doi:10.3969/j.issn.1673-4785.2010.05.013

二元联系数的多准则直觉模糊决策

王　霞
(天津科技大学 理学院,天津 300222)

摘　要:为了研究信息不完全确定的多准则直觉模糊决策,将直觉模糊数转化为二元联系数,建立了基于二元联系数权系数信息不完全确定的多准则直觉模糊决策综合加权模型,并作不确定性分析.结合具体应用实例,说明了该模型的有效性及合理性.

关键词:二元联系数;信息不完全确定;直觉模糊数;多准则直觉模糊决策
中图分类号:TP18　**文献标识码**:A　**文章编号**:1673-4785(2010)05-0454-04

The multi-criteria intuitionistic fuzzy decision-making based on a binary connection number

WANG Xia
(College of Science, Tianjin University of Science & Techonolgy, Tianjin 300222, China)

Abstract: In order to study multi-criteria intuitionistic fuzzy decision-making with incompletely certain weight information, intuitionistic fuzzy numbers were converted into binary connection numbers. A model of multi-criteria intuitionistic fuzzy decision-making was made with incompletely certain weight information based on a binary connection number. An incompletely certain analysis was also formulated. An example was given to show the feasibility and practicality of this model.

Keywords: binary connection number; incompletely certain information; intuitionistic fuzzy number; multi-criteria intuitionistic fuzzy decision-making

直觉模糊集[1-6]是模糊集的推广,其特点是同时考虑元素隶属度和非隶属度2方面信息,这使得直觉模糊集在处理不确定性信息比传统的模糊集有更强的表达能力,更具灵活性.

在现实生活中,由于大量决策问题自身的模糊性和不确定性,决策者很难准确地给出准则权系数的确定值,但通常能以不完全确定信息的形式给出准则权系数间的关系.如某一准则的权系数在某一区间内变化、一个准则比另一个准则更重要、几个准则的权系数确定、其他准则的权系数未知等.而我国学者赵克勤提出的集对分析[7]是研究不确定性的数学方法.其核心思想是把对客观事物的确定性测度与不确定性测度作为一个系统,进行数学分析与辩证分析,系统地处理由随机、模糊、不确知和中介等不确定性所导致的综合不确定性问题,给出联系数$\mu = a + bi$的概念及其四则运算[8],为研究信息不完全确定的多准则直觉模糊决策提供数学方法和工具.

1　直觉模糊数转化为二元联系数

设X是一个非空集合,则称

$$F(x) = \{ < x, u_F(x), v_F(x) > | \ x \in X \}.$$

为直觉模糊集,其中$u_F(x)$和$v_F(x)$分别是F中元素x属于X的隶属度和非隶属度,且有$u_F: X \to [0,1]$, $v_F: X \to [0,1]$,并满足$0 \leqslant u_F(x) + v_F(x) \leqslant 1$, $\forall x \in X$,进一步,称

$$\pi_F(x) = 1 - u_F(x) - v_F(x)$$

表示X中元素x属于F的犹豫度,也称为直觉模糊集$F(x)$的直觉模糊指标,通常把有序实数对$(u_F(x), v_F(x))$称为直觉模糊数.易知,$0 \leqslant \pi_F(x) \leqslant 1$, $\forall x \in X$,特别地,若$\pi_F(x) = 0$,则直觉模糊数退化为Zadeh的模糊数.直觉模糊数的一般形式简记为$\alpha = (u_\alpha, v_\alpha)$.

由直觉模糊数的定义,可以把直觉模糊数$F(x)$等价地写成:

$$F'(x) = \{ < x, u_F(x), \pi_F(x) > | \ x \in X \}.$$

收稿日期:2009-12-24.
通信作者:王　霞. E-mail: wxia@tust.edu.cn.

由于隶属度和非隶属度是对事物的肯定性和否定性的回答,都是确定的,犹豫度是对事物不确定性的一种描述,将直觉模糊数的隶属度 $u_F(x)$ 与联系数的同一度相联系,将直觉模糊数的犹豫度 $\pi_F(x)$ 与联系数的差异度相对应.

令 $u_F(x)=a$ 和 $\pi_F(x)=b$,则直觉模糊数 $F'(x)$ 就可以写成:

$$F'(x)=\mu(x)=a+bi. \tag{1}$$

称式(1)为直觉模糊数向集对分析的二元联系数的转换形式.由式(1)看出,直觉模糊数 $F(x)$ 中的隶属度与犹豫度的数值在转换前后没有改变,所不同的是,犹豫度 $\pi_F(x)$ 在转换后,按联系数的定义,被添置了一个不确定系数 i,而正是这个 i,把 $F'(x)$ 与 $\mu(x)$ 显著地区别开来.其次是在二元联系数中,原直觉模糊数 $F(x)$ 中的隶属度 $u_F(x)$ 与犹豫度 $\pi_F(x)$ 用"+"相联系,表示成联系数形式,从而为后续的运算提供了客观条件.

2 信息不完全确定的多准则直觉模糊决策

设共有 m 个方案 $s_1,s_2,\cdots,s_m$ 待决策,每个方案各有 n 个相同的考核指标 $G_1,G_2,\cdots,G_n$,每个方案的属性值用直觉模糊数 $\alpha_{tk}=(u_{tk},v_{tk})$ 表示,其中 $u_{tk}\in[0,1]$,$v_{tk}\in[0,1]$,且 $0\leqslant u_{tk}+v_{tk}\leqslant 1$,$t=1,2,\cdots,m$,$k=1,2,\cdots,n$,已知 n 个指标权重为 $w_1,w_2,\cdots,w_n$,$w_k\in[0,1]$,且信息不完全确定,并约定:各指标的属性及属性值经规范化处理为越大越好的效益型属性和无量纲的属性值 α_k,要求在 m 个方案中决出最优方案和作出优劣排序.决策过程如下:

1)把所给的各指标的直觉模糊数 $\alpha_{tk}=(u_{tk},v_{tk})$ 改写成 $\alpha'_{tk}=(u_{tk},\pi_{tk})$,特别地,当各指标权重 w_k 是用非定量信息表示时,用文献[1,9]的做法,将各 w_k 也改写成二元联系数的形式[10].

2)利用式(1)把各 α'_{tk} 转化成二元联系数 $\mu_{tk}(x)=a_{tk}+b_{tk}i$.

3)建立综合加权模型:

$$s_t=w_k\mu_{tk},$$

$$M(s_t)=\sum_{k=1}^{n}\mu_{wk}\mu_{tk}. \tag{2}$$

4)对 $M(s_t)$ 作不确定性分析,也就是对 i 作取值分析,由于权重不能为负,所以,一般让 i 在[0,1]区间等间隔取值,如令 $i=0,0.5,1$ 等.根据 $M(s_t)$ 的大小作出优劣排序,$M(s_t)$ 大的优先于 $M(s_t)$ 小的.同时考察 $M(s_t)$ 在不同 i 值下的大小变化及其带来的排序变化.必要时,从数学期望的角度计算各方案的平均序数值 p,p 值最小的方案被认为是数学期望意义上最优方案.

3 实例应用

为便于比较和分析,采用文献[11]中的例子说明本模型的具体应用.

一个多准则决策问题,有5个方案 s_1、s_2、s_3、s_4、s_5,5个准则 G_1、G_2、G_3、G_4、G_5,决策者根据自己的知识、经验和统计数据等确定每一方案关于每一准则的直觉模糊数如表1所示.决策者给出准则权系数的不完全确定信息如下:$w_1>w_3>w_2>w_5>w_4$,$0.2\leqslant w_1\leqslant 0.3$,$0.15\leqslant w_2\leqslant 0.25$,$0.1\leqslant w_3\leqslant 0.3$,$0.1\leqslant w_4\leqslant 0.2$,$0.1\leqslant w_5\leqslant 0.25$,试确定方案的排序.

表1 方案的直觉模糊数表

Table 1 Intuitionistic fuzzy of model

s_t	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
s_1	(0.75,0.10)	(0.80,0.30)	(0.40,0.45)	(0.60,0.15)	(0.55,0.45)
s_2	(0.60,0.25)	(0.68,0.20)	(0.75,0.05)	(0.40,0.40)	(0.70,0.15)
s_3	(0.80,0.20)	(0.45,0.50)	(0.60,0.30)	(0.60,0.30)	(0.65,0.20)
s_4	(0.70,0.25)	(0.78,0.20)	(0.85,0.05)	(0.60,0.30)	(0.80,0.15)
s_5	(1.00,0.00)	(0.85,0.10)	(0.90,0.05)	(0.70,0.20)	(0.80,0.15)

由决策过程的第1)步,将表1利用式(1)改写成用二元联系数表示的直觉模糊数表,见表2.

例如 $\alpha=(u_\alpha,v_\alpha)$ 为(0.75,0.10)时,即隶属度 $u_F(x)=0.75$ 和犹豫度为 $v_F(x)=1-0.75-0.10=0.15$,二元联系数为 $0.75+0.15i$,其余同理计算,见表2.

表 2 权重和指标值(直觉模糊数)转换为二元联系数

Table 2 Turn weigh value and target value (intuitionistic fuzzy) into binary connection number

s_t	$w_1 =$ $0.2+0.3i$	$w_2 =$ $0.15+0.25i$	$w_3 =$ $0.1+0.3i$	$w_4 =$ $0.1+0.2i$	$w_5 =$ $0.1+0.25i$
s_1	$0.75+0.15i$	$0.80+0.05i$	$0.40+0.15i$	$0.60+0.25i$	$0.55+0.00i$
s_2	$0.60+0.15i$	$0.68+0.12i$	$0.75+0.20i$	$0.40+0.20i$	$0.70+0.15i$
s_3	$0.80+0.00i$	$0.45+0.05i$	$0.60+0.10i$	$0.60+0.10i$	$0.65+0.15i$
s_4	$0.70+0.05i$	$0.78+0.02i$	$0.85+0.10i$	$0.60+0.10i$	$0.80+0.05i$
s_5	$1.00+0.00i$	$0.85+0.05i$	$0.90+0.05i$	$0.70+0.10i$	$0.80+0.05i$

由决策过程的第2)步,应用式(5)计算各方案的综合加权联系数 s_t,根据联系数的乘法运算,$w_1\mu_{t_1} = (0.2+0.3i)\cdot(0.75+0.15i) = 0.15+0.25i+0.45i^2$,其余同理计算,得表3.

表 3 各方案的联系数 s_t 计算表

Table 3 Connection number computational of all kind of models

s_t	$w_1\mu_{t_1}$	$w_2\mu_{t_2}$	$w_3\mu_{t_3}$	$w_4\mu_{t_4}$	$w_5\mu_{t_5}$
s_1	$0.15+0.25i+0.045i^2$	$0.12+0.207i+0.0125i^2$	$0.04+0.27i+0.045i^2$	$0.06+0.125i+0.005i^2$	$0.055+0.1375i$
s_2	$0.12+0.21i+0.045i^2$	$0.102+0.188i+0.03i^2$	$0.075+0.24i+0.06i^2$	$0.04+0.1i+0.04i^2$	$0.07+0.26i+0.0375i^2$
s_3	$0.16+0.24i$	$0.675+0.12i+0.0125i^2$	$0.06+0.19i+0.03i^2$	$0.06+0.13i+0.02i^2$	$0.065+0.1775i+0.0375i^2$
s_4	$0.14+0.22i+0.015i^2$	$0.117+0.198i+0.005i^2$	$0.085+0.265i+0.03i^2$	$0.06+0.13i+0.02i^2$	$0.08+0.205i+0.0125i^2$
s_5	$0.2+0.3i$	$0.1275+0.22i+0.0125i^2$	$0.09+0.275i+0.015i^2$	$0.07+0.15i+0.02i^2$	$0.08+0.205i+0.0125i^2$

由决策过程的第3)步,应用式(2)计算各 $M(s_t)$,如计算 $M(s_1)$ 有 $M(s_1)=\sum_{k=1}^{5} w_{1_k}\mu_{t_k} = 0.425+0.9948i+0.1075i^2$,其余同理计算.当 i 取不同值,可作不确定分析.如 $i=0$,$M(s_1)=0.425$ 分析各方案的综合加权联系数 $M(s_t)$ 在不确定性下的各种方案排序,得表4.

表 4 各方案的综合加权联系数 $M(s_t)$ 计算表及 i 取值排序

Table 4 Synthetical weights connection number computational and value rank of all kind of models

$M(s_t)$	$\sum w_{w_k}\mu_{t_k}$	$i=0$		$i=0.5$		$i=1$	
		值	排序	值	排序	值	排序
$M(s_1)$	$0.4250+0.9948i+0.1075i^2$	0.425 0	③	0.925 00	⑤	1.527 3	④
$M(s_2)$	$0.4070+0.9980i+0.2125i^2$	0.407 0	⑤	1.012 25	②	1.617 5	②
$M(s_3)$	$0.4125+0.8575i+0.1000i^2$	0.412 5	④	0.843 75	④	1.370 0	⑤
$M(s_4)$	$0.4820+1.0180i+0.0825i^2$	0.482 0	②	0.993 06	③	1.582 5	③
$M(s_5)$	$0.5675+1.1500i+0.0600i^2$	0.567 5	①	1.172 50	①	1.777 5	①

由表4可见在忽略不计不确定性条件下,s_5 优于 s_4 优于 s_1 优于 s_3 优于 s_2,与文献[3]的结果是一致的.但文献[3]是在经过一系列繁琐计算后得到的结果,且没有考虑不确定性因素,即没有作不确定性分析.

4 结束语

本文针对准则权系数信息不完全确定且准则值为直觉模糊数的排序决策问题,将直觉模糊数转化为二元联系数,利用二元联系数的加、乘运算,建立了信息不完全确定的多准则决策的综合加权模型.实际应用表明,本文方法操作性较强,又充分考虑到不确定性因素对排序结果的影响,有一定的理论价值和广泛的实际应用价值.

参考文献:

[1] ATANASSOV K T. Intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.

[2] ZADEH L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.

[3] GAU W L, BUEHRER D J. Vague sets[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1993, 23(2): 610-614.

[4] BUSTINCE H, BURILLO P. Vague sets are intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 79(3): 403-405.

[5] CHEN S M, TAN J M. Handling multicriteria fuzzy decision making problems based on vague set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 67(2): 163-172.

[6] HONG D H, CHOI C H. Multicriteria fuzzy decision making problems based on vague set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 103-113.

[7] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州:浙江科技出版社, 2000.

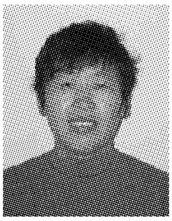
[8] 赵克勤. 二元联系数 $A+Bi$ 的理论基础与基本算法及在人工智能中的应用[J]. 智能系统学报, 2008, 3(6): 476-486.
ZHAO Keqin. The theoretical basis and basic algorithm of binary connection $A+Bi$ and its application in AI[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2008, 3(6): 476-486.

[9] 徐泽水. 直觉模糊偏好信息下的多属性决策途径[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(11): 62-71.
XU Zeshui. Approaches to multiple attribute decision making with intuitionistic fuzzy preference information[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2007, 27(11): 62-71.

[10] 刘秀梅. 基于联系数的直觉模糊数多指标评价研究[J]. 连云港师范高等专科学校学报, 2008(4): 91-94.
LIU Xiumei. Multi-attribute decision making method based on intuitionistic fuzzy numbers and connection numbers[J]. Journal of Lianyungang Teachers College, 2008(4): 91-94.

[11] 王坚强. 信息不完全确定的多准则直觉模糊决策方法[J]. 控制与决策, 2006, 21(11): 1253-1256, 1263.
WANG Jianqiang. Multi-criteria interval intuitionistic fuzzy decision-making approach with incomplete certain information[J]. Control and Decision, 2006, 21(11): 1253-1256, 1263.

作者简介:



王　霞, 女, 1964 年出生, 教授, 主要研究方向为不确定性数学理论与应用. 主持和参与省部级以上项目 5 项, 发表学术论文 20 余篇.

一本人工智能新著——《物联网:现在与未来》

王志良教授编著的《物联网:现在与未来》一书,已于 2010 年 6 月由机械工业出版社出版. 该书是一本介绍物联网相关知识的书籍. 全书较为全面地介绍了物联网相关的基本概念、产生背景和未来趋势,并对物联网的支撑技术、标准协议、科学理论及应用领域等问题进行了深入的论述和讨论.

信息技术的发展催生了一个新的概念——物联网(the internet of things, IOT). 这个概念近些年来受到了一些具有战略眼光的国家政府官员和企业家的密切关注,如美国总统奥巴马提出的"智慧地球",我国总理温家宝提出的"感知中国"等. 通俗地讲,物联网就是"物物相连的互联网";从技术上来说,物联网可以定义为"通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络". 以信息感知为特征的物联网被称为世界信息产业第三次浪潮,物联网已经成为我国的战略性新兴产业. 通过物联网可在传统工业、生产安全、工程控制、交通管理、城市管理、农牧业生产、商业流通等领域,建立随时能在物体与物体之间沟通的智能系统,有利于推进信息化的进程,并对我国的各种产业产生重要的影响.

全书共有 7 章. 第 1 章论述了物联网的产生背景;第 2 章论述了物联网的基本概念及研究、应用、发展状况;第 3 章介绍了 RFID、ZigBee、组网技术、微机电系统(MEMS)技术、智能技术等物联网支撑技术;第 4 章介绍了物联网相关的协议与标准;第 5 章依次讨论了网络科学理论、CPS 模型等物联网科学问题,并对构建人机物三元世界做出了构想;第 6 章论述了物联网在产业上的典型应用;第 7 章论述了物联网给我们的社会各方面带来的巨大影响,并提出在新形势下应对挑战、抢抓机遇的现实做法和建议.

本书可作为需要了解物联网基本知识的各级政府公务员、企业管理者、科研人员及高等学校教师等读者朋友的参考书,还可以作为高等院校相关专业研究生以及大学生的专业课教材或参考用书.

(郑思仪)