

文章编号: 1004—5589 (2009) 02—0249—05

## 遥感与 GIS 技术在生态环境脆弱性评价中的作用

章远钰<sup>1</sup>, 李远华<sup>2</sup>

1. 国土资源部土地整理中心, 北京 100035; 2 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026

**摘要:** 为探讨生态环境脆弱性评价与遥感、GIS 之间的关系, 在解读生态环境脆弱性评价的基础上, 从理论与应用两个方面展开分析。研究表明: 遥感、GIS 技术可在模型建立、技术支持、数据源提供和展示平台构建等方面为生态环境脆弱性评价提供强有力的技术支撑。

**关键词:** 遥感; GIS; 生态环境脆弱性评价; 作用

**中图分类号:** TP79; X171      **文献标识码:** A      **doi** 10.3969/j.issn.1004-5589.2009.02.016

## Function of remote sensing and GIS for ecological environment vulnerability assessment

ZHANG Yuan-yu<sup>1</sup>, LI Yuan-hua<sup>2</sup>

1. Land Consolidation & Rehabilitation Center, The Ministry of Land & Resources, Beijing 100035, China;

2. College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

**Abstract:** In order to discuss on the relations between ecological vulnerability assessment and Remote sensing as well as GIS, the authors analyse the theoretical and practical aspects on the basis of ecological vulnerability assessment. The results show that Remote sensing and GIS can provide powerful technical support for ecological vulnerability assessment in model establishment, technical support, data resource providing, display of platform constructions.

**Key words:** remote sensing; GIS; ecological environment vulnerability assessment; function

### 0 引言

“生态环境脆弱性”用于描述生态环境受到自然因素和人为因素的共同影响时, 环境对外界干扰的敏感程度。然而“生态环境脆弱性”概念尚未形成统一认识。脆弱性主要包含 3 个方面的含义:

脆弱性是生态环境自身的属性, 具备区域性和客观性特点; 脆弱性只有在外界因素的干扰下才得以表现; 脆弱性大小可以通过生态环境的敏感性、稳定性和评价指数等指标进行量化。“生态环境脆弱性”与“生态环境稳定性”象是一对“同义词”, 它们内涵相同但表现形势相反, 实际

二者互为反函数, 稳定性越高, 脆弱性越低, 稳定性越低, 脆弱性则越高。二者均是对区域生态环境“脆弱程度, 不稳定程度”或“不脆弱程度, 稳定程度”的刻画。

生态环境脆弱性评价是对生态环境各因子时空配置的不均衡性引起的生态系统不稳定性, 以及人类活动和外界环境胁迫对生态环境的可能影响及其敏感程度(响应)的评价与估测<sup>[1-2]</sup>。

遥感技术具有宏观性强、信息量丰富和动态监测能力突出等特点, 是生态环境调查中重要的技术方法之一。

笔者就遥感与 GIS 技术在生态环境脆弱性评价

中的作用展开讨论，从模型建立、技术支持、数据来源提供和展示平台构建等方面开展分析，探讨遥感与 GIS 在生态环境脆弱性评价中的应用前景。

### 1 生态环境脆弱性评价的发展

20 世纪 60 年代国际生物学计划 (BP)、70 年代人与生物圈计划 (MAB) 及 80 年代的地圈、生物圈计划 (IGBP) 等全球性计划项目，就已经开展了生态环境脆弱性研究<sup>[3]</sup>。

2000 年美国环境署 (USEPA) 和国际水文地质协会将脆弱性的概念用于水生态环境脆弱性的定义。随后，生态环境脆弱性、资源脆弱性和自然灾害脆弱性等概念相继被提出，与之相关的研究领域逐渐开展起来<sup>[4]</sup>。

2002 年，美国环保署选取 26 个生态指标，使用模糊判定分析方法对大西洋沿岸的中部地区的环境进行了综合环境脆弱性评价<sup>[5]</sup>。

除了对“生态环境脆弱性”理论的总结，中国学者还在生态环境脆弱性评价应用领域开展了诸多研究，特别在湿地生态系统、流域生态系统、区域生态系统的生态环境脆弱性评价领域成绩突出<sup>[6-10]</sup>。

### 2 生态环境脆弱性评价方法分析

生态环境脆弱性可由内部脆弱性与外部脆弱性的综合表现来反映，具体表现为 3 个方面：表征外部风险与灾害状况施予环境或生态系统的风险压力水平 (RED)；保持内部状态或危险程度的内部恢复力 (RD)；内部对受到外部破坏后的外部恢复力 (ED)<sup>[11]</sup>。

虽然生态环境脆弱性评价方法多种多样，但均由“选择评价指标体系、确定指标体系中各因子的权重和利用数学原理分析计算”三个基本步骤组成 (图 1)。

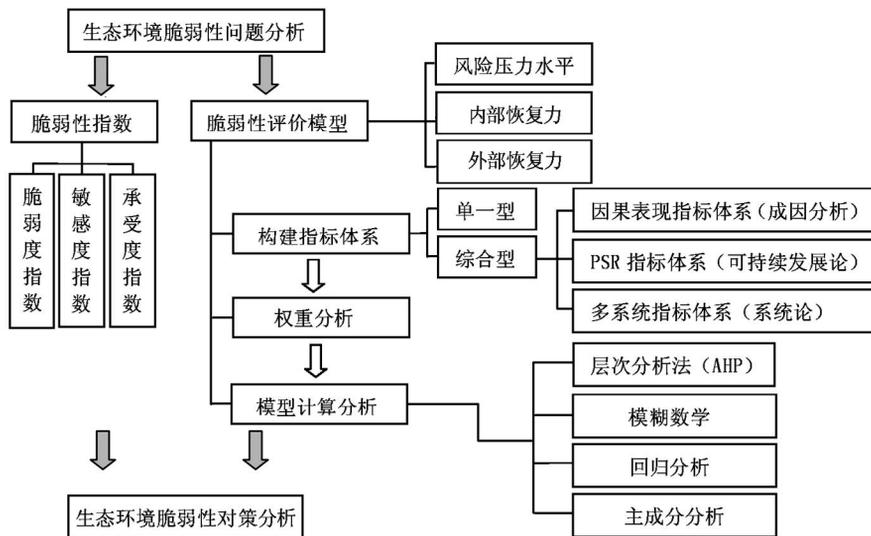


图 1 生态环境脆弱性评价流程

Fig. 1 Evaluation flow of ecological environment vulnerability assessment

指标体系主要分为单一类型区域的指标体系和综合性指标体系两大类。单一类型区域指标体系依赖区域地理背景，能够突出表现区域性生态环境特征，其结构简单，针对性强，能够准确表征区域环境脆弱的关键因子；综合性指标体系是由基于脆弱性成因分析的成因及结果表现指标体系、基于可持续发展理论的“压力—状态—响应” (PSR) 模型指标体系、基于系统论与多学科结合的多系统评价

指标体系 3 种类型组成。

具体的实现方法有：层次分析法、模糊数学评价法、回归分析法、主成分分析法等常用方法。很多学者构建了不同的脆弱度指数、敏感度指数和承受度指数，用于表征生态环境脆弱性<sup>[12]</sup>。

生态环境脆弱性评价的关键问题是：模型建立、评价指标确立、评价方法选择与成果展示，由于遥感与 GIS 技术在这些方面具备技术优势，因

此，生态环境脆弱性评价与遥感、GIS相结合成为必然。

### 3 遥感、GIS与生态环境脆弱性评价

#### 3.1 遥感、GIS技术为生态环境脆弱性评价提供数据源

生态环境脆弱性评价的关键之一就是生态环境要素指标（参数）的选择。

遥感技术借助其宏观性强、信息量丰富、动态监测的技术优势，能为生态环境脆弱性评价提供数据。从理论关联来看，生态环境脆弱性评价的指标体系可借助因果表现指标体系、基于可持续发展理论的 PSR 指标体系、多系统指标体系等方式建立，这些方式都离不开遥感数据源（图 2）；从可操作性来看，遥感信息的自动提取，能为精度要求相对较低，突出宏观规律的生态环境脆弱性评价提供动态、快速的数据支持，使得区域生态环境脆弱性趋势评价与监测成为可能；此外，由于遥感数据的可视性，可为脆弱性评价的数据正确性验证与指标合理性分析提供服务。

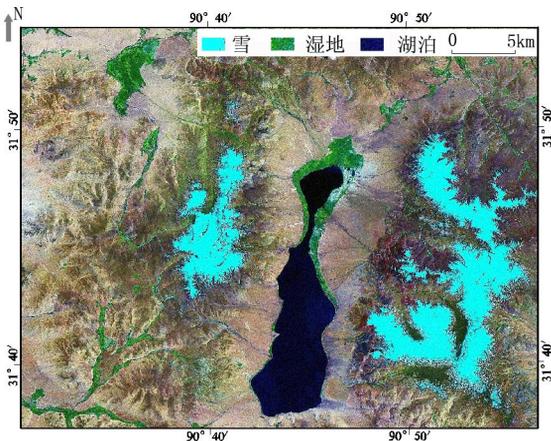


图 2 遥感图像中的典型地物特征

Fig. 2 Characteristics of in remote sensing image

例如，史振华在“天津市生态环境脆弱性评价”中，利用的生态环境脆弱性评价因子主要有土壤沙化、地表水、土壤分布、土地盐渍化、污灌区和土地利用现状等 6 个要素，其中，土壤沙化、土壤分布、土地盐渍化、污灌区和土地利用现状等因子数据均可以通过遥感技术获取<sup>[13]</sup>。

开展生态环境脆弱性评价时往往需要结合区域

特点，开发新型的数据参与评价分析。GIS有一系列数据处理和数据挖掘的技术，能为生态环境脆弱性评价提供“数据挖掘”性的数据支持，满足生态环境脆弱性评价的要求。例如 GIS地形分析中的坡度分析，能为生态环境脆弱性评价提供基于 DEM 的坡度数据，并用于相关统计工作（图 3）。

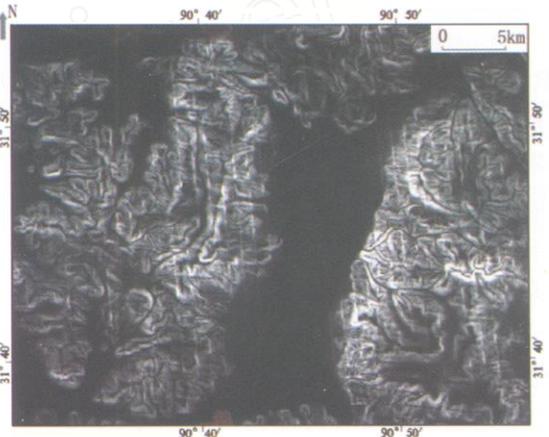


图 3 基于 DEM 生成的坡度图

Fig. 3 Slope map from DEM

#### 3.2 遥感、GIS技术为生态环境脆弱性评价提供建模基础

生态模型法是建立生态环境脆弱性评价模型最有效、最直接的方法，它根据已有的生态系统资料，用空间模型和非空间模型描述环境系统或系统要素的行为特征，从而分析人类活动对生态环境的影响。生态模型法将生态环境脆弱性情况与区域生态环境要素之间建立关联，反映生态环境脆弱性演变的过程和规律，有助于解决评价、预测和仿真等一系列难题。然而，模型的建立需要与生态环境密切相关的数据，一般的观察难以满足应用要求。

随着遥感技术的不断进步，特别是遥感定量分析能力的提高，使得获取与生态环境脆弱性直接相关的因子成为可能，结合遥感技术特点，建立基于生态模型法的生态环境脆弱性评价模型。

GIS的空间模型是利用“方法+数据”方式对地理格局或过程的抽象和简化，这与生态环境脆弱性评价追求的目标类似。GIS除了提供强大的空间分析模型之外，还能结合数据处理优势，开发数学模型、决策模型和神经网络模型等地理模型，加之其强大的数据存储、分析和运用优势，使得区域

性、宏观性、海量、多参数和多变量的生态环境脆弱性评价模型建立成为可能。

### 3.3 遥感、GIS 技术为生态环境脆弱性评价提供技术支持

随着 IKONOS 与 QUICKBIRD 高分辨率数据的商用化，遥感技术在空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率方面都得到了很大提高，从 MSS 数据的 80 m 分辨率一直发展到 IKONOS 的 1 m，QUICKBIRD 的 0.61 m。在分辨率提高的同时，高光谱、超光谱也快速发展。向高精度、多光谱、高时空分辨率方向发展是遥感技术的发展方向，能为生态环境脆弱性评价及生态环境评价提供高精度与信息量丰富的环境要素信息，还能推动与遥感技术密切相关的生态环境脆弱性评价技术发展。

GIS 的特色就在于它的空间分析功能，例如叠分析、缓冲区分析和成本分析等。在开展生态环境脆弱性评价时，可以借助 GIS 的空间分析、图层运算和系统开发等技术优势，实现生态环境脆弱性评价。同时，借助 GIS 技术还能开展遥感数据与非遥感数据复合分析，从而实现生态环境脆弱性综合评价。

### 3.4 遥感、GIS 技术为生态环境脆弱性评价提供展示平台

开展生态环境脆弱性评价时，需要对生态环境要素进行分析，确定生态环境脆弱性与生态环境要素之间的关系，在生态环境脆弱性评价后期，还要将评价结果在地理空间上展开，对评价成果进行可视化表达。针对上述问题，遥感与 GIS 技术均可满

足其应用需求。

遥感技术中，常常采用基于 RGB 的波段组合增强二维遥感图像可视化能力，三维遥感技术也是遥感图像可视化表达的重要方式，一方面突出了遥感图像的光谱特性，也让图像同时赋带地形信息，增强了遥感图像的地形特征<sup>[14]</sup>。生态环境脆弱性评价过程类似遥感图像的计算过程，生态环境脆弱性评价的结果，就是一幅具备生态环境脆弱性评价计算特性的数字图像。因此，根据不同尺度的评价需求选择不同分辨率的遥感数据，采用类似遥感图像的处理技术，开展生态环境脆弱性评价。例如，基于遥感图像开展定量与可视化的高程要素分析，可以分析高程与其他生态环境要素、生态环境脆弱性之间的关系（图 4）。

在 GIS 技术中，可通过对栅格或矢量图层的控制，运用电子地图、DTM、虚拟现实和应用系统等方式，实现评价成果的可视化。利用 GIS 分析方法，可以开展三维水淹分析，并借助类似 ArcGIS 的水文分析模块确定流域，为生态环境脆弱性评价提供量化、可视化的流域分析，从而评估生态环境脆弱性评价因子的作用（图 5）。

## 4 结语

遥感与 GIS 的技术优势，能满足生态环境脆弱性评价的众多需求，可在模型建立、技术支持、提供数据源和展示平台构建等方面为生态环境脆弱性评价提供技术支撑。

在遥感和 GIS 技术日益广泛应用到生态学领域

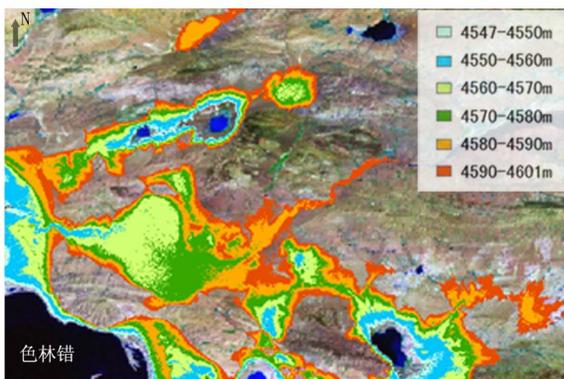


图 4 基于遥感图像的高程要素分析

Fig. 4 Elevation elements analysis basing on remote sensing image

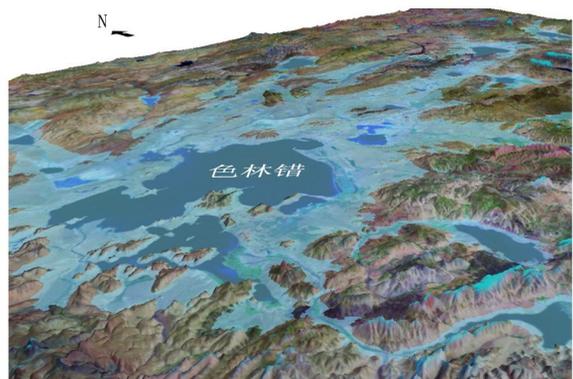


图 5 三维水淹分析

Fig. 5 3D watered analysis

的情况下, 如何发挥遥感、GIS 的技术优势, 将其方法融入到生态环境脆弱性评价中, 开发区域尺度上兼备评价、预测与预警功能的生态环境脆弱性评价模型, 可能成为生态环境脆弱性评价的重要发展方向之一, 遥感与 GIS 技术能为生态环境脆弱性评价的发展做出更大贡献。

#### 参考文献:

- [1] 王小丹, 钟祥浩. 生态环境脆弱性概念的若干问题探讨 [J]. 山地学报, 2003, 21 (增刊): 21-25.  
WANG Xiao-dan, ZHONG Xiang-hao. Approaches to concept of vulnerability of ecology and environment [J]. Journal of Mountain Science, 2003, 21 (Suppl): 21-25.
- [2] 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]. 山东农业科学, 2004 (2): 9-11.  
WANG Jie-yong, ZHAO Geng-xing, WANG Yang-feng, et al. Vulnerability of ecology and environment [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2004 (2): 9-11.
- [3] 沈珍瑶, 杨志峰, 曹瑜. 环境脆弱性研究述评 [J]. 地质科技情报, 2003, 22 (3): 91-94.  
SHEN Zhen-yao, YANG Zhi-feng, CAO Yu. Review on environment vulnerability research [J]. Geological Science and Technology Information, 2003, 22 (3): 91-94.
- [4] Gogu R C, Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods [J]. Environment Geology, 2000, 39 (6): 549-559.
- [5] The U S Environmental Protection Agency. Environmental assessment - fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic region [J]. Environmental Management, 2002, 29 (6): 845-859.
- [6] 叶正伟, 朱国传, 陈良. 洪泽湖湿地生态环境脆弱性的理论与实践 [J]. 资源开发与市场, 2005, 21 (5): 416-420.  
YE Zheng-wei, ZHU Guo-chuan, CHEN Liang. Theoretical and practical discuss on ecological vulnerability in Hongze Lake [J]. Resource Development & Market, 2005, 21 (5): 416-420.
- [7] 陈晓, 塔西甫拉提. 特依拜. 塔里木河下游生态脆弱性评价 [J]. 生态经济, 2007 (10), 140-143.  
CHEN Xiao, Tashpolat Tiyip. Evaluation of ecological frangibility of Tarim River lower reaches [J]. Ecological Economy, 2007 (10), 140-143.
- [8] 赵珂, 饶懿, 王丽丽, 等. 西南地区生态脆弱性评价研究——以云南、贵州为例 [J]. 地质灾害与环境保护, 2004, 15 (2): 38-42.  
ZHAO Ke, RAO Yi, WANG Li-li, et al. Evaluation of ecological fragility in Southwest China [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2004, 15 (2): 38-42.
- [9] 万洪秀, 孙占东, 王润. 博斯腾湖湿地生态脆弱性评价研究 [J]. 干旱区地理, 2006, 29 (2): 248-254.  
WAN Hong-xiu, SUN Zhan-dong, WANG Run. Study on the evaluation of ecological frangibility of the wetlands in the Bosten Lake region [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2006, 29 (2): 248-254.
- [10] 陶和平, 高攀, 钟祥浩. 区域生态环境脆弱性评价——以西藏“一江两河”地区为例 [J]. 山地学报, 2006, 24 (6): 761-768.  
TAO He-ping, GAO Pan, ZHONG Xiang-hao. A study of regional eco-environment vulnerability—a case of “One-River-Two-Tributaries”, Tibet [J]. Journal of Mountain Science, 2006, 24 (6): 761-768.
- [11] Villa F, McLeod H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications [J]. Environmental Management, 2002, 29 (3): 335-348.
- [12] 牛文元. 生态脆弱带 ECOTONE 的基础判定 [J]. 生态学报, 1989, 8 (8): 97-104.  
NIU Wen-yuan. The discriminatory index with regard to the weakness, overlapness, and breadth of ecotone [J]. Acta Ecologica Sinica, 1989, 8 (8): 97-104.
- [13] 史振华, 程婕, 王百田. 天津市生态脆弱性评价 [J]. 西北林学院学报, 2008, 23 (6): 74-78.  
SHI Zhen-hua, CHENG Jie, WANG Bai-tian. Ecological fragility evaluation of Tianjin [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23 (6): 74-78.
- [14] 邢宇, 姜琦刚, 王坤, 等. 青藏高原 DEM 的生成与应用 [J]. 世界地质, 2007, 26 (4): 479-483.  
XING Yu, JIANG Qi-gang, WANG Kun, et al. Production and application on DEM of Tibetan Plateau [J]. Global Geology, 2007, 26 (4): 479-483.