

基于熵权灰色关联法的岩溶石漠化区土地质量评价 ——以毕节试验区为例

王才军^{1,2}, 游泳³, 左太安³, 孙德亮¹

(1. 重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047;

2. 重庆市高校GIS应用研究重点实验室, 重庆 400047; 3. 毕节地区科技情报研究所, 贵州 毕节 551700)

摘要: 毕节试验区属典型的生态环境岩溶脆弱区, 山高坡陡, 宜耕地资源严重不足, 石漠化严重。2008 年在全国石漠化严重的 8 省(区、市)启动实施了 100 个县的石漠化综合治理试点工程, 其中毕节地区 8 个县市全部被划为治理示范点。研究以石漠化严重的毕节试验区为例, 选择与石漠化最为密切的自然干扰因子、社会干扰因子和石漠化景观格局因子, 构建岩溶地区土地质量评价指标体系。选用熵权灰色关联法, 对毕节试验区 8 个县市进行土地质量综合评价。结果表明: 毕节试验区土地质量水平从高到低的顺序是威宁县>金沙县>黔西县>毕节市>赫章县>织金县>大方县>纳雍县。土地质量水平较好的是威宁县和金沙县; 土地质量水平一般的为黔西县、毕节市、赫章县、织金县、大方县和纳雍县。为生态环境质量评价和退化土地的生态恢复提供一定的借鉴意义。

关键词: 土地质量评价; 石漠化; 熵权灰色关联法; 毕节试验区

中图分类号: F323.211

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0218-05

Land Quality Evaluation Rocky Desertification Areas Based on Entropy and Gray Correlation Method - A Case Study in Bijie

WANG Cai-jun^{1,2}, YOU Yong³, ZUO Tai-an³, SUN De-liang¹

(1. Department of Geography, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Key Laboratory of GIS Application, Chongqing Municipal Education Commission, Chongqing

400047, China; 3. Bijie Science and Technology Information Institute, Bijie, Guizhou 551700, China)

Abstract: Bijie experimental area is one of the wildly distributed Karst place, where mountain is steep, land is rare, and rocky desertification is serious. In 2008, we implemented the rocky desertification control project in a hundred counties, and the eight counties of Bijie experimental area among them. Taking the Bijie experimental area as the case study, selecting the most closely influencing factors, we established the land quality indicator system. Based on the Entropy and Gray Correlation Method, we made the land quality evaluation. The result indicates that the sequence from good to badness is followed by Weining, Jinsha, Qianxi, Bijie, Hezhang, Zhijin, Nayong. Weining and Jinsha fall into good level, the rest of the counties are more average. The paper provides the correct method to land quality evaluation and assessment of the ecological restoration.

Key words: land quality evaluation; rocky desertification; entropy and gray correlation method; Bijie experimental area

区域土地质量的研究始于 20 世纪 70 年代中期^[1]。目前, 国际上已经建立起针对 7 个具体的土地退化问题的土地质量指标体系。包括土壤侵蚀、土壤肥力降低、森林开垦与森林退化、牧区土地退化、地下水位下降、盐碱化与水浸^[2]。和国外相比, 我国土地质量的研究还缺乏系统性, 也缺乏长期观测的数据用

于土地质量评价中。

本研究的主要目的是构建岩溶地区的土地质量评价指标体系, 并应用熵权灰色关联法对毕节试验区 8 个县市的土地质量状况进行系统的评价, 以期决策者采取合适的土地政策和管理措施, 为退化土地的恢复重建提供科学依据。

1 研究区概况

毕节试验区地处贵州省西北部, 在东经 103°36′ - 106°44′, 北纬 26°21′ - 27°47′ 之间, 辖毕节、大方、黔西、金沙、织金、纳雍、威宁、赫章等 1 市 7 县, 幅员面积 2.69 万 km²。试验区位于滇东高原向黔中高原过渡的东斜坡地带, 地层出露较齐全, 地质构造复杂, 褶皱断裂交错发育。地势西高东低且随山势呈阶梯式下降, 境内平均海拔 1 600 m, 最高处位于赫章县珠市乡与威宁县交界的小韭菜坪 2 900.6 m, 最低海拔位于金沙与仁怀县、古蔺县交界的赤水河谷, 海拔 457 m。气候因地势起伏不平, 地面零星破碎, 地方小气候差异十分明显, 既有亚热带温凉湿润季风气候, 也有暖温带气候和寒温带气候, 各县市多年平均降雨量 849~ 1 399 mm, 全年降水以夏季最多, 主要出现在 4- 9 月。强烈的降水过程导致水土强烈流失并伴有崩塌、滑坡、泥石流等重力侵蚀的产生。毕节试验区植被属亚热带常绿阔叶林区, 森林植被主要包括阔叶林、栎林、松林、柏木林、茶丛、常绿落叶混交林、漆树、核桃林、草丛等类型, 其中亚热带常绿阔叶林是主要植被类型。高人口密度和低环境承载力使该区人地关系矛盾突出, 高生态环境的脆弱性与不合理土地利用方式的耦合使该区的贫困积重难返, 同时也加剧该区的水土流失和石漠化。由此可见, 毕节试验区的土地质量问题已成为该区生态经济发展的严重制约因素之一。

2 毕节岩溶地区土地质量评价指标的建立

2.1 评价指标的选择

影响土地质量的因素很多, 为了能够突出反映岩

溶地区的主要特点, 对土地质量进行客观的评价, 必须选取最能反映毕节岩溶石漠化区土地质量的指标, 并建立评价指标体系。本研究根据实际情况及分析建模的要求, 在指标确定上要依据如下原则: (1) 指标要具有可比性。(2) 指标的分辨意义和差异性显著, 以避免选用指标因地域差异过小给归类带来困难。(3) 指标不能高度相关;(4) 指标数据收集的可行性。依据以上原则, 采用空间变异度分析和相关分析对指标进行筛选^[3]。

$$C_{vj} = \frac{S_j}{\bar{X}_j} \quad (j= 1, 2, \dots, 20) \quad (1)$$

式中: C_{vj} ——变异系数; S_j ——标准差; \bar{X}_j ——均值。将所属各个区县相关指标的原始数据代入式 (1), 经定量运算, 将相关系数大且空间变异小、分辨意义差的指标去掉, 最后从毕节地区的自然干扰、社会干扰和石漠化景观格局等 3 个方面入手, 选择最能反映毕节岩溶石漠化区土地质量的 13 项影响因子作为评价指标, 构建评价指标体系(表 1)。

数据主要来源于毕节市水利局水土保持办、毕节年鉴(2008 年)^[4]、《贵州省地表自然形态信息数据量测研究》^[5], 部分来源于《喀斯特山区生态环境动态监测关键技术集成与应用示范》自评价报告、《基于“3S”技术的贵州喀斯特生态系统健康评价及调控研究——以毕节试验区为例》总报告。

2.2 研究方法

2.2.1 评价指标的无量纲化 为消除由评价指标物理量纲不同带来的影响, 在评价之前需将样本矩阵中各指标无量纲化处理。本文采用线性插值法的标准方法对原始数据进行无量纲处理。一般情况下, 区划的所有指标可划分为逆向指标和正向指标等。

表 1 毕节地区 8 个岩溶县市土地质量评价指标现状值

目标层	准则层	指标层	毕节市	大方县	织金县	赫章县	金沙县	黔西县	纳雍县	威宁县
岩溶地区土地质量评价指标体系	自然干扰因子	喀斯特区面积比重/ %	69.7	81.5	78.4	54.9	78.9	92.1	68.8	69.9
		山地面积比重/ %	53.9	47.4	54.7	70.7	61.3	38.5	57.8	66.9
		平均坡度/(°)	14.73	14.61	15.64	16.22	14.43	12.08	17.22	14.65
		森林覆盖率/ %	31.13	31	40.7	37.6	37.5	35	34.1	33.28
	社会干扰因子	旱地占耕地面积比重/ %	88.99	88.31	75.12	96.67	68.85	77.28	86.64	99.02
		垦殖指数	17.29	14.21	14.13	11.64	13.52	15.96	12.54	11.39
		农业占 GDP 比重/ %	24.31	33.41	39.53	37.95	25.70	28.90	22.35	39.65
		农业人口密度/(人· km ⁻²)	350	275	322	200	221	313	327	183
	石漠化景观格局	极强度石漠化面积比例/ %	0.00	0.08	0.67	0.36	0.00	0.05	0.86	0.02
		强度石漠化面积比例/ %	2.22	0.84	1.47	1.38	1.32	0.54	2.97	0.53
		中度石漠化面积比例/ %	8.70	15.06	5.31	5.90	10.53	12.85	7.57	5.50
		土壤侵蚀模数/(t· km ⁻² · a ⁻¹)	2770	3020	2810	3310	2370	3300	3340	3100
		水土流失面积比重/ %	61.31	64.34	55.11	65.33	59.37	63.36	62.55	65.84

正向指标(效益型指标)是指数值越大越好的指标,其标准化方法:

$$Y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{2}$$

式中: x_{\max} ——该项指标最大值; x_{\min} ——该项指标的最小值。

负向指标(成本型指标)是指数值越小越好的指标,其标准化方法:

$$Y = 1 - \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{3}$$

式中: x_{\max} ——该项指标最大值; x_{\min} ——该项指标的最小值。

2.2.2 指标权重的确定 科学的确定各区划指标的权数对综合评价结果具有重要意义。熵值赋权法是根据某指标在各被评价对象之间的差异大小即分辨能力大小来确定权重大小的,比其他方法优越,因此在多目标决策中广泛应用,本文将用此方法赋权^[6]。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \tag{4}$$

式中: e_j ——第 j 项指标的熵值; y_{ij} ——标准化之后

$$\xi(Y_i, G) = \frac{\min_i \min_j |y_{ij} - g_i| + \rho \max_i \max_j |y_{ij} - g_i|}{|\min_i \min_j |y_{ij} - g_i| + \rho \max_i \max_j |y_{ij} - g_i|} \tag{7}$$

式中: $\min_i \min_j |y_{ij} - g_i|$ 和 $\max_i \max_j |y_{ij} - g_i|$ 分别为两级极小差和两级极大差; ρ ——分辨系数, $0 < \rho < 1$, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

(3) 计算第 j 个评价对象 Y_j 与最优向量 G 的关联度 R :

$$R = \sum_{j=1}^n w_j \times \xi(Y_j, G) \tag{8}$$

2.3 评价标准

在咨询专家的基础上,结合毕节试验区土地质量评价运算的结果,为了更好的反映土地质量的类比特征,该研究仅设计了一个 3 级分级标准,并给出了相应的评语(见表 2)。

表 2 土地质量水平分级标准

等级	第 1 类	第 2 类	第 3 类
评估值(关联度)	≤0.50	(0.5, 0.7)	≥0.70
评语	较差	一般	较好

3 毕节试验区土地质量评价结果分析

3.1 运算分析

依据表 1 指标数据,选取的指标有正向指标和负向指标,利用式(2)、式(3)把指标原始数据经无量纲化处理得到指标的标准化数据。采用熵值赋权法,利用公式(4)、式(5)计算得出各指标的权重 w_j 。

$w_j = (0.012, 0.027, 0.004, 0.063, 0.054, 0.086,$

的指标数据, $k > 0, k = 1/\ln m, 0 \leq e_j \leq 1$, 如果 y_{ij} 为 0 则用 0.000 01 代替计算。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \tag{5}$$

式中: w_j ——第 j 项指标的权重; d_j ——指标 x_j 的差异系数, $d_j = 1 - e_j$ 。

2.2.3 灰色关联度模型的建立

(1) 确定数列的最优向量,由于进行对原始数据进行了标准化处理且都转化为正向指标,所以最优向量为^[7]:

$$G = (g_1, g_2, \dots, g_n) = (y_{11}v, y_{12}v, \dots, y_{1m}v, y_{12}vy_{22}v, \dots, y_{12}v, y_{n1}vy_{n2}, \dots, y_{nm}v) \tag{6}$$

式中: v ——取最大运算符; G ——最优向量; g_n ——第 n 项指标的最优向量; y_{ij} ——标准化之后的指标数据。

(2) 利用灰色关联系数公式计算第 j 个评价指标 Y_j 与最优向量 G 的关联系数 $\xi(Y_j, G)$ 。

0.132, 0.078, 0.190, 0.113, 0.125, 0.073, 0.044)

3.2 关联系数和关联度的计算

依据标准化之后的数据,确定数列的最优向量 $G = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$, 把最优向量 G 和标准化后的数据代入公式(7),得关联系数 ξ 如式(9)所示。

将以上关联系数 ξ 代入公式(8),得出毕节试验区 8 个县(市)的土地质量水平和理想的最优向量 G 之间的关联度。 $R_{\text{综合}} = (0.600, 0.547, 0.585, 0.592, 0.725, 0.611, 0.523, 0.727)$ 。

应用以上相同的方法分别得到毕节试验区 8 个县(市)的土地质量在自然干扰方面、社会干扰方面、石漠化景观格局方面与理想的最优向量 G 之间的关联度,用以结果分析。

$R_{\text{自然}} = (0.411, 0.427, 0.789, 0.575, 0.533, 0.602, 0.445, 0.408)$

$R_{\text{社会}} = (0.530, 0.464, 0.447, 0.600, 0.722, 0.497, 0.706, 0.645)$

$R_{\text{格局}} = (0.682, 0.623, 0.633, 0.590, 0.765, 0.686, 0.420, 0.842)$

$$\xi_{ij} = \begin{bmatrix} 0.557 & 0.412 & 0.442 & 1.000 & 0.437 & 0.333 & 0.573 & 0.554 \\ 0.511 & 0.644 & 0.498 & 0.333 & 0.414 & 1.000 & 0.455 & 0.362 \\ 0.492 & 0.504 & 0.419 & 0.383 & 0.522 & 1.000 & 0.333 & 0.500 \\ 0.336 & 0.333 & 1.000 & 0.610 & 0.602 & 0.460 & 0.424 & 0.395 \\ 0.428 & 0.437 & 0.706 & 0.352 & 1.000 & 0.642 & 0.459 & 0.333 \\ 0.333 & 0.511 & 0.518 & 0.922 & 0.581 & 0.392 & 0.720 & 1.000 \\ 0.815 & 0.439 & 0.335 & 0.357 & 0.721 & 0.569 & 1.000 & 0.333 \\ 0.333 & 0.476 & 0.375 & 0.831 & 0.687 & 0.391 & 0.367 & 1.000 \\ 1.000 & 0.843 & 0.391 & 0.544 & 1.000 & 0.896 & 0.333 & 0.956 \\ 0.419 & 0.797 & 0.565 & 0.589 & 0.607 & 0.992 & 0.333 & 1.000 \\ 0.590 & 0.333 & 1.000 & 0.892 & 0.483 & 0.393 & 0.683 & 0.962 \\ 0.548 & 0.427 & 0.524 & 0.340 & 1.000 & 0.343 & 0.333 & 0.399 \\ 0.464 & 0.368 & 1.000 & 0.344 & 0.557 & 0.394 & 0.419 & 0.333 \end{bmatrix} \quad (9)$$

3.3 结果分析

3.3.1 毕节试验区土地质量区划 毕节试验区的生态环境状况不但影响到毕节试验区生态系统稳定和社会经济发展,而且也 对乌江下游生态环境安全产生重要影响。综合自然、社会、景观格局指标,得出毕节试验区 8 个县(市)的土地质量之间的关联度 $R = \sum W \times \xi_{ij} = (0.600, 0.547, 0.585, 0.592, 0.725, 0.611, 0.523, 0.727)$ 。说明 8 个县市土地质量水平从高到低的顺序是威宁县>金沙县>黔西县>毕节市>赫章县>织金县>大方县>纳雍县。与表 2 中确定的土地质量水平标准进行比较,可以把毕节地区 8 个县市按照土地质量划分为 2 类(图 1)。

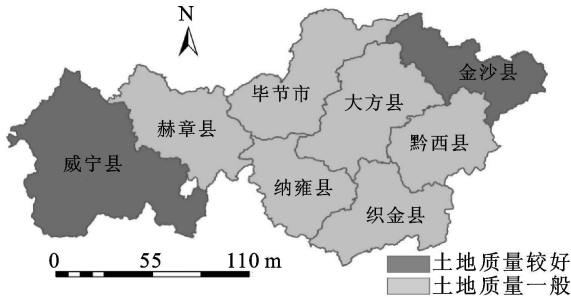


图 1 毕节试验区土地质量等级

3.3.2 土地质量区划结果分析

(1) 从分类结果可以看出,毕节试验区土地质量

水平是自然干扰、社会干扰、景观格局 3 个方面共同作用的结果。威宁县从自然干扰因子方面来看,得分最低,土地质量水平属第 3 类。但由于该县农业人口密度小,对土地的压力较小,在社会干扰和石漠化景观格局方面表现了较好状态,得分最高,土地质量相对最好。所以综合自然干扰因子、社会干扰因子及景观格局因子,土地质量得分最高。

(2) 单独从准则层自然干扰、社会干扰、景观格局三个方面分析,毕节试验区 8 个县市土地质量均划分为 3 个等级(图 2),但综合评价结果显示了两个等级。这说明毕节试验区 8 个县市均是典型的喀斯特山区,由于自然和社会经济的原因,处于相对封闭的一个区域内,彼此区间差异小,土地质量水平较接近,区分并不明显。

(3) 自然干扰方面表现较差威宁县和金沙县,由于在社会干扰和景观格局方面的表现,综合土地质量水平相对较好。大方县、毕节市、织金县和黔西县等县在自然干扰和社会干扰方面得分较低,但景观格局方面表现较好,根据土地质量等级划分标准均划分为第二类。这也说明虽然在自然干扰、社会干扰方面对毕节试验区生态环境压力很大,但由于近年来国家对西南石漠化现象的重视,一系列石漠化治理工程落户毕节,毕节试验区生态环境景观方面有了较大的提高。

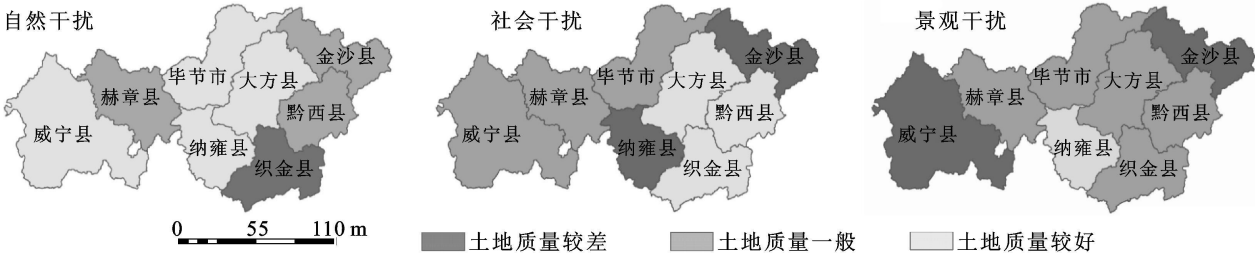


图 2 毕节土地质量等级

4 结语

本研究选取与石漠化最为密切的影响因子作为评价指标,构建相对性的评价标准,并基于熵权灰色关联法对毕节地区 8 个县市进行了土地质量的评价分析。

(1) 综合分析结果表明:毕节试验区土地质量水平从高到低的顺序是威宁县>金沙县>黔西县>毕节市>赫章县>织金县>大方县>纳雍县。土地质量水平较好的是威宁县和金沙县,土地质量水平一般的为黔西县、毕节市、赫章县、织金县、大方县和纳雍县。

(2) 本研究以毕节地区 8 个石漠化县(市)为例,通过合理选取与岩溶区土地质量最为密切的影响因子岩溶地区土地质量评价指标体系,指标体系结构简明,便于操作,并运用熵权灰色关联法进行土地质量的等级划分,为决策者采取合适的土地政策和管理措施,进行退化土地的恢复重建提供了一定的科学依据。

(3) 熵权灰色关联法是一种将熵权法与灰色关联法有机结合研究方法,熵权法在很大程度上减少了人为主观性对评价过程的干扰,使评价结果能够更为准确地反映区域农业发展客观实际情况。灰色关联法在研究不确定性方面也有其独到的一面。该方法概念清晰,结构简单,计算简洁,评价结果与现实结果基本一致,为岩溶石漠化区的土地质量综合评价提供了一种新方法。

(4) 从运算的结果来看,毕节试验区 8 个县市均是典型的喀斯特山区,土地质量水平较接近,区分并不明显。本研究在划分土地质量等级标准的时采用的 8 个县市相对性的评价标准,仅划分了 3 个等级,是对岩溶石漠化区土地质量研究的一次探索。

参考文献:

- [1] Dumanski J, Pieri C. Land quality indicators: research plan[J]. Agriculture Ecosystems Environment, 2000, 81: 93-102.
- [2] Dumanski J, Gameda S, Pieri C. Indicators of land quality and sustainable land management: An annotated bibliography. Environmentally and Socially Sustainable development series: Rural development[M]. U S: Washington D C, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 1998.
- [3] 秦耀辰. 区域系统模型及其应用[M]. 河南开封: 河南大学出版社, 1994: 118-119.
- [4] 毕节地区年鉴编辑部. 毕节年鉴(2009)[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 2009.
- [5] 贵州师范大学地理研究所, 贵州省农业资源区划办公室. 贵州省地表自然形态信息数据量测研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2000.
- [6] 郭秀云. 灰色关联法在区域竞争力评价中的应用[J]. 决策参考, 2004, 5(11): 54-59.
- [7] 刘勇, 刘友兆, 徐萍. 区域土地资源生态安全评价: 以浙江嘉兴市为例[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 69-75.
- [8] 吴佐礼, 陈聿华. 农业生态系统综合评价指标体系及其权重探讨[J]. 生态农业研究, 1996, 4(2): 28-31.
- [9] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全评价指标与标准研究[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(1): 67-71.
- [10] 刘昌明. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究: 生态环境卷[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 273.
- [11] 王继军. 纸坊沟流域农业生态经济系统建设及其投入问题分析[J]. 世界科技研究与发展, 2001, 22(3): 56-58.
- [12] 梁一民, 刘普灵, 王继军. 退耕还林还草, 实现黄土丘陵区农田生产力的跃迁[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(6): 56-59.
- [13] 陕西统计局. 陕西省统计年鉴(1989-2006)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1989-2006.
- [14] 曹利军. 可持续发展评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 56-57, 72, 118-182.
- [15] 曾建权. 层次分析法在确定企业家评价指标权重中的应用[J]. 南京理工大学学报, 2004, 2(1): 99-104.
- [16] 徐勇, 徐炯心, 房金福. 黄土高原中部丘陵区(中尺度)农村经济特征、制约因素与发展对策[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2): 14-21.
- [17] 吴国庆. 区域农业可持续发展的生态安全及其评价研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 227-233.
- [18] 吴开亚, 何琼, 孙世群. 区域生态安全的主成分投影评价模型及应用[J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 106-109.
- [19] 王振祥, 朱晓东, 石磊, 等. 安徽省沿淮地区生态安全评价模型和指标体系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2431-2435.

(上接第 217 页)