

# GIS 支持下的土壤侵蚀潜在危险度分级方法研究及应用

闵婕<sup>1</sup>, 杨华, 赵纯勇

(重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047)

**摘要:** 根据土壤侵蚀特点, 在 ARCGIS 8.3 地理信息系统(GIS)支持下, 有效地实现了区域土壤侵蚀强度分级并在此基础上进行了区域土壤侵蚀潜在危险的分级及其空间分析。首先, 采用区域土壤侵蚀定量模型估算土壤侵蚀量, 再用土壤年均侵蚀量、土层厚度和土壤容重得到土壤抗蚀年限图, 按水利部标准将土壤侵蚀潜在危险度分为 5 级。最后, 为了表明该区域土壤侵蚀潜在危险度的大小, 还提出了土壤侵蚀潜在危险指数(SEPDI)。以三峡库区的丰都县城为例进行了研究, 并且分析了其空间分布特点。

**关键词:** 土壤侵蚀潜在危险; 地理信息系统; 土壤侵蚀潜在危险指数

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2005)04-0061-04

中图分类号: S157.1; P208

## GIS Based Gradation Method and Its Use of Soil Erosion Risk

MIN Jie<sup>1</sup>, YANG Hua, ZHAO Chun-yong

(Dept. of Geography, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:** Soil erosion risk was graded using results from an analysis of soil erosion characteristics based on Geographical Information System ARCGIS. The process of grading the potential danger of soil erosion and its spatial distribution is straightforward in ARCGIS. Firstly, soil erosion modulus is estimated using a water erosion model, and maps of soil density and soil horizon thickness are derived from detailed soil survey data. Then, the temporal character of soil loss is calculated using soil erosion modulus, soil thickness and soil density. Next, in line with Ministry of Water Resources' classification standards, the potential danger of soil erosion is divided into five grades and an index of soil erosion potential danger (SEPDI) is established. The SEPDI has been tested in a case study in Fengdu County in the Three Gorges area, with ARCGIS used to assess erosion potential distribution characteristics.

**Keywords:** soil erosion risk; geographical information system(GIS); index of soil erosion risk

## 1 引言

土壤侵蚀潜在危险度首先用于评估、预测在无明显侵蚀区引起侵蚀和现状侵蚀区加剧侵蚀的可能性大小;其次,表示侵蚀区以当前侵蚀速率发展,该土层承受的侵蚀年限(抗蚀年限),以评估和预测侵蚀破坏土壤和土地资源的严重性<sup>[1]</sup>。侵蚀潜在危险度的评估与预测,不仅对保护土地资源及环境系统,同时对土地经营、农业开发及经济建设都具有预防预警的重大意义<sup>[2-3]</sup>。

通常土壤侵蚀潜在危险度的计算有 2 种方法<sup>[1]</sup>:一是根据受蚀土壤扣除临界土层的有效土层厚度与年平均侵蚀深度的比值,计算出该土壤表层所能承受侵蚀的年限;另一种以主要侵蚀因子权重评分法进行分级。前者比较简单、直观;后者则比较复杂,可操作性差,且主观任意性较大。近年来,土壤侵蚀潜在危险度分级在方法上已由定性及简单定量发展到模式

化进程;在技术上有地理信息系统(GIS)和遥感(RS)等新技术的尝试<sup>[4-5]</sup>。本文就以三峡库区的丰都县城作为研究区域,在 ARCGIS 地理信息系统支持下,讨论了基于 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度的分级方法及其空间分布特点。

## 2 土壤侵蚀潜在危险度分级方法

### 2.1 土壤侵蚀量的估算

土壤侵蚀量的求法很多,有 USLE, RUSLE, WEPP, ANSWERS, EPIC 等,但这些模型多适用于缓坡地,这里采用区域土壤侵蚀遥感定量模型来计算土壤侵蚀量。

区域土壤侵蚀遥感定量模型是以侵蚀因子和侵蚀量的匹配关系为基础,对因子进行定量化的分析与综合评判,建立因子的不同组合与侵蚀量的对应关系,实质上是建立侵蚀因子与侵蚀强度的对应关系。而侵蚀强度是以年均侵蚀模数为判别依据。因此,侵

蚀模型的建立就是建立侵蚀强度与因子之间的定量匹配关系,这种匹配关系可以用表函数的形式表达,通过逻辑运算实现。不同侵蚀类型,影响侵蚀强度的因子不同,即使是同一因子,因子值不同对侵蚀量的影响程度也不相同。据本研究的遥感信息源、监测技

术路线和采用 GIS, RS 的技术,经过大量文献和研究,提出关于水力侵蚀的定量匹配模型:选择土地利用类型、植被覆盖度和地面坡度等因子,进行水蚀定量判别因子,该模型是将水利部行业标准中面蚀分级参考指标推广,用于整个水蚀,因子匹配模型如表 1。

表 1 水蚀定量判别因子匹配模型<sup>[1]</sup>

地面坡度		< 5°	5°~8°	8~15°	15°~25°	25°~35°	> 35°	水域、城镇居民点
非耕地 林草覆盖度	60%~75%	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度	微度
	45%~60%	微度	轻度	轻度	中度	中度	强度	微度
	30%~45%	微度	轻度	中度	中度	强度	极强度	微度
	< 30%	微度	中度	中度	强度	极强度	剧烈	微度
坡耕地		微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈	微度

在模型研究中,涉及到水蚀定量评价的评价单元确定和因子值的提取方法,评价单元一般采用规则网格法和自然地理地貌综合法等确定。基于遥感信息进行侵蚀因子值的提取。目前主要采用人机交互目视判度识别法。上述 3 个方面——模型、评价单元和因子值提取——总是相互对应或密切关联的。

## 2.2 土壤抗蚀年限的估算

土壤抗蚀年限是受蚀土壤扣除临界土层的有效土层厚度与年均侵蚀深度的比值,即:

$$Y_c = l_0^4 * (H - 10) * D / A \quad (1)$$

式中:  $Y_c$ ——土壤抗蚀年限(a);  $H$ ——土层厚度(cm);  $D$ ——土壤容重( $g/cm^3$ );  $A$ ——年侵蚀模数 [ $t/(km^2 \cdot a)$ ];  $l_0^4$ ——单位换算系数; 10——临界土层厚度(cm)。

## 2.3 土壤侵蚀潜在危险度分级

根据水利部制定标准(表 2),土壤侵蚀潜在危险度分为 5 级,即无险型、轻险型、危险型、极险型和毁坏型。

表 2 水蚀区危险度分级

级别	类型	临界土层的抗蚀年限/a
iv	无险型	> 1 000
㊦	轻险型	100~1 000
㊧	危险型	20~100
㊨	极险型	< 20
㊩	毁坏型	裸岩、明沙、土层不足 10 cm

## 2.4 土壤侵蚀潜在危险指数

土壤侵蚀潜在危险指数(SEPDI: the index of soil erosion potential danger)是为了表明某一地区或地类

土壤侵蚀潜在危险性的大小,根据该地区或地类土壤侵蚀潜在危险度不同等级面积的加权法进行综合评价,其计算方法为:

$$D_i = (M_1 + 2M_2 + 3M_3 + 6M_4 + 9M_5) / (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5) \quad (2)$$

式中:  $D_i$ ——土壤侵蚀潜在危险指数;  $M_1$ ——无险型(iv)面积;  $M_2$ ——轻险型(㊦)面积;  $M_3$ ——危险型(㊧)面积;  $M_4$ ——极险型(㊨)面积;  $M_5$ ——毁坏型(v)面积。

$D_i$  值为 1—9, 值越大表明该区域或地类土壤侵蚀潜在危险越大。

## 3 基于 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度分级研究实例

### 3.1 研究区域概况

丰都县位于东经  $107^{\circ}20'03''$ — $108^{\circ}12'37''$ , 北纬  $29^{\circ}33'18''$ — $30^{\circ}16'25''$ , 地处三峡库区腹心和重庆市直辖市版图中心。长江横贯县境 47 km。常年平均日照时数为 1 311.8 h, 日照率最大的 7、8 月, 为 50% 以上, 最小的 12、1 月, 为 12%。常年辐射量平均值为  $341.55 kJ/cm^2$ 。全县幅员面积  $2 901.16 km^2$ , 土地利用以坡耕地、水田、果园、林地为主。

### 3.2 土壤侵蚀量的估算

按照表 1 因子分级模型,是将表 1 中的侵蚀强度分级与植被覆盖度、土地利用类型、地面坡度等侵蚀因子分级的对应关系用 GIS 编程语言表达为一个逻辑判断过程(见表 3)。综合判别每个栅格的各个侵蚀因子值,由程序生成每个栅格的侵蚀强度。

根据上述步骤,得到了丰都县 2000 年土壤侵蚀强度结果(表 4)。

表 3 土壤侵蚀强度判别的逻辑关系

强度分级	水力侵蚀
11	$L_G = 3 D_G = 1 V_G = 5$ ;
12	$L_G = 1 D_G = 2$ ; $L_G = 2 D_G = 2 (V_G = 4 V_G = 3 V_G = 2)$ ; $L_G = 2 D_G = 2 (V_G = 4 V_G = 3)$ ; $L_G = 2 D_G = 4 V_G = 4$
13	$L_G = 1 D_G = 3$ ; $L_G = 2 D_G = 2 V_G = 1$ ; $L_G = 2 D_G = 3 (V_G = 2 V_G = 1)$ ; $L_G = 2 D_G = 4 (V_G = 3 V_G = 2)$ ; $L_G = 2 D_G = 5 (V_G = 4 V_G = 3)$ ; $L_G = 2 D_G = 6 V_G = 4$ ;
14	$L_G = 1 D_G = 4$ ; $L_G = 2 D_G = 4 V_G = 1$ ; $L_G = 2 D_G = 5 V_G = 2$ ; $L_G = 2 D_G = 6 V_G = 3$
15	$L_G = 1 D_G = 5$ ; $L_G = 2 D_G = 5 V_G = 1$ ; $L_G = 2 D_G = 6 V_G = 2$
16	$L_G = 1 D_G = 6$ ; $L_G = 2 D_G = 6 V_G = 1$

注:  $L_G$ ,  $D_G$ ,  $V_G$  分别指的是土地类型因子、地面坡度因子、植被覆盖度因子;  $L_G$  的值为 1, 2, 3 分别代表土地利用类型为耕地、非耕地、水域—城镇用地—农村居民点;  $D_G$  的值为 1—6 分别代表坡度( $^\circ$ ) 为: < 5, 5—8, 8—15, 15—25, 25—35, > 35;  $V_G$  的值为 1—5 分别代表非耕地林地草植被覆盖度(%) 为: < 30%, 30%~45%, 45%~60%, 60%~75%, > 75%。

表 4 2000 年丰都县不同水土流失强度流失面积

侵蚀类型代码	侵蚀类型	栅格数	流失面积 (cells * 25 <sup>2</sup> /1000 <sup>2</sup> )	面积比例/ %	平均流失模数/ (t km <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	土壤流失 总量/(t a <sup>-1</sup> )
11	微度流失	2 301 481	1 438.43	49.65	< 500	359 607.50
12	轻度流失	399 550	249.72	8.62	500~ 2 500	374 580.00
13	中度流失	933 663	583.54	20.14	2 500~ 5 000	2 188 275.00
14	强度流失	724 811	453.01	15.64	5 000~ 8 000	2 944 565.00
15	极强度流失	233 369	145.86	5.03	8 000~ 15 000	1 655 511.00
16	剧烈流失	42 472	26.55	0.92	> 15 000	398 250.00
合计			2 897.11	100.00	—	7 920 788.50

### 3.3 土壤侵蚀危险分级结果

在 ARCGIS 系统中打开土壤图和土壤属性数据库, 其中土壤属性数据库包括土壤厚度和土壤容重属性。根据公式(1)、计算可得土壤抗蚀年限像元图。按照表(2) 标准, 用再分类模块得到丰都县土壤侵蚀潜在危险度分级图。运行像元统计模块可获得各级面积分布(表 5, 附图 8)。

表 5 不同等级土壤侵蚀潜在危险度统计表

级别	类型	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %
iv	无险型	1 139.24	39.83
⑦	轻险型	1 550.45	54.21
⑧	危险型	160.42	5.60
⑨	极险型	9.16	0.32
⑩	毁坏型	1.05	0.04

由表 5 可看出, 整个区域的土壤侵蚀潜在危险性是比较小的, 以无险型和轻险型为主, 二者占总面积的 94.04%, 流域的  $D_i$  值是 1.68, 也就是说区域总的危险度不大, 但在区域的一些地方还有少量的严重侵蚀而荒弃的荒地, 它们是流域的泥沙的最主要的贡献者。因此, 区域治理的重点应在这些区域。

### 3.4 区域土壤侵蚀潜在危险分布特征

用地理信息系统综合分析 DEM、土地利用图、坡度和坡向图, 研究它们之间的相关性及其与土壤侵蚀潜在危险的关系。

#### 3.4.1 不同土地利用类型土壤侵蚀潜在危险分布特征

从表 6 可以看出, 水田、果粮间作、林地和经济林、居民建筑物的潜在危险较小, 它们在 4~5 级中没有分布, 这主要是这几种利用方式的地面坡度较小或者是梯田或者地表覆盖度较大; 危险性最大的是山区旱地; 低覆盖度草地的危险性次之; 旱地在 5 级中均有分布, 这与它的水土保持措施密切相关, 有的旱地为梯田, 而还有的则是坡耕地, 坡耕地应该是治理的重点。总之, 区域水土保持工作的重点应在旱地、疏林地上。这里常用治理土壤侵蚀的方法有坡改梯和退耕还林。

#### 3.4.2 不同坡度土壤侵蚀潜在危险分布特征

从表 7 可以看出, 土壤侵蚀潜在危险性与坡度密切相关, 随坡度的增加土壤侵蚀潜在危险度加大。25°~35° 的土壤潜在危险度最大, 这主要是由于在这部分坡度中存在着坡耕地和荒地。

表 6 不同土地利用类型土壤侵蚀潜在危险分布特征

km<sup>2</sup>

土地利用类型	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级	Ⅵ级
山区旱地	1.039	1.596	59.392	208.014	45.731	
丘陵区水田	0.000	0.000	0.000	12.253	249.678	
丘陵区旱地	0.000	0.247	43.044	485.793	148.378	
疏林地	0.000	0.461	6.319	181.057	143.208	
中覆盖度草地	0.000	6.744	45.988	273.611	36.741	
灌木林地	0.000	0.000	0.004	83.242	115.519	
有林地	0.000	0.000	0.019	235.400	284.029	
高覆盖度草地	0.000	0.000	0.271	25.624	19.106	
河渠	0.000	0.000	0.000	0.000	8.017	
裸岩石砾地	0.000	0.000	0.000	0.165	0.005	
农村居民点用地	0.000	0.000	0.378	3.701	0.951	
其它林地	0.000	0.000	0.000	1.358	0.329	
水库、坑塘	0.000	0.000	0.000	0.106	3.144	
山区水田	0.000	0.000	1.396	26.110	76.551	
低覆盖度草地	0.014	0.117	3.132	5.058	1.031	
平原区旱地	0.000	0.000	0.000	0.087	0.168	
> 25° 区的旱地	0.000	0.000	0.146	8.873	0.467	
滩地	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	
城镇用地	0.000	0.000	0.000	0.000	5.362	
平原区水田	0.000	0.000	0.000	0.000	0.765	

表 7 不同坡度土壤侵蚀潜在危险分布特征

坡度/(°)	Ⅰ级/km <sup>2</sup>	Ⅱ级/km <sup>2</sup>	Ⅲ级/km <sup>2</sup>	Ⅳ级/km <sup>2</sup>	Ⅴ级/km <sup>2</sup>	Ⅵ级/km <sup>2</sup>
0~ 5	384.622	103.382	2.282	0.000	0.000	0.000
5~ 8	31.344	7.966	0.027	0.000	0.000	0.000
8~ 15	188.510	290.984	3.952	0.326	0.000	0.000
15~ 25	340.587	663.577	55.602	4.027	0.000	0.000
25~ 35	139.534	379.188	53.763	3.148	0.755	0.000
> 35	54.646	105.353	44.463	1.664	0.299	0.000

在该区域< 15°的地类大多是经果林、水田、林地或改成梯田的旱地,其水保措施是比较好的,故潜在危险比较小。15°~ 25°的地类利用虽然多样,但在容易造成土壤流失的农地基本上改为梯田。> 35°的地类是以林地为主,所以它们的危险性反而比 25°~ 35°区域较小。

## 4 结 论

本研究确立的土壤侵蚀潜在危险度分级方法,是以土壤流失量预测模型为核心,利用已有的气象观测、土壤调查、航测和地形图资料,借助于地理信息系统的采集、管理、分析和输出多种功能有效地进行土壤侵蚀潜在危险度划分。由上述研究过程可知其结果与土壤侵蚀预测模型相关,选择模型是分级成败的关键。基于 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度分级特点表现在:首先,应用 GIS 对土壤侵蚀潜在危险度的分级在方法上比较科学,如在基于 GIS 的土壤侵蚀预测模型包含了土壤侵蚀的各个因素,没有人为定级的主

观性;其次,技术更先进,它可以充分利用当今的信息技术,可反复查对、存储和更新,有利于科学方法的实现;最后,它的成本相对较低,虽然初次投入较高,但对以后的定期重复监测是非常节省人力、物力和财力。随着现代信息技术的飞速发展,它将显示出它应有的社会、经济和生态效益。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 水电部遥感中心.应用遥感技术调查全国土壤侵蚀现状与编制全国土壤侵蚀图技术工作细则[M].1986.
- [2] 杜佐华,严国安,三峡库区水土保持与生态环境改善[J].长江流域资源与环境,1999,8(3):299—304.
- [3] 向万胜,梁称福,肖润林.三峡库区坡耕地利用与水土保持种植制[J].长江流域资源与环境,1998,7(3):255—259.
- [4] 傅伯杰,陈顶利.小流域土壤侵蚀危险评价研究[J].水土保持学报,1993,7(2):16—62.
- [5] Motgan R P C. Assessment of erosion risk in England and Wales[J]. Soil Use and Management, 1985, 3(4): 127—131.