

基于 GIS 技术与 AHP 研究生态环境敏感度分区*

闵 婕

(重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047)

摘 要 区域生态环境敏感性综合评价涉及众多要素,同时又需要反映生态环境质量状况的空间格局。层次分析法在多要素综合评价方面具有独特优势,而 GIS 技术拥有强大的空间分析能力,将 GIS 与层次分析法相结合应用于重庆市丰都县生态环境质量综合评价,可以充分发挥两种方法的优势,本文全面对区域生态环境的空间分异规律进行分析和研究。在此基础上提出对丰都县持续发展的对策和建议。

关键词 丰都县;生态环境敏感度评价;GIS;层次分析法

中图分类号:X87 X171.1

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2006)04-0076-05

Study On ECO-Environmental Sensitivity Evaluation Based on GIS with AHP

MIN Jie

(College of Geography, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract The regional eco-environmental evaluation index system involves many indexes, and the result of regional eco-environmental evaluation should reflect the spatial pattern of regional eco-environment. The analytic hierarchy process (AHP) has the special advantage in multi-index evaluation and the GIS is good at spatial analysis. The combination of GIS with AHP will develop the capabilities of each method fully: first, set up the eco-environmental evaluation index system based on the eco-environmental characteristics of Fengdu county, then calculate the weight of each index and the value of each evaluation cell by AHP, and finally, draw the map of the eco-environmental evaluation of the whole province automatically by GIS.

Key words Fengdu; eco-environmental evaluation; GIS; AHP

生态环境敏感度是指区域生态系统在人类活动的影响下发生变化(退化或改善)的潜在可能性及其程度。它是综合评价区域生态环境质量、人口负荷、土地利用合理程度及经济发展状况的综合性指标,是区域生态环境规划与管理的基础。

目前国内对于生态系统敏感性研究,主要针对某区域单一的生态环境问题进行研究,如西北地区荒漠化、岩溶地区石漠化。对于整个区域生态环境敏感性研究大部分采用主成分分析、层次分析法等数理统计方法进行分区的研究。随着 GIS 技术引进,人们开始着眼于将 GIS 强大的空间技术和数学统计方法结合起来,以期待达到数学上和空间上的实践性,而 GIS 技术与层次分析法的紧密结合正是验证了该思想的完善和优点^[1-4]。

层次分析法虽然在多要素综合评价中具有独特优势,但无法有效反映评价结果的空间分布格局。在区域生态环境质量评价过程中,多要素综合评价只是其中的一个方面,要把握区域生态环境的总体质量状况,对其空间格局进行深入分析是不可避免的。地理信息系统(简称 GIS)技术强大的空间分析能力恰好弥补了层次分析法的不足,因此,GIS 和层次分析法的结合有助于提高区域生态环境质量综合评价的水平。本研究以重庆市丰都县为实例,对此进行了初步探索和实践。

1 基本研究方法和工作流程

层次分析法是通过建立层次体系来确定每个指标对区域生态环境总体质量的影响程度,在不同层

* 收稿日期 2006-04-25

作者简介:闵婕(1978-),女,四川西昌人,讲师,硕士,研究方向为资源环境与地理信息系统应用。

次上,将各指标或要素两两对比,构建判断矩阵,经过矩阵运算,确定各指标的权重。层次分析法反映的是整个区域生态环境总体及各个不同侧面的质量状况,但要进一步把握区域生态环境的空间分布格局,还需借助 GIS 技术,其基本思路是将整个评价区域分为一系列独立的评价单元,对不同的评价单元应用层次分析法进行评价,建立各评价单元质量状况的属性数据库,运用 GIS 技术,通过唯一的 ID 号,将属性数据库和空间图形数据库相关联,生成基于各评价单元质量水平的专题地图,从而揭示整个区域生态环境质量的空间格局(见图 1)。使评价者可以从深度(不同层次的质量状况)和广度(质量水平的空间格局)两个方面对区域生态环境做出综合评

价和决策。

分析生态环境敏感度的几个影响因素即是对各生态环境问题敏感度进行定量分区,但是,由于基础资料难以搜集和获取,目前还难以全部采用定量的办法,在进行区域生态环境敏感度区划时,从生态环境宏观治理的角度出发,综合地进行生态环境敏感度分区,指出不同地区主要存在的生态环境问题及其特点,有利于人们确定不同区域的生态环境问题的治理重点,提出区域生态环境整治对策。本文在分析区域生态环境基础上,根据各生态环境问题出现的区域和影响生态环境问题的主要因子分布规律,加以综合,定性地提出了区域生态环境敏感度分区方案(见图 2)。

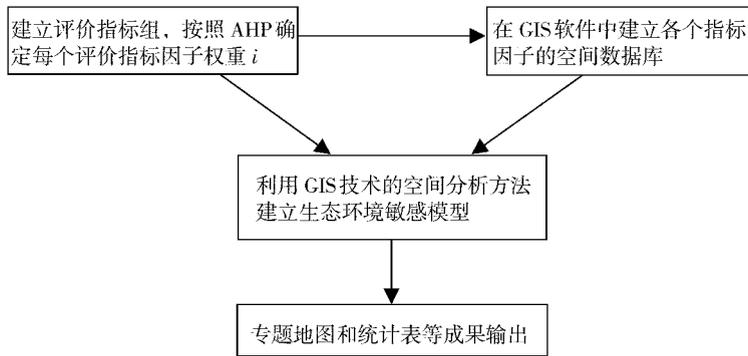


图 1 评价工作基本指导过程

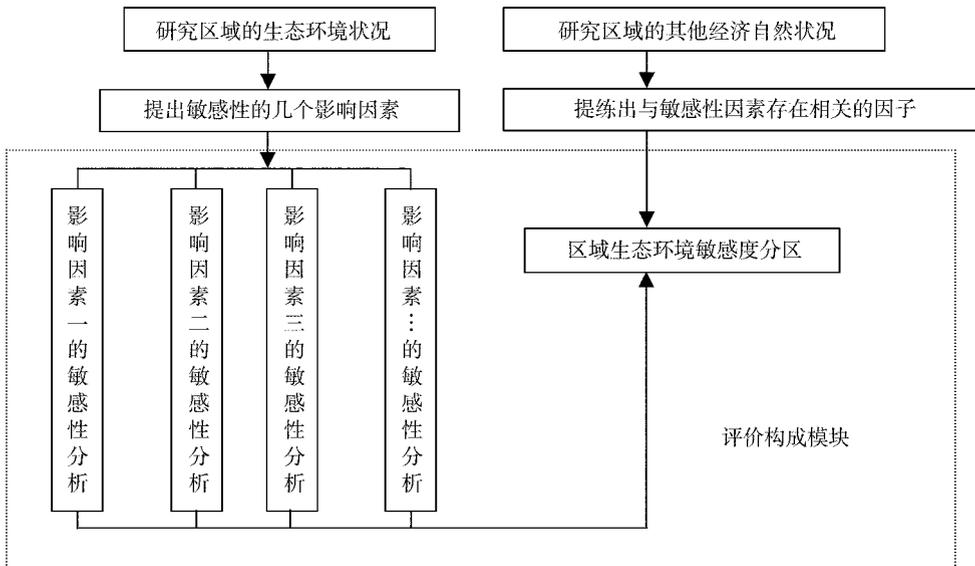


图 2 生态环境敏感度评价的构成模块

2 评价指标体系的确定

指标帮助人们理解事物如何随时间发生变化的定量化信息。准确地选择指标才能够真实反映区域

生态系统的结构与功能的特征,对区域生态环境敏感性评价、计算、以及综合治理和生态、经济协调发

展有着重要的指导意义。

2.1 指标选择原则

(1) 综合性与主导因子相结合。影响区域生态环境敏感性的因素很多,在进行敏感度评价时必须贯彻综合性原则。由于各个因子对生态环境敏感度的影响(贡献)是不相同的,因此,在具体的评判过程中,还必须坚持主导因子的原则,分清因子的主次关系。

(2) 区域完整性与空间性原则。研究区的部分乡镇横跨多个流域,但作为生态环境敏感度评价的指标(因子),其数值都是以完整的行政区域作为统计单元,考虑到资料的可获取性,本文在进行生态环境敏感度评价时,贯彻了区域完整性原则,主要以乡镇行政区域为基本单元进行生态环境敏感度评价研

究。同时选择的各评价指标具有空间属性,其属性特征能覆盖研究区域的全部或部分地区,并具有空间分异的特点。

根据上述原则,从分析形成的指标群中选取11个主要因子作为环境综合评价的参评因子,依据其整体性优势来综合,全面地反映区域环境各个方面的具体特征和整体状况。

2.2 生态敏感性分区评价因子的确立

影响生态环境敏感度的因子很多,概括起来可分为:区域自然环境现状(B_1)、人口压力(B_2)、土地利用合理程度(B_3)及经济发展水平(B_4)等4个大类。笔者选择了4个大类,11个小类,建立丰都县生态环境质量评价指标体系,见表1。

表1 研究区生态环境敏感度影响因子体系

目标层	准则层	指标层	数据来源
区域生态环境敏感性综合指数 A	区域自然环境现状 B_1	坡度大于 20° 的地表面积百分比 C_1	遥感数据、GIS 空间分析
		水土流失面积百分比 C_2	土壤侵蚀敏感性分析结果
		森林覆盖率 C_3	遥感数据
		滑坡敏感性指数 C_4	滑坡敏感性分析结果
	人口压力 B_2	人口密度 C_5	专题数据库、统计资料
		人均耕地 C_6	专题数据库、遥感调查
	土地利用的合理程度 B_3	土地垦殖率 C_7	专题成果、监测数据
		旱耕地占耕地面积百分比 C_8	专题成果、监测数据
	经济发展水平 B_4	单位面积农业总产值 C_9	专题数据库、统计资料
		农民人均纯收入 C_{10}	专题数据库、统计资料
		农业占国民生产总值百分比 C_{11}	专题数据库、统计资料

(1) 区域自然环境现状。区域自然环境现状的差异,极大地影响着区域生态系统对人类活动的反应能力。自然条件较好的地区,生态系统的结构较复杂,系统的自调控能力较强,能较好地适应外界条件的变化;自然条件较差的地区,生态系统对外来影响的适应能力弱,敏感性较强。丰都县作为一个典型的生态环境脆弱区,其主要表现为山多坡陡、水土流失严重、土层浅薄、植被覆盖率低且恢复困难等。据此,本文选择坡度大于 20° 的地表面积百分比(C_1)、水土流失面积百分比(C_2)和(C_3)、(C_4)等4个因子作为区域自然环境条件对区域生态系统敏感度影响的评判指标。

(2) 人口压力。研究区山多坡陡,耕地资源量少质差,人地矛盾十分突出。超载的人口负荷极大地破坏了生态系统原有的结构和功能,降低了生态

系统的稳定性。为此,笔者选用区域人口密度(C_5)、人均耕地(C_6)2个指标作为区域生态环境敏感度的评判指标。

(3) 土地利用的合理程度。土地利用是否合理,主要由土地利用结构来体现。丰都县的生态环境极为脆弱,土地利用结构的变化很容易引起生态环境的变化(如陡坡耕种极易引起严重的水土流失,导致山地石漠化,使生态系统的稳定性显著降低等),土地利用结构的合理性直接影响到生态环境敏感度的大小。土地利用结构的合理性可通过土地垦殖率(C_7)和旱坡耕地占耕地总面积百分比(C_8)来反映。

(4) 经济发展水平。经济发展对生态系统敏感度的影响既有积极的一面,也有消极的一面。一是经济发展对环境造成压力;二是经济发展可增加对

环境的投入,促进生态环境改善。本研究主要选择单位面积农业总产值(C_9)、农民人均纯收入(C_{10})及(C_{11})等3个因子作为区域经济发展状况对生态环境敏感度影响的评判指标。

3 用层次分析法确定评价指标权重

要想直接确定表1中每个指标对区域生态环境敏感性评价贡献的大小(即每个指标的权重),是十分困难的。为此,采用层次分析法(AHP法)确定每个指标的权重^[5],其步骤如下:

(1) 建立层次结构。分析各指标之间的相互关系,根据它们之间的关系构建多层次指标体系。

(2) 构建判断矩阵。在每一层次上,对指标进行逐对比较,按规定的标度量化后,写成矩阵形式。

(3) 层次单排序及一致性检验。层次单排序实际上是求单目标判断矩阵的权数,一致性检验,是指对专家填写的判断矩阵是否具有 consistency 进行检验,以确保思维的前后一致性。

(4) 层次总排序及其一致性检验。层次总排序

就是利用层次单排序的结果计算各层次的组合权值。在进行层次总排序的过程中,也要对其结果进行一致性检验,当一致性指标符合标推时,则认为层次总排序的计算结果是可以接受的。

4 运用 GIS 进行分析

生态环境敏感性综合指数的计算生成都是在 ArcGIS 9.0 地理信息处理软件中完成的。首先建立生态环境敏感度评价因子数据库(见图3)。

各评价指标的数值输入 ArcGIS 软件,建立每个评价单元的属数据库,根据各指标的权重值,在 ArcGIS 软件中自动计算每个评价单元的生态环境敏感性综合指数,计算公式如下:

$$EEQ = \sum_{i=1}^n u_i \cdot w_i \quad i=1, 2, 3, \dots, n$$

式中 EEQ 代表各评价单元生态环境敏感性综合指数, u 代表各指标值, w 代表各指标权重, n 为指标总个数。

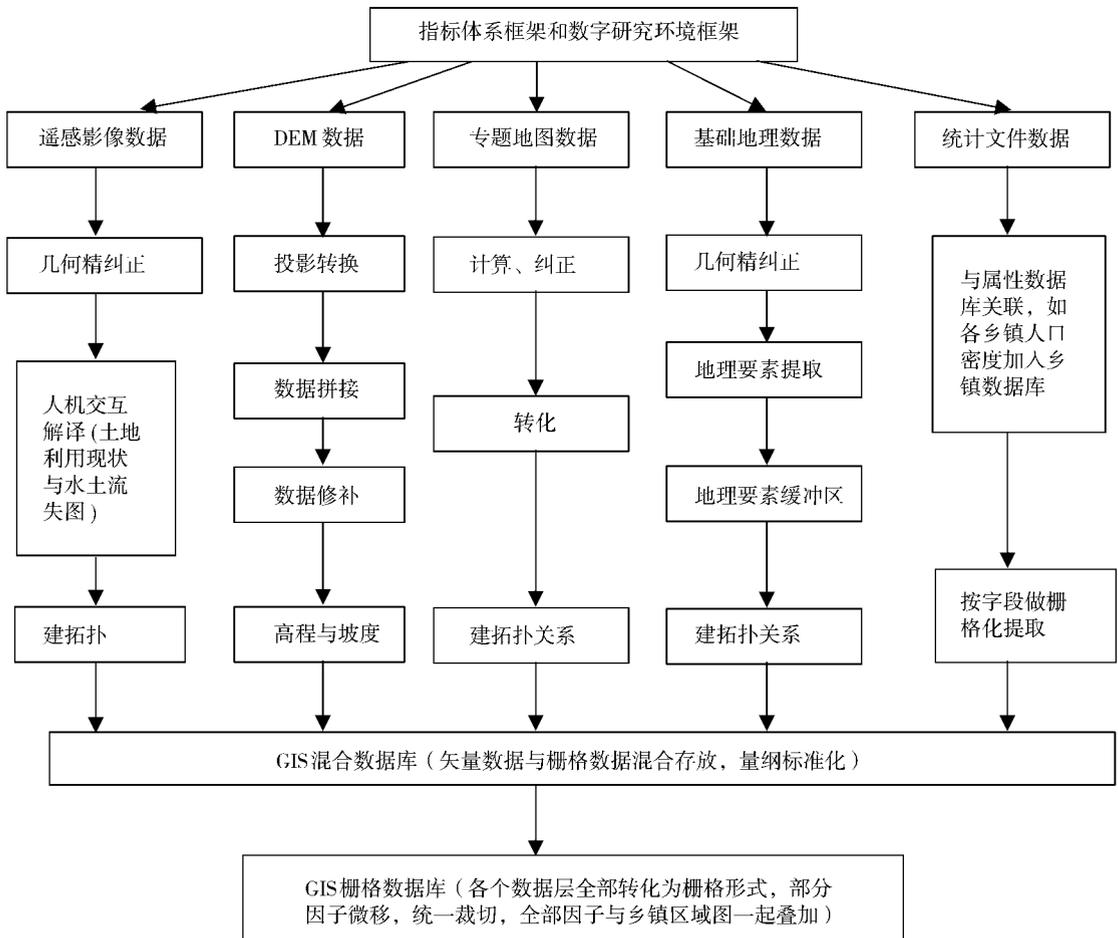


图3 生态环境敏感度评价因子数据库流程图

5 丰都县生态环境敏感性评价的空间格局

在GIS里,将各评价指标通过栅格图表示出来,将经过处理后的各评价因子与相应的权值相乘,再重分类即得丰都县的区域生态环境敏感性分布图(见图4)。

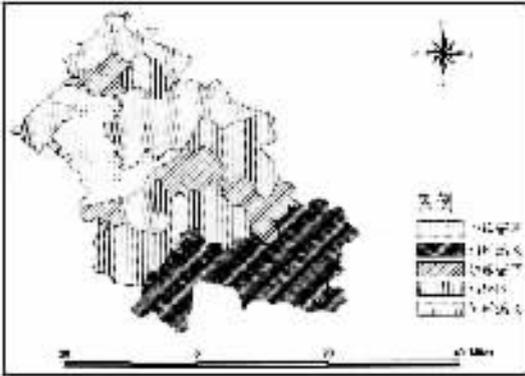


图4 丰都县生态敏感性分区

(1) 不敏感区。本区包括有名山镇、镇江镇、仁沙乡、社坛镇、虎威镇5个乡镇,面积有349.945 km²,占12.08%。主要是旱地荒废农田等,可承受一定强度的开发建设,土地可作多种用途开发。

(2) 轻敏感区。该区主要包括三合镇、树人镇、保合乡、十直镇、许名寺镇、崇兴乡、青龙乡、龙孔乡、董家镇9个乡镇。面积701.825 km²,占全县的24.23%。一般为有荒山灌草丛等经济作物分布的区域,能承受一定的人类干扰,但严重干扰会产生水土流失及相关自然灾害,生态恢复慢。

(3) 较敏感区。该区主要包括丰都的龙河镇、兴义镇、三元镇、湛普镇。面积373.801 km²,占全县的12.91%。

(4) 敏感区。该区主要指栗子乡、三建乡、双路镇、双龙场、包鸾镇、高家镇、江池镇7个乡镇区域。面积有705.276 km²,占全县的24.35%。一般为平缓区域上的林地,对人类活动敏感性较高,生态恢复难,对维持最敏感区的良好功能及气候环境等方面起到重要作用,开发时需要慎重。

(5) 很敏感区。该区主要指三坝乡、南天湖乡、暨龙乡、都督乡、武坪镇、太平坝乡6个乡镇区域。面积有765.363 km²,占全县的26.43%。一般为河流及其影响区和坡度大于20%、生态价值高的成片林地,该区域对城市开发建设极为敏感,一旦出现破坏性干扰,不仅会影响该区域,而且还会给整个区域生态系统带来严重后果,属自然生态系统重点保护区域。

6 结语

本研究将GIS与层次分析法相结合,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质量评价水平提供了新思路。研究发现,评价结果与丰都县的实际情况基本相符,如果将评价指标体系作适当调整,这套方法可以应用于其他县、省区^[6]。同时作为一项探讨性的初步研究,这套方法还存在一些问题。如评价单元的选择,受条件的限制,本项研究以乡镇为最小评价单元,这样就难以反映村级行政单元内部生态环境的空间格局变化,今后,可以用多边形叠合法予以改进,以进一步提高研究精度。

参考文献:

- [1] 朱发. 层次分析法在石羊河流域生态环境现状评价中的应用[J]. 甘肃水利水电技术应用, 1999(1): 66-68.
- [2] 苏维词. 岩溶地区生态环境敏感度评价研究[J]. 中国岩溶, 1997, 16(1): 57-65.
- [3] 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思路[J]. 长江流域资源与环境, 2003(2): 163-168.
- [4] 李红鹰, 王骥, 孟昭明. 层次分析法在农业生态环境质量评价中的应用[J]. 环境保护, 2000(7): 30-31.
- [5] 王昕. 泥石流沟危险度的模糊评判[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版), 2002, 19(1): 22-25.
- [6] 杨虹, 赵纯勇. 城市人工湿地的综合效益分析[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2005, 22(4): 66-69.

(责任编辑 许文昌)