

文章编号: 1001-0920(2012)07-1113-04

基于灰色系统理论的多属性群决策专家权重的调整算法

周延年, 朱怡安

(西北工业大学 计算机学院, 西安 710072)

摘要: 研究多属性群决策中专家权重的调整问题. 在得到专家主观权重的基础上, 提出一种权重调整算法. 通过计算专家个体决策结果与群体决策结果的灰色关联度并结合初始权重求得专家的综合权重, 运用专家的综合权重计算调整后的决策结果, 并据此继续对权重进行调整, 直至计算出稳定的权重和决策结果. 通过对嵌入式计算机的性能评价表明了该方法的可行性与实用性.

关键词: 群决策; 权重调整; 灰色系统理论; 灰色关联

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Algorithm for adjusting weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making based on grey system theory

ZHOU Yan-nian, ZHU Yi-an

(School of Computer Sciences, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China. Correspondent: ZHOU Yan-nian, E-mail: zhoyannian@hotmail.com)

Abstract: The problem of adjusting the weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making is studied. An algorithm of weight-adjusting is proposed on the basis of obtaining the subjective weights of decision-makers. The objective weights of decision-makers are calculated by the grey correlation degree between the decision results of the individual and the group and combining with the initial weight. The objective weights are taken as the value of adjusting-weight to adjust the weights of decision-makers. The result is calculated after the adjustment, and the weight-adjusting is continued on the basis of the new result. The steady weights and final result of group decision-making are calculated after the process of adjustment. Finally, a numerical example to evaluate the embedded computer shows the feasibility and practicability of the proposed algorithm.

Key words: group decision-making; weight-adjusting; grey system theory; grey correlation

1 引言

多属性决策是多目标决策的一种, 它是将具有多个属性(指标)的有限方案按照某种决策准则进行多方案选择和排序^[1-2]. 多属性群决策中专家权重的合理性直接影响着决策结果的准确性, 人们在这方面作了大量的研究工作. 文献 [3] 结合离差最大化的思想, 提出了一种确定专家权重的方法; [4] 将权重分为主观权重与客观权重两部分, 分别提出了各自的计算方法, 并利用凸组合将主观权重和客观权重集结为最终权重; [5] 通过比较群决策中各专家信息的相似程度, 确定各专家的相对群组可信度权重, 得出了专家判断信息合成时的各专家客观权重; [6] 提出了一种群决策中专家与指标的权值同时改变的调整方法; [7] 通

过计算专家个体决策结果与群体决策结果的偏差量并结合熵理论求得专家的客观权重.

专家权重是根据专家知识结构、研究方向、学术水平、工作经验以及对问题的熟悉程度等方面进行互评得到的, 这些影响因素存在着参数信息不完全和信息模糊不确定的问题. 灰色系统理论是处理这类问题的有力工具. 灰色系统是指信息不完全可知的系统^[8], 是由我国著名学者邓聚龙教授创立的. 灰色系统理论是利用已知信息来确定系统的未知信息, 使系统由“灰”变为“白”的过程^[9].

本文在得到专家主观权重的基础上, 利用灰色关联度计算专家的客观权重, 并将其作为专家的调整权重. 根据调整后的权重计算新的决策结果, 将前后两

收稿日期: 2010-12-02; 修回日期: 2011-03-01.

基金项目: 国家自然科学基金项目(60573101).

作者简介: 周延年(1981—), 男, 博士生, 从事嵌入式计算机性能评估、系统测试等研究; 朱怡安(1961—), 男, 教授, 博士生导师, 从事嵌入式计算机、高性能计算等研究.

次决策结果进行比较, 最终的群决策结果应趋于稳定. 若决策结果不稳定, 则继续进行调整专家权重, 直至获得稳定的决策结果.

2 基于灰色系统理论的专家权重调整算法

2.1 问题描述

设参与决策的专家群体 $D = (d_1, d_2, \dots, d_s)$, 通过层次分析法确定专家 d_k 的权重为 λ_k , 其中 $0 \leq \lambda_k \leq 1, k = 1, 2, \dots, s, \sum_{k=1}^s \lambda_k = 1$. 多属性群决策的备选方案集合为 $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, 评价属性集合为 $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$, 属性 c_j 的权重为 w_j , 满足 $0 \leq w_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, m, \sum_{j=1}^m w_j = 1$.

专家 d_k 对备选方案 f_i 关于属性 c_j 评定后, 可得到备选方案的评分矩阵 $A_k = (a_{ij}^k)_{nm}$.

通过初始得到的专家权重和属性权重, 计算出单个专家关于各个方案的得分

$$x_k(i) = \sum_{j=1}^m a_{ij}^k w_j, \quad (1)$$

以及专家群决策结果关于各个方案的得分

$$x_0(i) = \sum_{k=1}^s x_k(i) \lambda_k. \quad (2)$$

2.2 算法基本思想及实现步骤

灰色关联分析^[10]的基本思想是根据数列的几何关系来判别因素间的关联程度. 若两条曲线形状相似, 则关联度较大; 否则关联度较小.

借鉴灰色关联分析理论, 将群体决策视为参考序列, 将专家个体决策视为比较序列, 通过计算各个比较序列的灰色关联度, 分析专家个体决策与群体决策之间的相似度. 显然, 关联度最大的专家决策对群体决策的影响最大, 权重也最大.

应用灰色关联度能有效、客观地调整专家权重, 其具体步骤如下:

Step 1: 确定参考序列与比较序列. 经上述分析, 将群体决策结果视为参考序列 x_0 , 专家个体决策视为比较序列 $x_k, k = 1, 2, \dots, s$, 有

$$\begin{aligned} x_0 &= (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)), \\ x_k &= (x_k(1), x_k(2), \dots, x_k(n)). \end{aligned}$$

Step 2: 计算比较序列 $x_k(k = 1, 2, \dots, s)$ 与参考序列 x_0 的关联系数, 即

$$\xi_{0k}(l) = \frac{m + M\eta}{\Delta_{0k}(l) + M\eta}. \quad (3)$$

其中: $\Delta_{0k}(l) = |x_0(l) - x_k(l)|, m = \min_k \min_l \Delta_{0k}(l), M = \max_k \max_l \Delta_{0k}(l), \eta \in [0, 1]$ 为分辨系数, 是一个事先取定的常数.

Step 3: 计算参考序列与比较序列之间的灰色关联度, 即

$$R_{0k} = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \xi_{0k}(l). \quad (4)$$

Step 4: 调整专家权重. 为了防止追求意见上的一致而忽略了专家对结果的影响, 还需从专家个体的权重继续调整专家的权重, 有

$$\lambda'_k = \lambda_k R_{0k} \sum_{k=1}^s \frac{1}{(\lambda_k R_{0k})}. \quad (5)$$

通过对初始专家权重的调整, 由式(2)和新的专家权重 λ'_k 计算新的群体决策结果 $x'_0 = (x'_0(1), x'_0(2), \dots, x'_0(n))$. 定义群体决策值 x_0 和 x'_0 的距离为

$$L(x_0, x'_0) = \sqrt{\sum_{l=1}^n (x_0(l) - x'_0(l))^2}. \quad (6)$$

设定阈值 r , 若 $L(x_0, x'_0) \leq r$, 则两次结果偏差很小, 认为决策结果趋于稳定一致, 调整过程结束, 并将 x'_0 作为最终评价结果; 否则, 令 $\lambda_k = \lambda'_k, x_0 = x'_0$, 使用以上算法继续调整专家权重.

根据灰色关联分析理论的计算思路, 以灰色关联度作为专家权重的调整值, 该调整算法必定收敛.

3 实例分析

下面以 3 种嵌入式计算机为例, 具体介绍该方法的应用. A 型嵌入式计算机是一种常用的嵌入式计算机, B 型嵌入式计算机是 A 型嵌入式计算机的改进型, C 型嵌入式计算机是一种旧型嵌入式计算机. 邀请 4 位专家对这 3 种嵌入式计算机进行评价, 具体步骤如下所示:

Step 1 确定方案集合 F , 属性集合 C 和专家集合 D .

根据嵌入式计算机性能参数指标和能够适应未来发展的需求, 构建了 3 层评价指标体系, 如图 1 所示. 显然, 方案集为 $F = (f_1, f_2, f_3)$, 指标集为 $C = (c_1, c_2, \dots, c_{20})$, 决策专家集为 $D = (d_1, d_2, d_3, d_4)$.

Step 2 确定评分矩阵. 专家 d_k 对备选方案 f_i 评定后, 得到备选方案的评分矩阵为 $A_k, k = 1, 2, 3, 4$.

$$\begin{aligned} A_1 &= \begin{bmatrix} 6 & 4 & 7 & 6 & 5 & 6 & 8 & 7 & 6 & 8 & 5 & 4 & 6 & 6 & 5 & 5 & 7 & 5 & 6 & 7 \\ 8 & 6 & 8 & 6 & 8 & 7 & 8 & 7 & 8 & 9 & 6 & 7 & 8 & 7 & 7 & 6 & 8 & 6 & 8 & 7 \\ 5 & 3 & 5 & 4 & 5 & 4 & 6 & 7 & 5 & 5 & 3 & 4 & 5 & 4 & 4 & 5 & 6 & 5 & 7 & 7 \end{bmatrix}, \\ A_2 &= \begin{bmatrix} 7 & 5 & 8 & 7 & 6 & 6 & 8 & 8 & 5 & 7 & 6 & 5 & 7 & 6 & 6 & 5 & 8 & 6 & 5 & 5 \\ 7 & 6 & 8 & 7 & 6 & 7 & 8 & 8 & 6 & 8 & 8 & 7 & 8 & 6 & 7 & 6 & 8 & 6 & 7 & 7 \\ 4 & 3 & 6 & 6 & 3 & 2 & 6 & 4 & 3 & 5 & 5 & 2 & 6 & 6 & 5 & 4 & 7 & 4 & 4 & 7 \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

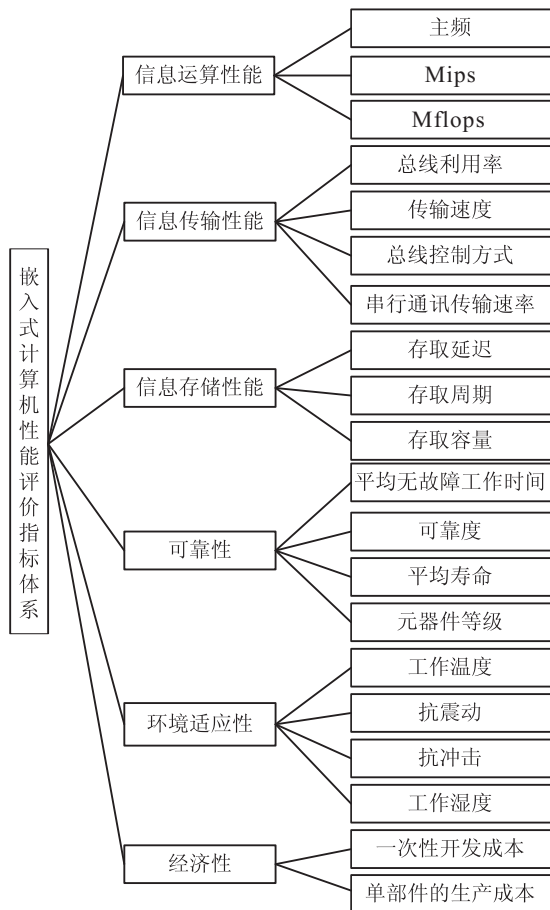


图1 嵌入式计算机性能评价指标体系

$A_3 =$

$$\begin{bmatrix} 5 & 5 & 4 & 4 & 6 & 5 & 7 & 5 & 7 & 8 & 4 & 6 & 7 & 6 & 7 & 7 & 7 & 6 & 7 & 6 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 5 & 5 & 7 & 7 & 8 & 7 & 7 & 7 & 7 & 8 & 8 & 7 & 8 & 7 \\ 5 & 3 & 4 & 4 & 5 & 3 & 5 & 5 & 5 & 5 & 2 & 4 & 4 & 4 & 4 & 5 & 6 & 5 & 7 & 5 \end{bmatrix},$$

$A_4 =$

$$\begin{bmatrix} 7 & 4 & 7 & 5 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 8 & 6 & 6 & 6 & 6 & 7 & 5 & 7 & 5 & 7 & 7 \\ 8 & 7 & 8 & 7 & 8 & 7 & 8 & 7 & 8 & 8 & 8 & 7 & 8 & 7 & 7 & 7 & 8 & 6 & 8 & 7 \\ 6 & 2 & 5 & 4 & 3 & 4 & 4 & 4 & 5 & 7 & 4 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 & 4 & 5 & 8 \end{bmatrix}.$$

Step 3 确定专家权重和指标权重. 根据 AHP 和 Delphi 法确定专家权重和属性权重^[11](具体过程略), 得到专家权重为

$$\lambda = (0.191, 0.46, 0.056, 0.29),$$

属性权重为

$$w = (0.086, 0.015, 0.142, 0.039, 0.039, 0.025, 0.030, 0.055, 0.074, 0.074, 0.061, 0.052, 0.095, 0.038, 0.032, 0.024, 0.037, 0.024, 0.028, 0.030).$$

Step 4 确定参考序列和比较序列. 利用式(1), 计算得到专家个体决策结果为

$$x_1 = (6.158, 7.516, 4.955),$$

$$x_2 = (6.599, 7.288, 4.774),$$

$$x_3 = (5.803, 7.276, 4.457),$$

$$x_4 = (6.292, 7.642, 4.915).$$

再结合式(2)得到专家群组决策为

$$x_0 = (6.405, 7.762, 4.852).$$

则参考序列 x_0 和比较序列 $x_k (k = 1, 2, 3, 4)$ 分别为

$$x_0 = (6.405, 7.762, 4.852),$$

$$x_1 = (6.158, 7.516, 4.955),$$

$$x_2 = (6.599, 7.288, 4.774),$$

$$x_3 = (5.803, 7.276, 4.457),$$

$$x_4 = (6.292, 7.642, 4.915).$$

Step 5 计算比较序列的关联度. 由式(3)和(4), 计算比较序列的关联度 R_{0k} , 有

$$R_{01} = 0.2686, R_{02} = 0.2604,$$

$$R_{03} = 0.1982, R_{04} = 0.2728.$$

Step 6 调整专家权重. 根据式(5)得到新的专家权重 λ' , 有

$$\lambda' = (0.195, 0.455, 0.042, 0.308).$$

设定阈值 $r = 0.00003$, 由专家权重 λ' 和式(2)计算新的专家群决策值为

$$x'_0 = (6.3850, 7.4373, 4.8393).$$

由式(6)进行一致性检验, 由 $L(x_0, x'_0) > r$, 则需对专家权重进一步调整, 具体调整过程如表1所示.

表1 专家权重变换表

专家	专家权重				
	0	1	2	3	4
1	0.191	0.1949	0.1962	0.1975	0.1992
2	0.46	0.4551	0.4545	0.4516	0.4464
3	0.056	0.0422	0.0323	0.0246	0.0186
4	0.297	0.3078	0.3170	0.3262	0.3358

在本例中, 经4次迭代调整后, 决策结果趋于稳定, 此时新的专家权重为

$$\lambda' = (0.1992, 0.4464, 0.0186, 0.3358).$$

由式(2)计算群决策, 结果为

$$x'_0 = (6.3933, 7.4485, 4.8515).$$

对结果排序得 $x'_0(2) > x'_0(1) > x'_0(3)$. 由此可知, B型嵌入式计算机的效能最优, A型次之, C型最末. 评价结果与实际使用中的性能表现相符.

由表1可以看出专家的权重发生了变化. 通常情况下, 邀请的专家都应该是能力相当的且权重差距不大. 但从专家初始权重(见表1的第1列)可知2号专家的权重最大, 1号和4号专家权重居中, 3号专家的权重非常小, 即3号专家在评价中的作用不大, 可将3号专家的权重适当降低, 保证其他权重尽可能

差距不大. 显然, 经过本文算法调整后, 2 号和 3 号专家的权重逐渐降低, 1 号和 4 号专家的权重缓慢上升, 从而降低了 1 号、2 号和 4 号专家权重之间的差距, 这个结果更加符合实际.

4 结 论

本文研究的基于灰色系统理论的多属性决策专家权重调整算法是在主观权重确定的基础上, 利用灰色关联分析理论计算客观权重, 对专家权重进行调整. 这种方法揭示了专家个体信息与专家群体信息之间隐含的客观信息. 通过调整得到的较为合理的专家权重, 评价结果比较符合实际情况, 具体算例验证了该方法的可行性. 该方法同样适用于多属性大群体决策的专家权重调整.

参考文献(References)

[1] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003. (Yue C Y. Decision making: Theories and methods[M]. Beijing: Science Press, 2003.)

[2] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000. (Hu Y H, He S H. Comprehensive evaluation[M]. Beijing: Science Press, 2000.)

[3] 马永红, 周荣喜, 李振光. 基于离差最大化的决策者权重的确定方法[J]. 北京工业大学学报, 2007, 34(2): 177-180. (Ma Y H, Zhou R X, Li Z G. The method of determining the weights of decision-makers based on the maximizing deviation[J]. J of Beijing University of Chemical Technology, 2007, 34(2): 177-180.)

[4] 宋光兴, 邹平. 多属性群决策中决策者权重的确定方法[J]. 系统工程, 2001, 19(4): 84-89. (Song G X, Zou P. The method of determining the weights

of the decision-maker in multi-attribute group decision-making[J]. Systems Engineering, 2001, 19(4): 84-89.)

[5] 梁燧, 熊立, 王国华. 一种群决策中专家客观权重的确定方法[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(4): 652-655. (Liang L, Xiong L, Wang G H. New method for determining the objective weigh of decision makers in group decision[J]. Systems Engineering and Electronics, 2005, 27 (4): 652-655.)

[6] 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 a group decision-making[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(1): 45-48.)

[7] 万俊, 邢焕革, 张晓晖. 基于熵理论的多属性群决策专家权重的调整算法[J]. 控制与决策, 2010, 25(6): 907-910. (Wang J, Xing H G, Zhang X H. Algorithm of adjusting weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making based on entropy theory[J]. Control and Decision, 2010, 25(6): 907-910.)

[8] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1996. (Deng J L. Basic methods of grey system[M]. Wuhan: Technology Press of Huazhong University, 1996.)

[9] Deng J L. Control problems of grey system[J]. System and Control Letters, 1982 (5): 288-294.

[10] Deng J L. Introduction to grey system theory[J]. J of Grey System, 1989, (1): 1-24.

[11] 陈卫, 方廷健, 马永军. 基于 Delphi 法和 AHP 法的群体决策研究及应用[J]. 计算机工程, 2003, 29(5): 18-20. (Chen W, Fang T J, Ma Y J. Research on group decision based on Delphi and AHP[J]. Computer Engineering, 2003, 29(5): 18-20.)

下 期 要 目

一种基于预分块和滑动窗口的重复数据消除方法..... 王 灿, 等

基于模糊核 c-means 算法的位置指纹聚类..... 李 方, 等

一种基于粒子群算法的改进多目标文化算法..... 吴亚丽, 徐丽青

基于直觉模糊和证据理论的混合型偏好信息集结方法..... 史 超, 等

多属性群决策中基于数据稳定性与主观偏好的综合熵权法..... 周荣喜, 等

基于拟蒙特卡罗方法的概率假设密度多目标跟踪..... 张 慧, 等

期权契约中风险态度对最优决策的影响..... 王丽丽, 等

基于综合云的不确定语言多准则群决策方法..... 王坚强, 刘 淘

基于演化博弈论的 WSNs 信任决策模型与动力学分析..... 沈士根, 等