

# 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀评价研究\*

魏兴萍, 赵纯勇, 杨 华  
(重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047)

**摘 要:**以重庆市南岸区小流域为研究区域,采用美国通用土壤流失方程(USLE 模型)为评价模型,以地理信息系统软件 Arcview3.2 为分析平台,并在 Arcgis 支持下,进行小流域土壤侵蚀评价。通过建立数字高程模型、TIN 模型,数字化土地利用类型、植被类型、土壤类型等矢量图层,空间数据与属性数据连接,矢量、栅格数据转换,地图代数运算等操作步骤,获取基于栅格数据的小流域土壤侵蚀量和侵蚀强度,并提出了相应的治理措施。

**关键词:**重庆市南岸区;水土流失;GIS;叠加分析

中图分类号:P208;P512.4<sup>+1</sup>

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2005)04-0062-04

## Evaluation of Soil Erosion Based on GIS in a Small Watershed

WEI Xing-ping, ZHAO Chun-yong, YANG Hua

(College of Geography Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:**Based on the platform of Arcview 3.2, Arcgis soil erosion in the watershed of Nan'an district in Chongqing is evaluated by using universal soil loss equation(USLE). The factors related to soil erosion are inputted to Arcview in vector, which includes topography, landuse, vegetation type, soil type, and conversion of grid data. Then cell based soil loss and erosion intensity is calculated by using USLE based on map algebra. The measures how to gather soil erosion are given.

**Key words:** water and soil runoff; Nan'an district; overlaying analysis; GIS

## 1 流失区简介

水土流失治理是山地小流域综合治理的主要内容之一。对小流域土壤侵蚀量的定量预测、评价是制定水土保持规划,确定治理方案、方法、措施的基础。小流域土壤流失过程是水文气象因子、下垫面因子的函数<sup>[1]</sup>。水文气象因子包括降雨量、径流量等,下垫面因子包括流域几何特征、地貌特征、植被与土地利用、水保措施等。

本文以南岸区为例,进行水土流失评价研究。重庆市南岸区位于东经 106°31'4"~106°47'2"、北纬 29°27'2"~29°37'2"之间,全区幅员面积 262.50 km<sup>2</sup>,其水土流失面积为 134.78 km<sup>2</sup>。受地形、地貌和气候条件影响,夏季暴雨多,水土流失明显,再加之该区人类不合理利用土地资源,农村陡坡垦殖,毁林开荒,使这部分地表受到扰动,植被受到破坏,更

加剧了该区的水土流失,所以有必要对该区进行水土流失强度分析。水土流失强度分析必须依赖影响水土流失的各因子的综合影响情况,本文重点是对水土流失各因子做叠加分析,然后得出水土流失强度,进而提出治理措施。

## 2 研究方法

### 2.1 通用水土流失方程

20 世纪 60 年代由 WISCHMEIER 等提出的通用水土流失方程,建立了水土流失量及其各影响因子的统计关系/模型,其因子解释具有较强的物理意义<sup>[2,3]</sup>。

$$A = RKLSCP$$

式中  $A$  为单位面积年平均土壤流失量,  $R$  为降雨因子,  $K$  为土壤因子,  $L$  为坡长因子,  $S$  为坡度因子,  $C$  为植被因子,  $P$  为水土保持措施因子。在我

\* 收稿日期:2005-04-01

资助项目:重庆市南岸区水土保持规划课题

作者简介:魏兴萍(1974-),女,四川广安人,硕士研究生,研究方向为地理信息系统。

国通用水土流失方程已经被广泛地应用在水土流失的预测和治理工作中<sup>[1]</sup>,例如周伏建等<sup>[4]</sup>、张宪奎等<sup>[5]</sup>利用水土流失方程分别计算了福建省、黑龙

江省的水土流失量,普遍认为水土流失通用方程能够较好地适用于我国的水土流失估算和分析<sup>[6]</sup>。

## 2.2 分析水土流失的技术路线图

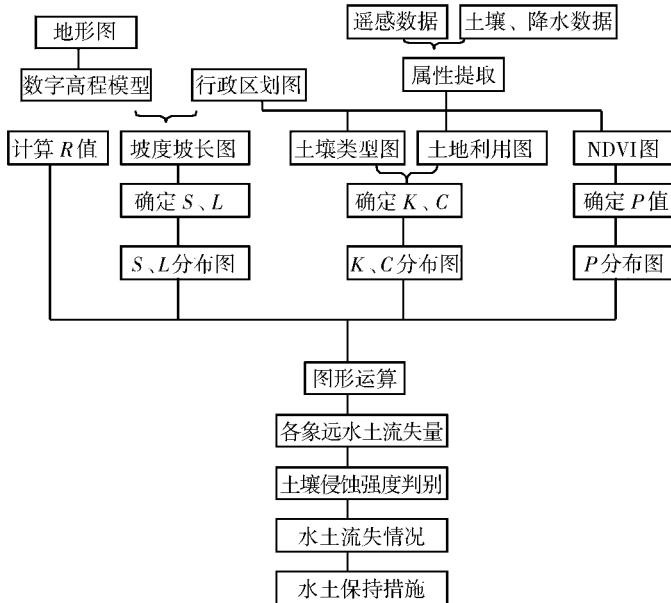


图 1 分析水土流失的技术路线图

## 2.3 水土流失各因子确定

### 2.3.1 降水侵蚀力—R 值

降水侵蚀力是指由降水引起土壤侵蚀的潜在能力,它是降水的物理性质函数,也是引起土壤侵蚀产沙的主要动力因素。国内外对降水侵蚀力的计算进行了大量的研究,从综合资料的可得性及适应范围看,  $EI_{30}$  仍是世界上应用最广的降水侵蚀力指标。虽然  $EI_{30}$  方法是一种比较好的计算方法,但是采用这种方法需有完整的降雨过程记录,而实际工作中往往很难获取系统的自记降雨资料,往往只能获得年降雨资料,至多获得各月的降雨,所以这里采用高克昌写的重庆市主城区降雨侵蚀力计算方法模型进行研究<sup>[7]</sup>。

$$R = 0.685X_3 - 67.17X_2 + 2178.6X - 21347 \quad (r^2 = 0.9708)$$

$$X = 0.94x_4 + 0.52x_5 + 3.9x_6 + 6.96x_7 + 6.42x_8 + 2.07x_9 + 0.46x_{10}$$

算出重庆南岸区 R 值为  $3175 \text{ MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ 。

### 2.3.2 土壤因子—K 值的确定

K 值反映了在其它影响因子不变时,不同类型土壤所具有的不同侵蚀速度。土壤的物理特性,如土壤质地、结构的大小及稳定性、粘粒类型、土壤的渗透性、有机质含量和土壤厚度等影响着土壤的侵蚀速度。K 值的大小一般在 0.02~0.75 之间。根据土壤颗粒组成、有机质含量、土壤结构、土壤渗透性等因素编制成图,供计

算时使用<sup>[8]</sup>。

### 2.3.3 地形起伏度—LS 值的确定

以 1:10 000 CAD 为基本图件,首先在 Autocad 里做等高线图,并把每条高程线标上高程值,然后把高程图从 Autocad 里提出来,利用 Arcview 将该文件转成 Shape 格式转成 Tin 模型再转成栅格图形(利用 ArcToolbox 中的 Conversation Tools 中的 Tin to Grid,将坡度重分类分成 8 级),在 Arcmap 中利用 Spatial Analyst 将该高程图转成坡度图,为土壤侵蚀量预测提供基础数据。

### 2.3.4 植被因子—C 值的确定

C 因子为侵蚀动力的抑制因子,起着保持水土的作用。植被覆盖因子是影响水土流失的重要因素之一,且具有人为可控的特性。该研究参考蔡崇法等人提出的不同土地利用 C 因子值:林地、疏林地、荒地、经济林、坡耕地、水田、居民地的 C 值分别为 0.006、0.017、0.06、0.31、0.18、0.04<sup>[9]</sup>。

### 2.3.5 水土保持措施因子—P 值的确定

水土保持措施因子是采取水保措施后,土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值。通常,自然植被和坡耕地的 P 值为 1,农耕梯地为 0.3。利用获取 C 因子值相同的方法,得各栅格 P 值。

## 2.4 土壤侵蚀强度等级图的叠加分析

(1) 根据刚才地形起伏度—LS 值的确定得到一幅南岸区坡度图。

(2) 在 Autocad 里把各个土地利用类型封闭好,提取出来,并把它转成 Shape 格式,建 topo,形成土地利用现状图。

(3) 土地利用现状图和坡度图做矢量叠加,生成土地利用坡度叠加图。

(4) 再根据 ULSE 模型各因子的取值,在 Arc-

view3.2 Spatial Analysis 模块 Map Algebra 支持下,预测土壤侵蚀量,并生成土壤侵蚀量图层。根据中国土壤侵蚀强度等级划分标准,利用土壤侵蚀量图生成南坪区土壤侵蚀强度等级图。

(5) 成图过程

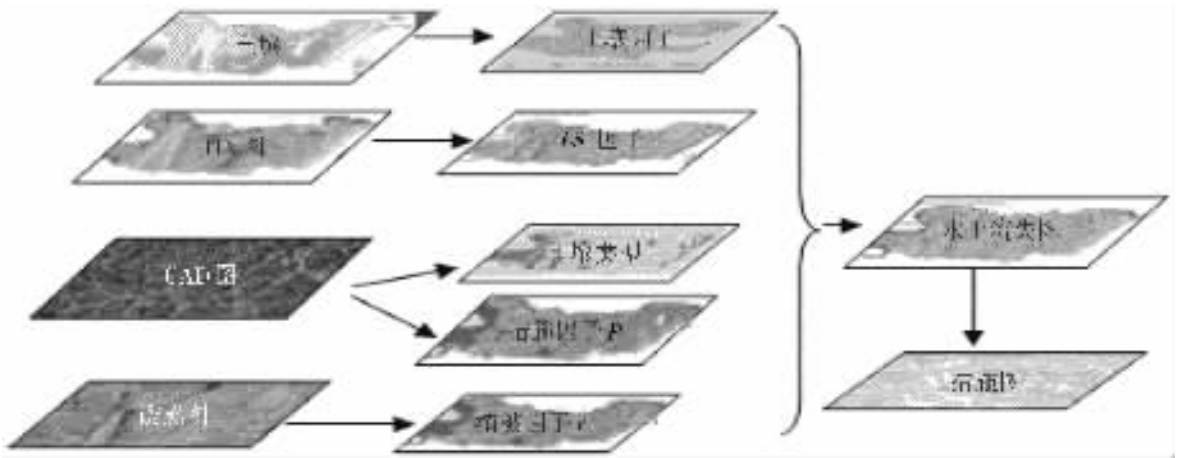


图 2 土壤侵蚀强度等级图

### 3 结果分析

#### 3.1 土壤侵蚀总量、强度等级分析

南岸区土壤侵蚀强度等级见表 1。南岸区水土流失面积为 134.78 km<sup>2</sup>,其中轻度侵蚀主要分布在坡度较缓的林地,面积为 49.93km<sup>2</sup>,占流失区面积

37.1%;中度侵蚀主要分布在草地和稀疏林地,面积为 32.08 km<sup>2</sup>,占流失区面积 23.8%。强度和极强度侵蚀主要分布在旱地,面积为 52.77 km<sup>2</sup>,占流失区面积 39.1%。土壤侵蚀模数 2 793t/km<sup>2</sup>,年均土壤侵蚀量 72.59 万 t/a。

表 1 南岸区水土流失强度等级表

侵蚀等级	侵蚀模数 (t·km <sup>-2</sup> )	面积 /hm <sup>2</sup>	平均土壤侵蚀量 (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	侵蚀总量 (t·a <sup>-1</sup> )	面积比例 /%	侵蚀量比例 /%
正常	<500	12 772	250	31 930	48.66	4.3
轻度	500~2 500	4 993	1 500	74 745	19.02	10.07
中度	2 500~5 000	3 208	3 800	121 904	12.22	16.42
强度	5 000~8 000	2 429	6 500	157 885	9.25	21.27
极强度	8 000~15 000	2 848	12 500	356 000	10.85	47.94
剧烈	>15 000	0		0	0	
合计		26 250	24 550	742 464	100	100

#### 3.2 土地侵蚀量与土地利用类型分析

不同土地利用类型土壤侵蚀量的差异较大,小流域各土地利用类型年平均侵蚀量为 2 793t/(km<sup>2</sup>·a),其中岩石裸露区侵蚀量最大,年平均侵蚀量为 1.27 万 t/(km<sup>2</sup>·a),其次是荒山荒地,年平均侵蚀量为 6 793t/(km<sup>2</sup>·a),局部侵蚀量较大的还出现在农耕区中旱地坡耕地上。侵蚀量较小的土地利用类型为有林地、灌木林地等有植被覆盖

的类型。

#### 3.3 土壤侵蚀量与坡度相关分析

地形是影响小流域土壤侵蚀量的最显著因素,小流域土壤侵蚀量与坡度呈显著正相关。当坡度为 0~5°时,平均土壤侵蚀量为 525t/(km<sup>2</sup>·a),随坡度增加,土壤侵蚀量加大,当坡度大于 25°时,平均土壤侵蚀量能达 15 000t/(km<sup>2</sup>·a)。小流域各坡度级土壤侵蚀量见表 2。

表 2 小流域各坡度级土壤侵蚀量表

坡度级(°)	面积/km <sup>2</sup>	平均侵蚀量/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	侵蚀总量/t
0~5	7.52	525	3 948
5~15	32.64	5 000	163 200
15~25	33.43	10 000	334 300
>25	17.30	15 000	259 500

## 4 结论

对于重庆市南岸区小流域的综合治理,采取沟坡结合的治理模式,以小流域为单元,按照山水林田路综合治理原则进行治理,效果较好。25°以上坡耕地及荒山荒坡优质、高效的经果林,采取山顶封育管护等措施,为实现山川秀美探索了一条可行的有效途径<sup>[10]</sup>。通过运用地理信息系统进行小流域水土流失分析,可看出较传统的方法更经济可行,在今后应将 3S(GIS、RS、GPS)技术接合起来更好地为小流域水土流失研究服务。

### 参考文献:

- [1] 杨勤科,李锐. 中国水土流失和水土保持定量研究进展[J]. 水土保持通报,1998,18(5):13-18.
- [2] 郭跃. 传统农业与现代土壤侵蚀[J]. 重庆师范学院学报

(自然科学版),1995,12(1):92-94.

- [3] RENARD K G, FOSTER G R, WEESIES G A, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook No. 537[M]. Washington: United States Department of Agriculture, 1997.
- [4] 周伏建,陈明画,林福兴,等. 福建省土壤流失预报研究[J]. 水土保持学报,1995,9(1):25-36.
- [5] 张宪奎,许清华,卢秀琴,等. 黑龙江省水土流失方程的研究[J]. 水土保持通报,1992,12(4):1-3.
- [6] 王小丹,钟祥浩,范建容. 西藏水土流失敏感性评价及其空间分异规律[J]. 地理学报,2004,59(2):183-188.
- [7] 高克昌,赵纯勇. 重庆市主城区降雨侵蚀力计算方法研究[J]. 中国水土保持 SWCC,2002(6):22-24.
- [8] 孙立达,孙保平,齐实. 小流域综合治理理论与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992.
- [9] 蔡崇法,丁树文,史志文,等. 应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报,2000,14(2):19-24.
- [10] 薛丽霞,赵纯勇,郭跃,等. 张家沟小流域水土保持持续发展研究[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版),2001,18(3):77-81.

(责任编辑 欧红叶)