

DOI:10.11992/tis.201410006

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.tp.20150930.1556.024.html>

# 真值限定的语言真值直觉模糊推理

邹丽<sup>1,2</sup>, 谭雪微<sup>1</sup>, 温欣<sup>1</sup>, 刘新<sup>3</sup>

(1. 辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081; 2. 南京大学 计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 3. 辽宁师范大学 数学学院, 辽宁 大连 116081)

**摘要:**为了更贴近人类语言的表达,减少推理过程中信息的损失,在直觉模糊逻辑推理的基础上,结合语言真值格蕴涵代数,提出了真值限定的语言真值直觉模糊推理方法。研究了语言真值直觉模糊犹豫度、相容度、不相容度及其相关性质,并通过语言真值直觉模糊相容度的计算,对推理真值进行限定,给出语言真值直觉模糊推理模型的真值限定推理方法。设计推理算法,并将算法应用于实例中。实例说明,该方法在处理同时具有可比性和不可比性的语言真值直觉模糊推理问题中更有效。

**关键词:**直觉模糊集;真值限定;犹豫度;相容度;推理

**中图分类号:**TP181 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-4785(2015)10-0797-06

中文引用格式:邹丽,谭雪微,温欣,等. 真值限定的语言真值直觉模糊推理[J]. 智能系统学报, 2015, 10(5): 797-802.

英文引用格式:ZOU Li, TAN Xuewei, WEN Xin, et al. Linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy reasoning with truth-valued qualifications[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2015, 10(5): 797-802.

## Linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy reasoning with truth-valued qualifications

ZOU Li<sup>1,2</sup>, TAN Xuewei<sup>1</sup>, WEN Xin<sup>1</sup>, LIU Xin<sup>3</sup>

(1. School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China; 2. State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 3. School of Mathematics, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China)

**Abstract:** In order to help linguistic information be more natural, as well as reduce loss of information while reasoning, this paper proposes a method for linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy reasoning with truth-valued qualifications, by combining with the linguistic truth-valued lattice implication algebra. This paper studies the concepts of linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy hesitancy degree, consistency degree, incompatibility degree, and related properties. By calculation of linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy consistency degree, truth-value reasoning is reduced. The method of truth-valued qualifications reasoning is given and further detailed steps for reasoning computation are demonstrated. An example is given to illustrate that the method is more effective in dealing with linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy reasoning with both comparability and incomparability.

**Keywords:** intuitionistic fuzzy sets; truth-valued qualifications; hesitancy degree; consistency degree; reasoning

Zadeh 在 1965 年提出了模糊集理论<sup>[1]</sup>,而后 Atanassov 对模糊集理论进行了拓展,提出了直觉模糊集理论<sup>[2-3]</sup>。徐扬等在 20 世纪 80 年代末提出了

格蕴涵代数,使不确定性的描述有了更系统化的结构,并讨论了相应的性质<sup>[4-5]</sup>,这样既能处理可比较信息,又能处理不可比较信息,从而可以更有效地描述和处理人的推理、判断和决策中的不确定性,为不确定性推理和近似推理提供了新的途径和理论基础。

近年来,不确定性推理技术引起了人们的重视,

收稿日期:2014-10-08. 网络出版日期:2015-09-30.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61105059, 61175055, 61173100).

通信作者:谭雪微. E-mail:tan\_xue\_wei@163.com.

许多学者在不确定推理方面做出了巨大的贡献<sup>[6-7]</sup>。雷英杰等在直觉模糊逻辑方面提出真值限定的直觉模糊推理方法、直觉模糊逻辑的插值推理方法和直觉模糊近似推理方法<sup>[8-10]</sup>；徐扬等在语言真值格蕴涵代数方面提出基于概念格的语言真值不确定性推理和基于语言真值格值一阶逻辑的不确定性推理<sup>[11-12]</sup>；此外，邹丽等在格蕴涵代数方面提出基于十元格蕴涵代数的知识表示方法、基于十八元语言值模糊相似矩阵的聚类方法和基于六元格值命题逻辑的语言真值归结方法，在直觉模糊推理方面提出语言真值直觉模糊逻辑的知识推理方法<sup>[13-17]</sup>。

目前，将直觉模糊推理方法运用在语言真值直觉模糊格中的研究还比较少，并且在现有的语言真值直觉模糊推理方法中，只考虑了正反两方面信息的处理，而忽略了犹豫信息，增加了推理过程中信息的损失。因此，为了解决上述问题，本文提出基于真值限定的语言真值直觉模糊推理方法。

## 1 预备知识

### 1.1 直觉模糊集

在直觉模糊集中，Atanassov 采用隶属度和非隶属度表示对象隶属于某一集合的程度。形式地，直觉模糊集定义为

**定义 1**<sup>[2]</sup> 设  $X$  是一个给定论域，则  $X$  上的一个直觉模糊集  $\tilde{A}$  为  $\tilde{A} = \{ \langle x, u(x), v(x) \rangle | x \in X \}$ ，其中  $u(x): X \rightarrow [0, 1]$  和  $v(x): X \rightarrow [0, 1]$  分别代表  $\tilde{A}$  的隶属函数  $u(x)$  和非隶属函数  $v(x)$ ，且对于  $\tilde{A}$  上的所有  $x \in X$ ， $0 \leq u(x) + v(x) \leq 1$  成立。

在直觉模糊集  $\tilde{A}$  中， $\pi_A(x) = 1 - u_A(x) - v_A(x)$  ( $\forall x \in U$ ) 称为  $x$  隶属于  $\tilde{A}$  的犹豫度。在 Zadeh 的模糊集中，若  $u_A(x)$  是  $x$  隶属于  $\tilde{A}$  的隶属度，则  $1 - u_A(x)$  是非隶属度，即  $u_A(x) + 1 - u_A(x) = 1$ 。从这个角度来看，直觉模糊集是模糊集的推广。

注：在直觉模糊集  $\tilde{A}$  中，犹豫度  $\pi_A(x)$  满足  $\pi_A(x) = 1 - u_A(x) - v_A(x)$ ，当  $u_A(x)$  或  $v_A(x)$  增大或减小时， $\pi_A(x)$  相应的减小或增大，并且  $\pi_A(x)$  变化的范围与  $u_A(x)$  或  $v_A(x)$  变化的范围相一致。

### 1.2 六元语言真值直觉模糊代数

为了更加具体地研究语言真值直觉模糊代数，

在已建立的语言真值直觉模糊代数(LTV-IFA)的框架下<sup>[17]</sup>，将介绍六元语言真值直觉模糊代数(6LTV-IFA)。

设语气词集  $H = \{h_i | i = 1, 2, 3\}$ ， $h_1 < h_2 < h_3$ ，其中语气词  $h_1$  = “稍微”， $h_2$  = “一般”， $h_3$  = “非常”，元语言真值集  $C = \{c_j | j = 1, 2\}$ ， $c_1 = t$ ，即“真”， $c_2 = f$ ，即“假”。令六元语言真值格蕴涵代数  $L_{V(3 \times 2)} = \{A, B, C, J, K, S\}$  中  $A = (h_3, t)$ ， $B = (h_2, t)$ ， $C = (h_1, t)$ ， $J = (h_3, f)$ ， $K = (h_2, f)$ ， $S = (h_1, f)$ 。

**定义 2**<sup>[13]</sup> 在六元语言真值格蕴涵代数  $L_{V(3 \times 2)} = \{A, B, C, J, K, S\}$  中，对任意  $(h_i, t), (h_j, f) \in L_{V(3 \times 2)}$ ，则  $((h_i, t), (h_j, f))$  称为一个六元语言真值直觉模糊对，且  $((h_i, t), (h_j, f))$  满足  $(h_i, t)' \geq (h_j, f)$ 。

**定义 3**<sup>[13]</sup>  $LI_6 = (LI_6, \cup, \cap)$  是六元语言真值直觉模糊代数即 6LTV-IFA，其结构如图 1 所示。

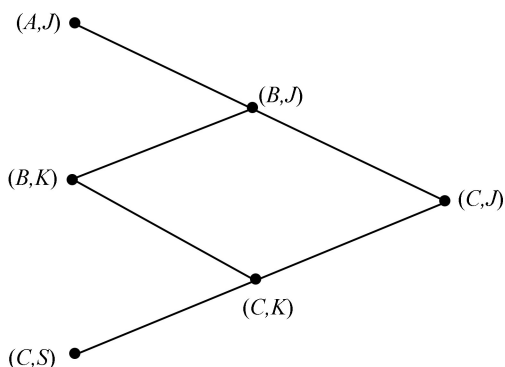


图 1 六元语言真值直觉模糊格的结构图

Fig.1 Structure diagram of six-element linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy lattice

在六元语言真值直觉模糊格  $LI_6$  上， $(A, J)$  和  $(C, S)$  分别为  $LI_6$  的最大元和最小元。

对任意  $((h_i, t), (h_j, f)), ((h_k, t), (h_l, f)) \in LI_6$ ，其中  $i, j, k, l \in \{1, 2, 3\}$ ，定义“ $\rightarrow$ ”、“ $\vee$ ”、“ $\wedge$ ”和“ $'$ ”4种运算如下：

- 1)  $((h_i, t), (h_j, f)) \rightarrow ((h_k, t), (h_l, f)) = ((h_{\min(3, 3-i+k, 3-j+l)}, t), (h_{\min(3, 3-i+l)}, f))$ ；
- 2)  $((h_i, t), (h_j, f)) \vee ((h_k, t), (h_l, f)) = ((h_{\max(i, k)}, t), (h_{\max(j, l)}, f))$ ；
- 3)  $((h_i, t), (h_j, f)) \wedge ((h_k, t), (h_l, f)) = ((h_{\min(i, k)}, t), (h_{\min(j, l)}, f))$ ；
- 4)  $((h_i, t), (h_j, f))' = ((h_{3-j+1}, t), (h_{3-i+1}, f))$ 。

具体地， $LI_6$  中的运算如表 1~3 所示。

表 1 六元语言真值直觉模糊格蕴涵运算( $\rightarrow$ )

Table 1 Implication of six-element linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy lattice ( $\rightarrow$ )

元	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(A,J)	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(B,K)	(A,J)	(A,J)	(B,K)	(A,J)	(B,J)	(B,J)
(C,S)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)
(B,J)	(A,J)	(B,J)	(C,K)	(A,J)	(B,J)	(B,J)
(C,K)	(A,J)	(A,J)	(B,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)
(C,J)	(A,J)	(B,J)	(C,J)	(A,J)	(B,J)	(A,J)

表 2 六元语言真值直觉模糊格析取运算( $\vee$ )

Table 2 Disjunction operation six-element linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy lattice ( $\vee$ )

元	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)	(A,J)
(B,K)	(A,J)	(B,K)	(B,K)	(B,J)	(B,K)	(B,J)
(C,S)	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(B,J)	(A,J)	(B,J)	(B,J)	(B,J)	(B,J)	(B,J)
(C,K)	(A,J)	(B,K)	(C,K)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(C,J)	(A,J)	(B,J)	(C,J)	(B,J)	(C,J)	(C,J)

表 3 六元语言真值直觉模糊格合取运算( $\wedge$ )

Table 3 Conjunction operation of six-element linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy lattice ( $\wedge$ )

元	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(A,J)	(A,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(B,K)	(B,K)	(B,K)	(C,S)	(B,K)	(C,K)	(C,K)
(C,S)	(C,S)	(C,S)	(C,S)	(C,S)	(C,S)	(C,S)
(B,J)	(B,J)	(B,K)	(C,S)	(B,J)	(C,K)	(C,J)
(C,K)	(C,K)	(C,K)	(C,S)	(C,K)	(C,K)	(C,K)
(C,J)	(C,J)	(C,K)	(C,S)	(C,J)	(C,K)	(C,J)

2 语言真值直觉模糊犹豫度

定义 4 在语言真值直觉模糊格中,对任意语言真值直觉模糊对 $((h_i,t),(h_j,f))\in LI_6$ , $\pi_{L_6}=\{\pi_k|0\leq k\leq 2\}$ ,若 $\Pi:LI_6\rightarrow\pi_{L_6}$ 满足 $\Pi((h_i,t),(h_j,f))=\pi_{j-i}$ 且 $0\leq i\leq j\leq 2$ ,则称 $\Pi((h_i,t),(h_j,f))$ 为语言真值直觉模糊犹豫度。

在六元语言真值直觉模糊格中,语言真值直觉模糊犹豫度有 3 种:即 $\pi_0$ 代表“没有犹豫”, $\pi_1$ 代表“一般犹豫”, $\pi_2$ 代表“非常犹豫”。

定理 1 六元语言真值直觉模糊格中,语言真值直觉模糊对的犹豫度如下:

1) 没有犹豫的语言真值直觉模糊对有 3 个,即

$(A,J),(B,K)$ 和 $(C,S)$ ;

2) 一般犹豫的语言真值直觉模糊对有 2 个,即 $(B,J)$ 和 $(C,K)$ ;

3) 非常犹豫的语言真值直觉模糊对有 1 个,即 $(C,J)$ 。

证明 根据定义 4 可证:设 $m\in LI_6$ ,

1) 当 $m=(A,J)$ 时, $i=3$ 且 $j=3$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(3-3)}=\pi_0$ ;

当 $m=(B,K)$ 时, $i=2$ 且 $j=2$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(2-2)}=\pi_0$ ;

当 $m=(C,S)$ 时, $i=1$ 且 $j=1$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(1-1)}=\pi_0$ ;

2) 当 $m=(B,J)$ 时, $i=2$ 且 $j=3$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(3-2)}=\pi_1$ ;

当 $m=(C,K)$ 时, $i=1$ 且 $j=2$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(2-1)}=\pi_1$ ;

3) 当 $m=(C,J)$ 时, $i=1$ 且 $j=3$ ,此时 $\Pi(m)=\pi_k=\pi_{(3-1)}=\pi_2$ 。

其中 $LI_6$ 上的语言真值直觉模糊犹豫度 $\pi_k$ 如图 2 所示。

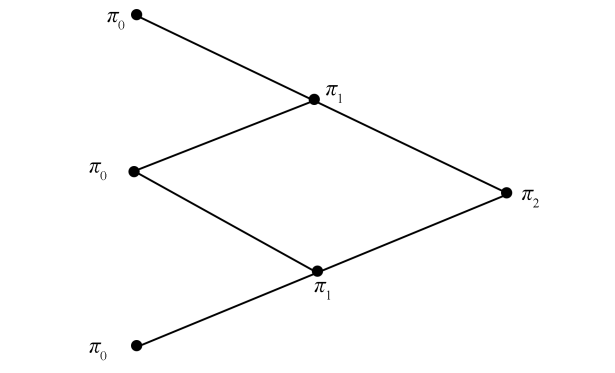


图 2 六元语言真值直觉模糊犹豫度结构图

Fig.2 Structure diagram of six-element linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy hesitate degree

性质 1 在语言真值直觉模糊格上(如图 1 所示),语言真值直觉模糊对 $((h_i,t),(h_j,f))\in LI_6$ 的犹豫度 $\pi_k$ 有如下性质:

1) 当 $j$ 不变时,随着 $i$ 减小, $\pi_k$ 增大;

2) 当 $i$ 不变时,随着 $j$ 增大, $\pi_k$ 增大。

证明 在六元语言真值直觉模糊格中,当 $j$ 增大或减小时, $\pi_k$ 相应的增大或减小,当 $i$ 增大或减小时, $\pi_k$ 相应的减小或增大,并且 $\pi_k$ 变化的范围与 $j$ 或 $i$ 变化的范围相一致。

定义 5 在六元语言真值直觉模糊格中,规定 $\Theta$ 运算为 $(h_i,c_j)\Theta\pi_k=(h_{\max(i,k)},c_j)$ 且 $1\leq i\leq 3$ , $1\leq j\leq 2,0\leq k\leq 2$ 。

**定义 6** 设向量  $A = [a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_m]$ ,  $B = [b_1 \ b_2 \ \cdots \ b_n]$  ( $a_i, b_i \in L_{V(3 \times 2)}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ ) 为语言真值直觉模糊集, 则  $A$  与  $B$  的语言真值直觉模糊关系定义为

$$A \circ_l B = \left[ \bigvee_{i=1}^m (a_i \wedge b_1) \ \bigvee_{i=1}^m (a_i \wedge b_2) \ \cdots \ \bigvee_{i=1}^m (a_i \wedge b_n) \right]$$

**例 1**

$$\begin{aligned} A \circ_l B &= [a \ b \ c] \circ_l [i \ j \ k] = \\ &[ ((a \wedge i) \vee (b \wedge i) \vee (c \wedge i)) \\ &((a \wedge j) \vee (b \wedge j) \vee (c \wedge j)) \\ &((a \wedge k) \vee (b \wedge k) \vee (c \wedge k)) ] \end{aligned}$$

**定义 7** 设  $A$  和  $A'$  均为语言真值直觉模糊集, 对任意  $u \in L_{V(3 \times 2)}$ , 定义语言真值直觉模糊相容度为  $T(A/A')(u)$ , 即  $A'$  在  $A$  限定下的相容程度, 则

$$T(A/A')(u) = u_{A'}(x) \ominus \pi_k \quad \forall u \in L_{V(3 \times 2)} \quad (1)$$

**定义 8** 设  $A$  和  $A'$  均为语言真值直觉模糊集, 对任意  $u \in L_{V(3 \times 2)}$ , 定义语言真值直觉模糊不相容度为  $S(A/A')(u)$ , 即  $A'$  在  $A$  限定下的不相容程度, 则

$$S(A/A')(u) = v_{A'}(x) \ominus \pi_k \quad \forall u \in L_{V(3 \times 2)} \quad (2)$$

**定义 9** 设  $B$  和  $B'$  均为语言真值直觉模糊集, 由语言真值直觉模糊关系求出  $T(B/B')$  和  $S(B/B')$  的运算如下:

$$T(B/B')(v) = T(A/A')(u) \circ_l u_R(u, v) \quad \forall v \in L_{V(3 \times 2)} \quad (3)$$

$$S(B/B')(v) = S(A/A')(u) \circ_l v_R(u, v) \quad \forall v \in L_{V(3 \times 2)} \quad (4)$$

**定义 10** 设  $B'$  为语言真值直觉模糊集, 它是由  $T(B/B')(v)$ 、 $S(B/B')(v)$  和  $B$  推导得出, 运算如下:

$$u_{B'}(y) = T(B/B')(u_B(y)) \quad \forall y \in Y \quad (5)$$

$$v_{B'}(y) = S(B/B')(v_B(y)) \quad \forall y \in Y \quad (6)$$

### 3 真值限定的知识表示及推理

#### 3.1 真值限定的语言真值直觉模糊推理

在经典逻辑中, 常用三段论的形式来表示推理规则, 描述形式简化如下:

已知  $A \rightarrow B$  (大前提)

且给定  $A'$  (小前提)

求  $B'$  (结论)

基于上述表示形式, 语言真值直觉模糊推理的描述形式简化如下:

已知  $A(u_A, v_A) \rightarrow B(u_B, v_B)$  (大前提)

且给定  $A'(u_{A'}, v_{A'})$  (小前提)

求  $B'(u_{B'}, v_{B'})$  (结论)

其中  $A(u_A, v_A)$ ,  $B(u_B, v_B)$ ,  $A'(u_{A'}, v_{A'})$ ,  $B'(u_{B'}, v_{B'})$  均是语言真值直觉模糊集。

语言真值直觉模糊推理的规则是<sup>[13]</sup>: 先求出  $A(u_A, v_A) \rightarrow B(u_B, v_B)$  所表达的语言真值直觉模糊关系  $R_6$ , 然后再利用小前提  $A'(u_{A'}, v_{A'})$ , 通过复合运算得出结论  $B'(u_{B'}, v_{B'})$ 。

然而, 真值限定的语言真值直觉模糊推理方法与语言真值直觉模糊推理方法相比, 前者增加了一个新的属性参数, 在推理过程中, 前者不考虑已知规则的具体内容, 而依据  $A(u_A, v_A)$  和  $A'(u_{A'}, v_{A'})$  的相容度和不相容度, 通过将其与  $R_6$  进行运算, 并将结果用  $B(u_B, v_B)$  来反限定推导出  $B'(u_{B'}, v_{B'})$ 。这类似于在经典逻辑中, 推理时不考虑命题的具体内容, 而是依赖于命题的真值来进行推理。

#### 3.2 真值限定的语言真值直觉模糊推理算法

真值限定的语言真值直觉模糊推理算法的求解步骤如下:

1) 将命题  $A(u_A, v_A)$ ,  $B(u_B, v_B)$ ,  $A'(u_{A'}, v_{A'})$  进行简化, 而后用向量表示出来;

2) 用  $A(u_A, v_A)$  进行限定, 分别计算  $A(u_A, v_A)$  与  $A'(u_{A'}, v_{A'})$  的语言真值直觉模糊相容度  $T(A/A')(u)$  和语言真值直觉模糊不相容度  $S(A/A')(u)$ ;

3) 选取六元语言真值直觉模糊蕴涵算子<sup>[13]</sup>, 把大前提  $A(u_A, v_A) \rightarrow B(u_B, v_B)$  转化为一个  $X \times Y$  上的六元语言真值直觉模糊关系  $R_6: A(u_A, v_A) \rightarrow B(u_B, v_B)$ 。六元语言真值直觉模糊的蕴涵算子是:  $((h_i, t), (h_j, f)) \rightarrow ((h_k, t), (h_l, f)) = ((h_{\min(3, 3-i+k, 3-j+l)}, t), (h_{\min(3, 3-i+l)}, f))$ ;

4) 分别将  $T(A/A')(u)$ 、 $S(A/A')(u)$  与  $R_6$  做运算, 求出  $B(u_B, v_B)$  与  $B'(u_{B'}, v_{B'})$  的语言真值直觉模糊相容度  $T(B/B')(v)$  和语言真值直觉模糊不相容度  $S(B/B')(v)$ ;

5) 用  $B(u_B, v_B)$  反限定推导出  $B'(u_{B'}, v_{B'})$  即  $u_{B'}(y) = T(B/B')(u_B(y))$ ,  $v_{B'}(y) = S(B/B')(v_B(y))$ 。

真值限定的语言真值直觉模糊推理算法的推理过程如图 3 所示。

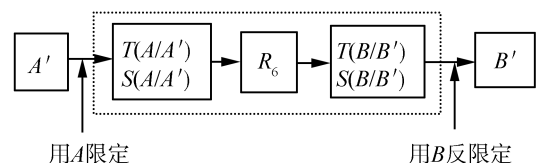


图 3 真值限定的语言真值直觉模糊推理过程

Fig.3 True value limit of linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy reasoning process



例2 人工调节淋浴水温,有如下的经验规则:如果水温低,则热水阀应开大,试问水温为“非常低”时,应怎么样调节热水阀?(这里不考虑冷水阀,认为其固定)

解 假定,取论域  $X$  与  $Y$  均为  $\{1,2,3\}$ ,分别表示水温和热水阀的3个等级。

设  $A$  表示  $X$  上的语言真值直觉模糊集“水温低”,则

$A = (\text{一般真}, \text{非常假})/1 + (\text{稍微真}, \text{非常假})/2 + (\text{稍微真}, \text{一般假})/3$

设  $B$  表示  $Y$  上的语言真值直觉模糊集“开大热水阀”,则

$B = (\text{稍微真}, \text{稍微假})/1 + (\text{稍微真}, \text{非常假})/2 + (\text{一般真}, \text{非常假})/3$

用 IF-THEN 规则表述题目中的经验就是:如果  $X$  是  $A$ ,则  $Y$  是  $B$ 。

以下分别取  $A'$  为“非常低”来计算对应的  $B'$ ,对于“非常低”,取  $A' = (\text{非常真}, \text{非常假})/1 + (\text{一般真}, \text{非常假})/2 + (\text{稍微真}, \text{稍微假})/3$

用真值限定的语言真值直觉模糊推理方法解如下:

1) 将  $A, B, A'$  进行简化,然后用向量表示。

$$A = [(B, J) \quad (C, J) \quad (C, K)]$$

$$B = [(C, S) \quad (C, J) \quad (B, J)]$$

$$A' = [(A, J) \quad (B, J) \quad (C, S)]$$

2) 计算相容度  $T(A/A')$  和不相容度  $S(A/A')$ 。

$$T(A/A')(B) = u_{A'}(1) \ominus \pi_k = (h_3, t) \quad \vee \quad \pi_0 = (h_3, t) = A$$

$$S(A/A')(J) = v_{A'}(1) \ominus \pi_k = (h_3, f) \quad \vee \quad \pi_0 = (h_3, f) = J$$

同理可得

$$T(A/A')(C) = B \quad S(A/A')(J) = J$$

$$T(A/A')(C) = C \quad S(A/A')(K) = S$$

$$\text{故 } T(A/A')(u) = A/B + B/C + C/C$$

$$S(A/A')(u) = J/J + J/J + S/K$$

3) 由六元语言真值直觉模糊关系  $R_6$  求出  $B'$  在  $B$  限定下的语言真值。

$$R_6 = A \rightarrow B = [(B, J) \quad (C, J) \quad (C, K)] \rightarrow [(C, S) \quad (C, J) \quad (B, J)] = [(B, K) \quad (A, J) \quad (A, J)]$$

$$T(B/B')(v) = T(A/A')(u) \circ_l u_R(u, v) = [A \quad B \quad C] \circ_l [B \quad A \quad A] = [B \quad A \quad A] = B/C + A/C + A/B$$

$$S(B/B')(v) = S(A/A')(u) \circ_l v_R(u, v) = [J \quad J \quad S] \circ_l [K \quad J \quad J] = [K \quad J \quad J] = K/S + J/J + J/J$$

4) 用  $B$  反限定求  $B'$ 。

$$u_{B'}(1) = T(B/B')(u_B(1)) = T(B/B')(C) = B$$

$$v_{B'}(1) = S(B/B')(v_B(1)) = S(B/B')(S) = K$$

$$\text{同理 } u_{B'}(2) = T(B/B')(C) = A$$

$$v_{B'}(2) = S(B/B')(J) = J$$

$$u_{B'}(3) = T(B/B')(B) = A$$

$$v_{B'}(3) = S(B/B')(J) = J$$

$$\text{故 } B' = (B, K)/1 + (A, J)/2 + (A, J)/3$$

即  $B' = (\text{一般真}, \text{一般假})/1 + (\text{非常真}, \text{非常假})/2 + (\text{非常真}, \text{非常假})/3$

结果表明对应的  $B'$  为“热水阀开的非常大”。

## 4 结束语

本文提出的推理方法是将语言值作为证据信息进行处理,该方法更符合人类的语言表达,推理过程更贴近于人脑的思维过程,并且在处理可比性与不可比性信息时加入了犹豫度的计算,减少了推理过程中信息的损失。实例说明,真值限定的语言真值直觉模糊推理方法在处理可比性与不可比性问题时,更灵活、更有效。下一步的工作是将真值限定的语言真值直觉模糊推理方法应用于决策分析,风险评估等应用领域中。

## 参考文献:

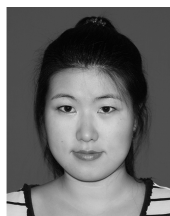
- [1] ZADEH L A. Fuzzy sets [J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [2] ATANASSOV K T. Intuitionistic fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.
- [3] ATANASSOV K T. More on intuitionistic fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 33(1): 37-45.
- [4] XU Yang, QIN Keyun, LIN Jun, et al.  $L$ -valued propositional logic  $L_{\text{vpl}}$  [J]. Information Sciences, 1999, 114(1-4): 205-235.
- [5] 徐扬. 格蕴涵代数 [J]. 西南交通大学学报, 1993(1): 20-27.
- XU Yang. Lattice implication algebra [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 1993(1): 20-27.
- [6] 夏佩伦. 不确定性推理方法研究 [J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(11): 87-91.
- XIA Peilun. Comments on techniques for inference with uncertainty [J]. Fire Control & Command Control, 2010, 35(11): 87-91.
- [7] 陈图云, 孟艳平. 模糊集相似度限定推理方法 [J]. 工程数学学报, 2005, 22(2): 346-348.
- CHEN Tuyun, MENG Yanping. The reasoning method by fuzzy set similarity degree [J]. Chinese Journal of Engineer-

- ing Mathematics, 2005, 22(2): 346-348.
- [8] 雷英杰, 王宝树, 路艳丽. 基于直觉模糊逻辑的近似推理方法[J]. 控制与决策, 2006, 21(3): 305-310.
- LEI Yingjie, WANG Baoshu, LU Yanli. Approximate reasoning method based on intuitionistic fuzzy logic[J]. Control and Decision, 2006, 21(3): 305-310.
- [9] 雷英杰, 汪竞宇, 吉波, 等. 真值限定的直觉模糊推理方法[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(2): 234-236.
- LEI Yingjie, WANG Jingyu, JI Bo, et al. Technique for intuitionistic fuzzy reasoning with truth qualifications[J]. Systems Engineering and Electronics, 2006, 28(2): 234-236.
- [10] 王毅, 雷英杰. 基于直觉模糊逻辑的插值推理方法[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(10): 1944-1948.
- WANG Yi, LEI Yingjie. Techniques for interpolation reasoning based on intuitional fuzzy logic[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(10): 1944-1948.
- [11] 赖家骏, 徐扬. 基于语言真值格值一阶逻辑的不确定性推理的语法[J]. 模糊系统与数学, 2011, 25(2): 1-60.
- LAI Jiajun, XU Yang. Syntax of uncertainty reasoning based on linguistic truth-valued lattice value first-order logic[J]. Fuzzy Systems and Mathematics, 2011, 25(2): 1-6.
- [12] 杨丽, 徐扬. 基于概念格的语言真值不确定性推理[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(2): 553-554, 576.
- YANG Li, XU Yang. Linguistic truth-valued uncertainty reasoning based on concept lattice[J]. Application Research of Computers, 2009, 26(2): 553-554, 576.
- [13] 邹丽, 谭雪微, 张云霞. 语言真值直觉模糊逻辑的知识推理[J]. 计算机科学, 2014, 41(1): 134-137.
- ZOU Li, TAN Xuewei, ZHANG Yunxia. Knowledge reasoning based on linguistic truth-valued intuitionistic fuzzy logic[J]. Computer Science, 2014, 41(1): 134-137.
- [14] 郑宏亮, 徐本强, 邹丽. 一种基于十元格蕴涵代数的知识表示方法[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(1): 37-40.
- ZHANG Hongliang, XU Benqiang, ZOU Li. An approach for knowledge representation based on ten-element lattice implication algebra[J]. Computer Application and Software, 2013, 30(1): 37-40.
- [15] 张云霞, 崔晓松, 邹丽. 一种基于十八元语言值模糊相似矩阵的聚类方法[J]. 山东大学学报, 2013, 43(1): 1-7.
- ZHANG Yunxia, CUI Xiaosong, ZOU Li. A clustering method based on 18-element linguistic-valued fuzzy similar matrix[J]. Journal of Shandong University, 2013, 43(1): 1-7.
- [16] 孙芳, 张凤梅, 邹丽, 等. 基于六元格值命题逻辑的语言真值归结方法[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2010, 28(3): 118-121.
- SUN Fang, ZHANG Fengmei, ZOU Li, et al. Linguistic truth-valued resolution method based on six-element lattice-valued propositional logic[J]. Journal of Guangxi Normal University: Natural Science Edition, 2010, 28(3): 118-121.
- [17] 邹丽. 基于语言真值格蕴涵代数的格值命题逻辑及其归结自动推理研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2010: 1-160.
- ZOU Li. Studies on lattice-valued propositional logic and its resolution-based automatic reasoning based on linguistic truth-valued lattice implication algebra [D]. Chengdu, China: Southwest Jiaotong University, 2010: 1-160.

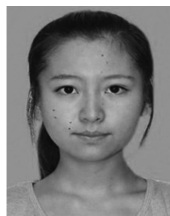
#### 作者简介:



邹丽,女,1971年生,副教授,博士,主要研究方向为多值逻辑与不确定性推理、智能信息处理,发表学术论文70余篇。



谭雪微,女,1990年生,硕士研究生,主要研究方向为多值逻辑与不确定性推理、智能信息处理。



温欣,女,1989年生,硕士研究生,主要研究方向为多值逻辑与不确定性推理、智能信息处理。