

文章编号:1001-9081(2008)08-2101-02

基于优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定方法

雷 阳, 华继学, 雷英杰

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

(ylei526@163.com)

摘 要:针对直觉模糊集(IFS)非隶属度函数难以确定的问题,提出一种基于优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定方法,给出了详细的算法步骤,从理论上证明了该算法的正确性,并分析了算法的时间复杂度与适用范围。最后,通过实例分析从应用上验证了算法的有效性与实用性。研究表明,该算法可有效地解决具有依多属性确定优先次序特性的一类 IFS 非隶属度函数确定方法的问题。

关键词:非隶属度函数;直觉模糊集;优先关系定序法;目标识别

中图分类号: TP182; TP391 **文献标志码:** A

Ascertaining nonmembership functions of intuitionistic fuzzy sets based on priority ordering method

LEI Yang, HUA Ji-xue, LEI Ying-jie

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

Abstract: Concerning the problem of ascertaining non-membership functions of Intuitionistic Fuzzy Set (IFS), a technique for ascertaining non-membership functions based on priority ordering method was proposed, whose algorithm and steps were presented in detail with the demonstration of rightness in theory. Then, the time complicacy and application area were analyzed and discussed. Finally, the validity and practicability of the technique were checked by providing an example analysis in applications. Researches show that the proposed algorithm has solved the problems of technique for ascertaining non-membership functions of IFS effectively, which have the trait of training priority and order according to different attributions.

Key words: non-membership function; Intuitionistic Fuzzy Set (IFS); priority ordering method; target recognition

0 引言

直觉模糊集(IFS)^[1-4]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,进而可以描述“非此非彼”的中立状态,亦即 IFS 的隶属度、非隶属度和直觉指数分别表示支持、反对和中性这三种状态,从而比 ZFS 具有更强的表达能力,能够更加细腻地刻画与反映客观世界的模糊性本质,在处理不确定性问题方面更具灵活性和实用性,因而引起众多学者的关注,并在许多领域得到了成功应用。

对于应用问题,确定 IFS 的非隶属度函数至关重要,也呈现出极大的复杂性。文献[5]研究了基于直觉模糊逻辑的近似推理方法,在进行推理合成运算时直接假定了 IFS 的非隶属度函数;文献[6]在研究直觉模糊理论应用于模式识别时,也是根据具体问题直接给出有关的 IFS 非隶属度函数;文献[7]在基于直觉模糊推理的威胁评估方法中,根据实际问题分析设计了有关的 IFS 非隶属度函数。从已发表文献可知,IFS 非隶属度函数均是根据具体问题分析设定或直接给出的,一直未形成明确系统的思路与方法,为求解 IFS 非隶属度函数带来的诸多问题与麻烦。由于 IFS 的各类模糊元素具有不同的特性,一直以来人们很少注意 IFS 非隶属度函数的规范化确定问题,从而成为制约 IFS 应用的一个瓶颈。

有鉴于此,针对具有优先关系特性的 IFS 非隶属度函数的确定问题,提出一种基于优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定方法,给出相应的非隶属度函数确定算法,并从理论和实践两方面对算法的正确性和有效性进行研究。

1 优先关系定序法的非隶属函数确定算法

优先关系定序法是基于二元对比排序的思想,先用二元对比的方法确定每一个元素在集合中的顺序关系或优先程度,并作定量估计,即把 n 个对象按照某种特性或原则两两比较来确定出它们之间的优先次序。借鉴这一思想,可以构造出一种算法,用来确定 IFS 的非隶属度函数。我们把这 n 个对象 u_1, u_2, \dots, u_n 的特性用 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 上的直觉模糊集 $A \in IFS(U)$ 来表示,且包括隶属度函数 $\mu_A(u)$ 、非隶属度函数 $\gamma_A(u)$ 、直觉指数 $\pi_A(u)$ 和非犹豫度指数 $\delta_A(u)$ 。下面给出该算法的具体描述。

算法 1 优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定算法

输入: n 个对象 u_1, u_2, \dots, u_n ;

输出: 对象 $u_i \in U$ 的非隶属度函数 $\gamma_A(u_i) (i = 1, 2, \dots, n)$;

步骤 1 确定优先关系矩阵 $C = (c_{ij})_{n \times n}$ 。在矩阵 C 中,用 c_{ij} 表示 u_i 与 u_j 相比较时, u_i 相对于 u_j 优越的成分。利用如下方法确定 $c_{ij} (c_{ij} \in [0, 1], i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n;)$: 1) 两两相比较,把一方优于另一方之处合在一起算作优越成分的总

收稿日期:2008-02-18;修回日期:2008-04-29。

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:雷阳(1984-),女,陕西西安人,硕士研究生,主要研究方向:智能信息处理、信息融合; 华继学(1966-),男,湖北宜昌人,副教授,主要研究方向:分布式软件、网络信息系统; 雷英杰(1956-),男,陕西渭南人,教授,博士生导师,主要研究方向:智能信息处理、智能决策。

量记为 1, 即 $c_{ij} + c_{ji} = 1$; 2) 自己没有比自己更多的长处, 故取 $c_{ij} = 0 (i = 1, 2, \dots, n)$; 3) 当只发现 u_i 比 u_j 有长处而未发现 u_j 比 u_i 有任何长处时, 记 $c_{ij} = 1, c_{ji} = 0$; 4) 当 u_i 比 u_j 的长处与 u_j 比 u_i 的长处分不出轻重时, 记 $c_{ij} = c_{ji} = 0.5$ 。

步骤 2 确定 n 个对象 u_1, u_2, \dots, u_n 的优先次序。取定阈值 $\lambda \in [0, 1]$, 得截矩阵 $C_\lambda = (c_{ij}^\lambda)$, 如果 $c_{ij} \geq \lambda$, 则 $c_{ij}^\lambda = 1$, 否则 $c_{ij}^\lambda = 0$; λ 取值从 1 下降至 0, 若首次出现 c_{λ_1} , 它的第 i 行元素, 除对角线元素之外全等于 1, 则 u_{i_1} 算作是第一优越对象 (不一定唯一)。基于优越性一致超过 λ , 除去第一优越的那一批对象, 得到新的优越关系矩阵, 用同样方法获取第二批优越对象。如此递推下去, 可将全体对象排出一一定的优先次序。

步骤 3 确定隶属度函数 μ_A 。利用集值统计迭代法来确定 $\mu_A(u_1), \mu_A(u_2), \mu_A(u_3), \dots$; 取第 j 批优越对象 $U_j = \{u_{i_1}, u_{i_2}, \dots, u_{i_{k_j}}\}$, 其中 $j = 1, 2, \dots, s, k_1 + k_2 + \dots + k_s = n$, 则可确定隶属度函数 $\mu_A(u) = (n - \sum_{p=1}^{j-1} k_p) / n$, 其中 $u \in U_j (j = 1, \dots, s)$, 且约定 $\sum_{p=1}^0 k_p = 0$ 。

步骤 4 设定 $\pi_A(u_i) \in [0, 1] (i = 1, 2, 3, \dots)$;

步骤 5 确定:

$$\delta_A(u_i) = 1 - \pi_A(u_i); i = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

步骤 6 确定 $\gamma_A(u_i)$ 。其计算公式为:

$$\gamma_A(u_i) = \delta_A(u_i) - \mu_A(u_i) = \delta_A(u_i) - (n - \sum_{p=1}^{j-1} k_p) / n = \delta_A(u_i) + \frac{1}{n} \sum_{p=1}^{j-1} k_p - 1 \quad (2)$$

其中, $i = 1, 2, 3, \dots$ 。由此, 可得到 IFS 非隶属度函数 $\gamma_A(u_i)$, 算法结束。

显然, 该算法的时间复杂度为 $O(n^2)$ 。

2 算法的正确性

从理论上证明算法 1 的正确性, 只需证明基于优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定算法所得到的直觉模糊集 A 是正规直觉模糊集。下面给出具体证明过程。

定义 1 正规直觉模糊集。设 U 为一有限论域, A 为 U 上的直觉模糊集, 如果 $A \in IFS(U)$ 满足:

- 1) $0 \leq \pi_A(u) \leq 1, 0 \leq \delta_A(u) \leq 1$;
- 2) $0 \leq \mu_A(u) \leq 1, 0 \leq \gamma_A(u) \leq 1$;
- 3) $\mu_A(u) + \gamma_A(x) = \delta_A(u)$;
- 4) $0 \leq \mu_A(u) + \gamma_A(u) \leq 1$;
- 5) $\mu_A(u) + \gamma_A(u) + \pi_A(u) = 1$ 。

则称直觉模糊集 A 是论域 U 上的一个正规直觉模糊集。

命题 1 算法 1 得到的 $A \in IFS(U)$ 是正规的。

证明

1) 根据算法 1 的步骤 4, 直觉指数设定为 $\pi_A(u_i) \in [0, 1] (i = 1, 2, 3, \dots)$, 即 $0 \leq \pi_A(u) \leq 1$, 又由式(1)易得 $0 \leq \delta_A(u) \leq 1$ 。

2) 根据步骤 3 利用集值统计迭代法的思想确定 $\mu_A(u_1), \mu_A(u_2), \mu_A(u_3), \dots$, 故有 $0 \leq \mu_A(u_1) \leq 1, 0 \leq \mu_A(u_2) \leq 1, 0 \leq \mu_A(u_3) \leq 1, \dots$, 从而可得 $0 \leq \mu_A(u) \leq 1$; 又由于 $0 \leq \delta_A(u) \leq 1$ 已证, 根据式(2)易得 $0 \leq \gamma_A(u) \leq 1$ 。

3) 根据步骤 6 有 $\mu_A(u) + \gamma_A(u) = \mu_A(u) + [\delta_A(u) - \mu_A(u)] = \delta_A(u)$, 即得 $\mu_A(u) + \gamma_A(u) = \delta_A(u)$ 。

4) 因为 $\mu_A(u) + \gamma_A(u) = \delta_A(u)$, 且 $0 \leq \delta_A(u) \leq 1$, 所

以 $0 \leq \mu_A(u) + \gamma_A(u) \leq 1$ 。

5) 因为 $\delta_A(u) = 1 - \pi_A(u)$, 且 $\mu_A(u) + \gamma_A(u) = \delta_A(u)$, 所以 $1 - \pi_A(u) = \mu_A(u) + \gamma_A(u)$, $\mu_A(u) + \gamma_A(u) + \pi_A(u) = 1$ 。证毕

因此, 直觉模糊集 A 是论域 U 上的一个正规直觉模糊集。由以上证明可知, 算法 1 可以有效确定一个直觉模糊集的非隶属度函数, 且所确定的直觉模糊集是正规的, 亦即该算法是正确的, 从而在理论上解决了算法的正确性问题。

在进行两两比较时, 都有一个约定: $\mu_{A_i}(u, p_j) = 1$ 或 $0, \mu_{A_s}(u) + \mu_{A_k}(u) = 1, 0 \leq S < K \leq 1$ 。而本方法在两两比较时, 采用了加细的形式, 即在确定 $\gamma_{A_i}(u)$ 和 $\gamma_{A_k}(u)$ 时, 允许在 $[0, 1]$ 区间取值, 而且不采用全面的两两比较, 而只作出与 A_i 的各个比较级模糊值。

因而, 该算法是针对具有优先关系特性的 IFS 非隶属度函数的确定问题, 适用于确定某一类系统中一系列并行因素集的非隶属度函数, 且各因素集两两都具有可比性。例如, 某项工程的评价指标, 某目标飞行物的各项属性参数等。

3 实例分析

三个空中不明飞行物进入了我方某导弹阵地武器平台的作用范围, 武器平台通过传感器发现了目标, 并启动目标识别系统。该系统使用的传感器分别有: 敌我识别传感器 (IFF)、中重频雷达 (Radar)、电子支援传感器 (Electronic Support Measurement, ESM)。这三种传感器所能给出的信息是不同的。系统使用 IFF 判断目标是否为我机, 规则如下:

1) 当身份识别为我方目标时, 目标优先级最低;

2) 当身份识别为敌方目标时, 当前属性不确定性越高则目标优先级越高, 否则越低。

3) 0 表示优先级最低, 1 表示优先级最高。

中重频雷达可以给出目标的雷达反射面积。ESM 可以分析辐射源特性, 根据下级各单传感器提供的属性参数及优先级结果进行特征属性融合, 进行数据库查找, 给出某一类目标类型。最终将各识别结果进行多传感器数据融合确定目标各项属性的非隶属度从而对目标类型进行判断。

IFF 系统锁定 3 个目标 u_1, u_2, u_3 , 利用算法 1 确定目标敌我优先级。

我们把这 3 个目标 u_1, u_2, u_3 的身份识别特性用 $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ 上的直觉模糊集 $A \in IFS(U)$ 来表示。

步骤 1 IFF 系统提供 u_1, u_2, u_3 敌我优先关系矩阵为:

$$c = \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0.2 \\ 0.1 & 0 & 0.7 \\ 0.8 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

步骤 2 确定 3 个目标 u_1, u_2, u_3 的优先次序。

从小到大依次取定阈值 λ 为 0.9, 0.8, 0.7, 0.3, 得截矩阵:

$$c_{0.9} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, c_{0.8} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$c_{0.7} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, c_{0.3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

当 λ 值降至 0.3 时, 在 $c_{0.3}$ 中首次出现这种现象: 其第三行除对角线外, 其余元素均为 1, 这意味着 u_3 对其他元素的优越成分一致地超过了 0.3, 因此把 u_3 算作是第一批优越对象。

(下转第 2120 页)

统中开辟数据缓冲池,如果由于网络或上层软件处理原因导致数据积压量超过缓冲池容量则丢弃旧数据,缓冲池没数据则需要上层软件等待。

Remoting 是跨平台、跨语言的分布式编程技术,本文设备驱动系统采用 Visual C++ 2005 开发环境,操作系统采用 Windows XP。经过测试,服务端和客户端既可以运行于一台计算机的不同进程中,也可以运行于不同计算机中。在网络状态良好的情况下,执行 I/Q 测量这种大数据量的测量任务,也能出色运行。测试结果表明,驱动系统在局域网内运行效果较好,满足设计要求。

4 结语

.NET 框架为开发分布式系统提供了良好的支持,Remoting 为开发为分布式监测系统设备驱动系统提供了良好的技术。Remoting 透明化了进程间通信过程细节和安全管理,使分布式编程就像本地编程一样的简单易懂,极大地降低了分布式系统开发的难度,为广大工程技术人员提供了方便。用 .NET 框架下的 Remoting 技术开发分布式监测系统驱动实

现简单,功能强大,效率高,能够很好地满足监测系统中驱动要能独立运行、可远程访问、多用户连接、设备动态加载等要求,具有实用价值。

参考文献:

- [1] 黄哲煌,谢小贤. Java RMI 和 .NET Remoting 的对比研究[J]. 福建电脑,2007(7): 14.
- [2] ARCHER T, SIVAKUMAR N. Extending MFC applications with the .NET framework[M]. Massachusetts: Addison Wesley, 2003.
- [3] 马俊,杨开英,彭玉卓,等. NET Remoting 与分布式计算[J]. 计算机技术与发展,2007, 17(2): 118 - 119.
- [4] 赵兰普. Remoting 技术在工业通信系统中的应用研究[J]. 河南科学,2007, 25(4): 648.
- [5] 谈政,蔡明. 基于 XML 与 .Net Remoting 的分布式异构数据转换[J]. 微机计算机信息,2006, 22(3): 231.
- [6] 刘鸿,巫骏,康昆,等. 基于 Dotnet Remoting 技术实现 Windows 平台下的并行计算[J]. 物探化探计算技术,2007, 29(5): 469.
- [7] .Net Remoting 实现定向广播[EB/OL]. [20087 - 10 - 22]. http://dev.21tx.com/2007/11/17/10479.html.

(上接第 2102 页)

除去 u_3 后,又得优先关系矩阵:

$$c^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.9 \\ 0.1 & 0 \end{bmatrix}, \text{注 } c_{0.9}^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

它的第一行元素除对角线元素以外为 1,故取 u_1 为第二批优越对象。

最后的结论是: u_3 优于 u_1 , u_1 优于 u_2 。

步骤 3 利用集值统计迭代法的思想确定隶属度函数如下:

$$\mu_A(u_3) = \frac{3}{3} = 1, \mu_A(u_1) = \frac{2}{3} \approx 0.67,$$

$$\mu_A(u_2) = \frac{1}{3} \approx 0.33$$

步骤 4 根据该目标识别系统提供的相关参数,设定:

$$\pi_A(u_i) = \begin{cases} 0.1, & \mu_A(u_i) < 0.9 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $i = 1, 2, 3$, 得到 $\pi_A(u_3) = 0, \pi_A(u_1) = 0.1, \pi_A(u_2) = 0.1$ 。

步骤 5 利用式(1)得出 $\delta_A(u_3) = 1, \delta_A(u_1) = \delta_A(u_2) = 0.9$ 。

步骤 6 利用式(2)确定 $\gamma_A(u_i)$ 。故有下式:

$$\gamma_A(u_3) = 0$$

$$\gamma_A(u_1) = \delta_A(u_1) - \mu_A(u_1) = 0.9 - 0.67 = 0.23$$

$$\gamma_A(u_2) = \delta_A(u_2) - \mu_A(u_2) = 0.9 - 0.33 = 0.57$$

根据算法 1 该给定论域 U 上的直觉模糊集 A 可表示为:

$$A = \{ \langle u_i, \mu_A(u_i), \gamma_A(u_i) \rangle \mid u_i \in U, i = 1, 2, 3 \}$$

或

$$A = \sum_{i=1}^3 \frac{\langle \mu_A(u_i), \gamma_A(u_i) \rangle}{u_i}, u_i \in U$$

其中, $\mu_A(u_i) = \begin{cases} 0.67, & i = 1 \\ 0.33, & i = 2 \\ 1, & i = 3 \end{cases}; \gamma_A(u_i) = \begin{cases} 0.23, & i = 1 \\ 0.57, & i = 2 \\ 0, & i = 3 \end{cases}$

$$\pi_A(u_i) = \begin{cases} 0.1, & i = 1, 2 \\ 0, & i = 3 \end{cases}; \delta_A(u_i) = \begin{cases} 0.9, & i = 1, 2 \\ 1, & i = 3 \end{cases}$$

故

$$A = \frac{\langle \mu_A(u_1), \gamma_A(u_1) \rangle}{u_1} + \frac{\langle \mu_A(u_2), \gamma_A(u_2) \rangle}{u_2} +$$

$$\frac{\langle \mu_A(u_3), \gamma_A(u_3) \rangle}{u_3} = \frac{\langle 0.67, 0.23 \rangle}{u_1} + \frac{\langle 0.33, 0.57 \rangle}{u_2} + \frac{\langle 1, 0 \rangle}{u_3}$$

显然, $A \in IFS(U)$ 满足正规直觉模糊集的 5 个约束条件,因此直觉模糊集 A 是论域 U 上的一个正规直觉模糊集。

由此可见,该算法用于求解目标识别问题时,可以成功确定 IFS 的非隶属度函数,从而有效解决了直觉模糊集理论应用中的这一瓶颈问题,为进行后续信息融合处理提供了方便。

4 结语

本文主要针对具有优先关系特性的 IFS 非隶属度函数的确定问题,提出一种基于优先关系定序法的 IFS 非隶属度函数确定方法,给出了相应的算法步骤。理论证明与实例分析表明,该方法求解步骤明确,思路清晰,形式规范,运用这里提出的算法与公式来确定 IFS 的非隶属度函数,规范、准确、实用、方便。该方法将 IFS 理论应用到解决优先比较因素集的不确定性问题中,在求解实际问题时,利用 IFS 的非隶属度函数描述模糊概念,是一种更为有效的方法,具有较好的普适性,便于推广应用。

参考文献:

- [1] ATANASSOV K. Intuitionistic fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20 (1): 87 - 96.
- [2] ATANASSOV K. More on intuitionistic fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 33 (1): 37 - 46.
- [3] ATANASSOV K, GARGOV G. Elements of intuitionistic fuzzy logic [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 95(1): 39 - 52.
- [4] BURILLO P, BUSTINCE H. Construction theorems for intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 84(3): 271 - 281.
- [5] 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.
- [6] VLACHOS I K, SERGIADIS G D. Intuitionistic fuzzy information-Applications to pattern recognition [J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(2): 197 - 206.
- [7] 雷英杰,王宝树,王毅. 基于直觉模糊推理的威胁评估方法[J]. 电子与信息学报,2007, 29(9): 2077 - 2081.