叶节点的评估值反向传播，修改其父节点的评估值，直到根节点。

【节点示例△】

评估值 = 胜局数 / 总对局数

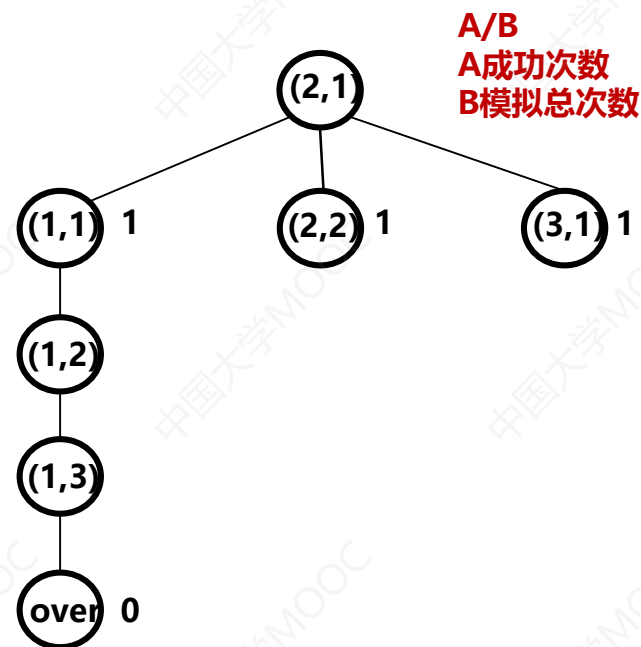
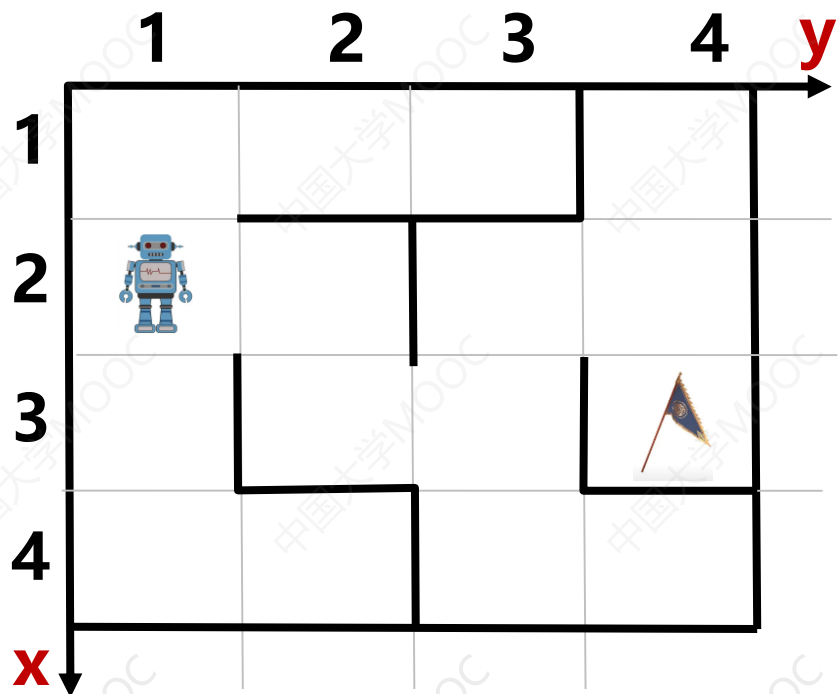
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



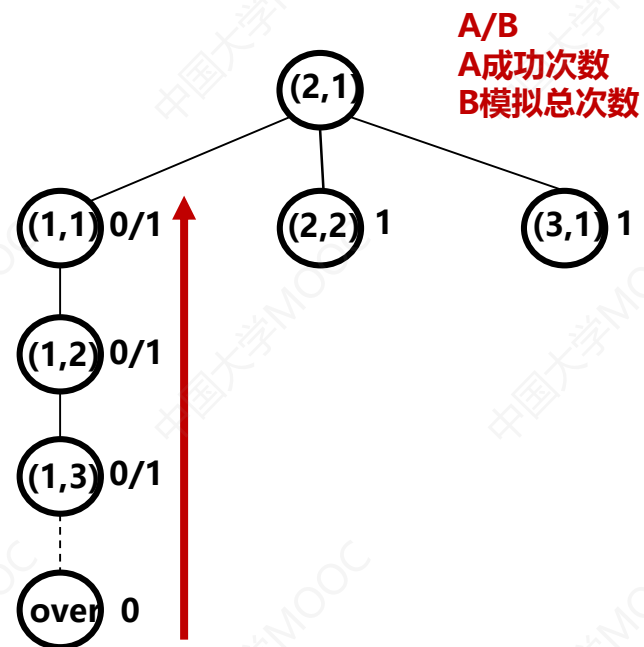
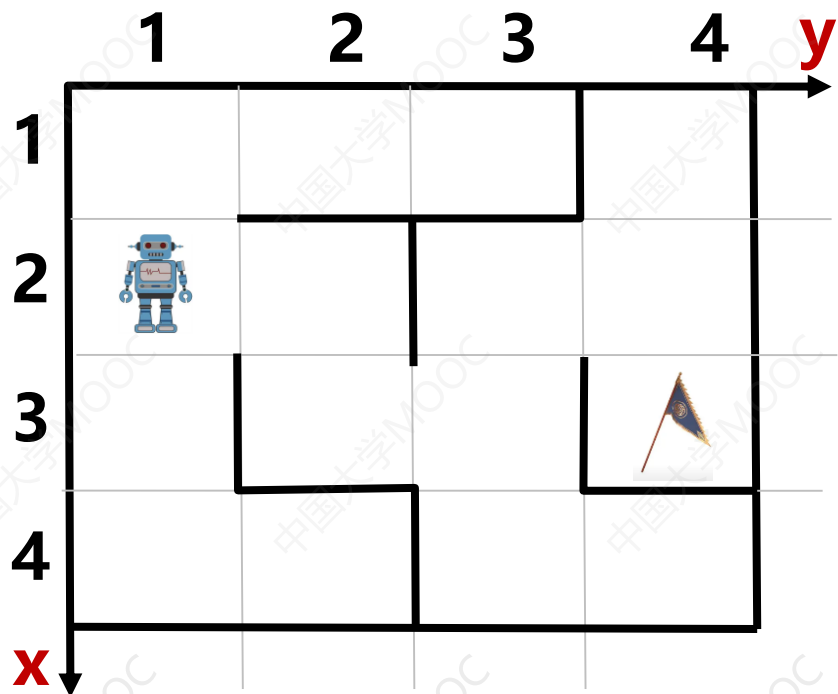
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



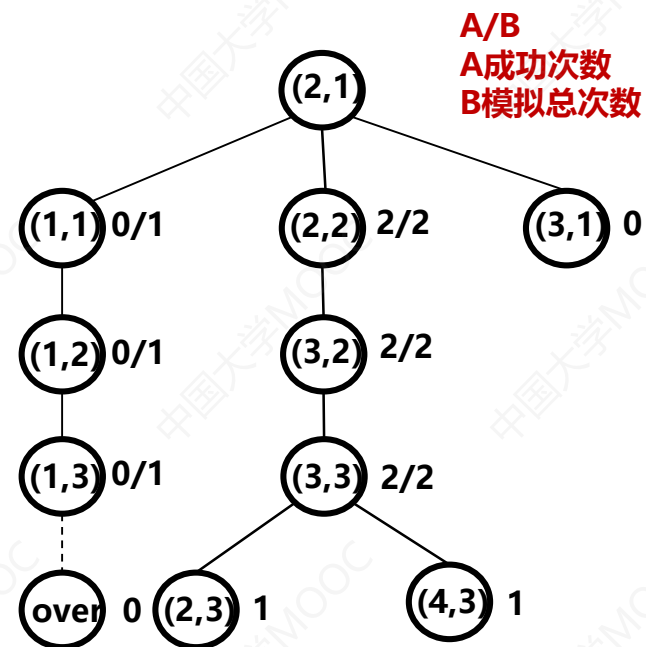
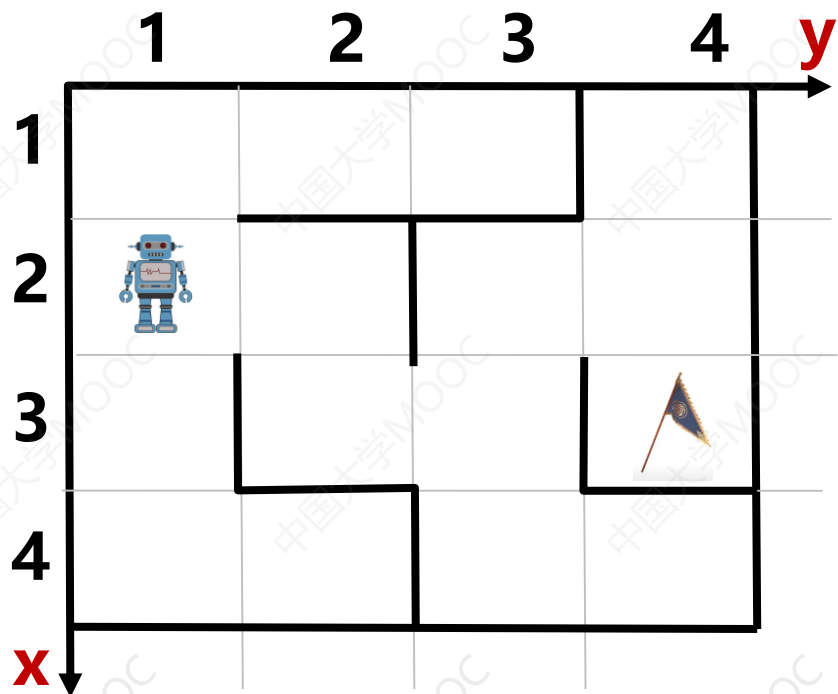
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



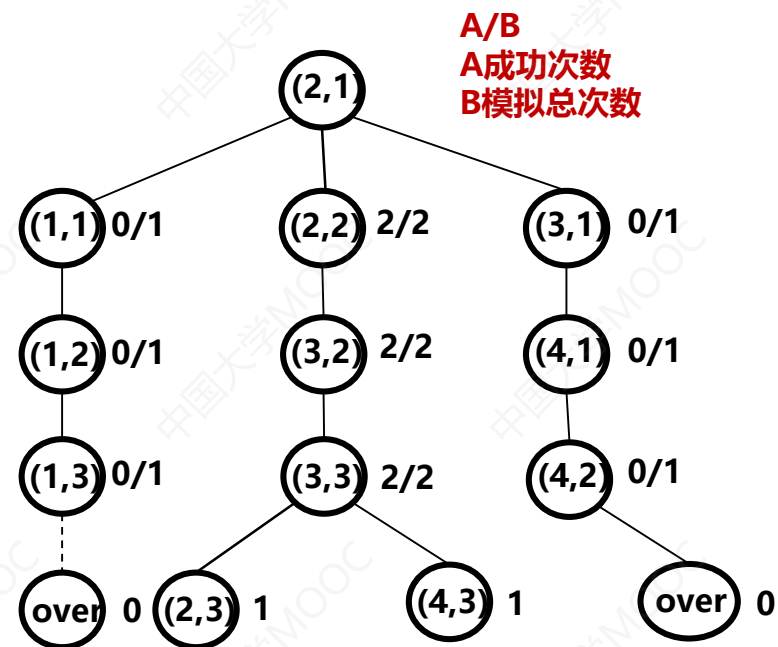
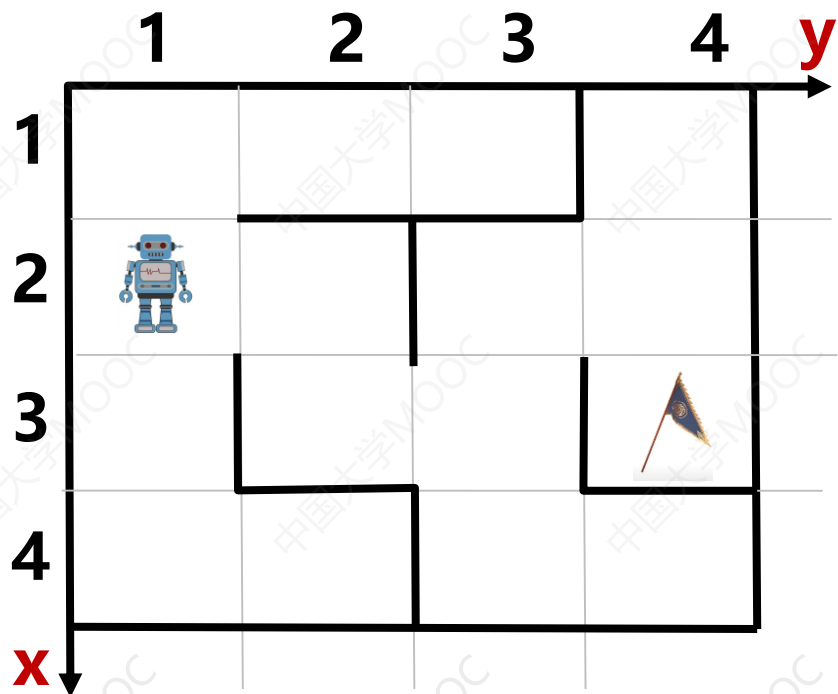
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



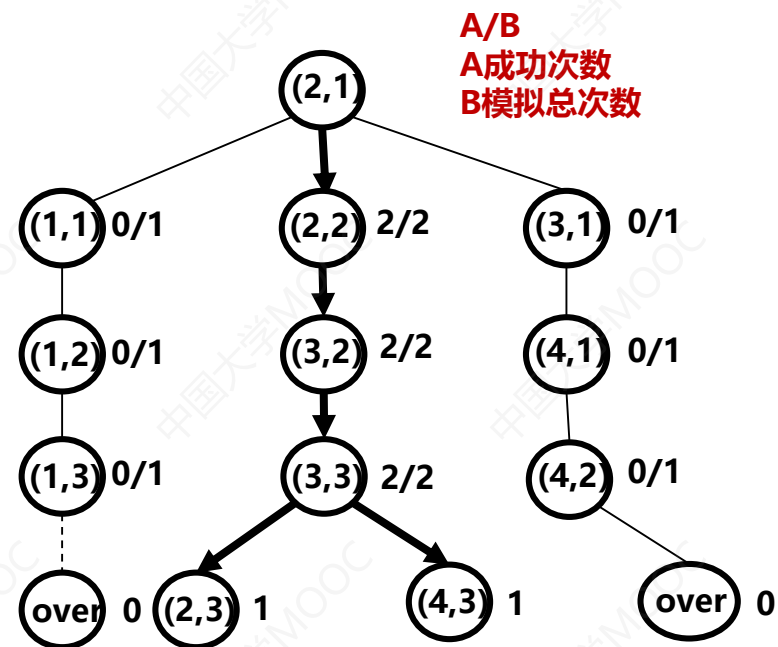
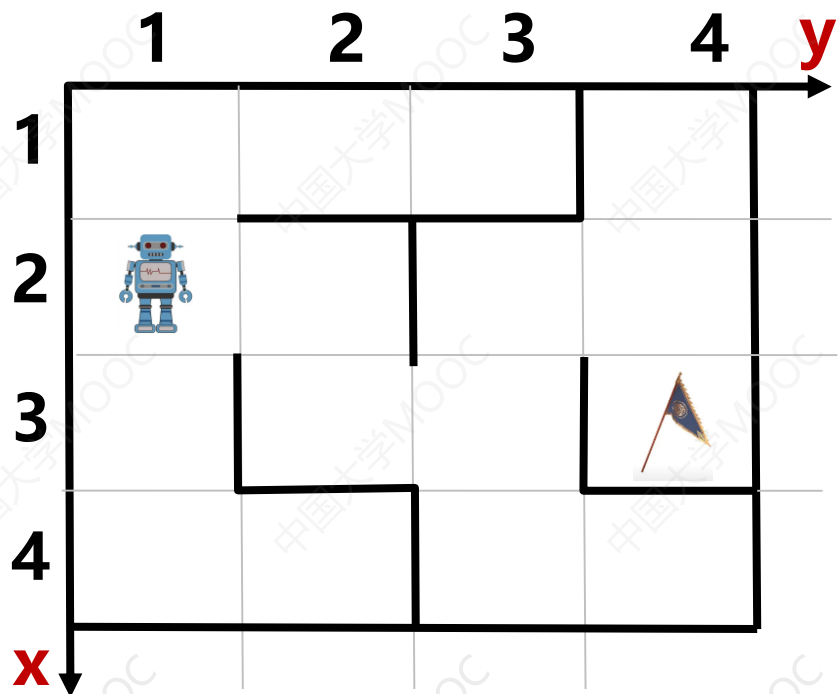
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



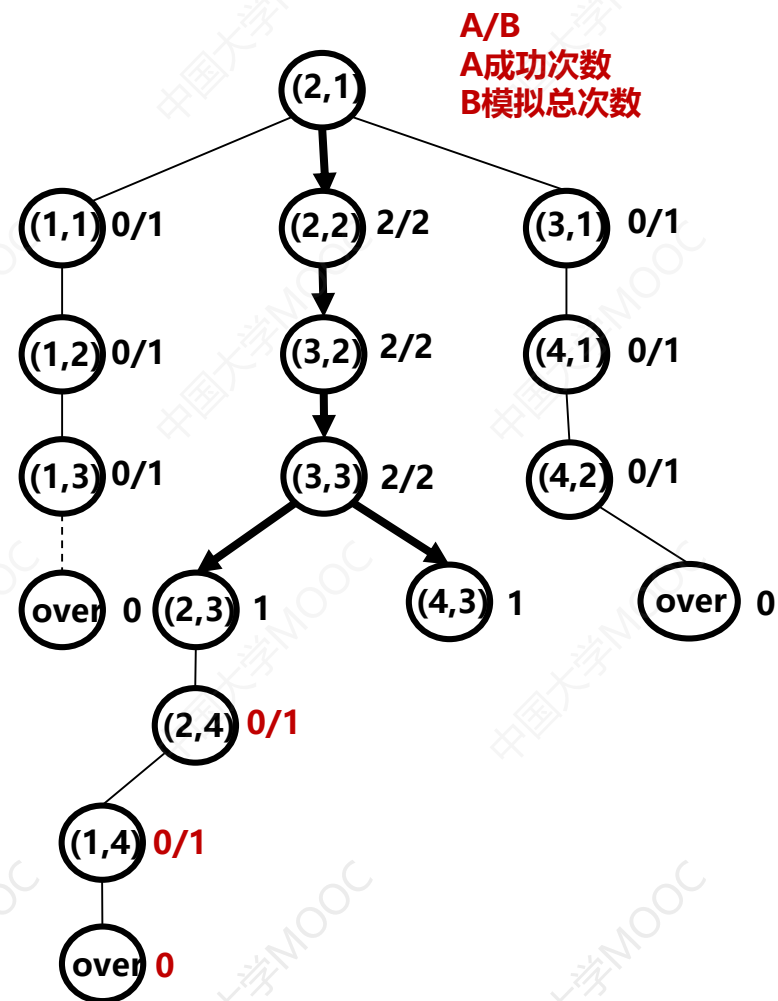
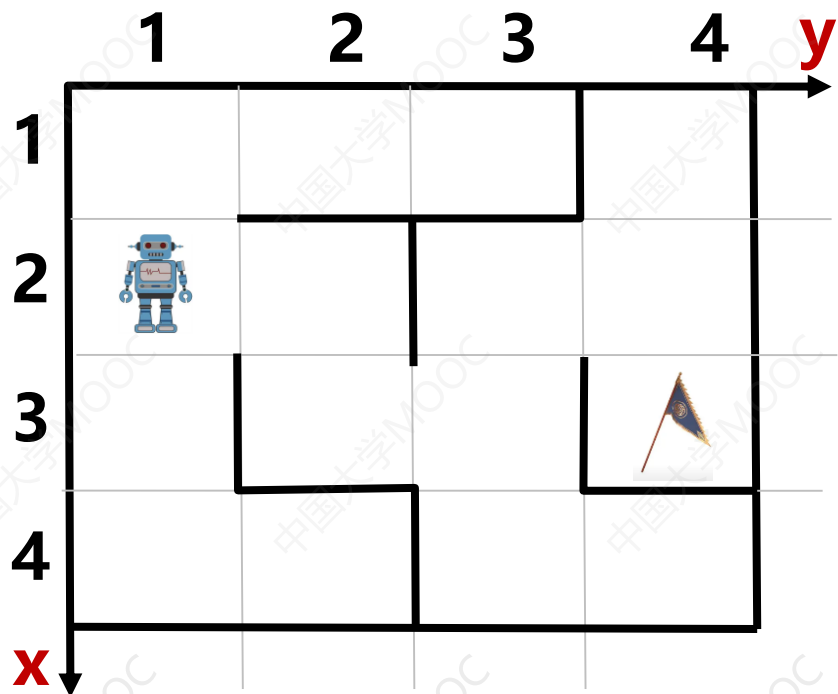
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



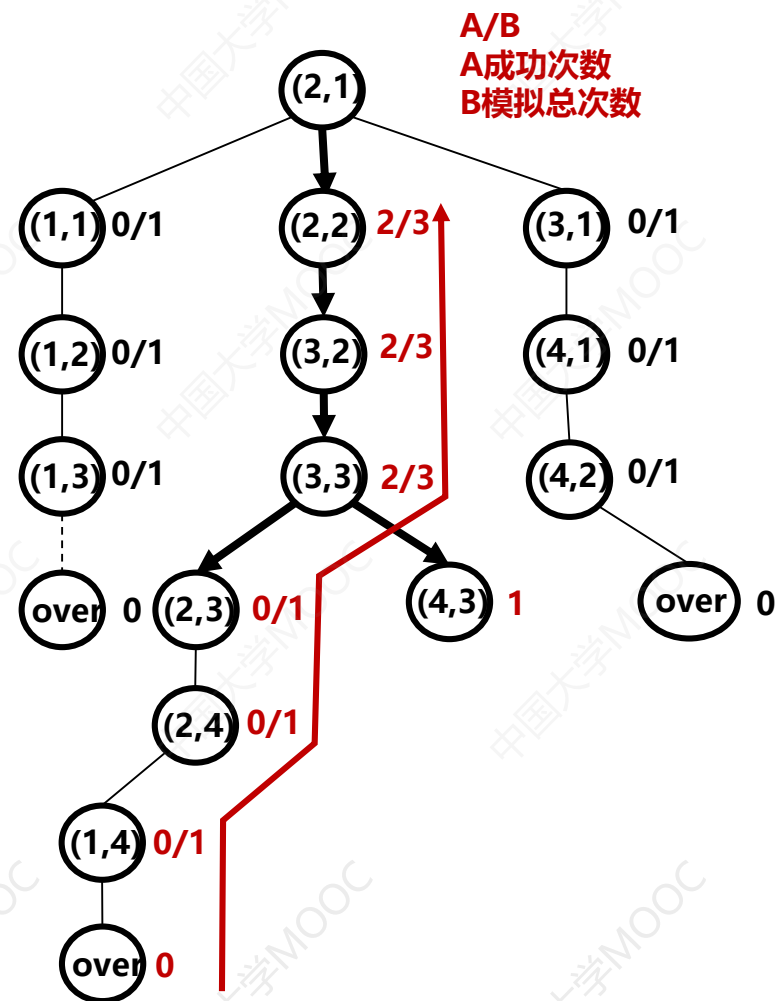
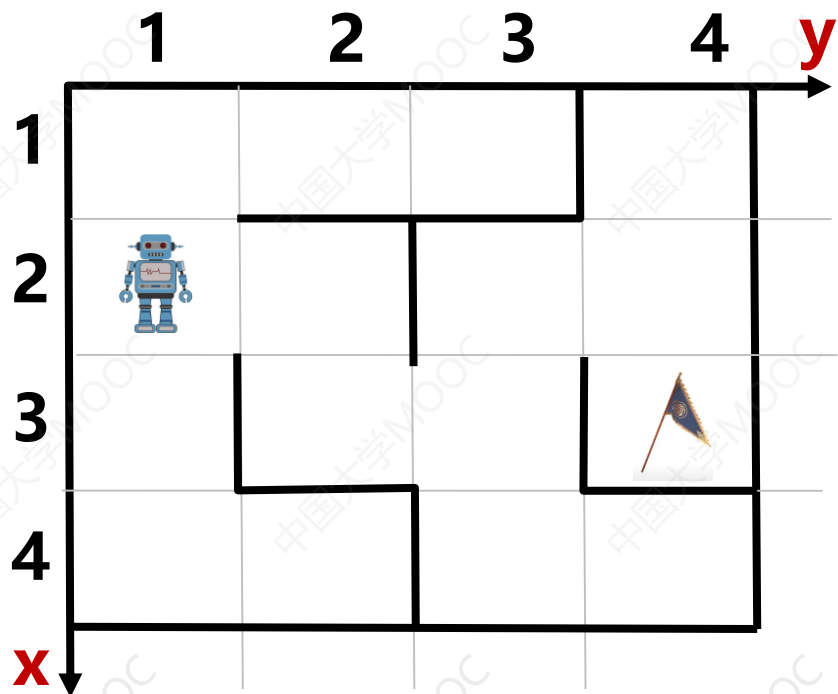
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



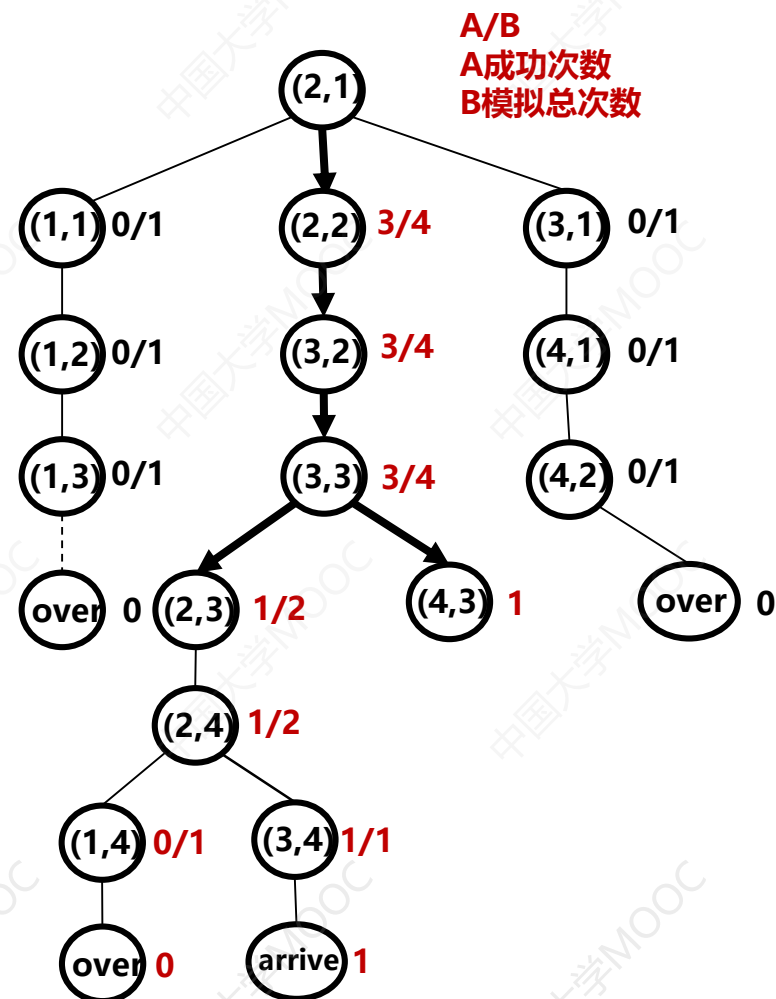
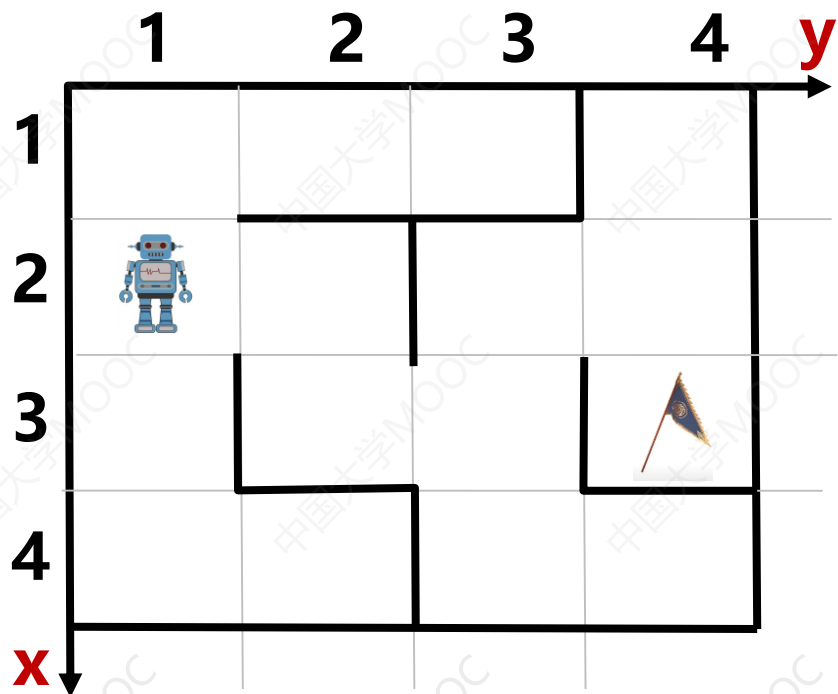
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



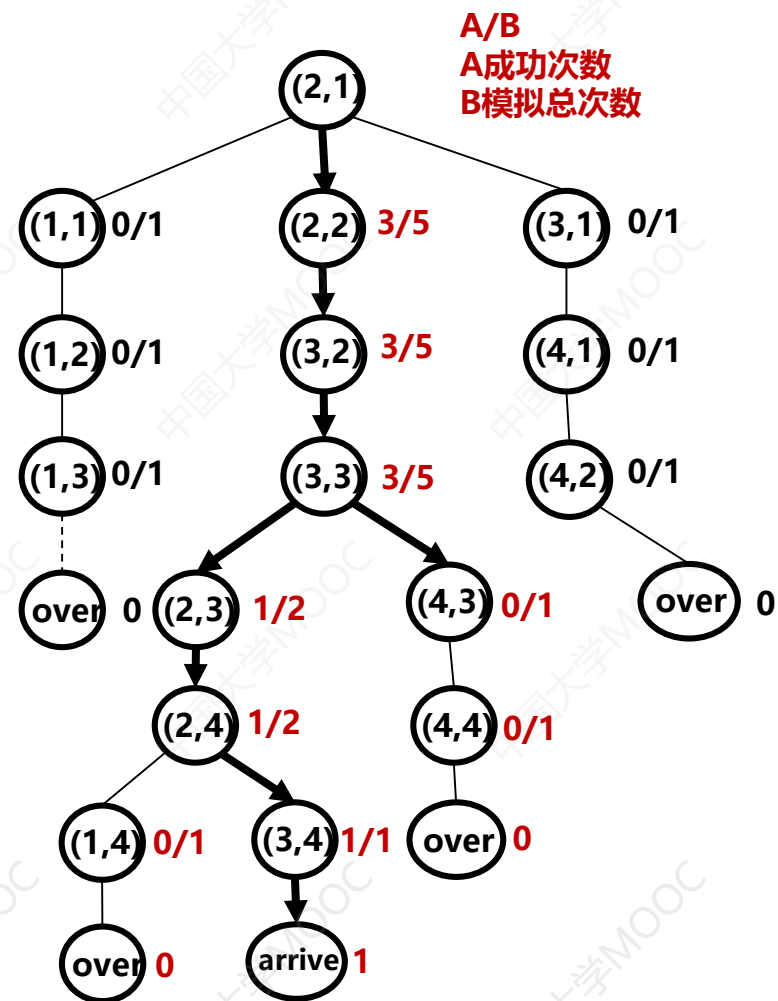
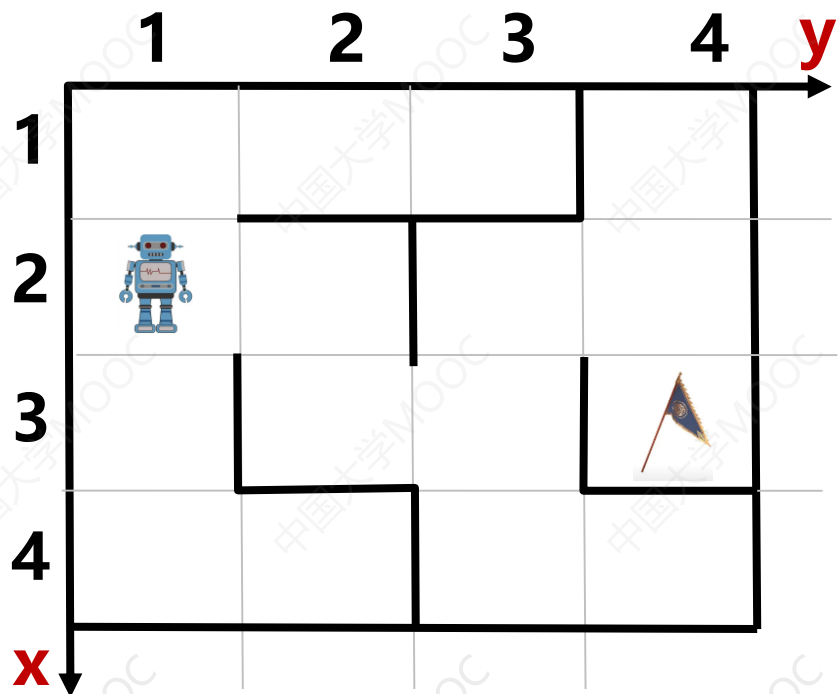
简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



简单了解蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛树搜索示例【机器人路径规划问题求解】



机器是怎样通过学习提高智能的

小结（脉络梳理）

