

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.007

## 基于综合集成赋权法的灰色局势决策

董鹏<sup>1,2</sup>, 吴婉秋<sup>3</sup>, 罗朝晖<sup>1</sup>

(1. 海军工程大学 管理工程系, 湖北 武汉 430033; 2. 华中科技大学 管理学院, 湖北 武汉 430074;  
3. 武汉市发展和改革委员会, 湖北 武汉 430014)

**摘要:** 针对传统灰色局势决策将各指标等权划分不合理问题, 提出综合集成赋权法。通过主观赋权法将决策者的偏好反映在权重的计算之中, 将主客观赋权法相结合, 对主观赋权法、客观赋权法和综合集成赋权法进行比较分析。结果表明, 该方法能很好解决决策过程中主观与客观相统一的问题, 综合集成赋权法能达到更满意的效果。

**关键词:** 权重; 灰色局势决策; 熵

**中图分类号:** C934; O236 **文献标识码:** A

## Grey Decision-Making Based on Synthesized and Integration Weighing

Dong Peng<sup>1,2</sup>, Wu Wanqiu<sup>3</sup>, Luo Zhaohui<sup>1</sup>

(1. Dept. of Management Science, Naval Univ. of Engineering, Wuhan 430033, China;  
2. School of Management, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;  
3. Wuhan Municipal Development & Reform Commission, Wuhan 430014, China)

**Abstract:** In order to solve the irrationality problem of equal weighing in grey decision-making, the paper put forward synthesized and integration weighing method. Adding the decision maker's inclination into the process of weighing making by using subjective method and uniting subjectivity and objectivity, this method compares with another two-subjective and objective weighing making. Result indicates that synthesized and integration weighing method can solve the uniting problem of subjective and objective during the decision making process, and an even more satisfactory effect can be achieved by this method.

**Keywords:** weighing; grey-decision making; entropy

### 0 引言

灰色局势决策是灰色系统中重要的决策方法之一, 在实际工作得到了广泛应用, 但也存在明显的理论缺陷, 即在计算效果测度  $r_{ij}^{\Sigma}$  时, 传统灰色局势决策采用  $r_{ij}^{\Sigma} = \frac{1}{L} \sum_{p=1}^L r_{ij}^p, (p=1, 2, 3, \dots, L)$  的方法, 实际上是将各项指标等权划分<sup>[1-5]</sup>。文献[1]对此进行了探讨, 文献[2]提出用熵来解决此问题。前者属于主观赋权法, 虽然反映了决策者的主观判断或直觉, 但会产生一定的主观随意性; 后者属于客观赋权法, 虽然通常利用比较完善的数学理论与方法, 但忽视了决策者的主观信息。故在文献[2]的基础上提出综合集成赋权法, 将主客观赋权法相结合, 使所确定的权重系数同时体现主观信息和客观信息。

### 1 综合集成赋权法的基本原理

综合集成赋权法是将主观赋权法和客观赋权法相结合, 力求在权重的确定上达到主观与客观的统一, 既充分保留各指标值传递的信息, 又可通过人的知识经验对客观权重加以修正。为不失一般性,

笔者选取比较有代表性的本征向量法为主观赋权法, 选取熵权法为客观赋权法。令  $v_i^{(1)}$  表示本征向量法得到的第  $i$  个指标的主观权重,  $v_i^{(2)}$  表示第  $i$  个指标的熵权, 则第  $i$  个指标的最终权重为:

$$w_i = (v_i^{(1)})^{\alpha} (v_i^{(2)})^{\beta} / \sum_{i=1}^m (v_i^{(1)})^{\alpha} (v_i^{(2)})^{\beta} \quad (1)$$

式中:  $\alpha$ 、 $\beta$  分别为主观权重与客观权重的相对重要程度,  $0 \leq \alpha, \beta \leq 1, \alpha + \beta = 1$ 。

### 2 基于综合集成赋权法的灰色局势决策

基于综合集成赋权法的灰色局势决策是在综合人的知识经验信息和指标值信息基础上, 根据某些准则对各局势(局势是事件和对策的二元组合)所产生实际效果进行测度, 计算每一方案综合效果测度, 据此进行方案的排序优选<sup>[6-8]</sup>。具体算法如下:

1) 事件集  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i\} (i = 1, 2, \dots, n)$ , 对策  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_j\} (j = 1, 2, \dots, m)$ 。这里的事件是指需要做出决策的活动或过程, 所谓对策就是基于事件而做出行动或使用的某种解决方案;

2) 取集合  $A$  与  $B$  的笛卡儿积  $S = A \times B =$

收稿日期: 2010-07-14; 修回日期: 2010-08-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70471042, 70601011); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-06-0653)

作者简介: 董鹏(1980-), 男, 山东人, 博士研究生, 讲师, 从事预测与决策、网络优化等方向研究。

$\{s_{ij} = (a_i, b_j) | a_i \in A, b_j \in B\}$  为局势集, 即由事件和某一对策组成一个二元组, 表示决策过程和内容;

3) 目标序数列  $1, 2, \dots, p$ , 为  $P$  个目标, 构建决策指标集, 作效果测度变换, 计算局势  $s_{ij}$  在  $p$  目标下的效果测度  $r_{ij}^p, 0 \leq r_{ij}^p \leq 1 (i = 1, 2, \dots, m)$ , 其中,  $r_{ij}^{(p)}$  为统一后的效果测度值。求法规则如下:

正极性指标, 即取值越大越好的目标, 采用上限效果测度:

$$r_{ij}^{(k)} = u_{ij}^{(k)} / \max_i \max_j u_{ij}^{(k)} \quad (2)$$

负极性指标, 即取值越小越好的目标, 采用下限效果测度:

$$r_{ij}^{(k)} = \min_i \min_j u_{ij}^{(k)} / u_{ij}^{(k)} \quad (3)$$

中性指标, 即取值适度为宜的目标, 采用中心效果测度:

$$r_{ij}^{(k)} = \min\{u_{ij}^{(k)}, u_0\} / \max\{u_{ij}^{(k)}, u_0\} \quad (4)$$

其中,  $u_0 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L u_i^{(p)}$ 。

4) 本征向量法计算第  $i$  个指标主观权重  $v_i^{(1)}$ ;

5) 熵权法计算第  $i$  个指标熵权  $v_i^{(2)}$ ;  $v_i^{(2)} = g_i / \sum_{i=1}^m g_i$ ,  $g_j$  为差异系数,  $g_j$  越大, 指标越重要, 计算公式为  $g_j = 1 + k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$ , 其中  $k > 0$ , 取  $k = 1/\ln m$ ,  $p_{ij} = x_{ij} / \sum_{j=1}^m x_{ij}$ , 为第  $j$  方案指标值比重;

6) 按照式 (1), 根据需要取定  $\alpha$  和  $\beta$ , 计算第  $i$  个指标的最终权重  $w_i$ ,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ;

7) 计算综合效果测度  $R_{ij}^\Sigma, R_{ij}^\Sigma = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m r_{ij}^p w_p$ ;

8) 找出事件  $a_i$  的满意局势  $s_{ij}^* = (a_i, b_j)$  使得  $R_{ij}^{\Sigma*} = \max R_{ij}^\Sigma$ ; 其中  $b_j^*$  为  $a_i$  的满意对策。

### 3 实例分析

表 1 决策分析指标体系

序号	指标	说明	极性
1	重量	水箱重量, 在航天技术中希望重量尽可能小。	负极
2	体积	水箱体积, 选作通用件的时候希望尽可能大。	正极
3	研发费用	研发费用, 考虑它涉及到设计质量、时间, 因此选择适中极性以保证质量。	中性
4	生产费用	生产费用直接关系产品成本, 应在保证质量下, 尽可能减少生产费用。	负极

在航天飞行器的研制中, 水箱的选择非常重要。

选择过程中所要考虑的指标及各指标的说明如表 1, 有关数据如表 2。

表 2 备选水箱的各类指标原始数据

型 号	指标			
	重量 $u^{(1)}/\text{kg}$	体积 $u^{(2)}/\text{m}^3$	研发费用 $u^{(3)}/\text{k\$}$	生产费用 $u^{(4)}/\text{k\$}$
1	30.43	146.70	292.82	682.51
2	6.97	35.67	189.37	100.76
3	1.93	9.61	167.83	164.60
4	20.73	129.41	155.77	439.11
5	2.36	10.53	32.59	70.60
6	1.20	5.23	71.86	237.20
7	2.68	5.45	146.17	86.12
8	40.36	196.50	464.31	865.29
9	9.88	42.42	278.24	140.20

为了量化决策者的偏好程度, 对 4 个指标  $u^{(1)}$ 、 $u^{(2)}$ 、 $u^{(3)}$ 、 $u^{(4)}$  进行两两比较, 比较的结果即为判断矩阵。通常的做法是聘请多名专家, 得到几个判断矩阵, 再对各判断矩阵的结果进行加权, 求得权重。为叙述简便, 笔者特请 5 名专家参加了讨论, 一致认为 4 个指标的判断矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 2 & 4 \\ 2 & 1 & 3 & 5 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/4 & 1/5 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 3.1 效果测度

根据表 2 的数据, 建立效果样本矩阵, 按照算法步骤 3), 根据极性选择对重量、体积、研发费用和生产费用各指标进行效果测度: 其中重量  $u^{(1)}$  和生产费用  $u^{(4)}$  的效果测度计算参照式 (3), 体积  $u^{(2)}$  的效果测度计算参照式 (2), 研发费用  $u^{(3)}$  的效果测度计算参照式 (4)。最终计算结果见表 3。

表 3 效果测度值

重量	体积	研发费用	生产费用
0.039 4	0.746 6	0.682 6	0.103 4
0.172 2	0.181 5	0.947 4	0.700 7
0.621 8	0.049	0.839 6	0.428 9
0.057 9	0.658 6	0.779 3	0.160 8
0.508 5	0.053 6	0.163	1
1	0.026 6	0.359 5	0.297 6
0.447 8	0.027 7	0.731 3	0.819 8
0.029 7	1	0.430 5	0.081 6
0.121 5	0.215 9	0.718 4	0.503 6

#### 3.2 权重计算

通过计算, 上述判断矩阵的最大本征值  $\lambda_{\max} = 4.236 95$ , 一致性指标  $CI = 0.079$ ,  $CR = 0.088 < 0.1$ , 通过一致性检验。计算  $\lambda_{\max}$  的本征向量, 得权重向量为:  $w = \{0.292 8, 0.473, 0.112 7, 0.121 5\}$ 。

按照熵权法<sup>[2]</sup>计算权重, 最后按照算法步骤 4)、5)、6), 根据式 (1) 计算得到最终权重, 如表 4 (取  $\alpha = 1/2, \beta = 1/2$ )。

(下转第 30 页)

对比。从图 2、图 3 中可以看出，不同雷达在给出的最小干扰距离时，对雷达的干信比满足干扰要求：在自卫式干扰情况下，地面跟踪雷达探测距离不大于 5 km；爱国者反导系统雷达不大于 15 km，能够对防御方的雷达起到遮蔽效果，达到作战要求。

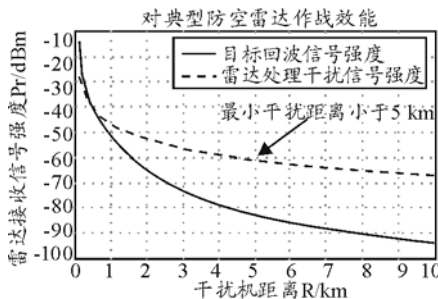


图 3 对典型防空雷达作战效能图

### 3 结束语

在现代高技术战争条件下，该研究对导弹攻防

\*\*\*\*\*

(上接第 27 页)

表 4 3 种赋权方法计算结果

计算方法	重量	体积	研发费用	生产费用
本征向量法	0.292 8	0.473	0.112 7	0.121 5
熵权法	0.191	0.131 8	0.380 8	0.296 3
综合集成法	0.267 8	0.282 8	0.234 6	0.214 8

根据熵权法的结果，研发费用和生产费用是优先考虑因素，而实际操作中，重量和体积应该是优先考虑因素，这说明仅仅依靠数据本身的信息来计算权重是不合理的，应该对熵权法计算所得权重修正。用本征向量法修正后，体积的权重最大，重量其次，然后是研发费用和生厂费用，符合实际情况。

#### 3.3 局势决策

根据计算出的权重，根据算法步骤 7)、8)对 9 个方案进行综合效果测度，如表 5。

表 5 最优决策表

计算方法	综合效果测度值	最优决策
本征向量法	(0.113 5, 0.082, 0.088, 0.109, 0.078 5, 0.095 5, 0.081 6, 0.135, 0.07)	方案 8
熵权法	(0.099 1, 0.156 3, 0.143, 0.110 6, 0.115 6, 0.104 9, 0.152 6, 0.081 4, 0.118 6)	方案 2
综合集成法	(0.101, 0.117 6, 0.117 4, 0.104 8, 0.101 1, 0.105 9, 0.118 9, 0.102 3, 0.092 6)	方案 7

从各方案的数据可以看出，方案 8 的体积很大，但是重量和生产费用都偏高。方案 2 的各指标比较合理，但是与方案 7 相比，它的重量、研发费用和生产费用 3 项指标都不够好。尽管方案 7 的体积指标偏低，但是由于其他 3 项指标都很优，因此为最佳方案，其次是方案 2。

对抗具有实际意义和应用价值。

### 参考文献:

- [1] 陆伟宁. 弹道导弹攻防对抗技术[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2007.
- [2] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.
- [3] 王黎光, 景占荣. 巡航导弹弹载干扰机性能分析与仿真[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(14): 3838-3846.
- [4] 李丹, 童天爵, 毛少杰, 等. 雷达网电子对抗仿真及雷达自卫距离的修正[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(5): 1388-1390.
- [5] 车志宇, 关成斌, 王国宏. 压制干扰条件下雷达探测区域研究[J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 2009, 12(3): 47-51.
- [6] 刘明辉, 冯占林, 戴劲峰. 雷达网电子对抗建模及评估方法研[J]. 微计算机信息, 2008, 24(13): 237-239.
- [7] 邢福成, 康锡章, 王国宏. 干扰下雷达网的威力范围[J]. 火力指挥与控制, 2006, 31(7): 90-92.
- [8] 鲍鸿飞, 赵祚德, 杜毅. DEA方法在水雷障碍效能评估中的应用[J]. 四川兵工学报, 2009(1): 66-68.

### 4 结束语

与文献[2]相比，该方法在各指标权重的确定上，不仅考虑了客观数据所提供的信息，也考虑了决策者的意图，使得整个决策过程既有逻辑的推理也有专家的经验判断，而且两者可靠程度的大小可通过取不同的  $\alpha$  和  $\beta$  值来实现，具有更好的科学性和可操作性。需要说明的是，指标间判断矩阵的获得，通常是多名专家共同意见的结果，而专家之间的权威性应充分反映在本征向量法的计算过程中，下一步，笔者将对该问题做进一步的探讨。

### 参考文献:

- [1] 李茂林. 多目标灰局势决策方法的改进及其应用[J]. 乐山师范学院学报, 2005, 20(12): 9-10.
- [2] 黄裕新, 余桂兰. 熵权法在灰色局势决策中的应用[J]. 武汉科技学院学报, 2006, 19(2): 77-79.
- [3] 陈德军, 张曙红, 陈绵云. 灰色一般局势决策及其应用研究[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 4(26): 423-425.
- [4] Thomas, L.D. Commonality analysis using clustering methods[J]. Operations Research, 1991, 39(4): 677-680.
- [5] 吴福初, 吴杰, 邹平. 基于灰色局势决策的空舰导弹方案优选研究[J]. 兵工自动化, 2008, 27(11): 18-19.
- [6] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 201-202.
- [7] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003: 425-443.
- [8] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 180-204.
- [9] 张昊, 殷硕, 程志高, 等. 基于神经网络的武器装备维修费用灰色预测[J]. 四川兵工学报, 2009(5): 52-54.