

基于均方差的模糊物元法在黄河流域节灌 工程项目决策中的应用

张先起¹, 刘慧卿², 梁川¹

(1. 四川大学 水电学院, 四川 成都 610065; 2. 华北水利水电学院, 河南 郑州 450008)

摘 要: 针对节灌工程项目决策中各指标具有独立性和不相容性, 以及指标的选择与评价标准具有一定模糊性的特点, 提出了一种基于模糊物元分析的项目决策新方法。通过建立从优隶属度和关联度模糊物元来形成判断矩阵, 采用均方差计算各指标的权重, 然后根据计算获得关联度的大小对各投资方案进行排序, 从而确定最优决策方案。将该模型应用在黄河流域节灌工程项目决策中, 验证了其可行性及合理性。

关键词: 模糊物元; 节水灌溉; 项目; 应用

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2006)04-0071-03

中图分类号: O159

Application of Fuzzy Matter-Element Method Based on Standard Deviation to Decision-making of Water-saving Project

ZHANG Xian-qi¹, LIU Hui-qing², LIANG Chuan¹

(1. College of Hydroelectric Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China;

2. North China Institute of Water Conservancy and Hydrøelectric Power, Zhengzhou, Henan 450008, China)

Abstract: According to the independence and non-compatibility of indexes in the decision-making of water-saving irrigation and the fuzziness in the choice of indexes and criterion, a new method based on the fuzzy matter-element is proposed for the project decision. The model begins with building the matter-element of optimal subordinate degree and relational grade and calculating the coefficient of weight by standard deviation. At last, the optimal scheme is selected by the relational grade. The outcome of the application to the water-saving irrigation decision in the watersheds of the Yellow River shows that the model is feasible and reasonable.

Key words: fuzzy matter-element; water-saving irrigation; project; application

水资源供需矛盾是黄河流域所面临的重大问题, 加强节水灌溉工程建设, 大力推广节水灌溉技术是缓解黄河流域水资源供需矛盾的主要手段之一, 也是实现流域水资源可持续利用的重要措施。在大力推广节水灌溉工程建设的过程中, 常常会面临多个地区、多种方案的投资决策。一般情况下, 是对多个申请方案综合比较、系统分析, 然后确定投资方案, 所采用的方法多是对各指标综合打分, 累计最高者为最优。但在节灌工程项目决策中需要综合考虑技术、经济、社会等各方面的因素, 评价指标体系庞大而复杂, 且各评价指标之间有时不相容, 常常会由于决策者的主观性或是评价指标的模糊性而影响到决策的结果。科学、合理、快速的决策可以有效地避免在推广节灌工程建设中的盲目性和随意性, 避免造成人力、物力及财力的浪费, 充分发挥资金的效益, 对于区域经济的

可持续发展具有重要意义。近年来, 模糊物元在军事、企业管理和工程技术中的应用表明其独特的适应性和较好的效果^[1-3], 将基于均方差的模糊物元法应用于黄河流域节灌工程项目决策中, 可以有效地解决权重计算以及决策优选问题, 而且思路清晰, 结果合理。

1 模糊物元分析评价法

1.1 物元及物元矩阵

物元分析理论属于交叉边缘学科, 常用于研究不相容问题的规律^[1-2]。在物元分析中, 所描述的事物 M 及其特征 C 和量值 x 共同组成物元 $R = (M, C, x)$ 或 $R = [M, C, C(M)]$, 如果某一事物需要 n 个特征 C_1, C_2, C_n 及其相应的量值 x_1, x_2, \dots, x_n 来描述, 则称它为 n 维物元, 并可用矩阵表示:

收稿日期: 2005-03-16

资助项目: 四川省学术带头人培养基金资助项目(3200118); 云南省水资源开发利用评价方法研究资助项目(03H120)

作者简介: 张先起(1975—), 男(汉族), 河南省新乡市人, 工程师, 博士, 主要从事水资源开发管理及评价等方面的研究。

E-mail: zxqi@163.com。

$$R = \begin{bmatrix} M & C_1 & x_1 \\ & C_2 & x_2 \\ & \dots & \dots \\ & C_n & x_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.2 模糊物元

对于量值 x 具有模糊性的物元, 称其为模糊物元^[3]。同理, 对事物 M 有 n 个特征及其相应量值具有模糊性, 称 R 为 n 维模糊物元。 m 个事物的 n 维物元组合在一起便构成复合模糊物元 R_{mn} :

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{m1} \\ C_2 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_n & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: R_{mn} —— m 个事物 n 个模糊特征的复合物元; M_i —— 第 i 个事物 ($i = 1, 2, \dots, m$); C_j —— 第 j 个特征 ($j = 1, 2, \dots, n$); x_{ij} —— 第 i 个事物第 j 个特征对应的模糊量值。

1.3 从优隶属度及其判断矩阵

各单项指标相应的模糊值, 从属于最优方案相应模糊量值的隶属程度, 称为从优隶属度, 从优隶属度一般为正值。由于各评价指标特征值对于方案评价不尽相同, 有的是越大越优, 有的是越小越优, 因此, 对于不同的隶属度应采用不同的计算公式, 为了更充分地反映其相对性与合理性, 本文采用如下形式。

$$\text{越大越优型 } \mu_{ij} = X_{ij} / \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (3)$$

$$\text{越小越优型 } \mu_{ij} = (1 - X_{ij} / \sum_{j=1}^m X_{ij}) / (m - 1)$$

式中: μ_{ij} —— 从优隶属度; m —— 方案的数目。

从而可以构建从优隶属度模糊物元 \tilde{R}_{mn} :

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ C_1 & \mu_{11} & \mu_{21} & \dots & \mu_{m1} \\ C_2 & \mu_{12} & \mu_{22} & \dots & \mu_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_n & \mu_{1n} & \mu_{2n} & \dots & \mu_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

1.4 关联函数及关联变换

关联函数指当物元的量值取为实轴上一点时, 物元符合要求的取值范围程度。若区间 $x_0 = [a, b]$, $x_1 = [c, d]$, 且 $x_0 \subseteq x_1$, 则关联函数可定义为:

$$K(x) = \begin{cases} \frac{(x, x_0)}{|x_0|}, & x \in x_0 \\ \frac{(x, x_0)}{(x, x_1) - (x, x_0)}, & x \notin x_0 \end{cases} \quad (5)$$

关联函数是用代数式来描述可拓集合值的函数。由于关联函数与隶属函数中所含元素均属中介元, 两者的差别仅仅是关联函数较隶属函数多一段有条件可以转化的量值范围。由于本文把物元经典域与节域重合, 故两者等价, 可以互相转换, 即关联变换。

故关联系数可由隶属函数值 (即隶属度) 加以确定, 因而有:

$$ij = \mu_{ij} \quad (6)$$

1.5 关联度复合模糊物元及关联分析

关联度计算模式有多种, 考虑到本文具有综合评价的意义, 采用先乘后加运算来计算关联度:

$$K_j = \sum_{i=1}^n W_i j_i \quad (7)$$

式中: W_i —— 第 i 项特征的权值; j_i —— 第 j 个方案第 i 项特征的关联系数。

构建关联度复合模糊物元 R_K :

$$\tilde{R}_K = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ K_j & K_1 & K_2 & \dots & K_m \end{bmatrix} \quad (8)$$

根据计算出的各关联度大小进行排序, 其值越大表明其越接近最优值, 方案越优, 从而可以确定最优决策方案。

2 均方差及权重的确定

均方差是以各评价指标为随机变量, 各方案 M_j 在指标 C_i 下的无量纲化属性 y_{ij} 为该随机变量的取值, 先求出这些随机变量的均方差, 再将均方差归一化, 其结果即为各指标的权重系数。该方法的计算步骤如下^[4]:

(1) 求无量纲化的随机变量均值 E_j

$$E_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

(2) 求各指标的均方差 G_j

$$G_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - E_j)^2} \quad (10)$$

(3) 求指标 C_j 的权重系数

$$C_j = G_j / \sum_{j=1}^m G_j \quad (11)$$

3 实例应用

以黄河流域某灌区准备投资建设一个节水灌溉项目为例^[5], 共有 6 个地区申请实施该项目并各提出一套项目投资方案, 每一方案中包括多项评价指标。针对各实施方案, 需要统筹考虑, 综合评定, 做出投资决策, 最终决定该项目的实施方案。该实例属于典型的多目标决策问题, 具有物元理论相应特征, 各单指

标评价结果不相容,而且其评价指标的选择及评价标准的确定性存在模糊性,因此可以用模糊物元模型来进行优选决策。下面就根据前述的方法和思路,通过均方差法来确定各指标的比重,然后用模糊物元模型来加以优选。

3.1 评价指标的确定^[6]

影响节水灌溉项目投资决策的因素有很多。根

据本项目的具体特点,遵从指标相关性、整体性、可比性及简捷性等原则,确定投资还本年限 C_1 、自筹资金额 C_2 、经济效益 C_3 、节水率 C_4 、益本比 C_5 、工程运行年限 C_6 、地区缺水程度 C_7 、示范性能 C_8 和建设积极性 C_9 等为评价指标。其中缺水程度、示范性和积极性属定性范畴的,需通过定性量化的方法由专家综合赋值来获得。具体评价指标见表 1。

表 1 投资评价指标值

项目	还本年限/ a	自筹金额/ 10 ⁴ 元	经济效益/ (元·hm ⁻²)	节水率/ %	益本比	运行年限/ a	缺水程度	示范性	积极性
1	8.6	5 700	5 250	42	1.5	20	10	8	8
2	6.0	4 650	3 450	18	1.8	10	3	7	7
3	7.8	7 200	4 800	30	1.9	15	7	6	6
4	5.5	3 450	1 800	10	1.7	8	2	8	8
5	8.8	9 300	6 300	35	1.1	16	7	6	9
6	4.0	2 700	2 250	10	1.9	5	1	6	6

3.2 模糊物元及从优隶属度模糊物元

根据选取的典型指标和公式(3)确定模糊复合物元,确定从优隶属度中,对还本年限用越小越优型指

标,对自筹资金、经济效益、节水率、益本比、运行年限、缺水程度、示范性和积极性等采用越大越优型指标,从而可确定优隶属度物元 \tilde{R}_{mn} 。

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 \\ M_1 & 0.1577 & 0.1727 & 0.2201 & 0.2897 & 0.1515 & 0.2703 & 0.3333 & 0.1951 & 0.1818 \\ M_2 & 0.1705 & 0.1409 & 0.1447 & 0.1241 & 0.1818 & 0.1351 & 0.1000 & 0.1717 & 0.1591 \\ M_3 & 0.1617 & 0.2182 & 0.2013 & 0.2069 & 0.1919 & 0.2027 & 0.2333 & 0.1463 & 0.1364 \\ M_4 & 0.1730 & 0.1045 & 0.0755 & 0.0690 & 0.1717 & 0.1081 & 0.0667 & 0.1951 & 0.1818 \\ M_5 & 0.1568 & 0.2818 & 0.2642 & 0.2414 & 0.1111 & 0.2162 & 0.2333 & 0.1463 & 0.2045 \\ M_6 & 0.1803 & 0.0818 & 0.0943 & 0.0690 & 0.1919 & 0.0676 & 0.0333 & 0.1463 & 0.1364 \end{bmatrix}$$

3.3 关联变换及关联模糊物元

由于 $ij = u_{ij}$,所以构建的关联模糊物元与从优隶属度模糊物元数值上是一样的。

(3) 用式(11) 求各指标的权重系数 W_j 。

$$W_j = (0.0984, 0.1241, 0.1322, 0.1509, 0.0762, 0.1318, 0.1655, 0.0578, 0.0632)$$

3.4 用均方差法确定各指标的权重系数

(1) 将各评价指标无量纲化,然后用式(9) 求各随机变量的均值 E_j 。

$$E_j = (0.6377, 0.5914, 0.6310, 0.5754, 0.8684, 0.6167, 0.5000, 0.8542, 0.8148)$$

(2) 用式(10) 计算结果构建各随机变量的均方差阵 G_j 。

$$G_j = (0.4680, 0.5903, 0.6288, 0.7178, 0.3627, 0.6272, 0.7874, 0.2748, 0.3009)$$

3.5 关联度计算及关联分析

根据关联度计算公式(7)、(8) 可得关联度复合模糊物元 \tilde{R}_K :

$$\tilde{R}_K = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & M_3 & M_4 & M_5 & M_6 \\ K_j & 0.2349 & 0.1403 & 0.1978 & 0.1115 & 0.2187 & 0.0969 \end{bmatrix}$$

按关联度的大小进行排序,各申请投资方案的优劣依次为 $M_1, M_5, M_3, M_2, M_4, M_6$,故最佳投资方案为 1 地区提出的 M_1 方案。此投资决策分析结果与采用模糊综合评判法对比见表 2。

表 2 决策结果对比

序号						
模糊物元法	M_1	M_5	M_3	M_2	M_4	M_6
综合评判法	M_1	M_3	M_5	M_2	M_6	M_4

的尤为突出^[14]。但由于贵州省地少人多,陡坡耕地大量存在, > 25°陡坡地占全省耕地总面积的 13.14%。前人的研究也证实,在其它条件相同的情况下,坡耕地上的水土流失强度与坡度成指数相关关系。陡坡地叠加了人类活动的影响之后,水土流失也更为强烈。这些地区应退耕还林,可以发展林草业种植保持水土,但应尽量减少经济林,以免造成进一步破坏。坡度在 35° 以上的地区要封山育林。

其次,坡度 < 18° 的地区是岩溶山区土层相对较厚的地区,也是人类活动集中的地区,平缓坡区的轻、中度石漠化的比例也相当高。这些地区是当前水土保持工作的重点,应合理配置农林牧业生产。平缓坡区和缓坡区是农业集中区,发展农业时应尽量避免顺坡垦殖和单一作物种植等方式,提高土地产出率。缓坡区应大力增加经果林的种植面积,加大林牧业的比例,减少过度垦殖造成的土壤流失。缓陡坡区是土壤最易流失的地区,对不同坡度下土壤冲刷量的实验研究表明,坡度在 18° 以下时,土壤冲刷量随坡度增加而增加,但趋势很平缓;当坡度超过 18° 时,冲刷量随坡度急剧增加^[13]。这些地区应加大林草业的发展力度,避免单一发展农业造成水土流失。

[参 考 文 献]

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101—104.
[2] 朱震达, 崔书红. 中国南方的土地荒漠化问题[J]. 中国

沙漠, 1996, 16(4): 331—337.

- [3] 张殿发, 王世杰, 周德全, 等. 土地石漠化的生态地质环境背景及其驱动机制——以贵州省喀斯特山区为例[J]. 农村生态环境, 2002, 18(1): 6—10.
[4] 周忠发. 遥感和 GIS 技术在贵州喀斯特地区土地石漠化研究中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 52—54.
[5] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 26—29.
[6] 《贵州省农业地貌区划》编写组. 贵州省农业地貌区划[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989. 1—212.
[7] 李瑞玲, 王世杰, 周德全, 等. 贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的相关分析[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 314—320.
[8] 吴秀芹, 蔡运龙, 蒙吉军. 喀斯特山区土壤侵蚀与土地利用关系研究——以贵州省关岭县石板桥流域为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 46—48.
[9] 陈晓平. 喀斯特山区环境土壤侵蚀特性的分析研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(4): 31—36.
[10] 胡世雄, 靳长兴. 坡面土壤侵蚀临界坡度问题的理论与实验研究[J]. 地理学报, 1999, 54(4): 347—356.
[11] 甘露, 万国江, 梁小兵, 等. 贵州岩溶荒漠化成因及其防治[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 69—74.
[12] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲. 岩溶生态系统的土壤[J]. 生态环境, 2004, 13(3): 434—438.
[13] 靳长兴. 坡度在坡面侵蚀中的作用[J]. 地理研究, 1996, 15(3): 57—63.
[14] 陈法扬. 不同坡度对土壤冲刷量影响的实验[J]. 中国水土保持, 1985(2): 18—19.

(上接第 73 页)

从表 2 中可以看出,模糊物元法和综合评判法两者评价结果基本相同。由于 2 种算法对 3 地区和 5 地区计算结果的值均相差不大,会存在局部分析上的误差。而从实际项目投资决策结果为 1 地区来看,基于均方差的模糊物元分析模型计算结果是合理的,其应用效果也较令人满意。

4 结 语

将基于均方差法的模糊物元模型应用于黄河流域节水灌溉项目决策中,统筹考虑定性与定量指标,可以有效地解决评价指标选择和评价标准确定存在的模糊性。

采用均方差法计算指标的权重,该方法计算简单,结果合理,而且能够避免权重计算的主观性。通过在黄河流域节灌工程项目决策中的应用,效果令人

满意,可提高决策的合理性、科学性,具有一定的推广应用价值。

[参 考 文 献]

- [1] 蔡文. 物元模型及应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
[2] 李祚泳, 邓新民. 自然灾害的物元分析灾情评价模型初探[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 28—33.
[3] 张斌, 雍歧东, 肖芳淳. 模糊物元分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
[4] 曾国熙. 流域水资源配置合理性评价研究[D]. 四川大学硕士论文, 2004.
[5] 严乐军. 模糊综合评判法在节水灌溉项目投资决策中的应用[J]. 节水灌溉, 2000(4): 11—13.
[6] 潘峰, 梁川, 王立坤, 等. 基于 AHP 的模糊物元模型在节水灌溉工程评标中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2002(10): 6—9.