

基于 GIS 的淮河流域桐柏—大别山区生态脆弱性评价

赵冰¹, 张杰¹, 孙希华¹

(山东师范大学 人口·资源与环境学院, 济南 250014)

摘要:生态环境受多种因素的影响和制约。本文针对淮河流域桐柏—大别山区的自然条件和人为干扰状况构建该区域的生态脆弱性评价指标体系,利用地理信息系统软件 ARC/INFO 的空间主成分分析功能,进行定性定量相结合的研究,对淮河流域桐柏—大别山区的生态脆弱性进行综合评价。并运用 ARC/INFO 的空间分析功能,得到不同生态脆弱性的面积与空间分布规律,为制定相应的治理与生态恢复对策提供科学依据。

关键词:生态脆弱性; 空间主成分分析; GIS; 淮河流域桐柏—大别山区

中图分类号: X171.1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0135-04

Eco-environmental Vulnerability Evaluation Based on GIS in Tongbai - Dabie Mountain Area of Huai River Basin

ZHAO bing¹, ZHANG Jie², SUN Xi-hua¹

(College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China)

Abstract: The ecological environment is affected and restricted by many factors. According to the natural conditions and the human disturbance conditions in the Tongbai - Dabie Mountain Area of Huai River Basin, this paper builds the Eco-environmental vulnerability evaluation index system, and evaluates comprehensively the Eco-environmental vulnerability of the Tongbai - Dabie Mountain Area of Huai River Basin qualitatively and quantitatively, based on the principal component analysis of the GIS software - ARC/INFO. Then using the spatial analysis of GIS, it is easy to find the area and spatial distribution of different vulnerability grades. This study provides a scientific basis to make policies of governance and ecological restoration.

Key words: Eco-environmental vulnerability; principal component analysis; geographical information system; the Tongbai - Dabie Mountain Area of Huai River Basin

生态环境脆弱带或生态脆弱带是指自然与人类活动相结合造成的环境退化、景观变坏、土地生产力下降及土地资源丧失的地带。由于自然环境和人类生存方式的差异,不同地区的环境状况存在着明显的差异,对生态脆弱性的评价具有明显的地域性和综合性。生态环境脆弱性研究的对象是对人类活动或外界环境胁迫比较敏感的环境资源系统,其目的是为了研究生态环境脆弱性演变的动力机制及其规律,从而提出可行的生态环境恢复重建的措施,实现资源环境与社会经济的可持续发展。

1 研究区概况与资料准备

1.1 研究区概况

为了更好地反映区域生态环境脆弱性的分布规

律,选取淮河流域桐柏—大别山区为研究范围,即淮河干流的源头及上游、桐柏山区、豫南及皖西大别山区,行政区划包括淮河流域内河南省的信阳市、安徽省的六安市、安庆市的部分地区,东经 113°32' - 116°45',北纬 30°55' - 32°46',共 13 个县(区),总面积 28 015.14 km²。属亚热带气候和暖温带气候的过渡地带,气候温和,雨量较充沛,日照充足,四季分明。本区地貌类型以中低山、丘陵、岗地和沿河平原为主,地势起伏较大,丘陵散布其间。

1.2 资料准备

基础专题图件资料包括研究区 2005 年 1:25 万 TM 遥感影像图、行政区划图、降雨侵蚀力图、DEM 图、土壤图、土壤侵蚀强度图以及土壤质地图和土壤可蚀性分级对照表等。将原始数据进行几何

* 收稿日期: 2008-09-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40376024); 水利部淮河流域水利委员会资助项目

作者简介: 赵冰(1984-),男(汉族),山东省泰安市人,硕士,研究方向为 GIS 应用及水土保持。E-mail: zhaobing841218@163.com

通信作者: 孙希华(1963-),男(汉族),山东省安丘县人,硕士,教授,研究方向为水土保持。E-mail: sunxhsd@sina.com

校正及投影变换,采用的投影系统为 Albers 等面积双纬线割圆锥投影,统一的中央经线为 105°E,双标准纬线分别为 25°N 和 47°N,使用 Krasovsky 椭球体,起算点为赤道 0°。此外还包括河南及安徽两省的 2007 年统计年鉴。

2 生态脆弱性评估的模型化

生态环境脆弱度是用于研究区域生态脆弱水平和表征生态环境脆弱性程度的重要指标,与生态环境质量的优劣虽然并不完全等同,但两者具有一致性。一般地,生态环境质量越差的地方,其环境稳定性就越差,脆弱性就越强。因此,可以利用生态环境脆弱度来对淮河流域桐柏-大别山区生态环境脆弱性进行评价,表述生态环境的脆弱性状况。

2.1 生态脆弱性指标体系的建立

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列入脆弱生态环境评价指标体系,则指标体系将会十分庞大。针对大别山区的自然条件及人为干扰状况,以自然环境因素为主,综合考虑人为作用因素,兼顾指标的可操作性和可比性,最终选取了 17 项指标作为本次评价的脆弱生态环境评价指标体系,对生态环境脆弱性进行分析和评价。

该指标体系可以分为自然成因指标子系统和结果表现指标子系统,其中,自然成因指标包括气候、营力、植被、土地资源、地形和生态破坏共 6 类 10 个指标,结果表现指标包括经济发展水平和社会表现共 2 类 7 个指标(见图 1)。

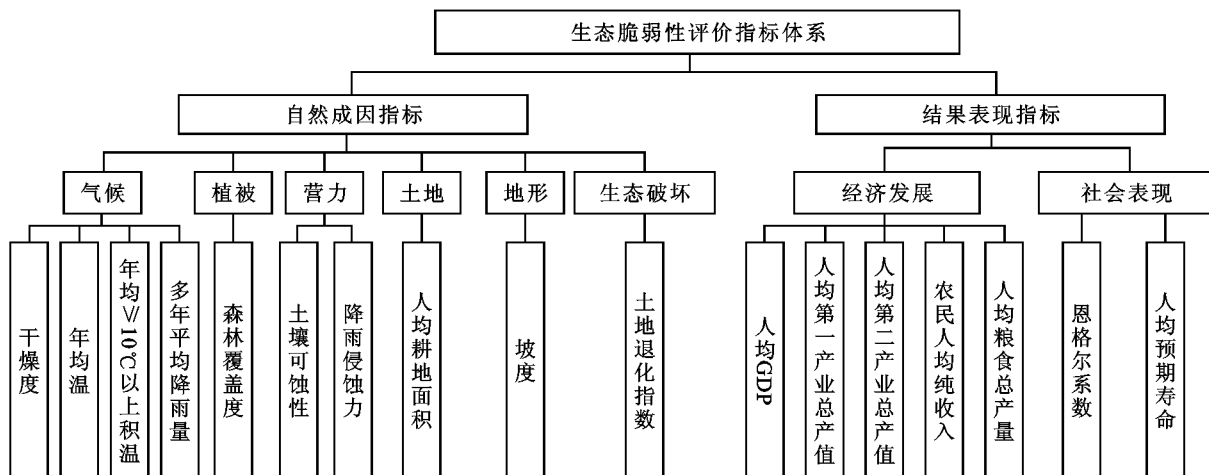


图 1 淮河流域桐柏-大别山区生态脆弱性评价指标体系

2.2 数据标准化处理

在地理信息系统软件 ArcGIS 的 GRID 模块支持下,利用其数学运算功能,将选定的指标进行正规化标准化转换处理。转换后的数据 X_i 越大,此因子对生态环境的作用越大。当因子 X_i 值与生态脆弱性成正相关时使用公式(1);当因子 X_i 值与生态脆弱性成反相关时使用公式(2)。

$$X_i = \frac{X_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (1)$$

$$X_i = 1 - \frac{X_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (2)$$

式中: X_i ——第 i 个指标的标准化值; X_i ——第 i 个指标的初始值; $X_{i\min}$, $X_{i\max}$ ——第 i 个指标在研究区内的最小值和最大值。

坡度与侵蚀量的关系比较复杂,一般研究认为坡度越大,侵蚀越强,尤其坡度增加到 15°以上时,侵蚀量迅速增加,当坡度增加到某一值时,侵蚀量不再增加。根据水利部 1997 年公布的土壤侵蚀潜在危险度评级标准,将坡度分成 5 个区间,得分值也分

成 5 个区间(表 1),这样在坡度连续变化的情况下得分值的变化也是连续的,这种处理方法可称为因子连续内插法,与指标分级定标(权重)的方法相比,精确度更高。可以用下列公式(3)对坡度因子进行标准化处理。

$$X = a + \frac{X - X_{ab\max}}{X_{ab\max} - X_{ab\min}} \times (b - a) \quad (3)$$

式中: X ——坡度的标准化值; X ——坡度的初始值; $X_{ab\max}$, $X_{ab\min}$ ——坡度所在分级区间的最大值和最小值, b 和 a 分别表示区间内坡度最小值和最大值。

2.3 确定因子权重

为了更好地体现各因子对评价对象的重要性,尝试在 ArcGIS 中采用空间主成分综合评价分析法来确定权重。空间主成分分析法是在 ArcGIS 软件的 GRID 模块支持下,利用该模块中的 PRINCOMP 函数,通过对原始空间轴的旋转,将相关的多变量空间数据转化为少数几个不相关的综合指标,实现利用尽量少的综合指标,最大限度地保留原来多变量所反映的信息。在提取出来的主因子基础上,利用公式计算

原始指标对各主因子的权重。具体过程为:(1)在 ARCMTO 中利用 GRID 模块中 MAKESTACK 命令将标准化处理后的一系列指标图转换为一个综合图。(2)利用 GRID 模块中的 PRINCOMP 函数,对综合图进行主成分转换,根据所转换的主因子特征向量,利用公式 $i = \sqrt{\frac{1}{\lambda_i}}$ 计算得到各主因子的贡献率,再

依据主因子累计贡献率大小,确定主因子数,一般累计贡献率达到 70 % ~ 90 % 就可以了。由表 2 可知前 9 个主因子的累积贡献率为 97.04 %,仅有 2.96 % 的信息损失,故选用前 9 个主成分,那么它们所携带的数据信息已经包括了原来 17 个变量所携带的绝大部分数据信息,可信度很高,可确定主因子数为 9。

表 1 坡度分级及赋值标准

坡度分级	0°~3°	3°~7°	7°~13°	13°~22°	22°~90°
赋值标准	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0

表 2 各主成分的特征值、贡献率和累积贡献率

主因子	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 7	因子 8	因子 9
特征值	0.1736	0.0797	0.0467	0.0348	0.0193	0.0119	0.0114	0.0101	0.0077
贡献率/ %	42.62	19.58	11.47	8.54	4.74	2.93	2.80	2.47	1.89
累积贡献率/ %	42.62	62.20	73.67	82.21	86.95	89.88	92.68	95.15	97.04

(3)确定权重。根据因子矩阵计算各评价因子的公因子方差 H_j :

$$H_j = \sum_{k=1}^m \lambda_{jk}^2 (j = 1, 2, \dots, 18; k = 1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

式中: j ——原指标个数; k ——主成分数; m ——主成分总个数, $m = 11$ 。

采用下列公式对各指标的公因子方差 H_j 进行归一化处理,即可得到各指标的权重。

$$W_j = H_j / \sum_{j=1}^{18} H_j (j = 1, 2, \dots, 18) \quad (5)$$

经计算,淮河流域桐柏 - 大别山区生态脆弱影响因子指标权重系数分别为:坡度因素为 0.022,年均降雨量因素为 0.084,降雨侵蚀力因素为 0.076,年均温为 0.059,年均 10℃ 积温因素为 0.109,干燥度因素为 0.098,土地退化指数因素为 0.095,森林覆盖率因素为 0.015,土壤可蚀性因素为 0.102,人均耕地面积因素为 0.038,人均 GDP 因素为 0.066,农民人均纯收入因素为 0.027,人均第一产业增加值因素为 0.051,人均第二产业增加值因素为 0.056,人均粮食产量因素为 0.045,恩格尔系数因素为 0.032,人均预期寿命因素为 0.024。

3 生态脆弱性综合评价与分析

3.1 生态脆弱性综合评价方法

在对原始数据进行标准化处理,并计算出各指标的权重系数后,就可以构建一个涵盖人口、资源、环境和社会经济发展几个方面信息的生态脆弱性综合评价指数(生态脆弱度)。通过多因子综合分析,利用公式(6)表达式来计算生态脆弱度。

$$EVD_i = \sum_{j=1}^{18} P_{ij} W_j \quad (6)$$

式中: EVD_i ——第 i 个评价单元的生态脆弱度(Ec-

ological Vulnerable Degree),为最终复合结果值,其值介于 0 ~ 1 之间; P_{ij} ——第 i 个单元第 j 个指标; W_j ——各指标的权重。生态脆弱度是一个相对的数值,旨在说明区域内差异。

应用空间主成分分析方法进行区域生态环境脆弱性分析,可直接在 ArcGIS 的 GRID 模块支持下实现,简单编程即可完成。根据上述方法,按公式(6)计算得到生态脆弱度图。

3.2 生态脆弱性空间分析

淮河流域桐柏 - 大别山区整个区域的生态脆弱度的平均值为 0.492。总体而言,属于脆弱性较高的地区。

根据国内研究现状,结合该流域自然地理状况及生态环境脆弱性表现特征,按生态脆弱度的大小把生态脆弱性程度分区等级统一规定为微度脆弱、轻度脆弱、中度脆弱、强度脆弱和极强度脆弱等五级。依据生态脆弱度分类标准,在 ArcGIS 的 GRID 模块中利用 reclass 函数对得到的生态脆弱度图进行分类,从而得到面积分类结果(表 4)及生态脆弱度分类图(图 2)。

表 3 淮河流域桐柏 - 大别山区生态脆弱性分级表

等级	综合评价 分级	分级 范围	面积/ km ²	占总面积 百分比/ %
	微度脆弱	< 0.44	4631.25	18.40
	轻度脆弱	0.44 ~ 0.52	13962.25	55.47
	中度脆弱	0.52 ~ 0.59	4510.75	17.92
	强度脆弱	0.59 ~ 0.66	1956	7.77
	极强度脆弱	> 0.66	112	0.44

依据生态脆弱度分类标准,在 ArcGIS 软件 GRID 模块中利用 RECLASS 函数对得到的生态脆

弱度图进行分类,从而得到生态脆弱度分类图及分类结果。淮河流域大别山区以轻度脆弱为主,面积为 13 962.25 km²,占大别山区总面积的 55.47%。微度脆弱次之,面积为 4 631.25 km²,占总面积的 18.40%。中度脆弱面积为 4 510.75 km²,占总面积的 17.92%;强度脆弱面积为 1 956 km²,占总面积的 7.77%;极强度脆弱面积为 112.00 km²,占大别山区总面积的 0.44%。可以看出,淮河流域大别山区生态环境脆弱性稍高,以微度、轻度脆弱度和中度脆弱度为主,强度和极强度脆弱性也有一定的分布。一小部分地区生态环境退化已接近或已超过在现有社会经济和技术水平下能长期维持目前人类利用资源和社会发展的水平,应引起高度重视。

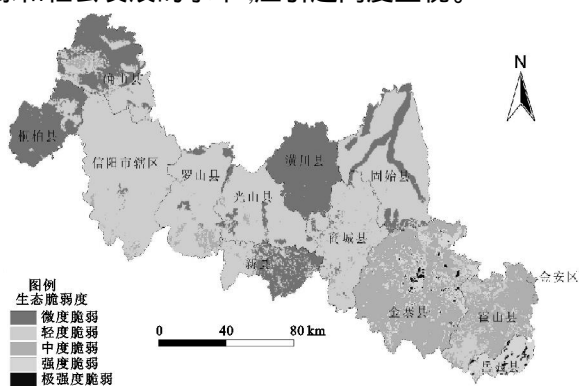


图 2 淮河流域桐柏 - 大别山区生态脆弱度分布图

利用交叉分类命令将县市界线图与生态脆弱度分类图进行运算,得到各县市不同脆弱度面积分级结果,通过该结果可以更明确表示反映出不同脆弱程度在各县市中的分布状况。微度脆弱在大部分县市都有分布,桐柏县和潢川县有较大面积分布,分别为 1 148.25 km² 和 1 611.750 km²。轻度脆弱在大部分的县市都有分布,只有金安区和岳西县没有分布,分布较多的有确山县、固始县、信阳市辖区、罗山县、光山县、商城县。中度脆弱分布也较为广泛,除了桐柏县和潢川县,其余县市均有分布,主要有金寨县、霍山县、金安区等。强度脆弱主要分布在金寨县、岳西县、霍山县等县市,分布也较为广泛。极强度脆弱分布面积较小且较为集中,主要分布在金寨县、岳西县、金安区等。

利用生态脆弱度图,在软件 ArcGIS 中利用栅格数据窗口分析法可得到各县市脆弱度的平均值及排名。利用结果分析,大别山区各县市脆弱度平均

值介于 0.352 ~ 0.742 之间,平均值为 0.492。有 5 个县市的平均值在 0.492 以上,按平均值由大到小依次为岳西县、金寨县、金安区、霍山县、信阳市辖区,这些县市都是生态脆弱程度较高的地区。这些县市经济发展水平除了信阳市辖区以外在研究区内都相对较低;另外,这些县市还是该流域土壤侵蚀极为严重的地区,因此可以说自然条件差、经济水平低是这些县市生态环境脆弱的重要原因。岳西县生态脆弱度的平均值最高,为 0.633;金寨县次之,为 0.581,这两个县区是该流域生态脆弱度最高的,也是土壤侵蚀综合评价指数最高的地区,水土流失严重。

4 结 论

淮河流域桐柏 - 大别山区是一个由多种环境功能区复合而形成的环境综合体,同时也是生态环境较脆弱敏感的区域。通过对淮河流域桐柏 - 大别山区生态脆弱性评价计算以及等级划分,可以全面掌握该地区生态脆弱现状,为水土保持规划、小流域综合治理等提供科学依据,具有现实的指导意义,研究成果意义重大。(1) 形成了相对完整的生态脆弱性评价指标体系,丰富并优化了评价的方法和模型。(2) 综合运用遥感和 GIS 的先进技术与方法,在分析与评价模型的基础上,可以对具有时空变化特点的生态脆弱要素进行现状和质量评估,反映生态脆弱性的时空分布、变异及动态,运算过程快速、结果准确,而且时效性好,可操作性强。

参考文献:

- [1] 赵跃龙,张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学进展,1998,17(1):67-72.
- [2] 叶正伟. 基于生态脆弱性的淮河流域水土保持策略研究[J]. 水土保持通报,2007,27(3):141-145.
- [3] 黄方,刘湘南,张养贞. GIS 支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究[J]. 地理科学,2003,23(1):95-100.
- [4] 胡宝清,金姝兰,曹少英. 基于 GIS 技术的广西喀斯特生态环境脆弱性综合评价[J]. 水土保持学报,2004,18(1):103-107.
- [5] 黄润,朱诚,葛向东,等. 皖西大别山北坡水土流失与生态修复[J]. 水土保持通报,2004,24(6):90-93.
- [6] 陈焕珍. GIS 支持下的山东大汶河流域生态脆弱性评价及对策[J]. 科技情报开发与经济,2005,15(5):208-210.