

# 直觉模糊匹配的语义距离与贴近度

雷英杰, 王涛, 赵晔, 汪竞宇

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**首先引用 Atanassov 直觉模糊集的基本概念,阐述了直觉模糊推理的语义匹配问题,给出了计算直觉模糊匹配度的语义距离与贴近度扩展方法,重点研究了直觉模糊贴近度扩展计算模型与直觉模糊语义距离,包括在离散论域和连续论域上的海明距离、欧氏距离、明可夫斯基距离、切比雪夫距离等扩展计算模型,提出了将直觉模糊贴近度与直觉模糊语义距离转换成直觉模糊匹配度的方法。

**关键词:**直觉模糊集合;直觉模糊逻辑;匹配度;语义距离;贴近度

**中图分类号:**TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2005)01-0069-04

在语义描述上,经典的康托尔(Cantor)集合论只能描述“非此即彼”的“分明概念”。Zadeh 的模糊集理论<sup>[1]</sup>是对经典集合的有效扩充,可以扩展描述外延不分明“亦此亦彼”的“模糊概念”。Atanassov 直觉模糊集合(Intuitionistic Fuzzy Sets, IFS)<sup>[2-5]</sup>是对 Zadeh 模糊集理论最有影响的一种扩充和发展。IFS 增加了一个新的属性参数——非隶属度函数,进而还可以描述“非此非彼”的“模糊概念”,更加细腻地刻画客观世界的模糊性本质,因而引起众多学者的关注。

## 1 直觉模糊集

Atanassov 对直觉模糊集给出如下定义

定义(直觉模糊集)<sup>[2]</sup> 设  $X$  是一个给定论域,则  $X$  上的一个直觉模糊集  $A$  为

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

其中,  $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$  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  $x \in X$ ,  $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$  成立。

当  $X$  为连续空间时,

$$A = \int_X \langle \mu_A(x), \gamma_A(x) \rangle / x, \quad x \in X$$

当  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  为离散空间时,

$$A = \sum_{i=1}^n \langle \mu_A(x_i), \gamma_A(x_i) \rangle / x_i, \quad x_i \in X, i = 1, 2, \dots, n$$

直觉模糊集  $A$  有时可以简记作  $A = \langle x, \mu_A, \gamma_A \rangle$ 。显然,每一个一般模糊子集对应于下列直觉模糊子集  $A = \{ \langle x, \mu_A(x), 1 - \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \}$ 。

对于  $X$  中的每一个直觉模糊子集,我们称  $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \gamma_A(x)$  为  $A$  中  $x$  的直觉指数(Intuitionistic Index),它是  $x$  对  $A$  的犹豫程度(Hesitancy degree)的一种测度。显然,对于每一个  $x \in X$ ,  $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$ 。对于  $X$  中的每一个一般模糊子集  $A$ ,  $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - [1 - \mu_A(x)] = 0, \forall x \in X$ 。

收稿日期:2004-10-19

基金项目:国防科技预研基金资助项目(51406030104DZ0120)

作者简介:雷英杰(1956-),男,陕西渭南人,教授,博士生导师,主要从事智能信息处理与智能系统、智能决策等研究。

## 2 直觉模糊匹配

在直觉模糊推理中,由于知识的前提条件中的 $A$ 与证据中的 $A'$ 不一定完全相同,因此在决定选用哪条知识进行推理时必须首先考虑哪条知识的前提条件 $A$ 与证据中的前提条件 $A'$ 近似匹配的问题,即它们的相似程度是否大于某个预先设定的阈值 $\lambda$ 。由于 $A$ 与 $A'$ 都是用相应的直觉模糊集及其属性函数刻画的,因此对其相似程度的计算就转化为对其相应直觉模糊集的计算。

两个直觉模糊集所表示的模糊概念的相似程度称为匹配度。目前在直觉模糊知识处理中用来确定模糊条件与相应证据是否可匹配,常用的计算匹配度的方法主要有贴近度、语义距离及相似度等。下面集中讨论语义距离与贴近度。

## 3 直觉模糊贴近度

直觉模糊贴近度 $N(A, B)$ 是指两个直觉模糊概念 $A$ 与 $B$ 相互贴近的程度,它可以用来作为语义匹配的一种度量。在直觉模糊集的贴近度计算时,需要考虑其隶属度函数与非隶属度函数两个因素的合成,因而必须对一般模糊集的贴近度计算进行相应扩展。下面给出扩展的直觉模糊集的贴近度计算模型。

设 $A$ 与 $B$ 分别是论域 $U$ 上的两个表示相应模糊概念的直觉模糊集,则它们的贴近度 $N(A, B)$ 定义为

$$N(A, B) = \frac{1}{2} [A \cdot B + (1 - A \otimes B)]$$

其中

$$A \cdot B = \frac{1}{2} \{ \bigvee_U [\mu_A(x) \wedge \mu_B(x)] + \bigvee_U [(1 - \gamma_A(x)) \wedge (1 - \gamma_B(x))] \}$$

$$A \otimes B = \frac{1}{2} \{ \bigwedge_U [\mu_A(x) \vee \mu_B(x)] + \bigwedge_U [(1 - \gamma_A(x)) \vee (1 - \gamma_B(x))] \}$$

这里“ $\vee$ ”表示取极大,“ $\wedge$ ”表示取极小, $A \cdot B$ 称为内积, $A \otimes B$ 称为外积。

例如,设 $U = \{a, b, c, d, e, f\}$ ,

$$A = \langle 0.6, 0.4 \rangle / a + \langle 0.8, 0.2 \rangle / b + \langle 1, 0 \rangle / c + \langle 0.8, 0.2 \rangle / d + \langle 0.6, 0.4 \rangle / e + \langle 0.4, 0.6 \rangle / f$$

$$B = \langle 0.4, 0.6 \rangle / a + \langle 0.6, 0.4 \rangle / b + \langle 0.8, 0.2 \rangle / c + \langle 1, 0 \rangle / d + \langle 0.8, 0.2 \rangle / e + \langle 0.6, 0.4 \rangle / f$$

则

$$A \cdot B = \{0.4 \vee 0.6 \vee 0.8 \vee 0.8 \vee 0.6 \vee 0.4 + 0.4 \wedge 0.6 \wedge 0.8 \wedge 0.8 \wedge 0.6 \wedge 0.4\} / 2 = 0.8$$

$$A \otimes B = \{0.6 \wedge 0.8 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 0.8 \wedge 0.6 + 0.6 \wedge 0.8 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 0.8 \wedge 0.6\} / 2 = 0.6$$

$$N(A, B) = [0.8 + (1 - 0.6)] / 2 = 0.6$$

当用贴近度作为匹配时,贴近度越大表示越匹配。根据贴近度的含义,不妨设匹配度

$$\delta_{match}(A, B) = N(A, B)$$

这里的贴近度 $N(A, B)$ 就是扩展的直觉模糊集贴近度。当贴近度或匹配度大于某个预先指定的阈值 $\lambda$ 时,就认为相应的模糊条件可与证据匹配。

## 4 直觉模糊语义距离

为了明确一个直觉模糊条件是否可与相应的证据匹配,可以通过计算语义距离的方法来得到匹配度。语义距离的含义是语义距离越小说明两者越匹配。语义距离通常有海明(Hamming)距离、欧氏(Euclidean)距离、明可夫斯基(Minkovski)距离、切比雪夫(Chebyshev)距离等。在直觉模糊集的语义距离计算时,需要考虑其隶属度函数与非隶属度函数两个因素的合成,因而必须对一般模糊集的语义距离的计算进行相应扩展。下面给出扩展的直觉模糊集的几种语义距离计算模型。

## 1) 海明距离

设  $A$  和  $B$  是给定论域  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  上的直觉模糊子集, 则  $X$  上  $A$  和  $B$  之间的海明距离由下式定义

$$d_H(A, B) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [|\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| + |\gamma_A(x_i) - \gamma_B(x_i)|]$$

若  $X = [a, b]$  为连续论域, 则

$$d_H(A, B) = \frac{1}{2(b-a)} \int_a^b [|\mu_A(x) - \mu_B(x)| + |\gamma_A(x) - \gamma_B(x)|] dx$$

很明显,  $0 \leq d_H(A, B) \leq 1$ 。对于上例,  $d_H(A, B) = 0.2$ 。

## 2) 欧氏距离

设  $A$  和  $B$  是给定论域  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  上的直觉模糊子集, 则  $X$  上  $A$  和  $B$  间的欧氏距离由下式定义

$$d_E(A, B) = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [|\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|^2 + |\gamma_A(x_i) - \gamma_B(x_i)|^2]}$$

若  $X = [a, b]$  为连续论域, 则

$$d_E(A, B) = \frac{1}{\sqrt{2(b-a)}} \int_a^b [|\mu_A(x) - \mu_B(x)|^2 + |\gamma_A(x) - \gamma_B(x)|^2]^{1/2} dx$$

很明显,  $0 \leq d_E(A, B) \leq 1$ 。对于上例,  $d_E(A, B) = 0.2$ 。

## 3) 明可夫斯基距离

明可夫斯基给出了更一般的计算语义距离的公式, 其定义为

$$d_M(A, B) = \left\{ \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [|\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|^q + |\gamma_A(x_i) - \gamma_B(x_i)|^q] \right\}^{1/q}, \quad q \geq 1$$

显然, 当  $q = 1$  时, 就得到了海明距离; 当  $q = 2$  时, 就得到了欧几里德距离。

## 4) 切比雪夫距离

切比雪夫距离的定义为

$$d_C(A, B) = \max_{1 \leq i \leq N} [|\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| + |\gamma_A(x_i) - \gamma_B(x_i)|]$$

无论用那种方法计算出的语义距离  $d(A, B)$ , 都可以通过下式将其转换为相应的匹配度:

$$\delta_{\text{match}}(A, B) = 1 - d(A, B)$$

这里的语义距离  $d(A, B)$  就是扩展的直觉模糊集语义距离。如果模糊条件与相应的匹配度  $\delta_{\text{match}}(A, B)$  大于某个预先指定的阈值  $\lambda$ , 就认为它们是可以匹配的。

## 5 结论

Zadeh 模糊集理论及应用, 特别是在知识处理中的应用虽然也在进一步发展但已趋成熟<sup>[8]</sup>, 而 Atanassov 直觉模糊集理论用作知识处理领域, 尚正在发展之中, 且其数学描述较之 Zadeh 模糊集理论更加符合客观世界模糊对象的本质, 因而形成新的研究热点。从已经发表的文献来看, 国内仅少数学者对直觉模糊开展研究, 且多局限于纯数学范畴, 在知识处理领域的研究尚处于起步阶段。

本文给出计算直觉模糊集匹配度的语义距离和贴近度方法, 从而扩展了模糊逻辑推理中语义匹配度的计算方法, 深化了直觉模糊集理论在知识处理领域中的应用研究。

## 参考文献:

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8 (3) : 338 - 353.
- [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 - 46.
- [4] Atanassov K. New Operations Defined Over The Intuitionistic Fuzzy Sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 61 (1) : 137 - 142.
- [5] Atanassov Krassimir T, Kacprzyk Janusz, Szmidt Eulalia, et al. On Separability of Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Lecture Notes

in Artificial Intelligence, 2003, 2715 : 285 - 292.

- [6] 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.  
 [7] 雷英杰,孙金萍,王宝树. 模糊知识处理与模糊集理论的若干拓展[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2004, 5(3) : 40 -44.  
 [8] 雷英杰,王宝树. 拓展模糊集之间的若干等价变换[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26 (10) : 1414 -1417.

(编辑:田新华)

## On Semantic Distance and Near Compactness for Intuitionistic Fuzzy Match

LEI Ying - jie, WANG Tao, ZHAO Ye, WANG Jing - yu

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

**Abstract:** The fundamental notions and operations on Atanassov's Intuitionistic Fuzzy Sets are first introduced, and the semantic matching problem of intuitionistic fuzzy reasoning is described with the emphasis on proposing the extensions of methods for computing the semantic distance and near compactness as the measurement of intuitionistic fuzzy matching degree and on investigating the extensions of models for computing intuitionistic fuzzy near compactness and semantic distance, such as Hamming distance, Euclidean distance, Minkovski distance and Chebyshev distance, etc. on both space of discrete and continuous domain. The techniques for transforming intuitionistic fuzzy near compactness or semantic distance into intuitionistic fuzzy matching degree are exposed.

**Key words:** intuitionistic fuzzy sets; fuzzy logic; matching degree; semantic distance; near compactness

(上接第 51 页)

- [6] 陈志波,何云. 面向 Internet 的视频编码技术:精细可分级性的实现[J]. 中国图像图形学报,2001,6(6) :608 -612.

(编辑:门向生)

## The Bandwidth Adaptive System - media Surveillance Promulgating System Based on Browser/Server

WANG Cong - xia, CHEN Qi - mei

(Communication Technique Research Centre of Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

**Abstract:** To describe the long - range monitor video in manner of Browser/Server, this paper brings forward a stream - media promulgating system based on the B/S video surveillance, and presents the structure and rationale of its collecting, coding, stream - media promulgating, web server and terminal, then analyzes the promulgating process and transfers hierarchy, finally gives a bandwidth adaptive rate - control model and the realization scheme which is based on the detection of packet losing rate and used to resolve the conflict between the fluctuation of WAN load capability and the requirement of video real - time transmission.

**Key words:** video surveillance system; network promulgating; Browser/Server; bandwidth adaptive; rate control