

# 基于 GIS 的广西土壤侵蚀敏感性评价

卢 远<sup>1,2</sup>, 华 璀<sup>2</sup>, 周 兴<sup>2</sup>

(1. 中科院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 广西师范学院资源与环境学院, 南宁 530001)

**摘 要:**以通用土壤流失方程为基础, 选择了降雨侵蚀力、地形起伏度、土壤质地和植被覆盖等自然因子作为土壤侵蚀敏感性的评价指标, 根据广西自然环境特征, 制定评价指标的分级标准, 在 GIS 技术支持下, 对广西的土壤侵蚀敏感性的影响因子的逐一分级评价和综合评价, 明确了广西土壤侵蚀发生的可能程度和空间分布规律, 并提出了有关水土保持对策。

**关键词:**土壤侵蚀; 敏感性; 广西

**中图分类号:** S157; TP79

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2007)01-0098-03

## GIS-based Sensitivity Evaluation for Soil Erosion in Guangxi

LU Yuan<sup>1,2</sup>, HUA Cui<sup>2</sup>, ZHOU Xing<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

2. Faculty of Resources and Environmental Sciences, Guangxi Teachers College, Nanning 530001, China)

**Abstract:** Guangxi Zhuang Autonomous Region is a widely mountainous and karst province, with intense soil erosion and fragile eco-environment. In the present study, Universal Soil Loss Equation (USLE) was used in conjunction with GIS Arc/Info to evaluate the soil erosion sensitivity in Guangxi. The indices were derived by processing spatial data and MODIS imagery, which included precipitation, topology, soil and vegetation coverage. According to the natural environment characteristics of Guangxi, the indices for soil erosion sensitivity were classified into five different degrees. Also, an integrated evaluation map of soil erosion sensitivity was drawn by overlapping function of GIS. The spatial characteristic of soil erosion sensitivity was clearly analyzed. Furthermore, the effective countermeasures controlling the soil erosion are discussed.

**Key words:** soil erosion; sensitivity evaluation; Guangxi

## 1 引言

土壤侵蚀敏感性是指在自然状况下, 发生土壤侵蚀可能性的大小。土壤侵蚀敏感性评价是为了识别容易形成土壤侵蚀的区域, 评价土壤侵蚀对人类活动的敏感程度、地区范围和分布规律<sup>[1]</sup>。土壤侵蚀敏感性评价, 可为制定生态环境保护与建设规划、维护区域生态安全、促进社会经济可持续发展提供科学依据。广西地处云贵高原与东南沿海丘陵、平原的过渡带。四周被山地围绕, 呈盆地状, 山地丘陵占陆地面积的 75.6%, 岩溶面积占陆地面积的 37.8%, 且地形较为破碎<sup>[2]</sup>。气候属热带和亚热带地区, 雨量充沛且降雨集中, 冲刷能力强, 加之原生植被遭受了破坏, 以及抗蚀性弱的母岩和土壤广为分布, 使得广西极易发生土壤侵蚀。开展土壤侵蚀敏感性评价, 对于广西生态环境建设和社会经济的可持续发展有重要的意义。

## 2 研究方法

根据 Renard K. G. 等人提出的土壤侵蚀方程, 影响土壤侵蚀的因素主要有: 降水侵蚀力 ( $R$ )、土壤质地 ( $K$ )、坡度坡向 ( $LS$ ) 与地表覆盖 ( $C$ ) 和农业措施 ( $P$ )<sup>[3]</sup>。土壤侵蚀敏感性评价是不考虑人为因素下对容易产生土壤侵蚀程度的判别, 农业措施 ( $P$ ) 是与人类活动密切相关的因子, 与生态系

统的自然敏感性关系不大, 因此在这里不予考虑。

### 2.1 降雨侵蚀因子 ( $R$ ) 计算

广西地处亚热带, 南临海洋, 受季风气候影响湿热多雨, 雨量充沛, 但时空分布很不均匀, 每年汛期 (5~9 月) 降雨量占年雨量高达 70%~90%, 加剧土壤侵蚀的客观条件。降雨是引起土壤侵蚀的最重要的因子, 它主要是由降雨雨滴所携带的动能对土粒产生冲击而引发土壤冲蚀。在实际研究中, 常采用综合参数  $R$ ——降雨冲蚀潜力来反映降雨对土壤流失的影响。近十几年来, 国内许多学者通过对各地区资料的统计分析, 提出了不同地区  $R$  值的估算公式<sup>[3]</sup>。本文采用周伏建等人提出的降水冲蚀潜力计算方法<sup>[4]</sup>, 对广西降水侵蚀因子  $R$  值进行估算。其计算公式为:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-2.6398 + 0.3046 P_i) \quad (1)$$

式中:  $R$ ——降雨侵蚀力 ( $J \cdot cm/m^2 \cdot h$ );  $P_i$ ——月降雨量 (mm)。根据公式 (1), 利用广西 91 个气象台站的多年降雨资料, 计算出全区各气象台站的  $R$  值, 采用 ArcGIS 系统 3D analyst 模块插值生成全区  $R$  值栅格分布图 (100 m × 100 m), 用来评价降水因子的土壤侵蚀敏感性。结果表明, 全区降雨侵蚀因子  $R$  值在 332.4~955.4  $J \cdot cm/(m^2 \cdot h)$  之间。

### 2.2 地形因子 ( $LS$ ) 方法

地形因子对土壤侵蚀的影响可通过坡度 ( $S$ ) 与坡长 ( $L$ )

\* 收稿日期: 2006-02-28

基金项目: 广西自然科学基金项目“广西生态功能区划研究”资助

作者简介: 卢 远 (1971-), 男, 广西横县人, 副研究员, 主要从事生态环境、GIS 应用领域研究。

的乘积进行量化。但对于大尺度的分析,坡长坡度因子 ( $LS$ ) 是很难计算的。地形起伏度是指地面一定距离范围内最大的高程差,它反映了坡度、坡长等地形因子对土壤侵蚀的综合影响,也可以作为区域土壤侵蚀敏感性评价的地形指标<sup>[5]</sup>。本文的地形起伏度的计算方法:在 ArcGIS 的 GRID 模块支持下,利用 1:25 万数字地形图生成数字高程模型 (DEM) (100 m ×100 m),采用 Focal 函数分别计算 3 ×3 窗口的最大高程值和最小高程值,再将最大高程值和最小高程值进行差值运算,即得地形起伏度因子的分布图。

2.3 土壤因子值 ( $K$ ) 计算

土壤是水土流失发生的主体,是被侵蚀的对象。土壤质地对风化过程、风化产物、土壤类型及其抗侵蚀能力都有重要的影响。按照第二次土壤普查的分类标准,广西土壤主要有水稻土、砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤、黄棕壤、紫色土、石灰土、红黏土、粗骨土、砂姜黑土、山地草甸土、潮土、滨海盐土、新积土、硅质白粉土和火山灰土等类型<sup>[6]</sup>。以 1:50 万土壤类型

图为基础底图,将其扫描数字化后,根据表 1 的分级标准进行分级,生成 100 m ×100 m 土壤类型的侵蚀敏感性分布图。

2.4 植被覆盖因子 ( $C$ ) 计算

植被是防止土壤侵蚀的一个重要因子,其防止侵蚀的作用主要包括对降雨能量的削减作用、保水作用和抗侵蚀作用。广西植被资源较为丰富,类型多样,主要由森林、灌丛、草类构成,以松、杉、竹、常绿阔叶林、灌木为主,桂西北多为岩溶山区,山高坡陡,土层薄,植被覆盖率很低。不同的地表植被类型,防止侵蚀的作用差别较大。植被指数是反映地表面的植被覆盖状况的有效指标之一。当植被覆盖度在 25 % ~ 80 % 之间时,NDVI 随植被覆盖量呈线性增加,因此利用植被指数 NDVI 可以有效测定植被覆盖程度<sup>[7]</sup>。本文采用 MODIS 植被指数产品 MOD13Q1 (分辨率为 250 m) (2004 年 5 ~ 9 月) 最大值合成影像与土地利用现状图,综合确定植被覆盖因子的对土壤侵蚀的敏感性,并对不同级别的植被指数进行分级赋值。

表 1 广西土壤侵蚀敏感性影响因子的分级赋值标准

因子/分级	一般敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
降雨侵蚀因子 ( $R$ )	< 400	401 ~ 490	491 ~ 600	601 ~ 780	> 780
土壤可蚀因子 ( $K$ )	水稻土、新积土、粗骨土、潮土、滨海盐土泥炭土	红黏土、砂姜黑土、褐土、暗棕壤、山地草甸土	黄棕壤、棕壤、硅质白粉土	红壤、黄褐土、黄壤、棕红壤	石灰土、紫色土、火山灰土
地形起伏度 ( $LS$ )	0 ~ 10.5 m	10.6 ~ 27 m	27.1 ~ 46.5 m	46.6 ~ 70 m	> 70 m
植被覆盖因子 ( $C$ )	水体、滩涂、沼泽、水田, NDVI<0.20	阔叶林、灌丛, NDVI>0.61	针叶林、果园、草地、旱地, NDVI0.46~0.6	稀疏林地、荒草地和坡耕地, NDVI0.31~0.45	裸露土地、裸岩石山地等区, NDVI0.21~0.30
分级赋值	1	3	5	7	9
分级标准	1.0~2.11	2.12~2.77	2.78~3.22	3.23~3.65	3.65~5.47

2.5 土壤侵蚀敏感性综合评价

在参照国内专家对土壤侵蚀敏感性评价的研究成果的基础上<sup>[1,3]</sup>,根据广西的自然环境特征,确定主要影响因子评价指标的敏感性等级(表 1)。根据各因子的敏感性分级标准,运用 GIS 编制广西降雨侵蚀力对土壤侵蚀敏感性分布图、地形起伏度对土壤侵蚀敏感性分布图、土壤质地对土壤侵蚀敏感性分布图、植被类型对土壤侵蚀敏感性分布图,然后利用 GIS 空间叠加分析功能和几何平均数法计算土壤侵蚀敏感性综合指数,具体计算公式如下:

$$SS_j = \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 C_i} \tag{2}$$

式中: $SS_j$ —— $j$  空间单元土壤侵蚀敏感性指数,  $C_i$ —— $i$  因素敏感性等级值。在此基础上,运用自然分界法(Natural break)和定性分析相结合方法,将土壤侵蚀敏感性综合指数划分为 5 个级别(表 1),即一般敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感,即得到广西土壤侵蚀敏感性分布图(图 1)。运用行政区划图与土壤侵蚀敏感性综合评价图进行叠加处理,统计得到广西各地级市的不同土壤侵蚀敏感程度的面积(表 2)。

3 结果与分析

根据上述评价,广西土壤侵蚀敏感性共分为 5 个等级区域,即极敏感区、高度敏感区、中度敏感区、轻度敏感区和一般敏感区。其中极敏感区面积为 18 554.6 km<sup>2</sup>,占陆地面积 7.9 %;高度敏感区面积为 48 227.0 km<sup>2</sup>,占陆地面积 20.4 %;中度敏感区面积为 73 754.7 km<sup>2</sup>,占陆地面积 31.2 %;轻度敏感区面积为 68 115.5 km<sup>2</sup>,占陆地面积 28.8 %;一般敏感区面积为 27 585.9 km<sup>2</sup>,占陆地面积 11.7 %。

中度敏感性以上级别占陆地面积的 59.5 %。不同的土壤侵蚀敏感程度的空间格局如下:

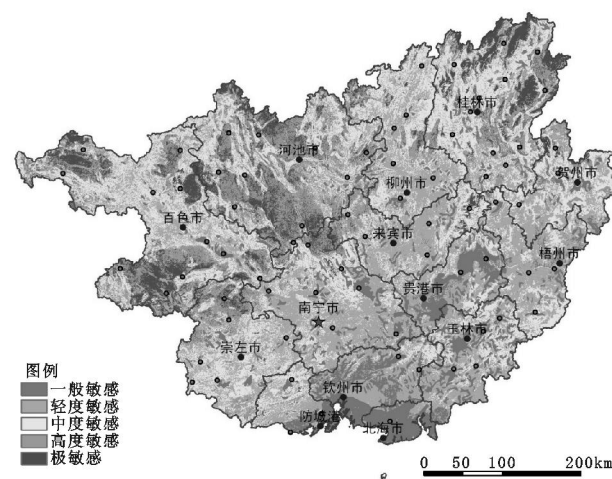


图 1 广西土壤侵蚀敏感性分布图

3.1 极敏感区

极敏感区的主要分布于桂西北的金钟山、岑王老山、东风岭、都阳山一带,桂东北的都庞岭、越城岭、驾桥岭一带,以及桂西南的那坡、德保、靖西一带,这里大多是喀斯特峰丛洼地区和陡峭的高山地区,地形起伏大,土壤又多以极易被侵蚀的石灰土、紫色土为主,地表植被覆盖条件也很差,多为裸岩石砾地,土壤侵蚀极其敏感。

3.2 高度敏感区

高度敏感区主要分布在桂西北的右江谷地两侧边缘的山

地,德保的龙须河流域,那坡的规弄山区,桂中的柳州盆地的周边,桂西南的天等、隆安、大新、龙州、凭祥、宁明,以及防城、上思的十万大山一带,这里是低山、高丘,谷地或盆地的外缘,即极敏感区的外围,地形起伏相对较为平缓,但土壤类型是易被侵蚀的石灰土、紫色土或中轻壤为主,植被覆盖条件相对较好,多以灌杂木和旱地为主,多为中度-轻度敏感级。

表 2 广西土壤侵蚀敏感性评价结果

地 市	一般敏感		轻度敏感		中度敏感		高度敏感		极敏感	
	km <sup>2</sup>	比例/ %	km <sup>2</sup>	比例/ %	km <sup>2</sup>	比例/ %	km <sup>2</sup>	比例/ %	km <sup>2</sup>	比例/ %
南宁市	2989.0	13.5	9724.5	44.0	6146.3	27.8	2673.7	12.1	567.0	2.6
柳州市	1240.1	6.7	6413.8	34.6	7026.4	37.9	3325.5	17.9	526.5	2.8
桂林市	2093.5	7.6	3338.2	12.1	10593.9	38.3	7357.7	26.6	4269.9	15.4
梧州市	1215.3	9.7	6912.6	55.2	3728.0	29.7	668.2	5.3	9.8	0.1
北海市	1210.1	36.3	1448.5	43.5	534.4	16.0	140.5	4.2	0.0	0.0
钦州市	3638.1	34.2	4270.4	40.2	2142.5	20.2	528.7	5.0	52.2	0.5
防城港	1323.7	22.4	2077.9	35.2	1842.2	31.2	582.2	9.9	74.0	1.3
崇左市	1216.7	7.0	4429.5	25.6	6832.7	39.5	4096.2	23.7	740.3	4.3
玉林市	3566.9	27.8	5428.2	42.4	3192.8	24.9	606.2	4.7	22.5	0.2
贵港市	3973.2	37.4	4073.1	38.4	1944.5	18.3	599.2	5.6	30.7	0.3
贺州市	2012.2	17.1	4149.7	35.3	3745.5	31.9	1513.2	12.9	327.6	2.8
来宾市	964.3	7.2	5566.2	41.5	3921.2	29.2	2437.1	18.2	532.0	4.0
百色市	1080.4	3.0	5920.6	16.4	12576.2	34.8	10750.2	29.7	5839.1	16.1
河池市	1062.6	3.2	4362.4	13.0	9528.0	28.5	12948.5	38.7	5563.1	16.6
合 计	27585.9	11.7	68115.5	28.8	73754.7	31.2	48227.0	20.4	18554.6	7.9

3.3 中度敏感区

中度敏感区主要分布在桂北的融江、桂西北的右江、桂西南的左江等流域,这里地貌多是丘陵地区,地形起伏比较平缓,但土壤类型以石灰土为主,植被覆盖受人为的影响很大,多数已被垦殖为耕地。此外,中度敏感区在桂东丘陵区亦有较大面积分布,这里地形起伏比较大,降雨冲蚀力强,土壤多为由花岗岩、砂岩等岩石风化而成的红壤。

3.4 轻度敏感区

轻度敏感区主要分布于桂中、桂东南一带的盆地与平原地区,如柳州盆地、明江谷地、钦江谷地、南流江谷地、贺江谷地、漓江谷地、大小环江谷地等一带,地貌多以缓坡丘陵、低山地和台地为主,地形起伏为中等——轻度,土壤多为红黏土、红壤为主,植被覆盖条件相对比较好。

3.5 一般敏感区

一般敏感地区则主要分布在地势低平河谷区或平原区,如桂南沿海、桂东南、桂中及左江河谷,如南部滨海平原、南宁盆地、宾阳—武陵山前平原、郁江—浔江沿岸平原、贺江中下游平原、玉林盆地、钦江三角洲、南流江三角洲等,这些地区地势平坦、土层深厚,土地利用相对较充分,目前大部分已开垦成水田或旱地。此外,还包括河流、湖泊和水库等水域。

4 结论与建议

本文在 GIS 软件的支持下,开展了广西土壤侵蚀敏感性综合评价,其评价结果反映了广西土壤侵蚀的敏感程度,体现了生态系统中各要素因子的相互作用。通过对土壤侵蚀敏感性分布规律的分析可以看出,水土流失高度敏感和极敏感区主要分布于桂西和桂北一带,土壤侵蚀敏感性呈现从西北往东南减弱趋势。从土壤侵蚀机制上看,由于广西地处云

贵高原与东南沿海丘陵、平原的过渡带,山地丘陵占陆地面积的 75.6%,裸露的岩溶面积占陆地的 33.3%,紫红色砂页岩面积占 8.5%;加之充沛的降雨(年平均降水量为 1 200 ~ 2 000 mm)和频繁的暴雨,以及抗蚀性弱的石灰土、紫色土广为分布,为土壤侵蚀的形成和发展提供了有利的外动力条件和物质基础。此外,由于历史的原因和其它因素限制,广西社会与经济发展较为缓慢,农业和农村经济长期滞后,农民生活水平较低,农业生产技术落后,不少地区由于过度砍伐森林,毁林毁草开垦,植被遭到严重破坏,从而导致土壤侵蚀加剧。

根据上述的分析,本文提出了广西水土保持控制的建议和对策如下:(1)坚持以水土保持为目的,以生态效益为中心,兼顾经济和社会效益,调整农业产业结构;继续加强生态恢复和水土保持工作,有效控制坡面侵蚀;通过多渠道、多层次、多方位筹集生态建设与水土保持基金,将水土保持建设与生态恢复、山区综合开发、扶贫开发等有机地结合起来。(2)坚持预防监督,保护环境和综合治理、建设生态相结合,严禁滥砍滥伐、毁林开荒,保护现有植被,同时还应抓好退耕还林工作,严格控制牲畜放牧,以利植被恢复,这是广西搞好生态建设与水土保持的重要一环。(3)切实做好重大工程建设的水土保持和预防监督工作,进行环境友好的工程建设反馈设计,将工程建设对环境的影响降低到最小程度,减少工程建设造成新的水土流失。(4)加强土壤侵蚀科学研究。广西地处珠江中上游,侵蚀环境复杂,类型多样,人类活动影响强烈,但侵蚀研究极为薄弱。建议立项开展该区土壤侵蚀的系统研究,进一步加强水土保持的试验示范,预测流域侵蚀与河流泥沙变化趋势,为水土保持、生态建设、防洪、水利、水电等重大工程项目的决策和规划提供科学依据。

参考文献:

[1] 王效科,欧阳志云,肖寒,等.中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究[J].生态学报,2001,21(1):14-19.  
[2] 周兴.广西土地合理利用与生态环境建设探讨[J].热带地理,2001,21(2):113-117.  
[3] 王万忠,焦菊英.中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J].水土保持通报,1996,16(5):1-20.  
[4] 周伏建,陈明华,林福兴,等.福建省降雨侵蚀力指标 R 值[J].水土保持学报,1995,9(1):13-18.  
[5] 刘新华,杨勤科,汤国安.中国地形起伏度提取及在水土流失定量评价中应用[J].水土保持通报,2001,21(1):57-62.  
[6] 马超飞,马建文,布和敖斯尔. USLE 模型中植被覆盖因子的遥感数据定量估算[J].水土保持通报,2001,21(4):6-9.  
[7] 广西壮族自治区土地管理局.广西土地资源[M].南宁:广西人民出版社,1999.