

# 模糊推理

- 模糊知识表示

模糊命题

模糊规则

- 模糊推理模型

模糊推理的基本方法

模糊匹配与冲突消解

模糊关系的构造方法

# 模糊知识表示 模糊命题

- **模糊命题**是那些含有模糊概念、模糊数据或者带有确信程度的命题。
- 模糊命题的一般表示形式:

$x \text{ is } A$

$x \text{ is } A (CF)$

**x**:论域上取值的变量,代表所论的对象

**A**:论域上的模糊集,用以刻画或表示模糊概念或模糊数;

**CF**: 模糊命题的确信度

# 模糊知识表示 模糊规则

- 模糊产生式规则的一般形式：

IF  $E$  THEN  $H$  ( $CF, \lambda$ )

**E:** 条件

**H:** 结论

这里的条件和结论都是模糊的，是用模糊命题表示的

**CF:**该产生规则所表示的知识的可信度因子

**$\lambda$** ： 阈值，用于确定该知识能够被应用的条件。

# 模糊推理模型 模糊推理的基本方法

- **1) 模糊假言推理**
- **2) 模糊拒取式推理**
- **3) 模糊假言三段论推理**

# 模糊推理模型 模糊推理的基本方法

## 1) 模糊假言推理

证据:  $x$  is  $A'$

知识: IF  $x$  is  $A$  THEN  $y$  is  $B$

结论:  $y$  is  $B'$

若已知证据为

$x$  is  $A'$

且  $A$  和  $A'$  是模糊匹配的, 则可通过下列合成运算求得  $B'$

$$B' = A' \circ R$$

# 模糊推理模型 模糊推理的基本方法

## 2) 模糊拒取式推理 (存在问题)

证据: ~~x~~ <sup>y</sup> is  $B'$

知识: IF  $x$  is  $A$  THEN  $y$  is  $B$

结论: ~~x~~ <sup>x</sup> is  $A'$

若已知证据为

$x$  is  $B'$

且  $B$  和  $B'$  是模糊匹配的, 则可通过下列合成运算求得  $A'$

$$A' = R \circ B'$$

# 模糊推理模型 模糊推理的基本方法

## 3) 模糊假言三段论推理

证据: IF  $y$  is  $B$  THEN  $z$  is  $C$

知识: IF  $x$  is  $A$  THEN  $y$  is  $B$

结论: IF  $x$  is  $A$  THEN  $z$  is  $C$

$$R_3 = R_1 \circ R_2$$



# 模糊推理模型 模糊匹配与冲突消解

- 模糊推理计算也是从初始模糊证据出发，通过计算模糊证据与模糊知识条件部分的匹配程度，选定相应的模糊知识，并运用所选定的模糊知识，推出模糊性的结论，并求出结论的可信度值。
- 当有多条模糊知识与初始模糊证据相匹配时，采用一定的冲突消解策略，确定启用的模糊知识。

# 模糊推理模型 模糊匹配

- 在模糊推理中，当根据初始证据在模糊知识库中寻找相应的可用知识作为推理的依据时，必须考虑哪条知识的前提条件中的 $A$ 与模糊证据中的 $A'$ 能近似匹配，即它们的相似程度是否大于某个预先设定的阈值。
- 两个模糊概念的相似度又称为匹配度。
- 计算匹配度的方法主要有：语义距离和贴近度。

# 模糊推理模型 模糊匹配

语义距离：刻画两个模糊概念间的差异

- 常用的有海明距离：

设  $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  是一个离散有限论域,  $A$  和  $B$  分别是刻画论域  $U$  上两个模糊概念的模糊集, 则  $A$  和  $B$  的海明距离定义为:

$$d(A, B) = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |\mu_A(u_i) - \mu_B(u_i)| \quad (4.79)$$

如果论域  $U$  是某个实数域上的闭区间  $[a, b]$ , 则海明距离为:

$$d(A, B) = \frac{1}{b-a} \times \int_a^b |\mu_A(u) - \mu_B(u)| du \quad (4.80)$$

贴近度：两个概念的接近程度

设  $A$  和  $B$  分别是论域  $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  的两个模糊概念对应的模糊集, 则这两个模糊概念的贴近度定义为

$$(A, B) = \frac{1}{2}(A \cdot B + (1 - A \odot B)) \quad (4.81)$$

其中,  $A \cdot B = \bigvee_U (\mu_A(u_i) \wedge \mu_B(u_i))$

$A \odot B = \bigwedge_U (\mu_A(u_i) \vee \mu_B(u_i))$

这里  $(A \cdot B)$  和  $(A \odot B)$  分别称为  $A$  与  $B$  的内积和外积。

# 模糊推理模型 冲突消解

- 当模糊知识库中有多条知识与已知证据中的前提条件能够模糊匹配时，到底选择哪条知识作为推理的依据，这种选择称为**冲突消解**。
- 常用的方法有**按匹配度大小排序法**等。

**按匹配度大小排序**：在进行推理时，当有多条知识与证据匹配成功时，即发生冲突时，按照匹配度的大小决定哪条知识先被应用。

# 模糊推理模型 模糊关系的构造方法

- (1) Zadeh方法

设  $A$  和  $B$  分别是论域  $U$  和  $V$  上的两个模糊集, 则它们之间的模糊关系  $R_m$  定义为

$$R_m = \int_{U \times V} (\mu_A(u) \wedge \mu_B(v)) \vee (1 - \mu_A(u)) / (u, v) \quad (4.82)$$

- (2) Mamdani方法

设  $A$  和  $B$  分别是论域  $U$  和  $V$  上两个模糊概念对应的两个模糊集, Mamdani 提出了一个称为条件命题的最小运算规则来构造模糊关系, 定义的它们之间的模糊关系  $R_c$  如下:

$$R_c = \int_{U \times V} (\mu_A(u) \wedge \mu_B(v)) / (u, v) \quad (4.83)$$

- (3) Mizumoto方法

设  $A$  和  $B$  分别是论域  $U$  和  $V$  上两个模糊概念对应的两个模糊集, Mizumoto 定义的它们之间的模糊关系  $R_g$  如下:

$$R_g = \int_{U \times V} (\mu_A(u) \rightarrow \mu_B(v)) / (u, v) \quad (4.84)$$

其中

$$\mu_A(u) \rightarrow \mu_B(v) = \begin{cases} 1 & \mu_A(u) \leq \mu_B(v) \text{ 时} \\ \mu_B(v) & \mu_A(u) > \mu_B(v) \text{ 时} \end{cases}$$