

GIS 技术在水土保持中的应用

卜崇峰, 蔡强国

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 简要介绍了 GIS 技术的发展及其一般功能, 同时在分析和总结已有研究的基础上, 概述了 GIS 技术在水土保持中的应用现状, 并探讨了 GIS 技术在未来水土保持应用中的主要方向。最后, 结合实例, 展示了 GIS 技术在水土保持研究与实践中的突出作用。

关键词: GIS; 水土保持; 应用

中图分类号: S 157; TP 79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004)04-0162-03

Applications of GIS to the Soil and Water Conservation Field

BU Chong-feng, CAI Qiang-guo

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The development and functions of GIS was described, and also based on the analysis and summary of the past researches, the applications actuality of GIS in the soil and water conservation field was summarized, the main directions of GIS applications in the soil and water conservation field in the future were analyzed too. At last, the effective function was displayed through an example.

Key words: GIS; soil and water conservation; application

地理信息系统(Geographic Information System) 是 20 世纪 60 年代中期开始逐渐发展起来的一门新的技术系统。近半个世纪以来, 一方面, 随着计算机硬件技术的提高, 软件开发工具的广泛应用和数据库技术的推广; 另一方面, 随着卫星遥感技术趋于成熟和全球定位系统(GPS) 的出现, 海量信息涌向社会, 成为 GIS 非常重要的数据源, 同时社会经济的高速发展, 也为 GIS 提供了大量的社会经济方面的数据; 这两方面都加速了 GIS 的发展和应用, 使 GIS 不断成熟起来。

GIS 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, 它能提供文字和数据, 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^[1]。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, 作为一种强有力的研究工具, 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、水电建设等各个领域。

1 GIS 在水土保持中的应用

水土保持初设要求先进的技术手段、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 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^[2]。通过地理空间分析可以产生常规方法难以得到的分析决策信息, 在工作精度、效率和科学性等方面, 要远高于人工; 应用地理信息系统进行水保初设, 不仅能完成流域内各要素的分析, 而且可以将自然发生或思维规划的动态过程实施于数据模型中, 对未来的趋势进行精确预测, 从而指导水保工作, 提出水保治理最优方案。

1.1 GIS 在水土保持规划中的应用

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。李昌志等人以四川省遂宁市玉丰小流域为例, 根据水土保持初期规划的设计需求, 应用 GIS 技术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

① 收稿日期: 2004-07-10
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40271075); 香港特区政府研究资助局支持项目(4217/02H)
作者简介: 卜崇峰(1977-), 男, 在读博士, 主要从事水土保持资源保护与 GIS 应用研究工作。
© 1994-2011 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

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^[2]。

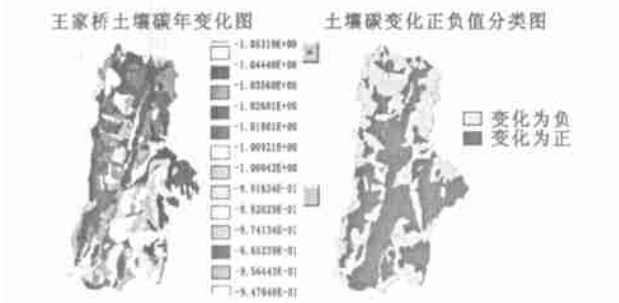


图 1 土壤碳年变化



图 2 土壤全氮年变化

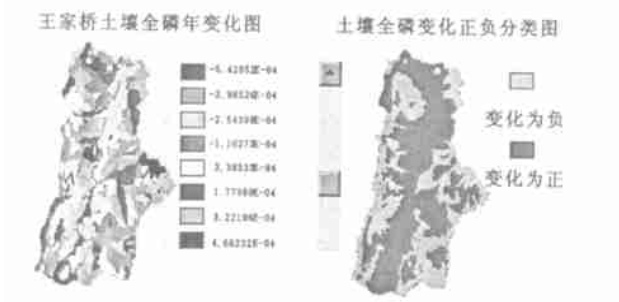


图 3 土壤全磷年变化

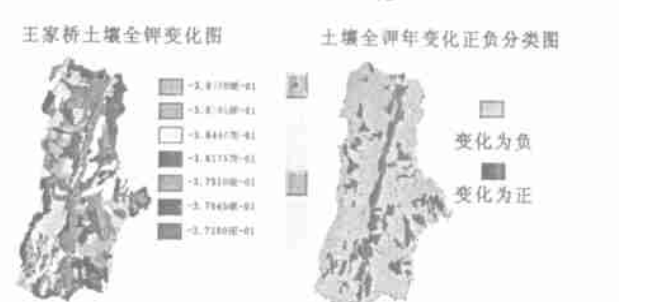


图 4 土壤全钾年变化

1.2 GIS 在的土壤侵蚀评价与制图研究中的应用

在小流域、区域层次上,利用 GIS 技术结合 RS 技术制图,进行土壤侵蚀的评价和空间分布特征的研究。在陕北黄土陵区纸坊沟流域,将土壤侵蚀定量评价模型与 GIS 系统 MAPINFO 集成,完成了小流域土壤侵蚀空间变化定量研究^[3]。中国 1:1 500 万土壤侵蚀与水土保持制图中,基于 GIS 技术,根据地貌、土壤、植被、土地利用、人口分布等条件划分土壤侵蚀——水土保持类型区,再根据地区土壤侵蚀调查或实测数据,编制土壤侵蚀图。进一步根据各类型区的土地生产力、开发程度、土壤侵蚀强度、地区区位条件等,进行土壤侵蚀危害性和水土保持迫切性评价,编制水土保持图^[4]。

冯九梁等人采用遥感解译(RS)、地理信息系统(GIS)、计算机辅助设计(CAD)与常规方法相结合进行静乐县狼窝沟小流域水土保持规划设计。实践证明,以 RS、GIS 为主的现代空间信息技术在水土保持规划设计中的应用,可节约大量人力、物力、财力,并能大大提高规划设计的准确性^[5]。

1.3 GIS 支持下的水土流失生态风险评价

水土流失生态风险评价对土地的合理利用和针对不同的侵蚀危险性,采取不同的对策具有重要的意义。倪九派等在 ARC/INFO 8.0 地理信息系统和 SPSS 10.0 下,运用层次分析法和系统聚类法,对重庆丰都水土保持生态园区土壤危险性作了评价。评价中综合考虑了影响土壤危险性的各个因素,避免了仅仅根据土层厚度来衡量土壤侵蚀危险性和不确定性^[5]。邹亚荣等^[6]在 ARC/INFO 中运用主成分分析方法,对江西省水土流失生态环境风险进行了评价。根据主成分分析选出主成分,把主成分与其权重相乘得到风险图,在 ARCVIEW 下定出风险等级,从而对江西省的生态环境风险

性作出评价。

1.4 基于 GIS 的土地利用与土壤侵蚀及土壤肥力综合评价

土壤侵蚀是自然和人类的因素产生的,人类对土地利用与土壤侵蚀有着密切的关系。邹亚荣等^[4]以 TM 影像为主要数据源,在 GIS 环境下,对水蚀区广东惠东进行了土壤侵蚀与土地利用类型的矢量分析,通过 SPSS 软件包的统计分析,得出土地利用类型与土壤侵蚀的分布相关关系,在此基础上做土壤侵蚀与土地利用关系的地域分析。这为从土地利用入手,合理规划土地利用,防止土壤侵蚀提供了科学依据。史志华等人将 GIS 和数学模型相结合,运用层次分析法并用模糊数学建立数学模型,评价了三峡库区土壤肥力,研究表明限制三峡库区土壤肥力资源的主要因素是土壤侵蚀、投入水平低^[6],为三峡库区的土壤改良和土地利用提供了依据。

1.5 土壤侵蚀与水土保持信息系统

基于 GIS 技术,以大比例尺信息源(1:5 000 ~ 1:10 000)为基础,采用土地系列制图资料及试验观测资料等,经过多种处理,可以提供资源清查及评价、决策与规划、预测预报(主要指土壤流失量)等服务,并使小流域治理和定位试验更加科学化、模式化并向更大规模推广。李锐等人在 GIS 和 RS 的基础上建立了“黄土高原土壤监测与管理信息系统”,该系统能够提供系列化、动态化的侵蚀环境数据(图、表、文字等)并做出预测预报,对土地利用规划、水土保持规划、水土保持效益评价等提供辅助决策支持^[7]。

2 GIS 技术在水土保持中应用的方向

地理信息系统是将空间数据和属性数据一体化管理、分析的技术系统。随着 JAVA、虚拟现实等技术的发展,目前地理信息系统正朝着网络化、分布式、真三维和时空信息系

统方向发展;空间数据和属性数据的一体化管理正逐步实现,这将极大地扩展地理信息系统的应用范围^[8]。在水土保持工作中,GIS 技术应用的趋势主要三个方面:

(1) 建立水土保持基本数据库:收集资源环境研究成果图件资料,水土流失与水土保持调查数据以及科学研究数据,建立水土流失基本数据库,为水土保持管理和研究部门提供信息支持^[9]。具体包括①数据库的信息元;②土壤侵蚀背景数据库;③土壤侵蚀评价参数库;④水土保持知识库。

(2) 区域水土流失快速调查:以水土流失基本数据库和评价模型系统为基础,以地面监测和 RS 监测的成果为现实资料依据,研究开发区域水土流失快速调查的技术系统,实现水土流失的快速调查^[4]。

(3) 水土保持管理信息系统:水土保持管理信息系统是在 GIS 等现代信息技术的支持下,通过对多种水土流失数据的集成与快速处理,为水土保持决策与科学管理提供信息服务和决策方案的支持,促进水土保持信息化和现代化。系统由数据管理、文献管理、决策支持、规划设计、动态监测信息处理、辅助决策、数据通讯等 7 个功能系统组成。具有信息服务、水土保持辅助决策、水土保持规划与设计和水土保持信息公告等功能^[7]。

3 实 例

我们以王家桥小流域为对象,通过建立土壤碳和养分变化模型及侵蚀模型(此工作已由课题组完成),在 GIS 软件 IDRISIW 的支持下模拟了流域各地块的侵蚀过程、现状,充分描述各个地块在侵蚀影响下土壤碳和养分的年变化现状、过程及多年变化过程。

操作流程如下:

(1) 建立小流域地图数据库、属性数据库以及模型库,并对土地利用图、坡度分级图、坡向分类图、土壤类型图等相关图件操作运算得到流域地块图,采用汇流网络运算模型 DEM 得到不同地块间汇流关系,从而通过已建立的侵蚀模型计算得到不同地块次降雨土壤侵蚀模数和径流模数;

(2) 由地表径流模数则可以计算得到不同地块的地下径流模数;而根据径流泥沙中养分含量及地块初始养分含量即可以得到次降雨侵蚀引起的各个地块土壤碳和养分含量变化,次降雨累积即可得到年降雨变化,将年降雨侵蚀引起的参考文献:

[1] 陈述彭.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,1998.

[2] 李昌志,刘兴年,曹叔尤. 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[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 34– 37.

[3] 江忠善,等. 黄土丘陵小流域土壤空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1– 9.

[4] 杨勤科. 中国水土保持迫切性评价与制图[J]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 81– 88.

[5] 冯九梁,王贵平,等. 基于 RS 和 GIS 的小流域水土保持规划设计[J]. 山西水土保持科技, 2001, 3.

[6] 邹亚荣. GIS 支持下的江西省水土流失生态风险评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 48– 50.

[7] 李锐,等. 中国水土保持管理信息系统总体设计方案[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 40– 43.

[8] 田道明. 3S 技术集成与地理信息系统的发展[J]. 测绘软科学研究, 2002, 8(3): 29– 33.

[9] 张小萍,等. 中国土壤侵蚀环境背景数据库的设计与建立[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 35– 39.

土壤碳和养分含量变化作为参数输入土壤碳和侵蚀变化模型后,运算则可得到侵蚀条件下土壤碳和养分年变化;

(3) 将多年降雨条件和下垫面条件作为输入参数则可得到侵蚀条件下土壤碳和养分多年变化;由于本研究中侵蚀模型是多年观测结果得到的经验模型,具有相应的预测功能,因此可以预测侵蚀条件下土壤碳和养分年变化和多年变化。

通过对全流域土壤全氮、全磷、全钾在 1993 年降雨条件下假设变化的计算,我们发现流域土壤碳、全氮、全磷、全钾含量下降面积分别占全流域面积的 44.14%、55.8%、39.2%、75.7%,年变化幅度分别为– 0.175~0.136、– 0.021~0.019、– 0.006~0.011、– 0.20~0.19 g/kg。其中全磷含量下降的面积比例和变幅均最小,各种变化都可以很直观的反映到图上(见图 3、4)。

我们假设流域耕作管理情况没有变化,根据各年侵蚀状况预测了流域内各地块碳和养分的变化(表 1)。结果表明,在现有侵蚀状况和耕作管理状况条件下,全流域土壤碳和全钾平均含量有所下降,全氮和全磷含量则有所提高。而从不同土地利用类型来看,坡耕地中碳、全氮、全钾下降幅度为最高,这主要与其具有最高的土壤侵蚀模数有关。

表 1 不同利用类型土壤碳和养分 10 年变化状况 g/kg

地块名称	碳变化	全氮变化	全磷变化	全钾变化
坡耕地	– 1.252	– 0.064	0.038	– 1.83
梯田	– 0.477	0.088	0.052	– 0.96
坡式果园	– 0.136	0.012	0.033	– 0.61
梯式果园	0.113	0.166	0.051	– 0.32
林地	0.135	0.124	0.010	0.36
疏林地	0.064	0.071	– 0.006	– 0.28
荒草地	0.059	– 0.034	– 0.024	– 0.87
全流域	– 0.201	0.058	0.011	– 0.50

由于研究牵涉范围较宽,影响因素多,变化过程复杂,虽然在研究过程中力求将所用参数合理化,但由于模型建立时参数的简化以及未考虑侵蚀过程和养分循环的交互影响,使其结果的实践指导性下降。但是,通过本研究我们可以看出,应用已经比较成熟的 GIS 技术,在较大空间范围内表述侵蚀、养分过程,从而改变当前在土壤侵蚀和土壤养分平衡方面研究的片面性和实践指导性不强的缺陷是可行的,以其强大的空间分析和地图可视化功能,在水土保持研究工作中有着巨大潜力和很好的前景。