

四川省土地生态安全评价

丁辉^{1,2}, 黄磊¹, 谢柯¹, 贺佳¹

(1. 四川师范大学地理与资源科学学院, 四川成都 610068; 2. 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川成都 610068)

摘要 从自然、社会、经济 and 治理条件 4 个方面选取了 21 个指标, 运用主成分分析法研究了四川省 21 个地区的生态安全情况。在此基础上, 通过聚类分析对各地区的生态安全情况进行了客观分类。

关键词 四川省; 生态安全评价; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号 F299.22 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)33-16485-02

Evaluation of Land Ecological Security in Sichuan Province

DING Hui et al (Faculty of Geography and Resources Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610068)

Abstract 21 indices were chosen from the aspects of natural conditions, social conditions, economic conditions and control conditions. Ecological security situation of 21 areas in Sichuan Province was studied by adopting Principal Component Analysis. On this basis, the ecological security situation of 21 areas was classified objectively by Cluster Analysis.

Key words Sichuan Province; Ecological security evaluation; Principal Component Analysis; Cluster Analysis

改革开放 30 年来, 中国经济发展取得了举世瞩目的成就, 但是生态环境也遭到了严重破坏。评价生态环境状态, 为宏观生态利用与管理提供参考显得尤为重要。笔者运用 SPSS13.0 软件的因子分析功能, 对四川省各地区生态安全情况进行了综合评价。

1 研究区概况

四川省地处我国西南部, 位于我国第一阶梯与第二阶梯过渡区, 生态环境非常复杂, 是长江上游生态屏障建设地带。全省面积为 48.5 万 km², 人口为 8 642.1 万人, 人口密度大, 人地关系极为紧张^[1]。境内土地经过几千年的耕作, 承载人口众多, 垦殖强度大, 生产条件日渐变差。

2 数据来源

研究数据主要来自于 2006 年《四川统计年鉴》^[1], 2003~2005 年《四川省水土保持监测公报》, 气象数据使用 1951~1980 年 30 年的平均值, 来源于四川省气象局。

3 评价因子选择

就目前而言, 土地生态安全评价还没有现成的、比较成熟的指标体系, 各个地方都主要结合当地的情况, 自行设计和选择指标。笔者主要通过自上而下和自下而上的方法选取评价指标。自上而下就是由系统到元素来选择指标, 即从上级指标往下级指标细分; 自下而上就是根据现有的数据来选择元素, 具体的步骤与原理参见文献[2]。

通过参考其他地方评价时所用的指标, 再结合四川省当地的具体情况和现有数据, 笔者选取了 21 个指标(表 1)^[3-5]。

表 1 中, 多年平均温、多年平均降水、多年平均积温(大于 10℃积温)、积温初终日间隔(大于 10℃积温)、水土协调度, 反映的是生态自然条件的优越性; 单位耕地从业人口、城市化率、人均 GDP、农民人均收入、单位耕地农机动力、农村用电量(单位面积耕地用电量)、机耕程度、科研经费、科研人员、粮食单产、单位水土流失面积治理资金能够反映地区生态维护和治理的能力, 都属于正向指标。水土流失面积比反

映地区生态环境恶化情况; 人口密度、人口增长率、单位耕地化肥用量、失业率反映生态环境的自然、社会和经济压力, 属于负向指标。对于生态安全的负向指标, 采取在数值前加负号的形式, 将其正负进行扭转。

表 1 四川省土地生态安全评价指标体系

Table 1 The land ecological security evaluation system in Sichuan Province

1 级指标(A)	2 级指标(B)
First-class index	Second-class index
自然条件(A ₁)	多年平均温(B ₁)
	多年平均降水(B ₂)
	多年平均积温(B ₃)
	积温初终日间隔(B ₄)
	水土协调度(B ₅)
	水土流失面积比(B ₆)
社会条件(A ₂)	人口密度(B ₇)
	人口增长率(B ₈)
	单位耕地从业人数(B ₉)
	城市化率(B ₁₀)
经济条件(A ₃)	人均 GDP(B ₁₁)
	农民人均收入(B ₁₂)
	单位耕地农机动力(B ₁₃)
	农村用电量(B ₁₄)
	化肥用量(B ₁₅)
	机耕程度(B ₁₆)
	失业率(B ₁₇)
治理条件(A ₄)	科研经费(B ₁₈)
	科研人员(B ₁₉)
	粮食单产(B ₂₀)
	单位水土流失面积治理资金(B ₂₁)

4 指标的因子分析

首先, 在因子分析前, 对各指标进行两两之间的相关分析。对于统计相关程度很大的因子, 先进行因子之间的物理意义独立性考虑。物理意义较独立时, 不对因子进行剔除; 统计相关程度很高, 且物理意义独立性不大时, 选择剔除此类因子。经过分析, 笔者剔除了多年平均温、多年平均积温、科研人员、粮食单产 4 个因子, 保证了进行因子分析的各因子之间相对独立, 这样可以提高因子分析的精度^[6]。然后运

基金项目 四川省教育厅 2005 年自然科学重点项目(2005A090)。

作者简介 丁辉(1964-), 男, 四川富顺人, 硕士, 副教授, 从事区域资源开发与保护研究。

收稿日期 2009-07-23

用以下公式对数据进行无量纲化处理:

$$Z_i = \frac{(x_i - x_{均})}{S} \quad (1)$$

式中, Z_i 为标准化后得到的值; x_i 为某指标第 i 地区指标的值; $x_{均}$ 为某指标的算术平均值; S 为标准差(样本方差), $S =$

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - x_{均})^2}$$

运用主成分分析法对无量纲化后的数据进行因子分析, 选取特征值大于 0.5 的因子作为主因子。经过计算, 选取了 7 个因子, 因子特征值都在 0.5 以上, 累积方差贡献率达到了 90.512%, 高于一般要求的 85%。同时, 发现旋转后的载荷矩阵更能够区分 7 个主因子所包含的各子指标情况, 所以, 对载荷矩阵进行旋转, 分析结果如表 2、3 所示。

表 2 旋转后的主成分分析结果

Table 2 The rotated results of principal component analysis

主因子 Principal factor	因子特征值 Eigenvalue of factors	方差贡献率/% Variance contribution rate	累积方差贡献率/% Accumulative variance contribution rate
F_1	3.981	23.420	23.420
F_2	2.750	16.178	39.598
F_3	2.433	14.312	53.910
F_4	2.247	13.215	67.125
F_5	1.454	8.553	75.678
F_6	1.277	7.510	83.188
F_7	1.245	7.324	90.512

表 3 旋转后的新因子的载荷矩阵

Table 3 The rotated load matrix of new components

因子 Factors	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
B_2	-0.111	0.114	0.805	0.257	0.215	-0.208	-0.520
B_3	0.164	-0.095	0.238	0.132	0.879	0.146	0.111
B_4	0.584	0.182	0.149	0.660	0.100	0.166	0.130
B_5	0.118	0.873	0.130	0.020	-0.356	-0.134	0.020
B_6	0.138	0.023	0.117	0.440	0.194	0.832	0.156
B_7	0.014	0.098	0.102	0.880	0.085	0.245	0.126
B_8	0.038	0.013	0.858	0.339	0.106	0.198	0.154
B_9	0.920	0.156	0.013	0.700	0.210	0.079	0.103
B_{10}	0.928	0.239	0.012	0.058	0.071	0.006	0.112
B_{11}	0.596	0.316	0.070	0.318	0.428	0.400	0.053
B_{12}	0.552	0.027	0.649	0.055	0.121	0.382	0.145
B_{13}	0.468	0.663	0.292	0.266	0.058	0.193	0.269
B_{14}	0.315	0.064	0.503	0.539	0.249	0.001	0.412
B_{15}	0.680	0.506	0.025	0.334	0.192	0.040	0.018
B_{16}	0.287	0.843	0.031	0.441	0.258	0.105	0.030
B_{17}	0.547	0.568	0.402	0.154	0.080	0.028	0.057
B_{18}	0.190	0.062	0.033	0.181	0.068	0.115	0.925

5 生态安全度计算

笔者以方差贡献度为权重, 再利用以下方法进行生态安全度计算。如某因子的值大于或等于规定的阈值, 则该因子的生态安全度计算公式为 $K_i = 1 \times T$ 。式中, K_i 为第 i 个因子的生态安全综合得分, T 为因子权重。如某因子的值小于规定的阈值, 则其计算公式为 $K_i = [1 - \frac{Q_{阈i} - Q_{实i}}{\max(Q_{阈} - Q_{实})}] \times T$ 。

式中, $Q_{实}$ 为因子实际值, $Q_{阈}$ 为因子生态安全阈值, $\max(Q_{阈} - Q_{实})$ 为未达到阈值的各值与阈值的最大距离。笔者以四川省的普遍生态情况为生态安全临界状态, 所以, 各因子的阈

值采用的是各地区因子实际值数列的中数。

计算完各因子的生态安全度后, 可利用以下公式得出地区生态安全度综合得分 $K, K = \sum K_i$ 。

6 计算结果与聚类分析

经过以上计算, 可得各地区的生态安全综合得分, 如表 4 所示。

表 4 四川省各地区生态安全综合得分和聚类分析结果

Table 4 Ecological security comprehensive score and cluster analysis result of different areas in Sichuan Province

城市 Cities	综合得分 Comprehensive score	所属类别 Sorts
成都	0.864	较安全
自贡	0.864	较安全
攀枝花	0.646	较不安全
泸州	0.783	较安全
德阳	0.872	较安全
绵阳	0.737	较不安全
广元	0.612	较不安全
遂宁	0.717	较不安全
内江	0.800	较安全
乐山	0.893	较安全
南充	0.732	较安全
眉山	0.924	较安全
宜宾	0.802	较安全
广安	0.722	较不安全
达州	0.745	较不安全
雅安	0.834	较安全
巴中	0.577	较不安全
资阳	0.606	不安全
阿坝	0.603	较不安全
甘孜	0.537	不安全
凉山	0.611	不安全

运用聚类分析(距离的计算采用欧式距离), 可得聚类的龙骨图, 如图 1 所示。通过分析, 笔者将各地的生态安全情况聚为 3 类, 各地区所属类别如表 4 所示。其中, 成都、自

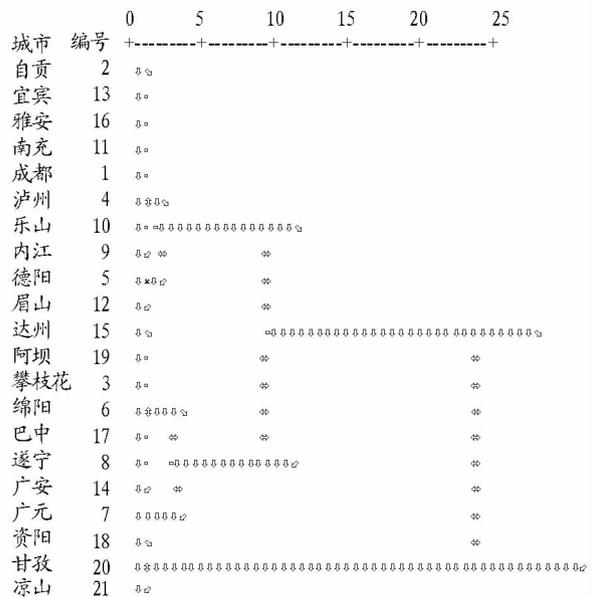


图 1 四川省各地区生态安全综合得分聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis result of ecological security comprehensive score in different areas of Sichuan Province

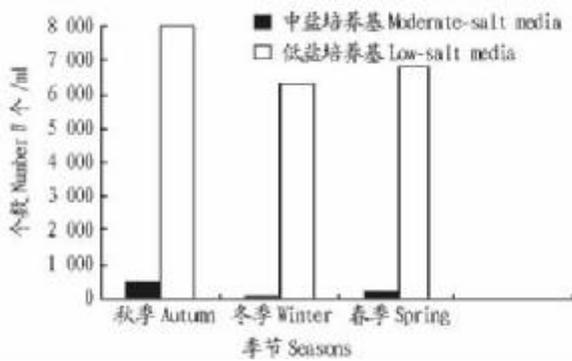


图2 不同季节不同培养基水样中嗜盐微生物平均分布

Fig. 2 Average distribution of microbes in water samples in different media and different seasons

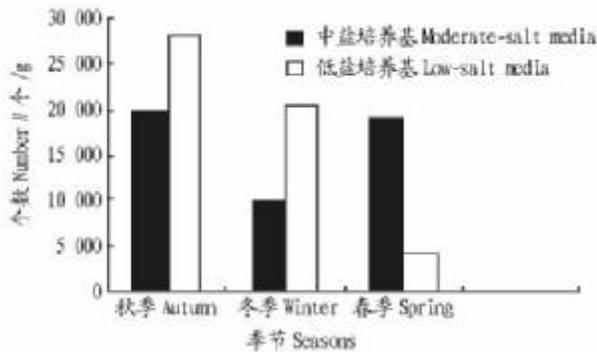


图3 不同季节不同培养基泥样中嗜盐微生物平均分布

Fig. 3 Average distribution of microbes in the sediment samples in different media and different seasons

样及泥样中的 NaCl 质量浓度分布情况如图 1 所示,从图 1 可以看出,无论泥样还是水样秋季的盐度最高。这可能是因为秋季温度高、日照强、水蒸发量大导致盐饱和度增加,水体受直接影响较大故不同季节变化明显;而泥样在水环境下受气温、日照影响小故不同季节变化不大,随着温度逐渐降低呈微弱下降趋势。与水样中盐度有明显的季节差异性不同,水样的菌体数量在 3 个季节中没有出现对应的变化,但在已筛选出的菌株中不难发现 3 个季节中菌落特征有明显不同。春、冬两季的菌落多呈白色、乳白色、淡黄色,但秋季水体中

筛选到的菌落多数为橙黄、粉红、玫红等较鲜艳的颜色,显然菌体组成在不同季节的水体中有很大差异。与水样正好相反,泥样的盐度变化不大但菌体数量变化显著:低盐培养基中菌体数量随着盐度渐降而趋少;中盐培养基的菌数与盐度没有正相关关系,春季盐度稍低于冬季但菌落数高于冬季。

3.2 不同基质样品中菌体数量分布差异 图 2、3 表明,无论是泥样还是水样,秋季嗜盐微生物分布最多,可能因为秋季温度明显高于冬、春两季。泥样中总菌数大于水样。这与其他盐田环境分布调查一致^[5-6],很有可能是泥样中含有比水样更多的营养成分。水样的低盐培养基中耐盐微生物冬季与春季分布相近,且春季略高于冬季;而泥样中数量分布冬季明显高于春季。水样的中盐培养基中微生物的分布数量远远少于低盐培养基中,相差近 3 个数量级;在泥样中低盐与中盐培养基的微生物分布有明显的区别。

图 2 显示低盐与中盐环境培养基菌落数有非常大的差异。可能是由于盐田水环境营养物质相对贫乏单一,NaCl 的含量成为其最重要的生长限制因子。水样受外界环境温度的影响比较大,图 2 显示出温度是一种重要的外界影响因素。图 3 表明低盐与中盐环境培养基菌落数没有非常明显的差异。可能在泥样中营养物质相对多样且丰富,所以菌落数明显高于水样,另外由于泥样中可能含有多种无机盐离子也相对削弱了 NaCl 对其分布的影响。

参考文献

- [1] 李爱民,王威,张志香,等. 盐田良性生态系统中嗜盐菌的研究[J]. 南开大学学报:自然科学版,1994,27(4):68-71.
- [2] 吕爱军,刘隳民,华栋,等. 盐田中嗜盐菌的初步研究[J]. 实验与技术,2003,27(12):5-6.
- [3] 迪丽拜尔·托乎提,徐晓晶. 新疆艾丁湖及邻近地区嗜盐菌和耐盐菌的数量分布[J]. 生态学报,2001,21(8):1388-1391.
- [4] OREN A. The ecology of the extremely halophilic archaea[J]. FEMS Microbiol Rev,1994,13:415-440.
- [5] 吕爱军,温洪宇,胡斌,等. 连云港台南盐田中嗜盐菌数量分布的调查[J]. 徐州师范大学学报:自然科学版,2003,21(1):77-78.
- [6] MOICA F J, CISNEROS E, FERRER C, et al. Osmotically induced response in representatives of halophilic: the bacterium *Halomicrobium elongata* and the archaeon *Haloflex volcanii*[J]. J Bacteriol,1997,179:5471-5481.

(上接第 16486 页)

贡、德阳、乐山、眉山、泸州、雅安、内江、宜宾、南充市属于生态较安全的第 1 类;攀枝花、遂宁、广安、达州、绵阳、广元、巴中市及阿坝藏族羌族自治州属于生态较不安全的第 2 类;资阳市、甘孜藏族自治州、凉山彝族自治州属于生态不安全的第 3 类。这反映出四川省内大部分地区都属于生态相对比较安全的类型,这与国家近几年来对四川省投入大量生态建设资金进行生态整治、建设生态屏障有很大关系。

7 结语

运用因子分析进行的生态安全评价方法较为客观,克服了特尔菲权重确定法中的主观性。其评价结果能够较好地反映客观实际情况,具有一定的参考价值。但是,由于作者水平限制,评价中的因子选择并不十分全面,阈值确定也可进行改进,这些问题都有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 四川省统计局,四川省调查总队. 四川省统计年鉴(2006)[M]. 北京:中国统计出版社,2006:6.
- [2] 肖薇薇,谢永生,王继军. 黄土丘陵区农业生态安全指标体系的建立[J]. 水土保持通报,2007,27(2):146-149.
- [3] 李玉平,蔡运龙. 河北省土地生态安全评价[J]. 北京大学学报:自然科学版,2007,43(6):784-789.
- [4] 田克明,王国强. 河南省农用地生态安全评价探讨[J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):156-158.
- [5] 王惠勇,曲衍波,郑晓梅,等. 主成分分析法在城镇土地生态安全评价中的应用[J]. 安徽农业科学,2007,35(1):4614-4617.
- [6] 丁辉. 地理学中的相关分析与回归分析[M]. 成都:电子科技大学出版社,1996(1):72-117.
- [7] DENG X Z, ZHAN J Y, ZHANG X L. Simulation and analysis of land system structure changes in Huang-Huai-Hai plain area [J]. 2007,8(3-4):45-52.
- [8] LI X, GUO N, SONG F R. Relationship between the cultivated land change and the population and economic development in Shandong Province since 1990 [J]. Asian Agricultural Research, 2009, 1(1):14-17,33.