

文章编号 :1001-4810(2002)03-0221-05

贵州典型喀斯特县域生态环境脆弱度等级划分^{*}

王言荣¹, 刘 洁², 屠玉麟³

(1. 山西大学黄土高原研究所, 山西 太原 030006; 2. 山西大学环境与资源学院, 山西 太原 030006;
3. 贵州师范大学资源与环境科学系, 贵州 贵阳 550001)

摘 要 以贵州省 46 个典型喀斯特县域作为研究对象, 共选取 5 大类 19 项指标, 通过层次分析法计算出各指标的相对权重, 采用模糊综合评判方法对各县生态环境脆弱度进行计算和定量评价, 并根据最大隶属原则把 46 个典型喀斯特县份分别划分于极度脆弱、强度脆弱、中度脆弱和轻度脆弱四种不同脆弱等级。计算结果表明, 贵州喀斯特地区生态环境脆弱形势十分严重, 在 46 个典型的喀斯特县份中, 有 31 个县属于强度脆弱或极强脆弱, 11 个县属于中等脆弱, 属于轻度脆弱的只有 4 个县。

关键词 喀斯特; 生态环境; 脆弱度; 模糊综合评判; 定量评价

中图分类号 S181 Q948 **文献标识码** A

0 引 言

生态环境脆弱性是指生态环境对内部和外部的干扰活动或过程的不良反应, 包括两层含义: 生态的敏感性(对干扰因素变化的敏感程度)和生态的恢复力(对干扰产生的应变)^[1]。生态环境脆弱性的强度大小称之为生态脆弱度, 即对干扰活动的反应速度和程度, 它取决于干扰因素的性质、强度和生态环境的组成要素及内部结构的稳定性。脆弱生态环境对于干扰因素或干扰过程的耐受力 and 自身的可塑性或弹性低, 即敏感性强, 易于产生环境退化或劣变^[2]。

生态环境日益恶化是目前全球尤其是发展中国家所面临的极其紧迫而严重的问题, 如何处理好环境与发展关系问题已被提到议事日程上。由于种种原因, 中国的生态环境脆弱现象日益扩张, 而且较为严重。在我国三大脆弱环境区——喀斯特、黄土和沙漠边缘, 生态环境脆弱形势较其它地区更为严重。由于种种原因, 人类活动使原本就脆弱的喀斯特环境正在向着恶性循环的方向发展。而贵州处于世界喀斯特面积最集中的我国西南喀斯特的腹心地带, 全省国土面积的近四分之三属于喀斯特地区, 全省有 95%

的县、市为有喀斯特分布的县、市。在这片广袤的喀斯特地区, 由于自然环境本身的脆弱和不合理的人类活动, 使得这里的生态环境日益恶化, 反过来又强烈影响和制约其经济的发展, 影响到这里可持续发展战略的实施。因此有必要对贵州喀斯特地区生态环境脆弱形势做出系统的总体综合评价, 以便认识到现存的主要问题和生态环境脆弱的程度, 并为贵州喀斯特地区生态环境管理与决策提供科学合理的定量依据。从目前贵州省内有关喀斯特生态环境的研究情况来看, 近年来广大学者对喀斯特脆弱生态环境展开了深入而广泛的研究^[3~18], 包括脆弱生态环境的成因、表现、分布、程度和整治等方面, 得出许多重要的结论。但在有关生态环境脆弱度的评价方面, 已有的评价方法多数停留在定性的水平上, 尚未完全实现真正量化评价, 本文即试图引进定量方法对这里的生态环境脆弱度进行评价。

1 研究对象

为使研究对象能更突出地代表喀斯特生态环境的特性, 在本文中把喀斯特面积占 60% 以上的县域

^{*} 作者简介: 王言荣(1975-)男, 硕士, 助教, 主要从事环境地理学研究。

来作为研究对象。贵州全省喀斯特面积超过 60% 的县级单位共有 59 个,由于城市和农村的环境问题侧重点不同,农村侧重于生态环境,而城市侧重于污染问题,因此本文只对县域生态环境脆弱度进行评价,即去除 59 个县级单位中的各城市,研究对象确定为 46 个典型喀斯特县域。

2 生态环境脆弱度评价指标体系

由于生态环境系统由众多的因素构成,是一个复杂而模糊的大系统,所以在对其进行评价时,首先要拟定出评价的指标体系。

考虑到生态环境系统的多元性和复杂性的特点,依据科学性、可表征性及可度量性、可操作性等指标体系的确立原则,共选取地质地貌指标、气候水热指标、物种多样性指标、土地覆盖及侵蚀状况指标、人类适宜状况指标等 5 大类共 19 项指标来对贵州省 46 个典型喀斯特县域生态环境脆弱度进行评价。

目标层 U :贵州喀斯特生态环境质量
基准层(U_1, U_2, U_3, U_4, U_5) : U_1 地质地貌指标 ; U_2 气候水热指标 ; U_3 物种多样性指标 ; U_4 土地覆盖及侵蚀状况指标 ; U_5 人类适宜状况指标。

指标层 在五个基准层下共有 19 个具体指标,其含义分别为 :

U_1 : u_{11} 喀斯特面积比重 ; u_{12} 山地面积比重 ; u_{13} 丘陵面积比重 ; u_{14} 山间平坝面积比重 ;
 U_2 : u_{21} 年平均气温 ; u_{22} 年平均降水 ; u_{23} 年无霜期 ; u_{24} 河网密度 ;
 U_3 : u_{31} 一级保护植物种数 ; u_{32} 二级保护植物种数 ; u_{33} 三级保护植物种数 ;
 U_4 : u_{41} 林地面积比重 ; u_{42} 草地面积比重 ; u_{43} 耕地面积比重 ; u_{44} 土壤侵蚀模数 ;
 U_5 : u_{51} 粮食单产 ; u_{52} 人口密度 ; u_{53} 人均耕地 ; u_{54} 人均 GDP。

3 各项指标权重的确定

由于各项指标在整个生态环境系统中所起的作用大小和相当于其它各指标的重要性不同,因此需要确定各项指标的权重。本文采用 T. L. SAATY 在 1980 年提出、目前被广泛应用的层次分析法来确定各项指标的权重。通过建立递阶层次结构和比较矩阵并经过一致性检验得到各指标的相对重要性(即权重)(表 1)。

表 1 生态环境脆弱度评价指标权重
Tab.1 The index weight of eco-environment fragility

U_1				U_2				U_3			U_4				U_5			
0.2979				0.1578				0.0886			0.2979				0.1578			
u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}	u_{31}	u_{32}	u_{33}	u_{41}	u_{42}	u_{43}	u_{44}	u_{51}	u_{52}	u_{53}	u_{54}
0.4668	0.2276	0.1603	0.0953	0.1221	0.4231	0.2274	0.2274	0.4325	0.3661	0.2014	0.4752	0.0960	0.1016	0.4752	0.2685	0.3407	0.1703	0.2025

4 建立隶属函数

通过建立隶属函数确定出每个因素对各评价等级的隶属度。各评价指标与生态环境质量状况变化关系有正向关系和逆向关系两种,正向关系就是评价因子指标增大时,生态环境脆弱度增大,即 :

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x_{ij} < x \leq x_{i,j+1} \\ 0 & x \leq x_{ij}, x > x_{i,j+1} \end{cases}$$

逆向关系就是当评价因子指标增大时,生态环境脆弱度减轻,即 :

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x_{ij} < x \leq x_{i,j-1} \\ 0 & x \leq x_{ij}, x > x_{i,j-1} \end{cases}$$

采用均匀分布建立隶属函数,根据各县统计数

据^[19~21]找出各指标中最大值和最小值,再将最大值和最小值之间的差值四等分而得到确定每项指标的不同等级的分级标准(表 2)。

5 贵州典型喀斯特县域生态环境脆弱度评价

本文引进定量研究的方法尝试对贵州喀斯特生态环境进行定量研究。有关脆弱生态环境定量评价的方法很多,考虑到生态环境系统是一个综合性很强的大系统,且生态环境脆弱的界线不分明,加之参与生态环境质量评价的指标的权重亦带有一定的模糊性,为此,本文采用模糊综合评判的原理和方法^[22,23]来进行喀斯特地区生态环境质量脆弱度评价。

表 2 指标系统的分级标准

Tab.2 The classification standard of the index system

指标体系		轻度脆弱 (v_1)	中度脆弱 (v_2)	强度脆弱 (v_3)	极度脆弱 (v_4)
U_1	u_{11}	< 69.2	69.277.9	77.986.6	> 86.6
	u_{12}	< 21.8	21.840.5	40.559.2	> 59.2
	u_{13}	< 26.4	26.435.2	35.244.0	> 44.0
	u_{14}	> 34.1	34.123.7	23.713.3	< 13.3
U_2	u_{21}	< 12.7	12.714.6	14.616.5	> 16.5
	u_{22}	> 1380.9	1380.91173.5	1173.5966.1	< 966.1
	u_{23}	> 330	330296	296262	< 262
	u_{24}	> 0.59	0.590.42	0.420.25	< 0.25
U_3	u_{31}	3	2	1	0
	u_{32}	> 6	64	42	< 2
	u_{33}	> 9	96	63	< 3
U_4	u_{41}	> 39.85	39.8528.53	28.5317.21	< 17.21
	u_{42}	> 30.34	30.3422.32	22.3214.30	< 14.30
	u_{43}	> 35.49	35.4925.34	25.3415.19	< 15.19
	u_{44}	< 1119	11192093	20933067	> 3067
U_5	u_{51}	> 269	269220	220171	< 171
	u_{52}	< 155	155214	214273	> 273
	u_{53}	> 0.92	0.920.66	0.660.40	< 0.40
	u_{54}	> 4278	42783204	32042130	< 2130

建立从 U 到 V 的模糊映射,并据公式 $B = A \cdot R$ 对指标系统权数集 A 和评判矩阵 R 进行模糊合成运算,得到各县生态环境脆弱度的二级综合评判向量 B 。在运算中,为适当兼顾各因素,并保留单因素评判的全部信息,本文采用 $M(\cdot, +)$ 模型(加权平均型),即根据公式 $b_j = \sum a_i \cdot r_{ij}$ 来计算综合评判向量 B 中各元素之值,然后根据最大隶属度法来判定评价等级:即若 $b'_k = \max(b'_1, b'_2, \dots, b'_m)$,则可判定生态环境脆弱度为 v_k 等级。

照此方法计算,可得出各县生态环境脆弱度综合评判向量(表 3)。

根据以上综合评判向量结果并按照最大隶属度原则可得到贵州典型喀斯特县域生态环境脆弱度分级结果(图 1)如下:

I 极度脆弱区:石阡、思南、德江、沿河、兴仁、普安、晴隆、黔西、纳雍、威宁、福泉、平塘、龙里。

II 强度脆弱区:遵义、绥阳、正安、道真、务川、余庆、仁怀、开阳、息烽、修文、大方、金沙、织金、关岭、瓮安、独山、长顺、惠水。

III 中度脆弱区:凤岗、湄潭、清镇、六枝、玉屏、安龙、平坝、普定、黄平、麻江、罗甸。

IV 轻度脆弱区:紫云、施秉、荔波、贵定。

通过比照原始数据对以上划分结果择例检验,表明本评判结果还是较为合理可靠的。例如极度脆弱区中的石阡县,其山地面积占 73%,土壤侵蚀模数达 3244t/km²,在 46 个县份中均列第 4 位;山间平坝的比重仅为 3.3%,位居第 43 位;且多年平均降水量和人均 GDP 等生态环境脆弱度逆向因子数值偏低,所以把它划入极度脆弱类型区是合理的。将本评价结果与传统加权求和法结果相检验、比较,二者划分结果也大体一致,从另一方面也表明本文的评判结果是可信的。

从以上划分结果可以看出,贵州喀斯特地区生态环境脆弱形势极为严重,在 46 个典型喀斯特县份中,有 31 个属于强度脆弱或极度脆弱,属于中度脆弱的仅有 11 个县份,属于轻度脆弱的则只有 4 个县份。所以总体来说,贵州典型喀斯特地区生态环境脆弱形势极为严峻,生态环境重建工作任重而道远,需大力加强喀斯特地区生态环境保护和重建工作。

在今后的工作中,首先应当提高全社会的环境意识,通过宣传,使广大干部、群众认识到环境的重要性,认识到生态环境脆弱与贫困之间的关系,从而使

得人们能够自觉加入到环境保护的行列中来。其次还应当使环境保护和重建工作做到有章可循、有法可依、违法必惩,把脆弱生态环境整治推向法制化轨道,因为建立和健全权威性的执法机构和系统是使生态环境整治得以顺利进行的保证措施。

喀斯特地区生态环境脆弱是自然因子和人为活动长期相互交替影响的必然结果,为确保喀斯特地区社会经济的持续发展,必须把资源开发与环境整治协调统一起来,以开发促治理,以治理保开发,实现社会效益、经济效益和生态效益的统一。

表 3 典型喀斯特县域生态环境脆弱度综合评判向量

Tab.3 Vectors of synthetic estimate about the eco-environment fragility in typical karst counties

县名	综合评判向量				县名	综合评判向量			
	v_1	v_2	v_3	v_4		v_1	v_2	v_3	v_4
遵义	0.2420	0.1470	0.5224	0.0886	大方	0.0764	0.0668	0.5909	0.2659
绥阳	0.2192	0.2674	0.4023	0.1111	黔西	0.1987	0.1020	0.2074	0.4919
正安	0.2674	0.0286	0.4688	0.1992	金沙	0.0571	0.2868	0.4564	0.1997
道真	0.1238	0	0.6962	0.1755	织金	0.0970	0.0461	0.5114	0.3455
务川	0.0806	0.2120	0.4305	0.2769	纳雍	0.1693	0.1415	0.1988	0.4909
凤冈	0.0627	0.4766	0.1665	0.2942	威宁	0.0461	0.2708	0.2856	0.3975
湄潭	0.1080	0.4910	0.2646	0.1364	平坝	0.0359	0.4244	0.3496	0.1901
余庆	0.2055	0.2312	0.4787	0.0846	普定	0.0954	0.3377	0.2951	0.2718
仁怀	0.1391	0.2880	0.3733	0.1996	关岭	0.0286	0.3106	0.4467	0.2140
清镇	0.0320	0.4832	0.2947	0.1901	紫云	0.3613	0.1790	0.1306	0.3291
开阳	0.1244	0.2419	0.5167	0.1170	黄平	0.0452	0.4603	0.2628	0.2317
息烽	0.0269	0.3363	0.5198	0.1170	施秉	0.2883	0.1889	0.2429	0.2799
修文	0.1684	0.1990	0.4510	0.1816	麻江	0.3058	0.3964	0.0661	0.2317
六枝	0.0954	0.3660	0.2025	0.3361	荔波	0.3883	0.2515	0.1677	0.1925
玉屏	0.0452	0.6548	0.1334	0.1666	贵定	0.3547	0.1635	0.2698	0.2120
石阡	0.2320	0.1165	0.2431	0.4083	福泉	0.2542	0.1406	0.2517	0.3535
思南	0.0452	0.3393	0.0359	0.5796	瓮安	0.1244	0.2385	0.3955	0.2416
德江	0.1391	0.2689	0.0730	0.5190	独山	0.3380	0.1401	0.3855	0.1364
沿河	0	0.3398	0.2319	0.4283	平塘	0.2222	0.2242	0.1299	0.4237
兴仁	0.1715	0.2638	0.2368	0.3279	罗甸	0.2430	0.2972	0.2501	0.2096
普安	0.2613	0.2926	0.0718	0.3743	长顺	0.2621	0.0721	0.3419	0.3239
晴隆	0.2344	0.3195	0.0359	0.4102	龙里	0.1092	0.2665	0.2194	0.4049
安龙	0.1416	0.3074	0.2793	0.2717	惠水	0.1416	0.2212	0.3798	0.2574

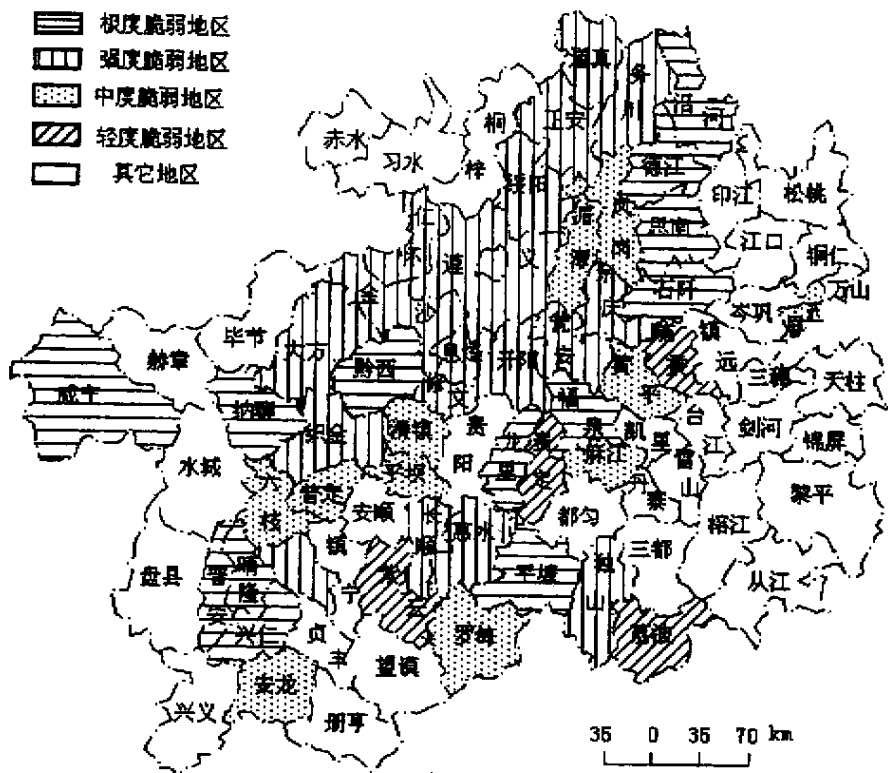


图 1 贵州典型喀斯特县域生态环境脆弱度等级划分示意图

Fig.1 Sketch map showing the regions of eco-environment fragility in typical karst counties , Guizhou

参考文献

- [1] 夏军.区域水环境及生态环境质量评价[M].武汉水利电力大学出版社,1999.6.
- [2] 孙武,侯玉,张勃.生态脆弱带波动性、人口压力、脆弱度之间的关系[J].生态学报,2000(3):369-373.
- [3] 杨汉奎.脆弱的喀斯特环境[A].贵州喀斯特环境研究[G].贵州人民出版社,1988:15-18.
- [4] 杨明德,毛健全,杨汉奎.贵州喀斯特环境与经济发展的初步探讨[A].贵州喀斯特环境研究[C].贵州人民出版社,1988:1-8.
- [5] 杨明德.论喀斯特地貌地域结构及其环境效应[A].贵州喀斯特环境研究[C].贵州人民出版社,1988:19-25.
- [6] 袁道先,蔡桂鸿.岩溶环境学[M].重庆出版社,1988:24-30.
- [7] 屠玉麟.论贵州农业生态环境的特征[A].贵州喀斯特环境研究[C].贵州人民出版社,1988:33-38.
- [8] 贵州师范大学地理系编.贵州省地理[M].贵州人民出版社,1989.
- [9] 屠玉麟.贵州喀斯特农业生态环境的类型划分[J].中国岩溶,1991(2):127-136.
- [10] 李彬.中国南方岩溶区环境脆弱性及其经济发展滞后原因浅析[J].中国岩溶,1995(3):209-215.
- [11] 何才华,熊康宁,栗茜.贵州喀斯特生态环境脆弱性类型区及其开发治理研究[J].贵州师范大学学报(自然科学版),1996(1):1-9.

- [12] 屠玉麟. 贵州土地荒漠化现状及其原因分析[A]. 石灰岩地区开发与治理[C]. 贵州人民出版社, 1996.
- [13] 苏维词. 岩溶地区生态环境敏感度评价研究: 以乌江流域为例[J]. 中国岩溶, 1997 (1) : 57-65.
- [14] 屠玉麟. 贵州喀斯特地区生态环境问题及其对策. 贵州省科学技术协会[A]. 贵州喀斯特地区生态环境建设与经济协调发展学术研讨会论文集[C], 1999.
- [15] 王腊春, 汪文富. 岩溶山区生态环境区划: 以贵州普定县后寨河流域为例[J]. 中国岩溶, 2000 (1) : 90-96.
- [16] 苏维词, 朱文孝. 贵州喀斯特山区生态环境脆弱性分析[J]. 山地学报, 2000 (5) : 429-434.
- [17] 甘露, 陈刚才, 万国江. 贵州喀斯特山区农业生态环境的脆弱性及可持续发展对策[J]. 山地学报, 2001 (2) : 130-134.
- [18] 杨庆媛, 张明举, 涂建军, 等. 喀斯特地貌区土地整治与生态环境建设途径研究——以四川省珙县为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2001 (2) : 217-221.
- [19] 贵州县情编委会. 贵州县情[M]. 中国统计出版社, 1994.
- [20] 贵州省农业厅. 贵州省农业统计资料[R], 1999.
- [21] 肖进原. 贵州省地理信息数据集[M]. 贵州人民出版社, 2000.
- [22] 谌虹等. 模糊数学在国民经济中的应用[M]. 华中理工大学出版社, 1993.
- [23] 徐国祥主编. 统计预测和决策[M]. 上海财经大学出版社, 1998.

(下转第 232 页)

PRELIMINARY STUDY ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TOURISM IN BAISHUITAI SINTER PLATFORM OF NORTHWESTERN YUNNAN

DAI Ya-nan^{1 2}, YOU Sheng-yi^{1 3}, LI Qiang^{1 4}, LIU Zai-hua¹

(1. *Institute of Karst Geology , CAGS ,Karst Dynamics Laboratory , MLR , Guilin , Guangxi 541004 , China ;*

2. College of Resources and Environmental Sciences , Southwest China Normal University , Chongqing 400715 China ;

3. China University of Geosciences , Wuhan , Hubei 430074 , China ; 4. Guangxi Teachers University , Guilin , Guangxi 541004 , China)

Abstract : In view of natural conditions and the humanities , this paper expounds the material base for the development of tourism business in Baishuitai , Northwestern Yunnan province. Problems occurred in the process of tourism business growing are evaluated. On the basis of analysis to the fragilities of the environment in Baishuitan sinter platform , it is put forward that this area is suitable for ecological tourism business abided by the connotation of sustainable development. In order to resolve the existed problems and realize sustainable development , some recommendation , such as increasing water flow on the surface of the sinter platform and strengthen constructing basic facilities are posed.

Key words : Calcareous sinter platform ; Sustainable development ; Baishuitai

(上接第 225 页)

CLASSIFICATION OF ECO-ENVIRONMENT FRAGILITY OF TYPICAL KARST COUNTIES IN GUIZHOU PROVINCE

WANG Yan-rong¹ , LIU Jie² , TU Yu-lin³

(1. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006, China;

2. College of Environment and Resources , Shanxi University , Taiyuan , Shanxi 030006 , China ;

3. Department of Resource and Environment Sciences , Guizhou Normal University , Guiyang , Guizhou 550001 ,China)

Abstract : It is a difficult problem to evaluate the fragility of eco-environment in karst region. 46 typical karst counties in Guizhou are taken as an example in the paper. The fragility of their eco-environment is calculated by analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy synthetic estimate (FSE), and then being divided into different classes based on the most subject principle. The result is accorded to actual situation , and it shows that this way is practical.

Key words : Karst ; Eco-environment ; Fragility ; Fuzzy synthetic estimate ; Quantitative assessment