

景观生态破坏评价指标体系的建立方法和应用

龙开元, 谢炳庚, 谢光辉
(湖南师范大学国土学院, 湖南 长沙 410081)

摘 要: 本文在探讨景观生态破坏评价指标体系建立的目的和原则以及分析人类对景观生态系统影响的成因和表现的基础上, 通过实例分析, 讨论指标体系的可靠性和适应性。结果说明: 水土流失率、景观类型多样性指数、生物量指数、开荒率、森林覆盖率等指标能够指示景观生态破坏的程度。
关键词: 景观生态破坏; 指标体系
中图分类号: 〈中图法〉X171.1; Q948 **文献标识码:** A

目前, 景观生态破坏日趋严重, 景观结构破坏、景观生态失调(森林锐减、土壤退化、生物多样性损失等)、景观功能退化等问题严重影响人类的生存和发展。许多科学工作者对此做了深入研究, 但主要注重于景观生态特性、景观生态类型等方面的研究^[1~3], 而对景观生态破坏评价的研究相对较少。但其对景观生态系统优化和建设十分重要, 为了开发利用景观单元, 协调人与景观生态系统的紧张关系, 保证景观生态系统持续稳定发展^[4], 在评价景观破坏程度的过程中必须考虑系统的生态效应, 强调景观评价适应自然, 突出人类活动的影响^[5], 反映景观生态结构及其变化, 反映景观内各生态系统间相互作用与影响。依据这些原则, 本文试图在研究景观生态系统破坏的表现、特征和成因、景观生态系统的性质和类型以及景观生态系统时间演变的基础上, 运用层次分析法, 建立景观生态破坏评价的指标体系, 以评价区域景观生态破坏程度, 为景观生态建设提供一定的科学依据。

1 指标选取及指标体系的建立

根据人类活动的特征、景观生态系统破坏的表现、特征和成因确定指标体系。通过对各景观要素、景观生态客体的内部结构、变化以及它们之间的结构、作用和变化的研究, 评价景观生态系统的稳定性、生产能力、景观异质性, 从而获得景观生态破坏程度的综合指数。

1.1 指标选取

根据层次分析法^[6], 将指标体系分为三个层次: 第一层次为综合指标(即景观稳定性指标、景观生产力指标、景观异质性指标的综合), 第二层次为复合指标(即景观稳定性指标、景观生产力指标、景观异质性指标), 第三层次为单项指标(即各项具体指标)。

1.1.1 景观稳定性指标(S)

景观具有稳定和变化两种特性, 景观稳定性是指景观对于外来干扰具有抵抗能力; 景观变化指随着干扰的介入及生态系统本身的发育, 景观生态随时间而发生有规律的变化或突变。景观变化需在稳定性的限度之内, 才能使景观逐步走向更高层次的稳定, 无论自然干扰还是人为干扰, 一旦超出景观的自我恢复能力, 景观生态系统必然趋向恶化, 直接影响人类的生存与发展^[7]。有关研究表明: 景观生态系统稳定性的破坏与土壤退化、开荒率、土壤侵蚀、灾害发生频率等呈较大的正相关性^[8]; 林地能提高农田、草牧场等景观基质的稳定性^[9]; 同时, 随着环境污染的加重和许多地方环境状况的恶化, 景观生态学开始景观生态系统承载力的研究^[10], 对人均耕地、人口密度、人口素质等应该着重关注。因此, 评价景观生态系统的稳定性对于评价景观生态破坏程度和保护、维持、重建景观生态系统有着十分重要的意义。其具体指标有: (1)土地退化率(s_1)、(2)开荒率(s_2)、(3)水土流失率(s_3)、(4)灾害发生频率(s_4)、

收稿日期: 2000-02-14; 改回日期: 2000-06-19。
基金项目: 湖南省社会发展科技计划资助项目(编号: 98SSY2043)和湖南省教委资助项目阶段成果。
作者简介: 龙开元(1974-), 男(汉族), 湖南省益阳人。中国科学院地理科学与资源研究所在读博士, 主要从事土地利用与景观生态学方面的研究。

(5)森林覆盖率(s_5)、(6)人均耕地面积(s_6)、(7)人口密度(s_7)、(8)人口素质指数(s_8), 其中开荒率为开垦荒地面积与区域总面积的比值, 水土流失率为水土流失面积与区域总面积的比值, 灾害发生频率指平均年度灾害发生频率, 人口素质指数为各类专业技术人员总数与区域总人口的比值。

1.1.2 景观生产力指标(P)

景观生产力水平是一种景观生态系统的投入—产出水平, 人类保护景观生态系统的目的是实现人与自然的共生互利和人与自然协调环境下的低投入、高产出效果, 在人类与自然相互适应和共同进化的过程中, 要求景观生态系统能够为人类提供更多的资源, 但是人类的过度索取和排放会降低景观生态系统的生产能力, 因此可以通过以下景观生态系统生产力指标的测度来衡量景观生态系统的被破坏水平, 其中土壤肥力是景观生态破坏影响的基质因素, 作物生产量指数、生物多样性是景观生态破坏影响的表现。

(1)生物量指数(p_1)

指区域内主要粮食作物和经济作物的单位面积生物产量(kg/m^2)。

(2)生物多样性指数(p_2)

$$P_2 = -\sum (b_i) \times \ln(b_i)$$

式中 b_i 为生物属 i 的种类数。

(3)土壤肥力指数(p_3)

主要指土壤中有有机质含量。

1.1.3 景观异质性指标(H)

景观是一块异质性土地区域, 由形式相似、重复出现的一种相互作用的生态系统组成, 具有一定的空间结构, 即在景观单元和生态客体中物质、能量和物种的分布方面, 景观是异质的并具有不同的结构; 而决定生态客体在景观单元间连续运动或流动, 以及景观单元间相互作用的是景观功能。景观异质性越高, 景观功能越强, 景观生态系统破坏后的恢复能力也就越强, 反之, 景观生态系统破坏的程度越大或破坏的机率越大。有结果表明: 人类活动对景观多样性有较为明显的影响, 随着人类活动的加强, 景观多样性降低^[11]; 同时, 人类对景观的最大改变是促其破碎化^[12], 随着人类干扰强度的增加, 景观破碎化程度加深^[13], 其破碎度的值越大。因此, 评价景观异质性能够体现景观生态的破坏程度, 有助于理角和衡量景观生态功能, 帮助恢复和重建景观生态系统。

(1)景观多样性指数(h_1)

景观类型包括林地、果园、草地、耕地、城市和居民用地、工厂、交通用地、水面、休闲地、荒地, (h_{1j})是景观类型 j 所占区域总面积的比率

$$h_1 = -\sum (h_{1j}) \times \ln(h_{1j})$$

(2)景观破碎度

$$h_2 = \sum n_i / A$$

其中, h_2 表示景观破碎度, $\sum n_i$ 为景观中所有景观类型斑块的总个数, A 为景观的总面积。

(3)自然景观分离度

景观分离度是指某一景观类型中不同斑块个体分布的分离程度, 本文采用下列方法计算自然景观的分离度:

$$h_3 = D_i / S_i$$

其中

$$D_i = 1/2 \sqrt{n/A}$$

式中, h_3 为自然景观分离度; D_i 为自然景观类型 i 的距离指数, S_i 为自然景观类型 i 的面积指数, A 为自然景观类型 i 的总面积, n 表示自然景观类型 i 中的斑块总个数。

1.2 评价方法

(1)根据各单项指标的计算方法, 求出各单项指标的实际得分(即 S_i 、 P_i 、 h_i);

(2)对各项指标进行标准化变换, 方法主要有两种: 标准化处理和分等赋值方法:

(a)对各项与生态破坏程度呈负相关的指标(本指标体系中指森林覆盖率、生物量、生物多样性、土壤肥力、景观类型多样性指数)进行正相关处理, 保证所有指标得分都对景观生态破坏指数作正贡献。

(b)首先将各指标进行分等定级, 确定各等级的值域和赋值标准, 然后根据各指标的实际得分对各指标赋值。本文将各指标分成三等(A_1 , A_2 , A_3), 赋值标准为 $A_1: 1.00$, $A_2: 0.50$, $A_3: 0.01$, 并确定等级值域(表 1)。

(3)用特征根方法确定各单项指标的权重(景观稳定性的各单项指标的权重为 w_i , 景观生产力的各单项指标的权重为 c_i , 景观异质性的各单项指标的权重为 y_i), 并确定复合指标的权重(景观稳定性指标为 W , 景观生产力指标为 C , 景观异质性指标为 Y)。

(4)根据各单项指标的得分和权重计算出复合指标的得分。

$$\text{景观稳定性指标 } S = \sum (s_i \times w_i)$$

表 1 指标等级体系及权重表
Table 1 Grade table of indexes and weights

评 价 指 标	等 级 体 系			权 重
景观稳定性指标				0.5179
土地退化率	$A1 \geq 0.3\%$	$A2: 0.3\% \sim 0.1\%$	$A3 \leq 0.1\%$	0.0428
开荒率	$A1 \geq 0.1\%$	$A2: 0.1\% \sim 0.01\%$	$A3 \leq 0.01\%$	0.0827
水土流失率	$A1 \geq 0.2\%$	$A2: 0.2 \sim 0.1$	$A3 \leq 0.1$	0.1386
灾害发生频率	$A1 \geq 100\%$	$A2: 100\% \sim 0.1\%$	$A3 \leq 0.1\%$	0.0428
森林覆盖率	$A1 \geq 30\%$	$A2: 30\% \sim 60\%$	$A3 \leq 60\%$	0.0827
人均耕地面积	$A1 \geq 0.067$	$A2: 0.067 \sim 0.11$	$A3 \leq 0.11\%$	0.0428
人口密度	$A1 \geq 500$	$A2: 146 \sim 500$	$A3 \leq 146$	0.0428
人口素质指数	$A1 \geq 0.01$	$A2: 0.01 \sim 0.02$	$A3 \leq 0.02$	0.0428
景观生产力指标				0.2468
生物量指数	$A1 \leq 0.01$	$A2: 0.1 \sim 0.01$	$A3 \geq 0.1$	0.1099
生物多样性	$A1 \leq 0.50$	$A2: 0.50 \sim 1.00$	$A3 \geq 1.00$	0.0652
土壤肥力指数	$A1 \leq 1.00\%$	$A2: 1.00\% \sim 2.00\%$	$A3 \geq 2\%$	0.0717
景观异质性指标				0.2353
景观类型多样性指数	$A1 \leq 0.5$	$A2: 0.50 \sim 1.00$	$A3 \geq 1.00$	0.1141
景观破碎度	$A1 \leq 0.6$	$A2: 0.2 \sim 0.6$	$A3 \geq 0.2$	0.0713
自然景观分离度	$A1 \leq 0.05$	$A2: 0.01 \sim 0.05$	$A3 \geq 0.01$	0.0499

景观生产力指标 $P = \sum (p_i \times c_i)$

景观异质性指标 $H = \sum (h_i \times y_i)$

(5)根据复合指标的得分和权重计算综合指标得分。

综和指标得分= $S \cdot W + P \cdot C + H \cdot Y$

(6)确定评价标准及分等。

可以借鉴 Sturges 公式 $n = [1 + 3.32 \cdot \lg N] + 1$ (n 为等级数, N 为变量数), 当 $N = 11$ 时得 $n = 5$, 即将景观生态破坏分为五个等级: 综合指标得分 < 0.2 为基本无破坏级、 $0.2 \sim 0.4$ 为轻微破坏级、 $0.4 \sim 0.6$ 为中度破坏级、 $0.6 \sim 0.8$ 为重度破坏级 > 0.8 为极度破坏级。

2 实证分析

本文在野外调查的基础上, 主要利用湖南省湘潭县土地利用现状图、土地利用详查资料和 1995 年湘潭县志等资料进行分析。

根据湖南省湘潭县土地利用现状特点以及土地利用详查资料, 将景观分为 7 个类型: 耕地景观、园地景观、林地景观、城镇村及工矿用地景观、交通用地景观、水域景观、特殊景观, 并统计景观结构和各类景观斑块面积及周长; 据此和其他有关统计资料, 分别计算出景观稳定性、景观生产力、景观异质性各指标的指标值, 并依据各自权重逐级计算复合指标和综合指标得分(表 2)。根据其综合指标得分为

0.4541, 参照评价标准, 把湘潭县景观生态破坏程度归入中度破坏级, 这与湘潭景观生态破坏实际比较相符的, 可见本指标体系的实用性是比较好的。

3 结语与讨论

1. 本文所介绍的评价指标体系从景观生态破坏的表现、特征和成因入手选取指标, 使指标最能体现景观生态破坏程度; 并且对权重的确定采取特征根法和积法相结合的方法, 既采纳了专家的意见, 又最大可能消除了人为因素的干扰, 使本指标体系具有较高的可靠性; 同时, 本指标体系中各指标具有较好的时间延续性, 因此对于景观生态破坏的长期监测与趋势分析比较有利; 另外, 本指标体系的建立过程中也考虑了资料和数据获取的简易性。

2. 对指标量纲的消除可以采取指标分等赋值和标准化方法, 二者各有优势和缺点: 分等赋值方法特别适应于不同地区之间的比较, 但指标分等的标度难以掌握; 而标准化方法对一定范围内样本地点的分等定级比较适应, 而且便于机助计算, 但对不同地区之间的比较适应程度较差。本文出于对不同地区的景观生态破坏程度比较的考虑, 故采用分等赋值的方法。

3. 从指标权重表中可以看出: 水土流失率、景观类型多样性指数、生物量指数、开荒率、森林覆盖率等的合成权重非常大, 可以将其作为景观生态破

坏的“指示器”。不同类型的景观生态类型进行适当调整, 以保持指标体系的不断更新和完善。

4. 评价指标体系和权重分配可根据不同区域、

表 2 湘潭县景观生态破坏评价指标得分表

Table 2 Indexes' marks of landscape damage evaluating in Xiang Tan county

指 标	指标值	赋 值	复合权重量	得分
景观稳定性指标(W)			0.5179	0.2581
土地退化率(w_1)	0.1851	0.5	0.0428	0.0214
开荒率(w_2)	0.0001	0.5	0.0827	0.0414
水土流失率(w_3)	0.1430	0.5	0.1386	0.0693
灾害发生频率(w_4)	0.7162	0.5	0.0428	0.0214
森林覆盖率(w_5)	0.42	0.5	0.0827	0.0414
人均耕地面积(w_6)	0.067	0.5	0.0428	0.0214
人口密度(w_7)	443	0.5	0.0428	0.0214
人口素质指数(w_8)	0.0164	0.5	0.0428	0.0214
景观生产力指标(C)			0.2468	0.0883
生物量指数(C_1)	0.0293	0.5	0.1099	0.0550
生物多样性(C_2)	0.6668	0.5	0.0652	0.0326
土壤肥力指数(C_3)	0.0328	0.01	0.0717	0.0007
景观异质性指标(Y)			0.2353	0.1077
景观类型多样性指数(y_1)	1.5038	0.01	0.1141	0.0114
景观破碎度(y_2)	1.4891	1	0.0713	0.0713
自然景观分离度(y_3)	0.0709	0.5	0.0499	0.0250

参考文献:

[1] R. Forman and M. Godron. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley. & Sons. 1986.

[2] Kolasa, J. and Pickett, S. T. A. Ecological heterogeneity[M]. New York: Springer—Verlag New York, New York, USA. 1991.

[3] Legendre, P. And Fortin, M—J. Spatial pattim and ecological analysis [J]. *Vegetation*, 1989, 80: 107 ~ 138.

[4] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法与应用[M], 北京: 中国林业出版社, 1991.

[5] Jacob M. Sustainable development and deep ecolgy: analysis of competing traditions[J]. *Environnment Management*. 1994. 18(4): 477 ~ 488.

[6] 李 云, 祖艳群, 胡先奇, 等. 生态村农业生态经济系统综合和评价指标体系的研究[J], 生态经济, 1994. 10(2): 30 ~ 34.

[7] 李 强, 慈龙骏. 神府东胜区景观生态异质性分析与景观生态建设[J], 干旱区资源与环境, 1996. 10(2): 62 ~ 68.

[8] 阎传海. 山东省南部地区景观生态的分类与评价[J], 农村生态环境, 1998. 14(2): 15 ~ 19.

[9] 周新华. 试论林网在景观中布局的宏观度量与评价[J], 生态学报, 1994. 14(1): 24 ~ 31.

[10] 陈传康. 区域开发理论与实践[M], 北京: 中国商业出版社, 1994.

[11] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J], 生态学报, 1996. 16(4): 337 ~ 344.

[12] 肖笃宁. 试论景观与文化[J], 大自然探索, 1997, 16(2): 68 ~ 71.

Establishment and Application of Index System of Evaluating Landscape Ecology Damage

LONG Kai-yuan, XIE Bing-geng and XIE Guang-hui
(*Institute of Land and Resource, Human Nomal University, Changsha 410081 PRC*)

Abstract: Landscape ecology damage is a very serious problem in the world. In order to evaluate the landscape ecology damage. By means of Analytical Hierarchy Process(AHP), this dissertation established the synthetical index system from

71994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

three aspects of landscape-stability, productivity, heterogeneity. On the aspect of stability, mostly choosing ratio of soil degenerating, ratio of cultivating wilderness , ratio of soil washed away, frequency of calamity, covering ratio of forest, cultivated area per capita, population density, index of population diathesis 8 indexes; on the aspect of productivity, mostly choosing index of biological quantity, index of biological diversity, index of soil fertility 3 indexes; on the aspect of heterogeneity, mostly choosing diversity of landscape type, fragmentation of landscape, landscape isolation 3 indexes. By means of specialist consultation, make the weight of stability, productivity, heterogeneity 0.5179, 0.2468, 0.2353 separately, and calculated the compounded weight of indexes and ranked them, at last, it analyzed and discussed the reliability and suitability of the index system through an example and drew a conclusion; ratio of cultivating wilderness, ratio of soil washed away, diversity of landscape type, index of biological quantity and ratio of soil degeneration can be regarded as “indicator” of landscape ecology damage.

Key words: landscape ecology damage; index system

第 18 卷第 6 期第 531 页龙花楼“资源与五指山经济社会可持续发展”文中表 1 勘误

龙花楼“资源与五指山经济社会可持续发展”文中原表 1 表头有误,更正如下:

表 1 五指山区土地利用结构*(10⁴hm²,%)

Table 1 Land-use structure in the Wuzhi Mountainous region (10⁴hm²,%)

县市	总面积	耕地		林地		园地		牧草地		荒地		其它	
		面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
保亭	11.61	0.860	7.41	7.607	65.52	1.981	17.06	0.615	5.30	0.002	0.02	0.545	4.69
琼中	27.06	1.358	5.02	16.520	61.05	4.265	15.76	0.233	0.86	3.918	14.48	0.766	2.83
通什	11.29	0.467	4.14	7.919	70.14	0.694	6.15	0.085	0.75	1.703	15.08	0.422	3.74
五指山区	49.96	2.685	5.37	32.046	64.14	6.940	13.89	0.933	1.87	5.623	11.26	1.733	3.47

*资料来源:通什市土地管理局.通什土地利用现状调查报告,1994年1月;琼中县政府.海南琼中黎族苗族自治县土地利用总体规划,1996年3月;保亭县政府.海南保亭黎族苗族自治县土地利用总体规划,1995年8月.