

基于 GIS 的湖南省生态环境综合评价研究

熊 鹰^{1, 2, 3}, 王克林²

(1 . 长沙理工大学建筑系, 中国湖南长沙 4100761;

2. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 中国湖南长沙 410125 ;

3. 湖南大学环境科学与工程学院, 中国湖南长沙 410082)

【摘 要】应用GIS 技术与层次分析法, 从自然环境、灾害状况、环境污染和社会经济四个方面对湖南省的生态环境进行了定量综合评价和空间格局分析, 并根据评价结果将湖南省生态环境划分为五个级别。研究表明, 湖南省生态环境综合状况基本上由东向西逐渐变差, 但局部区域有差异, 且自然环境与社会经济状况的空间分布大体吻合。说明自然环境条件对湖南省生态环境的空间分异起主要作用, 但灾害、经济发展和环境污染等因素也在一定程度上影响了生态环境的空间格局。

【关键词】湖南省; 生态环境; 综合评价; GIS ; 层次分析法

【中图分类号】X171.1

【文献标识码】A

湖南省位于长江中游干流之南, 从自然条件看, 是一个资源强省, 有“鱼米之乡”的美誉。同时, 因地处长江中游, 其生态地位十分重要, 对维系整个长江流域生态平衡, 促进中下游地区社会经济的持续发展起着重要作用。但该省地处全国3条易灾带的中部地带, 特别是水旱灾害严重, 为江南自然致灾强度最严重的省份^[1], 特殊的区位环境决定了生态环境的敏感性、脆弱性, 加之近年来, 对资源开发利用强度加大, 导致该省局部生态环境退化, 使其具有的自然资源组合优势逐渐丧失^[2]。因此, 对该区域进行生态环境综合评价研究, 具有重要的现实意义。

1 评价指标与数据

1.1 评价指标体系与评价单元

生态环境综合评价涉及众多要素, 既有自然要素也有人为要素, 是自然环境和人文环境之间进行能量交换和物质循环的动态平衡系统^[3]。本研究从湖南省区域生态环境特点出发, 在广泛征求专家意见的基础上, 参考国家、省生态示范区建设考核标准^[4]、以及我国现行的调查统计体系, 从自然、灾害、环境污染、社会经济等诸多方面, 选择了4 大类, 共28 项指标, 建立湖南省生态环境综合评价指标体系(表1)。同时, 鉴于大部分统计资料均以县(市)级行政区作为基本统计单元, 而县级行政区又是

中科院知识创新工程重要方向项目(编号:kzcx2-sw-415)和湖南省软科学重点项目(编号:01ZRY1002)联合资助。

收稿日期:2004 -03 -01 ; 修回日期:2004 -11 -03

具体实施各种生态环境保护和治理措施的基本单位^[5, 6]，因此将湖南省88 个县级行政区作为生态环境评价的基本单元。

1.2 数据处理

数据库是地理信息系统的核心，是进行一切数据处理、空间分析、模型分析及专题制图的基础与保证^[7]。进行湖南省生态环境评价，要综合考虑人口、资源、生态环境、社会经济等众多因素之间的相互关系，涉及到自然、经济、社会等各方面的数据、图件及文字资料。为保持一致，所有数据资料以 2000 年为基准。由于收集到的各项评价指标数据包括属性数据与空间数据，而属性数据具有自身的量纲与分布区间，无法直接进行比较、计算。为了使各数据间具有可比性，须对原始数据进行标准化处理。本研究采用极差标准变换对数据进行处理。公式为：

$$X_i' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} * 100$$

式中： i 是各评价单元的序号； X_i 是第 i 个评价单元某个指标的原始值； $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 是该评价指标的最大和最小值；为便于计算和结果的判别，将值扩大100 倍。

而空间数据大多以专题图的形式表达，无法直接运算，必须对其进行量化。其方法是首先对不同类型和等级进行分级和打分，对每一个单要素图层的每一个图斑都赋予一定的分值，再运用Arcinfo 的Overlay 功能^[8]，将每个单要素的图层与基本评价单元(县级行政区)图层进行空间叠置分析，根据不同记分段在各评价单元内所占的面积比率确定每个评价单元的分值，不同等级和类型在各评价单元内所占的面积通过Arcinfo 进行量算与统计分析。

1.3 评价指标的权重确定

由于不同的要素对生态环境的影响程度是不一样的，因此需要对参评指标进行权重系数测定。为此，我们在专家评估系统的基础上，采用层次分析法(AHP 法)^[9] 确定每个层次、每个要素指标的权重(表1)。如自然条件、灾害、环境污染、社会经济指标的权重依次为0.36、0.21、0.11、0.32。经层次总排序一致性检验， $CR = CI / RI = 0.0069 < 0.10$ ，指标体系的权重判断矩阵具有满意的一致性。

2 运用GIS 计算分析

2.1 生态环境评价指数的计算

随着计算机和地理信息系统技术的飞速发展，GIS 已广泛应用于资源环境管理与评价领域^[10]。本研究评价中的生态环境指数的计算、分级和综合评价等级图的生成都是在 ArcView 软件中完成的。首先建立每个评价单元的属性数据库，根据各指标的权重值，在 ArcView 软件中自动计算每个评价单元的生态环境综合指数。根据评价指标从生态环境专题数据库中提出需要的专题数据，进行空间数据与属性数据的叠加以及矢量栅格化等一系列的数据处理加工，使得各专题数据满足评价模型的需要。通过对专题数据进行标准化和量化处理，采用多级加权求和的方法来实现区域生态环境的定量化评价，其结果就是环境评价综合指数。加权求和的生态环境评价计算公式为：

$$EEI = \sum_{i=1}^n u_i \cdot w_i$$

式中:EEI 为各评价单元生态环境综合指数; u 为各指标的值; w 为各指标权重; n 为指标总个数(i = 1, 2, 3... n)。

表 1 湖南省生态环境综合评价指标体系及其权重
Tab. 1 Ecological environmental evaluation index and weight for Hunan Province

生态环境综合评价指标体系							
自然条件(0.36)		灾害(0.21)		环境污染(0.11)		社会经济(0.32)	
指标因子	指标权重	指标因子	指标权重	指标因子	指标权重	指标因子	指标权重
年均气温	0.057	易旱面积比重	0.071	有害废水排放强度	0.027	人口密度	0.047
≥10°的积温	0.019	易洪涝面积比重	0.106	有害废气排放强度	0.027	人口自然增长率	0.047
年均降水量	0.057	水土流失面积比重	0.035	有害废渣排放强度	0.011	国内生产总值	0.051
降水变率	0.015			化肥使用强度	0.018	地方财政收入	0.016
地表径流深	0.015			农药使用强度	0.018	人均收入	0.028
内陆水域比重	0.029			农膜使用强度	0.010	科技经费数量	0.026
耕地面积比重	0.027					科研人员比重	0.037
有效灌溉比重	0.054					教育经费数量	0.018
森林覆盖率	0.082					专任教师比重	0.026
						卫生技术人员比重	0.026

2.2 生态环境评价的分级

生态环境综合评价不仅要了解生态环境的总体状况,而且需要进一步分析造成生态环境状况恶劣的自然和人为因素,从而可以对不同生态区域有针对性的提出问题和解决问题。结合实际数据情况,为了便于比较,将评价综合指数进行分级计算处理,共将生态环境综合指标及各分指标划分为五个级别,不同等级状况指数的分级空间分布特征,体现了生态环境状况的区域性差异,从而全面了解不同级别区内的生态环境状况。在ArcView 软件中,将综合评价指数与各分指数按等间隔分为5级,依次为好、较好、中等、较差和差。

3 评价结果分析

3.1 总体状况分析

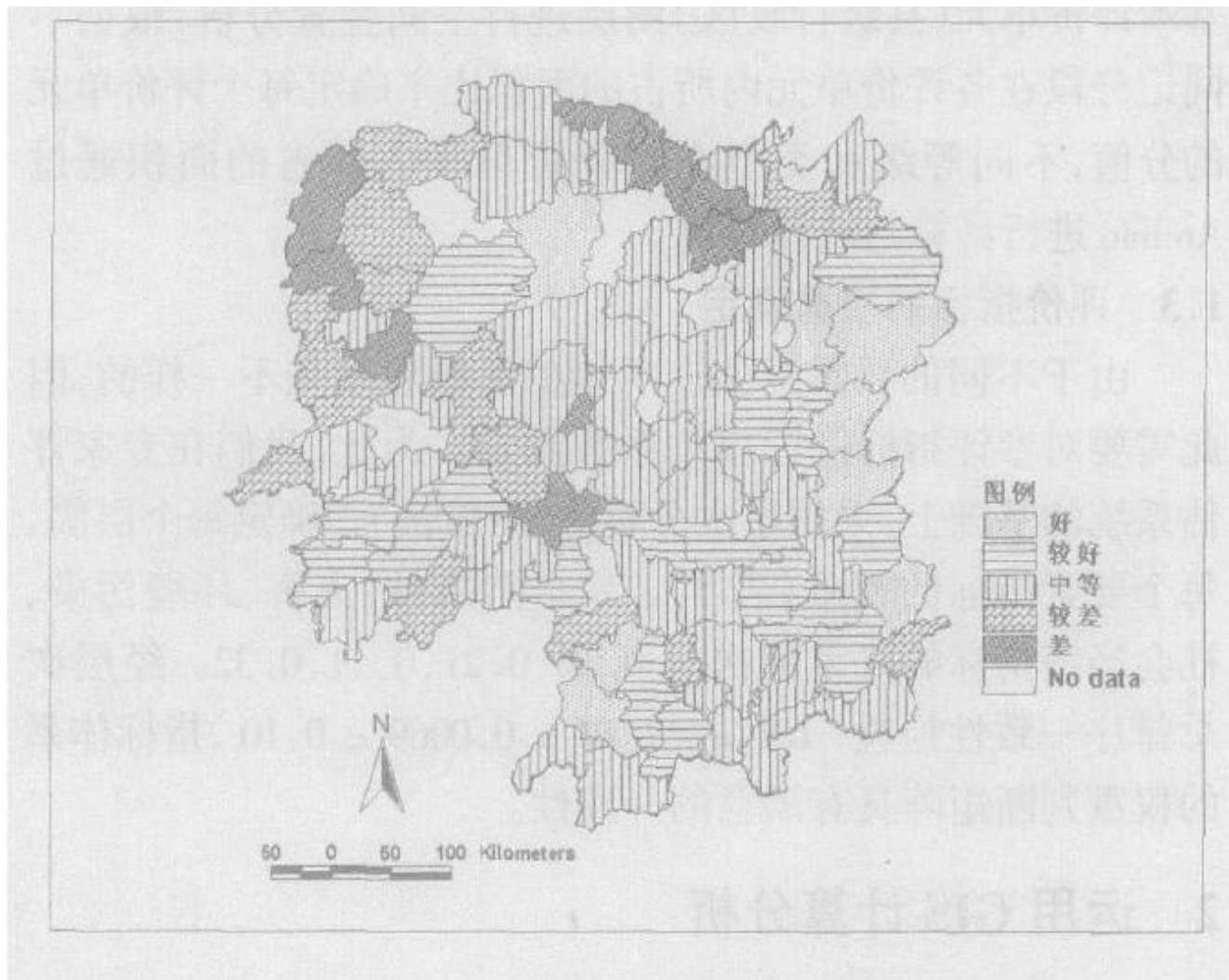


图 1 湖南省生态环境综合评价分级图
Fig. 1 The result of ecological environmental evaluation for Hunan Province

图1 反映了湖南省生态环境总体状况的空间格局，生态环境最好的4 个评价单元位于湘东区；生态环境较好的16 个单元，有13 个位于湘南部地区，3 个位于湘西北；生态环境最差的8 个评价单元中，有5 个位于湘北洞庭湖区以及3 个湘西区。生态环境较差的22 个评价单元中，有3 个位于洞庭湖平原，其余大部分位于湘西和湘西南区。计算结果与实际情况基本相符合。湖南省生态环境总体状况的空间格局大体是由东向西逐渐变差，生态环境最好的是湘东部地区。这一地区各评价单元的生态环境等级大部分为好或较好。生态环境最差的地区是湘西北地区。尤其值得注意的是洞庭湖平原地区，这一地区无论是自然条件还是社会经济水平，在全省都位居较好之列，但生态环境综合状况大多数为中等，少数甚至较差和差。其原因在于该区灾害影响大、污染强度过高，在很大程度上抵消了自然环境和社会经济条件上的优势。由此可看出，自然条件决定了湖南省生态环境分布的大体趋势，但社会经济条件、灾害状况和环境污染同样对生态环境具有重要影响，在某些情况下，甚至可以成为决定因素，并在一定程度上改变生态环境的空间分布格局。

3.2 分项情况分析

从自然环境分指数看,湖南呈现出明显的地带性特点,其分布状况是东南部地区要好于西北部地区,自然环境等级最差的地区大多分布在西北部,主要是湘西自治州、张家界市以及怀化市的各县。灾害状况较轻微的地区在湘西、湘西南等区域。由于位于河流的上游,受外来水量的影响较小,其灾害状况较轻微。湘北洞庭湖地区是灾害最严重的地区,主要是洪涝灾害严重。此外,湘中的衡邵丘陵盆地以及湘南地区的各县市,也位于较严重的等级区内,这主要是受旱灾的影响较大。环境污染总体趋势是西部低于东部,经济发达地区受污染的程度高于经济不发达地区。全省社会经济发展有明显地域联系和分异,主要是东西部的差异显著。其状况是东部地区要好于西部地区,东部和南部以及湘北地区社会经济状况较好,大多属于经济发展基础较好而经济增长又较快的地区。其位置大致在京广沿线两侧,与经济欠发达的西部地带构成湖南两大经济带。

4 结语

本文应用地理信息系统技术与层次分析法结合,开展省域生态环境综合评价研究,并基本准确地对湖南省生态环境空间格局进行分析,这种方法对区域生态环境综合评价研究,有一定意义。从中得出湖南省区域生态环境综合状况的好坏,还得出自然状况、灾害、污染程度和经济发展程度与生态环境背景是密切相关的,其评价结果大体上与实际状况相符。实践证明,采用这种分析方法,充分发挥GIS 技术强大的空间分析能力和层次分析法善于多要素综合评价的长处,为提高区域生态环境评价水平提供了新思路[5]。如将评价指标体系作适当调整,这一方法可以应用于其他区域。但由于在评价单元的选择上,受条件的限制,本研究以县为最小评价单元,难以反映县级行政单元内部生态环境差异以及空间格局变化。今后,可采用遥感与GIS 技术结合,运用多边形叠合法,进一步提高研究的精确度。

参考文献:

- [1] 李晖. 湖南农业持续发展的生存资源优度评价[J] .地理科学进展, 2000 , 19(6):41 -49 .
- [2] 熊鹰, 王克林, 吕辉红. 湖南省农业生态安全与可持续发展初探[J] .长江流域资源与环境, 2003, 12(5):431 -439 .
- [3] 王思远, 张增祥, 赵晓丽, 周全斌. 遥感与GIS 技术支持下的湖北省生态环境综合分析[J] .地球科学进展, 2002 , 17(3):426 -431.
- [4] 国家环保总局全国生态示范区建设试点工作领导小组. 生态环境考核标准选编[M] .北京:中国环境科学出版社, 1999 . 21 -26 .
- [5] 刘庄, 谢志仁, 沈渭寿. 提高区域生态环境质量综合评价水平的新思路[J] .长江流域资源与环境, 2003, 12(2):163 -168.
- [6] 叶庆华. 中国环境生态形势的空间分异研究[J] .地理科学, 2000, 20(6):523 -527 .
- [7] 赵善伦, 尹民, 张伟. GIS 支持下的山东省土壤侵蚀空间特征分析[J] .地理科学, 2002 , 22(6):694 -699 .
- [8] 房佩君. 地理信息系统(ARC/INFO) 及其应用[M] .上海:同济大学出版社, 2000 . 67 -78 .
- [9] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M] .北京:高等教育出版社, 2002 . 210 -232.

[10] 肖寒, 欧阳志云, 王效科, 赵景柱. GIS 支持下的海南岛土壤侵蚀空间分布特征[J] . 水土保持学报, 1999 , 5(4):75 -80 .