

# 基于 GIS 空间模型的库区生态敏感性评价研究

罗 鹏,石军南,孙 华

(中南林业科技大学 资源与环境学院,长沙 410004)

**摘 要:**水电为社会提供了一种取之不竭的清洁能源,但是水电站的建立对于流域的生态环境而言是一个严峻的考验。为了有效的预防和解决水电站建成之后所带来的生态环境的负面影响,开展区域生态敏感性研究,了解其空间分布格局,对问题环境的保护和整治工作提供切实可行的依据。以龙滩库区为研究对象,利用 QuickBird 影像对库区土地利用类型进行人工区划和判读,建立库区土地利用类型数据库。并在此基础上建立基于 Arc GIS 地理处理框(Geoprocessing Framework)的空间数据分析模型,通过对库区空间数据的建模,实现统一空间数据库的建立与管理,对库区生态敏感性和生态区划的方法进行研究,为库区的生态保护决策提供依据。

**关键词:**生态敏感性;空间数据模型;地理信息系统;空间分析模型;龙滩水电站

**中图分类号:**X171.1;TP79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0255-04

## Reservoir Ecological Sensitivity Assessment Based on GIS Spatial Analysis Model

LUO Peng,SHI Jun-nan,SUN Hua

(College of Resource and Environment, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract:** Water power is a continuous and cleanness energy to the society. But a serious problem will bring after the water power plant established. According to the disadvantage infection, carry on the watershed ecological sensitivity study, find out its spatial distributing patterns, provides the advice for environment protection and renovation. Lots of experiments were conducted on delimit and interpretation study on Quickbird in Longtan reservoir, Tian 'e county, Guangxi province. Its land use database was built. And space data analysis model was established based on the ArcGIS Geoprocessing Framework, according to establish unification spatial database management through spatial analysis model, the result of ecology sensitivity and delimitation can provide the basis for ecology protection and decision-making.

**Key words:** ecological sensitivity; spatial data model; GIS; spatial analysis model; Longtan water power plant

### 1 引 言

随着社会经济的发展,人们对于能源的需求日益增长,水电为社会提供了一种取之不竭的清洁能源;然而,水电站的建立对于流域的生态环境而言是一个严峻的考验。因此,为了更有效的预防和解决水电站建成之后所带来的生态环境问题,就必须有针对性地对生态环境进行保护和整治,生态敏感性评价可以为环境的保护和整治工作提供切实可行的依据。生态环境敏感性指生态系统对人类活动反应的敏感程度,用来反映产生生态失衡与生态环境问题的可能性大小<sup>[1,2]</sup>。开展区域生态敏感性研究,了解其空间分布格局,对于开展区域生态环境分区管理,对合理开发利用土地资源,以及区域的可持续发展具有重要的意义。本研究以广西龙滩水电站库区为研究对象,利用 QuickBird 影像对库区土地利用类型进行人工区划和判读,建立库区土地利用类型数据库。利用土地利用类型数据库对库区生态敏感性进行分析和生态区划,为库区的生态保护决策提供依据。通过对库区空间数据的建模,实现统一空间数据库的建立与管理。并在

此基础之上建立基于 Arc GIS 地理处理框(Geoprocessing Framework)的空间数据分析模型,对库区生态敏感性和生态区划的方法进行研究。

### 2 研究区概述

龙滩水电站是红水河上游最大的水电站,在国内是仅次于三峡水电站的全国第二大水电站,位于广西天峨县城上游 15 km 处。东经 106°34' ~ 107°20',北纬 24°36' ~ 25°28' 之间,地处红水河上游,是珠江水系西江干流。广西丘陵与云贵高原的过渡地带,地势高,平均海拔在 1 000 ~ 1 500 m。红水河流域多年平均降水量 1 193.5 mm,年平均流量为 1 610 m<sup>3</sup>/s,年平均径流量 508 亿 m<sup>3</sup>,河流泥沙以悬移质为主,平均含沙量 0.862 kg/m<sup>3</sup>。

### 3 生态敏感性评价指标的建立

库区的生态环境由自然空间因素和人为活动因素共同作用的结果。针对库区可能出现的生态问题确定库区生态环境评价指标系统,对各单因子分为非敏感区、低敏感区、中

\* 收稿日期:2006-11-16

基金项目:龙滩水电站基金

作者简介:罗 鹏(1982-),男,湖南邵阳人,中南林业科技大学数字林业硕士研究生,主要从事 3S 技术应用及开发。

敏感区、极高敏感区 5 级。库区可能出现的生态问题中以水土流失最为严重和常见,对于其它因素本文不作介绍。本次研究主要针对库区水土流失问题的因子进行分析与评价。通用水土流失方程 USLE(Universal Soil Loss Equation)及其修正版 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)是目前预测土壤侵蚀最常用的方法。

USLE 模型是 1965 年 W. Wischmeier 和 D. Smith 等<sup>[3]</sup>,在对美国东部地区 30 个州 10 000 多个径流小区近 30 年的观测资料进行系统分析的基础上提出来的,其表达式为

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \tag{1}$$

式中:A——土壤侵蚀模数,R——降雨径流侵蚀力因子,K——土壤可蚀性因子,L——坡长因子,S——坡度因子,C——植被覆盖因子,P——土壤侵蚀控制措施因子。

根据(1)中各因子计算方法<sup>[4-5]</sup>,确定各因子取值,参考 1985 年全国土壤侵蚀遥感调查工作技术细则,把坡度按<5°、5~8°、8~15°、15~25°、>25°分为五级(表 1)。以及龙滩土地利用类型建立龙滩库区生态因子分级表。

表 1 水力侵蚀强度分级指标

类型	地面坡度				
	<5°	5~8°	8~15°	15~25°	>25°
>75	微	轻	轻	轻	轻度
60~75				度	中度
非耕地			度	中度	强度
林草覆		度	中	强	极强
盖度/%					
<30	度	中度	度	强度	剧
坡耕地		轻度	度	强度	烈

参照国家《土地利用现状调查技术规程》土地分类系统,结合龙滩水库淹没区的具体情况,建立龙滩水库淹没区及周边区域土地分类系统耕地、园地、林地、草地、居民点、交通用地共 6 大类;对于耕地按照耕种等级来确定其影响因子;建立库区水土流失生态因子影响分级表。

表 2 龙滩水土流失生态影响因子分级

影响因子	非敏感区(1)	低敏感区(2)	中敏感区(3)	高敏感区(4)	极高敏感区(5)
降雨侵蚀 R/(mm·月 <sup>-1</sup> )	25	25~100	100~300	300~500	>3500
坡度/°	5	5~8	8~15	15~25	>325
土地利用类型	天然草地、 人工草地	有林地、 园地	灌木林、 疏林地	迹地、 新造林地	裸露地、 裸岩、砾
耕地等级	菜稻田、水田	菜旱地	甘蔗地	常年旱地	陡坡地
主干流集雨区及 高程分带划分	非集雨区	非集雨区	集雨区内	集雨区内	集雨区
		支流域	>400 m	375~400 m	<375 m

4 空间数据模型及数据库的建立

随着 OO(Object Oriented)技术的发展,提出 CASE Tool 方法进行软件设计。面向对象型空间数据库的出现使得空间数据库设计 CASE Tool 方法成为可能,在 CASE Tool 中对空间数据库进行设计。CASE Tool 的 OO Modeling,即 UML(Unified Modeling Language)统一建模语言,是一种用于描述、构造软件系统以及商业建模的语言,综合了在大型、复杂系统的建模领域得到认可的优秀的软件工程方法<sup>[6]</sup>。UML 是大多数公司采用的标准,是 ANSI 和 OMG 等部门采用的标准。UML 由图和元模型组成,图是语法,元模型是语义,主要包括三个基本构造块:事物(Things)、关系(Relationships)和图(Diagrams)。在 ArcCatalog9 中提供了根据 CASE 工具中对空间数据对象的扩展定义自动生成 Geodatabase 数据框架的工具。

一个完整的 ArcInfo 空间数据 UML 模型包括 UML 静态结构中的类、泛化工具、关联工具等。类描述了一组具有类似结构、行为和关系的对象。类是在类(静态结构)图中声明的,代表正建模的系统中的概念。每个类的名称在其包中必须是唯一的。空间数据类型由类的标记值确定,属性字段则由类的特性确定。在 ArcCatalog 中使用 Schema Wizard 根据建立的 UML 模型生成空间数据库<sup>[7]</sup>。

5 空间分析模型建立

ESRI 的 ARC/INFO9 提供一个任务计划和决策支持框架,基于地理处理框架(Geoprocessing Framework),帮助用户管理自然或人工环境和地球资源。在 ArcGIS9 中增加了 400 多个工具,命令(一个开放的脚步环境)以及可视化建模工具(ModelBuilder)。ArcGIS 中的地理处理工具使我们可以很容易地处理空间数据来模拟真实世界的各个方面。但对于复杂的地理处理工作流,这些工具很难保存各项假定条件、工具、数据集和其它的参数值<sup>[8]</sup>。ModelBuilder 是一个可视化的编程环境,用于构建模型,建立地理处理工作流。在 ModelBuilder 的画板中拖放相应的数据和工具使用连接线将这些模型元素连接起来使得整个模型图变为彩色即可执行;在模型属性中设置相应的参数和环境,一个完整的可复用空间处理模型则设计完成。

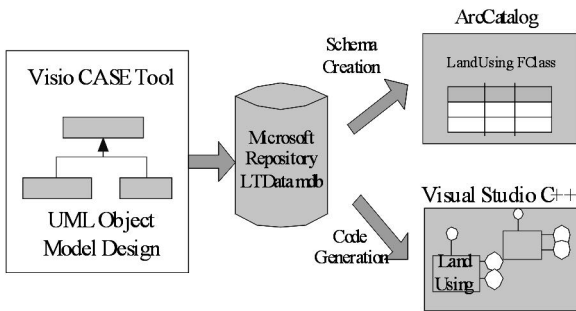


图 1 UML 和 CASE Tool 设计、建立空间数据

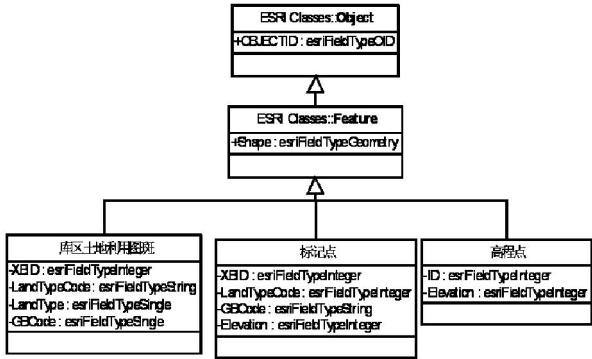


图 2 库区土地利用类型 UML 模型

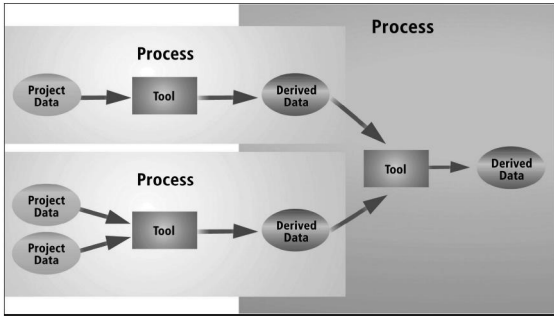


图 3 地理处理模型概念示意图

6 生态敏感性空间分析模型

针对库区水土流失问题及(1)式,空间分析模型的建立过程主要是将各影响因子进行空间化作为模型的影响因子导入空间处理模型中。现选择坡度和坡长因子阐述在 ArcInfo9(需要 3D 分析或空间分析扩展)中建立空间分析模型的一般方法。

对于坡度和坡长的影响一般综合考虑,统一为地形对水土流失的影响因子,Moore<sup>[9]</sup>等建立的计算 LS 因子的方程式应用较为广泛。

$$LS = (A_0 / 22.13)^m \times (\sin / 0.0896)^n$$

(2)

式中: $A_0$ ——坡面面积; $\sin$ ——坡度; $m、n$ ——常数,分别取值 0.4~0.6 和 1.2~1.3。

该子模型的运算基于地形数据(由 3 维地形子模块 DEM 数据),根据 DEM 生成坡度图,并且根据坡度对水土流失的影响,进行重新分类赋予新的取值(取分段的最大值);根据各个处理之间的关系以及分析模型的特点组织各空间分析功能;设定所需的变量如数据源、输出空间分析结果数据等。建立的坡度、坡面面积空间分析子模型如图四,图中椭圆图形表示为数据,带有 P 符号的为模型的变量。方形表示为处理过程。

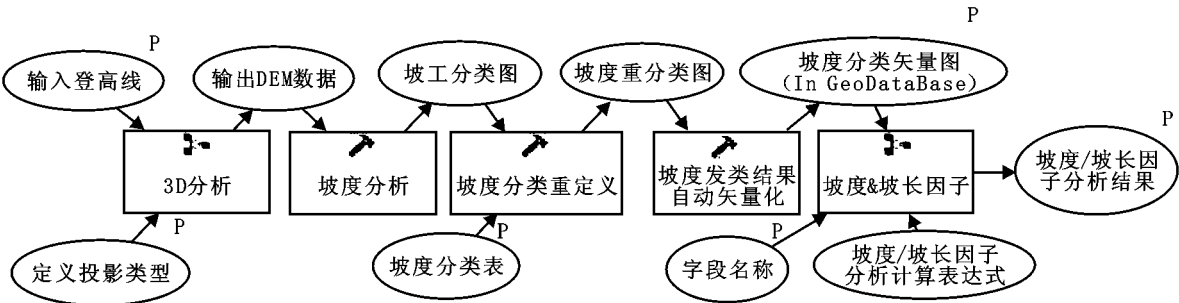


图 4 LS 分析子模型



图 5 LS 模型运行界面

按照上述方法建立的空间分析模型主要有:三维地形构建模型、坡度分级模型、降雨侵蚀分级模型、土地利用类型分类及分级模型、耕地分级模型、集雨区求取模型、高程分带模型等。

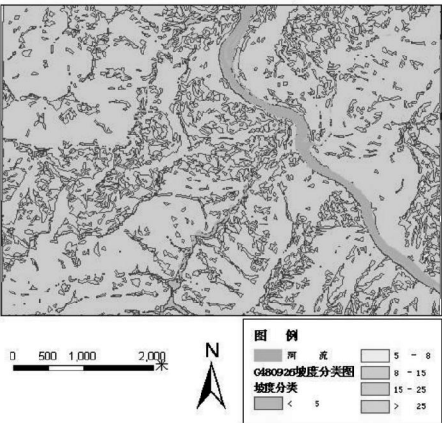


图 6 G480926 坡度分类图

7 库区生态敏感性空间分析模型的实现

根据覆盖库区全境的 1:10000 的数字高程模型生成坡度图及集雨区,按照不同坡度进行分类并由 Arc GIS 自动矢量化为多边形数据,转入空间数据空中,此过程系统会自动增加两个字段 Shape\_Length 和 Shape\_Area 保存多变形的周长和面积。根据表 2 库区生态敏感性分级表建立各个因子的子模型。通过空间叠加、求交等方法将各子模型综合到总模型中;输入土地利用类型区划数据、等高线、降雨等级分布数据、坡度分级表、地类分级表,设置模型各个变量,使得模型各元素变为彩色时运行模型即可得生态敏感性分布图。分布图直观地表现了库区各部分的敏感性差异。

8 分析结果

由于库区面积大,地处偏僻山区遥感 QuickBird 影像获取周期长从 2000 年至 2006 年尚有部分影像不全,现利用建立的分析模型对库区流域 G480926 号图幅进行分析得出结果如下:

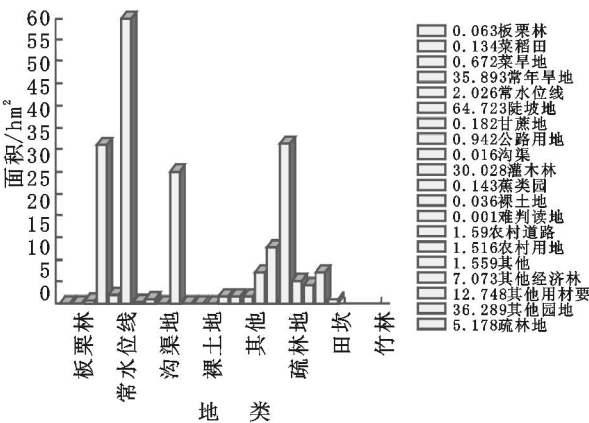


图 7 G480926 土地利用类型统计图

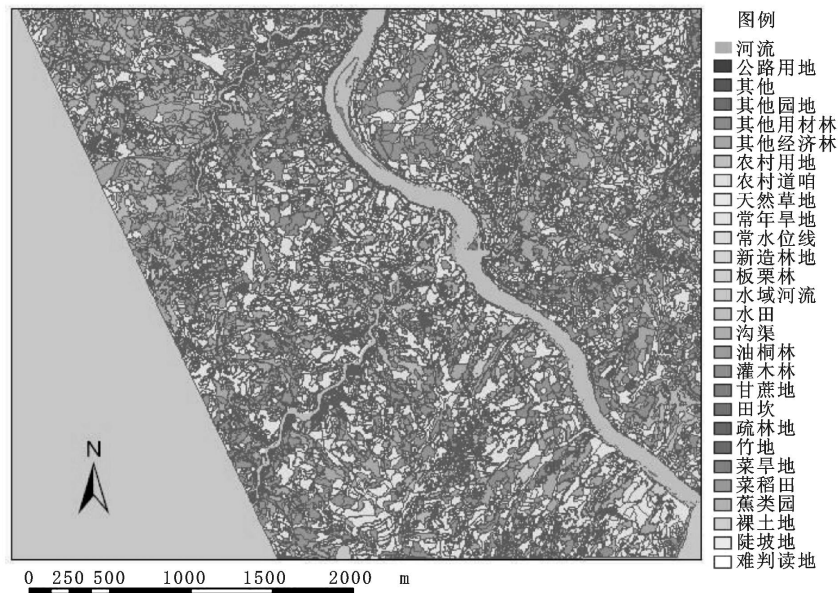


图 8 G480926 号图幅土地利用图

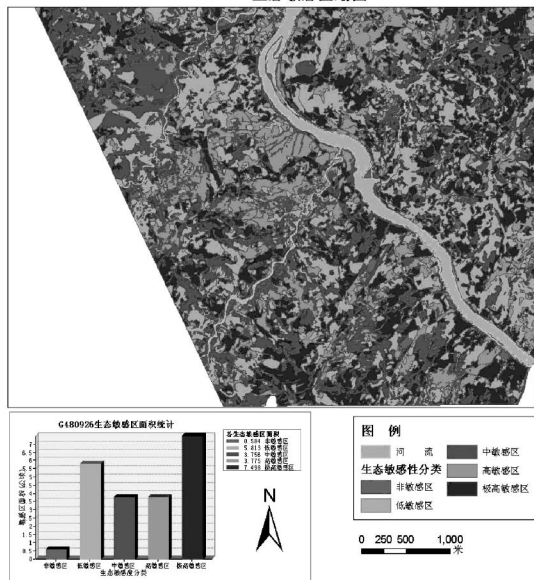


图 9 G480926 生态敏感区划图

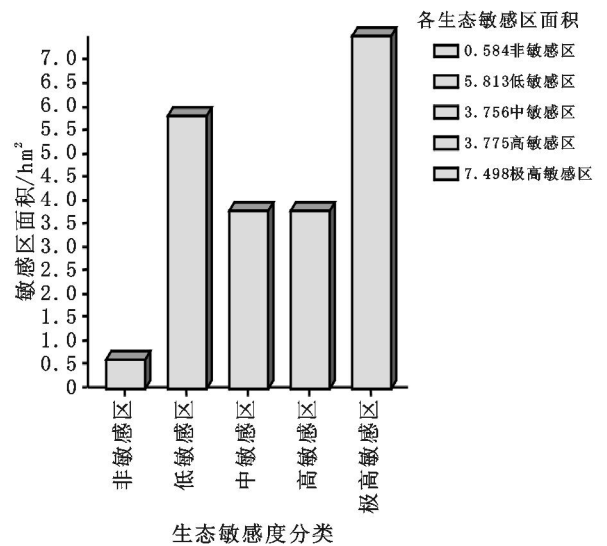


图 10 G480926 生态敏感区面积统计

## 9 结 论

使用 CASE Tool 建立空间数据库模型,避免数据格式不一致性,利于数据库的总体设计,利于空间分析模型的复用性,简化数据建库过程,通过可视化的图形清晰地表述各数据表、要素集、要素类之间的关系。利用 Model Builder 建

立地理处理模型,模型处理数据基于矢量数据,较基于栅格数据的地理处理,提高了精度和效率,使得敏感性评价和分区更加准确,Model Builder 空间模型由各种地理处理过程集成,大大简化了操作流程,也可以集成到新的地理处理模型中,扩展和强化 GIS 的空间处理功能。通过对水电站库区流域的生态敏感性进行分析建立库区敏感性区划图。

参考文献:

- [1] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异研究[J]. 生态学报, 2000, 20 (1) : 9 - 12.
- [2] 刘康,徐卫华,欧阳志云等. 基于 GIS 的甘肃省土地沙漠化敏感性评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5) : 29 - 31.
- [3] Wischmeier W H. Smith D D. Predicting rainfall - erosion loss cropland east of the Rocky Mountains[M]. USDA Agricultural Handbook. 1965. 282.
- [4] 于兴修,杨桂山. 通用水土流失方程因子定量研究进展与展望[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3) : 14 - 18.
- [5] 王效科,欧阳志云,肖 寒,等. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究[J]. 生态学报, 2001, 21(1) : 14 - 19.
- [6] Carg Larman. UML 和模式应用[M]. 机械工业出版社, 北京, 2004.
- [7] ESRI Inc. ArcGIS 9 Designing Geodatabases With Visio[Z]. Redland, CA, 2005.
- [8] ESRI. Inc. The Geoprocessing View [EB/OL]. 2006, <http://www.esri.com/software/arcgis/concepts/geoprocessing.html>
- [9] Moore, I D. Burch, GJ. Modeling erosion and deposition: topographic effects[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. ,1986. 29, 1624 - 1630.