

文章编号: 1001-0920(2012)02-0276-05

一种属性权重未知的区间概率风险型混合多属性决策方法

刘培德, 王娅姿

(山东财经大学 管理科学与工程学院, 济南 250014)

摘要: 针对指标权重未知的区间概率风险型混合多属性决策问题, 提出一种基于熵权和投影理论的决策方法. 首先, 建立了语言变量和不确定语言变量与梯形模糊数的转化关系, 将混合型数据转化成统一的梯形模糊数; 然后, 通过期望值将风险型决策矩阵转化为确定型决策矩阵, 并用熵权法确定各指标权重, 计算加权决策矩阵, 根据各方案在正负理想方案上投影的相对接近度对方案进行排序; 最后, 通过应用案例说明了该方法的有效性.

关键词: 混合型决策; 风险型决策; 区间概率; 投影方法

中图分类号: F274; O223

文献标识码: A

Method of hybrid multi-attribute decision-making with risk of interval probability under attribute weight unknown

LIU Pei-de, WANG Ya-zi

(School of Management Science and Engineering, Shandong University of Finance Economic, Ji'nan 250014, China.

Correspondent: LIU Pei-de, E-mail: peide.liu@gmail.com)

Abstract: Aiming at hybrid multiple attribute decision-making under the risk of interval probability with weight unknown, a decision approach based on entropy weight and projection theory is presented. Firstly, the transformation from the linguistic variables and uncertain linguistic variables to the trapezoidal fuzzy numbers is established, and the mixed decision data is changed into a single trapezoidal fuzzy number. Then, the risk decision matrix is transformed into certain decision matrix by expectation value, and entropy weight method is used to determine the weights of attributes. On the basis of the attribute weights, the weighted decision matrix is calculated and the alternatives are ranked by relative closeness degree of the projection value from each alternative to the ideal solution and to negative ideal solution. Finally, an application case is given to demonstrate effectiveness of the proposed approach.

Key words: hybrid decision; risk decision; interval probability; projection method

1 引言

混合多属性决策是指既含有定量指标又含有定性指标的一类多属性决策. 其属性值通常采用多种类型的决策数据表示, 如精确数、区间数、三角模糊数、语言变量、不确定语言变量等. 此外, 很多决策问题, 由于决策环境的复杂性和不确定性, 决策方案的属性值是随机变量, 这种决策问题便是风险型多属性决策^[1]. 显然, 很多决策问题既是混合型多属性决策问题又是风险型多属性决策问题, 这类决策问题被称为风险型混合多属性决策问题.

有关区间概率的风险型多属性决策的研究相对较少, 目前主要的研究有: 文献[2]针对准则权重已

知并且准则值为区间概率模糊随机变量的多准则决策问题, 提出一种基于期望值-混合熵的决策方法; [3]针对区间概率信息条件下的风险型决策问题, 利用 C-OWA 算子把区间概率转化成点概率, 从而把区间概率风险型决策问题转化成传统的风险型决策问题, 进而求出最佳方案; [4]利用最大熵准则将区间概率转化为点概率, 从而实现了区间概率信息条件决策问题的求解. 显然, 这些决策方法都是将区间概率转化为点概率, 简化了决策的复杂性, 但由此带来了信息的失真, 同时这些方法没有考虑混合指标的情况.

有关风险型混合多属性决策的研究刚刚起步, 文献[5]针对指标权重信息未知, 指标值为精确数、区间

收稿日期: 2010-09-14; 修回日期: 2010-12-18.

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目(10YJA630073); 山东省自然科学基金项目(ZR2011FM036); 山东省社会科学规划项目(09BSHJ03); 山东省软科学计划项目(2009RKA376); 山东经济学院博士基金项目.

作者简介: 刘培德(1966—), 男, 教授, 博士, 从事信息管理与决策支持的研究; 王娅姿(1982—), 女, 助教, 硕士, 从事信息管理的研究.

数和语言类模糊数相结合的风险型混合多属性决策问题, 提出了一种基于灰色矩阵关联度的风险型动态混合多属性决策方法, 该方法针对的是确定概率的风险型决策问题. 目前, 还没有发现基于区间概率风险型混合多属性决策的相关研究. 本文针对属性权重未知、属性值为区间概率条件下的风险型混合多属性决策问题展开研究.

2 预备知识

2.1 区间概率

定义1^[3] n 个实数区间 $[L_i, U_i], i = 1, 2, \dots, n$, 若满足 $0 \leq L_i \leq U_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n$, 则可以描述 Ω 中基本事件相应的概率, 称之为 n 维概率区间, 简记为 n -PRI. 为方便起见, 引入向量 $L = (L_1, L_2, \dots, L_n)^T, U = (U_1, U_2, \dots, U_n)^T$, 则 n -PRI 又可记为 n -PRI(L, U).

定义2^[3] 给定一个 n -PRI(L, U), 若存在一组正实数 p_1, p_2, \dots, p_n 且有 $\sum_{i=1}^n p_i = 1, L_i \leq p_i \leq U_i, i = 1, 2, \dots, n$, 则称 n -PRI(L, U) 是合理的; 否则, n -PRI(L, U) 是不合理的.

文献[6]指出, 如果 n -PRI(L, U) 是合理的, 则可以进一步将概率区间 $[L_i, U_i] (i = 1, 2, \dots, n)$ 精确化, 得到概率区间为 $[\bar{L}_i, \bar{U}_i], i = 1, 2, \dots, n$, 其中

$$\begin{aligned} \bar{L}_i &= \max \left(L_i, 1 - \sum_{j=1, j \neq i}^n U_j \right), \\ \bar{U}_i &= \min \left(U_i, 1 - \sum_{j=1, j \neq i}^n L_j \right). \end{aligned} \quad (1)$$

2.2 投影方法

投影决策方法是从矢量投影的角度进行探讨, 它将每个决策方案看成一个向量(矢量), 则每个决策方案与正理想方案之间均有一个夹角, 通过研究每个决策方案在理想方案上的投影来进行方案排序.

定义3^[7] 设 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$ 和 $\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m)$ 是两个向量, 定义

$$Q(\lambda) = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j \eta_j}{\left(\sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^m \eta_j^2} \right) \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j^2}} = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j \eta_j}{\sum_{j=1}^m \eta_j^2} \quad (2)$$

为 λ 在 η 上的投影, 一般 $Q(\lambda)$ 的值越大, 即 λ 在 η 上的投影越大, 表示向量 λ 与 η 之间越接近. 如果 η 为正理想解, 则 $Q(\lambda)$ 越大越接近理想解, 方案越优.

3 决策方法与步骤

3.1 决策问题描述

设区间概率风险型混合多属性决策问题有 m 个

评价方案 $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$, n 个评价指标(或属性) $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, 属性 c_j 的权重为 w_j , 且满足 $0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1$, 权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 未知. 对于每个指标属性 c_j 有 l_j 种可能的状态 $\Theta_j = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{l_j})$, 在指标属性 c_j 下状态 θ_t 发生的概率为 $\tilde{p}_j^t = [p_j^{tL}, p_j^{tU}]$, 且满足 $0 \leq p_j^{tL} \leq p_j^{tU} \leq 1, \sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tL} \leq 1 \leq \sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tU}$. 决策方案 a_i 在指标属性 c_j 及自然状态 θ_t 下的属性值记为 x_{ij}^t, x_{ij}^t 的类型为精确数、区间数、三角模糊数、语言变量、不确定语言变量等数据类型之一(该风险型决策数据见表1). 根据此条件, 对此风险型混合多属性决策方案进行综合评价.

表1 风险型多属性决策表

	c_1	c_2	\dots	c_n
	$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_{l_1}$	$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_{l_2}$	\dots	$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_{l_n}$
	$\tilde{p}_1^1 \tilde{p}_1^2 \dots \tilde{p}_1^{l_1}$	$\tilde{p}_2^1 \tilde{p}_2^2 \dots \tilde{p}_2^{l_2}$	\dots	$\tilde{p}_n^1 \tilde{p}_n^2 \dots \tilde{p}_n^{l_n}$
a_1	$x_{11}^1 x_{11}^2 \dots x_{11}^{l_1}$	$x_{12}^1 x_{12}^2 \dots x_{12}^{l_2}$	\dots	$x_{1n}^1 x_{1n}^2 \dots x_{1n}^{l_n}$
a_2	$x_{21}^1 x_{21}^2 \dots x_{21}^{l_1}$	$x_{22}^1 x_{22}^2 \dots x_{22}^{l_2}$	\dots	$x_{2n}^1 x_{2n}^2 \dots x_{2n}^{l_n}$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
a_m	$x_{m1}^1 x_{m1}^2 \dots x_{m1}^{l_1}$	$x_{m2}^1 x_{m2}^2 \dots x_{m2}^{l_2}$	\dots	$x_{mn}^1 x_{mn}^2 \dots x_{mn}^{l_n}$

3.2 不同数据类型与梯形模糊数的转化

3.2.1 语言变量与梯形模糊数的转化

设语言变量集为 $S = (s_0, s_1, \dots, s_{L-1})$, L 为语言变量的个数, 一般为奇数. 在实际应用中 L 一般取 3, 5, 7, 9 等. 如 $L = 7$, 可表示为 $S = (s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6) = (\text{很差}, \text{差}, \text{中下}, \text{中}, \text{中上}, \text{好}, \text{很好})$. 对每个语言值 s_i 可用梯形模糊数表示为 $A_i = [a_i^L, a_i^{ML}, a_i^{MU}, a_i^U]$, 其中 $a_i^L \leq a_i^{ML} \leq a_i^{MU} \leq a_i^U$.

建立如下的语言变量 s_i 与梯形模糊数的转化关系:

$$\begin{cases} a_0^L = a_0^{ML} = a_0^{MU} = 0; \\ a_i^{MU} = a_i^{ML} + \frac{1}{2 \times L - 3}, 1 \leq i \leq L - 2; \\ a_i^U = a_i^{MU} + \frac{1}{2 \times L - 3}, 0 \leq i \leq L - 2; \\ a_{i+1}^L = a_i^{MU}, 0 \leq i \leq L - 2; \\ a_{i+1}^{ML} = a_i^U, 0 \leq i \leq L - 2; \\ a_{L-1}^{MU} = a_{L-1}^U = 1. \end{cases} \quad (3)$$

由此, 可以得到 $L = 7$ 时的语言变量集与梯形模糊数的对应关系为

$$\begin{aligned} s_0 &= [0, 0, 0, 0.091], \quad s_1 = [0, 0.091, 0.182, 0.273], \\ s_2 &= [0.182, 0.273, 0.364, 0.455], \\ s_3 &= [0.364, 0.455, 0.545, 0.636], \\ s_4 &= [0.545, 0.636, 0.727, 0.818], \end{aligned}$$

$s_5 = [0.727, 0.818, 0.909, 1]$, $s_6 = [0.909, 1, 1, 1]$.

3.2.2 不确定语言变量与梯形模糊数的转化

设 $\tilde{s} = [s_a, s_b]$ 为不确定语言变量, 假设 s_a 用梯形模糊数表示为 $[a^L, a^{ML}, a^{MU}, a^U]$, s_b 用梯形模糊数表示为 $[b^L, b^{ML}, b^{MU}, b^U]$, 则不确定语言变量 $\tilde{s} = [s_a, s_b]$ 用梯形模糊数表示为 $[a^L, a^{ML}, b^{MU}, b^U]$.

3.2.3 实数、区间数、三角模糊数的梯形模糊数表示

实数 a 可以看作梯形模糊数 $[a, a, a, a]$, 区间数 $[a, b]$ 可看作梯形模糊数 $[a, a, b, b]$, 三角模糊数 $[a, b, c]$ 可看作梯形模糊数 $[a, b, b, c]$.

经过上述变化, 可将不同类型属性值转化为统一的梯形模糊数.

3.3 区间概率风险型混合多属性决策问题转化为无风险决策问题

根据离散型随机变量期望值的计算方法, 将决策属性不同自然状态的不同决策值求期望值. 由于不同数据类型的决策数据已经转化为梯形模糊数, 为了减少数据转化的失真, 直接将概率区间数用梯形模糊数表示. 假设在指标属性 c_j 下状态 θ_t 发生的概率为 $\tilde{p}_j^t = [p_j^{tL}, p_j^{tU}]$, 决策值 x_{ij}^t 转化为梯形模糊数为 $[x_{ij}^{tL}, x_{ij}^{tML}, x_{ij}^{tMU}, x_{ij}^{tU}]$, 则期望值 r_{ij} 为

$$r_{ij} = [r_{ij}^L, r_{ij}^{ML}, r_{ij}^{MU}, r_{ij}^U] = \sum_{t=1}^{l_j} \tilde{p}_j^t x_{ij}^t = \sum_{t=1}^{l_j} ([p_j^{tL}, p_j^{tU}] \otimes [x_{ij}^{tL}, x_{ij}^{tML}, x_{ij}^{tMU}, x_{ij}^{tU}]) = \left[\sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tL} x_{ij}^{tL}, \sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tL} x_{ij}^{tML}, \sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tU} x_{ij}^{tMU}, \sum_{t=1}^{l_j} p_j^{tU} x_{ij}^{tU} \right]. \quad (4)$$

3.4 决策矩阵初始化

为消除不同物理量纲对决策结果的影响, 需要对决策矩阵进行规范化处理. 最常见的指标类型有效益型指标 (I_1) 和成本型指标 (I_2). 采用线性变换法, 规范化后的矩阵仍用 $R = [r_{ij}]$ 表示, 其规范化方法如下:

对于效益型属性指标

$$r_{ij} = \left(\frac{r_{ij}^L}{r_j^{+U}}, \frac{r_{ij}^{ML}}{r_j^{+U}}, \frac{r_{ij}^{MU}}{r_j^{+U}}, \frac{r_{ij}^U}{r_j^{+U}} \right), \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, \quad (5)$$

其中 $r_j^{+U} = \max_i(r_{ij}^U)$.

对于成本型属性指标

$$r_{ij} = \left(\frac{r_j^{-L}}{r_{ij}^L}, \frac{r_j^{-L}}{r_{ij}^{ML}}, \frac{r_j^{-L}}{r_{ij}^{MU}}, \frac{r_j^{-L}}{r_{ij}^U} \right), \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, \quad (6)$$

其中 $r_j^{-L} = \min_i(r_{ij}^L)$.

3.5 指标权重的确定

指标属性值为梯形模糊数, 因此可通过梯形模糊数的期望值使用熵权法求指标权重. 对于方案 a_i 在指标属性 c_j 的属性值 $r_{ij} = [r_{ij}^L, r_{ij}^{ML}, r_{ij}^{MU}, r_{ij}^U]$, 其期望值为

$$D_{ij} = (r_{ij}^L + r_{ij}^{ML} + r_{ij}^{MU} + r_{ij}^U)/4. \quad (7)$$

对于指标属性 c_j , 所有方案期望值和为

$$D_j = \sum_{i=1}^m D_{ij}. \quad (8)$$

熵是利用概率理论衡量信息不确定性的一种测度, 它表明数据越分散, 其不确定性越大. 各个指标的决策信息可用其熵值 E_j 表示, 即

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m \frac{D_{ij}}{D_j} \ln \frac{D_{ij}}{D_j}, \quad 1 \leq j \leq n, 0 \ln 0 \equiv 0. \quad (9)$$

式中: m 为评价对象的个数, $K = 1/\ln m$. 指标 c_j 的差异度为

$$G_j = KC - E_j, \quad 1 \leq j \leq n, \quad (10)$$

其中 KC 为常数, 通常取为 1, 也可根据权重关系进行适当调整. 对客观权重而言, 原则上, 指标最大权重与最小权重在 1 倍之内, 如果差距太大, 可适当调节 KC .

计算熵权

$$w_j = G_j / \sum_{j=1}^n G_j, \quad 1 \leq j \leq n. \quad (11)$$

3.6 基于投影法的方案排序步骤

1) 根据式 (1) 将不同属性不同状态下的概率区间进一步精确化, 得到 $[\bar{p}_j^{L1}, \bar{p}_j^{U1}][\bar{p}_j^{L2}, \bar{p}_j^{U2}] \cdots [\bar{p}_j^{Ll_j}, \bar{p}_j^{Ul_j}]$, $j = 1, 2, \dots, n$.

2) 将不同数据类型的决策数据转化成梯形模糊数, 指标属性 c_j , 状态 θ_t 下的决策值 x_{ij}^t 转化为梯形模糊数为 $[x_{ij}^{tL}, x_{ij}^{tML}, x_{ij}^{tMU}, x_{ij}^{tU}]$.

3) 将区间概率风险型混合多属性决策转化为无风险决策矩阵. 指标属性 c_j 下的期望值

$$r_{ij} = \left[\sum_{t=1}^{l_j} \bar{p}_j^{tL} x_{ij}^{tL}, \sum_{t=1}^{l_j} \bar{p}_j^{tL} x_{ij}^{tML}, \sum_{t=1}^{l_j} \bar{p}_j^{tU} x_{ij}^{tMU}, \sum_{t=1}^{l_j} \bar{p}_j^{tU} x_{ij}^{tU} \right].$$

4) 决策矩阵初始化, 得到规范化决策矩阵 $R = [r_{ij}]$.

5) 根据式 (7)~(11) 计算决策矩阵的客观权重 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$.

6) 计算加权矩阵. 根据熵权, 将规范化数据 r_{ij} 加权, 构成加权规范化矩阵

$$V = (v_{ij})_{m \times n},$$

$$v_{ij} = [v_{ij}^L, v_{ij}^{ML}, v_{ij}^{MU}, v_{ij}^U] = [w_j r_{ij}^L, w_j r_{ij}^{ML}, w_j r_{ij}^{MU}, w_j r_{ij}^U]. \quad (12)$$

7) 计算方案的正负理想解. 设正负理想方案分别为 V^+ 和 V^- , 对于指标属性 c_j , 其正负理想方案的属性值分别为 v_j^+ 和 v_j^- , 其定义如下:

$$v_j^+ = [v_j^{L+}, v_j^{ML+}, v_j^{MU+}, v_j^{U+}] = [\max_i(v_{ij}^L), \max_i(v_{ij}^{ML}), \max_i(v_{ij}^{MU}), \max_i(v_{ij}^U)],$$

$$v_j^- = [v_j^{L-}, v_j^{ML-}, v_j^{MU-}, v_j^{U-}] = [\min_i(v_{ij}^L), \min_i(v_{ij}^{ML}), \min_i(v_{ij}^{MU}), \min_i(v_{ij}^U)]. \quad (13)$$

8) 计算各方案在正负理想方案上的投影值

$$Q_i^+ = \frac{\sum_{j=1}^n [v_{ij}^L v_j^{L+} + v_{ij}^{ML} v_j^{ML+} + v_{ij}^{MU} v_j^{MU+} + v_{ij}^U v_j^{U+}]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n [(v_j^{L+})^2 + (v_j^{ML+})^2 + (v_j^{MU+})^2 + (v_j^{U+})^2]}}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad (14)$$

$$Q_i^- = \frac{\sum_{j=1}^n [v_{ij}^L v_j^{L-} + v_{ij}^{ML} v_j^{ML-} + v_{ij}^{MU} v_j^{MU-} + v_{ij}^U v_j^{U-}]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n [(v_j^{L-})^2 + (v_j^{ML-})^2 + (v_j^{MU-})^2 + (v_j^{U-})^2]}}$$

$$(15)$$

9) 计算各方案的相对接近度

$$RK_i = \frac{Q_i^+}{Q_i^+ + Q_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (16)$$

10) 排序. 根据相对接近度对评价方案进行排序, 相对接近度越大, 方案越优.

4 算例分析

某企业计划投资建设一座新工厂, 现有3个方案, 考虑了4个指标, 分别为: 直接效益 c_1 , 间接效益 c_2 , 社会效益 c_3 和污染损失 c_4 . 市场预测直接效益 c_1 和间接效益 c_2 有很好 (θ_1)、好 (θ_2)、一般 (θ_3) 和差 (θ_4) 共4种自然状态; 社会效益 c_3 和污染损失 c_4 有很好 (θ_1)、好 (θ_2) 和一般 (θ_3) 共3种自然状态. 直接效益 c_1 用实数表示, 间接效益 c_2 用区间数表示, 社会效益 c_3 用语言变量表示, 污染损失 c_4 用不确定语言变量表示. 污染损失为成本型指标, 由于采用语言变量集, 其从最坏情况到最好情况递增, 因此打分时已经转化为效益型. 语言评价集为 $S = (s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6)$, 各种指标的风险决策表如表2所示, 求最优方案.

决策步骤如下:

1) 计算熵权. KC取1.01, 则 $w = (0.201, 0.188, 0.368, 0.244)$.

2) 计算每个方案在正负理想方案上的投影: $Q_1^+ = 0.758, Q_2^+ = 0.623, Q_3^+ = 0.709, Q_1^- = 0.750, Q_2^- = 0.630, Q_3^- = 0.709$.

3) 计算相对接近度 $RK_1 = 0.503, RK_2 = 0.497, RK_3 = 0.500$.

4) 方案排序. 根据相对接近度的大小, 各方案的排序为 $a_1 > a_3 > a_2$.

表2 各种指标风险型决策表

	c_1				c_2				c_3			c_4		
	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_1	θ_2	θ_3	θ_1	θ_2	θ_3
	[0.1,0.2]	[0.2,0.7]	[0.3,0.4]	[0.1,0.5]	[0.0,0.2]	[0.2,0.6]	[0.3,0.6]	[0.2,0.4]	[0.2,0.5]	[0.3,0.4]	[0.3,0.5]	[0.3,0.5]	[0.2,0.4]	[0.4,0.6]
a_1	25	23	28	30	[95,105]	[95,105]	[95,105]	[95,105]	s_5	s_5	s_3	[s_4, s_4]	[s_2, s_3]	[s_3, s_4]
a_2	25	22	26	22	[90,116]	[97,113]	[97,113]	[97,113]	s_6	s_3	s_1	[s_2, s_3]	[s_5, s_6]	[s_2, s_3]
a_3	28	30	20	18	[90,112]	[97,109]	[104,116]	[104,116]	s_4	s_5	s_2	[s_3, s_3]	[s_4, s_4]	[s_4, s_5]

5 结论

本文提出了一种基于熵权和投影方法的区间概率风险型混合多属性决策方法, 并给出了决策步骤. 该方法概念明确、易于理解, 是对风险型混合决策理论与方法的丰富和发展. 然而, 本文在处理风险型问题时, 采用了期望值的方法将风险型问题转化为确定型问题, 处理方法较为简单, 今后将继续研究其他转化方法.

参考文献(References)

[1] 于义彬, 王本德, 柳澎, 等. 具有不确定信息的风险型

多目标决策理论及应用[J]. 中国管理科学, 2003, 11(6): 9-13.

[Yu Y B, Wang B D, Liu P. Risky multiobjective decision-making theory and its application[J]. Chinese J of Management Science, 2003, 11(6): 9-13.]

[2] 王坚强, 龚岚. 基于期望值-混合熵的区间概率模糊随机多准则决策方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(7): 1065-1069.

(Wang J Q, Gong L. Interval probability fuzzy random multi-criteria decision-making approach based on expectation-hybrid entropy[J]. Control and Decision, 2009, 24(7): 1065-1069.)

- [3] 何大义. 区间概率信息条件下的风险型决策问题的解法探讨[J]. 运筹与管理, 2007, 16(6): 74-78.
(He D Y. Decision-making under the condition of probability interval maximum entropy principle[J]. Operations Research and Management Science, 2007, 16(6): 74-78.)
- [4] 陈春芳, 朱传喜. 区间概率信息条件下的风险型决策方法[J]. 统计与决策, 2009(8): 15-16.
(Chen C F, Zhu C X. The risk decision-making method under condition of interval probability[J]. Statistics and Decision, 2009(8): 15-16.)
- [5] 饶从军, 肖新平. 风险型动态混合多属性决策的灰矩阵关联度法[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(9): 1353-1357.
(Rao C J, Xiao X P. Method of grey matrix relative degree for dynamic hybrid multi-attribute decision making under risk[J]. Systems Engineering and Electronics, 2006, 28(9): 1353-1357.)
- [6] Ronald R Yager, Vladik Kreinovich. Decision making under interval probabilities[J]. Int J of Approximate Reasoning, 1999, 22(3): 195-215.
- [7] Xu Z S. Projection method for uncertain multi-attribute decision making with preference information on alternatives[J]. Int J of Information Technology & Decision Making, 2004, 3(3): 429-434.

(上接第275页)

- [12] 徐选华, 陈晓红. 复杂大群体决策支持系统结构及实现技术研究[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45 (13): 16-19.
(Xu X H, Chen X H. Research on complex large group decision support system structure and realization technology[J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(13): 16-19.)
- [13] 李洪燕, 樊治平. 一种基于二元语义的多指标群决策方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2003, 24(5): 495-498.
(Li H Y, Fan Z P. Multi-criteria group decision making method based on two-tuple linguistic information processing[J]. J of Northeastern University: Natural Science, 2003, 24(5): 495-498.)
- [14] Herrera F, Martinez L, Sanchez. Managing non-homogeneous information in group decision making [J]. European J of Operational Research, 2005, 166(11): 115-132.
- [15] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第5版. 北京: 科学出版社, 2010: 105-108.
(Liu S F, Dang Y G, Fang Z G, et al. Grey system theory and application[M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2010: 105-108.)

下 期 要 目

- 聚类分析研究中的若干问题..... 王 骏, 等
- 基于多尺度视觉特性的多聚焦图像融合算法..... 李华锋, 等
- 标准模型下基于身份的代理环签名方案研究..... 于义科, 等
- 针铁矿法沉铁过程铁离子浓度集成预测模型..... 熊富强, 等
- 融合 Powell 搜索法的粒子群优化算法..... 吴建辉, 等
- 带有未建模动态的非线性系统的自适应动态面控制..... 张天平, 鲁 瑶
- 基于权值范围设置的多模型稳定切换控制研究..... 周焕银, 等
- 分组选择聚类融合算法..... 孔志周, 蔡自兴
- 一种具有提高覆盖性能传感器网络节能分簇算法..... 刘志新, 等
- 考虑传感器故障的导弹姿态控制系统主动容错控制研究..... 曹祥宇, 等