

## 基于前景随机占优的多属性多标度大群体决策方法

张 晓<sup>1</sup>, 樊治平<sup>2</sup>

(1. 西安电子科技大学 经济与管理学院, 西安 710071; 2. 东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

**摘 要:** 针对具有属性期望的多属性多标度大群体决策问题, 在考虑参与决策人心理行为的情境下, 将每个参与决策人给出的属性期望视为其参照点, 并构建群体感知的收益-损失的概率分布; 然后, 基于前景随机占优准则建立方案比较的前景随机占优关系矩阵, 并通过计算方案比较的前景随机优势度来得到方案的排序. 算例分析表明了所提出方法的可行性和有效性.

**关键词:** 大群体决策; 属性期望; 前景随机占优; 群体感知收益-损失

中图分类号: C934

文献标志码: A

## Method for multi-attribute and multi-identifier large group decision making based on prospect stochastic dominance

ZHANG Xiao<sup>1</sup>, FAN Zhi-ping<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710071, China; 2. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: ZHANG Xiao, E-mail: zhang xiao.neu@163.com)

**Abstract:** For the multi-attribute and multi-identifier large group decision making problem with attribute aspirations, in the situation of considering decision making participants' psychological behavior, attribute aspirations given by decision making participants are regarded as their reference points, and probability distributions for group gain-losses are constructed. Then, matrices of prospect stochastic dominance relations on pairwise comparisons of alternatives are established by using the prospect stochastic dominance rule, and the ranking of alternatives are determined by calculating prospect stochastic dominance degrees. Finally, a numerical example illustrates the feasibility and effectiveness of the proposed method.

**Key words:** large group decision making; attribute aspiration; prospect stochastic dominance; group gain-loss

### 0 引 言

大群体决策是指参与决策人数规模较大的群决策, 将参与决策人的评价信息按照某一规则集结成为大群体评价信息, 并依据大群体评价信息进行最优方案的选择<sup>[1-2]</sup>. 与传统群决策<sup>[3-4]</sup>比较, 大群体决策具有的主要特点是参与决策人数规模较大, 往往来自不同的组织, 并且能够异时异地发表个人意见. 大群体决策在一些现实的公共决策问题中有大量的背景, 例如城市公共交通建设方案规划与选择、服务质量评价与改进等决策问题通常都需要大量的参与决策人通过网络、短信平台或问卷调查等方式给出其评价信息. 因为传统的群决策方法<sup>[3-5]</sup>在解决现实的大群体

决策问题时存在一些困难, 所以关于大群体决策方法的研究是非常值得关注的.

目前, 大群体决策方法的研究主要分为两类: 一类是基于聚类分析的大群体决策方法<sup>[6-9]</sup>, 这类方法的主要思想是通过聚类分析将众多参与决策人划分为若干个子群体, 并确定各子群体的权重, 进而通过计算方案的群体综合评价值进行方案的排序; 另一类是基于多标度概率分布信息的大群体决策方法<sup>[1-2]</sup>, 这类方法是考虑现实中参与决策人通常依据决策活动组织方预先给定的评价标度进行评价, 这样会形成关于属性评价标度的概率分布, 而概率分布能够反映众多参与决策人给出的大量评价信息的统计特征, 并

收稿日期: 2013-05-29; 修回日期: 2013-09-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71271051); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2013JQ9002); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(K5051306003, BDY251412); 高等学校博士学科点专项科研基金新教师类资助课题(20130203120024).

作者简介: 张晓(1985-), 女, 讲师, 博士, 从事决策理论与方法的研究; 樊治平(1961-), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策理论与方法、运作管理等研究.

且避免了简单求和等方法造成的信息淹没与损失现象,因此,这类方法是通过对大群体决策中产生的多标度概率分布信息进行比较,从而得到方案的排序结果.需要指出的是,上述方法很少考虑众多参与决策人给出属性期望的情形,而在一些现实的大群体决策中,参与决策人会对各属性有一定的期望要求,例如:在城市公共交通线路选择问题中,参与决策人可能对备选交通线路的便利性、环境影响等属性有一定的期望;在服务质量测评与改进问题中,参与决策人可能会对服务场所的环境、服务等待时间等属性有期望要求.因此,有必要对参与决策人给出属性期望的多属性多标度大群体决策问题进行研究,并提出新的、有针对性的决策分析方法.另外,还需要指出的是,在决策过程中,参与决策人通常会将其给出的属性期望视为心理参照点,评价价值超过参照点的部分感知为“收益”,没有达到参照点的部分感知为“损失”,并且对待“损失”比“收益”更加敏感<sup>[10-13]</sup>,这体现了参与决策人决策时的心理行为特征.如何将参与决策人的心理行为引入到多属性多标度大群体决策分析中是需要考虑解决的问题.

基于上述分析,本文给出一种基于前景随机占优的多属性多标度大群体决策方法.首先,将每个参与决策人给出的属性期望视为其参照点,并建立群体感知的收益-损失的概率分布;然后,针对参与决策人对“收益”和“损失”的不同心理感知,依据前景随机占优准则<sup>[14-16]</sup>确定方案比较的前景随机占优关系,并通过计算前景随机优势度对所有方案进行排序.

## 1 问题描述

为了方便起见,记  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ . 设  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  表示备选方案集合;  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  表示属性集合,  $C_1, C_2, \dots, C_n$  加性独立;  $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  表示属性的权重向量, 满足  $w_j \geq 0$  且  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ ,  $j \in N$ ;  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$  表示参与决策人集合, 其中  $D_l$  表示第  $l$  个参与决策人,  $l \in K$ , 本文认为每个参与决策人同等重要;  $H_j = \{H_j^1, H_j^2, \dots, H_j^{q_j}\}$  表示属性  $C_j$  的评价标度集合, 由决策活动组织方预先定义并给出, 其中  $H_j^s$  表示属性  $C_j$  的第  $s$  个评价标度;  $x_{ij}^l$  表示参与决策人  $D_l$  关于属性  $C_j$  对方案  $A_i$  的评价值,  $e_j^l$  表示  $D_l$  给出的关于属性  $C_j$  的期望水平,  $x_{ij}^l \in H_j$ ,  $e_j^l \in H_j$ ,  $i \in M, j \in N, l \in K$ .

在现实中的大群体决策问题,  $H_j$  通常用分值或者语言短语集合来表示, 例如  $H_j = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  或者  $H_j = \{\text{VP(非常差)}, \text{P(差)}, \text{M(一般)}, \text{G(好)}, \text{VG(非常好)}\}$ . 由于语言短语可以通过一些方法转化为分值, 这里假设评价标度是分值的形式, 满足  $H_j^1 < H_j^2 <$

$\dots < H_j^{q_j}$ .

本文要解决的问题是: 根据每个参与决策人给出的方案评价价值  $x_{ij}^l$  ( $i \in M, j \in N, l \in K$ ), 对属性的期望水平  $e_j^l$  ( $j \in N, l \in K$ ) 和属性权重向量  $\mathbf{w}$  对方案进行排序或选择.

## 2 原理与方法

本文所提出的方法涉及 3 个关键部分: 群体感知的收益-损失的计算、方案比较的前景随机占优关系的确定和方案的排序方法. 下面分别给出这 3 个部分的计算过程, 然后给出本文方法的计算步骤.

### 2.1 群体感知的收益-损失的计算

首先, 根据参照依赖效应<sup>[10-11]</sup>将每个参与决策人给出的期望水平视为其参照点, 计算参与决策人  $D_l$  对方案  $A_i$  关于属性  $C_j$  的感知收益-损失

$$g_{ij}^l = x_{ij}^l - e_j^l, \quad i \in M, j \in N, l \in K. \quad (1)$$

若  $g_{ij}^l \geq 0$ , 即  $x_{ij}^l \geq e_j^l$  时,  $g_{ij}^l$  表示  $D_l$  的感知收益; 若  $g_{ij}^l < 0$ , 即  $x_{ij}^l < e_j^l$  时,  $g_{ij}^l$  表示  $D_l$  的感知损失. 对于  $\forall l \in K$ ,  $g_{ij}^l \in \{H_j^1 - H_j^{q_j}, \dots, H_j^{q_j} - H_j^1\}$ , 这里  $g_{ij}^l$  共有  $t_j = 2q_j - 1$  个可能的结果. 记  $T_j = \{T_j^1, T_j^2, \dots, T_j^{t_j}\} = \{H_j^1 - H_j^{q_j}, \dots, H_j^{q_j} - H_j^1\}$ , 其中  $T_j^u$  表示集合  $T_j$  中的第  $u$  个标度, 为了方便起见, 记  $\Gamma = \{1, 2, \dots, t_j\}$ , 则  $u \in \Gamma$ .

根据每个参与决策人的感知收益-损失  $g_{ij}^l$  计算大群体对方案  $A_i$  关于属性  $C_j$  的群体感知收益-损失  $g_{ij}$ .  $g_{ij}$  实际上是关于集合  $T_j$  的概率分布,  $g_{ij}$  等于  $T_j^u$  的概率为

$$p_{ij}^u = \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \phi^u(g_{ij}^l), \quad i \in M, j \in N, u \in \Gamma. \quad (2)$$

其中

$$\phi^u(g_{ij}^l) = \begin{cases} 1, & g_{ij}^l = T_j^u, \\ 0, & g_{ij}^l \neq T_j^u, \end{cases} \quad i \in M, j \in N, l \in K, u \in \Gamma. \quad (3)$$

$p_{ij}^u$  表示大群体针对属性  $C_j$  将方案  $A_i$  评价为标度  $T_j^u$  的概率.

由式 (2) 和 (3), 可得到群体感知的收益-损失  $g_{ij}$  的概率分布为

$$P(g_{ij}) = \begin{cases} p_{ij}^1, & g_{ij} = T_j^1, \\ p_{ij}^2, & g_{ij} = T_j^2, \\ \vdots & \\ p_{ij}^u, & g_{ij} = T_j^u, \\ \vdots & \\ p_{ij}^{t_j}, & g_{ij} = T_j^{t_j}, \end{cases} \quad i \in M, j \in N, u \in \Gamma. \quad (4)$$

由式 (4), 针对各方案的群体感知收益-损失的概率分布如表 1 所示.

表 1 概率分布形式的群体感知收益-损失

$A_i$	$C_1$				$C_2$				...	$C_n$			
	$T_1^1$	$T_1^2$	...	$T_1^{t_1}$	$T_2^1$	$T_2^2$	...	$T_2^{t_2}$		...	$T_n^1$	$T_n^2$	...
$A_1$	$p_{11}^1$	$p_{11}^2$	...	$p_{11}^{t_1}$	$p_{12}^1$	$p_{12}^2$	...	$p_{12}^{t_2}$	...	$p_{1n}^1$	$p_{1n}^2$	...	$p_{1n}^{t_n}$
$A_2$	$p_{21}^1$	$p_{21}^2$	...	$p_{21}^{t_1}$	$p_{22}^1$	$p_{22}^2$	...	$p_{22}^{t_2}$	...	$p_{2n}^1$	$p_{2n}^2$	...	$p_{2n}^{t_n}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$p_{m1}^1$	$p_{m1}^2$	...	$p_{m1}^{t_1}$	$p_{m2}^1$	$p_{m2}^2$	...	$p_{m2}^{t_2}$	...	$p_{mn}^1$	$p_{mn}^2$	...	$p_{mn}^{t_n}$

2.2 方案比较的前景随机占优关系的确定

由表 1 所示的群体感知的收益-损失, 需要通过概率分布的比较来确定各备选方案的排序. 前景随机占优<sup>[4-16]</sup>是一种基于前景理论<sup>[10-11]</sup>的比较概率分布信息的判断准则, 在考虑心理行为的情境下对概率分布函数进行两两比较, 从而得到概率分布之间的优势关系, 并且不涉及参数. 这里考虑运用前景随机占优准则来确定方案之间的优势关系.

由式 (4) 可以得到群体感知收益-损失  $g_{ij}$  的累积分布函数

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 0, & g_{ij} < T_j^1; \\ p_{ij}^1, & T_j^1 \leq g_{ij} < T_j^2; \\ p_{ij}^1 + p_{ij}^2, & T_j^2 \leq g_{ij} < T_j^3; \\ \vdots & \\ p_{ij}^1 + p_{ij}^2 + \dots + p_{ij}^{u-1}, & T_j^{u-1} \leq g_{ij} < T_j^u; \\ \vdots & \\ 1, & g_{ij} \geq T_j^{t_j}. \end{cases}$$

$i \in M, j \in N, u \in \Gamma$  (5)

考虑到对收益和损失的不同心理感知, 运用前景随机占优准则<sup>[4-16]</sup>可判断方案之间是否具有前景随机占优关系, 为此, 由文献 [15-16] 可以给出如下定义.

定义 1 对于效益型属性, 若

$$\int_y^z [F_{ij}(x) - F_{hj}(x)]dx \leq 0, \quad \forall y, z \in T_j \text{ 且 } y < 0 < z, \quad i, h \in M, i \neq h, j \in N; \quad (6)$$

对于成本型属性, 若

$$\int_y^z [F_{ij}(x) - F_{hj}(x)]dx \geq 0, \quad \forall y, z \in T_j \text{ 且 } y < 0 < z, \quad i, h \in M, i \neq h, j \in N, \quad (7)$$

则称  $F_{ij}(x)$  前景随机占优于  $F_{hj}(x)$ , 记为  $F_{ij}(x)$  PSD  $F_{hj}(x)$ .

由式 (6) 和 (7) 可建立前景随机占优关系矩阵  $\tilde{\Theta}_j = [\tilde{\theta}_{ih}^j]_{m \times m}$ , 其中

$$\tilde{\theta}_{ih}^j = \begin{cases} \text{PSD}, & F_{ij}(x) \text{ PSD } F_{hj}(x) \Leftrightarrow A_i \text{ PSD } A_h; \\ -, & \text{else} \end{cases}$$

表示针对属性  $C_j$  方案  $A_i$  与  $A_h$  之间的优势关系.

2.3 方案排序

针对矩阵  $\tilde{\Theta}_j = [\tilde{\theta}_{ih}^j]_{m \times m}$ , 根据文献 [17] 的思想给出方案比较的前景随机优势度的定义.

定义 2 若  $F_{ij}(x)$  PSD  $F_{hj}(x)$ , 则对于效益型属性, 方案  $A_i$  对于方案  $A_h$  的前景随机优势度为

$$d_{ih}^j = \frac{\int_{\Omega} [F_{hj}(x) - F_{ij}(x)]dx}{\int_{\Omega} F_{hj}(x)dx}, \quad i, h \in M, i \neq h, j \in N; \quad (8)$$

对于成本型属性, 方案  $A_i$  对于方案  $A_h$  的前景随机优势度为

$$d_{ih}^j = \frac{\int_{\Omega} [F_{ij}(x) - F_{hj}(x)]dx}{\int_{\Omega} F_{ij}(x)dx}, \quad i, h \in M, i \neq h, j \in N, \quad (9)$$

其中  $\Omega = \{x | x \in T_j\}$ .

由定义 2 可知,  $0 \leq d_{ih}^j < 1$  且  $d_{ih}^j$  越大方案  $A_i$  优于方案  $A_h$  的程度越大.

首先, 基于  $\tilde{\Theta}_j = [\tilde{\theta}_{ih}^j]_{m \times m}$ , 由式 (8) 和 (9) 建立针对属性  $C_j$  的前景随机优势度矩阵  $\Phi_j = [d_{ih}^j]_{m \times m}$ . 这里需要说明的是, 若不存在  $F_{ij}(x)$  PSD  $F_{hj}(x)$ , 则记  $d_{ih}^j = 0$ .

然后, 计算方案  $A_i$  相对于方案  $A_h$  的综合前景随机优势度  $d_{ih}$ , 并建立综合前景随机优势度矩阵  $\Phi = [d_{ih}]_{m \times m}$ , 其中

$$d_{ih} = \sum_{j=1}^n w_j d_{ih}^j, \quad i, h \in M, i \neq h. \quad (10)$$

根据  $\Phi$  计算方案  $A_i$  相对于其他方案的总体前景随机优势度

$$d_i^+ = \sum_{h=1, h \neq i}^m d_{ih}, \quad i, h \in M, i \neq h. \quad (11)$$

同时, 计算其他方案相对于方案  $A_i$  的总体前景随机优势度

$$d_i^- = \sum_{h=1, h \neq i}^m d_{hi}, \quad i, h \in M, i \neq h. \quad (12)$$

进一步, 计算方案  $A_i$  的总体相对优势度

$$d_i = d_i^+ - d_i^-, \quad i \in M. \quad (13)$$

显然,  $d_i$  越大, 方案  $A_i$  越好. 根据  $d_i$  值的大小, 可对方案进行排序.

综上所述, 基于前景随机占优的多属性多标度大群体决策方法计算步骤如下.

Step 1: 由式 (1) 计算每个参与决策人感知的收益-损失  $g_{ij}^l$  ( $i \in M, j \in N, l \in K$ );

Step 2: 由式 (2)~(4) 建立群体感知的收益-损失  $g_{ij}$  ( $i \in M, j \in N$ ) 的概率分布;

Step 3: 由式 (5)~(7) 建立针对各属性的前景随机占优关系矩阵  $\tilde{\Theta}_j = [\tilde{\theta}_{ih}^j]_{m \times m}$  ( $j \in N$ );

Step 4: 由式 (8)~(10) 建立综合前景随机优势度矩阵  $\Phi$ ;

Step 5: 由式 (11)~(13) 计算每个方案的总体相对优势度  $d_i$ , 并按照  $d_i$  的大小对所有方案进行排序.

### 3 算 例

通过一个手机设计方案的选择问题来说明本文所提出的方法的应用. S 公司计划开发一款新型手机,

公司产品设计小组共设计出 3 个备选方案 ( $A_1, A_2, A_3$ ). 该公司在做决策时, 考虑的属性主要有 3 个, 即产品的外观 ( $C_1$ )、产品的功能 ( $C_2$ ) 和经济性 ( $C_3$ ). 这 3 个属性均为效益型属性, 该公司决策者针对这 3 个属性给出的属性权重向量为  $w = (0.25, 0.30, 0.45)$ . 公司通过对目标客户发放问卷来做市场调查从而获取客户的意见. 假设参与市场调查的客户 (参与决策人) 共有 200 名, 在调查的过程中, 该公司让客户按照预先给定的评价标度对 3 个设计方案给出评价信息和属性期望信息, 针对 3 个属性的标度集合分别为  $H_1 = \{1, 2, 3\}$ 、 $H_2 = \{1, 2, 3\}$ 、 $H_3 = \{1, 2, 3\}$ , 其中: 标度 1 表示非常差, 标度 2 表示一般, 标度 3 表示非常好. 下面简要说明采用本文所提出的方法的计算过程.

首先, 通过问卷调查获取参与市场调查的客户评价信息和属性期望信息. 由式 (1) 计算每名参与调查客户的感知收益-损失, 在此基础上, 由式 (2)~(4) 计算得到群体感知收益-损失的概率分布, 如表 2 所示.

表 2 概率分布形式的群体感知收益-损失

$A_i$	$C_1$					$C_2$					$C_3$				
	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
$A_1$	0.1	0.2	0.35	0.2	0.15	0.1	0.3	0.3	0.25	0.05	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
$A_2$	0.1	0.15	0.25	0.35	0.15	0.15	0.25	0.35	0.2	0.05	0.05	0.2	0.25	0.3	0.2
$A_3$	0.15	0.25	0.3	0.25	0.05	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.15	0.2	0.3	0.25	0.1

然后, 由式 (5) 计算群体感知收益-损失的累积分布函数, 并由式 (6) 和 (7) 建立针对每个属性的前景随机占优关系矩阵

$$\tilde{\Theta}_1 = \begin{bmatrix} - & - & \text{PSD} \\ \text{PSD} & - & \text{PSD} \\ - & - & - \end{bmatrix},$$

$$\tilde{\Theta}_2 = \begin{bmatrix} - & \text{PSD} & - \\ - & - & - \\ \text{PSD} & \text{PSD} & - \end{bmatrix},$$

$$\tilde{\Theta}_3 = \begin{bmatrix} - & - & - \\ \text{PSD} & - & \text{PSD} \\ \text{PSD} & - & - \end{bmatrix}.$$

在此基础上, 由式 (8) 和 (9) 建立针对各属性的前景随机优势度矩阵

$$\Phi_1 = \begin{bmatrix} - & 0 & 0.09 \\ 0.07 & - & 0.16 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix},$$

$$\Phi_2 = \begin{bmatrix} - & 0.03 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 0.08 & 0.11 & - \end{bmatrix},$$

$$\Phi_3 = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0.21 & - & 0.15 \\ 0.08 & 0 & - \end{bmatrix}.$$

由式 (10) 建立综合前景随机优势度矩阵

$$\Phi = \begin{bmatrix} - & 0.03 & 0.09 \\ 0.29 & - & 0.31 \\ 0.16 & 0 & - \end{bmatrix}.$$

最后, 由式 (11)~(13) 计算得到每个方案的总体相对优势度为:  $d_1 = -0.33$ ,  $d_2 = 0.57$ ,  $d_3 = -0.24$ , 方案的排序结果为  $A_2 \succ A_3 \succ A_1$ . 因此, 应该选择方案  $A_2$  生产并投放市场.

### 4 结 论

针对具有属性期望的多属性多标度大群体决策问题, 给出了一种基于前景随机占优的决策分析方法. 该方法考虑了参与决策人的心理行为, 将每个参与决策人给出的属性期望视为其参照点, 并根据每个参与决策人的方案评价信息和参照点建立群体感知收益-损失的概率分布, 然后确定方案比较的前景随机占优关系, 在此基础上, 通过计算方案比较的前景随机优势度进行方案排序. 本文所提方法不仅能够体现众多参与决策人评价信息的统计特征, 而且可使得到

的决策结果反映参与决策人的行为. 本文所提出的方法具有实际应用价值, 为解决现实中的服务质量评价与改进、城市公共交通建设方案选择等公共决策问题提供了一种新途径.

### 参考文献(References)

- [1] 张晓, 樊治平. 一种基于随机占优准则的多指标多标度大群体决策方法[J]. 系统工程, 2010, 28(2): 24-29.  
(Zhang X, Fan Z P. A method for large group decision making with multi-attribute and multi-identifier based on stochastic dominance rules[J]. Systems Engineering, 2010, 28(2): 24-29.)
- [2] 张晓, 樊治平. 一种基于证据推理的多指标多标度大群体决策方法[J]. 运筹与管理, 2011, 20(2): 15-20.  
(Zhang X, Fan Z P. A method for large group decision making with multi-attribute and multi-identifier based on evidential reasoning[J]. Operations Research and Management Science, 2011, 20(2): 15-20.)
- [3] Hwang C L, Lin M J. Group Decision Making under Multiple Criteria[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1987: 145-305.
- [4] 徐玖平, 陈建中. 群决策理论与方法及实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 113-215.  
(Xu J P, Chen J Z. The Theory and Methods of Group Decision Making with its Realization[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009: 113-215.)
- [5] Shih H S, Shyr H J, Lee E S. An extension of TOPSIS for group decision making[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2007, 45(7): 801-813.
- [6] Zahir S. Clusters in a group: Decision making in the vector space formulation of the analytic hierarchy process[J]. European J of Operational Research, 1999, 112(3): 620-634.
- [7] 陈晓红. 复杂大群体决策方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 84-103.  
(Chen X H. Complex large group decision making and application [M]. Beijing: Science Press, 2009: 84-103.)
- [8] 徐选华, 陈晓红, 王红伟. 一种面向效用值偏好信息的大群体决策方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(3): 440-445.  
(Xu X H, Chen X H, Wang H W. A kind of large group decision-making method oriented utility valued preference information[J]. Control and Decision, 2009, 24(3): 440-445.)
- [9] Alonso S, Perez I J, Cabrerizo F J, et al. A fuzzy group decision making model for large group of individuals[J]. Fuzzy System, 2009, 8(1): 643-648.
- [10] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263-291.
- [11] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. J of Risk and Uncertainty, 1992, 5(4): 297-323.
- [12] 张晓, 樊治平. 基于前景理论的风险型混合多属性决策方法[J]. 系统工程学报, 2012, 27(6): 772-781.  
(Zhang X, Fan Z P. Method for risky hybrid multiple attribute decision making based on prospect theory[J]. J of Systems Engineering, 2012, 27(6): 772-781.)
- [13] Fan Z P, Zhang X, Chen F D, et al. Multiple attribute decision making considering aspiration-levels: A method based on prospect theory[J]. Computers & Industrial Engineering, 2013, 65(2): 341-350.
- [14] Levy M, Levy H. Prospect theory: Much ado about nothing[J]. Management Science, 2002, 48(10): 1334-1349.
- [15] Levy H. Stochastic dominance: Investment decision making under uncertainty[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2006: 374-379.
- [16] 张晓, 樊治平. 一种基于前景随机占优准则的随机多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2010, 25(12): 1875-1879.  
(Zhang X, Fan Z P. Method for stochastic multiple attribute decision making based on prospect stochastic dominance rule [J]. Control and Decision, 2010, 25(12): 1875-1879.)
- [17] Zhang Y, Fan Z P, Liu Y. A method based on stochastic dominance degrees for stochastic multiple criteria decision making[J]. Computers & Industrial Engineering, 2010, 58(4): 544-552.

(责任编辑: 齐 霖)