基于相对优势的多属性风险决策方法

张　搏， 刘付显， 张明亮
(空军工程大学防空反导学院,西安,710051)

摘要　针对一类多属性风险决策问题,提出一种基于相对优势的方案排序方法。方案之间的优劣关系是方案前景取值和风险 2 个因素共同作用的结果,因此引入信息熵和标准差作为前景的风险度量,并基于方案之间关于前景期望和风险度量的差异提出相对优势的概念来描述方案之间的优劣程度,根据综合相对优势矩阵可得到决策方案最终的权重向量。算例证明了所提方法的有效性。

关键词　多属性风险决策;风险度量;相对优势

DOI　10.3969/j.issn.1009-3516.2015.05.021

中图分类号　N94;O23　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1009-3516(2015)05-0088-05

A Relative Superiority-based Method of Multi-attribute Risk Decision Making

ZHANG Bo, LIU Fuxian, ZHANG Mingliang
(Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: A relative superiority-based alternatives ranking method is proposed to solve the type of multi-attribute risk decision making problem. The comparison between two alternatives derives from the jointly function of prospects' gains/losses and risk, so the information entropy and standard deviation are introduced and taken as the risk measurements for the prospect, then the concept of relative superiority based on the difference of expected utility and risk measurements between the two alternatives is proposed to depict the relative superiority degree. And the weight vector and preference rank of all the alternatives can surface from the matrix of comprehensively relative superiority. The cases show that the proposed method is effective.

Key words: multi-attribute risk decision making; relative superiority; risk measurements

风险决策是决策理论中最为重要的一类问题,经典期望效用理论及非期望效用理论等都属于这一理论范畴,有大量的学者对该领域问题进行了深入的研究[1-3]。在风险决策理论和方法中[4-6],不同决策准则实际上反映了决策者面对问题时的态度和视角,例如 Bayes 准则反映了决策者追求方案前景的期望效用(价值)最大化,而 E-V 准则反映了决策者对前景的取值和风险 2 个因素的综合考虑,并将前景取值的标准差作为风险度量。对本文所提出的风险型决策问题,风险由前景效用(价值)及其概率分布共同组成,概率分布的不确定程度越小,可认为决策的风险越小,这里用信息熵和标准差共同度量决

收稿日期:2014-11-06
作者简介:张　搏(1987—),男,河南灵宝人,博士生,主要从事防空反导作战决策分析研究.E-mail:dreamland_0628@163.com

引用格式:*张搏,刘付显,张明亮. 基于相对优势的多属性风险决策方法[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(5):88-92. ZHANG Bo, LIU Fuxian, ZHANG Mingliang. A Relative Superiority-based Method of Multi-attribute Risk Decision Making[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(5):88-92.*

策方案的风险。基于方案前景效用和风险度量概念，本文引入相对优势刻画方案之间的优劣程度，并根据相对优势矩阵及其良好性质计算决策方案的权重向量，得到一种新的多属性风险决策方法。

1　问题描述

用 S 表示自然状态的有限集合，S 的子集称为事件；A 为行动集（方案集）；X 为结果集，也称为事件的输出。不确定前景 f_i 为特定行动 A_i 下从状态集到结果集的函数，即为每个状态 $\theta_k \in S$ 赋值 $f_i(\theta_k)=x_{ik}$，那么前景 f_i 可表示为有序对 (x_{ik}, G_{ik})，说明在行动 A_i 下，若 G_{ik}（G_{ik} 为状态集 S 的划分）发生，则会产生结果 x_{ij}。考虑到实际中方案的执行是一个复杂的过程，因此不同方案在执行时可能对应着不同的状态划分。在效用公理体系[7]中，个体对前景之间的偏好关系用 $\{\succ, \sim\}$ 进行描述，$\succ$ 表示优先关系，$\sim$ 表示相似关系。通过建立实值函数 $V: F \rightarrow \mathbb{R}$，任意前景 f_i 都有其价值 $V(f_i)$，当且仅当 $V(f_i) > V(f_j)$ 时，有前景 $f_i \succ f_j$。若前景 $f_i=(x_{ik}, G_{ik})$ 由概率进行刻画（即 $p(G_{ik})=p_{ik}$），那么其为一个概率或风险前景 $f_i=(x_{ik}, G_{ik})$。

考虑一类包含风险前景的多属性决策问题。其备选的可能行动方案构成方案集记为 $A=\{a_i, i=1,2,\cdots,m\}$，$a_i$ 表示第 i 个备选方案；$C=\{c_j, j=1,2,\cdots,n\}$ 表示决策问题的属性（准则）集合，c_j 表示第 j 个属性，各属性间相互独立，且其权重向量为 $\omega=\{\omega_1,\omega_2,\cdots,\omega_n\}$，满足 $\sum_{j=1}^{n}\omega_j=1, \omega_j \geq 0$。方案 a_i 与属性 c_j 对应的可能结果用前景 f_{ij}^0 表示，那么行动方案 a_i 的前景可表示为 $f_i^0=(f_{i1}^0, f_{i2}^0, \cdots, f_{in}^0)$，其中 $f_{ij}^0=(x_{ij}^{01}, p_{ij}^1; \cdots; x_{ij}^{0h_{ij}}, p_{ij}^{h_{ij}})$，表示方案 a_i 执行后在属性 c_j 上可能造成 h_{ij} 种结果，$x_{ij}^{0k}(1 \le k \le h_{ij})$ 表示行动方案 a_i 在属性 c_j 下的原始收益/损失值，$p_{ij}^k(1 \le k \le h_{ij})$ 为相应的概率，且 $\sum_{k=1}^{h_{ij}} p_{ij}^k=1$。将方案集 A 对应前景的全体集合记为 $\Psi=\{f_1^0, f_2^0, \cdots, f_n^0\}$，那么原始的决策前景矩阵 $\boldsymbol{F}_0$ 可表示为：

$$\boldsymbol{F}_0=\begin{array}{c} \\ a_1 \\ \vdots \\ a_i \\ \vdots \\ a_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} f_{11}^0 & f_{12}^0 & \cdots & f_{1n}^0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{i1}^0 & f_{i2}^0 & \cdots & f_{in}^0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{m1}^0 & f_{m2}^0 & \cdots & f_{mn}^0 \end{bmatrix} \end{array} \tag{1}$$

属性集 C 可能同时包含有效益型和成本型属性，根据文献[8]中方法对方案集 A 相应的收益/损失值进行规范化得到矩阵 $\boldsymbol{F}=(f_{ij})_{m\times n}$，其中 $f_{ij}=(x_{ij}^1, p_{ij}^1; \cdots; x_{ij}^{h_{ij}}, p_{ij}^{h_{ij}})$。

那么方案 a_i 在属性 c_j 下的可能取值可视为一随机变量 X_{ij}，X_{ij} 的可能取值为 $\{x_{ij}^1, \cdots, x_{ij}^{h_{ij}}\}$，事件 $\{X_{ij}=x_{ij}^k\}$ 的概率为 p_{ij}^k，$\sum_{k=1}^{h_{ij}} p_{ij}^k=1$。

2　基本概念

2.1　效用度量

期望效用能够反映决策方案可能取值的平均水平，根据各方案在各属性下的期望效用可得期望效用矩阵。

定义 1　期望效用矩阵 $\boldsymbol{EU}=[EU_{ij}]_{m\times n}$，其中 $\boldsymbol{EU}_{ij}=\sum_{k=1}^{h_{ij}} u(x_{ij}^k)\cdot p_{ij}^k$，$u(x_{ij}^k)$ 为效用函数。

2.2　风险度量

人们在决策时不仅会关注期望效用，还会尽量选择那些风险程度较低的方案进行实施，因此风险度量是方案选择的主要因素之一。

2.2.1　信息熵。

信息熵 $H_p(f_{ij})$ 用于反映方案前景的随机程度和平均不确定度，简写为 H_{ij}^p，信息熵的计算公式为[9-10]：

$$H_p(f_{ij})=-\sum_{k=1}^{h_{ij}} p_{ij}^k \log_2 p_{ij}^k \tag{2}$$

那么可得到前景集 Ψ 的信息熵矩阵 $\boldsymbol{En}_p=[H_{ij}^p]_{m\times n}$。

2.2.2　标准差。

除概率风险外，前景 f_{ij} 收益 / 损失值的离散程度也能反映前景的风险程度。风险决策理论的 E-V 准则兼顾损失期望和风险因素，并将标准差作为风险因素的度量。标准差反映了随机变量取值的离散程度，用标准差 $\sigma(X_{ij})$ 刻画前景取值的风险。

$$\sigma(X_{ij})=\sqrt{D(X_{ij})}=\sqrt{E(X_{ij}^2)-[E(X_{ij})]^2} \tag{3}$$

将 $\sigma(X_{ij})$ 简写为 σ_{ij}，前景收益/损失的标准差矩阵 $\boldsymbol{\Delta}=[\sigma_{ij}]_{m\times n}$。

3　基于相对优势的多属性风险决策方法

3.1　相对优势

定义 2　相对优势 $RS_{r\rightarrow s}^j$ 表示关于属性 c_j 方案

a_r 相对于 a_s 在收益均值和风险上的的综合优势。用 $\Delta E_{r\to s}^j = EU_{rj} - EU_{sj}$ 表示两方案关于属性 c_j 前景的期望差,用 $\Delta H_{r\to s}^{pj} = H_{rj}^p - H_{sj}^p$ 表示两方案关于属性 c_j 前景的信息熵差,用 $\Delta\sigma_{r\to s}^j = \sigma_{rj} - \sigma_{sj}$ 表示两方案关于属性 c_j 前景收益(损失)值的偏离程度差,那么关于属性 c_j 方案 a_r 相对于 a_s 的优势 $RS_{r\to s}^j$ 可表示为:

$$RS_{r\to s}^j = \alpha^{-\Delta E_{r\to s}^j} \cdot \beta^{\Delta H_{r\to s}^{pj}} \cdot \gamma^{\Delta\sigma_{r\to s}^j} \tag{4}$$

式中:$\alpha+\beta+\gamma=1$,$0\leqslant\alpha,\beta,\gamma\leqslant 1$ 分别表示决策者对前景取值期望、概率风险、取值风险的重视程度。易知 $RS_{r\to s}^j > 0$,且 $RS_{r\to s}^j \cdot RS_{s\to r}^j = 1$。

当 $\Delta E_{r\to s}^j > 0$ 时,$\alpha^{-\Delta E_{r\to s}^j} > 1$,称关于属性 c_j 前景 f_{rj} 期望效用占优于 f_{sj};当 $\Delta H_{r\to s}^{pj} < 0$ 时,$\beta^{\Delta H_{r\to s}^{pj}} > 1$,称关于属性 c_j 前景 f_{rj} 概率占优于 f_{sj};当 $\Delta\sigma_{r\to s}^j < 0$ 时,$\gamma^{\Delta\sigma_{r\to s}^j} > 1$,称关于属性 c_j 前景 f_{rj} 离散程度占优于 f_{sj}。

已知属性权重向量为 $\boldsymbol{\omega} = \{\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n\}$,$\sum_{j=1}^{n}\omega_j = 1$。那么方案 a_r 相对于 a_s 的综合相对优势 $RS_{r\to s}$ 表示为:

$$RS_{r\to s} = \prod_{j=1}^{n} (RS_{r\to s}^j)^{\omega_j} \tag{5}$$

3.2 相对优势关系性质

由式(4)、(5)知,$RS_{r\to s}$ 为定义在 Ψ 上的实值函数,并与前景之间的偏好关系{ $\succ$, $\sim$ } 一致。当 $RS_{r\to s}$,称方案 a_r 占优于 a_s,记为 $a_r \succ a_s$;当 $RS_{r\to s} = 1$,称方案 a_r 与 a_s 无差异,记为 $a_r \sim a_s$;当 $RS_{r\to s} < 1$,称方案 a_r 占优于 a_s,记为 $a_s \succ a_r$。建立在 $RS_{i\to i'}$ 基础上的偏好关系具有如下性质:

性质 1(连通性) 对于 $\forall\ a_r, a_s \in A$,必有 $a_r \succ a_s$ 或 $a_r \sim a_s$。

性质 2(传递性) 对于方案 $a_r, a_s, a_t \in A$,若 $a_r \succ a_s$,$a_s \succ a_t$,那么有 $a_r \succ a_t$。

证明:根据相对优势的定义及式(4)、(5),有

$$\begin{aligned}
RS_{r\to t}^j &= \alpha^{-(EU_{rj}-EU_{tj})} \cdot \beta^{(H_{rj}^p - H_{tj}^p)} \cdot \gamma^{(\sigma_{rj}-\sigma_{tj})} = \\
&\alpha^{-(EU_{rj}-EU_{sj}+EU_{sj}-EU_{tj})} \cdot \beta^{(H_{rj}^p - H_{sj}^p + H_{sj}^p - H_{tj}^p)} \cdot \\
&\gamma^{(\sigma_{rj}-\sigma_{sj}+\sigma_{sj}-\sigma_{tj})} = \\
&(\alpha^{-\Delta E_{r\to s}^j} \cdot \beta^{\Delta H_{r\to s}^{pj}} \cdot \gamma^{\Delta\sigma_{r\to s}^j}) \cdot (\alpha^{-\Delta E_{s\to t}^j} \cdot \beta^{\Delta H_{s\to t}^j} \cdot \gamma^{\Delta\sigma_{s\to t}^j}) = \\
&RS_{r\to s}^j \cdot RS_{s\to t}^j
\end{aligned} \tag{6}$$

那么,

$$\begin{aligned}
RS_{r\to t} &= \prod_{j=1}^{n} (RS_{r\to t}^j)^{\omega_j} = \\
&\prod_{j=1}^{n} (RS_{r\to s}^j \cdot RS_{s\to t}^j)^{\omega_j} = \\
&\prod_{j=1}^{n} (RS_{r\to s}^j)^{\omega_j} \prod_{j=1}^{n} (RS_{s\to t}^j)^{\omega_j} = \\
&RS_{r\to s} \cdot RS_{s\to t}
\end{aligned} \tag{7}$$

又由于 $a_r \succ a_s$,$a_s \succ a_t$,所以 $RS_{r\to s} > 1$,$RS_{s\to t} > 1$,则 $RS_{r\to t} = RS_{r\to s} \cdot RS_{s\to t} > 1$,即 $a_r \succ a_t$。(证毕)

性质 3 对于方案 $a_r, a_s, a_t \in A$,若 $a_r \sim a_s$,$a_s \sim a_t$,那么有 $a_r \sim a_s$。

证明:过程同**性质 2**,此处略。

3.3 方案排序

根据式(6)、(7),依次计算方案 a_1 相对于其他方案的综合相对优势 $\{RS_{1\to i}, i=2,3,\cdots,m\}$,那么,由式(7)可得到任意 2 个方案之间的综合相对优势,并形成如下综合相对优势矩阵 $\boldsymbol{RS}$。

$$\boldsymbol{RS} = \begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccc} a_1 & a_2 & \cdots & a_m \end{array} \\
\begin{bmatrix}
1 & RS_{1\to 2} & \cdots & RS_{1\to m} \\
\dfrac{1}{RS_{1\to 2}} & 1 & \cdots & RS_{2\to m} \\
\vdots & \vdots & & \vdots \\
\dfrac{1}{RS_{1\to m}} & \dfrac{1}{RS_{2\to m}} & \cdots & 1
\end{bmatrix}
\end{array} \tag{8}$$

依据矩阵 $\boldsymbol{RS}$ 及方案间无差异性,将方案集 A 进行约简得到 $\{\widehat{A_{r1}}, \widehat{A_{r2}}, \cdots, \widehat{A_{rk}}\}$,其中,$\widehat{A_{ri}} = \{A_j \mid RS_{ri\to j} = 1, j=1,2,\cdots,m\}$。那么经过约简的 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ 为:

$$\widehat{\boldsymbol{RS}} = \begin{array}{c} \\ \widehat{A_{r1}} \\ \widehat{A_{r2}} \\ \vdots \\ \widehat{A_{rk}} \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccc} \widehat{A_{r1}} & \widehat{A_{r2}} & \cdots & \widehat{A_{rk}} \end{array} \\
\begin{bmatrix}
1 & RS_{r1\to r2} & \cdots & RS_{r1\to rk} \\
\dfrac{1}{RS_{r1\to r2}} & 1 & \cdots & RS_{r2\to rk} \\
\vdots & \vdots & & \vdots \\
\dfrac{1}{RS_{r1\to rk}} & \dfrac{1}{RS_{r2\to rk}} & \cdots & 1
\end{bmatrix}
\end{array} \tag{9}$$

易知,$\boldsymbol{RS}$ 及 $\widehat{RS}$ 俱为互反矩阵,且具有完全一致性,称 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ 为判断矩阵,接下来根据方根法计算方案权重。

判断矩阵 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ 每行所有元素的几何平均值为

$$\bar{w}_i = \sqrt[rk]{\prod_{j=1}^{rk} \widehat{RS}_{ij}},\ i=1,2,\cdots,r_k \tag{10}$$

式中:$\widehat{RS}_{ij}$ 表示 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ 中的元素,得到 $\bar{w} = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \cdots, \bar{w}_{rk})$。

将 $\bar{w}$ 归一化可得到 $\{\widehat{A_{r1}}, \widehat{A_{r2}}, \cdots, \widehat{A_{rk}}\}$ 中各方案的权重 $w = (w_1, w_2, \cdots, w_{rk})$。

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^{rk} \bar{w}_i} \tag{11}$$

综上,基于相对优势的风险型多属性决策方法

步骤为：

Step1　确定原始的决策前景矩阵 $\boldsymbol{F}_0$ 并进行规范化得到 F；

Step2　分别计算期望效用矩阵 $\boldsymbol{EU}$、前景集 $\boldsymbol{\Psi}$ 的信息熵矩阵 $\boldsymbol{En}_p$ 和标准差矩阵 $\boldsymbol{\Delta}$ ；

Step3　根据式(4)～(6)，计算方案 a_1 与其他方案之间的相对优势，其余方案之间的相对优势可依据式(7)进行求解，得到综合相对优势矩阵 $\boldsymbol{RS}$；

Step4　对 RS 进行约简得到 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ ；

Step5　根据式(10)、(11)计算 $\widehat{\boldsymbol{RS}}$ 中各方案的权重，从而得到全部方案的排序结果。

4　算例分析

以文献[5]算例中提供的关于金属矿产开发项目数据为基础，用提出的基于相对优势和主观相对优势的风险决策方法对问题进行求解。见表 1，该决策问题的决策准则集为{资源禀赋，技术风险，投资环境，环境影响，财务风险，勘探风险}，其权重向量为(0.21，0.18，0.19，0.12，0.18，0.12)；方案集为 $\{a_1, a_2, a_3\}$，各方案在各准则上的实施前景已知。

表 1　金属矿产开发项目原始决策前景

Tab.1　The original decision making prospects of the metal mineral development project

	资源禀赋	技术风险	投资环境	环境影响	财务风险	勘探风险
a_1	(0.12，10%；0.56，20%；1.0，70%)	(0.0，20%；0.52，42%；0.83，38%)	(0.22，15%；0.67，45%；0.95，40%)	(0.25，25%；0.64，35%；1.0，40%)	(0.32，20%；0.76，40%；1.0，40%)	(0.0，40%；0.45，35%；0.78，25%)
a_2	(0.0，20%；0.63，45%；0.91，35%)	(0.21，15%；0.66，30%；1.0，55%)	(0.0，24%；0.56，56%；0.86，20%)	(0.0，10%；0.53，40%；1.0，50%)	(0.0，10%；0.61，54%；0.92，36%)	(0.3，10%；0.71，39%；1.0，51%)
a_3	(0.24，25%；0.75，45%；1.0，30%)	(0.12，15%；0.55，45%；0.93，40%)	(0.31，10%；0.74，40%；1.0，50%)	(0.0，30%；0.46，45%；0.85，25%)	(0.1，25%；0.75，45%；0.86，30%)	(0.18，20%；0.67，55%；0.92，25%)

注：表 1 中数据已经过标准化处理。

假设决策者风险偏好中立，即效用函数为 $u(x)=x$ ，利用前文总结的基于相对优势的多属性风险决策方法步骤对上述问题进行求解，其具体过程为：

Step1　根据原始数据获得决策前景矩阵 $\boldsymbol{F}$ 并进行规范化(已处理)；

Step2　分别计算 $\boldsymbol{EU}$、$\boldsymbol{En}_p$、$\boldsymbol{\Delta}$ 得到：

$$\boldsymbol{EU}=\begin{bmatrix}0.824\,0 & 0.533\,8 & 0.714\,5 & 0.686\,5 & 0.768\,0 & 0.352\,5\\ 0.602\,0 & 0.779\,5 & 0.485\,6 & 0.712\,0 & 0.660\,6 & 0.816\,9\\ 0.697\,5 & 0.637\,5 & 0.827\,0 & 0.419\,5 & 0.620\,5 & 0.634\,5\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{En}_p=\begin{bmatrix}1.156\,8 & 1.520\,5 & 1.457\,7 & 1.558\,9 & 1.521\,9 & 1.558\,9\\ 1.512\,9 & 1.406\,0 & 1.427\,0 & 1.361\,0 & 1.342\,9 & 1.357\,4\\ 1.539\,5 & 1.457\,7 & 1.361\,0 & 1.539\,5 & 1.539\,5 & 1.438\,8\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\Delta}=\begin{bmatrix}0.291\,9 & 0.300\,7 & 0.244\,4 & 0.296\,1 & 0.248\,4 & 0.314\,2\\ 0.325\,6 & 0.282\,3 & 0.296\,2 & 0.324\,7 & 0.263\,1 & 0.219\,7\\ 0.2846 & 0.279\,0 & 0.211\,5 & 0.316\,0 & 0.304\,1 & 0.249\,8\end{bmatrix}$$

Step3　计算综合相对优势矩阵；

根据式(6)、(7)，可计算得到该例中方案之间的综合相对优势矩阵为：

$$\boldsymbol{RS}=\begin{bmatrix}1.000\,0 & 0.981\,4 & 1.046\,5\\ 1.018\,9 & 1.000\,0 & 1.066\,3\\ 0.955\,6 & 0.937\,8 & 1.000\,0\end{bmatrix}$$

易知在 3 个方案中都没有无差异方案。可直接进入 **Step4**。

Step4　计算方案权重，进行优先排序；

根据式(10)、(11)计算得到方案的权重向量见表 2。上述的结果是在 $\alpha=\beta=\gamma$ 时取得的，下面将 α、β、γ 取典型值时的决策结果一同列出以便于分析比较。

表 2　不同 α、β、γ 设置情形下方案的权重向量及排序结果

Tab.2　The alternatives weight vector and decision results under thd diffevent settings of parameters α、β、γ

	a_1	a_2	a_3	排序结果
$\alpha=\beta=\gamma$	0.336 2	0.342 6	0.321 4	$A_2 \succ A_1 \succ A_3$
α=0.6，β=0.2，γ=0.2	0.335 3	0.347 1	0.317 6	$A_2 \succ A_1 \succ A_3$
α=0.2，β=0.6，γ=0.2	0.337 0	0.334 5	0.328 4	$A_1 \succ A_2 \succ A_3$
α=0.2，β=0.2，γ=0.6	0.337 2	0.349 8	0.313 0	$A_2 \succ A_1 \succ A_3$

文献[5]中基于期望效用理论的计算结果为 $a_1 \succ a_2 \succ a_3$，与本例中的 $\alpha=\beta=\gamma$，$\alpha=0.2$、$\beta=0.6$、$\gamma=0.2$ 2 种情况的结果一致。但当 α、β、γ 发生变化时，其决策结果明显发生改变，反映出决策者关注问题视角的不同对决策结果的重要影响。

5 结语

针对一类多属性风险决策问题,本文提出了一种基于相对优势的决策方法。为兼顾方案前景取值和风险2个因素,引入了信息熵和标准差作为前景的风险度量,并基于方案之间关于前景期望和风险度量的差异提出相对优势的概念来描述方案之间的优劣程度,并综合了决策者对问题关注视角的不同。利用综合相对优势矩阵及其良好性质得到了决策方案最终的权重向量。算例证明了文中所提方法的有效性。

参考文献(References):

[1] Schmidt U, Starmer C, Sugden R. Third-generation prospect theory[J].Journal of Risk and Uncertainty, 2008,36(3): 203-223.

[2] Chris Starmer. Developments in Non-Expected Utility Theory: The Hunt for a Descriptive Theory of Choice under Risk[J]. Journal of Economic Literature, 2000, 38(2):332-382.

[3] Sun Bingzhen, Ma Weimin, Zhao Haiyan. A Fuzzy Rough Set Approach to Emergency Material Demand Prediction Over two Universes[J]. Applied Mathematical Modeling, 2013, 37(10-11):7062-7070.

[4] Risto Lahdelma, Pekka Salminen. Prospect Theory and Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis [J]. Omega, 2009, 37(5):961-971.

[5] 胡军华,周艺文.基于前景理论的多准则决策方法[C]//中国控制与决策会议论文集(2).2009:2930-2934.
HU Junhua, ZHOU Yiwen. Prospect Theory Based Multi-criteria Decision Making Method[J]. Chinese Control and Decision Conference (CCDC 2009).2009, 2930-2934.(in Chinese)

[6] 马健,孙秀霞,郭创. 基于风险-效益比和前景理论的风险性多属性决策方法[J].系统工程与电子技术, 2011,33(11):2434-2439.
MA Jian, SUN Xiuxia, GUO Chuang. Method of Risk Multiple Attribute Decision Making Based on Risk-Gain Ratio and Prospect theory[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(11):2434-2439. (in Chinese)

[7] 潘寒尽,张多林,方冬进,等.模糊聚类与信息熵综合评价法在防空 C^3I 系统中的应用[J].空军工程大学学报:自然科学版,2006,7(5):19-21.
PAN Hanjin, ZJANG Duolin, FANG Dongjin, et al. The Application of Synthetical Evaluation Based on Fuzzy Clustering and Information Entropy to the Effective Evaluation of Antiaircraft System[J]. Journal of air Force Engineering University: Natural Science Edition,2006, 7(5):19-21.(in Chinese)

[8] 岳超源.决策理论与方法[M].北京:科学出版社, 2003.
YUE Chaoyuan. Decision Making Theory and Method[M]. Beijing: Science Press, 2003.(in Chinese)

[9] 徐泽水.不确定多属性决策方法及应用[M].北京:清华大学出版社,2004.
XU Zeshui. Uncertain Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications[M].Beijing: Tsinghua University Press, 2004.(in Chinese)

[10] 刘立柱.概率与模糊信息论及其应用[M].北京:国防工业出版社,2004.
LIU Lizhu. Probability and Fuzzy Information Theory and Its Application[M].Beijing:National Denfense Industry Press, 2004.(in Chinese)

(编辑:徐楠楠)