

文章编号: 1001-0920(2012)10-0000-00

基于区间数的多时点多属性灰靶决策模型

梁燕华, 郭鹏, 朱煜明, 赵静

(西北工业大学 管理学院, 西安 710072)

摘要: 针对多属性决策的不确定性和多时点性, 提出基于区间数的多时点多属性灰靶决策模型. 该方法依据逼近理想解方法和区间数的运算规则, 结合指标权重来计算案例的正负靶心距; 基于灰熵和时间度建立时点权重的求解模型; 根据指标权重和时间点权重给出对各时点的靶心距进行集结的目标函数, 利用隶属度对案例进行排序, 进一步完善了灰靶决策理论. 最后, 通过具体算例验证了所提出模型的可行性和有效性.

关键词: 区间数; 多时点; 灰靶决策; 靶心距

中图分类号: C943

文献标志码: A

Multi-period and multi-criteria decision making model of grey target based on interval number

LIANG Yan-hua, GUO Peng, ZHU Yu-ming, ZHAO Jing

(School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China. Correspondent: LIANG Yan-hua, E-mail: willtkin@gmail.com)

Abstract: A new multi-period and multi-criteria decision making model of grey target is proposed for the uncertainty and multi-stage of decision making. Based on TOPSIS and the algorithm of interval number, the measuring function of target-center distances for the cases is presented, which take the weights of criteria into account. According to grey entropy and the time temperature, a calculating model for the weights of the time sequence is constructed. Based on the weights of criteria and time sequence, the objective function of clustering algorithm is proposed, which aggregates target-center distances of all evaluated period. The evaluated value of every scenario is obtained, which improves the theory of the grey target decision-making further. Finally, an example shows the effectiveness and practicability of the model.

Key words: interval number; multiple-period; grey-target decision making; target-center distance

1 引言

多属性决策问题就是对有限的待决策问题的属性, 依据一定的评价模型或者决策规则对待决策问题进行优劣排序; 它是决策分析理论研究的重要内容, 被广泛应用于社会、经济、军事、管理等领域^[1-4]. 由于决策问题的日益复杂化, 评价问题面临的不确定性也不断增加, 关于不确定决策背景(如区间数)下的多属性决策研究正在成为研究的热点, 很多文献涉及了区间数的理论方法研究^[5]. 文献[6]研究了观测值为区间灰数下的灰色关联度的算法, 并且在此基础上应用非线性规划模型计算评价指标的权重, 给出了一种 GICD 模型; [7]针对过程中区间数更适合表达决策者对候选方案的偏好程度, 提出了一种加权个体方案集结的群体决策方法, 将中间结果转化为实数型再进

行集结; [8]在普通动态规划的基础上, 提出了区间直觉模糊动态规划及其最优解的概念, 并建立了相应的数学模型及其最优解的算法.

大部分多属性决策的研究主要集中在单时点问题上, 如: 文献[9]运用多层次灰色综合评价方法, 对我国石油公司跨国产权投资方式选择影响因素进行了分析和实证研究; [10]针对不同性质的决策目标, 建立一种新的多目标加权灰靶决策模型, 并应用于我国商用大型飞机项目的供应商决策上. 但是在实际应用中, 很多多属性决策问题都存在多个时点, 而非单一时点, 且单个时间点的数据不能全面反映待决策对象的特性^[11-12]. 本文在对文献[11-13]的多时点多属性决策方法研究的基础上, 提出一种新的区间数多时点决策模型. 它是基于对逼近理想解方法、灰靶决策

收稿日期: 2011-05-27; 修回日期: 2011-09-20.

基金项目: 国家社会科学基金项目(10BJY024); 教育部人文社会基金项目(08JC630066).

作者简介: 梁燕华(1979-), 女, 博士, 从事多属性决策、项目评价的研究; 郭鹏(1962-), 男, 教授, 博士生导师, 从事管理系统工程、项目管理等研究.

以及区间数的分析, 构建灰靶决策模型, 有效地挖掘决策对象的不确定信息并对不同时点靶心距进行集结. 同文献[11-12]的区间数多时点决策方法相比, 本文的创新点如下: 1) 改进了区间数的标准化方法, 最大程度上保留原始数据的线性, 提高了决策化矩阵的分辨率; 2) 采用时间度和熵值相结合的方法来确定时点权重, 更加有效性地反映决策对象信息的真实性; 3) 采用灰靶决策模型对决策对象进行正负靶心距的计算, 使决策者更加直观地掌握决策对象的多时点变化信息.

2 多时点多属性灰靶决策模型

设有 $i(i = 1, 2, \dots, m)$ 个待决策方案, $C_j(j = 1, 2, \dots, n)$ 为方案的属性指标, $\tilde{x}_{ij}^p(p = 1, 2, \dots, s)$ 表示方案 A_i 在多时点中的第 p 时点的关于指标 C_j 的区间原始数据, 其中 $\tilde{x}_{ij}^p = [x_{ij1}^p, x_{ij2}^p]$.

2.1 区间数距离概念

定义 1^[14] 设

$$\tilde{a} = [a_{ij1}^p, a_{ij2}^p] = \{x | a_{ij1}^p \leq x \leq a_{ij2}^p\}.$$

其中: a_{ij1}^p 表示 \tilde{a} 的下限值, a_{ij2}^p 表示 \tilde{a} 的上限值, \tilde{a} 为一个区间数. 当 $a_{ij1}^p = a_{ij2}^p$ 时, \tilde{a} 为一个实数.

定义 2 设 $A = [a_1, a_2](a_1 \leq a_2)$ 和 $B = [b_1, b_2](b_1 \leq b_2)$ 为已知方案中的任意两个区间数, 则区间数 A 和区间数 B 之间的距离^[10] 记为

$$D(A, B) = \frac{1}{\sqrt{2}}[(a_1 - b_1)^T + (a_2 - b_2)^T]^{1/T},$$

当 $T = 1$ 时, 区间数 A 和区间数 B 之间的距离为海明距离, 记为

$$D_1(A, B) = \frac{1}{2}[|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2|];$$

当 $T = 2$ 时, 区间数 A 和区间数 B 之间的距离为欧氏距离, 记为

$$D_2(A, B) = \frac{1}{\sqrt{2}}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2]^{1/2}.$$

本文中的区间数距离采用欧氏距离计算法.

2.2 区间数的数据标准化方法

设 $\tilde{x}_{ij}^p = [x_{ij1}^p, x_{ij2}^p]$ 为第 p 时点中第 i 方案对应于指标 C_j 的原始区间数据, 对原始数据进行标准化处理, 标准化后记为 $\tilde{y}_{ij}^p = [y_{ij1}^p, y_{ij2}^p]$, 计算过程^[14-15] 如下:

1) 当指标 C_j 为效益型指标, 也就是说指标值越大越好时, 有

$$y_{ij1}^p = x_{ij1}^p / \sum_{i=1}^m x_{ij2}^p, y_{ij2}^p = x_{ij2}^p / \sum_{i=1}^m x_{ij1}^p; \quad (1)$$

2) 当指标 C_j 为成本型指标, 也就是说指标值越小越好时, 对指标值通过坐标平移使之转化为正向指标, 再利用如下公式进行处理:

$$(x_{ij1}^p)' = \max_{1 \leq i \leq m} x_{ij1}^p - x_{ij1}^p + \min_{1 \leq i \leq m} x_{ij1}^p,$$

$$(x_{ij2}^p)' = \max_{1 \leq i \leq m} x_{ij2}^p - x_{ij2}^p + \min_{1 \leq i \leq m} x_{ij2}^p,$$

$$y_{ij1}^p = (x_{ij1}^p)' / \sum_{i=1}^m (x_{ij2}^p)', y_{ij2}^p = (x_{ij2}^p)' / \sum_{i=1}^m (x_{ij1}^p)'. \quad (2)$$

2.3 正负靶心距计算

设 $\tilde{y}_j^{p+} = [y_{j1}^{p+}, y_{j2}^{p+}]$, \tilde{y}^{p+} 为第 p 时点指标 C_j 在 m 个方案原始区间数据标准化后的正理想区间值, 设 $\tilde{y}_j^{p-} = [y_{j1}^{p-}, y_{j2}^{p-}]$, 第 p 时点指标 C_j 在 m 个方案原始区间数据标准化后的负理想区间值记为

$$y_{j1}^{p+} = \max_{1 \leq i \leq m} y_{ij1}^p, y_{j2}^{p+} = \max_{1 \leq i \leq m} y_{ij2}^p,$$

$$y_{j1}^{p-} = \min_{1 \leq i \leq m} y_{ij1}^p, y_{j2}^{p-} = \min_{1 \leq i \leq m} y_{ij2}^p. \quad (3)$$

则 $\tilde{y}^{p+} = \{\tilde{y}_1^{p+}, \tilde{y}_2^{p+}, \dots, \tilde{y}_j^{p+}, \dots, \tilde{y}_n^{p+}\}$ 为第 p 时点的正理想方案, $\tilde{y}^{p-} = \{\tilde{y}_1^{p-}, \tilde{y}_2^{p-}, \dots, \tilde{y}_j^{p-}, \dots, \tilde{y}_n^{p-}\}$ 为第 p 时点的负理想方案.

第 p 时点第 i 个方案对应于指标 C_j 与正理想区间值 \tilde{y}_j^{p+} 之间的距离为 d_{ij}^{p+} , 第 p 时点第 i 个方案对应于指标 C_j 与负理想区间值 \tilde{y}_j^{p-} 之间的距离为 d_{ij}^{p-} , 即

$$d_{ij}^{p+} = 1/\sqrt{2}[(y_{ij1}^p - y_{j1}^{p+})^2 + (y_{ij2}^p - y_{j2}^{p+})^2]^{1/2},$$

$$d_{ij}^{p-} = 1/\sqrt{2}[(y_{ij1}^p - y_{j1}^{p-})^2 + (y_{ij2}^p - y_{j2}^{p-})^2]^{1/2}. \quad (4)$$

设评价指标的权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_n)$, 则第 p 时点中第 i 个方案与正负理想方案的距离分别为

$$d_i^{p+} = \sum_{j=1}^n d_{ij}^{p+} \times \omega_j, d_i^{p-} = \sum_{j=1}^n d_{ij}^{p-} \times \omega_j. \quad (5)$$

2.4 权重的计算

1) 评价指标属性的权重向量.

指标的权重确定采用层次分析法, 利用决策者对指标的两两比较中给出的偏好信息进行分析与决策支持, 构造决策指标的判断矩阵, 并对判断矩阵进行满意的一致性检验, 以确定指标权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_n)$. 由于 AHP 文献中应用较多, 具体计算过程本文不再赘述.

2) 时点权重向量.

时点权重向量将是得到合理的评价结果的关键, $W = (\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^p, \dots, \omega^s)$, $\sum_{p=1}^s \omega^p = 1$. 其中:

ω^p 表示第 p 时点的权重; 时点权重向量 W 表示对不同时刻的重视程度, 一般而言, 时点越近证据信息将越丰富, 决策判断越有效. 由于信息不完全的决策系统的权重本身具有一定的不确定性, 确定时点权重应使权重序列的不确定性尽量减少, 本文采用灰熵与时点度相结合的方法来确定时点的权重^[16], 即

$$f(\omega^p) = - \sum_{p=1}^s \omega^p \ln \omega^p. \quad (6)$$

熵值是用来反映时点权重向量 W 对信息量摄取程度衡量的指标. 灰熵具有对称性、非负性、可加性、上凸性和极值性, 灰熵的灰性由序列的灰性决定, 即

$$\delta = \sum_{p=1}^s \frac{s-p}{s-1} \omega^p. \quad (7)$$

时间度 δ 反映了在对信息量摄取的过程中对时间序列的重视程度, 时间度的标度参考如表 1^[15]所示. δ 越大, 反映决策越重视时间序列初始时间的数据; δ 越小, 反映决策越重视时间序列末端时间的数据.

表 1 时间度 δ 的标度参考表

标度赋值	含义
0.1	强烈重视近期时间点的数据
0.3	明显重视近期时间点的数据
0.5	同等重视所有时间点的数据
0.7	明显重视远期时间点的数据
0.9	强烈重视远期时间点的数据
0.2,0.4,0.6,0.8	表示上述相邻判断的中间值

由决策者依据经验和偏好给定时间度 δ , 在兼顾被评价对象在时序上的差异信息为标准来寻找适合该样本集结的时间权重向量. 根据极大熵原理, 确定时点 W 应使权重序列的不确定性尽量减少, 因此施加灰熵的多时点的权重向量求解模型为

$$\begin{aligned} & \max \left(- \sum_{p=1}^s \omega^p \ln \omega^p \right); \\ \text{s.t. } & \delta = \sum_{p=1}^s \frac{s-p}{s-1} \omega^p, \sum_{p=1}^s \omega^p = 1, \omega^p \in [0, 1], \\ & p = 1, 2, \dots, s. \end{aligned} \quad (8)$$

2.5 对各时点的案例正负靶心距集结

本部分采用模糊数的隶属度对各个时点获取的正负靶心距的数据进行集结. 构建求解目标函数^[12,17]为

$$F(r) = \sum_{p=1}^s \{ (r_i \times d_i^{p+})^2 + [(1-r_i) \times \omega^p \times d_i^{p-}]^2 \}. \quad (9)$$

其中: r_i 表示第 i 个方案距离正理想方案的隶属度, $(1-r_i)$ 表示第 i 个方案距离负理想方案的隶属度. 基于上述函数最小值的考虑求得 r_i 的值 $r = (r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_m)$, 对函数求导可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial r_i} &= \sum_{p=1}^s 2(r_i \times \omega^p \times d_i^{p+})(\omega^p \times d_i^{p+}) + \\ & \sum_{p=1}^s 2[(1-r_i) \times \omega^p \times d_i^{p-}] [(-1) \times \omega^p \times d_i^{p-}]. \end{aligned} \quad (10)$$

令 $\partial F / \partial r_i = 0$, 可得

$$r_i = \frac{\sum_{p=1}^s (\omega^p \times d_i^{p-})^2}{\sum_{p=1}^s (\omega^p \times d_i^{p-})^2 + \sum_{p=1}^s (\omega^p \times d_i^{p+})^2}, \quad (11)$$

其中 $1 \geq r_i \geq 0$. 显然 r_i 越大, 表示方案越优.

3 算例

某一集团下属 4 个子分公司, 集团制定了各子分公司产品的评估制度, 子公司的产品评估是下一年度对子公司投资决策的重要参考. 对子公司进行评估选择了 4 个指标: 产值 C_1 、技术创新 C_2 、管理费用 C_3 、产销率 C_4 . 集团每 3 年对各子分公司进行一次综合评估, 4 个子分公司分别用子分公司 A_1 、子分公司 A_2 、子分公司 A_3 子分公司 A_4 表示, 2005~2010 年的数据如表 2 所示.

根据 2.1 节中的区间数据标准化方法对表 2 的数据进行标准化处理. 其中: 指标 C_1, C_2, C_4 为效益型指标; C_3 为成本型指标.

组织 5 位专家对 4 个属性指标进行打分, 构造判断矩阵, 利用层次分析法分别求出指标 C 的权重为 (具体打分值和计算过程省略) $\omega_1 = 0.2218$, $\omega_2 = 0.3012$, $\omega_3 = 0.1971$, $\omega_4 = 0.2799$.

表 2 4 个子分公司 6 年的经营数据

年份子分公司	产值/万元	技术创新(百分制)	管理费用/元	产销率
2005	1	[480,520]	[64,68]	[243 122,254 283] [0.93,0.94]
	2	[1 040,1 083]	[85,87]	[203 234,212 918] [0.83,0.85]
	3	[2 234,2 386]	[70,73]	[262 723,271 876] [0.79,0.80]
	4	[1 248,1 385]	[79,82]	[254 840,267 381] [0.80,0.82]
2006	1	[621,689]	[72,74]	[254 918,263 383] [0.92,0.93]
	2	[1 123,1 198]	[83,86]	[214 262,224 435] [0.88,0.91]
	3	[2 034,2 086]	[72,73]	[252 729,262 972] [0.75,0.78]
	4	[1 212,1 284]	[75,77]	[244 634,249 326] [0.73,0.74]
2007	1	[912,948]	[78,80]	[259 493,261 345] [0.93,0.94]
	2	[1 240,1 292]	[86,88]	[228 821,232 426] [0.84, 0.85]
	3	[1 860,1 934]	[70,71]	[242 144,250 346] [0.81,0.83]
	4	[1 182,1 246]	[76,78]	[230 336,236 245] [0.72,0.73]
2008	1	[1 180,1 260]	[82,83]	[279 323,283 851] [0.95, 0.96]
	2	[1 326,1 356]	[84,86]	[220 314,228 012] [0.87, 0.88]
	3	[1 734,1 794]	[68,69]	[237 438,241 485] [0.83, 0.84]
	4	[1 238,1 489]	[75,77]	[236 382,241 683] [0.77, 0.79]
2009	1	[1332,1460]	[85,87]	[281 126,297 374] [0.95,0.96]
	2	[1 288,1297]	[88,89]	[231 383,236 238] [0.88, 0.91]
	3	[1533,1583]	[64,66]	[220243,225 282] [0.82, 0.85]
	4	[1 146,1192]	[73,72]	[228 470,232 951] [0.81,0.83]
2010	1	[1 439,1508]	[89,91]	[308 732,318 103] [0.97, 0.98]
	2	[1 323,1472]	[86,87]	[242 845,247 346] [0.87, 0.89]
	3	[1 404,1 567]	[65,67]	[203 458,212 674] [0.85,0.86]
	4	[1 198,1 263]	[72,74]	[216 237,218 461] [0.78, 0.81]

算例中共有 6 年的数据, 即 $s = 6$, 经过决策者决议, 时间度取值为 0.1, 即强烈重视近期的数据, 利用时点权重求解模型, 解得 6 个时间段的权重为

$$\omega^1 = 0.0029, \omega^2 = 0.0086, \omega^3 = 0.0255,$$

$$\omega^4 = 0.0755, \omega^5 = 0.2238, \omega^6 = 0.6637,$$

第 p 时点中第 i 个方案与正负理想方案的距离如表 3 所示. 根据指标权重和时间权重计算 r_i : $r_1 = 0.8253, r_2 = 0.8062, r_3 = 0.5266, r_4 = 0.2186$. r_i 越大表示方案越优, 则子公司 A_1 的评估结果为最优.

利用文献 [11] 中的区间数的多时点多属性决策方法求解的结果与上述结果相同, 说明该方法是有效的, 上述结果是合理的.

表 3 案例的正负靶心距

序号	靶心距	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	d_{1p}^+	0.1049	0.0798	0.0535	0.0344	0.0214	0.0206
	d_{1p}^-	0.0165	0.0179	0.0266	0.0278	0.0399	0.0464
2	d_{2p}^+	0.0622	0.0418	0.0346	0.0236	0.0182	0.0221
	d_{2p}^-	0.0592	0.0559	0.0456	0.0388	0.0429	0.0447
3	d_{3p}^+	0.0385	0.0337	0.0283	0.0282	0.0314	0.0325
	d_{3p}^-	0.0828	0.0641	0.0520	0.0340	0.0297	0.0346
4	d_{4p}^+	0.0702	0.0661	0.0571	0.0420	0.0434	0.0433
	d_{4p}^-	0.0513	0.0316	0.0231	0.0216	0.0177	0.0234

从表 3 中的靶心距计算来看, 子公司 A_1 距离正靶心的距离是呈递减趋势的, 而相对于负靶心的距离是递加趋势, 显然, 子公司 A_1 处于快速增长期, 产品具有很大的技术优势, 总公司下一步应增加对它的投资; 从子公司 A_2 的正负靶心距数据来看, 它们处于一个稳定的状态, 子公司 A_2 处于成熟稳定期, 6 年来的经营状况没有太明显的波动, 总公司应该继续追加投资; 对于子公司 A_3 和 A_4 , 其正负靶心距波动趋势不稳定, 总公司应该研究其产品竞争力和营销策略, 采取措施来促进它们的发展. 本文方法对正负靶心距的分析, 让决策者进一步掌握子公司的运营信息, 为决策提供参考.

4 结 论

多时点的综合评价问题较单时点综合评价问题要复杂的多, 针对不确定环境下的多时点多属性决策问题, 提出了一种区间数的多时点多属性决策模型. 该模型考虑不同时点上各个案例与正负理想案例的接近度以及根据各时点的权重的不确定性, 利用时间度和灰熵提出了时点的权重赋值模型, 并对多时点的各个案例信息进行集结后对案例进行排序, 建立了一个有效的动态决策模型. 最后, 通过具体算例验证了所提出模型的可实行性和合理性. 该模型为多时点多属性决策问题提供了一种新的解决方法.

参考文献(References)

[1] Luis Mundaca, LenaNeij. A multi-criteria evaluation framework for tradable white certificate schemes[J]. Energy Policy, 2009, (37): 4557-4573.
 [2] Patrick Willems. A time series tool to support the multi-criteria performance evaluation of rainfall-runoff

models[J]. Environmental Modelling & Software, 2009, 24: 311-321.
 [3] Xu Z S, A method for multiple attribute decision making with incomplete weight information in linguistic setting[J]. Knowledge-Based Systems, 2007, 20: 719-725.
 [4] Bustince H, Herrera F, Montero J. Fuzzy sets and their extensions: Representation, aggregation and models[M]. Heidelberg: Physica-Verlag, 2007.
 [5] 王育红, 党耀国. 基于灰色关联系数和 D-S 证据理论的区间数投资决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(11): 128-134.
 (Wang Y H, Dang Y G. Approach to interval numbers investment decision-making based on grey incidence coefficients and D-S theory of evidence[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2009, 29(11): 128-134.)
 [6] 罗党. 类灰色区间聚类决策算法[J]. 郑州大学学报: 理学版, 2007, 39(1): 119-124.
 (Luo D. The method for grey interval clustering decision[J]. J of Zhengzhou University: Natural Science, 2007, 39(1): 119-124.)
 [7] 陈可, 陈晓红. 一种基于区间数判断矩阵的加权 AIP 群决策方法. 控制与决策, 2009, 24(9): 1402-1405.
 (Chen K, Chen X H. New method of AIP group decision making with decision makers' weight based on interval judgement matrices[J]. Control and Decision, 2009, 24(9): 1402-1405.)
 [8] 刘成斌, 罗党, 党耀国, 等. 区间直觉模糊动态规划方法[J]. 控制与决策, 2010, 25(1): 8-13.
 (Liu C B, Luo D, Dang Y G, et al. Methods for interval-valued intuitionistic fuzzy dynamic programming[J]. Control and Decision, 2010, 25(1): 8-13.)
 [9] 赵振智, 李宏勋, 王勇. 基于多层次灰色综合评价的我国石油公司跨国产权投资方式选择[J]. 中国软科学, 2009, 6: 187-192.
 (Zhao Z Z, Li H X, Wang Y. Choice of transnational equity investment approaches for domestic petroleum company based on multi-level gray synthesis appraisal[J]. China Soft Science, 2009, 6: 187-192.)
 [10] 刘思峰, 袁文峰, 盛克勤. 一种新型多目标智能加权灰靶决策模型[J]. 控制与决策, 2010, 25(8): 1159-1163.
 (Liu S F, Yuan W F, Sheng K Q. Multi-attribute intelligent grey target decision model[J]. Control and Decision, 2010, 25(8): 1159-1163.)
 [11] Zeshui Xu. On multi-period multi-attribute decision making[J]. Knowledge-based Systems, 2008(21): 164-171.
 [12] Yonghuang Lin, Pinchan Lee. Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations[J]. Expert Systems with Applications, 2008(35): 1638-1644.

- [13] 宋捷, 党耀国, 王正新, 等. 正负靶心灰靶决策模型[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(10): 1822-1827.
(Song J, Dang Y G, Wang Z X, et al. New decision model of grey target with both the positive clout and the negative clout[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2010, 30(10): 1822-1827.)
- [14] 王正新, 党耀国, 宋传平. 基于区间数的多目标灰色局势决策模型[J]. 控制与决策, 2009, 24(3): 388-392.
(Wang Z X, Dang Y G, Song C P. Multi-objective decision model of grey situation based on interval number[J]. Control and Decision, 2009, 24(3): 388-392.)
- [15] 李美娟, 陈国宏, 陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12: 45-48.
(Li M J, Chen G H, Chen Y T. Study on target standardization method of comprehensive evaluation[J]. Chinese J of Management Science, 2004, 12: 45-48.)
- [16] 郭亚军, 姚远, 易平涛. 一种动态综合评价方法及应用[J]. 系统工程理论与实践, 2007(10): 154-158.
(Guo Y J, Yao Y, Yi P T. A method and application of dynamic comprehensive evaluation[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2007, (10): 154-158.)
- [17] Yin X, Yu W. The virtual manufacturing model of the worsted yarn based on artificial neural networks and grey theory[J]. Applied Mathematics and Computation, 2007(85): 322-332.