

文章编号:1671-6833(2010)02-0060-04

基于GIS的高速铁路生态修复管理系统研究

崔秀龙¹, 吴小萍^{1,2}, 李洪旺¹

(1. 中南大学 土木建筑学院, 湖南 长沙 410075; 2. 伦敦大学 学院交通研究中心, 英国 伦敦 WC1E 6BT)

摘 要: 以地理信息系统(GIS)为主要技术支撑, 引入 ArcEngine 组件技术, 基于插件式 GIS 应用框架进行二次开发, 在系统模型库子系统、数据库子系统的支持下, 充分利用 GIS 的缓冲分析、相交分析和空间关系分析功能, 建立基于 GIS 的高速铁路生态修复管理系统, 利用该系统对高速铁路生态环境影响进行一级综合评价和二级综合评价, 依据评价结果为线路的优选和生态恢复管理提供依据。

关键词: 高速铁路; 插件式 GIS; 生态环境; 生态恢复

中图分类号: X826 **文献标识码:** A

0 引言

高速铁路建设对于国民经济和社会的发展具有积极的带动作用, 同时, 对沿线生态环境也产生了极大的负面影响, 如植被的破坏、地表裸露和水土流失等。因此, 研究高速铁路建设对生态环境的影响并进行生态修复是高速铁路建设面临的主要问题之一。

目前, 国内对高速铁路的生态环境影响分析及生态恢复的研究仍处起步阶段, 大多数采用人工评价的方法, 评价准确性不高, 生态恢复措施也只是照搬国外一些成熟的经验和公路建设中生态恢复的方法, 没有形成适合铁路领域的相应的方法与规范。因此, 笔者在国内铁路生态环境影响综合评价研究不多、综合评价理论尚不成熟的背景下, 提出了利用层次分析法和模糊综合评价方法构建高速铁路综合评价模型进行生态环境影响评价。同时考虑到目前铁路生态环境综合评价指标计算中的主观性太强、评价结果精度不高的缺点, 充分利用 GIS 的数据处理功能获取所需要的生态数据, 并利用其强大空间分析功能对生态数据进行分析处理, 从而提高了评价精度; 在此基础上根据评价结果进行生态恢复措施的查询和管理。

1 系统体系结构及其设计

1.1 系统的框架结构设计

传统应用程序的开发一般包括程序模块的设

计、层次划分、语言选择和系统部署等步骤, 这种设计方法虽然模块分工明确、平台结构紧凑, 但在功能重用和软件集成方面存在较大的问题, 导致每一个开发都要舍弃以前的项目经验, 代码编写等工作需要重新开始。而框架结构设计方法避免了这种不足, 它可以尽量使用已经存在的组件与材料, 从而降低开发成本, 提高开发速度。同时, 由于框架系统是一个松耦合高聚合的系统, 它的功能定义与功能实现之间是分离的, 因此只要是符合某种规范的组件都可以加入到这个平台中, 满足了系统不断更新数据和系统功能扩展的需要^[1-2]。

1.2 系统的总体结构设计

1.2.1 系统的逻辑结构

系统的逻辑结构如图1所示, 分为数据层、应用层和服务层。

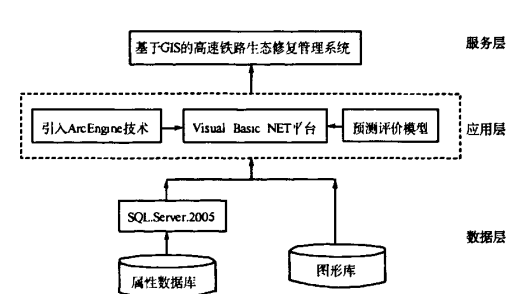


图1 系统的逻辑结构

Fig. 1 The logical structure of the system

收稿日期:2009-09-03;修订日期:2010-02-01

基金项目:国家铁道部科技计划重大专项项目(2008G032-12)

作者简介:崔秀龙(1984-),男,吉林辽源人,中南大学硕士研究生,研究方向为道路与铁道工程,E-mail:cuixiulong2004@163.com.

价的相关数据、图层的属性数据、生态恢复的数据以及数据库的管理等。服务层主要是依靠系统的数据库和模型库为环境影响评价和生态恢复提供方法支持。应用层是在数据层和服务层的支持下,通过人机交互界面进行生态数据的处理与分析。

1.2.2 系统的功能结构

充分考虑到系统的完整性和功能性,系统在集成 GIS 的基本功能模块外,引入了生态环境影响单项评价和综合评价模块、恢复措施查询模块、

数据管理模块等,如图 2 所示^[3]。

1.3 模型库子系统设计

为评价铁路建设对生态环境造成的影响,在评价过程中需要对途经的地区获取一系列的定量和定性值来支持该系统,因此在本系统中存储了一系列的预测值,并建立高速铁路生态影响评价模型,根据评价模型可以计算出铁路建设对生态环境的影响评价价值,从而为生态恢复管理提供依据^[4]。

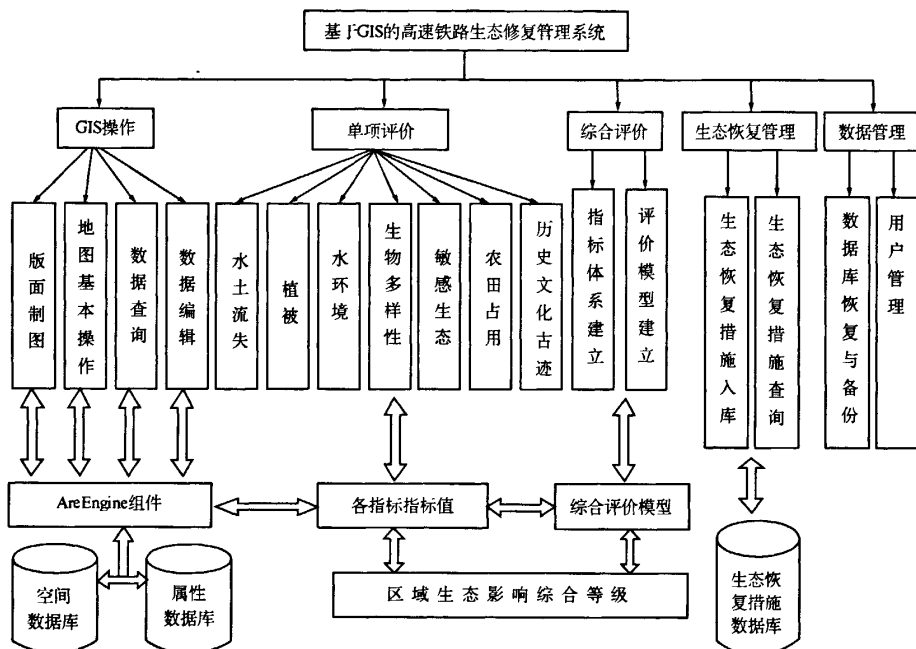


图 2 系统的功能结构

Fig. 2 The functional structure of the system

1.3.1 单项评价模型

由于高速铁路生态环境影响评价采用的指标因子多数通过遥感、地理信息等技术手段获取,其评价标准在理论上尚处于探索阶段,现有的国家、行业标准,法律、法规文件尚无可选的参考,因此笔者结合实际情况,首先根据统计学的方法对区域内生态环境进行分级,然后利用 GIS 空间分析功能,读取单项指标的属性值并带入相关公式来进行单项指标值的计算,最后根据计算值所处等级范围得出该区域该单项指标的影响等级。

1.3.2 综合评价模型

将高速铁路生态影响评价指标体系分为目标层、准则层、指标层。通过对高速铁路生态影响的分析,分别从自然生态、社会生态和景观 3 个方面建立指标体系。选取水土流失、植被、珍稀动植物、水环境、生物多样性、敏感生态、拆迁、耕地占用、

人文古迹、景观质量和景观格局 11 个单项指标建立高速铁路生态影响评价指标体系,如图 3 所示。并将层次分析法和模糊评判法应用于高速铁路生态环境影响综合评价中,最终建立高速铁路生态环境综合评价模型^[4]。

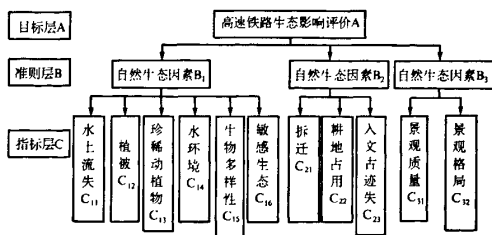


图 3 高速铁路生态影响评价指标体系

Fig. 3 Index system of ecological impact assessment of high-speed railway

1.4 数据库子系统设计^[5-6]

1.4.1 空间数据库

系统空间数据存储在 Arcmap 中的 .shp 文件中,包括线路图、水土流失等级图、区域边界图、土地分类图、水质监测图、敏感生态分布图、耕地分布图、历史文化遗产图等。

1.4.2 属性数据库

属性数据通过 SQL2005 来管理。属性数据包括空间数据对应的图层信息,如行政区名称、土地利用类型、区域面积等,及各单项评价的评价标准数据库和综合评价标准数据库。此外,为方便管理决策,将生态恢复措施录入相应的方案库为生态恢复提供参考。图层的属性数据与外部数据库 SQL2005 的连接通过 ArcSDE 软件实现,该软件可以为 Arcmap 的 Shape File 文件和 SQL 数据库表建立一个一一对应的连接,为图层中的每一个基本单元在 SQL 里面建立一条对应的记录,然后通过数据库接口技术与 GIS 系统进行通信。

2 系统主要功能模块的实现

2.1 GIS 基本操作模块

2.1.1 数据编辑

系统提供灵活的数据编辑工具,包括增加、修改、删除空间地理数据与外部属性数据库以及 GIS 内部数据库等功能。

2.1.2 制图操作

该部分主要完成了对生态图件的渲染和制图排版功能。渲染功能提供简单渲染、分级渲染、唯一值渲染等 3 种渲染工具;制图排版主要是根据生态图件输出的要求进行版面图件的排版操作。

2.2 生态环境单项评价模块

生态环境单项评价指标的计算以生态基础图件和单项评价标准数据库为基础,主要步骤为:首先收集生态影响评价相关数据并将其录入数据库,然后通过 ArcSDE 将图层的属性数据与外部数据库 SQL2005 中的表进行连接,最后利用 ArcGIS 的缓冲分析、相交分析和空间关系分析等功能,读取图层属性数据并与评价标准数据库进行比较,得出评价结果。以水土流失等级单项评价为例,需要的主要生态基础图件包括:水土流失等级图、线路图和区域边界图。主要的计算流程如图 4 所示。

采用 GIS 空间分析功能,将水土流失图与线路图进行叠加分析,提取水土流失等级属性,根据不同的水土流失等级提取线路长度,采用公式

(1)计算出区域内的水土流失影响指数:

$$R_i = \sum_{i=1}^6 l_i s_i / \sum_{i=1}^6 l_i \quad (1)$$

式中: R_i 为水土流失影响指数; s_i 为水土侵蚀级灵敏; l_i 为第 i 侵蚀强度级别内的路段长度。

系统通过对区域内水土流失敏感等级指数的计算得出水土流失指数为 1.89,对照数据库中存储的单项评价的评价标准数据库得出区域敏感等级为一般敏感。其他单项指标解决方案与此类似,包括植被、水环境、生物多样性、敏感生态、耕地占用、历史文化遗产、景观质量等几个敏感等价单项评价和景观格局分析单项评价。

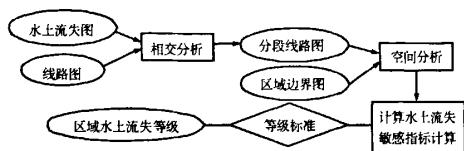


图 4 水土流失等级计算流程

Fig. 4 The calculation process of erosion level

2.3 生态环境综合评价模块

综合评价的计算是在单项评价计算的基础上,利用高速铁路生态环境影响综合评价模型,获得各个评价指标的指标值。系统通过评价指标体系的建立,权重的确定,隶属度矩阵的建立 3 个步骤并通过以下拉菜单弹出窗体的方式录入,得出一级综合评价结果和二级综合评价结果。其中隶属度矩阵的建立是在单项评价结果的基础上进行的。除了野生动植物、拆迁和景观格局的指标值需要进行手工赋值以外,其他的评价指标的指标值直接读取单项评价的结果值,从而减少主观因素,保证评价结果的准确性。

2.4 生态恢复措施及查询模块

在一级、二级综合评价的基础上,系统可以根据评价结果进行生态恢复方案的两种查询:属性查询和交互查询。属性查询可以对路段内所有的相同环境因子进行全部的显示与查询;交互查询则可以针对某个具体的生态因子进行查询,在交互查询的同时还提供了属性资料更新编辑的功能。

2.5 系统设置

为加强数据的安全性,系统进行了数据信息的管理,主要包括数据库备份、数据库恢复、用户管理等功能^[7]。

3 应用实例

采用京沪高速铁路定远县内的路段作为实例

进行分析.起终点桩号为:DK894+2 00~DK922+223.路段长度为28.023 km,其中路基长度为17.9 km,桥梁长度为10.123 km.区域位于淮河流域,地表水系发达,水资源丰富.沿线地区植被以农业植被水稻、喜凉粮食植物和亚热带常绿果树园为主,自然植被现存很少,大多数属于地带性分布的次生林,多为落叶阔叶及常绿阔叶混交混叶林,丘陵地带有灌木和草丛分布,湖泊、池塘内有大量的水生植被^[8].

运用本系统完成路段的生态影响评价的分析.从单项评价结果图5可以看出,京沪高速铁路的建设对水环境和农田的影响极为敏感,对其他生态因子影响则为一般.从综合评价结果来看,京沪高速铁路对生态环境总的影响不大,因此影响等级为一般影响,这与京沪高速铁路环评报告^[8]的结果基本相符,因此在京沪高速铁路建设中,应加强水环境的保护,防止水土流失,同时注意保护农田.

	一级影响	二级影响	三级影响	四级影响
自然生态	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000
社会生态	0.1070	0.3302	0.0000	0.0000
景观	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

图5 一级综合评价

Fig.5 The firstly grade comprehensive evaluation

4 结束语

笔者基于GIS技术,通过人机交互界面,依赖

于模型库子系统、数据库子系统建立了基于GIS的高速铁路生态修复管理系统.系统充分利用GIS的缓冲分析、相交分析和空间关系分析功能,在模型库的支持下进行生态环境影响评价;并根据评价因子的预测值从数据库中提取相应的生态恢复措施,从而为铁路建设项目的方案比选及铁路建设期和运营期的生态环境保护提供参考信息.

参考文献:

- [1] 蒋波涛.插件式GIS应用框架的设计与实现—基于C++和ArcGIS Engine9.2[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [2] 吴健平.基于ArcGIS Engine的插件式GIS研究与实践[D].上海:华东师范大学 信息学院,2008.
- [3] 李洪旺.基于GIS的高速铁路生态影响评价与生态恢复研究[D].长沙:中南大学 土木建筑学院,2009.
- [4] 詹振炎.铁路选线设计的现代理论和方法[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [5] 刘铮,吴小萍,牟翰林.基于组件式GIS的铁路绿色选线决策支持系统研究[J].中国铁道科学,2009,30(2):1-6.
- [6] 刘铮.基于GIS的铁路绿色选线决策支持系统(GRASDSS)的数据库研究[D].长沙:中南大学 土木建筑学院,2008.
- [7] 茅健.Visual Basic NET + SQL Server 全程指南[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [8] 中铁第四勘察设计院集团有限公司.京沪高速铁路环境影响报告[R].武汉:中铁第四勘察设计院集团有限公司,2006.

Research of High-speed Railway Ecological Restoration Management System Based on GIS

CUI Xiu-long¹, WU Xiao-ping^{1,2}, LI Hong-wang¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Central South University, Changsha 410075, China; 2. Centre for Transport Studies, London University, WC1E 6BT, UK)

Abstract: This paper introduced the technology of ArcEngine component and the application framework on plug-in GIS, and made the secondary development mainly based on the technology of GIS (Geographic Information System). The system made full use of buffer analysis, overlapping analysis and spatial relationship analysis of GIS, the high-speed railway ecological restoration management system on GIS was established and supported by model base subsystem and database subsystem. This paper also used this system to conduct the firstly and secondly grade comprehensive evaluation of eco-environmental impact assessment and the results provided a basis for optimization of railway line and ecological restoration.

Key words: high-speed rail way; plug-in GIS; ecological impact; ecological restoration