

多目标决策灰色关联投影法在小流域水土保持 生态工程综合效益评价中的应用

王宏兴, 王 晓, 杨秀英, 黄晓琴

(黄委会绥德水土保持科学试验站, 陕西 绥德 718000)

摘 要: 首次将多目标灰色关联投影法运用于小流域水土保持生态工程建设综合效益评价方面, 以资丰富迫切需要的生态工程建设评价方法。

关键词: 小流域; 水土保持; 生态工程; 综合效益; 多目标决策; 灰色关联投影法

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0043-03

Application of Multi-Criteria Decision Grey Relation Projection Method to Synthetic Benefit Evaluation of Soil and Water Conservation Ecological Project in Small Watershed

WANG Hong-xing, WANG Xiao, YANG Xiu-ying, HUANG Xiao-qin

(Suide Experimental Station for Soil and Water

Conservation of YRCC, Suide 718000, Shaanxi, China)

Abstract: The new method of multi-criteria decision grey relation projection method was firstly used in small watershed synthesis evaluation soil and water conservation ecological project in order to enrich an urgent need for evaluation method of ecological project

Key words: small watershed; soil and water conservation; ecological project; synthetic benefit; multi-criteria decision; grey relation projection method

西部生态的综合治理和生态恢复是西部开发的根本问题, 如何评价西部小流域水土保持生态建设的综合效益, 使生态工程建设健康发展是生态工程建设评价亟待解决的问题。灰色关联投影法, 以其能避免单个指标值进行比较而出现的偏离, 并把决策方案的模与决策方案理想方案的夹角余弦结合起来, 反映决策方案与理想方案的接近程度, 同时其计算方法又使加权系数重要指标进一步得到加强等优点, 使综合效益评价更接近客观实际。本文试图将其应用于小流域水土保持生态工程建设的综合效益评价方面, 以供参考。

1 计算方法

灰色系统理论, 上世纪 90 年代在经济建设的各个领域得到了广泛的应用, 近几年得到了进一步的丰富和发展, 武汉理工大学吕锋等人提出的灰色关联投影法^[1]在经济效益评价方面取得令人欣慰的成果。其基本原理是:

考虑原指标决策域的集合 A 和因素指标集合 V

$A = \{\text{方案 } 1, \text{方案 } 2, \text{方案 } 3, \dots \text{方案 } n\} = \{A_1, A_2, A_3, \dots A_n\}$

$V = \{\text{指标 } 1, \text{指标 } 2, \text{指标 } 3, \dots \text{指标 } n\} = \{V_1, V_2, V_3, \dots V_n\}$

方案 A_i 对指标 V_j 的属性值记为 Y_{ij} , 同时把指标分成“成本型”和“效益型”两类, 记最佳决策方案 A_0 的因素指标为 Y_{0j} , 则:

当因素指标为效益型指标时: $Y_{0j} = \max(y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \dots y_{nj})$

当因素指标为成本型指标时 $Y_{0j} = \min(y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \dots y_{nj})$ (1)

为消除量纲单位不同的不可公度性, 对评价指标按下式进行初值化处理:

记初值化后的指标为 y_{ij}

则: $y_{ij} = y_{ij}/y_{oj}$ (2)

$$r_{ij} = \frac{\min_m \min_n |Y_{oj} - Y_{ij}| + \lambda \max_m \max_n |Y_{oj} - Y_{ij}|}{|Y_{oj} - Y_{ij}| + \lambda \max_m \max_n |Y_{oj} - Y_{ij}|} \quad (3)$$

评价方案与理想方案的关联度 r_{ij}

λ 为分辨率, 其作用在于调整环境的大小, λ 通常取 0.5

由 $(n+1)m$ 个 r_{ij} 组成的灰色关联判断矩阵为 F

评价指标间的加权向量为 W

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_m)^T > 0$$

由加权向量构造而成的增广型灰色关联决策矩阵 F^*

$$F^* = FW = (F_1, F_2, \dots, F_m) \quad (4)$$

将每个决策方案看成一个行向量, 则决策方案向量 A

与理想方案向量 A^* 之间的夹角余弦:

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^m W_j F_{ij} W_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j F_{ij}]^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j^2}} \quad J = 1, 2, 3, \dots, m \quad (5)$$

且愈大愈好, 愈大则决策方案与理想方案之间的变化方向愈一致。

设决策方案的模数为 d_i :

$$d_j = \sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j F_{ij}]^2} \quad (6)$$

将决策方案模的大小与夹角余弦结合考虑, 就能准确地反映决策方案与理想方案的接近程度。设 j 为一组新的权值矢量——灰色关联投影权值矢量

那么决策方案在理想方案上的灰色关联投影值:

根据 D_j 的大小排序便可得到方案的科学排序比较。

$$W_j = W_j^2 / \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j^2} \quad (7)$$

2 评价小流域的选择

黄河中游地区是我国水土流失最严重区之一, 以治理水土流失为中心的小流域综合治理取得了举世瞩目的成绩, 黄河上中游管理局针对本区域不同类型区进行了小流域综合治理试点, 本文选用其中不同治理模式的六条试点小流域进行综合治理效益分析评价。选用的评价流域基本情况见表 1。

表 1 评价小流域基本情况表

小流域	所属行政区域	所属侵蚀区	流域面积 /km ²	年降雨量 /mm	基 本 情 况			生态治理模式
					年均气温 /	人口密度 (人·km ⁻²)	人均耕地 hm ² /人	
王茂沟	陕西绥德	黄丘(一)副区	5.9	513	8	144.9	0.693	以坝系为中心的综合治理模式
川掌沟	内蒙古准格尔旗	黄丘(一)副区	147	360~400	7.3	23.2	0.285	坡面植物施与沟道工程措施并重的治理模式
堡子沟	甘肃庄浪	黄丘(三)副区	17.897	547.8	7.9	243	0.233	以梯田为主体结合坡面绿化的综合治理模式
老虎沟	甘肃宁县	沟壑区	57.12	534	8.7	269	0.373	以塬面梯田、坡面水保林、沟道塘坝防护林为主体的综合治理模式
芹河	陕西榆林	风沙区	205.2	414.1	8.1	36		以林灌防护林与排灌结合的综合防治模式
六道沟	陕西神木	盖沙区	6.89			85		综合治理模式

3 治理综合效益评价

3.1 评价指标的选择

目前小流域治理综合效益主要从水土保持效益、生态效益、经济效益和社会效益等四个方面进行评价, 在这些方面对众多指标进行筛选, 选用以下 14 个指标进行综合效益评

价。典型小流域评价指标见表 2。

3.2 计算结果及分析评价

根据(1)式有:

$$U_0 = (22.01, 2192, 16.3, 411, 1.42, 550, 0.214, 23.76, 0.76, 2.56, 86.6, 76, 739, 0.1)$$

于是得到方案 U 对指标集 V 的属性矩阵 R

表 2 典型小流域评价指标表

编号	指标	经济内部回收率/%	土地生产率/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)	劳动生产率/(元·100元)	资金生产率/(元·100元)	环境人口容量	粮食满足度/(kg·人 ⁻¹)	人均基本农田(hm ² ·人 ⁻¹)	系统商品率/%	生产经济结构势	种植业能量产投比	治理度/%	林草覆盖率/%	侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	径流模数/(万m ³ ·km ⁻²)
1	王茂沟	20.62	1173	4.7	237	1.05	383	0.163	6.34	0.63	2.56	82	58.5	1650	2.01
2	川掌沟	21.66	1634	16	301	1.24	456	0.14	8.1	0.4	2.04	78.1	71.7	3222	2.61
3	堡子沟	17.51	2192	9	235	1.04	545	0.214	9.13	0.36	2.34	86.6	34.4	739	0.64
4	老虎沟	15.63	1023	5.7	244	1	435	0.137	4.95	0.29	1.89	73.3	36.3	1409	0.43
5	芹河	18.05	221	7.7	359	1.42	550	0.182	23.33	0.76	2.4	84.6	76		-0.12
6	六道沟	22.01	1408	11	411	1.18	508	0.092	23.76	0.35	1.6	79.97	35	13896	0.1

注: 资料来源于文献[2]。

$$Y = \begin{bmatrix} 22.01 & 2192 & 16.3 & 411 & 1.42 & 550 & 0.214 & 23.76 & 0.76 & 2.56 & 86.6 & 76.0 & 739 & 0.1 \\ 20.62 & 11743 & 4.74 & 236.7 & 1.05 & 383 & 0.163 & 6.34 & 0.63 & 2.56 & 82.0 & 58.5 & 1650 & 2.01 \\ 21.66 & 1634 & 16.3 & 300.9 & 1.24 & 456 & 0.14 & 8.10 & 0.40 & 2.04 & 78.1 & 71.7 & 3222 & 2.61 \\ 17.51 & 2192 & 8.95 & 235.2 & 1.04 & 545 & 0.214 & 9.13 & 0.36 & 2.34 & 86.6 & 34.4 & 739 & 0.64 \\ 15.63 & 1023 & 5.70 & 244.4 & 1.0 & 435 & 0.137 & 4.95 & 0.29 & 1.89 & 73.3 & 36.3 & 1409 & 0.43 \\ 18.05 & 221 & 7.74 & 359.2 & 1.42 & 550 & 0.182 & 23.33 & 0.76 & 2.40 & 84.6 & 76.0 & - & 0.12 \\ 22.01 & 14.08 & 10.65 & 411 & 1.18 & 508.4 & 0.092 & 23.76 & 0.35 & 1.60 & 79.97 & 35.0 & 13896 & 0.1 \end{bmatrix}$$

按式(2)对评价指标进行初步处理得到:

$$Y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.937 & 0.535 & 0.291 & 0.576 & 0.739 & 0.696 & 0.762 & 0.267 & 0.987 & 1 & 0.996 & 0.982 & 0.911 & 0.397 \\ 0.984 & 0.745 & 1 & 0.732 & 0.873 & 0.829 & 0.654 & 0.341 & 0.964 & 0.984 & 0.992 & 0.995 & 0.789 & 0.333 \\ 0.796 & 1 & 0.549 & 0.572 & 0.732 & 0.991 & 1 & 0.384 & 0.960 & 0.993 & 1 & 0.958 & 1 & 0.699 \\ 0.710 & 0.467 & 0.350 & 0.595 & 0.704 & 0.791 & 0.640 & 0.208 & 0.953 & 0.980 & 0.988 & 0.960 & 0.933 & 0.792 \\ 0.820 & 0.101 & 0.475 & 0.874 & 1 & 1 & 0.850 & 0.982 & 1 & 0.995 & 0.998 & 1 & & 0.984 \\ 1 & 0.642 & 0.653 & 1 & 0.831 & 0.924 & 0.430 & 1 & 0.959 & 0.971 & 0.94 & 0.959 & 0.413 & 1 \end{bmatrix}$$

按式(3)计算的出灰色关联判断矩阵:

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.995 & 0.964 & 0.947 & 0.967 & 0.980 & 0.976 & 0.981 & 0.945 & 0.829 & 1 & 0.947 & 0.770 & 2.233 & 20.1 \\ 0.999 & 0.980 & 1 & 0.979 & 0.990 & 0.987 & 0.973 & 0.950 & 0.526 & 0.797 & 0.902 & 0.943 & 4.36 & 26.10 \\ 0.984 & 1 & 0.965 & 0.967 & 0.979 & 0.999 & 1 & 0.953 & 0.474 & 0.914 & 1 & 0.453 & 1 & 6.40 \\ 0.977 & 0.959 & 0.951 & 0.969 & 0.977 & 0.984 & 0.972 & 0.941 & 0.382 & 0.738 & 0.846 & 0.478 & 1.907 & 4.30 \\ 0.986 & 0.933 & 0.960 & 0.990 & 1 & 1 & 0.988 & 0.999 & 1 & 0.938 & 0.977 & 1 & ... & 1.20 \\ 1 & 0.972 & 0.973 & 1 & 0.987 & 0.994 & 0.957 & 10.461 & 0.625 & 0.923 & 0.416 & 18.804 & 1 \end{bmatrix}$$

根据专家评价[2]可得到一组加权系数 W :

$$W = (0.1600, 0.0674, 0.0676, 0.0800, 0.1000, 0.0500, 0.0500, 0.0938, 0.0634, 0.0468, 0.0469, 0.0772, 0.0469)$$

根据式(7)可以得到投影权值向量 W_j :

$$W_j = (0.0883, 0.0157, 0.0158, 0.0221, 0.0345, 0.0086, 0.0086, 0.0086, 0.0304, 0.0139, 0.0076, 0.0076, 0.0206, 0.0076)$$

根据式(8)可以计算出投影值 D_i :

$$D_i = (0.2654, 0.2772, 0.2822, 0.2791, 0.2659, 0.2742)$$

根据投影值的大小可以对生态小流域综合效益排序由

高到低的顺序依次为: 堡子沟、老虎沟、川掌沟、六道沟、芹河、王茂沟。可见, 堡子沟小流域治理模式的综合效益最高, 而措施相对单一的王茂沟治理综合效益最差。

4 结 语

西部生态工程建设是涉及面积广大、长期而艰巨的宏大工程, 是西部地区经济社会发展的基础建设, 因而适时评价生态工程建设的综合效益对工程建设的设

计、管理都有十分重要的指导意义。本文首次将灰色关联投影法运用于生态工程综合效益评价方面, 能够简捷、快速、科学地评价生态工程建设综合效益, 为生态工程建设的评

价提供了一条有效的途径。

参考文献:

[1] 吕锋, 等. 多目标决策灰色关联投影法及应用[J]. 系统工程理论与实践, 2002(1): 103- 107.

[2] 常茂德, 等. 黄河上中游多沙粗沙区小流域综合治理模式及评价[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997.

(上接第 2 页)

(9)土地并非为生产而用、人类除要满足口腹之欲外、亦要风光之美、享受高品质之生活环境、在生产性农业无法有竞争力时、即应转向休闲式生态农业、建造农村新风貌、换言之

之、即减少、防止瘟疫之发生。

(10)凡是拥有清静环境及美丽山川之国土者、必是未来之强国、亦即后 SARS 时代之努力目标。

参考文献:

[1] 颜正平. 加入W TO 后农业技术转移有效管理之研究[R]. “农委会”研究报告, 2002. 1- 26

[2] 颜正平. 生活环境学[M]. 台湾: 年顺开发教科书出版社, 2001. 1- 420

[3] 颜正平. 天灾地灾与防治减灾[J]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 2- 6

[4] 颜正平. 城市水土保持[J]. 兴大农业, 1998, 26: 1- 4

[5] 颜正平. 水土保持发展望[J]. 中华水士学会年刊, 1996. 6

[6] 颜正平. 坡景之美[M]. 台湾: “农委会”, 1995. 1- 80

[7] 颜正平. 台湾之水土保持[M]. 台湾省水土保持局, 1994. 1- 23