

区域生态环境脆弱性的 GIS“分解-合成”评价分析 ——以浑源县为例

徐明德, 李艳春, 何娟, 钮键, 李泾妮

(太原理工大学 环境科学与工程学院, 太原 030024)

摘要:以县域为研究对象,从影响生态环境的自然因素、人类干扰因素两个方面出发,确定了包括目标层-准则层-指标层在内的系统化评价指标体系;打破传统的以行政区域为单元分析的模式,通过 GIS 网格技术和模糊综合评价多属性特征分析,提出了将地理信息系统技术(GIS)和 AHP-模糊综合评价模型互相融合,以网格单元进行生态环境脆弱性综合评价的“分解-合成”新的技术方法,采用层次分析法赋予指标权重,建立了改进型的“模糊脆弱度评价模型”。并作了 GIS 脆弱性等级划分,科学地、定量地反映生态脆弱性的空间分布,有利于对区域生态脆弱性的宏观认识与问题的辨识,丰富了生态脆弱性分析的技术方法。以浑源县为研究对象,应用所建立的模型与采用的技术方法进行验证性分析,其结果与浑源县实际情况吻合较好,表明所建立的模型与技术方法是可行的。

关键词:生态环境脆弱性;GIS技术;AHP-模糊综合评价模型;模糊脆弱度

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00198

1 引言

生态环境脆弱性揭示生态环境系统易受伤害和破坏的性质,随着生态环境脆弱性日益凸显,各区域生态、社会、经济的可持续发展受到影响,因此,生态环境脆弱性研究不仅是当前环境资源领域重要问题之一,也是制定区域可持续发展规划的重要前提。

目前,对生态环境脆弱性的定量评价方法很多^[1-5],大多采用多指标评价法,主要有脆弱度分析法、敏感度分析法和承载能力分析法,其中,脆弱度分析法是最常用的生态环境脆弱性定量评价的一种方法^[2,6]。然而,生态环境脆弱度的研究,还未形成完善的理论体系,同时生态脆弱度本身就是一个相对的概念,采用不同的方法将得到不同的结果,应用量化的生态脆弱度去识别与划分生态环境脆弱与否,其界限具有模糊性,尚未形成一种大家一致认可的评价方法。多数研究者在生态环境脆弱性研究中多以面状为评价单元,不能很好地反映其脆弱性的分布规律,文中将以栅格为基本评价单元,有助于识别生态环境脆弱性的时空分布,能更清楚认识研究区域生态环境中哪部分地区最脆弱;而且从自然和人为因素两个角度选择相对完整的指标体系,以 GIS 技术和 AHP-模糊综合评价模型

的互相融合为技术支撑,丰富并优化评价的方法和模型,以期获得更实际、更直观的数据,实现对具有空间变化特点的生态脆弱要素的定量化评估,更好地了解研究区生态环境脆弱等级状况,从而为区域开发、经济结构调整、生态环境综合治理和实施恢复工作提供理论依据。

2 生态脆弱性的评价方法

考虑到任何研究区域内生态环境脆弱性程度具有某种意义上的连续性,其脆弱程度的轻重没有明确的界限,且生态环境脆弱程度同时具有精确与模糊、确定与不确定的特征。本文基于这一系统特性和实际情况,选择合理的分析指标,建立相应的计算模型和技术方法,进行生态环境脆弱度的定量分析。

2.1 指标体系与评价单元的确定

影响区域生态环境脆弱性的因子是多方面的^[7-10],在诸多因子中是无法面面俱到,同时为了避免庞大的指标体系冲淡主要指标。根据研究区域特征,兼顾可操作性和简练性,并考虑有关数据的来源和可靠性,选取比较常见且实用的指标体系。文中从自然因素、人类干扰因素两个方面出

发^[11-14],建立了包括目标层、准则层、指标层 3 个层面、4 个集成性指标、10 项基本指标的指标体系。指标体系见图 1。

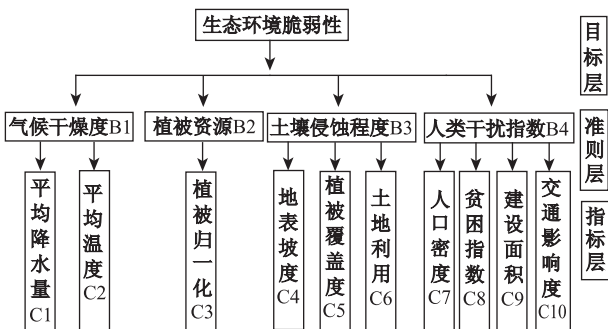


图 1 生态环境脆弱性指标体系

Fig. 1 Index system of eco-environmental vulnerability evaluation

考虑到生态系统中自然要素对生态环境的影响具有连续性和渐变性,且不受行政区界的限定,也不可能达到行政区单元的内部均衡,为此文中将运用网格技术进行分析,选择能够反映自然特征连续变化的网格为计算单元,网格的大小可根据研究区域的空间几何尺度、影响生态环境脆弱性的各方面数据源信息的特征、精度进行合理的选取。

2.2 模糊综合评价模型与应用分析

(1) AHP-模糊综合评价模型

基于准则层构建生态环境脆弱性“AHP-模糊综合评价模型”,通过层次分析法确定各指标权重^[15-16],应用 GIS 技术实现模型的运算与表达^[17-18]。

① 选择评判的样本集

$$X = \{X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{nj}\}$$

式中: X_{ij} ——第 i 个评价单元的第 j 个指标因子的数值, ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, 3, 4$)。

② 建立评判指标集

$$U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$$

式中: U_m ——参与生态环境脆弱性评价的第 m 个指标因子, ($m=1, 2, 3, 4$), U_m 分别为土壤侵蚀程度、植被归一化指数、干燥度指数、人类干扰指数。

③ 建立评判集

$$V = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jk}, \dots, v_{jm}\}$$

式中: v_{jk} ——第 j 个指标因子的第 k 等级生态环境脆弱程度的阈值, ($k=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3, 4$)。文中将各个指标因子的生态环境脆弱程度等级分为 4

个级别, I 表示轻度脆弱, II 表示中度脆弱, III 表示强度脆弱, IV 表示极度脆弱。

④ 确定权重集

通过采用层次分析法(AHP 法)来确定各指标的权重, U 的模糊集 $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, 即 a_i 表示某评价指标的具体权重数值, 且在评价中的加权数 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。

⑤ 建立模糊关系矩阵

当 U, V 确定后, 环境脆弱性指标因子与评价标准之间的边界模糊关系用模糊关系矩阵 R 表示为:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m} \quad (1)$$

其中, 模糊关系矩阵 R 中的元素 r_{jk} 表示空间某评价单元上第 j 个指标因子对第 k 等级生态环境脆弱标准的隶属度。本文选用较为简便的降半梯形分布函数, 以确定隶属度。

当 $k=1$ 时, 即第一级隶属函数式为:

$$r_{ij1} = \begin{cases} 1 & x_{ij} \leq v_1 \\ \frac{(v_2 - x_{ij})}{(v_2 - v_1)} & v_1 < x_{ij} < v_2 \\ 0 & x_{ij} \geq v_2 \end{cases} \quad (2)$$

当 $k=2$ 时, 即第二级隶属函数式为:

$$r_{ij2} = \begin{cases} \frac{(x_{ij} - v_1)}{(v_2 - v_1)} & v_1 < x_{ij} < v_2 \\ \frac{(v_3 - x_{ij})}{(v_3 - v_2)} & v_2 < x_{ij} < v_3 \\ 0 & x_{ij} \leq v_1 \text{ 或 } x_{ij} \geq v_3 \end{cases} \quad (3)$$

当 $k=3$ 时, 即第三级隶属函数式为:

$$r_{ij3} = \begin{cases} \frac{(x_{ij} - v_2)}{(v_3 - v_2)} & v_2 < x_{ij} < v_3 \\ \frac{(v_4 - x_{ij})}{(v_4 - v_3)} & v_3 < x_{ij} < v_4 \\ 0 & x_{ij} \leq v_2 \text{ 或 } x_{ij} \geq v_4 \end{cases} \quad (4)$$

当 $k=4$ 时, 即第四级隶属函数式为:

$$r_{ij4} = \begin{cases} 0 & x_{ij} \leq v_3 \\ \frac{(x_{ij} - v_3)}{(v_4 - v_3)} & v_3 < x_{ij} < v_4 \\ 1 & x_{ij} \geq v_4 \end{cases} \quad (5)$$

式中: x_{ij} 为第 i 个评价单元的第 j 个指标因子的数值; r_{ijk} 为第 i 个评价单元上第 j 个指标因子对第 k

级标准的隶属度。

对于正向指标, $v_1、v_2、v_3、v_4$ 表示生态环境脆弱性各指标因子轻度脆弱、中度脆弱、重度脆弱、极度脆弱分级标准; 对于反向指标, $v_1、v_2、v_3、v_4$ 表示生态环境脆弱性各指标因子极度脆弱、重度脆弱、中度脆弱、轻度脆弱分级标准。

建立好模糊评判矩阵之后, 采用一定的运算模型, 作矩阵的复合运算:

$$G = A \cdot R$$

(6)

式中: “ \cdot ” 为模糊矩阵合成运算符号, 其运算方法类似于普通的矩阵乘法, 只是将矩阵乘法运算中的 “ \times ” 号改为 “ \wedge ”, 将 “ $+$ ” 改为 “ \vee ”, “ \wedge ” 和 “ \vee ” 均为 Zadeh 算子。

⑥ 模糊向量数值化

上述公式 (6) 是一个关于隶属度 G 的向量, G 中最大值所对应的等级就是模糊评价的最终评价等级。但是, 对于一个地区的不同评价单元, 所得到的最后等级结果可能相同, 也就无法判断同一等级中数值差异, 因此, 如果给各等级赋以权重值, 然后用 G 中对应的隶属度与权重值加权求和, 就可以得到一个具体的连续化数值, 也就便于同一等级内的比较。

设给 m 个等级依次赋以权重值 W_1, W_2, \dots, W_m , 且 $W_m > \dots > W_2 > W_1$, 则模糊向量可数值化为:

$$G' = \sum_{j=1}^m W_j g_j$$

(7)

(2) 基于 GIS 的“分解-合成”技术原理

GIS 技术的特点在于能够对空间网格评价各单元进行单因子指标单属性的赋值和存储。而模糊综合评价引入模糊隶属关系, 目标则是要实现评价单元的多指标多属性的赋值, 导致 GIS 技术不可能直接解决模糊评价所要达到的要求, 对于模糊综合评价该如何在 GIS 中实现, 就成为应用 GIS 技术实现模糊评价模型的关键。

故此, 提出以 GIS 技术实现模糊综合评价的“分解-合成”方法, 其中, 分解即为将空间评价单元不同的隶属属性分解, 在 GIS 中完成空间评价单元单因子指标不同级别的单属性图层的赋值和存储; 合成即从横向角度上, 对各单因子同级别的单属性图层分别进行加权叠加, 综合生成不同级别的多因子单属性叠加图层。经“分解-合成”所得多因子单属性叠加图层, 再分别对四个级别的多因子单属性

图层赋以权重值, 通过加权求和得到空间评价单元模糊综合评价等级结果, 改进建立了“模糊脆弱度评价”模型。即在 GIS 中采用分量多次计算逐步实现对空间网格评价各单元进行单因子指标单属性的赋值和存储, 实现了 GIS 的多因子指标多属性的赋值和存储, 将模糊综合评价的 GIS “分解-合成”技术思想进行概化, 其技术框架见图 2。

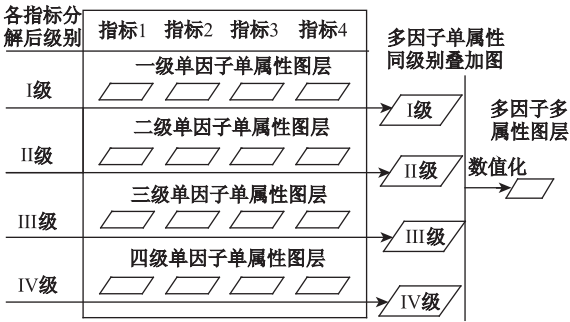


图 2 分解-合成技术概化图
Fig. 2 Decomposed-synthetic technology of the conceptualization

3 浑源县生态环境脆弱性的“分解-合成”评价分析

实验区浑源县位于山西省东北部, 大同市东南部, 地理坐标为东经 $113^{\circ}32' \sim 113^{\circ}58'$, 北纬 $39^{\circ}21' \sim 39^{\circ}53'$, 总面积 1966 km^2 。其地处桑干河支流浑河的中上游, 属半干旱大陆性气候, 总体地形地貌特征为“南山北坡中盆地”, 以山地和丘陵为主, 分别占总面积的 $56\%、26\%$ 。地形起伏度较大, 高山深谷、峰丛、洼地交错分布, 植被覆盖率较高, 质量不高, 主要为针阔混交林, 浑河与唐河两大水系, 呈丁字形贯穿全境。县辖 18 个乡镇, 总人口数为 352 488 人。但是, 由于其自然地质构造运动、气候变迁等自然因素, 以及人口的增加和生产活动的不断增强, 引发了一系列的生态环境问题, 导致本来就脆弱的生态环境遭到破坏, 主要表现为水土流失严重, 土壤侵蚀剧烈, 矿产开发对生态环境造成的破坏, 在一定程度上制约了浑源县的可持续发展。浑源县行政图见图 3。

3.1 “分解-合成”评价

研究数据主要包括地图数据、统计数据等, 地图数据主要有行政区划图、地形地貌图、降雨等值



图 3 浑源行政图

Fig. 3 Administrative map of Hunyuan County

线图、数字高程模型图(DEM)及 ETM 遥感影像图,社会经济统计数据来源于相应年份的浑源县统计年鉴。图形数据进行投影坐标转换、边界匹配等处理。考虑到浑源县国土面积较大,兼顾栅格大小与肉眼辨识效果,以及主要遥感信息源等基本信息特征,选取 30m×30m 的网格作为基本评价单元。

3.1.1 评价指标权重与等级标准的建立

通过 AHP-层次分析法确定县域生态环境脆弱性评价指标体系各因子的权重,构造的判断矩阵及其权重的计算结果见表 1。

表 1 评价指标体系判断矩阵数值及各因子权重表

Tab. 1 Judgment matrix and weights of different evaluation indices					
生态环境脆弱性	土壤侵蚀程度	植被归一化指数	干燥度指数	人类干扰指数	权重 W_i
土壤侵蚀程度	0.8178	0.6703	1.0000	0.8178	0.2033
植被归一化指数	1.0000	1.0000	1.2214	1.0000	0.2611
干燥度指数	1.0000	1.0000	1.4918	1.0000	0.2745
人类干扰指数	1.0000	1.0000	1.2214	1.0000	0.2611

文中各单因子评价等级均采用 4 级划分法,用 I-IV 进行标识,其级别越大,表示脆弱性的程度越大。本文参照其他地区各类指标因子的取值范围

和国际上相关的分级标准以及专家咨询意见,结合各指标实际范围,综合确定各指标对脆弱度分级,分别给各评价指标的 4 个级别标准一个确定的阈值,见下表 2。

3.1.2 生态环境脆弱性的评价与分析

按照上述所选择的隶属函数公式(2)-(5)和评价指标分级标准表 2,以综合指标土壤侵蚀程度、植被归一化指数、干燥度指数、人类干扰指数,分别建立正向指标或负向指标的隶属函数公式,确定模糊关系矩阵 R 中的元素。

表 2 生态环境脆弱性评价指标分级标准及其符号表示

Tab. 2 Grade scale of indices and their symbols of eco-environmental vulnerability evaluation				
指标	I 轻度脆弱	II 中度脆弱	III 重度脆弱	IV 极度脆弱
土壤侵蚀程度	100	200	300	400
	● _I	● _{II}	● _{III}	● _{IV}
植被归一化指数	0.48	0.28	0.08	0.00
	△ _I	△ _{II}	△ _{III}	△ _{IV}
干燥度指数	33.5	31.5	29.5	27.5
	▲ _I	▲ _{II}	▲ _{III}	▲ _{IV}
人类干扰指数	0.20	0.35	0.50	0.65
	□ _I	□ _{II}	□ _{III}	□ _{IV}

由于生态环境脆弱性综合评价的样本为成千上万的空间栅格单元,故在 GIS 中采用分量计算而非传统而庞大的矩阵运算。这样可以避免繁琐的人工计算,便于快捷、高效、简便地得到评价结果,且突破了传统的行政区域为分析单元评价模式,但矩阵中各元素可列性较低,隶属度矩阵难以用具体数据表达,所以为了便于实际操作和文字叙述,将各步骤生成的一系列的图层,用表 2 中符号来表示。

(1)各指标各级别隶属函数计算

按照建立的隶属函数公式,在 GIS 中完成评价单元单因子指标不同级别的单属性图层的赋值和存储,实现其分解过程,计算得到 16 张隶属度图层。分别为上表 2 中的●_I、●_{II}、●_{III}、●_{IV}、△_I、△_{II}、△_{III}、△_{IV}、▲_I、▲_{II}、▲_{III}、▲_{IV}、□_I、□_{II}、□_{III}、□_{IV}。以人类干扰指数建立隶属函数 r_{42} 为例,编写如下程序:

$$r_{42} = \text{con}([\text{人类干扰指数}] \leq 0.2) = 1, 0, 0) + \text{con}([\text{人类干扰指数}] > 0.2 \& [\text{人类干扰指数}] < 0.35) = 1, ([\text{人类干扰指数}] - 0.2) / 0.15, 0) + \text{con}([\text{人类干扰指数}] > 0.35 \& [\text{人类干扰指数}] < 0.5) = 1, (0.5 - [\text{人类干扰指数}]) / 0.15,$$

0)+con((〔人类干扰指数〕≥0.5)=1,0,0)。

(2)多因子分级加权叠加

在对 GIS 分解后的各单因子同级别的单属性图层分别进行加权叠加,合成不同级别的多因子单属性叠加图层,即 $\sum_{I\text{轻度脆弱}}$ 、 $\sum_{II\text{中度脆弱}}$ 、 $\sum_{III\text{重度脆弱}}$ 、 $\sum_{IV\text{极度脆弱}}$ 四张不同级别的模糊综合评价指数图层。

(3)生态环境脆弱度计算

①等级权重赋值

考虑到各级隶属度所反映的生态环境脆弱性是不同的,因此,赋以不同的权重 $W_1<W_2<W_3<W_4$ 。参照相关的研究并综合考虑各级所反映的脆弱性差异,以 1.5 倍倍数关系来确定 I-IV 级权重数值,将权重归一化,见表 3。

表 3 脆弱性各级别的权重值

Tab. 3 Weights of different level of vulnerability

脆弱性级别	I 级	II 级	III 级	IV 级
权重值	1	1.5	2.25	3.375
权重归一化	0.123	0.185	0.277	0.415

②模糊向量数值化

根据式(7)及表 3 可得:

$$G' = 0.415 \times \sum_{IV\text{极度脆弱}} + 0.277 \times \sum_{III\text{重度脆弱}} + 0.185 \times \sum_{II\text{中度脆弱}} + 0.123 \times \sum_{I\text{轻度脆弱}}$$

应用 GIS 技术计算各单元的生态环境脆弱度,获得浑源县生态环境脆弱度分布结果见图 4,并根据生态环境脆弱度进行分级,结果见图 5,分级标准见表 4。

表 4 浑源县生态环境脆弱度分级标准

Tab. 4 Grade scale of fragile degree in Hunyuan County

分级	极度脆弱	重度脆弱	中度脆弱	轻度脆弱
	IV 级	III 级	II 级	I 级
脆弱度 G'	>0.30	0.25~0.30	0.20~0.25	<0.20

3.2 评价结果分析

由图 4 可知浑源县脆弱度数值连续分布,数值在 0.123~0.373 之间。南部高中山地区脆弱度数值较低,而北部丘陵地区脆弱度数值较高。由图 5 知极度脆弱主要分布在永安镇、西留乡、南榆林乡、沙圪坨镇,以及中部的过渡地带;重度脆弱区主要分布在蔡村镇、吴城乡、驼峰乡、西坊城镇、东坊城乡北部、千佛岭乡南部和王庄堡镇。中度脆弱区分

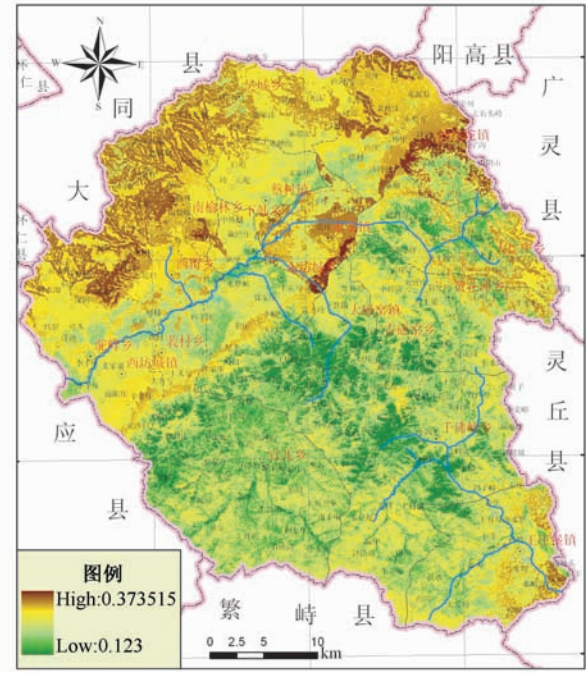


图 4 生态环境脆弱度分布图

Fig. 4 Fragile degree distribution map of ecological environment

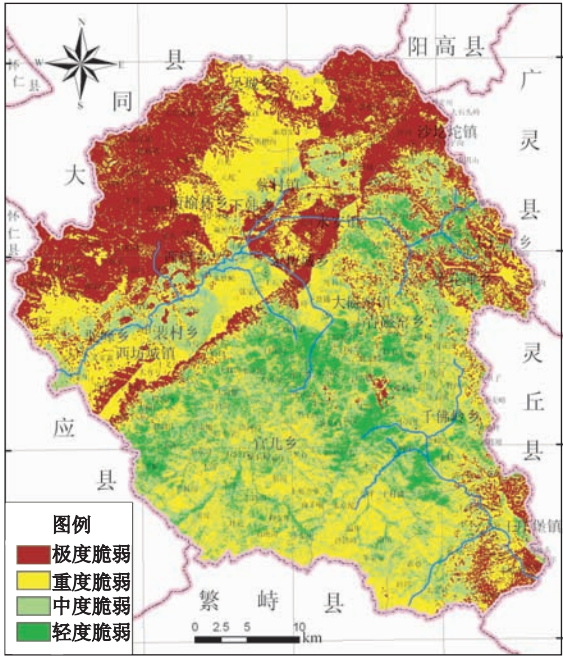


图 5 生态环境脆弱度分级图

Fig. 5 Fragile degree hierarchical map of ecological environment

布比较零散,分布于轻度脆弱区的周边区域。轻度脆弱区主要分布在青磁窑乡、裴村乡的北部、大磁窑镇的南部、千佛岭乡的中部、东坊城乡的南部。

其中,脆弱性较高的区域主要是居民区、农耕区、工矿区,主要特点是年平均降水量较少,植被覆盖以季节性农作物为主,植被类型较单一;经济社会发展水平较高,人口增长相对较快,城镇扩大建设占用耕地等资源,生态压力较大;另外,该区主要为浑源北部黄土丘陵区地区,植被覆盖率较低,土质疏松,抗蚀力差,水土流失较为严重。脆弱性较低的区域的自然环境条件相对优越,植被覆盖率较高,降水相对较多,且有恒山自然保护区位于该区,人类干扰较低。

通过实地局部考察及浑源县的相关资料知,浑源县生态环境脆弱性定量分析结果与实际情况基本吻合。

4 结论

根据生态系统中自然要素在空间上分布的连续性和渐变性,本文打破以传统的行政区域为单元分析的模式,采用能够反映自然特征连续变化的网格为评价单元,选用了相对完整的评价指标体系。丰富并优化了评价的方法和模型,提出了将 GIS 技术和 AHP-模糊综合评价模型互相融合进行生态环境脆弱性综合评价的“分解-合成”新的技术方法,建立了改进型的“模糊脆弱度评价模型”,可以对具有空间变化特点的生态脆弱要素进行评估,以反映脆弱性的分布现状,使模糊脆弱度的等级划分具有一定的灵活性,且运算过程快速、可操作性强。

为了防止环境的恶化,生态环境脆弱性的评价可使退化的生态环境系统得到恢复与重建,以实现资源环境的良性发展和持续利用。本文以山西省浑源县为例,对生态环境脆弱性评价模型进行实证研究,其评价结果与浑源县实际生态环境状况基本符合。从而验证了模型及方法的可行性,同时为浑源县生态环境脆弱性治理提供了一定的科学依据,也为其他区域生态环境脆弱性研究提供一定的参考价值。通过脆弱性研究和评价,可以更好地了解研究区生态环境脆弱分布状况,为因地制宜进行环境综合治理和实施生态环境恢复工程提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 史德明,梁音.我国脆弱生态环境的评估与保护[J].水土保持学报,2002,16(1):6-10.
- [2] 崔健.通榆县生态环境变化与脆弱性研究(D).吉林长春,吉林大学环境工程专业,2006,58-59.
- [3] Tixier J, Dandrieux A, Dusserre G, Bubbico R, Mazzarotta B, Silvetti B, Hubert E, Rodrigues N, Salvi O. Environmental Vulnerability Assessment in the Vicinity of an Industrial Site in the Frame of ARAMIS European Project[J]. Journal of Hazardous Materials, 2006,130:251-264.
- [4] 冉圣宏,金建君,薛纪渝.脆弱生态区评价的理论与方法[J].自然资源学报,2002 17(1):117-122.
- [5] 周嘉慧,黄晓霞.生态脆弱性评价方法评述[J].云南地理环境研究,2008,20(1):56-57.
- [6] 韩国峰,奈曼旗生态环境脆弱性的研究(D).重庆,西南大学自然地理学专业,2009:39.
- [7] 杨育武,汤洁,麻素挺.脆弱生态环境指标库的建立及其定量评价[J].环境科学研究,2002,15(4):46-49.
- [8] 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,1998,18(1):73-78.
- [9] 王介勇,赵庚星,王祥峰,等.论我国生态环境脆弱性及其评估[J].山东农业科技,2004(2):9-11.
- [10] 陈菁.福建省海岸带脆弱生态环境信息图谱研究[J].地球信息科学学报,2010,12(2):160.
- [11] 卞建民,李凤全.松嫩平原西部生态脆弱环境脆弱性及成因分析[J].国土开发与整治,2001,11(1):18-21.
- [12] 程宝良,高丽.西部脆弱环境分布与贫困关系的研究[J].环境科学与技术,2009,32(2):9-12.
- [13] 樊哲文,刘木生,沈文清,等.江西省生态脆弱性现状 GIS 模型评价[J].地球信息科学学报,2009,11(2):203-204.
- [14] 孔红梅,赵景柱.生态系统健康评价方法初探[J].应用生态学报,2002,13(4):486-490.
- [15] 宋智民,李秀春.用层次分析法评价、选择亲产品开发项目[J].机械管理开发,2000,1:53-55.
- [16] 庄锁法.基于层次分析法的综合评价模型[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2000,23(4):582-590.
- [17] 王鹏,赵莹,田亚平.基于 GIS 的衡阳市生态环境脆弱性研究[J].水土保持研究,2009,16(4):26-28.
- [18] 曹欢,苏维词.基于模糊数学综合评价法的喀斯特生态系统健康评价[J].水土保持研究,2009,16(3):149-153.

Evaluation and Analysis in the Regional Eco-environmental Vulnerability Based on GIS: Taking Hunyuan County of Shanxi Province as an Example

XU Mingde, LI Yanchun, HE Juan, NIU Jian, LI Jingni

(College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Based on environmental ecology and restoration ecology, in this research we took regional and sustainable development as the guiding ideology. Then the ecological environmental vulnerability was carried on systematically, and the framework of synthetic analysis and evaluation on ecological environmental vulnerability was confirmed. Considering natural and artificial factors, the systematic evaluation index system was determined, including target layer-criterion layer-index layer. The $30\text{m} \times 30\text{m}$ grid system as a basic analysis unit was established, which broke with the traditional mode of administrative region as a basic analysis unit. Through the GIS grid technology and the multiple attribute characteristics analysis on the fuzzy comprehensive evaluation, the new technology “decomposition-synthesis method” was proposed, which was based on the geographic information system (GIS) and AHP-fuzzy comprehensive evaluation model. The weight for every evaluation index was confirmed with analytic hierarchy process (AHP) method, and the improved “fuzzy vulnerability evaluation model” was established. On the basis of the GIS technology, the classification of vulnerability was carried out, which reflected the spatial distribution of the ecological vulnerability scientifically and quantitatively, so that the result of evaluation made the natural elements with continuity, and was beneficial to the macroscopic realization and problem identification of the ecological environmental vulnerability. Meanwhile, it enriched the theories and methods of the analyses on the ecological environmental vulnerability. The established model and the technical method were used to verify the analysis for Hunyuan County, Shanxi Province. The results agree well with the actual situation of Hunyuan County, which shows that the established model and technical approach is feasible.

Key words: eco-environmental vulnerability; GIS technology; AHP-fuzzy model; fuzzy vulnerability