

脆弱生态环境定量评价方法的研究

赵跃龙 张玲娟

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

摘 要 本研究建立了一套系统、完整、客观、灵活且具较强可操作性的脆弱生态环境定量评价指标体系及方法, 并通过用此法评价全国 26 个省、区生态环境脆弱度的方式, 对其可操作性和准确性进行了验证。

关键词 脆弱生态环境 定量评价 指标体系 方法

目前国际社会正倡导持续发展, 而生态环境的脆弱则阻碍着持续发展。因此, 近年来, 国内外对脆弱生态环境展开了深入而广泛的研究^[1~6], 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。其中的生态环境脆弱度的研究, 则需要建立一套方法对其进行评价, 已有的评价方法多数停留在定性的水平上, 少数方法虽已具定量属性, 但仍存在不少问题。例如: 指标选取偏自然, 人为作用的指标偏少^[1,2]; 所选指标不容易获得, 从而可操作性差^[1]; 各指标权重的赋值要么较主观^[1], 要么完全按数学方法计算^[2,3], 灵活性差, 使研究结果往往偏离实际; 研究地域有局限^[2], 环境条件太特殊, 因此研究结果可比性差, 推广价值低。鉴于此, 本文将对脆弱生态环境定量评估方法再作探讨, 以期得出的一套系统、完整、客观、灵活而又可操作的生态环境脆弱度评价方法, 为国家整治脆弱生态环境的决策提供较为准确的理论依据。

1 脆弱生态环境成因、特征及结果表现

1.1 脆弱生态环境成因

当生态环境退化超过了在现有社会经济和技术水平下能长期维持目前人类利用和发展的水平时, 称为脆弱生态环境。在保持和增大人类利用环境的程度和规模的条件下, 可以通过经济、技术改革和调适, 也可以靠外来资源和向外输出来缓解环境退化和资源耗竭。脆弱生态环境形成因素可归纳为自然因素和人为因素两大类^[7]。

(1) 自然因素

自然因素包括基质、动能两大因素。基质因素主要由地质构造、地貌特征、地表组成物质、生物群体类型等因子构成, 是生态环境构成的物质基础。动能因素主要由气候脆弱因子构成, 是生态环境形成演替的能量基础。

地质脆弱因子: 地质脆弱因子通常包括地质断裂构造带, 构造断裂作用的发生往往导致地貌格局和地表形态变化, 从而导致生态环境的急剧变化, 进一步促进脆弱生态环境的形成。

地貌脆弱因子: 地貌脆弱因子主要有石灰岩山地丘陵(容易导致石化)、山地陡坡不稳定风化壳(容易导致滑坡泥石流的发生)、山地薄土层粗骨质阳坡、垂直节理发育的深厚母质(或风化壳)山体(容易引起重力侵蚀崩塌)、滨河滨湖滨海沙积地貌等等。这些地貌因子属性及地貌过程,均容易造成脆弱生态环境的形成与演替。

气候脆弱因子: 气候脆弱因子主要指气候干旱、寒冷和大风吹蚀等导致生态脆弱的因子。一般而言,干旱半干旱容易抑制植物生长,甚至造成枯萎而导致生态环境的脆弱;寒冻(日均温 0°C 以下)则常导致寒漠脆弱环境的出现。在我国,冬季盛吹西北风,干冷而强劲,常吹蚀表土、加剧干旱、推移沙丘,加剧脆弱生态环境的形成。

水文脆弱因子: 水文脆弱生态因子,主要指对地表组成物质构成冲刷作用的地表径流,常造成严重水土流失。河流摆动冲刷作用的发生,亦常造成原生环境的破坏和脆弱生态环境的出现。

(2) 人为因素(即人类不合理开发利用因素)

人类生存发展离不开资源和环境。人类一方面通过资源的开发获得物质和环境建设来改善生态环境,另一方面,资源和环境又以自身的质量、数量分布制约人类的生存发展,形成彼此共生、相互关连的关系,自始至终处于动态平衡之中,而人类活动则处于这种关系的主导地位。如果人类活动与资源环境承载能力及再生能力协调,则生态环境处于良性演替;如果人类不合理开发利用,生态环境将会逆向演替,并将导致脆弱生态环境的产生。人类不合理利用资源环境的方式主要表现在下列几个方面。

过度垦殖土地: 土地因其形成因素的多样性而具有不同的适宜利用类型。因地制宜地利用土地资源和建立农林牧合理用地结构,是建立良好生态环境的中心环节。然而在人类利用资源过程中,却总是存在着不合理利用,土地的过度垦殖往往导致生态环境的脆弱。

过度放牧: 草场过度利用,超载放牧而导致脆弱生态形成的教训在我国广大牧区是十分普遍的现象,据宁夏盐池县北部六乡 1990 年草场资源调查,该区放牧羊只超过草场载畜量的 50%,致使局部过度放牧地段草场退化为流动沙丘。

过度樵采、过度采药: 农村能源紧缺现象在我国仍十分普遍,农民过度樵采,造成土地丧失再生能力,导致脆弱生态环境的出现。

不合理的灌溉: 长期不合理的灌溉造成盐碱化。

1.2 脆弱生态环境特征

脆弱生态环境因不同地区、不同成因而表现不同特征,如黄土高原水土流失是关键因素,西部干旱区、半干旱区缺水严重,而位于南亚热带的桂西北喀斯特山区则既缺土壤又缺可利用的水,黄淮海地区则是盐碱化等等。主要特征有:沙化、石砾化、盐碱化、水土流失、肥力下降、旱化、石质化、植被退化、土地适宜性降低、灾害频度及强度增加等特征。

1.3 生态环境脆弱的结果表现

脆弱生态环境是与自然、社会、经济紧密联系的,是自然环境条件与人类生产活动以及历史发展过程相互联系和作用的结果。因此,无论脆弱生态环境的成因和表现特征有多么不同,其最终的结果表现大体是一致的,主要集中在农业生产能力低、工业落后、地方病多、人口素质差以及贫困等方面。

2 脆弱生态环境评价指标体系的建立

根据上述脆弱生态环境成因及表现特征分析, 我们可以得出各种评价生态环境脆弱的指标。由于脆弱生态环境的成因及表现特征多种多样, 如果把所有成因及表现特征均列入脆弱生态环境评价指标体系, 则将会得到庞大的指标体系。这不仅增加评价工作量, 而且还会冲淡主要指标, 进而将导致评价结果不准确。为精简指标体系, 我们只选择主要的成因指标和表现特征指标。又由于, 我国幅员辽阔, 生态类型复杂多样, 造成脆弱生态环境的主导因子各异, 脆弱生态环境主导表现特征也因此不同, 所选择的指标自然也就不同, 使生态环境脆弱度的评价结果缺乏地区间的可比性。为克服这一不足, 我们加入了脆弱生态环境结果表现指标进行校正。最后得出兼顾可操作性(即指标的易获性)、可比性及简炼性的一套脆弱生态环境评价指标体系。指标筛选理由与依据如下。

2.1 主要成因指标

水资源。水主要通过降水量多少、降水稳定性、蒸发与降水关系、对利用的影响、径流变率及地下水矿化度等影响脆弱生态环境的形成。为了操作方便、简化评价工作, 即坚持可比性、精练性原则, 我们只选直观易获的降水量作为脆弱生态环境的水资源成因指标。

中国北方半干旱-半湿润区是耕作业与畜牧业的过渡区, 习惯上称之为农牧交错带, 是农业历史上农牧界线变化较频繁、波动较大的区域^[4], 目前的土地利用方式以农牧交错为主, 在这一区域, 影响土地利用方式的主要因素是水分条件, 而水分的主要来源是降水, 年降雨量越大越有利于土地利用。以旱作农业而言, 年降水量大于 400 mm 基本上能够满足春麦的基本需求, 低于 400 mm 则收成不稳定。冷温作物(如荞麦)和中温作物(如谷子)的起码需求量也在 350 mm 以上, 天然乔木分布界线与降水量的关系也极为明显^[4], 凡有天然乔木林生长的地区其年雨量大都在 400 mm 以上。

热量资源。由 10 的连续积温表示。它是热量充足与否的重要指标, 热量资源不仅本身直接影响脆弱生态环境, 而且还通过与水资源配合状况(可以从干燥度中得到体现)、植被分布类型及分布密度影响脆弱生态环境。

干燥度。水热配合不当, 矛盾突出, 气候炎热干燥, 造成极度干旱。例如, 云南元谋县, 气候炎热干燥, 降水量不足 500 mm, 蒸发却高达 3 737.3 mm, 是降水量的 6 倍^[5]。干燥度越大, 生态环境越脆弱, 干燥度大小正好与生态环境脆弱度大小成正相关关系。干燥度 K ^[6]可从式(1)求得。

$$K = 0.16 \sum_{10} 10 / R \quad (1)$$

式中 0.16——常数 R ——气温 10 连续期的降水量, 用 mm 表示
 $\sum_{10} 10$ ——气温 10 期间的连续积温

人均耕地面积。它同时代表人口与土地两大资源及其二者的结合情况, 也是促成脆弱生态环境的主要因素之一, 它与生态环境的脆弱成反相关关系。

地表植被覆盖度。从普遍的意义上讲, 不管哪一种脆弱表现形式的脆弱强度均与植被覆盖度(地表裸露度)有较好的相关关系。生态环境脆弱度与地表植被覆盖度成负相关关系。地表植被覆盖度可用森林覆盖率表示, 用森林覆盖率表示地表植被覆盖度的不足之处是, 不能区别农、林、牧区。一般来说, 林区森林覆盖率大, 而农牧区则小, 这就难以

进行农、林、牧区间脆弱生态环境的比较,若将农、林、牧分别开,各自进行脆弱生态环境评价,不仅工作量加大,而且评价结果在农、林、牧区间缺乏可比性。这个不足之处已由后面的农业现代化(即农业生产水平)水平指标加以校正。因为,一般农区森林覆盖度低,但农业现代化水平高、经济发展水平高,反之林区森林覆盖度高,但农业现代化水平低、经济发展水平低,牧区森林覆盖度低,且农业现代化水平也低,所以,脆弱生态环境强度较大,即牧区生态环境一般不如农林区。

2.2 结果表现指标

脆弱生态环境的指标体系实际上是估价人口、生产、社会发展,环境整体生产能力及潜力的程度,以及环境能否被持续、稳定利用的综合性衡量标准。因此,脆弱生态环境结果表现指标是指标体系的重要组成部份。根据脆弱生态环境结果表现,可归纳出以下指标。

经济发展水平指标,包括工、农业发展水平指标和综合经济发展水平指标,后者由人均GNP和人均纯收入构成,前者包括工业化和农业现代化水平。为使方法简便易行,工业现代化水平可由人均工业产值表示;农业现代化水平由农业投入(人均和亩均农机、化肥、灌溉、农村用电)和农业产出(人均产粮、人均农业产值、亩均产粮和亩均产值)组成。无论是农业现代化还是工业现代化水平均与生态环境脆弱度成反相关关系^[8,9]。

社会发展水平指标,这是所有脆弱生态环境成因与环境发生作用后,在生态环境的主体——人类上的最终表现指标,以恩格尔系数和人口素质两大指标表示。人口素质主要由文化素质和身体素质构成,文化素质以受教育水平高低来衡量,身体素质用寿命的长短来衡量。

通过以上分析,我们得出一套评价脆弱生态环境的指标体系(见表1),共包括11项指标,除其中的干燥度和恩格尔系数的大小与脆弱度大小成正相关外,其它9项指标均与脆弱度大小成反相关。

表 1 脆弱生态环境指标体系及权重表
Tab. 1 The index system and weight of fragile environment

指 标	指 标 值	指标来源	指标权重
主要成因指标			0.50
水	降水量、降水变率	气象统计资料	0.10
热	气温 10 期间的连续积温	气象统计资料	0.10
水热结合——干燥度	$K = 0.16 \sum_{10} / R$	气象统计资料	0.05
人均耕地面积		中国统计年鉴	0.10
地表植被覆盖度	森林覆盖率	林业统计年鉴	0.15
结果表现指标			0.50
人均 GNP		中国统计年鉴	0.05
农民人均纯收入		中国统计年鉴	0.05
人均工业产值		中国统计年鉴	0.10
农业现代化水平	农业投入、产出水平	中国统计年鉴	0.10
恩格尔系数		中国统计年鉴	0.10
人口素质	平均寿命和非文盲率	中国统计年鉴	0.10

3 生态环境脆弱度的计算方法

3.1 赋指标权重

脆弱生态环境综合评价的指标体系是由众多的基本指标组成, 不同区域类型、不同层次脆弱生态环境系统的特性差异以及各指标的内涵不同, 因此各指标对评价脆弱生态环境系统的重要性不同。要对脆弱生态环境进行定量的综合评价, 就必须对各个指标重要程度的大小用具体的数字来度量, 通常用指标的权重来表示各指标在整个指标体系中的相对重要性程度。显然, 对于特定的脆弱生态环境系统进行定量的综合评价, 除准确选定评价指标以外, 还必须准确确定各指标的权重, 以期获得准确的综合评价结果。

迄今为止, 对权重的确定问题已进行了大量的研究, 有以研究人员的实践经验和主观判断为主来确定权重的, 也有用各种数学方法为主来确定权重的, 例如经验权数法、专家咨询法、统计平均值法、指标值法、相邻指标比较法、灵活偏好矩阵法、抽样权数法、比重权数法、逐步回归法、灰色关联法、主成分分析法、层次分析法、模糊逆方程法等等。由于用数学方法确定权重, 可以对其准确性进行检验, 能减小权重确定的主观随意性, 因此采用各种数学方法确定权重日渐广泛。但是另一方面, 任何数学方法本身在应用时都有一定的要求和局限性, 在选择何种数学方法及原始数据的收集和应用上也带有人主观性, 而且最主要的是其灵活性较差。在既要尽量减小主观随意性、提高权重的客观性和准确性, 又要具有灵活性和可操作性的原则下, 我们选用目前较常用的专家咨询法进行权重赋值, 赋值结果见表 1。

3.2 生态环境脆弱度计算

建立了指标体系, 并给各指标赋权重后, 可根据如下公式求得生态环境脆弱度 (G)。

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i}{\left(\max_{i=1}^n P_i \cdot W_i + \min_{i=1}^n P_i \cdot W_i \right)}$$

(2)

式中 P_i ——各指标初值化之值 W_i ——各指标权重

采用式 (2) 计算出全国除京津沪和海南以外的 26 个省区的脆弱度 (G) 见表 2。

表 2 全国 26 个省区生态环境脆弱度表

Tab. 2

Fragile degrees of environment within 26 provinces of China

极强脆弱	省名	宁夏	西藏	青海	甘肃	贵州	山西	陕西	新疆
	脆弱度	0. 8353	0. 8329	0. 8045	0. 7821	0. 7153	0. 6927	0. 6113	0. 6537
强度脆弱	省名	四川	河北	内蒙古	云南	河南	安徽	吉林	
	脆弱度	0. 6285	0. 6204	0. 6186	0. 5925	0. 5893	0. 5380	0. 5248	
中度脆弱	省名	湖北	广西	辽宁	黑龙江	江西			
	脆弱度	0. 4766	0. 4507	0. 4400	0. 4314	0. 4137			
轻度脆弱	省名	湖南	福建	山东	江苏	浙江	广东		
	脆弱度	0. 3418	0. 3123	0. 2575	0. 2072	0. 2017	0. 1647		

按脆弱度大小将 26 个省区划分为四类, 即脆弱度 G 大于 0. 65 的为极强度脆弱, G 大

于 0.50 而小于 0.65 的为强度脆弱区, G 大于 0.40 而小于 0.50 的为中度脆弱区, G 小于 0.40 的为轻度脆弱区。

4 小结

与现有的一些评价方法相比, 这套指标体系及评价方法充分考虑了指标的易获性和精炼性, 与此同时, 结果表现指标的引入, 很好地校正了由于主要成因及表现特征指标的局限性而引入的误差, 从而保证了评价的可操着性和准确性。采用这套指标对全国 26 个省、区脆弱度进行计算, 所得结果与实际情况基本一致, 有力地证明了这套方法的准确性。

参 考 文 献

- 1 刘燕华 中国脆弱环境划分与指标 生态环境综合整治与恢复技术研究 北京 北京科学技术出版社, 1995 8~ 17.
- 2 赵名茶 脆弱生境与贫困 生态环境综合整治与恢复技术研究 北京 北京科学技术出版社, 1995 120~ 134
- 3 薛纪渝等 脆弱环境敏感性评价方法探讨 生态环境综合整治与恢复技术研究 北京 北京科学技术出版社, 1995 19~ 24
- 4 李世奎等 中国北部半干旱地区农牧气候界限探讨 中国干旱半干旱地区自然资源研究 科学出版社, 1988 108~ 124
- 5 张建平 云南元谋干热河谷脆弱环境及其退化 环境综合整治与恢复技术研究 北京 北京科学技术出版社, 1995 140~ 145
- 6 申元村 中国脆弱环境区划的初步研究 环境综合整治与恢复技术研究 北京 北京科学技术出版社 1995 69~ 76
- 7 赵跃龙等 中国脆弱生态环境分布及其与贫困的关系 人文地理, 1996, 11(2) 1~ 7.
- 8 赵跃龙等 脆弱生态环境与工业化的关系 经济地理, 1996, 16(2) 86~ 90
- 9 赵跃龙等 脆弱生态环境与农业现代化的关系 地理环境研究, 1996, 7(2) 57~ 63

A STUDY ON INDEX AND METHOD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF FRAGILE ENVIRONMENT

Zhao Yue-long Zhang Ling-juan

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract

In this paper, a set of index and method on assessment of fragile environment is separately established. This is a systematic, complete, objective and flexible method of assessment of Fragile Environment. And it can be easily used in practice. At last, its practicality and accuracy are tested by using it to assess fragile degrees of environment within 26 provinces of China.

Key words fragile environment, quantitative assessment, index, method

作 者 简 介

赵跃龙, 男, 1963 年生, 博士。主要从事生态环境和能源环境等方面的研究, 已发表论文 30 余篇。