

Part III-B: Artificial Intelligence Outline

Lecture by 熊庆宇

Note by THF

2024 年 10 月 14 日

目录

1	人工智能发展历程	2
2	人工智能的知识表示	4
2.1	概述	4
2.2	命题逻辑	5
2.3	谓词逻辑	6
2.4	产生式知识表示法	8
2.5	框架式表达方法	9
2.6	状态空间表示法	11
3	搜索求解策略	14

人工智能大事件

1. GPT(ChatGPT), 2022.11
2. ERINE(文心一言), 2023.3
3. GPT4(多模态, Sora), 2024.2

Notation. 历史上人工智能与人类对弈:

1. 1997.5, IBM DeepBlue vs 卡斯帕罗夫 (国际象棋)

2. 2016.3, Google Alpha Go vs Lee & Ke
3. 2019.7, Facebook Pluribus vs 德州扑克世界冠军

算法案例化:

{
人心可测
路径导航
数码寻优
适者生存
蚁群觅食
性别预测
电影分类
...

课程要求

32 学时, 16 节课

教材: 人工智能导论

课后作业: 选修《人工智能导论》的动因、定位、设想, 800-1000 字

Notation. 课程有闭卷考试 (60%), 9-10 次作业和 2 次报告 (40%)

考试基于课上内容

1 人工智能发展历程

人工智能发展开始: 1956 年

孕育期: 1956 年前

Notation. 1943 年麦克洛奇和皮兹建成第一个神经网络模型 (MP 模型)

1949 年提出了 Hebb 规则 (激发函数规则)

神经网络的一些标准: 神经元层数、个数, 激发函数, 连接方式 (全连接/非全连接), **权重**,

第一次低谷期：1957-1973

形成期：1974-1980

黄金期：1980-1987

专家系统出现：MYCIN,PROSPECTOR,XCON 等

AI 被引入市场：Rumelhart 提出 BP（反向传播）算法，实现多层神经网络学习

第二次低谷期：1987-1993

专家系统难以使用、升级、维护，AI 未能完成既定目标

平稳期：1993-2011

蓬勃期：2012 至今

小结

Notation. 图灵测试：在封闭的房间中，一个人分别对两个对象询问并获得答案，两个对象分别是 AI 和人类，判断 AI 是否具备人类的特征

Notation. 人工智能三大学派：

1. 符号学派
2. 连接主义
3. 行为主义

Notation. 行为主义的代表性成果：蚁群算法、粒子群算法

比较三种主流方法：

表 1: 学习模式

符号主义	连接主义	行为主义
与人类逻辑类似	直接从数据中学习	从经验中持续学习

第一章作业：1-19 题

2 人工智能的知识表示

2.1 概述

研究人工智能的目的：使其得以模拟、延伸、扩展，

Notation. 人是一个物理符号系统

为使人工智能达到相应的功能：将知识破译、重新编码、建立相应的符号系统

Notation. 知识的层次：

现象 \Rightarrow 数据 \Rightarrow 信息 \Rightarrow 知识 \Rightarrow 智慧

数据：一些无关联的现象

数据 \rightarrow 信息：组织、分析

信息 \rightarrow 知识：解释、评价

知识 \rightarrow 智慧：理解、归纳

Example. 数据：下雨了，温度下降至 15 度

信息：地面水蒸发，遇冷暖峰过境

知识：理解下雨、蒸发、空气状况、地形、风向等及其中的作用机理

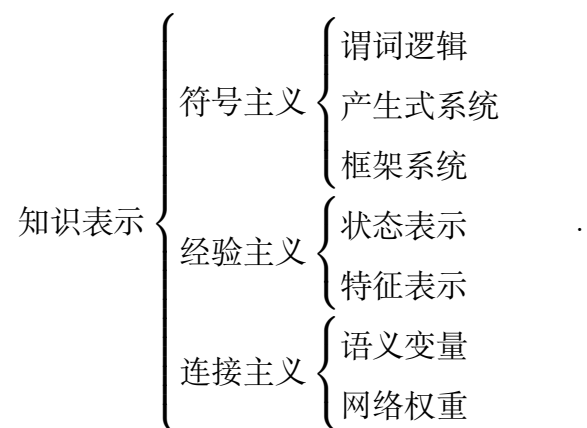
智慧：模拟天气变化，人工天气可控化

Notation. 知识的特性：

1. 相对正确性
2. 不确定性
3. 可表示性和可利用性

Question. 如何将人类知识形式化/模型化

对知识的一种描述或约定：转化为机器可接受描述的形式

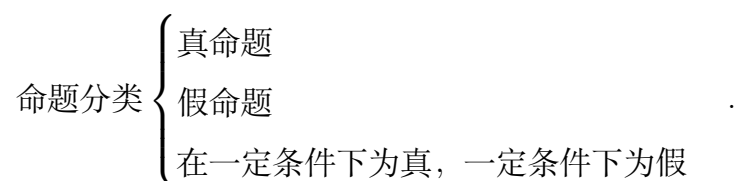


Notation. 亚里士多德提出了“三段论”演绎推理方法

莱布尼茨在 17 世纪提出二进制，乔治贝尔提出用简单符号表示逻辑命题，产生了“贝尔代数”：适于机器使用的数学规律

概念理论由概念名、概念内涵和概念外延组成

Notation. 命题：一个非真即假的陈述句



对于 $R: x < 8$ 由于 R 的真假依赖于 x 的取值，因此无法判断

2.2 命题逻辑

Notation. 蕴含连结词：“若 p 则 q ”称为 p 对 q 的蕴含式： $p \rightarrow q$

表 2: 命题的五种连结词

\wedge (and)	\vee (or)	\neg (not)	\Rightarrow (implies)	\Leftrightarrow (forth and come)
----------------	-------------	--------------	-------------------------	------------------------------------

Notation. 充分条件： $p \subset q$ 即 $p \Rightarrow q$

表 3: 命题真值表

p	q	$\neg p$	$p \wedge q$	$p \vee q$	$p \Rightarrow q$	$p \Leftrightarrow q$
F	F	T	F	F	T	T
F	T	T	F	T	T	F
T	F	F	F	T	F	F
T	T	F	T	T	T	T

Example. 符号化:

1. 铁和氧化合但铁和氮不化合:

p = 铁和氧化合, q = 铁和氮化合.

Org: $p \vee (\neg q)$.

2. 小张或小明通过了 CET6

p = 小张通过 CET6, q = 小明通过 CET6.

Org: $p \vee q$.

3. 如果我下班早, 就去商城看看, 除非我很累

p = 我下班早, q = 我很累, r = 我会去商城.

Org: $(p \wedge (\neg q)) \Rightarrow r$.

Notation. 命题逻辑的优劣:

优点: 能把客观世界的各种事实转化为逻辑命题

缺点: 不适合表达复杂问题、细节缺省

2.3 谓词逻辑

Definition. 谓词逻辑: 一种形式语言, 接近自然语言, 方便计算机处理

谓词: 用于刻画个体的性质、状态和个体之间关系的成分

Example. x 是 A 类型的命题使用 $A(x)$ 表达

x 大于 y 可表达为 $B(x, y)$

$A(x)$ 称为一元谓词, $B(x, y)$ 称为二元谓词

用 $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示一个 n 元谓词公式, P 为 n 元谓词, x_1, x_2, \dots, x_n 为客体变量或变元

定义谓词 $U(x)$ 表示 x 为大学生, 该谓词可以记录相关的属性

语法元素:

1. 常量 (个体符号): 通常是对象的名称
2. 变量符号: 小写字母
3. 函数符号: 小写英文字母 f, g 等

Example. 我喜欢音乐和绘画:

$$\text{Like}(\text{I}, \text{Music}) \wedge \text{Like}(\text{I}, \text{Painting}).$$

连词:

1. 与/合取: $\text{Like}(\text{I}, \text{Music}) \wedge \text{Like}(\text{I}, \text{Painting})$
2. 或/析取

Notation. 全称量词 \forall

Example. 所有机器人都是灰色的:

$$\forall (x) [\text{Robot}(x) \rightarrow \text{Color}(x, \text{gray})].$$

Notation. 存在量词 \exists

Example. 1 号房间有一个物品:

$$\exists (x) \text{InRoom}(x, R_1).$$

函数和命题的区别:

函数是定义域到值域的映射

命题是定义域到 $\{\text{True}, \text{False}\}$ 的映射

Example. 符号化 “所有数的平方是非负的”:

1. 个体 x
2. 函数符号 f : 某数的平方
3. 谓词 Q : 某个数是非负的
4. 符号化: $(\forall x) Q(f(x))$

第二种:

1. 个体 z : 表达一个数
2. 谓词 R : x 是一个实数
3. 函数符号 f
4. 谓词 Q
5. 符号化: $(\forall z) [R(z) \rightarrow Q(f(z))]$

谓词逻辑推理形式化

Example. 所有人都会死, 孔子是人, 所以孔子会死:

$$(\forall x) (A(x) \rightarrow B(x)) \wedge A(\text{Confucious}) \rightarrow B(\text{Confucious}).$$

Notation. 谓词逻辑的优点: 自然性、精确性、易实现

缺点: 不能表示不确定性知识, 过于自由而兼容性差

应用:

1. 自动问答系统
2. 机器人行动规划系统
3. 机器博弈系统
4. 问题求解系统

作业: 第二章 1-18 题

2.4 产生式知识表示法

Notation. 确定性规则知识产生式:

$$P \rightarrow Q.$$

不确定性规则知识产生式:

$$P \rightarrow Q(\text{Conf}).$$

确定性规则知识产生式表示:

$$(\text{Relate}, a, b).$$

不确定性规则知识产生式表示:

$$(\text{Relate}, a, b, \text{Conf}).$$

Notation. 产生式规则和谓词逻辑的区别:

1. 产生式规则额外包含各种操作、规则、转换、算子、函数等
2. 产生式可以不精确表示知识

产生式规则缺点: 效率较低

应用: 专家系统

Notation. 专家系统组成:

第一层: 人机交互界面

第二层: 知识获取、推理机、解释器

第三层: 知识库、综合数据库

专家系统的局限性:

1. 知识获取的瓶颈
2. 规则“跷跷板”问题
3. 知识动态化困难

作业: 第二章 19-23 题

2.5 框架式表达方法

Definition. 框架: 对某种知识的整体认识, 描述所论对象属性的数据结构

通过框架可以生成表格

Example. 框架: 课程

框架理论使用层次化结构表达知识

表 4: 上课

XXX 课程	
课程需求	需求 1
	需求 2
	需求 3
课程内容	内容 1
	内容 2
	内容 3
...	...

表 5: 框架

框架名			
槽名 1	侧面名 11	值 111, 值 112, ...	约束条件 ...
	侧面名 12	值 121, 值 122, ...	
	侧面名 13	值 131, 值 132, ...	
槽名 2	侧面名 21	值 211	
	侧面名 22	值 212	
	侧面名 23	值 213	
...	
关联框架	< 框架名 1, 关系 >, < 框架名 2, 关系 >...		

Example. 例: 教师

框架名: 教师

1. 姓名 (VARCHAR(12))
2. 年龄 (INT)
3. 性别 (男、女)
4. 职称 (教授、副教授、讲师、助教)
5. 部门: (系、教研室)
6. 住址: (VARCHAR(64))
7. 工资 (INT)
8. 开始工作时间 (DATETIME)

9. 截止时间 (DATETIME, DEFAULT DATE(CURRENT_TIMESTAMP))

10. 框架关联: 教职工, 教师

Notation. 框架表达的特点:

1. 结构性
2. 继承性
3. 自然性

作业: 习题 24,25

2.6 状态空间表示法

Notation. 回忆:

命题 \rightarrow 谓词 \rightarrow 产生式 \rightarrow 框架 \rightarrow 状态

Definition. 状态空间表示法: 表示问题及其搜索过程

Example. 与空格相连的棋子可以移动到空格中:

表 6: 初始状态

2	8	3
1		4
7	6	5

如何将某一初始状态变成目标状态:

表 7: 目标状态

1	2	3
8		4
7	6	5

Example. 渡河问题: 三个传教士 M 和三个野人 C 过河, 只有一条能装下两个人的船, 在河的一方或船上, 如果野人的人数大于传教士的人数, 那么传教士会有危险, 如何使所有人安全地过河

状态空间适用的场景

- 调度
- 分配
- 导航
- 路径规划
- 游戏
- ...

Notation. 状态空间法主要包括:

1. 状态集: 其中的每个元素表示一种状态
2. 操作算符集: 连结状态间的条件
3. 状态空间: 包括状态集、操作算符集、目标状态集

Example. 某棋局:

表 8: 棋盘 S

X_1	X_2	X_3
X_8	X_0	X_4
X_7	X_6	X_5

用 $S = (X_0, X_1, \dots, X_8)$ 表示状态, 0 代表空格

如: 表 6 表示为: $S_0 = (0, 2, 8, 3, 4, 5, 6, 7, 1)$

表 7 表示为 $S_8 = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)$

将表 6 中棋子 4 左移, 状态变为: $S_1 = (4, 2, 8, 3, 0, 5, 6, 7, 1)$

表 9: S1

2	8	3
1	4	
7	6	5

继续移动, 直至找到一套操作得到状态 $S_8 : S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow \dots \rightarrow S_8$

该问题称为八数码难题

Notation. 八数码难题的算符:

仅为空格制定操作: 空格上下左右移动, 空格的约束条件为不能移出棋盘

表 10: $S_0 \rightarrow S_1$

2		3	$\xrightarrow{\text{空格向左移}}$		2	3
1	8	4		1	8	4
7	6	5		7	6	5

Example. 此时空格有 3 种移动方式

Notation. 状态空间图:

把初始状态可达到的各状态所组成的空间设想为由各种状态对应的节点组成的图 (有向图)

图的节点表示状态

图的边表示操作算符

Example. 二阶汉诺塔问题:

$S_i(a, b)$ 表示状态盘 A 在 a 柱上, 盘 B 在 b 柱上

算符: $A(i, j)$ 表示将 A 盘从 i 柱移动到 j 柱

$B(i, j)$ 同理

汉诺塔问题的状态图可以是双向图, 限制为: A 不能在 B 下方

Example. 渡河问题:

初始状态: $(0, 0, 0)$

目标状态: $(3, 3, 1)$

状态格式: (右岸传教士数量, 右岸野人数量, 船的位置)

算符:

Move-1m1c-lr: 将一个传教士和一个野人从左边传到右边

Move-2c-lr: 将两个野人从左边移到右边

Move-1m-rl: 将一个传教士从右边移动到左边

操作:

$(0, 0, 0) \xrightarrow{\text{Move-1m1c-lr}} (1, 1, 1) \xrightarrow{\text{Move-1c-rl}} (1, 0, 0) \xrightarrow{\text{Move-2c-lr}} (1, 2, 1) \xrightarrow{\text{Move-1c-rl}} (1, 1, 0) \rightarrow \dots$

作业: 第 26-29 题

3 搜索求解策略

Notation. 早期搜索策略：图搜索、盲目搜索、启发式搜索

高级搜索技术：规则演绎系统、产生式系统

Definition. 搜索技术：根据问题的实际情况，不断寻找可利用的知识，构造出一条代价较少的推理路线

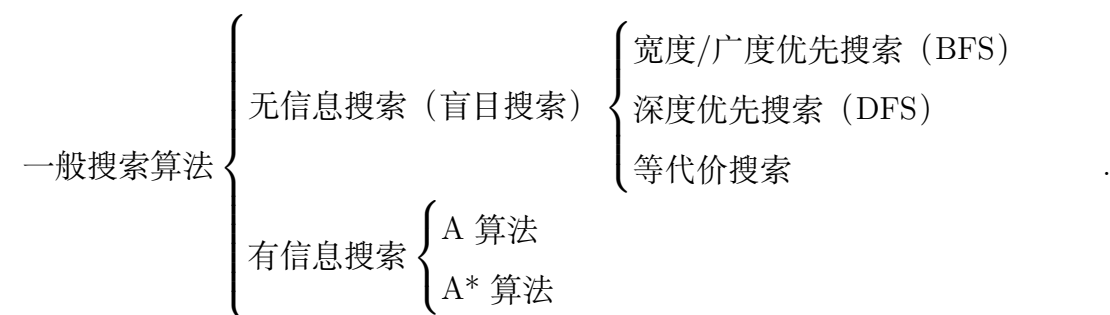
搜索技术是 AI 的基本技术之一

搜索好的标准：

1. 搜索空间小
2. 解最佳

Example. 爬山路径：

1. 问题全状态空间：整座山
2. 搜索空间：山的路
3. 解：爬山路径



Notation. 搜索算法：

必须记住哪些节点已经遍历（OPEN 表）

需给出下一步可以选择哪些节点（CLOSED 表）

必须记住从目标节点返回的路径

Notation. BFS: Breath-First Search

首先扩展根节点

然后扩展根节点的**所有后继节点**

以此类推，在第 n 层节点未完全遍历之前不进入第 $n + 1$ 层的遍历