

基于指数函数的灰色动态多属性关联决策模型

申健民¹, 党耀国¹, 周伟杰², 王霞¹

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211106; 2. 常州大学 商学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 针对同一属性下不同方案的邓氏关联度大小区分较弱以及关联度存在下限的问题, 定义基于指数函数的新关联度. 改进后的关联度对同一属性下不同方案间关联度的分辨率要高于原有关联度, 并证明了改进关联度的性质. 利用指数关联度确定属性权重, 构造基于偏差和灰熵的确定了时间权重的优化模型. 最后, 将该方法用于河南省某地市级民营企业的经营业绩评价分析中, 实例说明了所提出模型的有效性和实用性.

关键词: 指数函数; 分辨率; 关联度; 民营企业

中图分类号: C931

文献标志码: A

Grey dynamic multiple attribute correlation decision-making model based on exponential function

SHEN Jian-min¹, DANG Yao-guo¹, ZHOU Wei-jie², WANG Xia¹

(1. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China; 2. Business College, Changzhou University, Changzhou 213164, China. Correspondent: WANG Xia, E-mail: wangxia0509@163.com)

Abstract: According to size distinguish weak and existing lower limit of the Deng's grey correlation degree of different schemes under the same attribute, a new correlation degree based on the exponential function is defined. The resolution of the improved correlation degree of different schemes under the same attribute is higher than that of the original correlation, and the properties of the improved correlation degree is proved. The attribute weights are determined by the exponential correlation degree, and an optimization model can be built to solve the time weight based on the deviation and grey entropy. Finally, the proposed method is used to analysis and evaluation of operating performance of private enterprises in the Henan province of a prefecture level city, and the result shows the its feasibility and effectiveness.

Keywords: exponential function; resolution; correlation; private enterprises

0 引言

评估与决策是人们日常生活中经常遇到的一类问题^[1-3], 例如在选择何种方案开展项目工作, 选择供应商, 以及对企业业绩和发展前景进行分析, 进而决定是否投资等问题时, 都需要对方案、商品、企业进行评估和决策. 灰色关联分析的基本思想是, 根据数据序列的几何特性来判别相关因素之间的相关程度. 该方法对其建模数据没有特殊要求, 且需要的样本量少, 计算简便, 得到了众多学者的关注. 文献[4]利用灰色关联度对决策者进行聚类, 提出了对聚类后决策者类的决策信息集结的决策模型; 文献[5]将灰色关联度和欧式关联度有机结合, 通过利用方案与

正负理想方案的位置、相似程度构造平均相似度来对方案进行评估, 使决策过程的物理意义更清晰; 文献[6]在区间灰数本质特征的基础上, 定义了新的区间灰数相离度, 构建了灰色区间关联系数公式和灰色关联度, 从而建立基于投影特征向量法和模糊互补判断矩阵排序方法的两种决策模型, 并用实例证明了其有效性; 文献[7]针对属性值为连续随机变量的多属性风险决策问题, 利用灰色关联度构建了贴近度决策模型; 文献[8]将惩罚变权的思想引入到指标权重设定中, 利用灰色关联度构建了基于变权和TOPSIS方法的决策模型, 并将其应用于项目评标, 表明了新模型的有效性和稳定性; 文献[9]针对属性值为直觉

收稿日期: 2015-03-19; 修回日期: 2015-05-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71071077, 71371098); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(NC2012001); 江苏省高校哲学社会科学重点研究基地重大项目(2012JDXM005).

作者简介: 申健民(1968—), 男, 博士生, 从事灰色系统的研究; 党耀国(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 从事灰色系统理论、数量经济等研究.

模糊数的多属性决策问题,利用灰色关联度确定了其权重,并用基于正、负理想的贴近度给出了决策结果;文献[10]将基于灰色关联度的评估模型用于办公楼建筑物的能源消耗评价中,得到了较好的评价效果;文献[11]将VIKOR算法与灰色关联度相结合,提出了模糊多属性决策模型,用于评估国际航空公司的服务质量问题,结果表明在处理服务质量属性值为模糊数的情形下,新提出的决策模型是有效和实用的;文献[12]将模糊层次分析法和灰色关联度相结合,构建了多属性决策模型,用于机床的选择,与其他现有相关机床选择文献中的决策模型相比,所提出的决策模型表现更优。

从以上文献可以看出:灰色邓氏关联度在计算同一属性下不同方案的关联度时,关联度间的区分性或分辨率并不是最优的;另一方面,灰色邓氏关联度由于其计算形式所限,在计算方案关联度时,关联系数存在下限问题,这也不利于区分方案关联度区别不大的情形.在此基础性上,本文首先定义了关联度分辨率的概念,用指数函数对灰色邓氏关联度进行改进,并证明了改进的新关联度的分辨率精度要高于原有关联度,新关联度不存在下限问题;然后,利用新构造的关联度对指标权重进行赋权,构建了确定时间权重的优化模型;最后,以河南省某地级市的4家民营企业为例,用该决策模型对企业的经营效率进行了评估,进而分析企业的生产经营状况,并验证了该方法的实用性和有效性。

1 指数关联度

定义1 设系统行为相关序列为

$$Z_0 = (z_0(1), z_0(2), \dots, z_0(n)),$$

$$Z_1 = (z_1(1), z_1(2), \dots, z_1(n)),$$

⋮

$$Z_i = (z_i(1), z_i(2), \dots, z_i(n)),$$

⋮

$$Z_m = (z_m(1), z_m(2), \dots, z_m(n)).$$

对于 $\rho \in (0, 1)$, 令

$$\gamma(z_0(k), z_i(k)) = \frac{\min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{|z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|},$$

$$\gamma(Z_0, Z_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(z_0(k), z_i(k)), \quad (1)$$

称 $\gamma(Z_0, Z_i)$ 为 Z_0 与 Z_i 的灰色关联度,其中 ρ 为分辨系数。

定义2 令 $F(X)$ 、 $G(X)$ 为两种不同灰色关联度,若有

$$\left| \frac{F(X + \Delta X) - F(X)}{\Delta X} \right| > \left| \frac{G(X + \Delta X) - G(X)}{\Delta X} \right|,$$

则称灰色关联度 $F(X)$ 的分辨率高于 $G(X)$ 。

灰色关联度的分辨率是指,在利用灰色关联度分析不同对象在同一指标的关联度时,若指标值差别较小,则利用 F 计算出的灰色关联度比 G 计算出的更容易判断行为序列之间的关联大小,那么可认为 F 灰色关联度的分辨率要大于 G 灰色关联度。

由式(1)可得

$$\begin{aligned} \gamma(z_0(k), z_i(k)) &= \frac{\min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{|z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|} = \\ &= \frac{1}{1 + \frac{|z_0(k) - z_i(k)| - \min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{\min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}}. \end{aligned}$$

令

$$x = \frac{|z_0(k) - z_i(k)| - \min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{\min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|},$$

$$\gamma_{0i} = \gamma(z_0(k), z_i(k)),$$

则有

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{1+x}.$$

即 γ_{0i} 的分母为线性变化,这样有可能导致 γ_{0i} 对不同对象在同一指标下的关联度分辨率不高.此外,可证明 $\gamma_{0i} \in \left[\frac{\rho}{1+\rho}, 1 \right]$,一般取 $\rho = 0.5$,则 $\gamma_{0i} \in (0.333, 1]$,这无法辨析两条序列不能存在关联或者关联性接近于0的情形,这与灰色关联度的规范性不一致.考虑到当 x 较小时, $e^x \approx 1+x$,且 e^x 具有非线性性以及光滑性特点,用 e^x 来代替 γ_{0i} 分母中的 $1+x$,以此来克服原有的灰色关联度构造中的不足。

定义3 设系统行为序列为

$$Z_0 = (z_0(1), z_0(2), \dots, z_0(n)),$$

$$Z_1 = (z_1(1), z_1(2), \dots, z_1(n)),$$

⋮

$$Z_i = (z_i(1), z_i(2), \dots, z_i(n)),$$

⋮

$$Z_m = (z_m(1), z_m(2), \dots, z_m(n)).$$

令

$$\gamma'(z_0(k), z_i(k)) = \frac{|z_0(k) - z_i(k)| - \min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{e^{-\frac{\min_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}{|z_0(k) - z_i(k)| + \rho \max_{i,k} |z_0(k) - z_i(k)|}}}, \quad (2)$$

$$\gamma'(Z_0, Z_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma'(z_0(k), z_i(k)),$$

则称 $\gamma'(Z_0, Z_i)$ 为 Z_0 与 Z_i 的指数关联度, 其中 ρ 为分辨系数.

命理 1 当 $x \leq 2.5$ 时, 灰色关联度 $\gamma'(z_0(k), z_i(k)) = e^{-x}$ 的分辨率大于 $\gamma(z_0(k), z_i(k)) = \frac{1}{1+x}$.

证明 只需考虑 e^{-x} 与 $\frac{1}{1+x}$ 的导数绝对值的大小关系. e^{-x} 、 $\frac{1}{1+x}$ 的导数绝对值分别为 e^{-x} 和 $\frac{1}{(1+x)^2}$. 由于很难从解析的角度直接证明二者的大小关系, 为此从数值角度进行分析, 如图 1 所示.

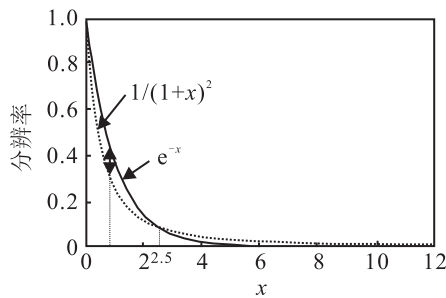


图 1 e^{-x} 与 $\frac{1}{1+x}$ 的分辨率大小关系比较图

由图 1 可见: 当 $x \leq 2.5$ 时, $e^{-x} > \frac{1}{(1+x)^2}$, 即新构造 $\gamma'_{0i}(z_0(k), z_i(k))$ 的分辨率大于 $\gamma_{0i}(z_0(k), z_i(k))$; 当 $x > 2.5$ 时, 二者十分接近, 分辨率的区分并不明显. 此外, $\gamma'_{0i}(z_0(k), z_i(k))$ 解决了关联度有下限的问题.

2 模型构建

设多属性多阶段决策问题 D , 评价对象集 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, 属性集 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, 阶段集 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_p\}$. 记在 t_k 阶段, 对象 s_i 在属性 a_j 的评价值为 $r_{ij}^k, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, p, \lambda_j^k$ 为 t_k 阶段属性 a_j 的权重, w_k 为时间权重, 且 $\sum_{j=1}^m \lambda_j^k = 1, \sum_{k=1}^p w_k = 1$, 则时间 t_k 下的决策矩阵 $R^k = (r_{ij}^k \otimes)$.

令 $r_j^{k+} = \max_{1 \leq i \leq n} \{r_{ij}^k\}, j = 1, 2, \dots, m$, 称 $r^{k+} = \{r_1^{k+}, r_2^{k+}, \dots, r_m^{k+}\}$ 为正理想方案, 则第 i 个被评价对象在 k 阶段属性测度值与正理想方案属性值的指数关联度为

$$\gamma_{ij}^{k+} = e^{-\frac{|r_{ij}^k - r_j^{k+}| - \min_{i,j} |r_{ij}^k - r_j^{k+}|}{\min_{i,j} |r_{ij}^k - r_j^{k+}| + \rho \max_{i,j} |r_{ij}^k - r_j^{k+}|}}$$

其中 $\rho = 0.5$. k 阶段属性权重为

$$\lambda_j^k = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{ij}^{k+}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \gamma_{ij}^{k+}} \quad (3)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, p$.

在动态多属性决策问题中, 如何科学合理地确定时间权重 $W = (w_1, w_2, \dots, w_p)$, 是得到合理的评价结果的关键. 时间权重向量 W 表示对不同时刻的重视程度. 又由于现实决策问题存在一定的波动性, 本文

采用偏差与灰熵相结合的方法来确定时间点的权重.

令 $r_j^{k-} = \min_{1 \leq i \leq n} \{r_{ij}^k\}, j = 1, 2, \dots, m$, 称 $r^{k-} = \{r_1^{k-}, r_2^{k-}, \dots, r_m^{k-}\}$ 为负理想方案, 则被评价对象 S_i 在 t_k 阶段的综合正、负偏差分别为

$$D_i^{k+} = \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k,$$

$$D_i^{k-} = \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k;$$

所有被评价对象的正、负综合偏差分别为

$$D^+ = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k w_k,$$

$$D^- = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k w_k.$$

时间权重的确定应使得正理想偏差总量最小, 负理想偏差总量最大, 相应地, 可转化为以下多目标规划问题:

$$\min D^+(w_k) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k w_k, \quad (4)$$

$$\max D^-(w_k) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k w_k; \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k=1}^p w_k = 1, w_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, p.$$

另一方面, 由于信息不全的决策系统的权重本身具有一定的不确定性, 应使时间权重序列的不确定尽量减少, 由极大熵原理可得

$$\max H(w) = - \sum_{k=1}^p w_k \ln w_k; \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k=1}^p w_k = 1, w_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, p.$$

进一步, 引入协调平衡系数 μ , 将式 (4)~(6) 三个优化目标转化为单目标最小化问题为

$$\min \left\{ \mu \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k w_k - \mu \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k w_k + (1 - 2\mu) \sum_{k=1}^p w_k \ln w_k \right\}; \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k=1}^p w_k = 1, w_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, p.$$

其中 $0 < \mu < 0.5$ 为 3 个目标函数的平衡协调系数, 可以根据实际情况分析而定. 本文考虑这 3 个目标的重要性为同等重要, 则取 $\mu = 1/3$.

下面构造拉格朗日函数, 根据极值存在的必要条件, 求解模型 (7) 可得

$$w_k = \exp \left\{ \left(\tau + \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k - \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k \right) / (1 - 2\mu) \right\}.$$

由于 $\sum_{k=1}^p w_k = 1$, 整理可得

$$w_k = \exp \left\{ \left(\mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k - \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k \right) / (1 - 2\mu) - 1 \right\} / \sum_{k=1}^p \exp \left\{ \left(\mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k - \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k \right) / (1 - 2\mu) - 1 \right\}, \quad (8)$$

则属性权重向量的最优解 $w = (w_1, w_2, \dots, w_p)$.

由上述求解的优化权重可得评价对象 S_i 综合评价值为

$$D_i^+ = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k+}| \lambda_j^k w_k, \quad (9)$$

$$D_i^- = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m |r_{ij}^k - r_j^{k-}| \lambda_j^k w_k. \quad (10)$$

计算贴近度 $d_i = D_i^+ / (D_i^+ + D_i^-)$, 并利用贴近度进行方案的排序.

3 实例分析

改革开放以来,我国实行了一系列的经济宏观政策来促进民营经济的起步与发展,使得民营企业从无到有,从少到多,从小到大不断发展,现在已经成为我国国民经济的重要组成部分.许昌市的民营经济在许昌经济发展中占据主要的地位,在许昌市的经济中发展快、贡献大、比重高.因此,对许昌市民营企业生产经营效率进行评价,进而为民营企业发展提供理论支持显得尤为重要.本文选择许昌市4家民营企业A、B、C、和D公司2009~2012年的生产经营状况,从10个指标对企业发展的影响程度、企业综合能力进行排序,如表1所示.表1中: J_1 表示R&D人员/职工总数, J_2 表示企业家管理素质, J_3 表示销售利润增长率, J_4 表示资产负债率, J_5 表示净资产收益率, J_6 表示主营产品市场占有率, J_7 表示市场覆盖率, J_8 表示总资产周转率, J_9 表示职工年培训投入经费, J_{10} 表示企业理念.

在上述属性中除了资产负债率为适中型外,其余均为效益型.为了消除属性量纲的影响,对效益型属性进行如下处理:

表 1 4家民营企业2009年~2012年生产经营情况

年份	公司	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}
2009	A	0.39	9	0.32	0.46	0.25	0.16	0.08	0.8	800000	9
	B	0.1	9	0.51	0.28	0.31	1.3	0.5	0.4	122400	8
	C	0.3	9.5	0.3	0.15	0.2	0.35	0.16	0.88	78000	9
	D	0.82	10	0.35	0.65	0.26	1.04	0.02	0.85	410000	9
2010	A	0.35	9	0.15	0.28	0.08	0.09	0.12	0.85	1000000	9
	B	0.11	9	0.53	0.3	0.32	1.5	0.55	0.41	152000	9
	C	0.3	9.4	0.25	0.08	0.15	0.29	0.18	0.91	80000	9
	D	0.09	10	0.6	0.69	0.4	0.94	0.02	0.85	510000	9
2011	A	0.37	9	0.71	0.33	0.13	0.1	0.12	0.9	1300000	9
	B	0.12	9	0.54	0.32	0.35	0.75	0.55	0.41	161700	9
	C	0.4	9.4	0.15	0.1	0.12	0.3	0.19	0.93	89000	9
	D	0.12	10	0.52	0.73	0.44	0.79	0.02	0.9	840000	9
2012	A	0.4	9	0.52	0.33	0.17	0.13	0.12	0.98	200000	9
	B	0.12	9	0.53	0.37	0.36	0.77	0.6	0.45	161700	9
	C	0.41	9.5	0.45	0.14	0.06	0.24	0.18	0.93	100000	9
	D	0.15	10	0.52	0.66	0.51	1.07	0.02	0.9	980000	9

$$X_{ij} = \frac{A_{ij}}{\max_j A_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

经属性变换后,属性值落在[0,1]之间.对于适中型属性资产负债率,一般认为在40%~60%对于企业是有利的.为此,本文选择50%作为适中值,对该属性作如下处理:

$$X_{ij} = 1 - \frac{|0.5 - A_{ij}|}{0.5}.$$

由于本文所选的企业该项属性 $0 < A_{ij} < 1$, 资产负债率属性转换后仍在[0,1]范围内.

由于评价系统 t_k 阶段的属性权重 λ_j^k 的合理性直接影响决策结果的合理性,为了得到合理的属性权重,由经典关联度和指数关联度分别计算出各属性的权重,即将式(1)和(2)代入(3)得到属性的权重为

$$\lambda_{旧} = \begin{bmatrix} 0.0812 & 0.1278 & 0.0971 & 0.0884 & 0.1090 \\ 0.0941 & 0.1295 & 0.0967 & 0.0825 & 0.0919 \\ 0.0952 & 0.1259 & 0.0955 & 0.0813 & 0.0890 \\ 0.0974 & 0.1244 & 0.1287 & 0.0836 & 0.0836 \\ 0.0882 & 0.0758 & 0.1164 & 0.0792 & 0.1269 \\ 0.0831 & 0.0778 & 0.1178 & 0.0804 & 0.1461 \\ 0.0958 & 0.0760 & 0.1185 & 0.0807 & 0.1421 \\ 0.0828 & 0.0739 & 0.1128 & 0.0731 & 0.1396 \end{bmatrix},$$

$$\lambda_{新} = \begin{bmatrix} 0.0712 & 0.1424 & 0.0971 & 0.0829 & 0.1156 \\ 0.0916 & 0.1462 & 0.0956 & 0.0733 & 0.0885 \\ 0.0929 & 0.1402 & 0.0950 & 0.0719 & 0.0842 \\ 0.0957 & 0.1377 & 0.1426 & 0.0763 & 0.0764 \\ 0.0823 & 0.0607 & 0.1244 & 0.0681 & 0.1533 \\ 0.0746 & 0.0658 & 0.1277 & 0.0701 & 0.1667 \\ 0.0935 & 0.0636 & 0.1273 & 0.0714 & 0.1599 \\ 0.0750 & 0.0609 & 0.1198 & 0.0596 & 0.1561 \end{bmatrix}.$$

关联度越大表明方案与正理想方案越接近, 所对应的属性指标权重越大; 关联度越小表明方案与正理想方案偏差越远, 所对应的属性权重越小. 从由经典邓氏关联度和指数关联度确定的 t_k 阶段的权重大小来看, 在某个阶段下, 属性权重大小的前后次序关系并没有改变. 在第 1 阶段, 10 个属性权重大小关系为 $\lambda_{10}^1 > \lambda_2^1 > \lambda_8^1 > \lambda_5^1 > \lambda_3^1 > \lambda_4^1 > \lambda_6^1 > \lambda_1^1 > \lambda_9^1 > \lambda_7^1$, 但由指数关联度确定的权重数值大小之间的差别增大, 如在经典邓氏灰色关联度下, $\lambda_{10}^1 - \lambda_7^1 = 0.0611$, 而在指数关联度下, $\lambda_{10}^1 - \lambda_7^1 = 0.0906$, 这增强了属性权重的区分度, 进而能提高决策的区分能力.

由式 (8) 可求得时间权重为

$$w = (0.2467, 0.2470, 0.2572, 0.2501).$$

由式 (9) 和 (10) 计算各方案的综合评价值为

$$(D_i^+) = (0.2816, 0.2791, 0.3547, 0.1698),$$

$$(D_i^-) = (0.2417, 0.2441, 0.1685, 0.3534),$$

则 $d = (0.5381, 0.5335, 0.6779, 0.3245)$.

由上述结算结果可知, C 公司的生产经营的综合情况在 4 个公司中表现最佳, A 公司与 B 公司的发展情况相差不大, D 公司的整体生产经营情况在 4 个公司中最差.

4 结 论

本文针对同一属性下不同方案的邓氏关联度大小区分较弱以及关联度存在下限的问题, 首先定义了能区分指标关联性强弱的分辨率, 分析了由经典邓氏关联度计算不同对象在同一指标下的关联度分辨率不高的原因, 提出了用指数函数替代经典邓氏关联度中的线性函数, 定义了指数函数关联度, 并证明了改进后的指数函数关联度能提高区分属性关联性强弱的精度. 采用指数函数关联度确定了属性权重, 构建了基于偏差和熵的确定时间权重的优化模型, 提出了一种基于指数函数的动态多属性关联决策模型, 并将其应用于许昌市民营企业的综合业绩评价中, 验证了该决策模型的可行性.

参考文献(References)

- [1] Bryson N, Mobolurin A. An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision making problems[J]. *European J of Operational Research*, 1996, 96(3): 379-386.
- [2] Sean B Eom. The intelligent development and structure of decision support system[J]. *Omega Int J of Management Science*, 1998, 26(5): 6392657.
- [3] Jahanshahloo G R, Hosseinzade L, Izadikhah M. An algorithmic method to extend TOPSIS for decision making problems with interval data[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2006, 175(2): 1375-1384.

- [4] 宋捷, 党耀国, 华增木. 基于灰色聚类的群决策方法研究[J]. *控制与决策*, 2010, 25(10): 1593-1597.
(Song J, Dang Y G, Hua Z M. Study on group decision-making method based on grey cluster model[J]. *Control and Decision*, 2010, 25(10): 1593-1597.)
- [5] 胡丽芳, 关欣, 何友. 一种新的灰色多属性决策方法[J]. *控制与决策*, 2012, 27(6): 895-898.
(Hu L F, Guan X, He Y. A new approach for grey multi-attribute decision making[J]. *Control and Decision*, 2012, 27(6): 895-898.)
- [6] 陈孝新, 刘思峰. 权重信息完全未知的灰色多属性群决策方法研究[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(5): 146-152.
(Chen X X, Liu S F. Study on grey multiple attribute group decision-making method without weight information[J]. *Chinese J of Management Science*, 2008, 16(5): 146-152.)
- [7] 刘培德, 关忠良. 属性权重未知的连续风险型多属性决策研究[J]. *系统工程与电子技术*, 2009, 31(9): 2133-2136.
(Liu P D, Guan Z L. Research on multiple attribute decision-making under risk with continuous random variable and weight unknown[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2009, 31(9): 2133-2136.)
- [8] 杨宝臣, 陈跃. 基于变权和 topsis 方法的灰色关联决策模型[J]. *系统工程*, 2011, 29(6): 106-112.
(Yang B C, Chen Y. Grey Relational Decision-making Model Based on Variable Weight and TOPSIS Method[J]. *Systems Engineering*, 2011, 29(6): 106-112.)
- [9] Wei Gui-Wu. Gra method for multiple attribute decision making with incomplete weight information in intuitionistic fuzzy setting[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2010, 23(3): 243-247.
- [10] Wen-Shing Lee, Yeong-Chuan Lin. Evaluating and ranking energy performance of office buildings using grey relational analysis[J]. *Energy*, 2011, 36(5): 2551-2556.
- [11] Ming-Shin Kuo, Gin-Shuh Liang. Combining vikor with gra techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, 38(3): 1304-1312.
- [12] Avinash Samvedi, Vipul Jain, Felix T S Chan. An integrated approach for machine tool selection using fuzzy analytical hierarchy process and grey relational analysis[J]. *Int J of Production Research*, 2012, 50(12): 3211-3221.
- [13] 谢乃明. 灰色系统建模技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学经济与管理学院, 2008.
(Xie N M. Research on the methods of grey systems modeling[D]. Nanjing: College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2008.)

(责任编辑: 滕 蓉)