

# 区域地质环境评价与灾害预测的 GIS 技术<sup>\*</sup>

沈芳 黄润秋 苗放 罗文强

(成都理工学院地质灾害防治与工程地质环境保护国家专业实验室 成都 610059)

**提 要** 基于 GIS 技术的信息论原理及方法对四川、云南两省交界的金沙江流域某工程近坝库区进行了区域地质环境的评价及空间预测, 划分出库区地质环境稳定性级别。并对基础 GIS 软件进行了专业分析模型扩展研究的尝试。

**关键词** GIS 信息量模型 地质环境评价 空间预测

**分类号** 《中国法》P642.22 **文献标识码** A

随着社会经济的发展, 诸如铁路工程、水力发电工程、采矿工程等人类工程活动的迅速增强, 在给人类创造财富的同时, 也极大地改变地球浅表层的自然状态, 打破原有的“人—地”平衡体系, 导致环境及灾害问题出现。<sup>[1]</sup> 据统计, 发展中国家每年由地质环境恶化和地质灾害所造成的经济损失, 达到国民生产总值的 5% 以上。尤其在我国的西南地区, 山区中小流域经济快速增长, 人类工程活动在短期内迅速增强, 人为造成的崩滑地质灾害事件迅速增多。据资料, 近十年来, 这一地区由于大型工程修建诱发地质灾害就有近十起, 工程处理单项费用上亿元<sup>[1]</sup>。

根据我国的国情, 由于经济的快速增长, 人类工程活动的周期大大缩短, 故要求技术人员在短时期内快速、合理地评价预测区域地质环境与地质灾害, 进行危险性区划, 准确定位, 对地质环境适宜性分析, 避开不适合人类工程活动的区段, 避免可能发生的地质灾害。采用传统技术手段是不能完全应付以上快速反应的, 地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)作为当前高科技发展的产物, 集图形图像与属性数据管理、处理、分析、输入输出等功能为一体,<sup>[4]</sup> 应是当前地质环境评价与地质灾害预测强有力的工具。

国外尤其发达国家将 GIS 技术应用于地质灾害研究方面已做了很多工作。从 80 年代至今, GIS 技术的应用也从数据管理, 多源数据集数字化输入和绘图输出, 到 DEM 或 DTM 模型的使用, 到 GIS 结合灾害评价模型的扩展分析, 到 GIS 与决策支持系统(DSS)的集成, 并使地质灾害研究成果直接与土地资源利用、城乡规划、绿化环境结合起来, 为政府部门与用户提供决策服务。<sup>[5]</sup> 国内应用 GIS 技术开展地质灾害研究工作起步较晚, 研究程度较低。目前, 尚无见到较成熟实用的地质灾害评价预测的 GIS 系统。因此, 我国有必要结合实际, 利用现有的技术、有限的人力、财力, 探索出一条适合我国国情和地质地理特色的 GIS 技术进行地质环境评价的技术路线和方法体系。

本文基于 GIS 技术采用信息论(IT)原理及方法对四川云南两省交界的金沙江流域某工程近坝库区进行了区域地质环境的评价, 划分库区地质灾害危险性等级, 并从区域上验证了坝址选取的合理性。

## 1 模型的建立

崩滑地质灾害区域评价预测主要基于滑坡静态规律的认识, 即滑坡可能产生的地质环境条件的研

<sup>\*</sup> 基金项目: 国土资源部重点科技项目资助(项目编号: 9506015)

收稿日期: 1999—08—26; 改回日期: 1999—09—29

究。<sup>[2]</sup> 以往应用信息量模型分析评价, 一般人为地选择自然区段作为评价单元, 人为因素参与较多, 评价分析周期长, 可操作性差; 对于地质环境条件发生变化的情况, 如人类工程活动导致地形地貌的变化, 不易及时动态分析评价。而基于 GIS 技术的信息量模型可及时快速动态地对研究区作出分析评价。二者优缺点如表 1 所示。

表 1 两种信息量模型的比较

Table. 1 Traditional information method and GIS—based information method by comparison

项目	传统的信息量评价模型	基于 GIS 技术的信息量评价模型
评价单元	多为自然区段	栅格型单元为主, 可任意改变单元尺寸。
评价单元的选取	人为给定	人与计算机交互实现
评价周期	长	实时评价
可操作性	较差	好
评价数据	一般为图纸或表格与文字, 不易编辑修改。数据可重用性差。	存储在 GIS 数据库中, 可随时调出, 查询, 编辑修改空间几何与非几何数据。数据可重用性强。
评价结果	需要人工将评价结果绘制成图或用文字说明。	计算机可即时在线式用图形与数据显示评价结果并可打印呈图。
地质环境条件改变	需要研究人员重新采集数据, 圈定评价单元, 建立模型, 再做分析评价。	调出存储在 GIS 中的空间图层及数据, 编辑修改后, 动态作出分析评价, 保存合理结果。

1.1 信息量模型

通过已变形或破坏地质体的现实情况, 把反映各种影响地质体稳定性因素的实测值转化为反映地质体稳定性的信息量值, 即用影响地质体稳定的各因素的信息量来表征其对地质体变形破坏的“贡献”大小, 进而评价地质体稳定性程度。信息量用条件概率计算

$$I(x_i, A)=\lg \frac{P(x_i/A)}{P(x_i)}$$

式中  $I(x_i, A)$  为单因素(指标)  $x_i$  提供地质体失稳( $A$ )的信息量;  $P(x_i/A)$  为地质体变形破坏条件下出现  $x_i$  的概率;  $P(x_i)$  为研究区影响因素  $x_i$  出现的概率。

具体运算时, 总体概率用样本频率计算, 即

$$I=\sum_{i=1}^p I(x_i, A)=\sum_{i=1}^p \lg \frac{N_i/N}{S_i/S}$$

式中  $I$  为某一单元  $p$  种因素组合情况下提供地质体变形破坏的总信息量;  $S$  为样本区总单元数;  $N$  为该区已知变形破坏的单元总数;  $S_i$  为含有影响因素  $x_i$  的单元个数;  $N_i$  为含有影响因素  $x_i$  的变形破坏单元个数。

用总信息量  $I$  值作为该单元多种因素共同作用下的地质体稳定程度的综合指标。对  $I$  值进行统计分析(主观判断或聚类分析)找出突变点作为分界点, 将区域分成若干个稳定性等级。

由此建立的信息量模型, 将作为研究区的预测模型。只要查明研究区各因素的情况, 根据样本区计算出的信息量值, 并将各评价单元的诸影响因素的信息量值叠加便可预测地质体危险性等级。

1.2 基于 GIS 技术的信息量模型评价方法

GIS 技术不同于图形技术, 即不仅仅具有空间实体的图形表达与显示功能, 最主要是具有空间实体属性特征表达及空间分析等特点。这对区域地质环境评价, 地质灾害危险性区划极为有利。目前一般地理信息系统软件不具有专业分析模型, 但大多有扩展模块的接口。如 ESRI 公司的 ArcView GIS 具有 AVENUE 二次开发语言, 可将编制的外部专业分析模块以 DLL 或 DDE 方式挂接, 或以静态数据交换方式松散联接。本文采用后一种方式, 用 VB 编程语言实现信息量值的计算, AVENUE 实现网格化, 接口

转换及空间覆盖分析, 及最终危险性区划成果显示。具体作法:

- 1. 因素选取。选择对研究区地质灾害有控制作用的或主要影响的因素作为评价因素, 例如坡度、工程岩性、岸坡结构类型、地质构造、岩土体物理力学性质、水文地质条件等。并将各评价因素分别形成同一地域范围内的“空间图层”。
  - 2. 评价单元选取。对在相同范围内四个“空间图层”分别采用相同的网格尺寸进行栅格化处理, 得到空间网格单元。
  - 3. 若有可借鉴的样本区, 先建立样本区信息量模型, 将其作为研究区的预测模型。方法是: 分别计算样本区各单元不同状态下的信息量值, 利用信息理论信息量可以叠加的原理, 对各空间图层采用空间覆盖分析, 并对总信息量值聚类分析或主观判断划分出稳定性或危险性级别, 得到最终的由综合因素影响的样本区危险性区划信息量模型, 可利用该模型对研究区进行地质环境评价预测。
  - 4. 对研究区没有可借鉴的预测模型, 可在了解了研究区的概况或前人工作的基础上, 采用综合定量类比方法评价预测。方法是: 通过对影响地质体稳定性的诸因素进行综合定量类比, 分别给出每个影响因素不同状态下对地质体变形破坏的贡献的约定值, 约定贡献值从小到大表示对地质体变形破坏的贡献由小到大, 再对各空间图层采用空间覆盖分析。此外, 根据研究区影响因素的重要程度, 可对各影响因素赋以权值, 采用加权平均的空间覆盖分析方法, 得到研究区危险性等级及区划。
- 空间覆盖分析是以处理重合点之间相互关系为基础建立起来的一种方法<sup>[3]</sup>, 可以计算各重合点之间非几何特性的算术关系, 得到新的覆盖层。以上分析的技术路线见图 1 所示。

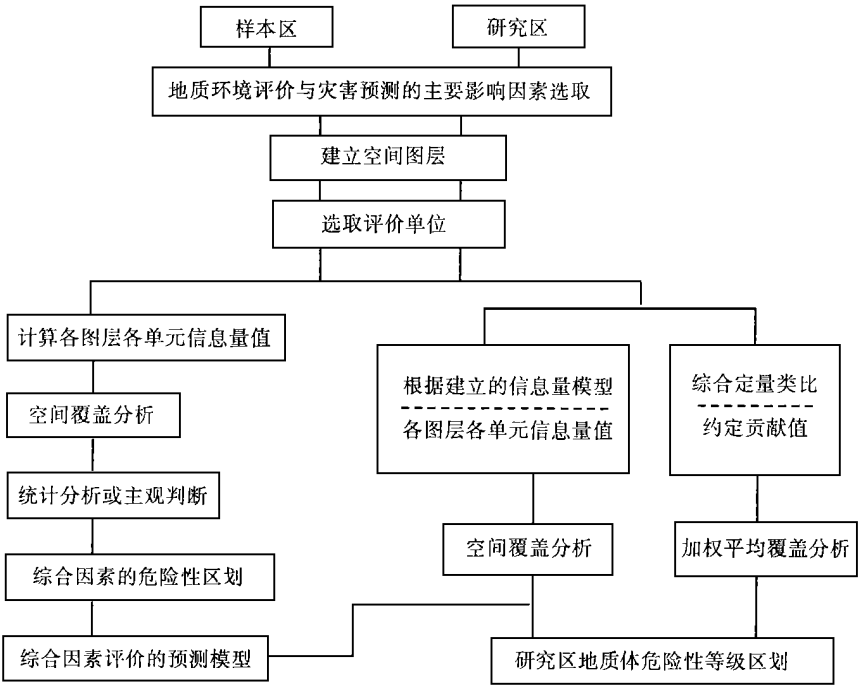


图 1 基于 GIS 技术的信息量模型评价方法的技术路径

Fig.1 Technical approach on information theory with GIS-based

2 实 例

作者在四川省与云南省交界的金沙江流域某工程近坝库区, 采用基于 GIS 技术的信息论原理及方法进行了区域地质环境评价的尝试。

研究区数据来源: 对某工程 1: 2.5 万近坝库区已有的纸图资料如基础地理底图、地形图、地质图、工程地质图等进行了数字化并形成几何矢量数据; 对已有的文字描述如地层代号、高程值、岸坡结构类型等, 键盘输入到 GIS 的属性管理数据库中。由于 MAPGIS 软件的数字化功能、数据校正、图形编辑等功能极为强大, 故被用于建库及数据库管理(包括图形与属性)。

评价因素选取: 通过对该近坝库区的调查, 在资料有限的情况下, 本文选择影响研究区地质体(这里的研究区地质体主要指岸坡)变形破坏的四个主要因素指标: 坡度、工程岩性、岸坡结构类型及地质构造。并分别形成同一地域范围内的“空间图层”。坡度可根据对地形等高线进行相邻点空间搜索分析得到, 对线性的断裂构造, 可采用 Buffer 分析或距离分析, 得出断裂构造影响程度的空间分布图, 对工程岩性与岸坡结构类型可依据实测资料得到。

区域地质环境评价: 采用了上述基于 GIS 技术的信息量模型及评价技术路径, 并基于 ArcView 软件进行了区域评价及灾害危险性分区(见图 2)。



图2 金沙江流域某工程近坝库区地质环境稳定性评价  
Fig. 2 Geoenvironmental evaluation with GIS in XXX area, Jinsha river

从图 2 中分析, 坝区位于稳定性好或较好的地段, 危险性小; 稳定性差的地段恰好是某滑坡高角度松散体部位, 危险性较大。图中分析的结果基本符合野外实测情况。

3 结 论

将 GIS 技术应用于地质环境评价与灾害预测中, 无疑是为研究者提供了一个强有力的工具。其优点: 1. 可将专业分析模型融入 GIS 的空间分析功能之中; 2. 空间数据(包括图形数据和属性数据)一体化、可视化; 3. 数据的重用、查询检索大大方便了用户; 4. GIS 技术的可视化, 图文一体化操作, 三维立体模拟和“所见即所得”效果是传统方法不可比拟的。作者采用基于 GIS 技术的信息量模型对金沙江某工程近坝库区的区域地质环境分析评价, 进行了研究区地质灾害空间预测, 并对现有的 GIS 软件进行了专业分析模型扩展研究的尝试。以上研究方法无疑大大缩短了区域调查分析的周期, 动态快速为决策部门提供实用化成果。

## 参 考 文 献

- [1] 张倬元主编. 典型人类工程活动与地质环境相互作用研究(一). 成都: 西南交通大学出版社, 1994. 序言
- [2] 晏同珍, 伍法权, 殷坤龙. 滑坡系统静动态规律及斜坡不稳定空时定量预测. 地球科学—中国地质大学学报, 1989, 14(2): 117~133
- [3] 崔伟宏. 空间数据结构. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 6~7
- [4] 朱光等编著. 地理信息系统基本原理及应用. 北京: 测绘出版社, 1997. 1~158
- [5] Mario Mejía-Navarro and Ellen E. Wohl. Geological Hazard and Risk Evaluation Using GIS: Methodology and Model Applied to Medellín, Colombia. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 1994, XXXI(4): 459~481.

第一作者简介 沈芳(1965—), 女, 成都理工学院在读博士研究生. 主要从事计算机技术、遥感、地理信息系统在地质中的应用等方面的科研与教学工作. 参加省、部级科研项目 10 余项, 发表学术论文 10 余篇.

## REGIONAL GEOENVIRONMENTAL EVALUATION AND GEOHAZARDS PROGNOSIS WITH GIS

SHEN Fang HUANG Run-qiu MIAO Fang LUO Wen-qiang  
(Chendu University of Technology, National Laboratory of Geological Hazard  
Prevention and Engineering Geological Environment Protection, Chengdu, 610059)

**Abstract** In southwest of China, landslides, rockfalls and debris flows happen frequently, bringing about great damage to people. The reasonable evaluation of geological environment is essential for avoiding ‘danger zone’ or ‘unstable area’. In this paper, information theory and method with GIS-based are applied to regional geoenvironmental evaluation in XXX area, Jinsha river between Sichuan and Yunnan province. It focuses on developing a practical tool for spatial analysis of GIS information in geoscience. Also, a more detailed frame for this system including data acquisition, development platform and mathematics methods for spatial analysis are discussed. A preliminary application of this clue in a specific area shows that it is of great potential in geoenvironmental evaluation and geohazards prognosis.

**Key words** GIS, information theory, geoenvironmental evaluation, spatial prognosis