程表示法 00 00000000 模糊认知 000000 00 000

## 人工智能

人工智能概述

主讲: 赵国亮

内蒙古大学电子信息工程学院

March 30, 2020

国架表示法 近 00000000000 C 0000000 C 程表示法 00 00000000 模糊认知[ 000000 00 000

## 目录 I

- 1 知识与知识表示的概念
  - 知识的概念
  - 论域和谓词
- 2 谓词逻辑表示方法
  - 移盒子问题
  - 猴子摘香蕉问题——表示特征
- 3 产生式表示法
  - 产生式系统的基本结构——系统结构及其说明
  - 产生式系统的基本过程-基本过程
- 4 语义网络表示法
  - 类属关系

框架表示法 1 00000000000 ( 0000000 ( 00000000 程表示法 00 00000000 模糊认知[ 000000 00 000

## 目录 ||

- 语义网络表示多元关系
- 语义网络的蕴含关系节点
- 5 框架表示法
  - 实例框架
  - 特性继承过程
- 6 过程表示法
  - 过程性知识表示
  - 同学问题的过程表示
- 7 模糊认知图
  - 模糊认知图概念

ooo

## 目录Ⅲ

- 模糊认知图的参数训练
- 作业

国架表示法 近 00000000000 C 0000000 C 程表示法 00 00000000

## 知识表示方法 KR

#### 知识就是力量

英国哲学和自然科学家, 归纳法的创立者"培根"(F.Bacon(1561—1626))按照符号主义的观点, 知识是一切智能行为的基础, 要使计算机具有智能, 首先必须使它拥有知识.

产生式表示法 

性架表示法  程表示法  模糊认知图 



框架表示法 000000000000 0000000 00000000 呈表示法 模糊 0 00000000 00 00

知识的概念

# 什么是知识

### 概念的定义

"概念"是对特征的独特组合而形成的知识单元。德国工业标准将概念定义为一个"通过使用抽象化的方式从一群事物中提取出来的反映其共同特性的思维单位"。

- 知识是人们在改造客观世界的实践中积累起来的认识和经验.
- 认识: 是人脑反映客观事物的特性与联系、并揭露事物对人的意义与作用的思维活动. 是人脑反映客观事物的特性与联系、并揭露事物对人的意义与作用的思维活动. 包括对事物现象、本质、属性、状态、关系、联系和运动等属性概念的认识.

产生式表示法 00000000 00000000000 000000000000

框架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 表示法 模糊 000 000000 00 000

知识的概念

### 经验

包括解决问题的微观方法: 如步骤、操作、规则、过程和技巧等.

### 宏观方法

如战略、战术、计谋和策略等.

产生式表示法 00000000 00000000000 000000000000

示法 模糊<sup>-</sup> 0000 0000 000

知识的概念

## 知识的有代表性的定义

## Feigenbaum

(1) 知识是经过剪裁、塑造、解释、选择和转换了的信息.

#### Bernstein

(2) 知识由特定领域的描述、关系和过程组成.

## Heyes-Roth

(3) 知识 = 事实 + 信念 + 启发式.

框架表示法 过档 000000000000 000 0000000 000 00000000 示法 模糊i 0000 0000 000

知识的概念

## 知识、信息、数据及其关系

#### 数据

■ 是信息的载体,本身无确切含义,其关联构成信息.未经加工的原始事实或观察的结果.声音、图像,称为模拟数据。也可以是离散的,如符号、文字,称为数字数据。在计算机系统中,数据以二进制形式表示.

#### 信息

是数据的关联, 赋予数据特定的含义, 仅可理解为描述性知识. 泛指人类社会传播的一切内容

:程表示法 oo ooooooo 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

### 知识

可以是对信息的关联, 也可以是对已有知识的再认识. 知识的价值判断标准在于实用性, 以能否让人类创造新物质, 得到力量和权力等等为考量.

#### 常用的关联方式

if ····· then ····· 扩展: Matlab 中的 table、数据表.

知识与知识表示的概念 

知识的概念

## 知识的类型

#### 知识的性质

■ 概念、命题、公理、定理、规则和方法.

### 知识的作用域

- 常识性知识: 通用通识的知识. 人们普遍知道的和适应所有领域的知识.
- 领域性知识: 面向某个具体专业领域的知识. 例如专家经验——模糊知识.

表示法 模糊 000 000000 00

知识的概念

## 按知识的作用效果划分

#### 事实性知识

■ 用于描述事物的概念、定义、属性等; 或用于描述问题的状态、环境和条件等.

### 控制性知识

■ (元知识或超知识) 是关于如何使用过程性知识的知识;

### 元知识或超知识

■ 是关于知识的知识;

世 000000000000 00000000 00000000

世程表示法 1000 1000000000 模糊认知[ 000000 00 000

知识的概念

### 例 1.1

推理策略、搜索策略和不确定性的传播策略.

### 按知识的层次划分——表层知识

● 描述客观事物的现象的知识.

例 1.2

感性和事实性知识.



在架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 模糊认知[ 000000 000 000 000

知识的概念



示法 模糊 000 0000 00 000

知识的概念

## 知识的确定性层面

确定性知识

可以说明其真值为真或为假的知识

不确定性知识

包括不精确、模糊和不完备知识

程表示法 模様 0 00 0000000 00 00

模糊认知 000000 00 000

知识的概念

# 知识的等级

- <u>不精确</u>: 知识本身有真假, 但由于认识水平限制却不能肯定其真假. 表示: 用可信度、概率等描述.
- <u>模糊</u>:知识本身的边界就是不清楚的.例如:大,小等.表示:用可能性、 隶属度来描述.
- 不完备: 解决问题时不具备解决该问题的全部知识. 例如: 医生看病.
- 零级知识: 叙述性知识.
- 一级知识: 过程性知识.
- 二级知识: 控制性知识 (元知识或超知识).

表示法 模糊 000 0000000 00

知识的概念

# 知识概念的表示

### 知识表示

是对知识的描述,即用一组符号把知识编码成计算机可以接受的某种结构. 其表示方法不唯一.

### 知识表示的要求

- 表示能力: 能否正确、有效地表示问题. 包括:
  - 表示范围的广泛性.
  - 领域知识表示的高效性.
  - 对非确定性知识表示的支持程度.

程表示法 00 00000000 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

### 可利用性

可利用这些知识进行有效推理.

- 对推理的适应性: 推理是根据已知事实利用知识导出结果的过程.
- 对高效算法的支持程度: 知识表示要有较高的处理效率.

### 可实现性

要便于计算机直接对其进行处理

- 可组织性: 可以按某种方式把知识组织成某种知识结构.
- 可维护性: 便于对知识的增、删和改等操作.
- 自然性: 符合人们的日常习惯.
- 可理解性: 知识应易读、易懂和易获取等.

框架表示法 j 00000000000 ( 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

## 知识表示的几种观点及方法

#### 知识表示的观点

- 陈述性观点: 知识的存储与知识的使用相分离.
  - 优点: 灵活、简洁, 演绎过程完整、确定, 知识维护方便.
  - 缺点: 推理效率低、推理过程不透明.
- 过程性观点: 知识寓于使用知识的过程中.
  - 优点: 推理效率高、过程清晰. 缺点: 灵活性差、知识维护不便.

过程表示法 900 900000000 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

## 知识表示的方法

#### 知识表示的方法

- 逻辑表示法: 一阶谓词逻辑.
- 产生式表示法: 产生式规则.
- 结构表示法: 语义网络和框架表示法.
- 过程表示法:

框架表示法 j 00000000000 ( 00000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

## 一阶谓词逻辑表示法

### 一阶谓词逻辑表示法

是一种基于数理逻辑的表示方法. 数理逻辑是一门研究推理的学科.

### 一阶谓词逻辑表示的分类:

- 一阶经典逻辑: 一阶经典命题逻辑, 一阶经典谓词逻辑.
- 非一阶经典逻辑: 指除经典逻辑以外的那些逻辑.

### 例 1.4

二阶逻辑, 多值逻辑, 模糊逻辑等.



平生式表示法 00000000 00000000000 0000000000000

世界表示法 过 00000000000 0 0000000 0 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

知识的概念

## 逻辑学基础

- 一阶谓词逻辑表示的逻辑学基础
  - 命题和真值; 论域和谓词; 连词和量词; 项与合式公式; 自由变元与约束变元.
  - 谓词逻辑表示方法.
  - 谓词逻辑表示的应用.
  - 谓词逻辑表示的特性.

框架表示法 近 00000000000 0 0000000 0 00000000 表示法 模糊 000 00000 00

知识的概念

## 一阶谓词逻辑表示的逻辑学基础——命题与真值

#### 断言

一个陈述句称为一个断言.

### 命题

具有真假意义的断言称为命题.

- T: 表示命题的意义为真.
- F: 表示命题的意义为假.

表示法 模糊 000 00000 00 000

知识的概念

## 命题真值的说

### 命题真值的说明

■ 一个命题不能同时既为真又为假.

#### 命题真值的说明

■ 一个命题可在一定条件下为真, 而在另一条件下为假.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 示法 模糊 000 0000 00 000

论域和谓词

## 论域和谓词

### 论域

由所讨论对象的全体构成的集合. 亦称为个体域.

### 个体

论域中的元素.

#### 谓词和个体

谓词: 在谓词逻辑中命题是用形如  $P(x_1,x_2,\cdots,x_n)$  的谓词来表示.

谓词名: 是命题的谓语, 表示个体的性质、状态或个体之间的关系.

个体: 是命题的主语, 表示独立存在的事物或概念.

00000000000000

世栄表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

论域和谓词

## n 元谓词定义

#### n 元谓词

设 D 是个体域,  $P:D^n \to \{T,F\}$  是一个映射, 其中

$$D^{n} = \{(x_{1}, x_{2}, \cdots, x_{n}) | x_{1}, x_{2}, \cdots, x_{n} \in D\}. \tag{1}$$

则称 P 是一个 n 元谓词, 记为  $P(x_1,x_2,\cdots,x_n)$ , 其中,  $x_1,x_2,\cdots,x_n$  为个体, 可以是个体常量、变元和函数.

产生式表示法 00000000 00000000000 0000000000000

在栄表示法 000000000000 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000

模糊认知 000000 00 00 000

论域和谓词

## 谓词举例

#### 例 1.5

GREATER(x, 6) x 大于 6
TEACHER(father(Wang Hong)) 王宏的父亲是一位教师.



### n 元函数

设 D 是个体域,  $f:D^n\to D$  是一个映射, 其中

$$D^n = \left\{ (x_1, x_2, \cdots, x_n) \, | x_1, x_2, \cdots, x_n \in D \right\}. \tag{2}$$

则称 f 是 D 上的一个 n 元函数, 记作  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

过程表示法 000 000000000

模糊认知 000000 0 00 000

论域和谓词

## 谓词与函数的区别

#### 映射域不同

谓词是 D 到 {T, F} 的映射, 函数是 D 到 D 的映射.

#### 真值域不同

谓词的真值是 T 和 F, 函数的值 (无真值) 是 D 中的元素.

### 存在域不同

谓词可独立存在, 函数只能作为谓词的个体

性栄表示法 000000000000 0000000 00000000 示法 模糊 000 00000 00 000

论域和谓词

## 连词

#### 连词

- ¬: "非"或者"否定".表示对算符后面跟着的命题的否定.
- ∨: "析取".表示所连结的两个命题之间具有"或"的关系.
- △: "合取".表示所连结的两个命题之间具有"与"的关系.
- →: "条件"或"蕴含".表示"若···则···"的语义.读作"如果 P,则 Q",其中, P 称为条件的前件, Q 称为条件的后件.
- ↔: 称为"双条件". 它表示"当且仅当"的语义. 即读作"P当且仅当Q".

世 00000000000 0000000 0000000 0000000 法 模糊i 0000 000 000

论域和谓词

例 1.6

对命题 P 和 Q, P  $\leftrightarrow$  Q 表示 "P 当且仅当 Q",



表 1: 真值表

Р	Q	$\neg P$	P∨Q	$P \wedge Q$	$P{ ightarrow}Q$	P↔Q
Т	Т	F	Т	Т	Т	Т
Τ	F	F	Τ	F	F	F
F	Τ	Τ	Τ	F	Τ	F
F	F	Т	F	F	Τ	T

性架表示法 过机 000000000000 00 00000000 00000000 示法 模糊i 0000 0000 000

论域和谓词

## 量词

### 全称量词

意思是"所有的"、"任一个".

命题  $(\forall x)P(x)$  为真, 当且仅当对论域中的所有 x, 都有 P(x) 为真. 命题  $(\forall x)P(x)$  为假, 当且仅当至少存在一个  $x_i \in D$ , 使得  $P(x_i)$  为假. 存在量词, 意思是 "至少有一个"或者 "存在有". 命题  $(\exists x)P(x)$  为真, 当且仅当至少存在一个  $x_i \in D$ , 使得  $P(x_i)$  为真. 命题  $(\forall x)P(x)$  为假, 当且仅当对论域中的所有 x, 都有 P(x) 为假.

框架表示法 过 00000000000 00 0000000 00 00000000

过程表示法 )00 )000000000 模糊认知 000000 00 000

论域和谓词

## 项与合式公式

#### 项满足如下规则

- (1) 单独个体词是项;
- (2) 若  $t_1, t_2, \dots, t_n$  是项, f 是 n 元函数, 则  $f(t_1, t_2, \dots, t_n)$  是项;
- (3) 由 (1)、(2) 生成的表达式是项.

#### 项的解释

项是把个体常量、个体变量和函数统一起来的一念.

框架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 示法 模糊i 0000 0000 000

论域和谓词

### 原子谓词公式

若  $t_1, t_2, \dots, t_n$  是项, P 是谓词, 则称  $P(t_1, t_2, \dots, t_n)$  为原子谓词公式.

### 合式公式的判定

- (1) 单个原子谓词公式是合式公式;
- (2) 若 A 是合式公式,则 ¬A 也是合式公式;
- (3) 若 A, B 是合式公式, 则  $A \lor B, A \land B, A \rightarrow B, A \leftrightarrow B$  也都是合式公式;
- (4) 若 A 是合式公式, x 是项, 则 (∀x)A(x) 和 (∃x)A(x) 都是合式公式.

注程表示法 900 900000000

模糊认知 000000 00 000

论域和谓词

# 自由变元与约束变元

#### 例 1.7

 $\neg P(x,y) \lor Q(y), (\forall x)(A(x) \to B(x))$  都是合式公式.



### 连词的优先级 (从高到低

$$\neg, \land, \lor, \rightarrow, \leftrightarrow.$$

- 辖域: 指位于量词后面的单个谓词或者用括弧括起来的合式公式.
- 约束变元: 辖域内与量词中同名的变元称为约束变元.
- 自由变元: 不受约束的变元称为自由变元.

表示法 模糊 000 000000 000

论域和谓词

例 1.8

$$(\forall x)(P(x,y) \rightarrow Q(x,y)) \lor R(x,y).$$

•

其中,  $(P(x,y) \rightarrow Q(x,y))$  是  $(\forall x)$  的辖域.

辖域内的变元 x 是受  $(\forall x)$  约束的变元, R(x,y) 中的 x 和所有的 y 都是自由变元.

\*生式表示法 00000000 000000000000 0000000000000

示法 模糊 000 0000 00

论域和谓词

# 变元的换名

# 谓词换名

谓词公式中的变元可以换名.

第一: 对约束变元, 必须把同名的约束变元都统一换成另外一个相同的名字, 且不能与辖域内的自由变元同名.

第二: 对辖域内的自由变元, 不能改成与约束变元相同的名字.

框架表示法 近 00000000000 0 0000000 0 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知[ 000000 00 000

论域和谓词

# 谓词公式中的变元换名



对  $(\forall x P(x,y))$ , 可把约束变元 x 换成 z, 得到公式  $(\forall z) P(z,y)$ .



### 例 1.10

对  $(\forall x)P(x,y)$ , 可把 y 换成 z, 得到  $(\forall z)P(x,z)$ , 但不能换成 x.



框架表示法 过程表 00000000000 000 0000000 0000 00000000 京法 模糊i 0000 0000 000

论域和谓词

# 表示步骤 1

(1) 先根据要表示的知识定义谓词.

### 表示步骤 2

(2) 再用连词、量词把这些谓词连接起来.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 世程表示法 900 900000000 模糊**认知**[ 000000 00 000

# 谓词逻辑表示方法

### 例 2.1

表示知识"所有教师都有自己的学生".

- 定义谓词: T(x): 表示 x 是教师. S(y): 表示 y 是学生. TS(x,y): 表示 x 是 y 的老师.
- 表示知识:  $(\forall x)(\exists y)(T(x) \rightarrow TS(x,y) \land S(y))$ .
- 可读作: 对所有 x, 如果 x 是一个教师, 那么一定存在一个个体 y, y 的老师是 x, 且 y 是一个学生.



框架表示法 ; 00000000000 ( 0000000 00000000 性程表示法 900 900000000 模糊认知 000000 00 000

# 例 2.2

表示知识"所有的整数不是偶数就是奇数".



### 定义谓词

I(x): x 是整数, E(x): x 是偶数, O(x): x 是奇数.

表示知识:

$$(\forall x)(I(x) \rightarrow (E(x) \lor O(x))).$$

### 知识表示— -示例

### 例 2.3

表示如下知识:

王宏是计算机系的一名学生, 王宏和李明是同班同学, 凡是 计算机系的学生都喜欢编程序,

■ 定义谓词:

COMPUTER(x): 表示 x 是计算机系的学生.

CLASSMATE(x, y): 表示 x 和 y 是同班同学.

LIKE(x, v): 表示 x 喜欢 v.

# 例 2.4

■ 表示知识: COMPUTER(Wang Hong) CLASSMATE(Wang Hong, Li Ming)

¢

 $(\forall x)(COMPUTER(x) \rightarrow LIKE(x, programming))).$ 

性条衣示法 00000000000 0000000 00000000 t程表示法 oo oooooooo

模糊认知 000000 00 000

移盒子问题

# 谓词逻辑表示的应用

# 机器人移盒子问题——分别定义描述状态和动作的谓词

- TABLE(x): x 是桌子.
- EMPTY(y): y 手中是空的.
- AT(y,z): y 在 z 处.
- HOLDS(y, w): y 拿着 w.
- ON(w, x): w 在 x 桌面上.

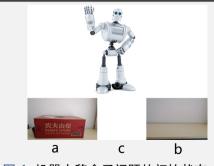


图 1: 机器人移盒子问题的初始状态

性栄衣不法 2 00000000000 C 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知[ 000000 00 000

#### 移盒子问题

# 变元的个体域

- 桌子 x 的个体域是 {a,b}.
- 机器人 y 的个体域是 {robot}.
- 位置 z 的个体域是 {a,b,c}.
- 盒子 w 的个体域是 {box}.

谓词逻辑表示方法 ○○○○ ○○●○○○○○○○

性米衣水法 2 000000000000 C 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000

模糊认知 000000 00 000

移盒子问题

# 问题的初始状态

# 问题的初始状态

- AT(robot, c)
- EMPTY(robot)
- ON(box, a)
- TABLE(a)
- TABLE(b)

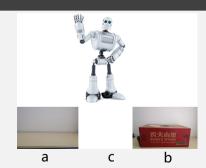


图 2: 机器人移盒子问题的初始状态

谓词逻辑表示方法 ○○○○ ○○○○

性栄養不法 型 00000000000 00 0000000 00 00000000 示法 模糊 000 0000 00 000

移盒子问题

# 问题的目标状态

# 问题的目标状态

- AT(robot, c)
- EMPTY(robot)
- ON(box, b)
- TABLE(a)
- TADLE(
- TABLE(b)





架表示法 0000000000 000000 0000000 表示法 模糊 000 000000 00

移盒子问题

# 描述操作的谓词

# 机器人行动的目标

把问题的初始状态转换为目标状态,问题状态转换需要一系列的操作.

# 条件部分

- 用来说明执行该操作必须具备的先决条件.
  - 可用谓词公式来表示.

# 动作部分

- 给出了该操作对问题状态的改变情况.
  - 通过在执行该操作前的问题状态中删去和增加相应的谓词来实现.

世栄衣示法 00000000000 0000000 00000000 表示法 模糊 00000000 000 0000000 000

移盒子问题

# 需定义的操作

- Goto(x,y): 从 x 处走到 y 处.
- Pickup(x): 在 x 处拿起盒子.
- Setdown(x): 在 x 处放下盒子.

### Goto

- 条件: AT(robot, x).
- 动作: 删除表: AT(robot, x); 添加表: AT(robot, y).

移盒子问题

# Pickup(x)

- 条件: TABLE(x), ON(box, x), AT(robot, x), EMPTY(robot).
- 动作: 删除表: EMPTY(robot), ON(box, x); 添加表: HOLDS(robot, box).

# Setdown(x)

- 条件: AT(robot, x), TABLE(x), HOLDS(robot, box).
- 动作: 删除表: HOLDS(robot, box). 添加表: EMPTY(robot), ON(box, x).

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 900 900000000 模糊认知 000000 00 000

移盒子问题

# 操作的先决条件

机器人每执行一操作前,都要检查该操作的先决条件是否可以满足.如果满足,就执行相应的操作;否则再检查下一个操作.

# 机器人行动规划问题的求解过程

■ 状态 1 (初始状态) AT(robot, c) 开始 EMPTY(robot)

=======> ON(box, a), TABLE(a), TABLE(b)

程表示法 00 00000000

模糊认知 000000 00 000

移盒子问题

### 状态 2

AT (robot, a), Goto(c, a), EMPTY(robot)
=======> ON(box, a)
TABLE(a), TABLE(b)

# 状态 3

AT(robot, a), Pickup(a), HOLDS(robot,box) ======>TABLE(a), TABLE(b)

**示方法** 产生式表: 000000 00• 000000

0 00000 00000

(探表示法 0000000000 000000 0000000

过程表示法 000 000000000

模糊认知 000000 00 00 000

#### 移盒子问题

### 状态 4

AT(robot, b), Goto(a, b) HOLDS(robot,box) ========> TABLE(a), TABLE(b)

# 状态 5

AT(robot, b), Setdown(b) EMPTY(robot) =======> ON(box, b), TABLE(a) TABLE(b)

# 状态 6(目标状态)

AT(robot, c), Goto(b, c), EMPTY(robot)
======> ON(box, b), TABLE(a), TABLE(b)

00000000

00000000000 00 0000000 00 0000000 0000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 猴子摘香蕉问题







а

图 4: 猴子摘香蕉问题

主讲: 赵国亮

内蒙古大学电子信息工程学院

示法 模糊i 0000 00000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 状态谓词

# 描述状态的谓词

■ AT(x,y): x 在 y 处

■ ONBOX: 猴子在箱子上

■ HB: 猴子得到香蕉

性栄衣示法 2 00000000000 C 0000000 00000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知图 000000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 个体域

x: monkey, box, banana

 $Y: \{a, b, c\}$ 

- 问题的初始状态 AT(monkey, a) AT(box, b) ¬ ONBOX, ¬ HB
- 问题的目标状态 AT(monkey, c), AT(box, c) ONBOX, HB

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000 模糊认知[ 000000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 描述操作的谓词

# 描述操作的谓词

- Goto(u, v): 猴子从 u 处走到 v 处
- Pushbox(v, w): 猴子推着箱子从 v 处移到 w 处
- Climbbox: 猴子爬上箱子
- Grasp: 猴子摘取香蕉

\*生氏衣示法 0000000 0000000000 00000000000

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000 模糊认知[ 000000 00 000

#### 猴子摘香蕉问题——表示特征

### 各操作的条件和动作

■ Goto(u, v)

条件: ¬ONBOX , AT(monkey, u),

动作: 删除表: AT(monkey, u)

添加表: AT(monkey, v)

Pushbox(v, w)

条件: ¬ ONBOX , AT(monkey, v), AT(box, v)

动作: 删除表: AT(monkey, v), AT(box, v)

添加表: AT(monkey, w), AT(box,w)

框架表示法 过 00000000000 00 0000000 00 00000000 示法 模糊 000 00000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

Climbbox

条件: ¬ONBOX, AT(monkey, w), AT(box,w)

动作: 删除表: ¬ONBOX

添加表: ONBOX

Grasp

条件: ONBOX, AT(box, c)

动作: 删除表: ¬HB

添加表: HB

框架表示法 过程 200000000000 00 20000000 200000000 示法 模糊i 0000 0000 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 谓词逻辑表示的主要优点

### 自然

一阶谓词逻辑是一种接近于自然语言的形式语言系统, 谓词逻辑表示法接近于 人们对问题的直观理解.

# 明确

有一种标准的知识解释方法,因此用这种方法表示的知识明确、易于理解.

0000000000

表示法 过程 2000000000 000 20000 000 200000 示法 模糊 000 000 000 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

### 精确

谓词逻辑的真值只有"真"与"假",它的表示和推理都是精确的.

### 灵活

知识和处理知识的程序是分开的, 无须考虑处理知识的细节.

### 模块化

知识之间相对独立,这种模块性使得添加、删除和修改知识比较容易进行.

E架表示法 过 00000000000 00 0000000 00 00000000 表示法 模糊 0 000 0000000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 知识表示的主要缺点

- 知识表示能力差: 只能表示确定性知识, 而不能表示非确定性知识、过程性知识和启发式知识.
- 知识库管理困难: 缺乏知识的组织原则, 知识库管理比较困难.
- 存在组合爆炸: 由于难以表示启发式知识, 因此只能盲目地使用推理规则, 这样当系统知识量较大时, 容易发生组合爆炸.
- 系统效率低: 它把推理演算与知识含义截然分开, 抛弃了表达内容中所含有的语义信息, 往往使推理过程冗长, 降低了系统效率.

框架表示法 i 00000000000 c 0000000 00000000 示法 模糊 000 00000 00 000

猴子摘香蕉问题——表示特征

# 二阶逻辑举例

例 2.5

二阶句子

解说变量. 注解: (罗素悖论).

$$\forall \textbf{S} \forall x \Big( x \in \textbf{S} \vee x \notin \textbf{S} \Big),$$

(4)

对于所有个体的集合 S 和所有的个体 x, 要么 x 在 S 中要么不在 (这是二值原理)。最一般的二阶逻辑还包括量化在函数上的变量和

主讲: 赵国亮

E架表示法 i 90000000000 ( 9000000 ( 程表示法 oo ooooooo

模糊认知[ 000000 00 000

# 知识表示-产生式表示法

# 产生式 (Production) 方式

是目前人工智能中使用最多的一种知识表示方法.

# 事实

事实是断言一个语言变量的值或断言多个语言变量之间关系的陈述句.

# 语言变量的值或关系

语言变量的值或语言变量之间的关系可以是数字或词等表示.

E架表示法 i 900000000000 c 90000000 程表示法 00 00000000 莫糊**认知图** 000000 00

### 例 3.1

"雪是白的",其中"雪"是语言变量,"白的"是语言变量的值. "王峰热爱祖国",其中,"王峰"和"祖国"是两个语言变量,"热爱"是语言变量之间的关系.

# 确定性知识的事实用三元组表示

(对象, 属性, 值) 或 (关系, 对象 1, 对象 2)

# 语言变量对象

# 例 3.2

(snow, color, white) 或 (雪, 颜色, 白) (love, Wang Feng, country) 或 (热爱, 王峰, 祖国)



### 事实用四元组表示

(对象,属性,值,可信度因子)

其中, "可信度因子"是指该事实为真的相信程度. 可用 [0,1] 之间的一个实数来表示.

世架表示法 近 00000000000 0 0000000 0 示法 模糊 000 00000 00 000

# 非确定性知识

### 规则的表示

规则的作用是描述事物之间的因果关系.

# 规则的产生式表示形式

常称为产生式规则, 简称为产生式或规则.

# 产生式的基本形式

### P → Q 或者 IF P THEN Q

P 是产生式的前提, 也称为前件, 它给出了该产生式可否使用的先决条件, 由事实的逻辑组合来构成;

Q 是一组结论或操作, 也称为产生式的后件, 它指出当前题 P 满足时, 应该推出的结论或应该执行的动作.

# 产生式规则的例子

如果前提 P 满足, 则可推出结论 Q 或执行 Q 所规定的操作.

r<sub>6</sub>: IF 动物有犬齿 AND 有爪 AND 眼盯前方 THEN 该动物是食肉动物.

其中,  $r_6$  是该产生式的编号; "动物有犬齿 AND 有爪 AND 眼盯前方"是产生式的前提 P; "该动物是食肉动物"是产生式的结论 Q.

# 产生式与蕴涵式、条件语句的区别

### 与蕴涵式的主要区别

(1) 蕴涵式表示的知识只能是精确的,产生式表示的知识可以是不确定的.

原因是蕴涵式是一个逻辑表达式, 其逻辑值只有真和假.

(2) 蕴含式的匹配一定要求是精确的, 而产生式的匹配可以是不确定的原因是产生式的前提条件和结论都可以是不确定的, 因此其匹配也可以是不确定的.

- (1) 前件结构不同.
  - 产生式的前件可以是一个复杂的结构。
  - 传统程序设计语言中的左部仅仅是一个布尔表达式.

# (2) 控制流程不同

产生式系统中满足前提条件的规则被激活后,不一定被立即执行,能否执行将取决于冲突消解策略.

传统程序设计语言是严格地从一个条件语句向其下一个条件语句传递.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000 模糊认知 00000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

# 综合数据库 DB(Data Base)

### DB 的作用

存放求解问题的各种当前信息.

# 例 3.3

问题的初始状态、输入的事实、中间结论及最终结论等都可以存放 到 DB 中.



用于推理过程的规则匹配, 推理过程中, 当规则库中某条规则的前提可以和综合数据库的已知事实匹配时, 该规则被激活, 由它推出的结论将被作为新的事实放入综合数据库, 成为后面推理的已知事实.

t程表示法 oo oooooooo 模糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

# 规则库 RB(Rule Base)

#### 规则库

也称知识库 KB(Knowledge Base),用于存放与求解问题有关的所有规则的集合.

■ 作用: 是产生式系统问题求解的基础.

#### 要求

知识的完整性、一致性、准确性、灵活性和知识组织的合理性.

表示法 2000000

模糊认知图 000000 00 000

#### 产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

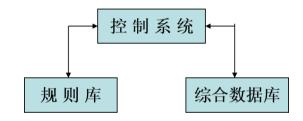


图 5: 产生式系统的基本结构

产生式表示法 00000000 000000000000

架表示法 过程表示》 0000000000 000 000000 000000 0000000

法 模糊认 0000 000 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

## 控制系统的主要作用

#### 控制系统

亦称推理机,用于控制整个产生式系统的运行,决定问题求解过程的推理线路.

### 控制系统的主要任务

■ 选择匹配:按一定策略从规则库种选择规则与综合数据库中的已知事实进行匹配. 匹配是指把所选规则的前提与综合数据库中的已知事实进行比较,若事实库中存的事实与所选规则前提一致,则称匹配成功,该规则为可用;否则,称匹配失败,该规则不可用.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 程表示法 00 00000000 模糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

#### 冲突消解

对匹配成功的规则,需要按照某种选择策略从中选出一条规则执行.

- 执行操作: 对所执行的规则, 若其后件为一个或多个结论, 则把这些结论 加入综合数据库; 若其后件为一个或多个操作时, 执行这些操作.
- 路径解释: 在问题求解过程中, 记住应用过的规则序列, 以便最终能够给出问题的解的路径.
- 解路径: 在问题求解过程中, 记住应用过的规则序列, 以便最终能够给出问题的解的路径.

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○

架表示法 0000000000 000000 0000000 程表示法 00 00000000 模糊认知[ 000000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

# 产生式系统的举例

#### 例 3.4

动物识别系统: 该系统可以识别老虎、金钱豹、斑马、长颈鹿、企鹅、信天翁这 6 种动物. 其规则库包含如下 15 条规则:

- $\blacksquare$   $r_1$  IF 该动物有毛发 THEN 该动物是哺乳动物.
- ightharpoonup ig
- r<sub>3</sub> IF 该动物有羽毛 THEN 该动物是鸟.
- r<sub>4</sub> IF 该动物会飞 AND 会下蛋 THEN 该动物是鸟.
- r<sub>5</sub> IF 该动物吃肉 THEN 该动物是食肉动物.
- r<sub>6</sub> IF 该动物有犬齿 AND 有爪 AND 眼盯前方 THEN 该 动物是食肉动物.



框架表示法 00000000000 0000000 00000000 程表示法 00 00000000

模糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

#### 例 3.5

- r<sub>7</sub> IF 该动物是哺乳动物 AND 有蹄 THEN 该动物是有蹄类动物.
- r<sub>8</sub> IF 该动物是哺乳动物 AND 是嚼反刍动物 THEN 该动物是有蹄类动物.
- r<sub>9</sub> IF 该动物是哺乳动物 AND 是食肉动物 AND 是黄褐色. AND 身上有暗斑点 THEN 该动物是金钱豹.
- Q
- r<sub>10</sub> IF 该动物是哺乳动物 AND 是食肉动物 AND 是黄褐色. AND 身上有黑色条纹 THEN 该动物是虎.
- r<sub>11</sub> IF 该动物是有蹄类动物 AND 有长脖子 AND 有长腿. AND 身上有暗斑点 THEN 该动物是长颈鹿.

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

#### 例 3.6

- r<sub>12</sub> IF 动物是有蹄类动物 AND 身上有黑色条纹 THEN 该动物 是斑马.
- r<sub>13</sub> IF 该动物是鸟 AND 有长脖子 AND 有长腿 AND 不会飞 AND 有黑白二色 THEN 该动物是鸵鸟.
- r<sub>14</sub> IF 该动物是鸟 AND 会游泳 AND 不会飞 AND 有黑白二色 THEN 该动物是企鹅.
- $r_{15}$  IF 该动物是鸟 AND 善飞 THEN 该动物是信天翁. 其中,  $r_i$ ( $i = 1, 2, \dots, 15$ ) 是规则的编号

表示法 模糊 0000000 00 0000000 00

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

### 推理网络

初始综合数据库包含的事实有: 动物有暗斑点, 有长脖子, 有长腿, 有奶, 有蹄.

图6中最上层的结点称为"假设"或"结论"

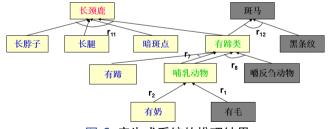


图 6: 产生式系统的推理结果

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○

框架表示法 过 00000000000 00 0000000 00 00000000 示法 模糊i 0000 0000 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

中间结点称为"中间假设";

终结点称为"证据"或"事实";

每个"结论"都是本问题的一个目标;

所有"假设"构成了本问题的目标集合.

現表示法 过程表示法 2000000000 000 20000 000000000 2000000 <u>000000</u>

法 模糊认 0000 000 00 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

# 系统的推理过程

(1) 先从规则库中取出第一条规则  $r_1$ , 检查其前提是否可与综合数据库中的已知事实相匹配.  $r_1$  的前提是"有毛发", 但事实库中无此事实, 故匹配失败. 然后取  $r_2$ , 该前提可与已知事实"有奶"相匹配,  $r_2$  被执行, 并将其结论"该动物是哺乳动物"作为新的事实加入到综合数据库中. 此时, 综合数据库的内容变为:

动物有暗斑, 有长脖子, 有长腿, 有奶, 有蹄, 是哺乳动物.

(2) 再从规则库中取  $r_3$ ,  $r_4$ ,  $r_5$ ,  $r_6$  进行匹配, 均失败. 接着取  $r_7$ , 该前提与已知事实"是哺乳动物"相匹配,  $r_7$  被执行, 并将其结论"该动物是有蹄类动物"作为新的事实加入到综合数据库中.

国架表示法 过程表示 900000000000 000 9000000 00000 90000000

示法 模糊i 0000 0000 000

产生式系统的基本结构——系统结构及其说明

## 综合数据库的内容更新

动物有暗斑, 有长脖子, 有长腿, 有奶, 有蹄, 是哺乳动物, 是有蹄类动物.

(3) 此后,  $r_8, r_9, r_{10}$  均匹配失败. 接着取  $r_{11}$ , 该前提"该动物是有蹄类动物 AND 有长脖子 AND 有长腿 AND 身上有暗斑"与已知事实相匹配,  $r_{11}$  被执行, 并推出"该动物是长颈鹿". 由于"长颈鹿"已是目标集合中的一个结论, 即已推出最终结果, 故问题求解过程结束.

过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

#### 产生式系统的基本过程-基本过程

上述规则仅是一种直接表示方式, 用三元组表示  $r_{15}$  如下:

r<sub>15</sub>: IF(动物, 类别, 鸟)AND(动物, 本领, 善飞) THEN (动物, 名称, 信天翁).

- (1) 初始化综合数据库, 即把欲解决问题的已知事实送入综合数据库中;
- (2) 检查规则库中是否有未使用过的规则, 若无转 (7);
- (3) 检查规则库的未使用规则中是否有其前提可与综合数据库中已知事实相匹配的规则, 若有, 形成当前可用规则集; 否则转 (6);

国架表示法 过i 00000000000 00 0000000 00 00000000 表示法 模糊 00000000 000 0000000 000

#### 产生式系统的基本过程-基本过程

(4) 按照冲突消解策略, 从当前可用规则集中选择一个规则执行, 并对该规则作上标记. 把执行该规则后所得到的结论作为新的事实放入综合数据库; 如果该规则的结论是一些操作, 则执行这些操作;

- (5) 检查综合数据库中是否包含了该问题的解, 若已包含, 说明解已求出, 问题求解过程结束; 否则, 转 (2);
- (6) 当规则库中还有未使用规则, 但均不能与综合数据库中的已有事实相匹配时, 要求用户进一步提供关于该问题的已知事实, 若能提供, 则转 (2); 否则, 执行下一步;

(7) 若知识库中不再有未使用规则, 也说明该问题无解, 终止问题求解过程.

从第 (3) 步到第 (5) 步的循环过程实际上就是一个搜索过程.

#### 总体上可分为以下两种方式

■ 不可撤回方式是一种"一直往前走"不回头的方式,类似于中国象棋中过河的卒子. 它即根据当前已知的局部知识选取一条规则作用于当前综合数据库,接着再根据新状态继续选取规则,如此进行下去,不考虑撤回用过的规则. 不理想规则的应用会降低效率,但不影响可解性. 优点是控制过程简单,缺点是当问题有多个解时不一定能找到最优解.

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○○ ○○○●○○○○○○○○

架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000 <u>0000000</u>

模糊认知 000000 00 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

### 试探性方式

■ 回溯方式

是一种碰壁回头的方式. 即在问题求解过程中, 允许先试一试某条规则, 如果以后发现这条规则不合适, 则允许退回去, 再另选一条规则来试. 需要解决的主要问题: 一是如何确定回溯条件, 二是如何减少回溯次数. 是一种完备而有效的策略, 它容易实现且占内存容量较小.

■ 图搜索方式

图搜索方式是一种用图或树把全部求解过程记录下来的方式. 由于它记录了已试过的所有路径, 因此便于从中选取最优路径.

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○○ ○○○○●○○○○○○○

框架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 宗法 模糊 000 00000 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

## 回溯方式和图搜索方式的区别

回溯方式抹去了所有引起失败的试探路径, 而图搜索方式则记住了已试过的所有路径.

#### 按推理方向

正向推理产生式系统:也称数据驱动方式,它是从初始状态出发,朝着目标状态前进,正向使用规则的一种推理方法.

所谓正向使用规则, 是指以问题的初始状态作为初始综合数据库, 仅当综合数据库中的事实满足某条规则的前提时, 该规则才被使用.

- 优点: 简单明了, 且能求出所有解
- 缺点: 执行效率较低, 原因是使用规则具有一定的盲目性.

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○○ ○○○○○

架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

模糊认知 000000 00 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

# 逆向推理产生式系统

也称目标驱动方式, 它是从目标 (作为假设) 状态出发, 朝着初始状态前进, 反向使用规则的一种推理方法.

#### 逆向使用规则

是指以问题的目标状态作为初始综合数据库, 仅当综合数据库中的事实满足某条规则的后件时, 该规则才被使用.

### 逆向使用规则的优点

■ 不使用与问题无关的规则. 因此, 对那些目标明确的问题, 使用反向推理

E架表示法 90000000000 9000000 程表示法 00 00000000 莫糊认知 000000 00 000

#### 产生式系统的基本过程-基本过程

- 双向推理产生式系统
  - 双向推理是把正向推理和反向推理结合起来使用的一种推理方式.
  - 它需要把问题的初始状态和目标状态合并到一起构成综合数据库.

### 规则库的性质及结构划分——可交换的产生式系统

是一种对规则的使用次序无关的产生式系统,即任意交换规则的使用次序都不会影响对问题的求解.

假设 DB 是综合数据库, RB 是规则库, DB $_i$ ( $i=1,2,\cdots$ ) 是第 $_i$ 次使用规则后得到的新的综合数据库, RS,RB 是一个可作用于 DB $_i$ 的规则集合. 若一个产生式系统可交换

### 规则库和规则应具有的性质

① 对任一规则  $r_i = RS(j = 1, 2, \cdots)$ , 它作用于 DBi 得到新的综合数据库  $DB_{i+1}$ , RS 仍然是  $DB_{i+1}$  的可用规则集. 规则的重用

② 如果 DB; 满足目标条件, 则用 RS 中的任一规则 r; 作用于 DB;, 得到的 DB<sub>i</sub>」仍然满足目标条件.

③ 若对  $DB_i$  使用某一规则序列  $r_1, r_2, \dots, r_k$  得到一个新的综合数据库  $DB_k$ 则当改变这些规则的使用次序后, 仍然可得到 DB<sub>L</sub>.

## 综合数据库

综合数据库是递增的, 即对任何序列  $r_1, r_2, \cdots, r_q$ , 其作用于 DB 后所得到的  $DB_1, DB_2, \cdots, DB_a$  之间存在如下关系:

$$\mathsf{DB}_1 \subset \mathsf{DB}_2 \subset \cdots \subset \mathsf{DB}_{\mathsf{g}}.$$

在可交换产生式系统中, 其规则的结论部分总是包含着新的内容, 一旦执行该 规则就会把这些新的内容添加到综合数据库中.

#### 例 3.7

设给定一个整数集合 {a,b,c}, 可通过把集合中任意一对元素的乘 积作为新元素添加到集合中的办法来扩大该整数集,要求通过若干 ♡ 次操作后能生成所需的整数集合.



框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000

模糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

### 综合数据库 DB 的表示

- 初始状态为 {a,b,c}.
- 目标状态为 a, b, c, a × b, b × c, a × c.
  - 规则库 RB 中包含的规则有:

 $r_1$ : IF  $\{a,b,c\}$  THEN  $\{a,b,c,a\times b\}$ .

 $r_2\text{: IF } \{a,b,c\} \text{ THEN } \{a,b,c,b\times c\}.$ 

 $r_3\text{: IF } \{a,b,c\} \text{ THEN } \{a,b,c,a\times c\}.$ 

它是把一个整体问题分解成若干个子问题, 然后再通过对这些子问题的求解来得到整个问题解的一种产生式系统.

产生式表示法 ○○○○○○○ ○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○

E架表示法 过程表表 90000000000 000 9000000 00000 90000000

長示法 模糊i 0000 000000 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

显然, 无论先使用哪一条规则都可由初始状态达到目标状态. 因此, 上述由 DB 和 RB 所构造的产生式系统是一个可交换的产生式系统, 并具有可交换产生式系统三个性质.

可交换产生式系统的可交换性, 使得其求解过程只需要搜索其中的任意一条路经, 就能达到目标, 而不必进行回溯.

这种系统的求解过程可采用不可撤回的控制方式.

架表示法 0000000000 000000 0000000 过程表示法 900 900000000 模糊认知[ 000000 00 000

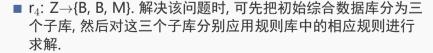
产生式系统的基本过程-基本过程

## 综合数据库的重写规则

#### 例 3.8

设综合数据库的初始状态为  $\{C, B, Z\}$ , 目标状态为  $\{M, M, \dots, M\}$ , 规则库中有如下重写规则:

- $\blacksquare$   $r_1: C \rightarrow \{D, L\}.$
- $\blacksquare$   $r_2$ :  $C \rightarrow \{B, M\}$ .
- $\blacksquare$   $r_3$ :  $B \rightarrow \{M, M\}$ .



性栄衣示法 以程 00000000000 000 0000000 000 00000000

表示法 0000000

模糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

# 求解过程

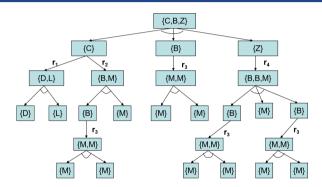


图 7: 按规则库的性质及结构

在架表示法 00000000000 0000000 00000000 表示法 模糊 00000000 000 00000000 000

产生式系统的基本过程-基本过程

# 恢复的产生式系统

- 是指那种采用回溯控制方式的产生式系统.
- 其求解问题的方法是: 当执行某条规则后, 如果发现所得到的新的综合数据库不可能求出问题的解, 就立即撤消由该规则所产生的结果, 使综合数据库恢复到先前的状态, 然后再另选别的规则继续求解.

- 它既可以向综合数据库中添加新的内容, 又可以从综合数据库中删除或 修改老的内容. 这种求解问题的方法, 更符合人们的一般习惯.
- 对可恢复的产生式系统, 也将在第 4 章详细讨论.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 :程表示法 oo oooooooo 莫糊认知 000000 00 000

产生式系统的基本过程-基本过程

# 产生式系统的主要优点

- 自然性: 采用"如果·····,则·····"的形式, 人类的判断性知识基本一致.
- 模块性: 规则是规则库中最基本的知识单元, 各规则之间只能通过综合数据库发生联系, 而不能相互调用, 从而增加了规则的模块性.
- 有效性: 产生式知识表示法既可以表示确定性知识, 又可以表示不确定性知识, 既有利于表示启发性知识, 又有利于表示过程性知识.
- 一致性: 规则库中的所有规则都具有相同的格式, 并且综合数据库可被所有规则访问, 因此规则库中的规则可以统一处理.

梁表示法 过 0000000000 0 000000 0000000 表示法 模糊 0000000 00 0000000 00

产生式系统的基本过程-基本过程

## 产生式系统的主要缺点

#### 效率较低

- 各规则之间的联系必须以综合数据库为媒介. 并且, 其求解过程是一种反复进行的"匹配—冲突消解—执行"过程. 这样的执行方式将导致执行的低效率.
- 不便于表示结构性知识: 由于产生式表示中的知识具有一致格式, 且规则 之间不能相互调用, 因此那种具有结构关系或层次关系的知识则很难以 自然的方式来表示.

一般表示法 00000000000 000000 0000000 性程表示法 oo oooooooo

### 语义网络

#### 语义网络——semantic network

语义网络是奎廉 (J. R. Quillian) 1968 年在研究人类联想记忆时提出的一种心理学模型,认为记忆是由概念间的联系实现的.

奎廉又把它用作知识表示. 1972 年, 西蒙在他的自然语言理解系统中也采用了语义网络表示法.

1975年, 亨德里克 (G. G. Hendrix) 提出全称量词的语义网络分区表示技术.

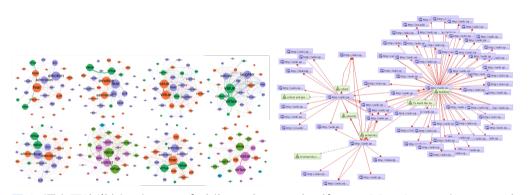


图 8: 语义网络举例 (History of Philosophy (Mark Alfano), OSM Semantic Network)

E架表示法 00000000000 000000 0000000 程表示法 oo ooooooo

### 什么是语义网络

#### 语义网络

■ 语义网络是一种用实体及其语义关系来表达知识的有向图.

#### 语义网络表示

- 结点代表实体,表示各种事物、概念、情况、属性、状态、事件、动作等;
- 弧代表语义关系, 表示它所连结的两个实体之间的语义联系, 它必须带有标识.

过程表示法 )00 )000000000

模糊认知 000000 0 00 000

### 语义基元

#### 语义网络

语义网络中最基本的语义单元称为语义基元

#### 三元组表示

(结点 1, 弧, 结点 2)

#### 基本网元

指一个语义基元对应的有向图.

程表示法 o ooooooo 模糊认知 000000 00 000

### 语义基元下的基本网元

#### 例 4.1

若有语义基元 (A, R, B), 其中, A, B 分别表示两个结点, R 表示 A 与 B 之间的某种语义联系, 则它所对应的基本网元如图9所示:



图 9: 语义联系的基本网元

过程表示法 900 900000000 模糊认知图 000000 00 000

### 语义网络的简单例子



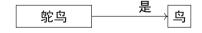


图 10: 语义联系的基本网元

程表示法 00 00000000 莫糊认知图 000000 00 000

## 事实的表示

语义网络与产生式对应的表示能力

─ 例 4.3
"雪的颜色是白的"

雪颜色白

图 11: 语义联系的基本网元

性架表示法 过机 00000000000 00 0000000 00000000 表示法 900000

模糊v 0000 000 000

### 规则的表示

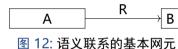


图 12. 相关状态的基本例为

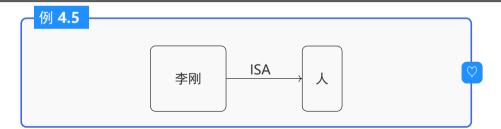
例 **4.4** 

规则 R 的含义是"如果 A 则 B".

# 基本的语义关系

## 实例关系 ISA

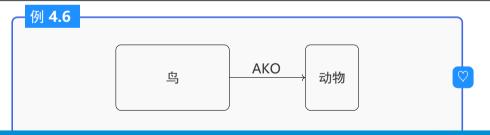
体现的是"具体与抽象"的概念,含义为"是一个",表示一个事物是另一个事物的一个实例.



## ISA 例子

## 类关系

AKO 泛化关系, 体现的是"子类与超类"的概念, 含义为"是一种", 表示一个事物是另一个事物的一种类型.



体现的是"个体与集体"的关系, 含义为"是一员", 表示一个事物是另一个事物的一个成员.



E架表示法 i

r法 模糊i 0000 0000 000

## 属性关系

属性的继承性: 具体层的结点可以继承抽象层结点的所有属性.

指事物和其属性之间的关系.

## 常用的属性关系 Have

含义为"有",表示一个结点具有另一个结点所描述的属性.

#### Can

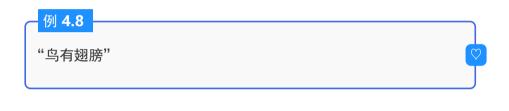
含义为"能"、"会",表示一个结点能做另一个结点的事情.

"生式表示法 20000000 200000000000 2000000000000

鸟

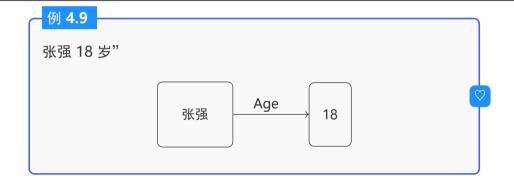
翅膀

示法 模糊 000 0000 00 000



Have

Age: 含义为"年龄", 表示一个结点是另一个结点在年龄方面的属性.



框架表示法 过程 00000000000 000 0000000 00000000

表示法 模糊 00000000 000 00000000 000

类属关系

# 类属关系

## 类属关系

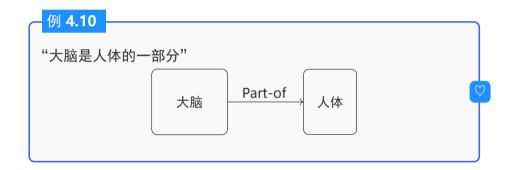
亦称包含关系. 指具有组织或结构特征的"部分与整体"之间的关系.

## 常用的包含关系 Part-of

含义为"是一部分",表示一个事物是另一个事物的一部分.

类属关系

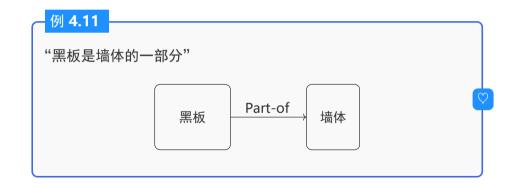
# 包含关系举例



框架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 示法 模糊 000 0000 00 000

类属关系

# Part-of 例子



E架表示法 00000000000 0000000 00000000 程表示法 模糊 0 000 0000000 00 000

类属关系

类属 (聚类) 关系与实例、分类和成员关系的主要区别: 聚类关系一般不具备属性的继承性.

如上两个例子, 大脑不一定具有人的各种属性. 黑板也不具有墙的各种属性.

## 时间关系

指不同事件在其发生时间方面的先后次序关系. 常用的时间关系:

- Before: 含义为"在前", 表示一个事件在另一个事件之前发生.
- After: 含义为"在后", 表示一个事件在另一个事件之后发生.

**语义网络表示法** ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○

世 00000000000 0000000 00000000 示法 模糊<sup>·</sup> 0000 0000 000

类属关系

# 北京奥运会例子



北京奥运会

After

悉尼奥运会

**语义网络表示法** ○○○○○○○○○○○ **○○○○○○○○○○** ○○○○○○○○○○

E架表示法 00000000000 000000 0000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知 000000 00 000

类属关系

# 位置关系

## 位置关系

指不同事物在位置方面的关系.

### 常用的位置关系

- Located-on: 含义为"在上", 表示某一物体在另一物体之上.
- Located-at: 含义为"在", 表示某一物体所在的位置.
- Located-under: 含义为"在下", 表示某一物体在另一物体之下.
- Located-inside: 含义为"在内", 表示某一物体在另一物体之内.
- Located-outside: 含义为"在外", 表示某一物体在另一物体之外.

架表示法 过程表示法 1000000000 000 100000 000000000 1000000

法 模糊认知 00000 000 00 000

#### 类属关系



框架表示法 00000000000 0000000 00000000 表示法 模糊 000 000000 00 000

类属关系

# 相近关系

### Similar-to

指不同事物在形状和内容等方面相似或接近.

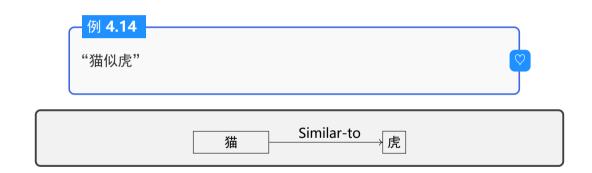
## 常用的相近关系有 Similar-to

■ 含义为"相似",表示某一事物与另一事物相似

#### Near-to

■ 含义为"接近",表示某一事物与另一事物接近

#### 类属关系



**语义网络表示法** ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○

世架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000 宗法 模糊 000 00000 00 000

类属关系

# 一元关系表示

## 一元关系

指可以用一元谓词 P(x) 表示的关系.

### 一元关系

谓词 P 说明实体的性质和属性等. 描述的是一些最简单和最直观的事物或概念.

### 常用的语义关系词

"是"、"有"、"会"和"能"等语义关系来说明.

框架表示法 过 00000000000 0 0000000 0000000 程表示法 模糊 0 000 0000000 00

模糊认知图 000000 00 000

类属关系

例 4.15

"雪是白的".

 $\Diamond$ 

### 一元关系的描述

应该说语义网络表示的是二元关系. 如何用它来描述一元关系?

- 结点 1 表示实体.
- 结点 2 表示实体的性质或属性等.
- 弧表示语义关系.

语义网络表示法 0000000000000000

#### 类属关系

## 例 4.16

"李刚是一个人"为一元关系, 其语义网络如前所示.



## 例 4.17

用语义网络表示"动物能运动、会吃".

运动

Can

Can

动物

吃

类属关系

# 表示二元关系

### 二元关系

可用二元谓词 P(x,y) 表示的关系. 其中, x,y 为实体, P 为实体之间的关系.

单个二元关系可直接用一个基本网元来表示,如前介绍的一些常用的二元关系及其表示.

## 复杂关系

对复杂关系, 可通过一些相对独立的二元或一元关系的组合来实现.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知图 000000 00 000

#### 类属关系

## 例 4.18

### 用语义网络表示:

动物能运动、会吃.

鸟是一种动物, 鸟有翅膀、会飞.

鱼是一种动物,鱼生活在水中、会游泳.



### 问题的描述方式

对于此问题,各种动物的属性按属性关系描述,动物之间的分类关系用类属关系描述.

#### 类属关系

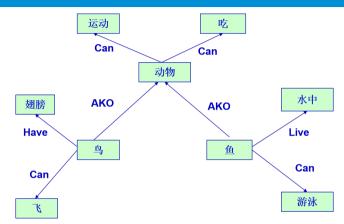
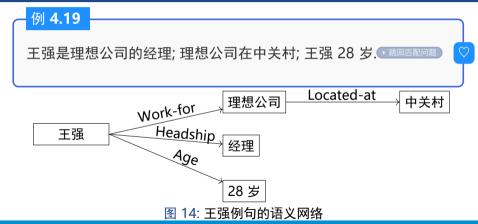


图 13: 语义网络的基本网元

t程表示法 1000 10000000000 模糊认知图 000000 00 000

语义网络表示多元关系

# 语义网络表示多元关系



框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 000 000000000 模糊认知图 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

#### 例 4.20

李新的汽车的款式是银灰色"捷达". 王红的汽车的款式是红色"凯越".



### 注解

李新和王红的汽车均属于具体概念,可增加"汽车"这一抽象概念.

世 000000000000 0000000 00000000 示法 模糊 000 00000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

### 如图15.

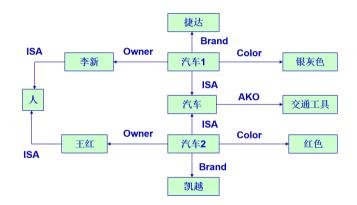


图 15: 语义网络的基本网元

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 程表示法 模糊 o ooooooo oo

模糊认知[ 000000 00 000

语义网络表示多元关系

# 表示多元关系

## 多元关系表示方法

表示方法多元关系可用多元谓词  $P(x_1, x_2, \cdots)$  表示的关系, 其中, 个体  $x_1, x_2, \cdots$  为实体, 谓词 P 说明这些实体之间的关系.

用语义网络表示多元关系时, 可把它转化为一个或多个二员关系的组合, 然后再利用下一节讨论的合取关系的表示方法, 把这种多元关系表示出来.

# 表示方法

西蒙提出了增加情况和动作结点的描述方法.

框架表示法 ; 00000000000 ( 0000000 00000000 性程表示法 000 000000000 模糊认知图 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

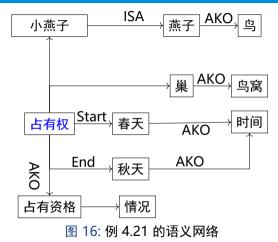
### 例 4.21

用语义网络表示: "小燕子这只燕子从春天到秋天占有一个巢",



需要设立一个占有权结点,表示占有物和占有时间等.

#### 语义网络表示多元关系



### 思考

图16的"时间"结点可以放到别的其他地方吗?

性采衣不法 i 00000000000 ( 00000000 ( 00000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知[ 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

对上述问题, 也可以把占有作为一种关系, 并用一条弧来表示, 但在这种表示方法下, 占有关系就无法表示.

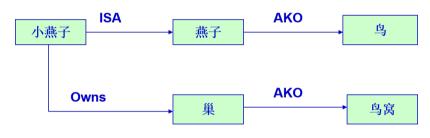


图 17: 语义网络的基本网元

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 世程表示法 1000 1000000000 模糊认知 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

用语义网络表示事件或动作时,需要设立一个事件或动作结点.

### 动作结点

由一些向外引出的弧来指出动作的主体与客体.

### 例 4.22

用于语义网络表示: "常河给江涛一张磁盘作为礼物".



性栄衣示法 以 00000000000 00 0000000 00

I程表示法 900 900000000 候棚以知 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系





图 18: 语义网络

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 程表示法 模糊 0 000 0000000 00 000

语义网络表示多元关系

### 例 4.23

用语义网络表示如下事实:"参赛者有教师、有学生、有高、有矮".

### 参赛者的不同四种情况

A 教师、高; B 教师、矮. C 学生、高; D 学生、矮.

然后在按照他们的逻辑关系用语义网络表示出来.

可分为基本语义关系的否定和一般语义关系的否定. 基本语义关系的否定的表示, 可通过在有向弧上直接标注该基本语义关系的否定的方法来解决.

·生式表示法 0000000 0000000000 0000000000000000 世界表示法 00000000000 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知图 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系

事件结点: 如上例用一个事件结点描述.

表示方法: 可通过增加合取结点和析取结点来实现.

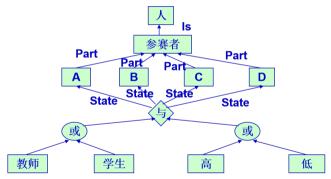


图 19: 语义网络

框架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 900 900000000 模糊认知图 000000 00 000

#### 语义网络表示多元关系



用语义网络表示: 书不在桌子上.

采用在有向弧上直接标注该基本语义关系的否定的方法,该语义网络20为

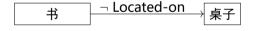


图 20: " 书不在桌子上" 的语义网络

框架表示法 过 00000000000 0, 00000000 表示法 模糊 000 000000 00 000

语义网络表示多元关系

# 一般语义关系的否定表示

## 一般语义关系的否定表示

通常需要引进"非"节点来表示.

例 4.25

用语义网络表示: 常河没有给江涛一张磁盘.



# "非"节点的方法的语义网络

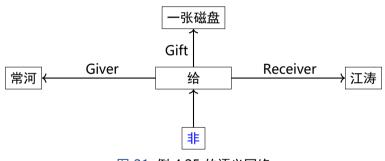


图 21: 例 4.25 的语义网络

架表示法 过程表示法 9000000000 000 900000 00000000 9000000

示法 模糊**》** 0000 0000 000

语义网络的蕴含关系节点

# 增加蕴含关系节点

在蕴含关系中, 有两条指向蕴含节点的弧, 一条代表前提条件, 标记为ANTE; 另一条代表结论, 标记为CONSE.

### 例 4.26

用语义网络表示如下知识: "如果学校组织大学生机器人竞赛活动,那么李强就参加比赛".



E架表示法 :0000000000 :000000 :0000000 过程表示法 )000 )000000000 模糊**认知[** 000000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

蕴含关系的语义网络如图22. 其中, 在前提条件中, 机器人竞赛的组织者是学校, 参赛对象是学生操纵的机器人, 而机器人只不过是一种智能机器.

知识: "如果 学校 组织 大学生 机器人竞赛 活动, 那么 李强 就 参加 比赛".



图 22: 蕴含关系的语义网络

架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

示法 模糊认 0000 00000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

# 存在和全称量词的表示

存在量词: 可直接用 "ISA"和 "AKO"等这样的语义关系来表示.

全称量词: 可采用亨德里克提出的网络分区技术.

基本思想: 把一个复杂命题划分为若干个子命题, 每个子命题用一个较简单的语义网络表示, 称为一个子空间, 多个子空间构成一个大空间. 每个子空间看作是大空间中的一个结点, 称作超结点. 空间可逐层嵌套, 子空间之间用弧互相连结.

表示法 模糊 000 000000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

#### 例 4.27

用语义网络表示事实: " 每个学生都学习了一门程序设计语言"

#### 其语义网络如图23. 在图23中:

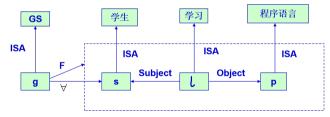


图 23: 语义网络

架表示法 过程 0000000000 000 000000 0000000

表示法 模糊 0000000 00 0000000 00

语义网络的蕴含关系节点

GS 是一个概念结点, 它表示具有全称量化的一般事件.

g 是一个实例结点, 代表 GS 中的一个具体例子, 如上所提到的事实.

s 是一个全称变量, 表示任意一个学生.

L 是一个存在变量, 表示某一次学习.

P 是一个存在变量, 表示某一门程序设计语言.

現表示法 过程表示法 2000000000 000 20000 000000000 200000

示法 模糊认知 000000 00000 000

语义网络的蕴含关系节点

这样, s, L, P 之间的语义联系就构成一个子空间, 它表示对每一个学生 s, 都存在一个学习事件 I 和一门程序设计语言 p.

在从结点 g 引出的三条弧中, 弧 "ISA" 说明结点 g 是 GS 中一个实例; 弧 "F" 说明它所代表的子空间及其具体形式; 弧 " $\forall$ " 说明它所代表的全称量词.

每一个全称量词都需要一条这样的弧,子空间中有多少个全称量词,就需要有多少条这样的弧.

#### 语义网络的蕴含关系节点

#### 例 4.28

用语义网络表示事实: "每个学生都学习了所有的程序设计课程"



### 其语义网络如图24所示. 其中, 结点 q 有两条指向全称变量的弧.

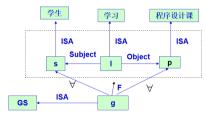


图 24: 语义网络

网络分区技术要求 F 指向的子空间中 的所有非全称变量 结点都应该是存在 量词约束的变量, 否则应放在子空间 的外面.

#### 语义网络的蕴含关系节点

#### 例 4.29

用语义网络表示事实: "每个学生都学习了 C++ 语言"

其语义网络如图25所示. 结点 "C++语言"代表一门具体的程序设计语言,是结点"程序语言"的一个实例,故被放到 F 所指的子空间的外边.

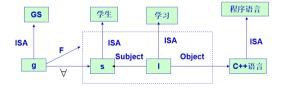


图 25: 语义网络

生式表示法 0000000 0000000000 00000000000 架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

法 模糊认 00000 000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

## 继承

### 知识的问题求解系统结构

用语义网络表示知识的问题求解系统主要由两大部分所组成,一部分是由语义网络构成的知识库,另一部分是用于问题求解的推理机构.

### 两种语义网络的推理过程

两种: 一种是继承, 另一种是匹配.

#### 继承

是指把对事物的描述从抽象结点传递到实例结点. 通过继承可以得到所需结点的一些属性值, 它通常是沿着 ISA 和 AKO 等继承弧进行.

·生式表示法 0000000 0000000000 000000000000 架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

模糊认统 00000 00 00 000

语义网络的蕴含关系节点

## 继承的一般过程——步骤 1-2

#### 结点表的建立

(1) 建立一个结点表, 初始情况: 表中只有待求解结点. 结点表用来存放求解结点和其相应的属性 (还有与此结点相连的那些结点, 且节点间存在 ISA 和 AKO 等类型的继承弧).

#### 继承弧的检查

(2) 检查表中的第一个结点否有继承弧. 如果有, 就把该弧所指的所有结点放入结点表, 追加到末尾, 记录结点的属性, 并从结点表中删除第一个结点. 如果没有继承弧, 仅从结点表中删除第一个结点.

法 模糊认知 000000 000 000

语义网络的蕴含关系节点

## 继承的一般过程——步骤 3

#### 迭代过程

(3) 重复 (2), 直到结点表为空. 此时, 记录下来的所有属性都是待求解结点继承来的属性.

例 4.30

图13(P48) 所示的语义网络中, 通过继承关系可以得到"鸟"具有:

会吃东西和能运动的属性. • "鸟" 的语义网络



程表示法 过程表示法 ○000000000 000 ○0000 000000000 ○00000

模糊认知 000000 00 00 000

语义网络的蕴含关系节点

## 匹配

#### 匹配

是指在知识库的语义网络中寻找与待求解问题相符的语义网络模式.

#### 匹配的主要过程

- (1) 根据待求解问题的要求构造一个网络片断,该网络片断中有些结点或弧的标识是空的,称为询问处,它反映的是待求解的问题.
- (2) 根据该语义片断到知识库中去寻找所需要的信息.
- (3) 当待求解问题的网络片断与知识库中的某语义网络片断相匹配时,则与询问处相匹配的事实就是问题的解.

E架表示法 900000000000 9000000 程表示法 模糊i 00 0000 00000000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

例 4.31

假设例14的语义网络已在知识库中,问王强在哪个公司工作.





用该语义网络片断与 2014 所示的语义网络进行匹配时,由"工作在"弧所指的结点可知,职员王强工作在"理想公司",就得到了问题的答案. 若还想知道职员王强的其它情况,则可在语义网络中增加相应的空结点.

架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

法 模糊认知 000000 000 000

语义网络的蕴含关系节点

## 语义网络表示法的主要优点

#### 结构性

把事物的属性以及事物间的各种语义联系显式地表示出来, 是一种结构化的知识表示方法. 在这种方法中, 下层结点可以继承、新增和变异上层结点的属性.

### 联想性

本来是作为人类联想记忆模型提出来的,它着重强调事物间的语义联系,体现了人类的联想思维过程.

表示法 过程表示法 000000000 000 00000 00000000 000000

法 模糊认 00000 000 000

语义网络的蕴含关系节点

#### 自索引性

把各接点之间的联系以明确、简洁的方式表示出来,通过与某一结点连结的弧可以很容易的找出与该结点有关的信息,而不必查找整个知识库.这种自<u>索引能力有效地避免搜索时所遇到的组合爆炸问题.</u>

#### 自然性

带有标识的有向图能直观地把知识表示出来,符合人们表达事物间关系的习惯,并且与自然语言语义网络之间的转换也比较容易实现.

架表示法 过程表示法 0000000000 000 000000 00000000 0000000

去 模糊认知图 000000 00 00 000

语义网络的蕴含关系节点

## 语义网络表示法的主要缺点

#### 非严格性

没有象谓词那样严格的形式表示体系,一个给定语义网络的含义完全依赖于处理程序对它所进行的解释,通过语义网络所实现的推理不能保证其正确性.

#### 复杂性

语义网络表示知识的手段是多种多样的,这虽然对其表示带来了灵活性,但同时也由于多种不一致的表示形式,使得它的处理增加了复杂性.

框架表示法 过 00000000000 0 0000000 0 00000000

过程表示法 000 000000000 臭糊认知图 000000 00 000

语义网络的蕴含关系节点

## 作业

## 思考

用人工智能常见的编程语言给出例 4.19 的一个实现 (语义网络见图14).

主讲: 赵国亮

## 框架理论

#### 框架理论

明斯基于 1975 年作为以理解视觉、自然语言对话和其它复杂智能行为为基础提出来的一种知识表示方法.

#### 框架理论

认为人们对现实世界中各种事物的认识都是以一种类似于框架的结构存储在记忆中的,遇到一个新事物就从记忆中找出一个合适的框架,并根据新的情况对其细节加以修改、补充,从而形成对这个新事物的认识.

**框架表示法** 过程 ○●○○○○○○○○ ○○○ ○○○○○○○○

程表示法 00 00000000

#### 框架和实例系统

- 框架: 是人们认识事物的一种通用的数据结构形式. 即当新情况发生时, 人们只要把新的数据加入到该通用数据结构中便可形成一个具体的实体 (类), 这样的通用数据结构就称为框架.
- 实例框架: 对于一个框架, 当人们把观察或认识到的具体细节填入后, 就得到了该框架的一个具体实例, 框架的这种具体实例被称为实例框架.

### 框架系统

■ 在框架理论中, 框架是知识的基本单位, 把一组有关的框架连结起来便可 形成一个框架系统.

世程表示法 1000 1000000000 模糊认知 000000 00 000

#### 框架系统推理

框架之间的相互联系主要表现在框架的层次结构, 即通过 ISA 链, 各个框架之间特殊与一般的继承关系得以表达;

#### 框架系统推理

框架之间的横向联系还可以用框架中的槽值表示.

框架表示法 0000000000 000

#### 硕士生框架的属性

Frame < MASTER >

Name: Unit(Last-name, First-name)

Sex: Area(male, female)

Default: male

Age: Unit(Years) ▶ 返回 Age 槽

Major: Unit(Major)

Field: Unit(Field)

### 硕士生框架的其他属性

Advisor: Unit(Last-name, First-name)
Project: Area(National, Provincial, Other)

Paper: Area(SCI, EI, Core, General)

Default: Core

Address: <S-Address>

Telephone: Home Unit(Number)

Mobile Unit(Number)

## 框架的基本结构

< 框架名 > 槽名 1: 侧面名 11 值 111, 值 112, ······

侧面名 12 值 121, 值 122, ……

槽名 2: 侧面名 21 值 211, 值 212, ……

侧面名 22 值 221. 值 222. ……

槽名 n: 侧面名 n1 值 n11, 值 n12, ······

侧面名 n2 值 n21. 值 n22. ······

侧面名 nm 值 nm1, 值 nm2, ······

**框架表示法** 过程 00000●00000 000 0000000 000

程表示法 00 00000000

模糊认知[ 000000 00 000

#### 学生框架

### Frame <Student>

Name: Unit(Last-name, First-name)

Sex: Area(male, female)

Default: male

Age: Unit(Years) → 返回 Age 槽

If-Needed: Ask-Age

Address: <S-Address>

Telephone: Home Unit(Number)

Mobile Unit(Number)

If-Needed: Ask-Telephone

## 硕士生框架

### 硕士生的框架

Frame < Master >

AKO: Student Display AKO 槽

Major: Unit(Major)

If-Needed: Ask-Major If-Added: Check-Major

Field: Unit(Direction-Name)

If-Needed: Ask-Field

Advisor: Unit(Last-name, First-name)

If-Needed: Ask-Visor

Project: Area(National, Provincial, Other)

Default: National

Paper: Area(SCI, EI, Core, General)

Default: Core

#### 框架例子的特点

- 用到了一个系统预定义槽名 AKO. 系统预定义槽名是指框架表示法中事先定义好的可公用的一些标准槽名.
- AKO 与其在语义网络中的含义相似, 其直观含义为"是一种".
- 当 AKO 作为下层框架的槽名时, 其槽值为上层框架的框架名, 表示该下层框架所描述的事物比其上层框架更具体. 并且, 由 AKO 所联系的框架之间具有属性的继承关系.

#### 框架的继承技术

通常由框架中设置的 3 个侧面: Default、If- Needed 和 If-Added 所提供的 缺省推理功能来组合实现.

### Default

该侧面的作用是为相应槽提供缺省值. 当其所在槽没有填入槽值时, 系统就以此侧面值作为该槽的默认值.

例 5.1

▶ Paper 槽的默认值 为 Core.



### If-Needed

该侧面的作用是提供一个为相应槽赋值的过程. 当某个槽不能提供统一的缺省值时, 可在该槽增加一个 If-Needed 侧面, 系统通过调用该侧面提供的过程, 产生相应的属性值.

#### 例 5.2

例如 Age 槽和 Telephone 槽等.



框架表示法 0000000000● 00000000 00000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知图 000000 00 000

#### If-Added

该侧面的作用是提供一个因相应槽值变化而引起的后继处理过程. 当某个槽的槽值变化会影响到一些相关槽时, 需要在该槽增加一个 If-Added 侧面, 系统通过调用该侧面提供的过程去完成对其相关槽的后继处理.

## Major 槽

## 例 5.3

专业的变化可能会引起 Field 和 Advisor 的变化, 需要调用 If-Added 侧面提供的 Check-Major 过程进行后继处理.



·生式表示法 0000000 0000000000 000000000000

框架表示法 ○○○○○○○○ •000000 过程表示法 200 200000000 模糊认知 000000 00 000

实例框架

## 实例框架

### 例 5.4

假设有杨叶和柳青 2 个硕士生, 当把他们的具体情况分别添入 Master 框架后, 可得到 2 个实例框架 Master-1 和 Master-2.



Frame < Master-1>

ISA: Master, Name: Yang Ye, Sex: female, Major: Computer Field: Web-Intelligence, Advisor: Lin Hai, Project: Provincial

框架表示法 ì
○○○○○○○○○○ (
○●○○○○○
○○○○○○○○

过程表示法 000 000000000 模糊认知 000000 00 000

实例框架

## 硕士生-2 框架

Frame < Master-2> ISA: Master

Name: Liu Qing

**Age**: 22

Major: Computer Advisor: Lin Hai Paper: El

例 5.5

对饭店和教室等的认识.



t程表示法 1000 10000000000

实例框架

### 系统预定以槽名 ISA

这 2 个实例框架用到了一个系统预定以槽名 ISA. 该预定义槽名与语义网络中的 ISA 弧的语义相似, 其直观含义为"是一个", 表示一个事物是另一个事物的一个具体实例, 用来描述一个具体事物与其抽象概念间的实例关系.

## 例 5.6

Master-1 和 Master-2 是 2 个具体的 Master.



法 模糊认知 000000 000

实例框架

## 框架系统的基本结构

当知识比较复杂时, 往往需要通过诸框架之间的横向或纵向联系形成一种框架系统.

### 框架之间的纵向联系

指那种具有继承关系的上下层框架之间的联系.

### 例 5.7

在图27中, 学生可按照接受教育的层次分为本科生、硕士生和博士生. 每类学生又可按照所学专业的不同, 分为不同专业的学生等.



框架表示法 0000000

实例框架

### 框架之间的纵向联系是通过预定以槽名 AKO 和 ISA 等来实现.

### 例 5.8

如前面的例子, AKO 实现了 Student 框架与 Master 框架之间 的●纵向联系,ISA 实现了 Master 框架与 Master-1 实例框架之间的 ♡ 联系.



框架表示法 ○○○○○○○○○ ○○○○○○ 表示法 模糊i 0000 000000 00

实例框架

# 框架之间的横向联系

是指那种以另外一个框架名作为一个槽的槽值或侧面值所建立起来的框架之间的联系. 如图27给出的框架系统中, Student 框架与 S-Address 框架之间是横向联系.

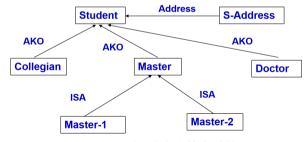


图 27: 框架系统的基本结构

**框架表示法** 过程 00000000000 000 0000000 000 表示法 模糊 000 000000 00

实例框架

## 基本过程

框架系统中,问题求解主要是通过对框架的继承、匹配与填槽来实现的.

### 问题求解时的步骤

- 首先要把该问题用框架表示出来.
- 然后利用框架之间的继承关系, 把它与知识库中的已有框架进行匹配, 找出
- 一个或多个候选框架,并在这些候选框架引导下进一步获取附加信息,填充尽量多的槽值,以建立一个描述当前情况的实例.
- 最后再用某种评价方法对候选框架进行评价, 以决定是否接收该框架.

**框架表示法** 过程第 ○○○○○○○○○ ○○○○○○○○ ●○○○○○○ 表 模糊i 0000 000

特性继承过程

# 特性继承过程

- 特性继承主要是通过 ISA、AKO 链来实现的. 当需要查询某一事物的某个属性, 且描述该事物的框架未提供其属性值时, 系统就沿 ISA 和 AKO 链追溯到具有相同槽的类或超类框架.
- 如果该槽提供有 Default 侧面值, 就继承该默认值作为查询结果返回.
- 如果该槽提供有 If-Needed 侧面供继承, 则执行 If-Needed 操作, 去产生一个值作为查询结果.
- 如果对某个事物的某一属性进行了赋值或修改操作,则系统会自动沿 ISA 和 AKO 链追溯到具有相应的类或超类框架,只要发现类或超类框架中的 同名槽具有 If-Added 侧面, 就执行 If-Added 操作, 作相应的后继处理.

性表示法 oo ooooooo

模糊认知 000000 00 000

特性继承过程

# If-Needed 与 If-Added 过程的区别

### 激活时机和操作目的不同

- If-Needed 操作是在系统试图查询某个事物框架中未记载的属性值时激活, 并根据查询需求, 被动地即时产生所需要的属性值;
- If-Added 操作是在系统对某个事务框架的属性作赋值或修改工作后激活,目的在于通过规定的后继处理,主动做好配套操作,以消除可能存在的不一致问题.

**框架表示法** 过程 ○○○○○○○○○ ○○○○○○○ 表示法 模糊认知 000000 000000 00 000000 00

特性继承过程

# 学生框架举例

- 若要查询 Master-1 的 Sex, 则可直接回答; 但要查询 Master-2 的 Sex,则需要沿 ISA 链和 AKO 链到 Student 框架取其默认值 male.
- 若要查询 Master-2 的 Field, 需要沿 ISA 链到 Master 框架, 执行 Field 槽 If-Needed 侧面的 Ask-Field 操作, 即时产生一个值, 假设产生的值是 Data-Mining, 则表示 Master-2 的研究方向为数据挖掘.
- 如果要修改 Master-2 的 Major, 需要沿 ISA 链到 Master 框架, 执行 Major 槽 If-Added 侧面的 Check-Major 操作, 对 Field 和 Advisor 进行修改, 以保持知识的一致性.

框架表示法 00000000

特性继承过程

# 匹配和填槽

#### 框架的匹配

实际上是通过对相应槽的槽名和槽值逐个进行比较,并利用继承关系来实现 的.

### 从知识库中找满足条件的硕士生

假设前面讨论的学生框架系统已建立在知识库中, 若要求从知识库中找出一个 满足如下条件的硕士生:

male, Age<25>, Major 为 Computer, Project 为 National,

生式表示法 0000000 0000000000 000000000000

 示法 模糊i 0000 00000 00

特性继承过程

# 初始问题条件的框架表示

Frame: <Master-x>

Age: Years <25>

Name: ? Major: Computer

Projec: National Sex: mal

用此框架和 知识库中的框架匹配,显然"Master-2"框架可以匹配. 因为 Age、Sex 和 Major 槽都符合要求, Project 槽虽然没有给出,但由继承性可知它 可以以 National, 完全符合初始问题框架 Master-x 的要求, 所以要找的学生有可能是Liu Qing.

程表示法 模株 o oo ooooooo oo

模糊认知 000000 00 000

特性继承过程

# 框架表示法的优点

#### 结构性

■ 最突出特点是善于表示结构性知识, 它能够把知识的内部结构关系以及知识间的特殊联系表示出来.

#### 深层性

■ 框架表示法不仅可以从多个方面、多重属性表示知识, 而且还可以通过 ISA、AKO 等槽以嵌套结构分层地对知识进行表示, 因此能用来表达事物 间复杂的深层联系.

 模糊认知 000000 00 000

#### 特性继承过程

- 继承性: 在框架系统中, 下层框架可以继承上层框架的槽值, 也可以进行补充和修改, 这样既减少知识冗余, 又较好地保证了知识的一致性.
- 自然性: 框架能把与某个实体或实体集相关特性都集中在一起, 从而高度模拟了人脑对实体多方面和多层次的存储结构, 直观自然, 易于理解.

### 框架表示法的不足——缺乏框架的形式理论

■ 至今, 还没有建立框架的形式理论, 其推理和一致性检查机制并非基于良好定义的语义.

**框架表示法** 过程表示法 ○○○○○○○○○ ○○○ ○○○○○○○ ○○○○○○○

模糊认知 000000 00 00 000

特性继承过程

# 框架表示法的不足

#### 缺乏过程性知识表示

■ 框架系统不便于表示过程性知识, 缺乏如何使用框架中知识的描述能力. 框架推理过程需要用到一些与领域无关的推理规则, 而这些规则在框架 系统中又很难表达.

### 清晰性难以保证

■ 由于各框架本身的数据结构不一定相同, 从而框架系统的清晰性很难保证.

过程表示法 ●00 ○○○○○○○ 模糊认知图 000000 00 000

过程性知识表示

# 过程表示法

#### 过程性知识表示

将有关某一问题领域的知识, 连同如何使用这些知识的方法, 均隐式地表示为一个求解问题的过程.

### 过程的表示形式

过程表示没有固定的表示形式,如何描述知识完全取决于具体问题. 以过程规则表示形式为例.

框架表示法 过程: 00000000000 0**00** 0000000 0000 00000000

模糊认知图 000000 00 000

过程性知识表示

# 过程规则的 4 部分

#### 激发条件 1

- 激发条件由推理方向和调用模式两部分组成.
- 推理方向用于指出推理是正向推理 (FR) 还是反向推理 (BR).

#### 正反向推理

- 正向推理的激活条件: 当综合数据库中的已有事实可以与其"调用模式"匹配时才能将该过程规则激活;
- 反向推理的激活条件: 当"调用模式"与查询目标或子目标匹配时才能将该过程规则激活.

过程表示法 oo● oooooooo 模糊认知[ 000000 00 000

过程性知识表示

#### 演绎操作 2

演绎操作由一系列的子目标构成. 当前面的激发条件满足时, 将执行这里列出的演绎操作.

### 状态转换 3

状态转换槽的作用是来完成对综合数据库的增、删和改操作.

#### 返回 4

过程规则的最后一个语句是返回语句, 用于指出将控制权返回到调用该过程规则的上一级过程规则那里去.

框架表示法 00000000000 0000000 00000000

过程表示法 ○○○ ●○○○○ 模糊认知图 0000000 00 000

同学问题的过程表示

# 同学问题的过程表示

#### 例 6.1

"如果 x 与 y 是同班同学, 且 z 是 x 的老师, 则 z 也是 y 的老师". 其过程规则表示为:

BR(Teacher ?z ?y) (需求解的问题)

GOAL(Classmate ?x y) (求 y 的同班同学是谁)

GOAL(Teacher z x)

"(已知 z 是 x 的老师)

INSERT(Teacher z y) (对数据库的插入操作)

**RETURN** 



在架表示法 过程 00000000000 000 0000000 000 00000000

过程表示法 ○○○ ○●○○○○○ 模糊认知图 000000 00 000

#### 同学问题的过程表示

### 符号 BR 说明

BR 是逆向推理标志.

#### GOAL 说明

GOAL 表示求解子目标, 即进行过程调用.

### INSERT 说明

INSERT 表示对数据库进行插入操作; RETURN 作为结束标志; "?" 变量表示其值将在该过程中求得.

E架表示法 00000000000 0000000 00000000

同学问题的过程表示

# 问题求解的基本过程

当有一个新的目标时, 就从可以匹配的过程规则中选择一个执行之. 在该规则的执行过程中可能会产生新的目标, 此时就调用相应的过程规则并执行它. 反复进行这一过程, 直至执行到 RETURN 语句.

只要碰到 RETURN 语句, 就将调用返回当前过程的上一级过程规则, 并依次逐级返回.

如果某过程规则运行失败,就另选择一个同层的可匹配过程规则执行,如果不存在这样的过程规则,则返回失败标志,并将控制权移交给上一级过程规则.

性栄表示法 i 00000000000 ( 0000000 (

过程表示法 ○○○ ○○○●○○○○○ 模糊认知 000000 00 000

同学问题的过程表示

## 逆向推理的问题求解的例子——仍用上例为题

### 综合数据库中已有事实

(Classmate 杨叶 柳青) (Teacher 林海 杨叶)

即,已知杨叶与柳青是同班同学,林海是杨叶的老师.

## 需要求解的问题是

找出两个人 w 及 v, 其中 w 是 v 的老师.

·生式表示法 0000000 0000000000 0000000000000

佳架表示法 00000000000 0000000 00000000

过程表示法 ○○○ ○○○○ 模糊认知[ 000000 00 000

#### 同学问题的过程表示

该问题可表示为: GOAL(Teacher, ?w, ?v)

### 问题的求解过程 1

在过程规则库中找出对于问题 GOAL(Teacher ?v), 其激发条件可以满足的过程规则. 显然, BR(Teacher z y) 经如下变量代换:

w/z, v/y

后可以匹配, 因此选用该过程规则.

2 执行该过程规则中的第一个语句 GOAL(Classmate ?x y). 此时, 其中的 y 已被 v 代换. 经与已知事实 (Classmate 杨叶 柳青) 匹配, 分别求得了变量 x 及 v 的值, 即

x= 杨叶, v/y= 柳青

·生式表示法 0000000 0000000000 00000000000

E架表示法 00000000000 0000000 00000000

同学问题的过程表示

#### 步骤 3

执行该过程规则中的第二个语句 GOAL(Teacher z x). 此时, x 的值已经知道, z 已被 w 代换. 经与已知事实 (Teacher 林海 杨叶) 匹配, 求得了变量 w 的值, 即

w/z= 林海

### 步骤 4

执行该过程规则中的第三个语句 INSERT(Teacher z y), 此时, z 与 y 的值均已经知道, 分别是林海和杨叶, 因此这时插入数据库的事实是:

(Teacher 林海 杨叶)

这表明"林海也是杨叶的老师", 求得了问题的解.

"生式表示法 00000000 00000000000 0000000000000

E架表示法 i 90000000000 ( 9000000 (

过程表示法 ○○○ oooooo●oo 模糊认知 000000 00 000

同学问题的过程表示

# 过程表示的优缺点

- 表示效率高;
- 过程表示法是用程序来表示知识的, 而程序能准确的表明先做什么, 后作什么以及怎样做, 并直接嵌入一些启发式的控制信息, 因此, 可以避免选择及匹配那些无关的知识, 也不需要跟踪那些不必要的路径, 从而提高了系统的运行效率.
- 控制系统容易实现.
- 由于控制性质是已嵌入到程序中, 因而控制系统就比较容易设计.
- 缺点: 不易修改及添加新知识, 而且当对某一过程进行修改时, 又可能影响到其它过程, 对系统的维护带来不便.

·生式表示法 0000000 0000000000 000000000000

世架表示法 00000000000 0000000 00000000

过程表示法 ○○○ ○○○○

模糊认知 000000 00 000

同学问题的过程表示

# LISP 语言

LISP 的 IDE, 可以用 PLT Scheme, 是一种计算机程序设计语言, 在 Lisp 和 Scheme 基础上增加了对象、类型、惰性求值等, 也是一个程序设计环境, 可 以让人们设计自己的程序语言.

自带丰富的第三方库,如 web 服务器、数据库、GUI、图像处理等. DrRacket 是自由软件,授权为 LGPL.

DrRacket 是一个图形化的开发工具, 用起来也很方便.

性栄養不法 00000000000 0000000 0000000

过程表示法 ○○○ ○00000000

模糊认知图 000000 00 000

同学问题的过程表示

# Racket 下载地址

#### DrRacket 下载

链接: 有Windows 版和 Linux 版.

#### 最新网址

Version 7.6 (February 2020), Racket Documentation

### 文档

**Racket Documentation** 

·生式表示法 0000000 0000000000 00000000000

框架表示法 过程表: 00000000000 000 000000 00000 0000000 模糊认知图 ●00000 ○○ ○○

模糊认知图概念

### 模糊认知图

模糊认知图 (Fuzzy Cognitive Map, FCM, 1986) 是 Kosko 融合 Zadeh 的模糊集理论和 Axelrod(阿克塞尔罗德) 的认知图理论提出的, 将概念间的三值关系  $\{-1,0,1\}$  扩展成为区间 [-1,1] 上的模糊关系发展而来.

FCM 的概念值和弧的权值都可以为模糊值, 是一种软计算方法, 它是模糊逻辑和神经网络结合的产物, FCM 的知识表示和推理能力更强.

模糊认知图是个有向图,它将模糊反馈动力系统中的概念及概念间的关系通过弧线连接起来,强调"结构就是含义".

性朱衣亦法 00000000000 0000000 00000000 表示法 模糊认知图 ○ 000000 ○ 000000

模糊认知图概念

### 模糊认知图描述了系统概念集和概念间的因果关系——具体定义

- FCM 可以表示为一个四元组 G = (C, E, U, f), 其中  $C = (C_1, C_2, \cdots, C_c)$  表示构成有向图的顶点的概念集,
- $E:\left(C_i,C_j\right)\to w_{ij}$  表示概念节点  $C_i$  到  $C_j$  的有向边的权重, 则所有节点构成的权重矩阵表示为 W.
- $U: C_i \rightarrow u_i$  表示概念节点  $C_i$  到激活度  $u_i$  的映射, 则  $U(t) = (u_1(t), u_2(t), \ldots, u_c(t))$  表示当前 t 时刻所有概念节点的激活度, 也就是 G 的在 t 时刻的状态, 其中  $u_i(t) \in [0,1]$ .

模糊认知图概念

# 压缩函数 (squashing function)

■ 用 f 表示, 表示概念节点的激活度在 t 时刻到 t + 1 时刻的转换函数, 即

$$u_{i}(t+1) = f\left(\sum_{j=1}^{c} w_{ij}u_{j}(t)\right), \tag{5}$$

其中 f 用 sigmoid 函数进行表示, 以此将激活度映射到 [0,1] 的区间中:  $f(u) = \frac{1}{1+e^{-\tau u}}$ , sigmoid 函数中的  $\tau$  表示一个陡峭参数, 其中  $\tau$  越大, sigmoid 函数形状越接近阶跃函数,  $\tau=5$ .

框架表示法 i 00000000000 c 00000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知图 000●00 00 000

模糊认知图概念

# 模糊认知图的再认识

将模糊反馈动力系统中的因果事件、参与值、目标与趋势等通过各概念问的 弧线连接起来的图结构,

节点是概念、实体等, 弧表示概念或实体间的因果关系,

结构上可以看作是面向对象的单层带反馈的神经网络.

生式表示法 0000000 0000000000 000000000000

E架表示法 过程表示》 -0000000000 000 -000000 0000000 -0000000

模糊认知图 0000●0 00 00

模糊认知图概念

# 模糊认知图节点与弧的语义

### 注解 1

模糊认知图的每个节点与弧都有很强的语义,整个图都具有语义性.它支持专家先验知识及因果关系的表示与推理,这些都蕴涵在概念节点及概念节点间的关系中,并且可以通过概念间的关系来表示模糊推理,由整个图中各概念节点的相互作用来模拟系统的动态行为,是一种无监督模型.



框架表示法 00000000000 0000000 00000000

过程表示法 000 000000000 模糊认知图 00000● 00 000

模糊认知图概念

# 认知概念

### 注解 2

可以是系统的事件、目标、感情及趋势等;概念值为模糊值,也可以是二值,反映该节点对某概念以某种程度发生或表示概念状态是关还是开.概念节点的输出与概念节点自身的状态水平和外部因果联系的强度有关.



#### 注解 3

模糊认知图的有限输入状态可在虚拟空间中开辟一条通路,简单模糊认知图的通路可能终止于固定点或极限环,而对于具有反馈的复杂模糊认知图可能终止于"混沌"的奇异吸引子.





性栄表示法 i 00000000000 ( 00000000 ( 00000000 t程表示法 oo oooooooo 模糊认知图 ○○○○○○ ●○

模糊认知图的参数训练

通常概念节点会通过模糊 C 均值聚类得到的中心表示, 这也是信息粒化的过程, 之后, 对 FCM 的训练即是转换为一个对其权重矩阵 W 的优化问题.

### 权值的优化——启发式算法: 粒子群算法和基于梯度的算法

通过训练数据进行优化的损失函数一般选取为误差平方和

$$SSE = \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{c} \left( u_{ij} - t_{ij} \right)$$
 (6)

即最小化期望输出与实际输出之间的差异.

架表示法 过程表示法 50000000000 000 500000 000000000 5000000 模糊认知图 ○○○○○ ○● ○○○

模糊认知图的参数训练

知识是将有内在相关性的信息关联在一起形成的信息结构, 具有相对正确性、不确定性、可表示性和可利用性等特点.

对知识的表示可以分为符号表示法和连接机制表示法. 知识表示法都是面向符号的知识表示方法.

在这些表示方法中,谓词逻辑、产生式系统和状态空间表示法属于非结构化的知识表示范畴,语义网络、框架和面向对象属于结构化的知识表示范畴.

这些表示方法适用于不同的问题, 各有长处.

模糊认知图 ○○○○○ ○○ ●○○

作业

# 课堂练习

### 思考

请用语义网络表示如下知识: 高老师从 3 月到 7 月给计算机系的学生讲"计算机网络"课.

#### 观察

用谓词逻辑知识表示方法表示如下知识:

- (1) 有人喜欢梅花, 有人喜欢菊花, 有人既喜欢梅花又喜欢菊花.
- (2) 不是每个计算机系的学生都喜欢在计算机上编程序.

模糊认知图

000

作业

### 思考

用语义网络表示"军用飞机有轰炸机和战斗机;民用飞机有客机和货运机".

### 探索

基于 web 的动物识别系统

1. 实验目的

理解和掌握产生式知识表示方法及产生式系统的基本过程,能够利用 Web 编 程技术建立一个基于产生式知识表示的简单的智能系统.

- 2. 实验环境
- (1) 硬件环境: 网络环境中的微型计算机.
- (2) 软件环境: Windows 操作系统, 任选一种网络编程语言和数据库管理系统.

世架表示法 00000000000 0000000 00000000 过程表示法 900 900000000 模糊认知图 ○○○○○ ○○ ○○

作业

#### 3

- . 实验要求
- (1) 以本书第 2 章动物识别产生式系统的规则为知识库 (也可增加规则), 采用正向推理或逆向推理方式.
- (2) 以选定的数据库管理系统建立知识库, 用选定的网络编程语言按 B/S 模式 开发一个具有解释功能的智能系统.
- (3) 提交完整的软件系统和相关文档,包括源程序和可执行程序.