

GIS 技术在水土保持初设中的应用

——以四川省遂宁市玉丰小流域为例

李昌志, 刘兴年, 曹叔尤, 黄尔, 雷孝章

(四川大学 高速水力学国家重点实验室, 四川 成都 610065)

摘要: 介绍了在四川省遂宁市市中区玉丰小流域的水土保持初设中, 运用地理信息系统(GIS)软件 ArcView 进行了流域空间分析、获取水保初计数据、绘制和打印所需图版以及系统演示的应用方法, 并探讨了地理信息系统与水土保持体系的相互关系。

关键词: GIS 技术; 玉丰小流域; 水保初设

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)04-0034-04

中图分类号: S157.2 P283.7

Application of GIS Technology in Preliminary Design of Soil and Water Conservation

——A Study Case in Yufeng Small Watershed

LI Chang-zhi, LIU Xing-nian, Cao Shu-you, HUANG Er, LEI Xiao-zhang

(State Key Hydraulics Laboratory of High Speed Flow, Sichuan University, Chengdu 610065, PRC)

Abstract: During the process of preliminary designing for soil and water conservation of the Yufeng watershed, Suining city, Sichuan province, ArcView, one software of Geographic Information System, is applied to complete the spatial analysis, to obtain the fundamental data of preliminary design for soil and water conservation, to map and print required layouts, and to make the system demonstration. Finally, the relationship between geographic information system and soil and water conservation system is discussed.

Keywords: GIS technology; the Yufeng watershed; preliminary design for soil and water conservation

玉丰小流域位于四川省遂宁市市中区玉丰镇, 它是中国和加拿大合作项目区, 是水利部在中国西部大开发战略中布设的 10 个“中国西部生态环境综合治理示范工程”之一。其水土保持初设要求具有先进的技术手段、可行的措施、规范的管理和典型的示范性, 为此, 有大量空间对象的属性数据和空间图形和图像, 如流域地形、土壤侵蚀状况、水保设施布设、水保效益观测体系等, 需要形象直观的描述和表达。地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 正是能把数据管理和图形管理有机结合起来的信息技术, 对这些信息的表现具有极大的优越性。在玉丰小流域的水土保持初设中, GIS 技术的运用主要是在 ArcView 软件平台下进行的。

1 GIS 简介

地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 是对各种空间信息进行收集、存储、分析和可视化表达的信息处理与管理系统的。GIS 能提供文字和

数据, 根据栅格数据和矢量数据, 还提供直观形象的空间图形和图像。GIS 能对空间属性的对象进行输入、输出、编辑、修改、查询。图形信息和属性数据一旦输入地理信息系统, 就可进行动态管理和查询。GIS 也可以使用各种坐标系统, 甚至包括 AutoCAD 等软件包使用的直角坐标系统, 对空间对象进行精确定位。此外, GIS 还能与 AutoCAD 等软件进行数据交流, 也可以输出其它应用系统能够接受的文件格式, 实现数据共享。另外, GIS 强大的空间分析和统计运算功能, 能对已有资料进行加工处理, 得到科学的结果, 避免因人而异的主观随意性, 有利于科学决策。正因为如此, GIS 现已广泛应用于国土资源、矿产资源、交通运输、防灾减灾、环境保护、水电建设、水土保持等方面的技术性管理。正因为 GIS 是涉及多种行业的信息技术工具, 有广阔的应用前景, 地理信息系统的基础软件和应用软件不断出现, 常见的有 Arc/Info, ArcView, MapInfo, MGE 以及 GeoStar 等^[1-4]。

收稿日期: 2001-03-12

资助项目: 国家自然科学基金和水利部联合资助重大项目(编号: 59890200)

作者简介: 李昌志(1971-), 男(汉族), 重庆人, 博士生。研究方向为 GIS 在水土保持生态环境建设和水利工程中的应用。E-mail: Lichangzhi@263.net

ArcView 是 ESRI 公司新近推出的基于窗口的集成 GIS 系统, 该软件产品面向对象提供强大的图形用户界面功能, 方便用户操作及开发用户项目, 它是为决策者解决空间问题, 以及图形、表格、地图和图像等形式提供图形化信息的有力工具。

2 玉丰小流域流域概况及其 GIS 要求

玉丰小流域地处长江上游嘉陵江中下游的四川盆地中部, 为中、浅丘地貌, 地势北部高、西南低, 海拔高程最高为 427.3 m, 最低为 281.7 m, 最大相对高差为 145.6 m, 地面波状起伏, 山丘林立, 槽沟棋布。年平均气温为 17.4℃, 多年平均降雨量为 993.3 mm, 年内分配不均, 冬半年(11—4月)为 188.8 mm, 夏半年(5—10月)为 804.5 mm。土壤为水稻土和紫泥土。流域内人多地少, 人口密度较大。据 1998 年统计, 玉丰小流域包括玉丰镇 15 个村, 总人口 21 088 人, 人口密度为 498 人/km²。流域地处川中丘陵区, 地形破碎, 地面坡度大, 岩性松软, 易于风化, 抗蚀力低, 蓄水保土力弱, 植被稀少, 降雨集中, 故水土流失较为严重。据 1998 年遥感测定, 现有水土流失面积 1 655.3 hm², 占流域总面积的 39.1%。多年平均输沙量为 8.62×10⁵ t, 平均输沙模数为 466 t/km², 年泥沙流失总量为 7.04×10⁴ t, 年均土壤侵蚀模数达 4 250 t/(km²·a)^[5]。

以上情况表明, 该流域内人地矛盾突出, 经济较落后, 生境比较脆弱, 水问题和水土流失问题较为严重。为此, 根据土地利用规划和农村产业结构发展的需要, 以及改善生态环境和保持农村经济持续发展, 水保初设中着重考虑了梯田布设、水土保持林体系配置、坡面水系配置以及水保效益观测体系布设。

(1) 梯田布设: 要求梯田有一定的规模, 集中连片; 沿等高线成长条状布设, 对于坡沟交错面大, 地形较破碎的坡面, 田块布设应做到大弯就势, 小弯取直; 与水系、道路相结合, 配置适当规模和尺寸的截水沟、排水沟和蓄水池。(2) 水土保持林体系配置: 以小流域为单元, 按山、水、田、林、路综合治理的原则, 从丘顶到丘麓及流域出口, 营建水土保持林系统, 结合坡面水系整治工程体系, 形成点、线、面相结合的水土保持林体系网络。配置为: 山岭防蚀林; 丘坡滞流防冲林; 护岸、护路、护库林; 经果林。(3) 坡面水系配置: 在流域内, 从丘顶到丘麓及流域出口的每 1 个小支流配置坡面水系工程, 修沉沙凼、排灌渠、截水沟、集水沟和蓄水池等坡面水系。(4) 水保观测体系: 含坡面径流场、气象站、气象哨、测流设施、地温测量点等在流域内的分布。

为此, 水保初设要求用 GIS 技术实现小流域三维地形示意图、等高线地形图、土地利用现状图、水土流失现状图、植被现状图、水土保持林体系图、坡面水系图、水保设施布设图和水保效益观测体系图的绘制, 以及水保汇报系统的 GIS 演示, 其中, 水土保持林体系、坡面水系、水保设施以及水保效益观测体系的布设要求落实到地块。

3 水保初设各项要求的 GIS 技术实现

各项 GIS 要求的技术实现, 是在软、硬件的支持下完成的。系统硬件配置为 P III67 微机, 基础数据的输入主要通过键盘、扫描仪以及录像、录音资料, 外围设备包括扫描仪、激光打印机、彩色打印机和绘图仪等, 软件开发平台主要为 ArcView, 另有 AutoCAD 2000。工作流程如图 1。

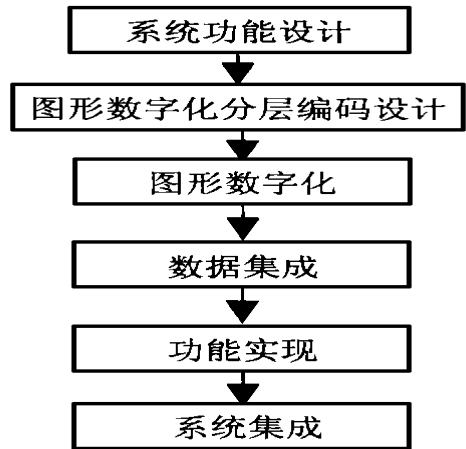


图 1 工作流程图

根据需求, 基于现有数据, 本系统要求实现以下用户要求的功能。(1) 图层显示: 任意打开或关闭图层; (2) 图层编辑: 用户可以动态修改图形并保存修改结果; (3) 图层叠加分析: 有相关关系的图层迭加显示, 得到迭加结果; (4) 地形图层三维分析: 利用等高线图层中的高程信息运用 TIN 模型产生地形三维模型; (5) 图形属性查询: 查询图层中任一选中图形的属性信息; (6) 图层打印输出: 根据需求任意图层单独或迭加打印输出; (7) 图层演示。

3.1 系统编码设计

在编码中, 首先将该小流域的点、线、面状空间信息分为地貌、居民地、边界、公路、水系、水土流失、规划要素等几个大类, 设计图层类型, 再将各大类分成子类, 设计属性字段和字段类型。表 1 是部分编码, 表中 D, L, P 分别代表点、线、面状图层, Integer, Float, String 分别代表整数型、浮点型和字符型数据。

表 1 系统部分编码

序号	大类代码	大 类	子类代码	子 类	编码	图层类型	图层名称	属性字段	字段类型 *
1	1	居民地	1.1	乡 村	1002	D	乡 村	编码、名称	Integer, String
11	6	地 貌	6.1	等高线	6002	L	等高线	编码、高程	Integer, Float
13	7	水土流失	7.1		7000	P	程度分类	编码、类型	Integer, Integer
14	8	土地利用	8.1		8000	P	类型分类	编码、类型	Integer, Integer
15	9	规划要素	9.1	梯 田	9001	L	规划图要素	编 码	Integer
16			9.2	水保林	9002	L	规划图要素	编码、类型	Integer
17			9.3	坡面水系	9003	L	规划图要素	编码、类型	Integer
18			9.4	水保观测体系	9004	P	规划图要素	编码、类型	Integer

3.2 基本数据输入

3.2.1 图形数字化及属性赋值 通过判读、解译四川省遂宁市市中区卫片,并结合 1:10 000 的等高线地形图,现场勾绘土地利用现状图、土壤侵蚀现况图、植被图,然后把调绘结果扫描,存为 3 个 TIFF 格式文件,作为 ArcView 中的 3 个专题(theme),在此基础上,对等高线地形图、土地利用现状图、土壤侵蚀现况图、植被图分别进行数字化,并设计相应字段记录每一空间对象的编号,添加所要用的属性字段,对周长、面积、土地利用类型、土壤侵蚀程度等属性进行编码,得到小流域等高线地形图、土地利用现状图、土壤侵蚀图和植被图的电子地图及其属性表。

3.2.2 数据集成 利用数字化所得结果,并结合规划数据和 ArcView 中将等高线用 TIN 模型进行空间分析所产生的玉丰小流域地形三维立体模型分析,在属性表中添加名称、坡度、利用规划等字段,完善流域 GIS 数据库,为绘制和处理图层作好准备。

3.3 图版制作

3.3.1 图层绘制 ArcView 将每一个图层视为一个专题(theme),将以上数字化和数据集成所得结果均做成相应的图层,集中于一个工程文件(.apr)。然后,在一个视图(view)中,根据所要表达的主题思想,选取所需图层,关闭不需要的图层,并用图例编辑器对图层的图形和文字进行修改,前者主要是根据某一属性对图形形状、大小、颜色进行修改,后者主要是对字体、字号、颜色、字形等进行修改,以得到满意的视图,为图版制作做好准备。

本次设计中,由于某些工程需要,ArcView 图例管理器中没有相应的图例,因而制作了一些特殊图例以满足具体需要。特殊图例的制作,可根据需要,先在画笔等绘图软件中作好,存为 BMP 格式,再在 ArcView 的图例管理器中调入使用。自制特殊图例,除不能旋转、改色和选中后不变黄外,与 ArcView 自带图例完全一致。

3.3.2 图版制作 做完视图(view)以后,就做相应

的图版(layout),在图版中,做好相应的图名、图例、指北针,并根据需要选择比例尺类型,调整好图形的大小,绘制边框,然后将图层中所有对象选中组合,至此,一个图版完成。由于图版和视图相联系,故必须视图与图版一一对应。在本次初设中,一共设计了玉丰小流域地形图、等高线图、土地利用现状图、土壤侵蚀图、坡度图、坡面水系布设图、水保林分布图、水保设施分布图以及水保效益观测体系图 10 个图版,各图版与其视图相对应。这样,本系统既有具体的各专题的表达,又有综合的、整体的体系表达,给人以较深刻和完整的印象。

3.4 图层处理、查询与空间分析

由于 ArcView 将一个图层当作一个专题(theme),对所有专题均可进行任意打开或关闭,进行重新组合,做成新的视图(View),再制成相应的新图版。与此同时,在所制成的视图中,还可以用信息按钮对各个专题中的每个选中的特征(Feature)进行信息查询,深入了解情况,以便进行科学决策。

根据等高线图层中的高程信息,运用 TIN 模型进行空间分析所产生的玉丰小流域地形三维立体模型(在这个该模型图上,该小流域的地貌形态一目了然)。然后,根据流域地理空间分析,结合调绘情况和当地的实情,进一步研究流域内土地利用现状、水土流失现状和植被状况,在此基础上,研究了流域的坡度分布状况、坡面水系分布、水保林分布、水保设施布设以及水保效益观测体系设置等,逐步形成和完善所需图层和水保初设内容。这样的分析,为土地利用规划和水土保持设计提供了合理的依据,使得水保林体系、坡面水系、水保设施以及水保效益观测体系的布设落实到具体的地块中。例如,根据分析结果和当地观测的需要,添上了在鲍家坝、熊家堰等地布设的水土保持效益观测设施综合体系,对气温、降雨、地温、坡面径流、含沙量、土壤水分等气象、水文要素进行观测。

3.5 系统集成

编写代码,实现系统集成功能,含对所有图层的

打开、修改权限的规定,视图、图版自动打开和演示顺序以及设计用户界面,等等。同时,还可用绘图仪输出所需图版。

在演示中,还将 ArcView 与 AutoCAD 结合起来,以便与 ArcView 中显示水保工程设计,方法是在水保工程对象的属性中添加一字符字段,用以指定该对象的 CAD 文件的路径和名称,然后在 ArcView 中用热键与之链接。在该系统的演示中,就用这种方法将 AutoCAD 2000 中完成的梯田、蓄水池、排灌渠、沉沙凼、山岭防蚀林、坡面滞流防冲林以及护岸护路护库林的工程设计图直观、准确地演示出来。

4 结 语

本文以四川遂宁市市中区的玉丰小流域为例,介绍了地理信息系统(GIS)在水保初设中的初步应用。利用地理信息系统高新技术建立的水保信息系统,实现了水土保持信息系统化、科学化、可视化,可有效地为水土保持服务。

(1) 以地理信息系统为开发平台的水保初设过程,实际上是 GIS 环境支持下的水保数据库的建立过程和水土保持地图的绘制过程。利用 GIS 数据库作为输入源,能进行多种操作,产生派生数据库,实现对小流域自然地理状况和社会经济状况的概括和模拟,突出流域的专题要素的结构和相互关系。通过对 GIS 的数据进行图形表达和概括处理,进而生成符合制图规范和可视化原则的地图。这种数字化地图的信息远远超过了以往静止的地图所包含的信息,具有更大的实用价值。在四川省遂宁市市中区玉丰小流域的水保初设中就生成了相应的一批数字化形式的电子地图,既为该流域水保 GIS 的进一步完善提供资料,也可为其它小流域水保规划提供参考。

(2) 以地理信息系统为开发平台的水保初设过程,也是建设流域水保信息系统的过程。水保信息系统以多学科为依据,融合自然地理学、植物学、土壤学、工程设计、计算机科学等学科于一体,有助于信息的表达,采用定性和定量相结合的分析处理方法,

不但能完成流域内各种要素的分析,指导水土保持工作,而且能为水土保持提供更多的辅助决策信息。在遂宁市市中区玉丰小流域的水保初设中,就运用 ArcView 的空间分析功能,为该流域的信息表达、坡面水系布设、水保林分布、梯田建设和水保效益观测体系的设计和地块落实起了重要的辅助决策作用。

(3) 地理信息系统与水土保持系统建设过程构成互动系统。由于某些数据不是很完整或精度不高,水土保持中的不少内容在 GIS 中的表现很受限制。在玉丰小流域的水保初设中,尽管运用等高线信息和 TIN 模块生成的流域地形图为流域的信息表达和不少设计内容提供了有用信息,但由于原始数据等高线间距较疏(20m),因此地形三维示意图效果不是十分理想。如果采用更精确的等高线,效果将更好,将更有助于高效、科学、合理的水保设计。也就是说,地理信息系统一方面有力地表达了水保初设的信息,另一方面也对水保初设的原始数据提出了更高的要求。显然,原始数据要求的提高,必然来自水保水平的提高。而水土保持设计既需要 GIS 的系统化、科学化、可视化的分析与管理,又应当为 GIS 提供更高精度的原始数据,提出更高要求,以使 GIS 的功能和潜力得到更好地发挥和开发。可见,二者相互联系、相互推动、相互促进。

参加本项工作的还有彭清娥、王协康等同志。

[参 考 文 献]

- [1] ESRI. System Design Strategies—A Methodology for Designing Arc/Info and ArcView Enterprise Environments [Z], 5 ESRI, Redland 1996. CA, USA.
- [2] 陈述彭,鲁学军,周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [3] 陈俊,宫鹏. 实用地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [4] ESRI. Using ArcView[Z]. Redland 1996. CA, USA.
- [5] 四川大学生态环境建设规划设计研究所. 四川省遂宁市市中区玉丰小流域水土保持生态环境综合治理示范工程初步设计[Z]. 2000.