第 28 卷 第 11 期
Vol. 28 No. 11

控 制 与 决 策
Control and Decision

2013 年 11 月
Nov. 2013

文章编号: 1001-0920 (2013) 11-1756-05

一类考虑阶段赋权的多阶段三端点区间数型群决策方法

卢志平[1,2], 侯利强[1], 陆成裕[1,2]

(1. 合肥工业大学 管理学院，合肥 230009；2. 广西工学院 管理系，广西 柳州 545006)

摘 要: 基于区间数相离度理论和熵值理论, 探讨了一类多阶段多属性三端点区间数型群决策中的动态属性权重、动态专家权重和阶段权重问题, 提出了多阶段属性权重确定方法和阶段内专家权重的计算方法. 计算出属性权重、阶段内专家权重和阶段权重, 并利用区间数贴近度方法生成最终的群决策方案排序. 应用实例分析结果表明, 所提出的决策方法具有较好的可行性和合理性.

关键词: 多阶段群决策；三端点区间数；阶段赋权；相离度

中图分类号: C934 **文献标志码:** A

Multi-stage three-endpoint group decision-making method considered stage weight

LU Zhi-ping[1,2], *HOU Li-qiang*[1], *LU Cheng-yu*[1,2]

(1. School of Management，Hefei University of Technology，Hefei 230009，China；2. School of Management，Guangxi University of Technology，Liuzhou 545006，China．Correspondent：LU Zhi-ping，E-mail：hfutlu@163.com)

Abstract: The problems about dynamic weights of attributes and experts, and stage weight in multi-stage and multi-attributes group decision-making are discussed based on the theory about the distance degree of interval numbers and entropy values. It is described how to confirm the weights of multi-attributes, expert' weights in single stages and stage weight based on decision preference of stages, and then the ultima choice is given. A numerical example shows the feasibility and practicability of the proposed algorithm.

Key words: multi-stage group decision-making；three-endpoint interval number；stage weight；distance degree

0 引 言

多属性群决策问题是一种在若干规则下对有限多属性决策方案进行排序选优的过程, 相关文献的研究出发点较多. 文献 [1] 探讨了不确定环境下的决策建模和选优问题. 文献 [2] 研究了 OWA 集结算子下多属性群决策最优方案选择问题. 文献 [3] 从群体一致性的角度详细研究了混合多属性群决策的方法. 文献 [4] 针对多属性群决策过程中权重自适应问题提出了一个调整的方法. 文献 [5] 针对多阶段群决策评价信息的集结问题提出了一种密度算法. 文献 [6] 研究了区间数型群决策矩阵的专家权重确定方法. 虽然以上成果应用效果较好, 但对于多阶段群决策过程中属性和专家的动态权重问题均未同时考虑到, 与多阶段动态权重的决策过程仍有一定的现实差距.

基于此, 本文提出考虑阶段赋权的多阶段属性权重和专家权重均为动态的三端点区间数型群决策方法. 首先利用区间数相离度和熵权理论将专家决策矩阵进行集结, 得出多阶段属性综合权重; 然后拟合出单一阶段的专家权重, 利用阶段决策偏好集结出阶段权重; 最后基于贴近度理论, 生成最终方案排序.

1 预备知识

定义 1 某类区间数采用 3 个参数进行表示, 记为 $a=[a^L,a^M,a^U]$, 称 a 为三端点区间数[7]. 其中: a^L, a^U 为该区间数的上、下限值; a^M 为区间数的重心, 代表倾向上下限的程度.

定义 2 设 $a=[a^L,a^M,a^U]$, $b=[b^L,b^M,b^U]$ 为任意正闭区间数, Δa, Δb 分别为 a, b 的区间幅度. 令

$$D(a,b)=(\|a-b\|)/(\Delta a+\Delta b)=\frac{\sqrt{(a^L-b^L)^2+(a^M-b^M)^2+(a^U-b^U)^2}}{(a^U-a^L)+|a^M-b^M|+(b^U-b^L)},\tag{1}$$

收稿日期: 2012-07-31；修回日期: 2013-01-01.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71071045, 71001032)；教育部博士点基金项目(200803590007).

作者简介: 卢志平(1977−), 男, 副教授, 博士生, 从事决策科学及其应用的研究；侯利强(1984−), 男, 博士生, 从事决策科学及其应用的研究.

称 $D(a,b)$ 为区间数 a, b 的相离度. $D(a,b)$ 越大, 区间数 a, b 相离的程度越大.

定义 3　设

$$\bar{A}=([a_1^L,a_1^M,a_1^U],[a_2^L,a_2^M,a_2^U],\cdots,[a_n^L,a_n^M,a_n^U]),$$

$$\bar{B}=([b_1^L,b_1^M,b_1^U],[b_2^L,b_2^M,b_2^U],\cdots,[b_n^L,b_n^M,b_n^U])$$

为两个正闭区间数型向量, 令

$$D(\bar{A},\bar{B})=\sum_{i=1}^{n}\Big(\frac{\sqrt{(a_i^L-b_i^L)^2+(a_i^M-b_i^M)^2+(a_i^U-b_i^U)^2}}{(a_i^U-a_i^L)+|a_i^M-b_i^M|+(b_i^U-b_i^L)}\Big),\tag{2}$$

称 $D(\bar{A},\bar{B})$ 为区间数型向量 $\bar{A}, \bar{B}$ 的相离度.

定义 4　设 $A=(a_{ij})_{m\times n}=([a_{ij}^L,a_{ij}^M,a_{ij}^U])_{m\times n}$ 和 $B=(b_{ij})_{m\times n}=([b_{ij}^L,b_{ij}^M,b_{ij}^U])_{m\times n}$ 为任意两个正闭区间数型矩阵, 令

$$D(A,B)=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\Big(\frac{\sqrt{(a_{ij}^L-b_{ij}^L)^2+(a_{ij}^M-b_{ij}^M)^2+(a_{ij}^U-b_{ij}^U)^2}}{(a_{ij}^U-a_{ij}^L)+|a_{ij}^M-b_{ij}^M|+(b_{ij}^U-b_{ij}^L)}\Big),\tag{3}$$

称 $D(A,B)$ 为区间数型矩阵 A, B 的相离度. $D(A,B)$ 越大, 区间数 A, B 相离的程度越大.

定义 5　设

$$\bar{A}=([a_1^L,a_1^M,a_1^U],[a_2^L,a_2^M,a_2^U],\cdots,[a_n^L,a_n^M,a_n^U]),$$

$$\bar{B}=([b_1^L,b_1^M,b_1^U],[b_2^L,b_2^M,b_2^U],\cdots,[b_n^L,b_n^M,b_n^U])$$

为两个正闭区间数型向量, $D(\bar{A},\bar{B})$ 为这两个区间数型向量的相离度, 则称

$$T(\bar{A},\bar{B})=\frac{|1-D(\bar{A},\bar{B})|}{1+D(\bar{A},\bar{B})}\tag{4}$$

为区间数型向量 $\bar{A}, \bar{B}$ 的贴近度.

定义 6　设 $a=[a^L,a^M,a^U]$ 为三端点区间数, $\lambda\in[0,1]$, q 为影响因子, 则区间数的期望值[7]为

$$E(a)=\int_0^1 A(a\lambda)f(\lambda)\mathrm{d}\lambda\Big/\int_0^1 f(\lambda)\mathrm{d}\lambda=\{(q+1)a^M+0.5(a^L+a^U)\}/(q+2).\tag{5}$$

其中: $a\lambda=\{x|f_a(x)\leqslant\lambda,x\in a\}$ 为 a 的 λ 截集, $A(a\lambda)$ 为 $a\lambda$ 的平均值, $f(\lambda)$ 为 $[0,1]\sim[0,1]$ 的映射. 显然, 对于任意一个三端点区间数 $a=[a^L,a^M,a^U]$, 存在

$$A(a\lambda)=\frac{1}{2}[(a^M-a^L)\lambda+a^L]+\frac{1}{2}[(a^M-a^U)\lambda+a^U].\tag{6}$$

为了满足 $f(\lambda)$ 的映射关系, 令 $f(\lambda)=\lambda^q$, q 为决策影响因子, 将 $f(\lambda)=\lambda^q$ 和式 (6) 代入 (5) 可得

$$E(a)=\frac{(q+1)a^M+0.5(a^L+a^U)}{q+2}.$$

决策者选取不同的影响因子 q 取值, 三端点区间数的期望值则不同, 体现出交互过程的动态性.

定义 7　令三端点区间数正理想解为 A^+, 三端点区间数负理想解为 A^-. 若 J^1 表示效益型指标, J^2 表示成本型指标, 则 A^+ 和 A^- 满足

$$A^+=\{[t_1^L,t_1^M,t_1^U],[t_2^L,t_2^M,t_2^U],\cdots,[t_m^L,t_m^M,t_m^U]\},\tag{7}$$

$$A^-=\{[s_1^L,s_1^M,s_1^U],[s_2^L,s_2^M,s_2^U],\cdots,[s_m^L,s_m^M,s_m^U]\}.\tag{8}$$

其中

$$[t_m^L,t_m^M,t_m^U]=\begin{cases}\max\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\{b_{ij}^L,b_{ij}^M,b_{ij}^U\},\ j\in J^1;\\ \min\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\{b_{ij}^L,b_{ij}^M,b_{ij}^U\},\ j\in J^2;\end{cases}$$

$$[s_m^L,s_m^M,s_m^U]=\begin{cases}\min\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\{b_{ij}^L,b_{ij}^M,b_{ij}^U\},\ j\in J^1;\\ \max\limits_{1\leqslant i\leqslant n}\{b_{ij}^L,b_{ij}^M,b_{ij}^U\},\ j\in J^2;\end{cases}$$

$$j=1,2,\cdots,m.$$

定义 8　令方案 $u_i(i=1,2,\cdots,n)$ 到正理想解 A^+ 的距离为 d_i^+, 到负理想解 A^- 的距离为 d_i^-, 则

$$d_i^+=d(u_i,A^+)=\sqrt{(d_{i1}^+)^2+(d_{i2}^+)^2+\cdots+(d_{im}^+)^2},$$

$$d_i^-=d(u_i,A^-)=\sqrt{(d_{i1}^-)^2+(d_{i2}^-)^2+\cdots+(d_{im}^-)^2},$$

$$i=1,2,\cdots,n.\tag{9}$$

其中

$$d_{ij}^+=\max\{|b_{ij}^L-t_j^L|,|b_{ij}^M-t_j^M|,|b_{ij}^U-t_j^U|\},$$

$$d_{ij}^-=\max\{|b_{ij}^L-s_j^L|,|b_{ij}^M-s_j^M|,|b_{ij}^U-s_j^U|\},$$

$$j=1,2,\cdots,m.$$

2　考虑阶段赋权的多阶段群决策模型

2.1　决策问题描述

对于某三端点区间数型多阶段多属性群决策问题, 设 K 个决策专家 $G=\{d_1,d_2,\cdots,d_k\}$ 对 m 个备选方案 $P=\{p_1,p_2,\cdots,p_m\}$ 进行 T 个阶段的多次交互群决策, 每个备选方案均有 n 个属性. 决策专家 k 在第 t 阶段对第 i 个备选方案 p_i 的第 j 个属性 C_j 给出一个区间数判断矩阵

$$A^{kt}=(a_{ij}^{kt})_{m\times n}=([a_{ij}^{ktL},a_{ij}^{ktM},a_{ij}^{ktU}])_{m\times n}.$$

其中: $t=1,2,\cdots,T$; $k=1,2,\cdots,K$; $i=1,2,\cdots,m$; $j=1,2,\cdots,n$. 根据以上决策信息进行群决策.

2.2　算法步骤

Step 1: 根据式 (1) 将判断矩阵 $A^{kt}=(a_{ij}^{kt})_{m\times n}$ 转化为相离度矩阵 $B^{kt}=(b_{ij}^{kt})_{m\times n}=(a_{ij}^{kt}-a_{ij}^{*})_{m\times n}$, 其中 $a_{ij}^{*}=[a_{ij}^{*L},a_{ij}^{*M},a_{ij}^{*U}]$ 为该属性的理想值, 由定义 5 可得.

Step 2: 根据熵值理论得出单阶段每个属性的熵值

$$e_j^{kt} = -\sum_{i=1}^{m} \bar{b}_{ij}^{kt} \log_2 \bar{b}_{ij}^{kt} \Big/ \log_2 m.$$

对该熵值矩阵列求和, 归一化后作为阶段内属性熵权 w_j^{kt}.

采用算术平均算子对单阶段多专家属性熵权矩阵 $W_A^t = (w_j^{kt})_{m\times K}$ 计算并归一化, 得出单阶段多专家的属性综合权重 $W_A^{t*} = (w_A^{tj*})_{1\times n}$, 其中 $w_A^{tj*} = \sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} w_j^{kt}}$. 采用算术平均算子对属性熵权矩阵 $W_A = (w_A^{tj*})_{m\times T}$ 计算多阶段属性综合权重矩阵 $W_A^* = (w_A^{j*})_{1\times n}$, 归一化得 $\bar{W}_A^* = (\bar{w}_A^{j*})_{1\times n}$, 其中 $w_A^{j*} = \sqrt[T]{\prod_{t=1}^{T} w_A^{tj*}}$.

Step 3: 计算单一阶段内的专家决策偏好与群体决策偏好的相似度. 设单一阶段内群体决策矩阵为 $B^{t*} = (b_{ij}^{t*})_{m\times n} = ([b_{ij}^{t*L}, b_{ij}^{t*M}, b_{ij}^{t*U}])_{m\times n}$, 可由阶段内各个专家决策矩阵通过 WGA 算子得出. 其中

$$b_{ij}^{t*L} = \sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{ij}^{ktL}},\ b_{ij}^{t*M} = \sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{ij}^{ktM}},$$

$$b_{ij}^{t*U} = \sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{ij}^{ktU}}.$$

结合式 (3) 可得每位专家的个体决策矩阵与群体决策矩阵的相离度, 构成相离度矩阵 $D^{kt} = (d^{kt})_{1\times k}$, 归一化可得

$$d^{kt} = D(A^{kt}, B^{t*}) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} F(a,b), \tag{10}$$

其中

$$F(a,b) = \frac{\sqrt{(a_{ij}^{ktL} - b_{ij}^{t*L})^2 + (a_{ij}^{ktM} - b_{ij}^{t*M})^2 + (a_{ij}^{ktU} - b_{ij}^{t*L})^2}}{(a_{ij}^{ktU} - a_{ij}^{ktL}) + (a_{ij}^{ktM} - b_{ij}^{t*M})^2 + (b_{ij}^{t*U} - b_{ij}^{t*L})}.$$

Step 4: 采用式 (4) 计算专家个体偏好与群体偏好的贴近程度, 即可计算出单一阶段内的专家权重 $W_D^t = (w_D^{kt})_{1\times n}$. 其中

$$w_D^{kt} = \bar{d}^{kt} \Big/ \sum_{k=1}^{K} \bar{d}^{kt},\ t = 1,2,\cdots,T.$$

Step 5: 利用定义 6 和式 (5), 将每一阶段的决策专家区间数判断矩阵 $A^{kt} = (a_{ij}^{kt})_{m\times n} = ([a_{ij}^{ktL}, a_{ij}^{ktM}, a_{ij}^{ktU}])_{m\times n}$ 转化为一般专家判断矩阵 $Z^{kt} = (z_{ij}^{kt})_{m\times n}$, 其中

$$z_{ij}^{kt} = E(a_{ij}^{kt}) \Big/ \sum_{i=1}^{m} E(a_{ij}^{kt}),$$

$$i = 1,2,\cdots,n,\ j = 1,2,\cdots,m.$$

采用简单算术平均算子对每个阶段的专家决策偏好进行集结, 即可得出每阶段的群体决策偏好 w_{ij}^t.

Step 6: 假设每个阶段的权重一样, 则计算出多阶段的平均群体决策偏好 $w_j = \sum_{t=1}^{T} (w_{ij}^t / T),\ j = 1,2,\cdots,n$. 由于多阶段群决策过程中, 前一阶段的决策知识能为后一阶段的决策所共享, 后一阶段的决策权重应当大于前一阶段的决策权重, 即决策阶段权重满足条件 $v_t \leqslant v_{t+1},\ t = 1,2,\cdots,T$, 且决策阶段的权重应以最小化各决策阶段偏好与阶段总偏好的偏差 $\Big(d = \sum_{t=1}^{T} v_t (w_j - w_j^t)^2\Big)$ 为目标, 即可建立关于阶段权重的数学模型[8]如下:

$$\begin{aligned} &\min \sum_{t=1}^{T} v_t (w_j - w_j^t)^2; \\ &\text{s.t. } 0 < v_t \leqslant v_{t+1}, \\ &\qquad \sum_{t=1}^{T} v_t = 1,\ t = 1,2,\cdots,T. \end{aligned} \tag{11}$$

定理 1 模型 M 必定存在最优解, 可表示为 $w_j'^* = \sum_{t=1}^{T} v_t w_j^t$.

证明 令

$$Q' = \sum_{t=1}^{T} v_t (w_j - w_j^t)^2 - \lambda \Big(1 - \sum_{t=1}^{T} v_t w_j^t\Big),$$

则有

$$\frac{\partial Q'}{\partial w_1} = 2\sum_{t=1}^{T} v_t (w_1 - w_1^t) - \lambda,$$

$$\vdots$$

$$\frac{\partial Q'}{\partial w_n} = 2\sum_{t=1}^{T} v_t (w_n - w_n^t) - \lambda,$$

$$\frac{\partial Q'}{\partial \lambda} = 1 - \sum_{t=1}^{T} v_t w_j^t.$$

令 $\partial Q'/\partial w_1 = 0, \cdots,\ \partial Q'/\partial w_n = 0,\ \partial Q'/\partial \lambda = 0$, 则有 $w_j'^* = \sum_{t=1}^{T} v_t w_j^t,\ j = 1,2,\cdots,n$. 由于模型 M 属于凸规划, $w_j'^*$ 即为其最优解. □

由此可计算出阶段权重 $V^t = (v_t)_{1\times n}$.

Step 7: 结合动态专家权重和加权算术平均算子 WAA 拟合出单阶段的群体综合决策矩阵

$$G^{t*} = (g_{ij}^t)_{m\times n} = ([g_{ij}^{tL}, g_{ij}^{tM}, g_{ij}^{tU}]).$$

其中

$$g_{ij}^{tU} = \sum_{j=1}^{n} w_D^{kt} a_{ij}^{ktU},\ g_{ij}^{tM} = \sum_{j=1}^{n} w_D^{kt} a_{ij}^{ktM},$$

$$g_{ij}^{tL} = \sum_{j=1}^{n} w_D^{kt} a_{ij}^{ktL}.$$

利用阶段权重和 WAA 算子拟合出多阶段的群

体综合决策矩阵

$$G^*=(g_{ij})_{m\times n}=([g_{ij}^L,g_{ij}^M,g_{ij}^U]).$$

其中: $g_{ij}^U=\sum\limits_{t=1}^{T}v_tg_{ij}^{tU}$, $g_{ij}^M=\sum\limits_{t=1}^{T}v_tg_{ij}^{tM}$, $g_{ij}^L=\sum\limits_{t=1}^{T}v_tg_{ij}^{tL}$, v_t 为阶段权重.

Step 8: 根据定义 7、式 (7) 和 (8) 计算出多阶段的群体综合判断矩阵的正理想解 $\bar{G}^+=(\bar{g}_j^+)_{m\times n}$ 和负理想解 $\bar{G}^-=(\bar{g}_j^-)_{m\times n}$. 结合定义 8、式 (9) 和 (10) 计算出决策方案 p_i 与正负理想解的距离分别为

$$\begin{aligned}&d_i^+=\sqrt{(d_{i1}^+)^2+(d_{i2}^+)^2+\cdots+(d_{im}^+)^2},\\&d_i^-=\sqrt{(d_{i1}^-)^2+(d_{i2}^-)^2+\cdots+(d_{im}^-)^2},\\&\qquad i=1,2,\cdots,m.\end{aligned}\tag{12}$$

由此可计算出决策方案的相对贴近度[9]

$$D_i=\frac{d_i^-}{d_i^++d_i^-},\ i=1,2,\cdots,m.\tag{13}$$

将 D_i 进行由大到小排序, 即可得出决策方案的优势排序, 最大值对应的决策方案为最优决策方案.

3　应用实例

某大型物流园区项目需要进行选址决策, 拟从 3 个选址方案中进行选择. 经过前期调研分析后, 3 位决策高层 $G=\{d_1,d_2,d_3\}$ 决定从社会效益、经济效益、技术效能等 3 个评价指标分别对 3 个决策方案 $P=\{p_1,p_2,p_3\}$ 按满分为 10 从战略上进行评价, 分 3 个阶段对每个属性给出一个三端点区间值, 显然, 3 个指标均为效益型. 各阶段的属性权重和专家权重均未知. 专家评价数据如下:

1) 第 1 阶段专家决策数据为

$$d_1:\begin{bmatrix}[7,8,9]&[6,6,8]&[8,5,10]\\ [4,7,6]&[5,5,6]&[4,4,6]\\ [3,8,5]&[5,6,7]&[4,6,5]\end{bmatrix},$$

$$d_2:\begin{bmatrix}[8,8,9]&[7,6,9]&[6,5,8]\\ [5,6,7]&[4,8,6]&[3,5,5]\\ [7,4,8]&[5,3,7]&[5,9,8]\end{bmatrix},$$

$$d_3:\begin{bmatrix}[7,5,9]&[7,3,8]&[8,5,9]\\ [6,5,7]&[6,7,7]&[5,6,6]\\ [5,5,6]&[6,3,7]&[6,9,7]\end{bmatrix};$$

2) 第 2 阶段专家决策数据为

$$d_1:\begin{bmatrix}[7,4,9]&[7,8,8]&[8,6,10]\\ [2,7,4]&[2,5,4]&[2,4,4]\\ [4,6,6]&[5,4,7]&[4,9,6]\end{bmatrix},$$

$$d_2:\begin{bmatrix}[8,8,9]&[7,6,9]&[7,5,8]\\ [5,3,6]&[4,6,6]&[3,4,5]\\ [6,3,8]&[7,5,8]&[6,5,8]\end{bmatrix};$$

$$d_3:\begin{bmatrix}[8,5,9]&[7,6,8]&[7,5,8]\\ [6,6,7]&[6,5,7]&[6,4,7]\\ [5,2,6]&[7,7,8]&[5,8,6]\end{bmatrix}.$$

3) 第 3 阶段专家决策数据为

$$d_1:\begin{bmatrix}[8,6,9]&[8,6,10]&[8,7,10]\\ [2,7,3]&[2,5,4]&[2,5,4]\\ [3,4,5]&[5,6,7]&[4,8,6]\end{bmatrix},$$

$$d_2:\begin{bmatrix}[8,4,9]&[7,6,9]&[6,5,8]\\ [4,8,6]&[5,4,6]&[3,7,5]\\ [7,2,8]&[6,6,8]&[5,3,7]\end{bmatrix},$$

$$d_3:\begin{bmatrix}[8,4,9]&[7,6,8]&[6,5,7]\\ [7,5,8]&[6,5,8]&[5,6,7]\\ [7,6,8]&[7,3,8]&[5,5,6]\end{bmatrix}.$$

由于篇幅限制, 主要计算结果如下:

1) 多阶段属性综合权重计算. 将区间数矩阵转化为相离度矩阵, 结合属性熵值公式求得阶段内属性熵权, 再对单阶段属性熵权矩阵 W_A 进行拟合即可得出多阶段属性综合权重为

$$W_A=\begin{bmatrix}0.46&0.28&0.26\\ 0.29&0.42&0.29\\ 0.27&0.46&0.27\end{bmatrix},\ \bar{W}_A^*=\{0.34,0.39,0.27\}.$$

2) 阶段内专家权重计算. 计算阶段内专家偏好与群体偏好的相似度, 构建相离度矩阵, 再计算阶段内专家偏好与群体偏好的贴近程度, 即可得出单一阶段的专家权重为

$$\begin{cases}W_D^1=\{0.337\,8,0.324\,0,0.338\,1\},\\ W_D^2=\{0.330\,7,0.333\,2,0.336\,1\},\\ W_D^3=\{0.330\,8,0.345\,7,0.323\,5\}.\end{cases}$$

3) 阶段权重计算. 令 $q=0.5$, 将区间数决策矩阵转化为一般矩阵, 结合阶段内专家权重计算每阶段的群体偏好, 再利用式 (12) 和定理 1 构建阶段权重数学模型, 即可计算出阶段权重为 $V^t=\{0.241\,3,0.307\,5,0.451\,2\}$.

4) 专家综合决策偏好矩阵集结. 结合阶段内专家权重计算出单阶段的群体综合决策矩阵, 再结合阶段权重拟合出多阶段群体综合决策矩阵为

$$\text{group}:\begin{bmatrix}[8,5,10]&[7,7,9]&[7,5,8]\\ [5,5,5]&[5,7,8]&[4,6,6]\\ [6,7,7]&[6,6,8]&[5,7,8]\end{bmatrix}.$$

5) 最优决策方案确定. 计算多阶段群体综合决策矩阵的正负理想解, 并计算每个决策方案与理想解的距离, 结合式 (14) 可得出决策方案的权重为 $[0.275\,6,0.373\,4,0.351\,0]$, 即方案排序为 $\{p_2\succ p_3\succ p_1\}$.

为了验证计算结果的有效性, 采用文献 [10] 的灰色模糊综合评判方法, 不考虑动态权重, 对本实例的

三阶段数据分别进行偏好集结, 然后采用简单算数平均算子进行综合偏好集结, 即可得出决策方案排序为 $\{p_2 \succ p_1 \succ p_3\}$. 可见, 两种方法的最优决策结果相同, 表明本文的决策方法具有有效性. 具体方案排序有一定的差异性, 原因在于灰色模糊综合评判方法假定属性权重和专家权重及阶段权重均相等, 而本文能够直接从专家偏好中动态生成属性权重、专家权重和阶段权重, 考虑到了决策过程的不确定性.

4 结 论

本文研究的基于区间数相离度和贴近度的多阶段动态权重群决策方法, 既考虑到属性权重和专家权重均为动态变权情况, 又能将主观权重全部拓展为由多阶段决策偏好信息直接生成的客观权重, 多阶段群体决策过程更接近现实意义, 决策结果更容易达成群体满意一致性, 决策结果更趋于最优化. 实例分析结果表明, 该方法具有较好的可行性和合理性. 从考虑阶段赋权的角度深入研究其他类型的多阶段多属性群决策问题是下一步的研究方向.

参考文献(References)

[1] Holloway C A. Decision making under uncertainly: Models and choice[M]. Englewoods Cliff: Prentice hall, 1979: 152-166.

[2] Yager R R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1998, 18(1): 183-190.

[3] 燕蜻, 梁吉业. 混合多属性群决策中的群体一致性分析方法[J]. 中国管理科学. 2011, 19(6): 133-140.
(Yan Q, Liang J Y. A method for consensus analysis in hybrid multiple attribute group decision making[J]. Chinese J of Management Science, 2011, 19(6): 133-140.)

[4] 刘业政, 徐德鹏, 姜元春. 多属性群决策中权重自适应调整的方法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(1): 45-48.
(Liu Y Z, Xu D P, Jiang Y C. Method of adaptive adjustment weights in multi-attribute group decision-making[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(1): 45-48.)

[5] 张发明, 郭亚军, 易平涛. 基于密度算子的多阶段群体评价信息集结方法及其应用[J]. 控制与决策, 2010, 25(7): 993-997.
(Zhang F M, Guo Y J, Yi P T. Multi-phase group evaluation information aggregation method based on density operator and its application[J]. Control and Decision, 2010, 25(7): 993-997.)

[6] 陈晓红, 刘益凡. 基于区间数群决策矩阵的专家权重确定方法及其算法实现[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(10): 2129-2131.
(Chen X H, Liu Y F. Expert weights determination method and realization algorithm based on interval numbers group decision matrices[J]. Systems Engineering and Electronics, 2010, 32(10): 2129-2131.)

[7] 田飞, 朱建军, 姚冬蓓, 等. 三端点区间数互补判断矩阵的一致性及权重[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(10): 108-113.
(Tian F, Zhu J J, Yao D B, et al. Consistency and weight estimation of novel three-point interval number complementary judgment matrix[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2008, 28(10): 108-113.)

[8] 朱建军, 刘思峰, 李洪伟, 等. 群决策中多阶段多元判断偏好的集结方法研究[J]. 控制与决策, 2008, 23(7): 730-734.
(Zhu J J, Liu S F, Li H W, et al. Aggregation approach of multiple stages multiple judgment preferences styles in group decision-making[J]. Control and Decision, 2008, 23(7): 730-734.)

[9] 杨春玲, 张传芳, 许文翠. 基于区间数贴近度的不确定多属性决策模型[J]. 数学的实践与认识, 2010, 11(21): 148-154.
(Yang C L, Zhang C F, Xu W C. A model based on similarity degree of interval number for uncertain multiple attribute decision-making[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2010, 11(21): 148-154.)

[10] 卜广志, 张宇文. 基于三参数区间数的灰色模糊综合评判[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(9): 43-45.
(Bu G Z, Zhang Y W. Grey fuzzy comprehensive evaluation method based on interval numbers of three parameters[J]. Systems Engineering and Electronics, 2001, 23(9): 43-45.)