直觉模糊三 I 蕴涵的研究*

周创明，　戴文义，　雷英杰
(空军工程大学　导弹学院，陕西　三原　713800)

摘　要:在 Zadeh 模糊集理论基础上,将传统模糊推理的合成推理方法(CAI)与王国俊教授的模糊推理全蕴涵三 I 算法进行分析和比较,得出了后者更加全面合理的结论,然后进一步对模糊三 I 全蕴涵进行研究,将其与 Atanassov 的直觉模糊集理论相结合,扩展为基于直觉模糊集的三 I 蕴涵,并论述了这一扩展的必要性和优点,从而得到了新的研究方向,接着给出了一个新的直觉模糊蕴涵算子,讨论了直觉模糊蕴含的运算性质,最后通过这一算子对直觉模糊三 I 蕴涵进行了直觉模糊取式问题(IFMP)的求解,得到了基于这一算子的 IFMP 问题求解算法,并用实例验证了该算法的正确性和合理性。

关键词:直觉模糊;模糊三 I 蕴涵;蕴涵算子
中图分类号: O141　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1009－3516(2008)06－0075－05

模糊推理是一种重要的不确定性推理方法,在模糊控制、人工智能等领域占有重要的地位。但模糊推理的基本方法——合成推理方法(CRI)缺乏严格的逻辑基础,王国俊教授就分析到:从逻辑语义的角度看,CRI 方法似乎有值得商榷之处[1]。CRI 算法中利用蕴涵算子 R 把 A 、B 转化为模糊关系 $R(A(u),B(v))$ 这一步是恰当的,因为 $A\rightarrow B$ 的直观意义正是 A 蕴涵 B,用蕴涵算子去处理它是自然的。然而,CRI 算法的下一步却用了复合算法,这一步偏离了语义蕴涵的框架。因此,王国俊教授改进传统的 CRI 算法,提出了模糊推理的全蕴涵三 I 算法。该方法的每一步推理都使用蕴涵运算,有效地克服了 CRI 算法第 2 步的不合理性。

Atanassov 提出的直觉模糊集比 Zadeh 模糊集增加了 1 个新的因素——非隶属度[2-3],能够更加细腻地刻画客观世界模糊性的本质,引起了学者的广泛关注[4-6]。文献[7－8]给出了直觉模糊蕴涵推理的定义;文献[9]专门对如何构建直觉模糊算法进行了深入研究并列出了多种直觉模糊算子。文献[10]对一般模糊集的三 I 蕴涵算法求解进行了专门的研究。文章通过对 Atanassov 直觉模糊和王国俊教授三 I 蕴涵算法的深入研究,认为如果将二者有机地结合起来的话,对于模糊推理的应用会有很大的意义,就此提出了直觉模糊三 I 蕴涵的概念,并通过新的直觉模糊蕴涵算子 R_V 对直觉模糊三 I 蕴涵进行了求解和分析。

1　直觉模糊三 I 蕴涵

1.1　理论准备

定义 1　设 X 是一个给定论域,则 X 上的一个直觉模糊集 A 为

$$A=\{\langle x,\mu_A(x),\gamma_A(x)\rangle \mid x\in X\} \tag{1}$$

式中:$\mu_A(x):X\rightarrow[0,1]$ 和 $\gamma_A(x):X\rightarrow[0,1]$ 分别代表 A 的隶属函数 $\mu_A(x)$ 和非隶属函数 $\gamma_A(x)$,且对于 A 上的所有 $x\in X$,$0\leqslant\mu_A(x)+\gamma_A(x)\leqslant 1$ 成立。可以看出,当 $\mu_A(x)+\gamma_A(x)=1$ 时,就对应为一般的模糊集。

定义 2　给定直觉模糊集 $A\in \mathrm{IFS}(X)$,$B\in \mathrm{IFS}(Y)$,其中 $A=\{\langle x,\mu_A(x),\gamma_A(x)\rangle \mid x\in X\}$,$B=\{\langle y,\mu_B(y),\gamma_B(y)\rangle \mid y\in Y\}$,与一般模糊蕴涵类似,定义 $\mathrm{IFI}(x,y)=A(x)\xrightarrow[\mathrm{IFI}]{}B(y)$ 为 $A(x)$ 与 $B(y)$ 的直觉模糊蕴

* **收稿日期**:2008－02－26
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60773209);陕西省自然科学基金资助项目(2006F18)
作者简介:周创明(1967－),男,湖南益阳人,副教授,博士生,主要从事网络信息安全研究;
E－mail:179820572@qq.com

涵(Intuitionistic Fuzzy Implication,IFI),且设 $\mathrm{IFI}(x,y)=\{\langle (x,y),\mu(x,y),\gamma(x,y)\rangle \mid x\in X,y\in Y\}$。

定义 3　直觉模糊取式(Intuitionistic Fuzzy Modus Ponens)问题简记为 IFMP,其表述形式为

$$\begin{array}{ll} \text{已知规则} & A\rightarrow B \\ \text{现在输入} & A^{*} \\ \hline \text{输出} & B^{*} \end{array}$$

式中:$A,A^{*}\in \mathrm{IFS}(X)$;$B,B^{*}\in \mathrm{IFS}(Y)$。

定义 4　设 $A,A^{*}\in F(x)$,$B,B^{*}\in F(y)$,我们考虑 $A\rightarrow B$ 对 $A^{*}\rightarrow B^{*}$ 的支持程度,即:

$$(A(x)\rightarrow B(y))\rightarrow(A^{*}(x)\rightarrow B^{*}(x)) \tag{2}$$

由于式(2)采用了 3 个蕴涵算子,因此称之为模糊三 I 蕴涵,3 个蕴涵能很好地体现模糊集之间的相互联系,也更贴近实际的应用。仿照此定义,下面给出直觉模糊三 I 蕴涵的定义。

1.2　直觉模糊三 I 蕴涵的定义

定义 5　设 $A,A^{*}\in \mathrm{IFS}(X)$;$B,B^{*}\in \mathrm{IFS}(Y)$。直觉模糊三 I 蕴涵(Intuitionistic Fuzzy Triple Implication,IFTI)定义为

$$\mathrm{IFTI}(x,y)=(A(x)\xrightarrow[\mathrm{IFI}]{}B(y))\xrightarrow[\mathrm{IFI}]{}(A^{*}(x)\xrightarrow[\mathrm{IFI}]{}B^{*}(y)) \tag{3}$$

式(3)和式(2)在形式上是很相似的,只是在论域和蕴涵算子上不相同而已。首先式(3)的论域为直觉模糊集 X、Y,因而它的考虑因素就有 2 个方面:支持度和非支持度,这样 $\mathrm{IFTI}(x,y)$的结果也不再是单纯的数值了,还应该是一个直觉模糊集;其次,它采用了 3 个直觉模糊蕴涵,与一般模糊蕴涵不一样,它的算子也从这 2 个方面组成,计算方法也显得复杂。这样定义初步实现了直觉模糊与三 I 蕴涵的结合,能够有效地克服王国俊教授指出的传统 CAI 方法的缺点,还能有效地将直觉模糊较之一般模糊更具全面性等优点结合起来。为了书写方便,下面在讨论直觉模糊蕴涵时将 $A(x)\xrightarrow[\mathrm{IFI}]{}B(y)$ 简写为 $A(x)\rightarrow B(y)$。

2　直觉模糊三 I 蕴涵的 IFMP 问题求解

性质 1　(直觉模糊蕴涵性质)　设 $A,A^{*}\in \mathrm{IFS}(X)$,$B,B^{*}\in \mathrm{IFS}(Y)$,给定直觉模糊蕴涵 $\mathrm{IFI}(x,y)=\{\langle (x,y),\mu(x,y),\gamma(x,y)\rangle \mid x\in X,y\in Y\}$ 和直觉模糊蕴涵 $\mathrm{IFI}^{*}(x,y)=\{\langle (x,y),\mu^{*}(x,y),\gamma^{*}(x,y)\rangle \mid x\in X,y\in Y\}$,$\forall x\in X$ 及 $\forall y\in Y$,它们具有如下性质:

1) $\mathrm{IFI}(x,y)\leqslant \mathrm{IFI}^{*}(x,y)\Leftrightarrow \mu(x,y)\leqslant \mu^{*}(x,y)$ 且 $\gamma(x,y)\leqslant \gamma^{*}(x,y)$;

2) $\mathrm{IFI}(x,y)\preceq \mathrm{IFI}^{*}(x,y)\Leftrightarrow \mu(x,y)\leqslant \mu^{*}(x,y)$ 且 $\gamma(x,y)\leqslant \gamma^{*}(x,y)$;

3) $\mathrm{IFI}^{C}(x,y)=\{\langle (x,y),\gamma(x,y),\mu(x,y)\rangle \mid x\in X,y\in Y\}$;

4) $\mathrm{IFI}^{-1}(x,y)=\{\langle (x,y),\mu(x,y),\gamma(x,y)\rangle \mid x\in X,y\in Y\}$;

5) $(\mu(x,y))'=1-\mu(x)$,$(\gamma(x))'=1-\gamma(x)$。

由于直觉模糊三 I 蕴涵的值仍然是一个直觉模糊蕴涵,因而直觉模糊三 I 蕴涵也具有以上这些性质。其中,定义性质 1)为 2 个直觉模糊蕴涵的大小关系 $\mathrm{IFI}(x,y)\leqslant \mathrm{IFI}^{*}(x,y)$。设直觉模糊蕴涵 $\mathrm{I}_{\mathrm{Max}}=\{\langle (x,y),1,0>\mid x\in X,y\in Y\}$,$\mathrm{I}_{\mathrm{Min}}=\{\langle (x,y),0,1>\mid x\in X,y\in Y\}$,由性质 1)易知 $\mathrm{I}_{\mathrm{Max}}$是所有直觉模糊蕴涵中最大的,而 $\mathrm{I}_{\mathrm{Min}}$是所有直觉模糊蕴涵中最小的。与一般模糊蕴涵三 I IFMP 原则相似,直觉模糊蕴涵三 I IFMP 原则为

设 $A,A^{*}\in \mathrm{IFS}(X)$,$B,B^{*}\in \mathrm{IFS}(Y)$,则 IFMP 问题中的 B^{*}是 $\mathrm{IFS}(Y)$ 中使式(3)成为最大直觉模糊蕴涵的最小直觉模糊集。

定义 6　设 $A\in \mathrm{IFS}(X)$,$B\in \mathrm{IFS}(Y)$,引入由模糊蕴涵算子 R_0 扩展的直觉模糊蕴涵算子 R_V,它的隶属度和非隶属度定义如下:

$$\mu(x,y)=\begin{cases} 1, & \mu_A(x)\leqslant \mu_B(y) \\ (\mu_A(x))'\vee \mu_B(y), & \text{其它} \end{cases}$$

$$\gamma(x,y)=\begin{cases} 0, & \mu_A(x)\leqslant \mu_B(y)\text{或}\gamma_A(x)\leqslant \gamma_B(y) \\ \gamma_A(x)\wedge(\gamma_B(y))', & \text{其它} \end{cases}$$

式中:$(\mu_A(x))'=1-\mu_A(x)$,$(\gamma_B(x))'=1-\gamma_B(x)$。

定理 1　(R_V 型三 I IFMP 算法) 设 $A,A^* \in \mathrm{IFS}(X)$，$B,B^* \in \mathrm{IFS}(Y)$，则式(3)的三 I IFMP 解，即 $\mathrm{IFS}(Y)$ 中使式(3)的值恒等于 $\mathrm{I_{Max}}$ 的最小直觉模糊集 B^* 的算法如下:

$$\begin{cases} \mu_{B^*}(y) = \sup\limits_{x \in E(x)} [\mu_{A^*}(x) \wedge \mu(A(x),B(y))] \\ \gamma_{B^*}(y) = \inf\limits_{x \in F(x)} [\gamma_{A^*}(x) \vee \gamma(A(x),B(y))] \end{cases}$$

式中:$E(x) = \{x \in X \mid (\mu_A(x))' < \mu_A(x),B(y))\}$；$F(x) = \{x \in X \mid (\gamma_A(x))' < \gamma(A(x),B(y))\}$

证明　首先证明该定理确定的 B^* 是一个直觉模糊集。易知 $0 \leqslant \mu_{B^*}(y),\gamma_{B^*}(y) \leqslant 1$，假设 a,b 分别为满足定理条件的 $E(x)$，$F(x)$ 中的取值，由 Atanassov 算子定义可知，当 $a=b$ 时，$(\mu_{B^*}(y)+\gamma_{B^*}(y))\mid_{x=a} \leqslant 1$，$B^*$ 是一个直觉模糊集，$a \neq b$ 时，有:$\mu_{B^*}(y)\mid_{x=a} + \gamma_{B^*}(y)\mid_{x=b} \leqslant \mu_{B^*}(y)\mid_{x=a} + \gamma_{B^*}(y)\mid_{x=a} = (\mu_{B^*}(y) + \gamma_{B^*}(y))\mid_{x=a} \leqslant 1$，因此 B^* 是一个直觉模糊集。其次，证明 B^* 满足使式(3)的值为 $\mathrm{I_{Max}}$，这里定义:

$$\mathrm{IFTI}(x,y) = \{\langle (x,y),\mu(x,y),\gamma(x,y)\rangle \mid x \in X, y \in Y\}$$

由最小直觉模糊集 B^* 的定义可知: $\mu_{B^*}(y) \geqslant \mu_{A^*}(x) \wedge \mu(A(x),B(y))$

$$\begin{aligned} \mu(x,y) &= \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A^*(x),B^*(y)) \\ &\geqslant \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A^*(x),A^*(x) \wedge \mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &\geqslant \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A^*(x),A^*(x) \wedge \mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y)) \\ &= \mu(A(x),B(y)) \to 1 \wedge \mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &= \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \end{aligned}$$

1) $\mu(A(x),B(y)) = 1$，则由 $\mu_{A^*}(x) \leqslant \mu(A(x),B(y)) = 1$ 可得:$\mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = 1$，进而 $\mu(x,y) = 1$；

2) $\mu(A(x),B(y)) < 1$，$\mu(A^*(x)),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = \mu_{A^*}(x) \wedge \mu(A(x),B(y))$

若 $\mu_{A^*}(x) \leqslant \mu(A(x),B(y))$，则 $\mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = 1$，进而 $\mu(x,y) = 1$；

若 $\mu_{A^*}(x) > \mu(A(x),B(y))$，则:

$$\begin{aligned} \mu(x,y) &= \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &= \mu(A(x),B(y)) \to \mu_{A^*}(x) \wedge \mu(A(x),B(y)) \\ &= \mu(A(x),B(y)) \to \mu(A(x),B(y)) \\ &= 1 \end{aligned}$$

由 1)、2) 可知支持度满足条件。

$$\gamma_{B^*}(y) \leqslant \gamma_{A^*}(x) \vee \gamma(A(x),B(y))$$

$$\begin{aligned} \gamma(x,y) &= \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A^*(x),B^*(y)) \\ &\leqslant \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A^*(x),A^*(x) \vee \mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &\leqslant \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A^*(x),A^*(x)) \vee \gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y)) \\ &= \gamma(A(x),B(y)) \to 0 \vee \gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &= \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \end{aligned}$$

1) $\gamma(A(x),B(y)) = 0$，则由 $\gamma_{A^*}(x) \geqslant \gamma(A(x),B(y)) = 0$ 可得:

$$\gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = 0，进而 \gamma(x,y) = 0$$

2) $\gamma(A(x),B(y)) > 0$，$\gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = \gamma_{A^*}(y) \wedge \gamma(A(x),B(y))$

若 $\gamma_{A^*}(x) \geqslant \gamma(A(x),B(y))$ 则 $\gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) = 0$，进而 $\gamma(x,y) = 0$；

若 $\gamma_{A^*}(y) \leqslant \gamma(A(x),B(y))$ 则:

$$\begin{aligned} \gamma(x,y) &= \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A^*(x),\mathrm{IFI}(A(x),B(y))) \\ &= \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma_{A^*}(x) \vee \gamma(A(x),B(y)) \\ &= \gamma(A(x),B(y)) \to \gamma(A(x),B(y)) \\ &= 0 \end{aligned}$$

由 1)、2) 可知非支持度满足条件。

再次，证明定理 1 中的 B^* 是 $\mathrm{IFS}(Y)$ 中使式(3)的值恒等于 $\mathrm{I_{Max}}$ 的最小直觉模糊集，假设存在一个比 B^* 还小的直觉模糊集 $D \in \mathrm{IFS}(Y)$ 能使式(3)的值恒等于 $\mathrm{I_{Max}}$，则存在一个 $x_0 \in E(x)$，$x_1 \in F(x)$ 满足:

$$\mu_D(y) \leqslant \mu_{A^*}(x_0) \wedge \mu(A(x_0),B(y))，\gamma_D(y) \geqslant \gamma_{A^*}(x_1) \vee \gamma(A(x_1),B(y))$$

从而可得:

$$\mu_D(y)\leqslant\mu_{A^*}(x_0),\mu_D(y)\leqslant\mu(A(x_0),B(y)),\text{且}(\mu_{A^*}(x_0))'<\mu(A(x_0),B(y))$$

$$\gamma_D(y)\geqslant\gamma_{A^*}(x_1),\gamma_D(y)\geqslant\gamma(A(x_1),B(y)),\text{且}(\gamma_{A^*}(x_1))'>\mu(A(x_1),B(y))$$

由直觉模糊蕴涵算子 R_V 可知:

$$\begin{aligned}\mu(A^*(x_0),D(y)) &= (\mu_{A^*}(x_0))'\vee\mu_D(y)\\ &\leqslant((\mu_{A^*}(x_0))'\vee\mu_B(y))\vee\mu_D(y)\\ &=\mu(A(x_0),B(y))\vee\mu_D(y)\\ &=\mu(A(x_0),B(y))\end{aligned}$$

因为 $\mu_D(y)! \equiv 1$,从而 $\mu(A^*(x_0),D(y))! \equiv 1$,因而可得存在 $x_0\in E(x)$ 使 $\mu(x_0,y)=(\mu(A(x_0),B(y)))'\vee\mu(A^*(x_0),D(y))! \equiv 1$,不满足支持度条件。另外,

$$\begin{aligned}(\gamma(A^*(x_1),D(y)))' &= (\gamma_{A^*}(x_1)\wedge(\gamma_D(y))')'\\ &=(\gamma_{A^*}(x_1))'\vee\gamma_D(y)\\ &\geqslant\gamma(A(x_1),B(y))\vee\gamma(A(x_1),B(y))\\ &=\gamma(A(x_1),B(y))\end{aligned}$$

因为 $\gamma_D(y)! \equiv 1$ 从而 $\gamma(A^*(x_1),D(y))! \equiv 0$,因而可得存在 $x_1\in F(x)$ 使 $\gamma(x_1,y)=\gamma(A(x_1),B(y))\wedge(\gamma(A^*(x_1),D(y)))'=\gamma(A(x_1),B(y))! \equiv 0$,不满足非支持度条件,定理 1 证毕。

例 1 设 $x,y\in[0,1]$,直觉模糊集 A,A^*,B 给出如下:$A=\{0.25(x+3),0.2(1-x)\}$,$A^*=\{1-x,x\}$,$B=\{1-y,0.5y\}$,试求 B^*。

解 先求 $\mu_{B^*}(y)$:

1)设 $y>0.25$,则 $0.25(x+3)>1-y$,由算子 R_V 得:

$\mu(A,B)=(\mu_A(x))'\vee\mu_B(y)=[1-0.25(x+3)]\vee(1-y)=0.25(1-x)\vee(1-y)$,$E(x)=\{x\in X\mid(\mu_{A^*}(x))'<((\mu_A(x))'\vee\mu_B(y))\}=\{x\in X\mid x<0.25(1-x)\vee(1-y)\}$,易知 $0\in E(x)$,又 $1-y>0.75$,$0.25(1-x)\leqslant0.25$,由定理 1 得:

$\mu_{A^*}(x)\wedge((\mu_A(x))'\vee\mu_B(y)=(1-x)\wedge[0.25(1-x)\vee(1-y))]$,

$\mu_{B^*}(y)=\sup\limits_{x\in E(x)}[(1-x)\wedge[0.25(1-x)\vee(1-y)]=0.25\vee(1-y)]$;

2)$y\leqslant0.25$,则 $1-y\leqslant0.75$,由算子 R_V 可知 $\mu(A,B)=1$,令 $x=0$ 代入定理 1 得:

$\mu_{B^*}(y)\geqslant[(1-0)\wedge1]=1$。

由 1)、2)得:

$$\mu_{B^*}(y)=\begin{cases}1 & y\leqslant0.25\\ 0.25\vee(1-y) & y>0.25\end{cases}$$

再求 $\gamma_{B^*}(y)$:

1)设 $y>0.4$,则 $0.2(1-x)<0.5y$,由算子 R_V 得:

$$\gamma(A,B)=\gamma_A(x)\wedge(\gamma_B(y))'=0.2(1-x)\wedge(1-0.5y)=0.2(1-x)$$

$$F(x)=\{x\in X\mid(\gamma_{A^*}(x))'>(\gamma_A(x)\wedge(\gamma_B(y))')\}=\{x\in X\mid 1-x>0.2(1-x)\}=\{x\}$$

易知 $0\in F(x)$,且 $1-y<0.6$,由定理 1 得:$\gamma_{A^*}(x)\ \vee(\gamma_A(x)\wedge(\gamma_B(y))')=x\vee0.2(1-x)$,进一步求得:

$$\gamma_{B^*}(y)=\operatorname*{Inf}_{x\in F(x)}[\gamma_{A^*}(x)\wedge(\gamma_A(x)\wedge(\gamma_B(y))')]=\operatorname*{Inf}_{x\in F(x)}[x\vee0.2(1-x)]=\frac{1}{6};$$

2)$y\leqslant0.4$,则 $1-y\geqslant0.6$,由算子 R_V 可知 $\gamma(A,B)=0$,令 $x=0$ 代入定理 1 得:$\gamma_{B^*}(y)\geqslant[0\vee0]=0$,由 1)、2)得:

$$\gamma_{B^*}(y)=\begin{cases}0 & y\leqslant0.4\\ \dfrac{1}{6} & y>0.4\end{cases}$$

3 结束语

直觉模糊三 I 方法是模糊推理理论上一个新的尝试和突破,虽然它的研究还处于起步阶段,这一理论的

完善以及从理论到应用的过程还需要很长的时间,由于它很好地克服了经典模糊推理的缺点,并结合了新的直觉模糊理论,在人工智能技术不断进步和控制理论不断求新的今天,它必将占有一席之地。

参考文献:

[1] 王国俊.模糊推理的全蕴涵三I算法[J].中国科学:E辑,1999,29(1):43-53.
WANG Guojun. Triple Implication Algorithm of Fuzzy Reasoning[J]. Sciences of China:Series E,1999,29(1):43-53.(in Chinese)

[2] Atanassov K. Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1):87-96.

[3] Atanassov K. More on Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 33(1):37-45.

[4] Yager R R. On Some New Classes of Implication Operators and Their Role in Approximate Reasoning[J]. Information Sciences, 2004, 167:193-216.

[5] Eulalia Szmidt, Janusz Kacprzyk. Entropy for Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 118(3):467-477.

[6] Chris Cornelis, Glad Deschrijver, Etienne E Kerre. Implication in Intuitionistic Fuzzy and Interval-valued Fuzzy Set theory: Construction, Classification, Application[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2004, 35(1):55-95.

[7] Burillo P, Bustince H. Intuitionistic Fuzzy Relations (Part I) [J]. Mathware Soft Computing, 1995, 2:5-38.

[8] Burillo P, Bustince H. Construction Theorems for Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 84(3):271-281.

[9] 雷英杰,王宝树.直觉模糊逻辑的语义算子研究[J].计算机科学,2004,31(11):4-6.
LEI Yingjie, WANG Baoshu. On the Semantic Operators for Intuitionistic Fuzzy Logic[J]. Computer Science,2004,31(11):4-6.(in Chinese)

[10] 徐章艳,杨炳儒.Fuzzy集上基于一般蕴含算子的α-三I算法[J].广西师范大学学报:自然科学版,2005,23(4):42-45.
XU Zhangyan, YANG Bingru. α-triple I Algorithm Based on the Generalization Implication Operator for Fuzzy Sets[J]. Journal of Guangxi Normal University:Natural Science Edition, 2005, 23(4):42-45.(in Chinese)

(编辑:徐楠楠)

Research on the Intuitionist Fuzzy Triple Implication

ZHOU Chuang-Ming, DAI Wen-Yi, LEI Ying-Jie

(Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: Compared with the common Fuzzy Sets, Intuitionist Fuzzy Sets (IFS) are good at describing the diversity and vagueness of the world, which has attracted many scholastics´ attention. Extended from the Fuzzy Sets, Fuzzy Reasoning (FR) has been applied to many fields including vague control and artificial intelligence. However, it is explained that Intuitionist Fuzzy Reasoning (IFR) is more exquisite in finding out the inherent connections between the fuzzy objects. Originated by professor Wang, the Fuzzy Triple Implication (FTI) has deeply developed the theory of FR. Based on the above theories, and by researching on FTI, this paper extended FTI to Intuitionist Fuzzy Triple Implication (IFTI), and gave a dissertation about the necessity and strong point of it. Through proposing a new intuitionist fuzzy implication arithmetic operator, this paper solved the IFMP problem, and tested the argumentation by an example as well.

Key words: intuitionist fuzzy; fuzzy triple implication; implication operator