

南方红壤农作区数字流域建立和应用

程 峥¹, 姚志宏², 张 婧¹, 杨勤科¹

(1. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127; 2. 华北水利水电学院 资源与环境学院, 郑州 450011)

摘 要:数字流域是用数字化专题图形、图像、表格和相应的模型对流域各要素的数字表达, 数字流域可为数字化流域管理与评价提供支持。以 1:5 万地形图和高分辨率(2.5 m)遥感影像为基础, 利用数字地形分析、遥感解译和野外调查的方法, 建立了南方红壤农作区典型治理区的数字流域, 并对土壤侵蚀强度等级进行了划分。研究结果表明: (1) 所建立的包含 Hc-DEM、地形因子、土地利用、植被盖度和水土保持措施的数字流域能够反映研究区治理前后土地利用和水土保持措施的变化; (2) 侵蚀强度等级以中到强度为主, 治理前后轻度侵蚀增加比较明显、中度和强度侵蚀减少。该研究可为水土保持效益评价和流域管理提供支持。

关键词:数字流域; Hc-DEM; 地形因子; 土壤侵蚀

中图分类号: S127; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)03-0012-04

Establishment and Application of Digital Watershed in the Red Earth Areas, Southern China

CHENG Zheng¹, YAO Zhi-hong², ZHANG Jing¹, YANG Qin-ke¹

(1. College of Urban and Resources, Northwest University,
Xi'an 710127, China; 2. College of Resources and Environment,
North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: Digital Watershed is a digital representation of watershed with digital thematic maps, remote sensing images, tables and corresponding models, which provides supports in the accurate management and evaluation of watershed. Through digital terrain analysis, remote sense interpretation and field investigation, the digital watershed in the red earth area of southern China is established, and soil erosion intensity is evaluated in terms of different grades in this study based on the topographical maps of 1:50 000 and remote sensing images of 2.5 m. The results showed that: (1) integrating Hc-DEM, terrain factor, land use, vegetation cover and soil conservation, the established digital watershed could present the different patterns in land use and soil conservation between pre-and post-periods of soil conservation; (2) erosion intensity was mainly associated with moderate and strong erosion levels throughout the entire study period, while in the post—period, slight erosion increased dramatically and moderate as well as strong erosion presented the opposite trend. This study could be helpful for soil and water conservation benefit evaluation and watershed management.

Key words: digital watershed; Hc-DEM; terrain factor; soil erosion

流域是地表降水或冰雪融水向某点汇集的区域。接受水流汇集的点叫流域出口, 流域与其它水体(更大河流、湖泊、湿地、海洋等)通过该点连成一体。流域之间的边界称为分水线, 所以流域也即是被分水线包围的地面区域。传统的流域研究基于地形图进行流域边界划分, 并收集有关数据资料进行分析。随着数字地球概念的提出和国家基础地理信息设施的建

设, 数字流域广泛被研究者应用^[1]。

从 GIS 的建立和应用看, 数字流域实质上是用数字化专题图形、图像、表格和相应的模型对流域各要素的数字表达^[2]。数字流域的建设, 无疑涉及了遥感、地理信息系统等技术和关于流域的各种相关数据资料。本研究针对南方红壤区坡耕地治理监测评价的要求, 尝试建立和应用数字流域。

收稿日期: 2012-03-13

修回日期: 2012-04-17

资助项目: 红壤侵蚀区坡面水土综合整治技术集成与示范(200901049)

作者简介: 程峥(1986—), 河南内黄县人, 硕士研究生, 主要研究方向为数字地形分析与 GIS 应用。E-mail: life.road@163.com

通信作者: 姚志宏(1970—), 安徽阜阳人, 讲师, 主要研究方向为区域土壤侵蚀定量评价。E-mail: yaozhong@ncwu.edu.cn

1 数字流域设计与建立

1.1 数字流域结构设计

根据流域的概念,流域的基本属性有形态特征(坡度、流水线长度或坡长、沟壑密度、河流级别等)、几何特征(面积、宽度、周长)、环境特征(如地形、土壤、植被等)和水文特征(如水位、流量等)。数字流域的建设,首先就是根据流域的基本属性,结合应用目标,进行数字流域结构的设计。本研究的目标是初步构建一个对上述全部或部分流域特征进行数字化表达的数据环境,实现对流域水土流失和生态建设效益的评价。

根据南方红壤区坡面整治技术、水系工程优化配置、农路基础设施配套和水土保持耕作技术等研究和监测的需要,做如下设计:

基本地形信息。基于1:5万数字地形图中的有关专题层(等高线、高程点和河流),建立DEM^[3-6],作为流域基本形态特征和集合特征提取的基础。

土壤侵蚀地形因子。为满足本研究对土壤侵蚀强度变化进行评价的要求,提取一系列因子,包括坡度、侵蚀学坡长、单位汇水面积等^[7]。

流域基本环境因子。利用遥感调查、地面调查结合的方法,完成对植被、土地利用和水土保持措施的调查,编制相应专题地图。

1.2 数字流域建设

数字流域建设分为三大部分,即流域高精度DEM的建立、流域地形因子提取和水土保持措施遥感提取。

1.2.1 研究区概况 研究区选在南昌西南部约50 km的高安市,位于锦江流域,面积113.097 km²。研究区域地形以波状起伏的低丘、岗地为主,地面坡度比较平缓,地带性土壤主要是红壤,坡耕地土壤基本上都是由第四纪红色粘土发育而来。坡耕地主要农作物为花生,少量种植红薯、蔬菜、油菜等。流域内土地利用以耕地为主,林地和草地只分布在局部较高地势或石质丘陵露出部位。

1.2.2 流域高精度DEM建立 数字高程模型(DEM)是区域地面高程的数字表达,也是GIS数据库中赖以进行地形分析的核心数据^[8-9]。DEM已经在地貌定量分析、流域水文和土壤侵蚀模拟分析、工程设计、遥感图像辅助分类等与地形分析有关的科研及国民经济各领域发挥着越来越巨大的作用^[8-10]。

高精度DEM的建立,是以高质量的测绘数据为基础^[8-9]。在建立DEM前,需对数据进行了格式转换、投影变换和错误检查等处理。本研究利用从国家测绘局购买的1:5万DLG为基本地形数据,基本地

形要素包括等高线、高程点和水系(河流和湖泊),其等高距为10 m。

Hc-DEM是Hutchinson于20世纪80年代提出的,利用地形测量所得高程信息生成水文地貌关系正确DEM的算法,Hc-DEM具有一系列明显特征:(1)如实表现地面形态(terrain shape);(2)表面没有或很少有伪下陷点(sink);(3)符合水文地貌学基本原理,正确反映水文要素(水流方向、水流路径、沟道网络、流域界线等)与地貌特征的发生和位置关系,保证提取的河流网络能相互连通。较之普通DEM,Hc-DEM能更加准确地表现水文地貌特征,提取的河流网络、流域边界、坡度等参数,其准确性和精度都更高,也更能改善我国DEM的质量。

本研究所用DEM,即是利用ANUDEM软件和1:5万DLG数据建立的。建立过程中,将ANUDEM所需要格式的地形图输入ANUDEM系统,设置必要参数,即可输出文本或二进制格式的Hc-DEM,然后在ArcGIS环境下做进一步的分析和因子提取。本研究建立的Hc-DEM为5 m分辨率,能够满足流域高精度数据的要求。

1.2.3 流域地形因子提取 地形因子是对地形及其某一方面特征的具体数字描述,是地形信息的载体和最重要的体现形式之一,准确有效地提取地形因子对土壤侵蚀的研究具有重要的意义。从Hc-DEM中可以提取许多地形因子,本研究提取其中的坡度、侵蚀学坡长、单位汇水面积。

坡度:坡度表示了地表在该点的倾斜程度,是影响土壤侵蚀的最主要地形因子。本研究在ARC/INFO workstation环境下完成了坡度的提取(图1)。

侵蚀学坡长:是径流发生点到固定沟道,或到发生沉积点的水平距离^[11]。侵蚀学坡长提取必须以Hc-DEM为基础、以流域为单元,依据土壤侵蚀学原理,在GIS环境下,利用数字地形分析的技术方法完成^[12]。本研究中坡长通过LS_Tools工具计算得到^[13](图2)。

单位汇水面积:单位等高线长度上游的产流面积^[10-14],这一指标与土壤水分含量有良好相关关系,也是Topmodel的基本参数,因而被广泛应用于流域水文模拟计算中^[15](图3)。

1.2.4 水土保持措施遥感提取 遥感作为一门对地观测综合性技术,它的出现和发展既是人们认识和探索自然界的客观需要,更有其它技术手段无法比拟的特点。遥感具有动态、多时相采集空间信息的能力,遥感信息已经成为GIS的主要信息源,利用遥感技术可以提取研究区的土地利用以及植被覆盖度。

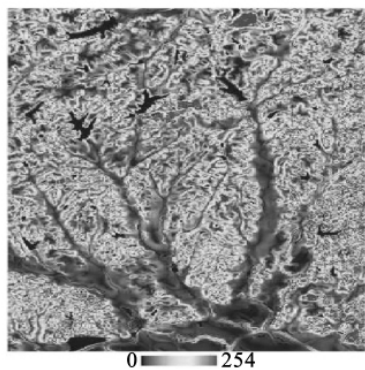


图 1 坡度

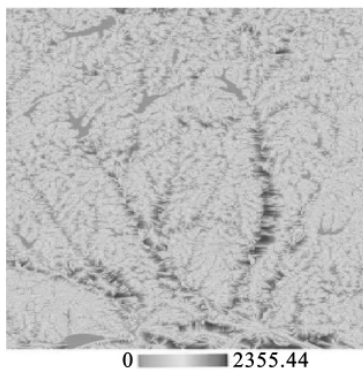


图 2 侵蚀学坡长

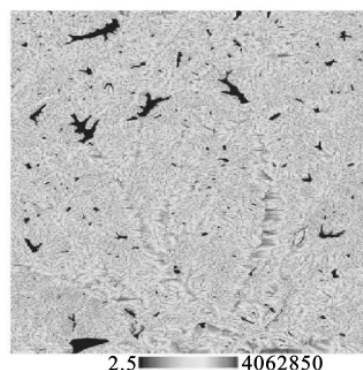


图 3 单位汇水面积

土地利用:运用 ERDAS 进行监督分类,参照已有 1:5 万土地利用图,基于目视解译方法分别对梯田、水体、林地、耕地、草地、居民地、建设用地(主要为道路)、其他这 8 类地物进行采样(附图 1)。

植被覆盖度信息提取:植被覆盖度是指单位面积内植被(包括叶、茎及枝)在地面的垂直投影面积占总面积的百分比。它是植被覆盖状况的综合量化指标,也是区域水土流失监测和评价的重要衡量指标。本研究运用 ERDAS 软件,选择像元二分模型来求算研究区的植被覆盖度(附图 2—3)。

2 土壤侵蚀强度等级评价

2.1 数据基础和方法

根据研究区的数据积累情况,本研究利用了水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准(SL190—2007,以

下简称水利部标准)^[16]。该方法利用坡度(图 1)、土地利用(附图 1)和植被覆盖度(附图 2—3)评价水蚀强度。其评价规则见表 1,其中微度是按照制图要求,根据水利部标准增加的。考虑到水利部标准(SL190—2007)在南方的适用性,本次评价尝试做出以下两个方面的调整:

(1) 将临界坡度由 5°调整为 2.8°;

(2) 梯田坡度降级处理:对 DEM 提取的坡度进行了降级处理,得到 2011 年坡度图(考虑了田面和地面两个方面)。将梯田坡度统计修改为 1°,土壤侵蚀强度确定为微度。

2.2 评价结果分析

根据调整评价规则后所得到的土壤侵蚀图(附图 4),对本研究区土壤侵蚀及其变化状况初步形成如下认识:

表 1 水蚀(面状侵蚀)评价指标

地类		地面坡度					
		≤5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
非耕地	≥75	微度	微度	微度	微度	微度	微度
	60~75	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度
	45~60	微度	轻度	轻度	中度	中度	强烈
	覆盖度/%						
	30~45	微度	轻度	中度	中度	强烈	极强烈
	<30	微度	中度	中度	强烈	极强烈	剧烈
坡耕地		微度	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈

(1) 一般分布特征:该区土壤侵蚀总体上比较微弱。土壤侵蚀主要发生在地势较高、坡度较陡和植被覆盖状况不是十分好的部位;侵蚀强度等级以中到强度为主。而比较低平的部位,由于坡度较缓、植被覆盖较好,因而土壤侵蚀强度多以轻度到中度为主。

(2) 土壤侵蚀强度变化特征:受到植被覆盖度变化(主要由降水量决定)、各种治理措施实施(起作用的主要是梯田)的影响,2008—2011 年土壤侵蚀状况确实发生了一些变化(表 2),但是这种变化发生在小尺度上,只有在统计分布上才能较直观的表现。总的来说,微度侵蚀变化不大、轻度侵蚀有较明显的增加、

中度和强度侵蚀减少。导致这一变化的原因,可能由于 2008 年的植被覆盖度在比较低平的部位高于 2011 年。

表 2 锦江流域土壤侵蚀强度变化

等级	2008 年		2011 年	
	面积/hm ²	百分比/%	面积/hm ²	百分比/%
微度	239.26	42.10	206.84	36.11
轻度	94.00	16.54	155.11	27.08
中度	100.38	17.66	91.94	16.05
强度	56.15	9.88	43.41	7.58
极强度	6.61	1.16	6.35	1.11
剧烈	3.80	0.67	3.74	0.65
其它	68.11	11.98	65.40	11.42

3 结论与讨论

(1) 基于较大比例尺地形图和高分辨率遥感影像,可以建立 2.5~5 m 分辨率的数字流域。提取土壤侵蚀评价和流域水文模拟中最常用的坡度、坡长、单位汇水面积等基本地形因子,从而为土壤侵蚀动态评价提供基础数据。

(2) 在野外考察基础上,利用 2008 年和 2010 年两期高分辨率(2.5 m)遥感影像,完成了 2008 年(治理初期)和 2011 年(治理末期)两期土地利用图和植被覆盖度图,结合土壤侵蚀分级分类标准(SL190—2007)完成了土壤侵蚀强度等级评价。

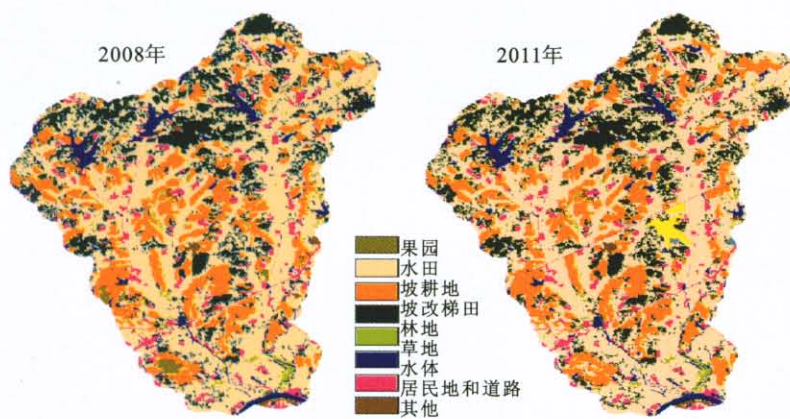
(3) 初步分析了治理期间的土壤侵蚀动态变化,结果表明,轻度侵蚀增加比较明显、中度和强度侵蚀减少,流域建设具有比较明显的水土保持效益。

在后续的研究中,将收集整理气候和土壤数据,尝试利用 CSLE 进行土壤侵蚀动态评价和水土保持基础效益评价。

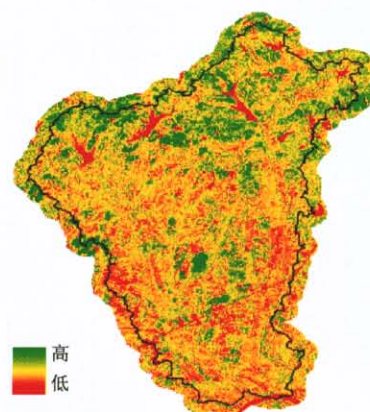
致谢:野外考察和资料收集过程中,江西省水土保持科学研究所提供了多方支持,特此致谢。

参考文献:

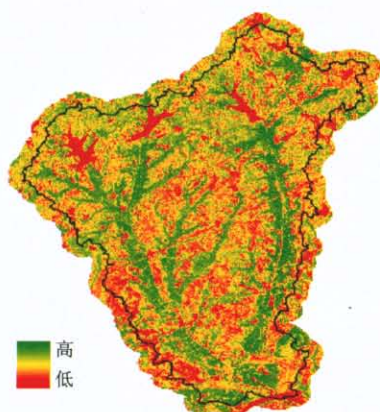
- [1] 刘家宏,王光谦,王开. 数字流域研究综述[J]. 水利学报,2006,37(2):240-246.
- [2] 王光谦,刘家宏,李铁键. 黄河数字流域模型[J]. 应用基础与工程基础学报,2005,13(1):1-8.
- [3] 张彩霞,杨勤科,李锐. 基于 DEM 的地形湿度指数及其应用研究进展[J]. 地理科学进展,2005,24(6):116-123.
- [4] 杨勤科,Mcvicar T R,李领涛,等. ANUDEM:专业化数字高程模型插值算法及其特点[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(3):36-41.
- [5] 杨勤科,师维娟,Mcvicar T R,等. 水文地貌关系正确的 DEM 建立方法的初步研究[J]. 中国水土保持科学,2007,5(4):1-6.
- [6] 罗仪宁,杨勤科,古云鹤,等. 省域中等分辨率水文地貌关系正确的 DEM 建立:以江西省为例[J]. 水土保持通报,2011,31(2):146-149.
- [7] 杨勤科,赵牡丹,刘咏梅,等. DEM 与区域土壤侵蚀地形因子研究[J]. 地理信息世界,2009,7(1):25-31.
- [8] Yang Q K, Niel Van T G, Mcvicar, et al. Developing a digital elevation model using ANUDEM for the Coarse Sandy Hilly Catchments of the Loess Plateau, China [M]. Canberra, Australia: CSIRO Land and Water Technical Report,2005.
- [9] Yang Q K, Mcvicar R T, Niel Van T, et al. Improving a digital elevation model by reducing source data errors and optimising interpolation algorithm parameters: an example in the Loess Plateau, China[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (JAG),2007,9(3):235-246.
- [10] Moore D I, Grayson B, Ladson A R. Digital Terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications [J]. Hydrological Processes,1991,5(1):3-30.
- [11] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning [M]. Washington: Dept. of Agriculture, Science and Education Administration,1978.
- [12] 杨勤科,郭伟玲,张宏鸣,等. 基于 GIS 和 DEM 的流域坡度坡长因子计算方法初报[J]. 水土保持通报,2010,30(2):203-206.
- [13] 张宏鸣,杨勤科,郭伟玲,等. 基于 GIS 的区域 LS 因子算法及实现[J]. 计算机工程,2010,36(9):246-248.
- [14] Gallant C J, Hutchinsom F M. A differential equation for specific catchment area[J]. Water Resources Research,2011,47(5):3-14.
- [15] 张彩霞,杨勤科,段建军. 高分辨率数字高程模型构建方法[J]. 水利学报,2006,37(8):1009-1014.
- [16] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准 SL190-2007. 中华人民共和国水利行业标准 SL190-2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.



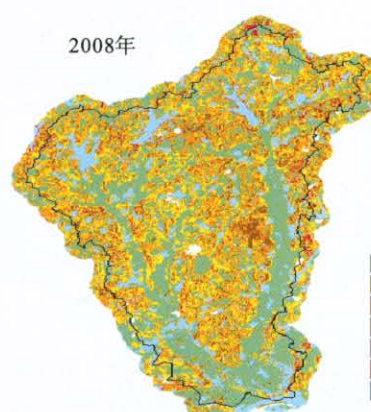
附图1 不同年份锦江流域土地利用



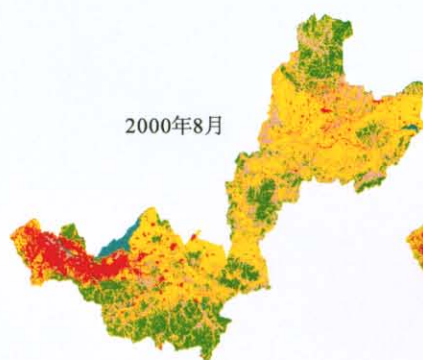
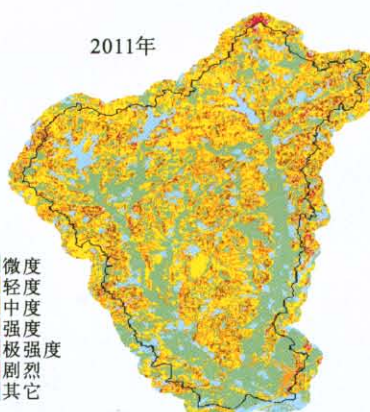
附图2 锦江流域2008年植被覆盖度



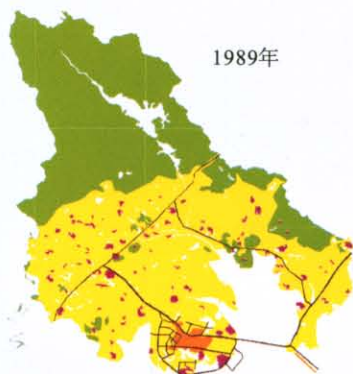
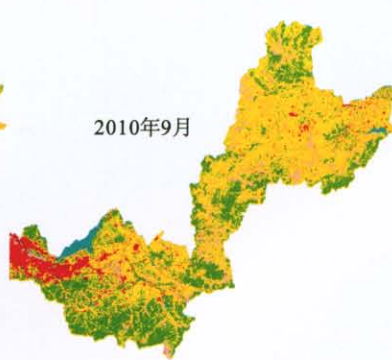
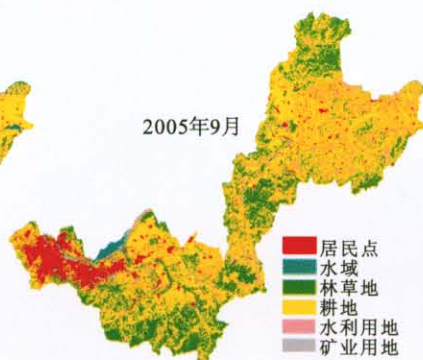
附图3 锦江流域2010年植被覆盖度



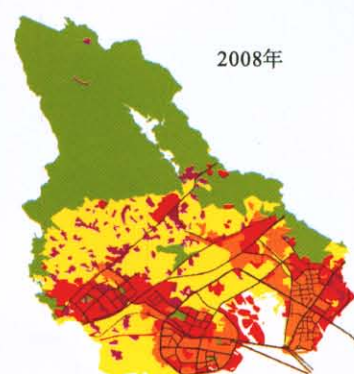
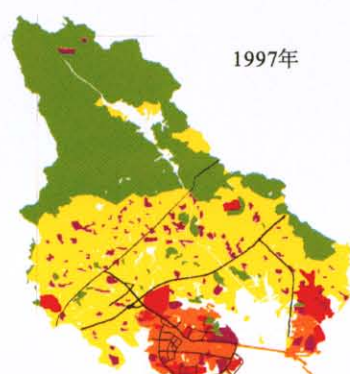
附图4 锦江流域不同年份土壤侵蚀强度等级



附图5 黑龙江省七台河煤田不同时期景观格局类型分布



附图6 福建省厦门市集美区不同年份土地利用空间分布



0 4 8 km