

基于结构元理论的模糊多属性群决策

曾繁慧, 曹俊

辽宁工程技术大学理学院, 辽宁阜新 123000

摘要 将结构元理论引入到模糊多属性决策中, 利用同序标准单调函数类与有界实模糊数同胚的性质, 将模糊数的复杂运算转化为同序单调函数的运算, 通过单调函数间的序关系描述模糊数之间的序关系, 简化传统决策的复杂运算。将模糊结构元理论同经典的 ELECTRE 方法结合, 用来解决模糊多属性群决策问题, 克服了以往应用 ELECTRE 方法遇到模糊数难以排序或直接转化为确定系统的缺点, 这种方法以结构元理论为基础, 运算简便, 易于理解, 对于进一步研究模糊多属性群决策问题有很好的参考作用。给出的实例验证了该方法的有效性和可行性。

关键词 模糊多属性群决策; 模糊结构元; ELECTRE 方法

中图分类号 O159

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.18.008

Fuzzy Multi-attribute Group Decision Making Based on Structured Element Theory

ZENG Fanhui, CAO Jun

College of Science, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning Province, China

Abstract In this paper, the structured element theory is introduced into the fuzzy multi-attribute decision making. The fuzzy number space and the family of standard bounded monotone functions have the homeomorphic property. Based on this feature, complex operations of fuzzy numbers are put into monotone functions with the same monotonic format. The order relation of monotone functions is used to describe that of fuzzy numbers. The aim is to simplify the complex operations of the traditional fuzzy decision making. The classic ELECTRE method is extended into the fuzzy environment and is combined with the fuzzy structured element. The fuzzy multi-attribute decision making problem is thus solved. It overcomes some shortcomings. For example, the classic ELECTRE method is difficult to rank fuzzy numbers and has to be turned into a deterministic system. This new method is based on the fuzzy structured element, is simple to operate and easy to understand. It can be used for further study of fuzzy multi-attribute group decision making. An example shows the effectiveness and feasibility of this method.

Keywords multi-attribute group decision making; fuzzy structured element; ELECTRE method

0 引言

模糊数的概念由 Jain^[1], Dubois^[2]提出。郭嗣琮^[3-5]提出了模糊结构元的概念, 由此给出了模糊数的结构元表示方法, 并得到 $[-1, 1]$ 上同序标准单调有界函数类与有界实模糊数的同胚性质, 这表明对有界实模糊数的研究可转化为对 $[-1, 1]$ 上的标准单调有界函数的研究。

近年来, 很多学者对模糊多属性决策问题进行了研究并取得了较大的进展, 但是仍然存在着一定的问题, 如决策信息在建模前就被精确化了、没有脱离经典决策的范畴; 运用

扩展原理进行决策运算时, 计算复杂, 不便于工程应用; 近似算法丢失信息过多, 误差较大。本文给出基于结构元理论的模糊多属性群决策方法, 这种方法将模糊结构元理论同经典的 ELECTRE 方法结合, 将模糊数的复杂运算转化为同序单调函数的运算, 能够有效地解决上述问题, 方法运算简便, 易于理解。

1 模糊数的模糊结构元表示

设 E 为实数域 $\mathbf{R}$ 上的模糊集, 隶属函数记为 $E(x), x \in \mathbf{R}$ 。

收稿日期: 2010-12-21; 修回日期: 2011-05-13

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研项目 (20102121110002)

作者简介: 曾繁慧, 教授, 研究方向为数值分析理论与方法, 电子信箱: athenasnow@163.com

如果 $E(x)$ 满足下列性质: $E(0)=1$; 在区间 $[-1,0]$ 上 $E(x)$ 是单增右连续函数, 在区间 $(0,1]$ 上是单减左连续函数; 当 $x < -1$ 或 $x > 1$ 时, $E(x)=0$, 则称 E 为 $\mathbf{R}$ 上的模糊结构元。

若模糊结构元 E 满足: $\forall x \in (-1,1), E(x) > 0, E(x)$ 连续, 且在 $[-1,0]$ 上严格单增, 在 $(0,1]$ 上严格单减, 则称 E 为正则的; 若 $E(-x)=E(x)$, 称 E 为对称的。

定理 1^[3] 设 E 是 $\mathbf{R}$ 上的任意模糊结构元, 具有隶属函数 $E(x)$, $f(x)$ 是 $[-1,1]$ 上单调有界函数, 则 $f(E)$ 是 $\mathbf{R}$ 上有界闭模糊数。反之, 对于给定的正则模糊结构元 E 和任意的有界闭模糊数 $\tilde{A}$, 总存在一个 $[-1,1]$ 上的单调有界函数 f , 使得 $\tilde{A}=f(E)$, 称模糊数 $\tilde{A}$ 是由模糊结构元 E 生成的。

定理 2^[3] 若模糊数 $\tilde{A}=f(E)$, 则 $\tilde{A}$ 的隶属函数为 $E(f^{-1}(x))$, 这里 $f^{-1}(x)$ 是 $f(x)$ 关于变量 x 和 y 的轮转对称函数 (若 $f(x)$ 是严格单调的, 则 $f^{-1}(x)$ 是 $f(x)$ 的反函数)。

上述定理的证明可参见文献[3]—[7]。

对于三角模糊数 $\tilde{A}=(a,b,c)$, 取模糊结构元 E , 其隶属函数为

$$E(x)=\begin{cases} 1+x & -1 \leq x \leq 0 \\ 1-x & 0 < x \leq 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

只要取

$$f(x)=\begin{cases} (b-a)x+b & -1 \leq x \leq 0 \\ (c-b)x+b & 0 < x \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

不难看出 $\tilde{A}=f(E)$ 。

2 模糊多属性群决策的结构元表示

模糊多属性群决策的基本模型如下: 设有 n 名决策者 $J_1, J_2, \dots, J_n$, 评价 m 个可能的方案 $P_1, P_2, \dots, P_m$, 第 k 位决策者依据属性 $C_1, C_2, \dots, C_L$ 对每个方案独立评价, 并用 $w_{1k}, w_{2k}, \dots, w_{Lk}$ 表示各属性的重要性程度, 设 $\tilde{x}_{ij}^k$ 是决策者 J_k 对方案 P_i 就属性 C_j 作出的模糊评价, 经归一化处理后的模糊评价 $\tilde{x}_{ij}^k$ 可视为决策者 J_k 在属性 C_j 上对方案 P_i 的满意程度。设 $\tilde{w}_{jk}$ 是由决策者 J_k 分配给属性 C_j 的模糊权值, 它表示属性 C_j 在决策者心目中的相对重要性。上述全部决策信息可以综合在下面的决策矩阵中:

$$\tilde{X}_k = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^k & \tilde{x}_{12}^k & \cdots & \tilde{x}_{1L}^k \\ \tilde{x}_{21}^k & \tilde{x}_{22}^k & \cdots & \tilde{x}_{2L}^k \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^k & \tilde{x}_{m2}^k & \cdots & \tilde{x}_{mL}^k \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \cdots & \tilde{w}_{1n} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \cdots & \tilde{w}_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{w}_{L1} & \tilde{w}_{L2} & \cdots & \tilde{w}_{Ln} \end{bmatrix}$$

显然, $\tilde{x}_{ij}^k, \tilde{w}_{jk} (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,L; k=1,2,\dots,n)$ 均为正模糊数。

模糊多属性群决策模型的结构元表示为 $\tilde{x}_{ij}^k = f_{ij}^k(E), \tilde{w}_{jk} = h_{jk}(E)$, 取 E 如式(1)所示。 $f_{ij}^k(x), h_{jk}(x)$ 为 $[-1,1]$ 上的同序单调有界函数, 分别称为模糊指标函数、模糊权值函数^[8], 则

$$\tilde{X}_k = \begin{bmatrix} f_{11}^k(E) & f_{12}^k(E) & \cdots & f_{1L}^k(E) \\ f_{21}^k(E) & f_{22}^k(E) & \cdots & f_{2L}^k(E) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{m1}^k(E) & f_{m2}^k(E) & \cdots & f_{mL}^k(E) \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = \begin{bmatrix} h_{11}(E) & h_{12}(E) & \cdots & h_{1n}(E) \\ h_{21}(E) & h_{22}(E) & \cdots & h_{2n}(E) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ h_{L1}(E) & h_{L2}(E) & \cdots & h_{Ln}(E) \end{bmatrix}$$

定义 设模糊数 $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ 的结构元表达式为 $\tilde{A}_i = f_i(E)$, 其中 E 是给定的某个正则结构元, $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$ 是 $[-1,1]$ 上的同序单调有界函数, 定义

$$d(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j) = \int_{-1}^1 |f_i(x) - f_j(x)| dx$$

为模糊数 $\tilde{A}_i$ 和 $\tilde{A}_j$ 的距离。

若 $d(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j) \geq 0$, 则称 $f_i(x) \geq f_j(x)$; 否则 $d(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j) < 0$, 称 $f_i(x) < f_j(x)$ 。

3 决策过程

算法 1 先综合意见, 后统一求解。

步骤 1 根据式(1)、式(2)求出 $\tilde{x}_{ij}^k, \tilde{w}_{jk}$ 对应的单调函数 $f_{ij}^k(x), h_{jk}(x)$ 。

步骤 2 将模糊指标值函数 $f_{ij}^k(x)$ 和模糊权值函数 $h_{jk}(x)$ 综合为群模糊指标值函数和群模糊权值函数, 即

$$\tilde{X} = \frac{\tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \cdots + \tilde{X}_n}{n}$$

$$\tilde{W}_j = \frac{h_{j1} + h_{j2} + \cdots + h_{jn}}{n}$$

于是

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} f_{11}(E) & f_{12}(E) & \cdots & f_{1L}(E) \\ f_{21}(E) & f_{22}(E) & \cdots & f_{2L}(E) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{m1}(E) & f_{m2}(E) & \cdots & f_{mL}(E) \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = \begin{bmatrix} h_1(E) \\ h_2(E) \\ \vdots \\ h_L(E) \end{bmatrix}$$

步骤 3 进行模糊和谐性检验, 令

$$\tilde{y}_i = \sum_{j \in J^+} \tilde{W}_j$$

其中

$$J^* = \{j | f_{ij}^k(E) \geq f_{ij}^k(E)\}$$

称 $\tilde{y}_{ir}$ 为群体和谐性指数,它是在属性 C_j 上方案 P_i 不劣于 P_r 的那些属性的模糊权值函数之和,可以作为支持“ P_i 级别高于 P_r ”的指标。

通过方案之间的比较,得到群体和谐性指数矩阵:

$$\tilde{Y} = \begin{bmatrix} - & \tilde{y}_{12} & \cdots & \tilde{y}_{1m} \\ \tilde{y}_{21} & - & \cdots & \tilde{y}_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{y}_{m1} & \tilde{y}_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

步骤4 进行模糊非和谐性检验,令

$$\tilde{z}_{ir} = \sum_{j \in J} \{\tilde{W}_j \cdot \int_{-1}^1 [f_{ij}^k(E) - f_{ir}^k(E)] dx\}$$

其中

$$J = \{j | f_{ij}^k(E) < f_{ir}^k(E)\}$$

称 $\tilde{z}_{ir}$ 为群体非和谐性指数,它是在属性 C_j 上方案 P_i 劣于 P_r 的最大程度,可以作为拒绝“ P_i 级别高于 P_r ”的指标。

通过方案之间的比较,得到群体非和谐性指数矩阵:

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} - & \tilde{z}_{12} & \cdots & \tilde{z}_{1m} \\ \tilde{z}_{21} & - & \cdots & \tilde{z}_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{z}_{m1} & \tilde{z}_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

步骤5 建立群体一致性比较矩阵

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} - & \tilde{d}_{12} & \cdots & \tilde{d}_{1m} \\ \tilde{d}_{21} & - & \cdots & \tilde{d}_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{d}_{m1} & \tilde{d}_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

其中

$$\tilde{d}_{ir} = \begin{cases} \tilde{y}_{ir} & \tilde{z}_{ir} < \tilde{q} \\ 0 & \tilde{z}_{ir} \geq \tilde{q} \end{cases}$$

这里, $\tilde{q}$ 为否决门限, $\tilde{d}_{ir}$ 体现了在总体上“ P_i 级别高于 P_r ”的程度。

步骤6 确定各方案的次序。

算法2 先分别求解,后综合决策。

步骤1 根据式(1)、式(2)求出 $\tilde{x}_{ij}^k$ 、 $\tilde{w}_{jk}$ 对应的单调函数 $f_{ij}^k(x)$ 、 $h_{jk}(x)$ 。

步骤2 进行模糊和谐性检验,令

$$\tilde{y}_{ir}^k = \sum_{j \in J} \tilde{w}_{jk}$$

其中

$$J^* = \{j | f_{ij}^k(E) \geq f_{ir}^k(E)\}$$

称 $\tilde{y}_{ir}^k$ 为个体和谐性指数,它是在属性 C_j 上方案 P_i 不劣于 P_r 的那些属性的模糊权值函数之和,可以作为支持“ P_i 级别高于 P_r ”的指标。

通过方案之间的比较得到个体和谐性指数矩阵:

$$\tilde{Y}^k = \begin{bmatrix} - & \tilde{y}_{12}^k & \cdots & \tilde{y}_{1m}^k \\ \tilde{y}_{21}^k & - & \cdots & \tilde{y}_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{y}_{m1}^k & \tilde{y}_{m2}^k & \cdots & - \end{bmatrix}$$

步骤3 进行模糊非和谐性检验,令

$$\tilde{z}_{ir}^k = \sum_{j \in J} \{\tilde{w}_{jk} \cdot \int_{-1}^1 [f_{ij}^k(E) - f_{ir}^k(E)] dx\}$$

其中

$$J = \{j | f_{ij}^k(E) < f_{ir}^k(E)\}$$

称 $\tilde{z}_{ir}^k$ 为个体非和谐性指数,它是在属性 C_j 上方案 P_i 劣于 P_r 的最大程度,可以作为拒绝“ P_i 级别高于 P_r ”的指标。

通过方案之间的比较得到个体非和谐性指数矩阵

$$\tilde{Z}^k = \begin{bmatrix} - & \tilde{z}_{12}^k & \cdots & \tilde{z}_{1m}^k \\ \tilde{z}_{21}^k & - & \cdots & \tilde{z}_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{z}_{m1}^k & \tilde{z}_{m2}^k & \cdots & - \end{bmatrix}$$

步骤4 建立个体一致性比较矩阵

$$\tilde{D}^k = \begin{bmatrix} - & \tilde{d}_{12}^k & \cdots & \tilde{d}_{1m}^k \\ \tilde{d}_{21}^k & - & \cdots & \tilde{d}_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{d}_{m1}^k & \tilde{d}_{m2}^k & \cdots & - \end{bmatrix}$$

其中

$$\tilde{d}_{ir}^k = \begin{cases} \tilde{y}_{ir}^k & \tilde{z}_{ir}^k < \tilde{q} \\ 0 & \tilde{z}_{ir}^k \geq \tilde{q} \end{cases}$$

这里, $\tilde{q}$ 为否决门限, $\tilde{d}_{ir}^k$ 体现了在总体上“ P_i 级别高于 P_r ”的程度。

步骤5 将个体一致性比较矩阵综合为群体一致性比较矩阵,即

$$\tilde{d}_{ir} = \frac{\tilde{d}_{ir}^1 + \tilde{d}_{ir}^2 + \cdots + \tilde{d}_{ir}^n}{n}$$

于是

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} - & \tilde{d}_{12} & \cdots & \tilde{d}_{1m} \\ \tilde{d}_{21} & - & \cdots & \tilde{d}_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{d}_{m1} & \tilde{d}_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

步骤6 确定各方案的次序。

4 实例

国际足联为了决定某届世界杯举办权的归属,对各个申办国的实际情况进行逐一考察,考察内容包括:经济实力(C_1)、交通设施(C_2)、场馆设施(C_3)、治安状况(C_4)、举办方案(C_5),假设将由国际足联主席(J_1)、国际足联副主席(J_2)、国际足联执委会主席(J_3)3名决策者对世界杯申办国荷兰/比利时

(P_1)、俄罗斯(P_2)、西班牙/葡萄牙(P_3)进行评估,他们分别给出各申办国关于每个考察内容以及各考察内容重要性的评价,假设3名决策者的评价同等重要,现在将要通过评估确定本届世界杯举办权的归属。

现在采用算法1进行决策,根据表1—表4可以得到 $\tilde{\mathbf{X}}_k$ 和 $\tilde{\mathbf{w}}$,由于 $\tilde{\mathbf{X}}_k$ 中所有模糊数都在 $[0,1]$ 之内,所以不必进行归一化处理。

表1 J_1 对申办国各考察内容的评价

Table 1 Assessments for each content inspection of host country by J_1

申办国	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
P_1	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.8,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0,0.1,0.2)
P_2	(0.7,0.8,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)
P_3	(0,0.2,0.4)	(0.6,0.7,0.8)	(0.6,0.7,0.8)	(0,0.1,0.2)	(0.6,0.7,0.8)

表2 J_2 对申办国各考察内容的评价

Table 2 Assessments for each content inspection of host country by J_2

申办国	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
P_1	(0.6,0.7,0.8)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0.6,0.7,0.8)	(0,0.1,0.2)
P_2	(0,0.2,0.4)	(0.7,0.8,0.9)	(0,0.1,0.2)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.8,0.9)
P_3	(0.7,0.8,0.9)	(0.6,0.7,0.8)	(0.6,0.7,0.8)	(0,0.1,0.2)	(0.3,0.5,0.7)

表3 J_3 对申办国各考察内容的评价

Table 3 Assessments for each content inspection of host country by J_3

申办国	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
P_1	(0,0.1,0.2)	(0.7,0.8,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0,0.2,0.4)	(0,0.1,0.2)
P_2	(0.6,0.7,0.8)	(0,0.2,0.4)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.9)
P_3	(0.3,0.5,0.7)	(0.6,0.7,0.8)	(0.6,0.7,0.8)	(0.3,0.5,0.7)	(0.6,0.7,0.8)

表4 决策者对各考察内容重要性的评价

Table 4 Assessments for importance of each content inspection by decision makers

决策者	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
J_1	(0,0.1,0.2)	(0.7,0.8,0.9)	(0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1.0)
J_2	(0.7,0.8,0.9)	(0,0.2,0.4)	(0.3,0.5,0.7)	(0,0.1,0.2)	(0.8,0.9,1.0)
J_3	(0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1.0)	(0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,0.9)

根据式(1)、式(2)求得 $h_{jk}(x)$,以 $h_{11}(x)$ 为例,其他求解类似,即

$$h_{11}(x) = \begin{cases} (0.1-0)x+0.1 & -1 \leq x \leq 0 \\ (0.2-0.1)x+0.1 & 0 < x \leq 1 \end{cases}$$

于是

$$\tilde{\mathbf{W}} = \begin{bmatrix} h_1(E) \\ h_2(E) \\ h_3(E) \\ h_4(E) \\ h_5(E) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.10x+0.53 \\ 0.13x+0.60 \\ 0.13x+0.70 \\ 0.10x+0.53 \\ 0.10x+0.87 \end{bmatrix}$$

根据式(1)、式(2)求得 $f_{ij}^k(x)$,以 $f_{11}^1(x)$ 为例,其他求解类似,即

$$f_{11}^1(x) = \begin{cases} (0.5-0.3)x+0.5 & -1 \leq x \leq 0 \\ (0.7-0.5)x+0.5 & 0 < x \leq 1 \end{cases}$$

于是

$$\tilde{\mathbf{X}}^T = \begin{bmatrix} 0.13x+0.43 & 0.13x+0.57 & 0.17x+0.50 \\ 0.13x+0.70 & 0.17x+0.50 & 0.10x+0.70 \\ 0.20x+0.50 & 0.10x+0.57 & 0.10x+0.70 \\ 0.17x+0.47 & 0.13x+0.70 & 0.13x+0.23 \\ 0.10x+0.10 & 0.10x+0.80 & 0.13x+0.63 \end{bmatrix}$$

计算群体和谐性指数,得到群体和谐性指数矩阵:

$$\tilde{\mathbf{Y}} = \begin{bmatrix} - & 0.26x+1.30 & 0.36x+1.83 \\ 0.30x+1.93 & - & 0.20x+1.40 \\ 0.33x+2.10 & 0.36x+1.83 & - \end{bmatrix}$$

计算群体非和谐性指数,得到群体非和谐性指数矩阵:

$$\tilde{\mathbf{Z}} = \begin{bmatrix} - & 0.59x+2.96 & 0.58x+2.93 \\ 0.12x+0.77 & - & 0.13x+0.92 \\ 0.16x+1.01 & 0.51x+2.60 & - \end{bmatrix}$$

取 $\tilde{q}=0.51x+2.60$,建立一致性比较矩阵:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0.30x+1.93 & - & 0.20x+1.40 \\ 0.33x+2.10 & 0 & - \end{bmatrix}$$

根据矩阵 $\tilde{D}$ 可以得:

$$P_1(x)=0$$

$$P_2(x)=0.50x+3.33$$

$$P_3(x)=0.33x+2.10$$

根据距离公式 $P_1(x) < P_3(x) < P_2(x)$, 因此, 俄罗斯将获得本届世界杯的举办权。

5 结论

本文以结构元理论为基础, 给出了基于结构元理论的模糊多属性群决策方法。这种方法运算简便, 易于理解, 将模糊结构元理论同经典的 ELECTRE 方法结合, 把模糊数的复杂运算转化为同序单调函数的运算, 有效地解决了现有一些模糊多属性群决策方法所存在的问题。同时, 这种方法克服了以往应用 ELECTRE 方法遇到模糊数难以排序或直接转化为确定系统的缺点, 因而具有较大的应用价值。

参考文献 (References)

[1] Jain R. A procedure for multi-aspect decision making using fuzzy sets[J].

International Journal of Systems Science, 1977, 8(1): 1-7.

[2] Dubois D, Prade H. Operations on fuzzy numbers[J]. *International Journal of Systems Science*, 1978, 9(6): 613-626.

[3] 郭嗣琮. 模糊分析中的结构元方法(I)[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2002, 21(5): 670-673.

Guo Sizong. *Journal of Liaoning Technical University: Natural Science Edition*, 2002, 21(5): 670-673.

[4] 郭嗣琮. 模糊分析中的结构元方法 (II)[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2002, 21(6): 808-810.

Guo Sizong. *Journal of Liaoning Technical University: Natural Science Edition*, 2002, 21(6): 808-810.

[5] 郭嗣琮. 模糊实数空间与 $[-1,1]$ 上同序单调函数类的同胚[J]. 自然科学进展, 2004, 14(11): 1318-1321.

Guo Sizong. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(11): 1318-1321.

[6] 郭嗣琮. 基于结构元的模糊值函数的一般表示方法[J]. 模糊系统与数学, 2005, 19(1): 82-86.

Guo Sizong. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2005, 19(1): 82-86.

[7] 郭嗣琮. $[-1,1]$ 上同序单调函数的同序变换群与模糊数运算[J]. 模糊系统与数学, 2005, 19(3): 105-110.

Guo Sizong. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2005, 19(3): 105-110.

[8] 刘海涛, 郭嗣琮. 模糊多属性决策的三种结构元方法 [J]. 运筹与管理, 2007, 17(1): 19-23.

Liu Haitao, Guo Sizong. *Operations Research and Management Science*, 2007, 17(1): 19-23.

(责任编辑 代丽)

·学术动态·



“高强度利用下的土壤生态与土壤健康问题学术研讨会”征文

随着农业集约化、规模化发展, 土壤的高强度利用以及不科学的管理, 尤其是大量甚至过量施用化肥与农药, 导致土壤板结、酸化、“富营养化”、次生盐渍化、连作障碍等土壤健康问题日趋加剧, 严重威胁农业可持续发展。因此, 针对高强度利用下土壤物理、化学、生物退化问题, 江苏省土壤学会联合中国土壤学会土壤生态专业委员会, 将于 2011 年 10 月 1 日在苏州举办国内首次土壤健康学术研讨会。主题为高强度利用下的土壤生态与土壤健康问题。

征文范围及主要内容: 高强度利用下土壤生物多样性与生态系统功能; 土壤生态系统结构、功能与土壤质量; 土壤健康及其调控技术。

通信地址: 南京市北京东路 71 号 (210008); 联系电话: 025-86881538; 联系人: 罗春侠; 电子信箱: cxluo@issas.ac.cn。