



机器学习

Machine Learning



主讲人：张敏 清华大学长聘副教授



机器学习

MACHINE LEARNING-MIN ZHANG

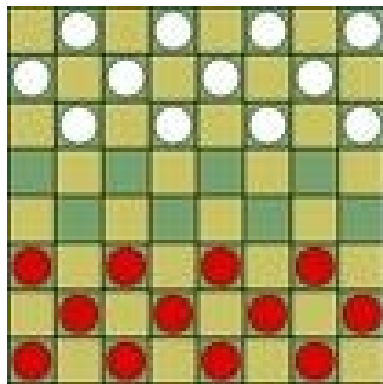
Unit.01

机器学习基础

*图片均来自网络或已发表刊物

Topic 1.2 概述（二）

一、通用机器学习系统设计



设计一个学习系统 1

例：让机器学习下国际跳棋

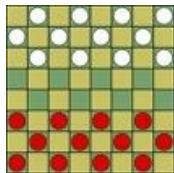
- 有什么经验？

系统设计1 —— 用于训练的经验

- 经验是否代表目标性能？

例：国际跳棋游戏

- 训练中看到的数据（游戏对局）能代表实际中遇到的数据吗？
- 自我对抗 vs. 与大师对抗



- 意料之外的结果

- 示例1：月亮还是香蕉？
- 示例2：神经网络数字识别



- 示例3：IBM Watson 认为多伦多是“美国城市”

系统设计1 —— 用于训练的经验

- 意料之外的结果
 - **问题出在哪里？**
 - 注意训练数据偏差
 - 数据 （月亮还是香蕉）
 - 训练过程 （NN数字识别）
 - 特征 （IBM Watson）



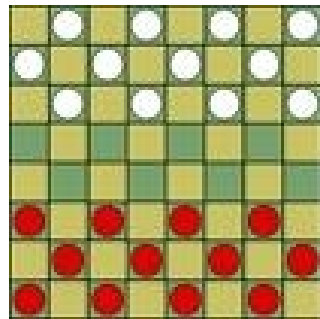
设计学习系统 2

例：让机器学习下国际跳棋

- 有什么经验？
 - 注意训练数据偏差：
 - 数据，训练过程，功能
- 到底应该学什么？

系统设计2——到底应该学什么？

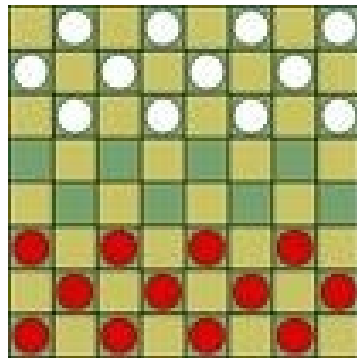
- 要学习一个 目标函数 （目标概念）
- 什么类型？即有哪些概念种类？
- 例：国际跳棋游戏：目标函数 $V(b)$ 的可能定义
 - 如果 b 是一个最后获胜的棋盘状态，则 $V(b) = 100$
 - 如果 b 是一个最后失败的棋盘状态，则 $V(b) = -100$
 - 如果 b 是一个最后平局的棋盘状态，则 $V(b) = 0$



系统设计2——到底应该学什么？

- 如果b不是最终棋盘状态，则 $V(b) = V(b')$
 - b' 是从b开始能达到的最优终盘状态。
- 能给出正确的结果，但是不可行
 - 计算过于低效
- 通常使用一个 V 的近似 \hat{V} ，又称作假设

$$\text{例： } V(b) \leftarrow \hat{V}(\text{Successor}(b))$$



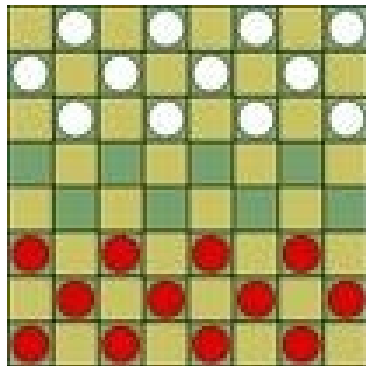
设计学习系统 3

例：让机器学习下国际跳棋

- 有什么经验？
 - 注意训练数据偏差
 - 数据，训练过程，特征
- 到底应该学什么？
 - 正确 vs. 可行：近似（[假设](#)）
- 应该如何表示？

系统设计3 —— 假设 \hat{V} 的表示

- 例：国际跳棋：可能的表示
 - 状态表
 - 规则集合
 - 棋盘特征的多项式函数
 - 神经网络
 -
- 函数类型必须依据表达能力仔细选取
 - 好的近似 vs. 数据要求

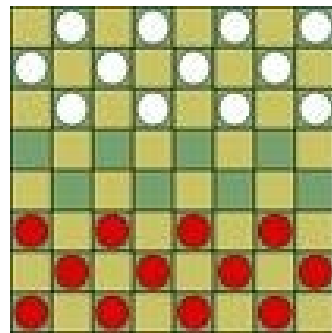


系统设计3 —— 假设 \hat{V} 的表示 (续)

- 例：国际跳棋的训练样例 $\langle b, V_{\text{train}}(b) \rangle$

$V_{\text{train}}(b)$ 是 b 的 [label](#)

- $w_p(b)$ ：棋盘 b 上的白色棋子数量
- $r_p(b)$ ：棋盘 b 上的红色棋子数量
- $w_k(b)$ ：棋盘 b 上的白色国王数量
- $r_k(b)$ ：棋盘 b 上的红色国王数量
- $wt(b)$ ：受红方威胁的白色棋子数量（在红方下一回合将被吃掉）
- $rt(b)$ ：受白方威胁的红色棋子数量



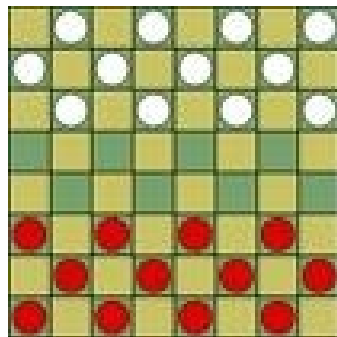
$$\hat{V}(b) = w_0 + w_1 \cdot w_p(b) + w_2 \cdot r_p(b) + w_3 \cdot w_k(b) + w_4 \cdot r_k(b) + w_5 \cdot wt(b) + w_6 \cdot rt(b)$$

- 例如： $\langle \text{wp}=0, \text{rp}=3, \text{wk}=0, \text{rk}=1, \text{wt}=0, \text{rt}=0 \rangle, +100 \rangle$

设计学习系统 4

例：让机器学习下国际跳棋

- 有什么经验？
 - 注意训练数据偏差：
 - 数据，训练过程，功能
- 到底应该学什么？
 - 正确 vs. 可行：近似（[假设](#)）
- 应该如何表示？
 - 表达能力：**好**的近似 vs. **数据**要求
- 具体用什么算法去学习？



系统设计4 —— 学习算法

- 本例：选择一个权重训练的规则：数据的最优拟合

- 一个常用算法：**最小均方误差 Least Mean Squares (LMS)** $\sum_{training\ set} (V_{train}(b) - \hat{V}(b))^2$

- 初始化权重

- 重复：

1. **随机地**选择一个训练样例 b

2. 计算 $error(b) = V_{train}(b) - \hat{V}(b)$

3. 对于每个棋盘特征 f_i , f_i 属于 $\{wp, rp, \dots, rt\}$, 更新权重 w_i

$$w_i \leftarrow w_i + c \cdot f_i \cdot error(b)$$

c 是一个小常数(如0.1), 以控制学习速度

梯度下降法

设计学习系统 5

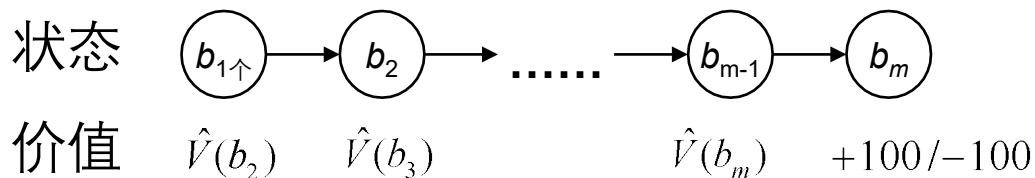
例：让机器学习下国际跳棋

- 有什么经验？
- 到底应该学什么？
- 应该如何表示？
- 具体用什么算法去学习？

综合起来：最终设计

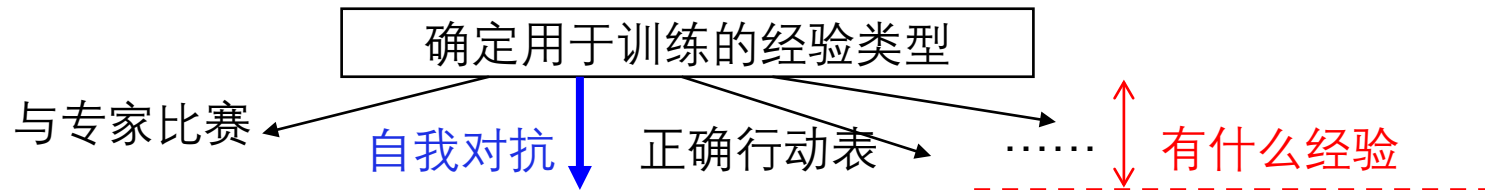
系统设计 5 —— 综合起来

- 初始化 \hat{V} 的权重
- 用 \hat{V} 和自己下棋，输出每局游戏的棋盘状态序列
- 用 $\hat{V}(\text{Successor}(b))$ 标注每个 b

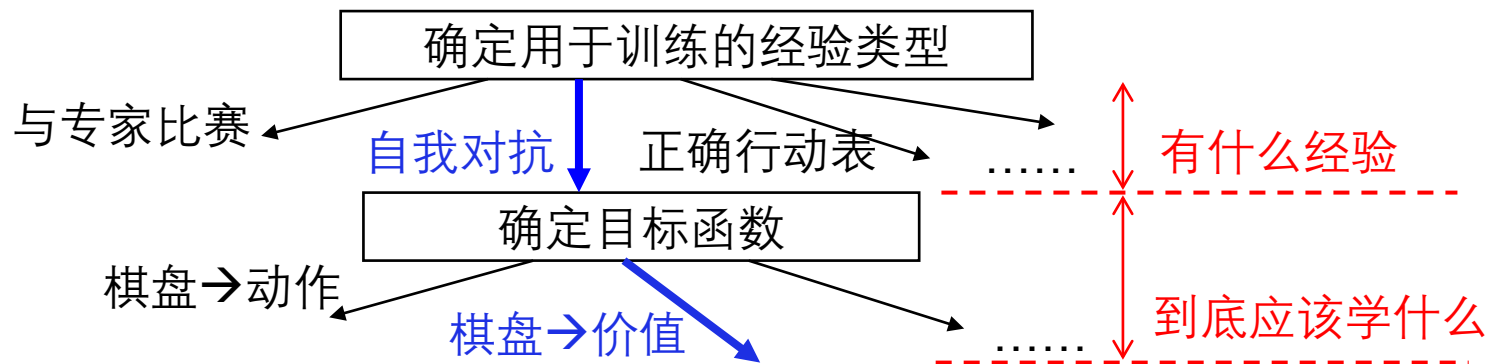


- 学习新的权重，产生新的 \hat{V}
- 开始新的游戏

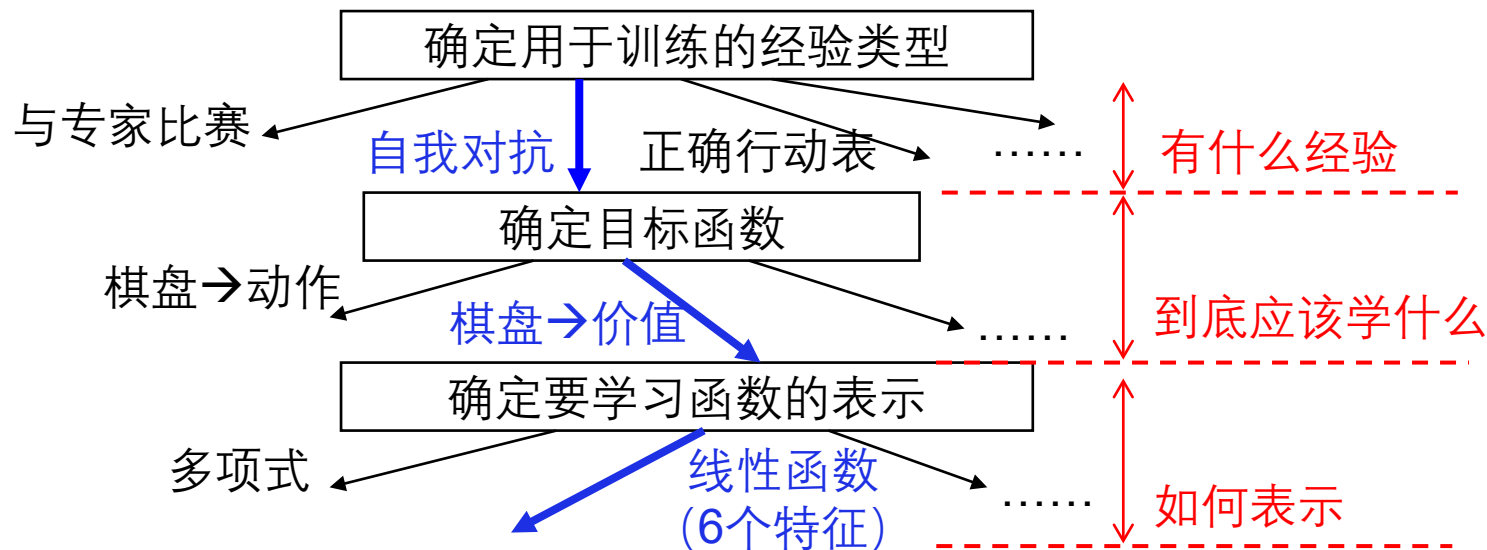
总结 —— 系统设计与方案选择



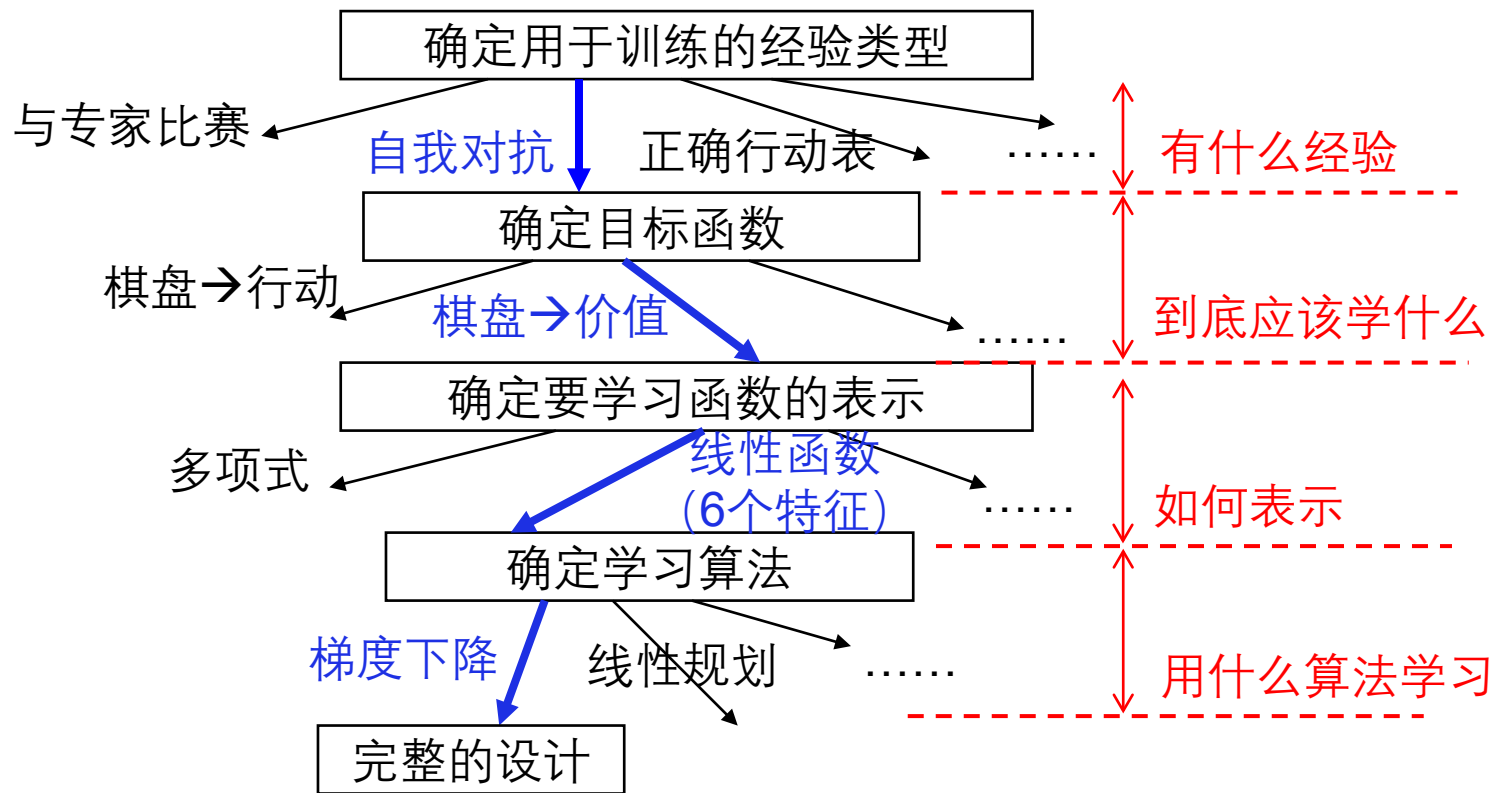
总结 —— 系统设计与方案选择



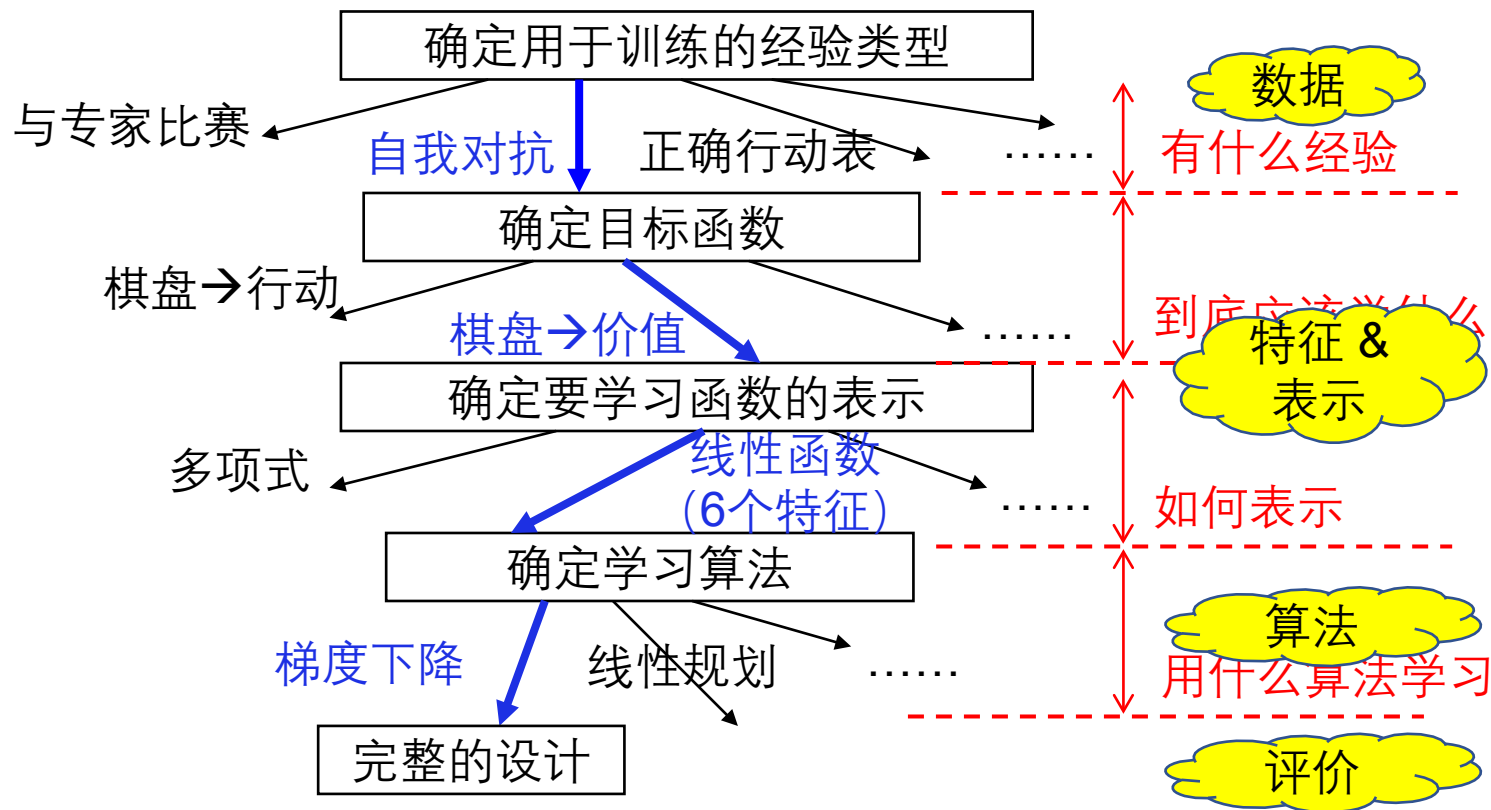
总结 —— 系统设计与方案选择



总结 —— 系统设计与方案选择



总结 —— 系统设计与方案选择



二、机器学习领域的基本概念

基本概念 (通常在机器学习领域中使用)

- 给定：
 - 实例空间(Instance Space) X
 - 例：每一天由一些属性描述 天空, 空气温度, 湿度, 风, 水, 预报
 - 假设空间(Hypothesis Space) H
 - 例：一个假设 *if* (温度 = 寒冷 AND 湿度 = 高) *then* 打网球 = 否
 - 训练样例空间(Sample Space) D 目标概念(Target Concept) C
 - 正例和负例 (基于问题设定) $\langle x_1, c(x_1) \rangle, \dots, \langle x_m, c(x_m) \rangle$
- 求：假设 $h \in H$ 满足

$$h(x) = c(x) \text{ for all } x \in X$$

基本概念 （通常在机器学习领域中使用）

- 通常 X 的大小是指数级甚至更大，所以通常我们无法保证 $h(x)=c(x)$ 对所有 $x \in X$
- 作为替代，我们寻求一个好的近似，例： $h(x)=c(x)$ 对所有 $x \in D$

例如：假设 h 为 n 个二值属性 / 特征（例：温暖 / 寒冷）

- 实例空间 X ： 2^n 元素
- 概念（假设）空间 H ：最多 2^{2^n} 个元素（为什么？）

Topic 1. 机器学习概述总结

- 应用背景
- 通用机器学习系统设计
- 什么是机器学习
 - T (Task, 任务)
 - E (Experience, 经验)
 - P (Performance, 性能)
- 机器学习系统举例
- 机器学习领域的基本概念

数据

特征和表示

算法

评价