

文章编号: 1008-2786-(2007)4-490-07

# 基于 RUSLE 的流域土壤侵蚀敏感性评价 ——以福建省吉溪流域为例

陈燕红, 潘文斌, 蔡芄蓓  
(福州大学环境与资源学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 以修正的通用水土流失方程 (RUSLE) 为核心, 在分析流域土壤侵蚀敏感性影响因子的基础上, 运用 GIS 技术对各敏感因子值进行估算, 结合已有研究成果探讨了定量化的流域土壤侵蚀敏感性评价指标体系的建立, 并以吉溪流域为例进行土壤侵蚀敏感性评价。同时分析了该流域土壤侵蚀敏感性与土壤侵蚀量的关系。最后, 针对不同的流域土壤侵蚀敏感等级提出了相应的管理措施和建议。

**关键词:** GIS; RUSLE; 流域; 土壤侵蚀敏感性; 侵蚀量; 指标体系

**中图分类号:** S157      **文献标识码:** A

土壤侵蚀敏感性指的是在自然状况下, 发生土壤侵蚀的潜在可能性及其程度<sup>[1]</sup>。土壤侵蚀敏感性评价实际上是在不考虑人为因素条件下对容易产生土壤侵蚀的区域的判别, 是评价生态系统对人类活动的敏感程度。

目前国内外对土壤侵蚀敏感性评价主要是根据研究区域的实际情况来选择评价模型, 仍未出现应用范围较广, 适用性较强的土壤侵蚀敏感性评价模型。对于土壤侵蚀敏感性等级的界定没有统一的标准, 影响土壤侵蚀敏感性的各单因子评价也未能完全量化。基于此, 本研究以福建省吉溪流域为研究区域, 结合国内外对土壤侵蚀敏感性评价的研究成果及流域的自然环境特征, 选取合适的土壤侵蚀敏感性评价因子及其算法, 建立流域土壤侵蚀敏感性评价指标体系。在 ArcView 软件的支持下, 根据土壤侵蚀各敏感性影响因子的权重, 对影响因子图进行叠加, 得到流域土壤侵蚀敏感性分布图, 并建立流域信息数据库。根据土壤侵蚀敏感性分布图, 计算流域内各敏感性等级的面积, 描述分布情况, 确定出流域内的敏感区域, 为吉溪流域水土保持

和水环境保护提供科学依据。

## 1 研究区域概况

吉溪流域为闽江中游北岸支流, 源于建瓯和古田交界的石大岗, 流经建瓯市的迪口镇、延平区的南山镇于吉溪村汇入闽江。吉溪流域位置及其乡镇分布如图 1 所示, 流域面积 591 km<sup>2</sup>, 河道长 79 km, 平均坡降 6.20%。该区属于亚热带海洋性季风气候, 气候温暖, 四季分明, 受地形地貌、太阳辐射等综合因素的制约, 降水、蒸发等气象因素在时空分布上有较大差异。由于受季风气候的影响, 降水量年际变化大, 是典型的山区性河流, 降水是河川径流的主要补给来源。流域内多为侵蚀型中山、低山、丘陵地貌, 冲沟较发育; 河谷多数呈“U”、“V”形, 河流坡降为 6.2% ~ 9.4%。因此, 对吉溪流域进行土壤侵蚀敏感性的定量评价显得尤为重要。

图 2 为经过校准、切边和增强处理的 RGB-543 的 2001 年假彩色图像。

收稿日期 (Received date): 2006-02-15; 改回日期 (Accepted): 2007-06-11。

基金项目 (Foundation item): 福建省教育厅基金 (JB05026), 福州大学人才基金 (XN-0110)。 (Supported by the Education Department of Fujian Province (JB05026) and the Talented Person Foundation of Fuzhou University (XJY-0110))

作者简介 (Biography): 陈燕红 (1981-), 女, 福建福州人, 硕士研究生, 主要从事流域环境规划与管理。 [Chen Yanhong (1981-), female, born in Fuzhou, Fujian, graduate student major in watershed planning and management.]

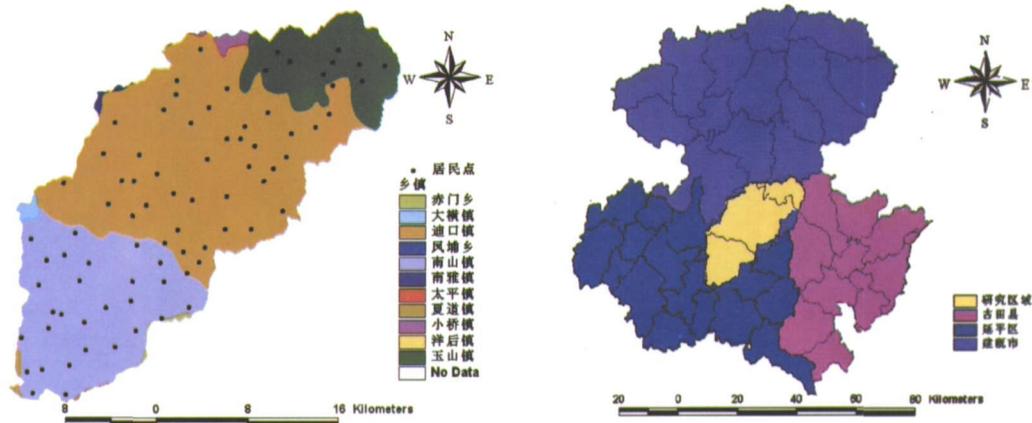


图 1 吉溪流域位置及其乡镇分布示意图

Fig 1 The location of Jixi watershed and distribution of township

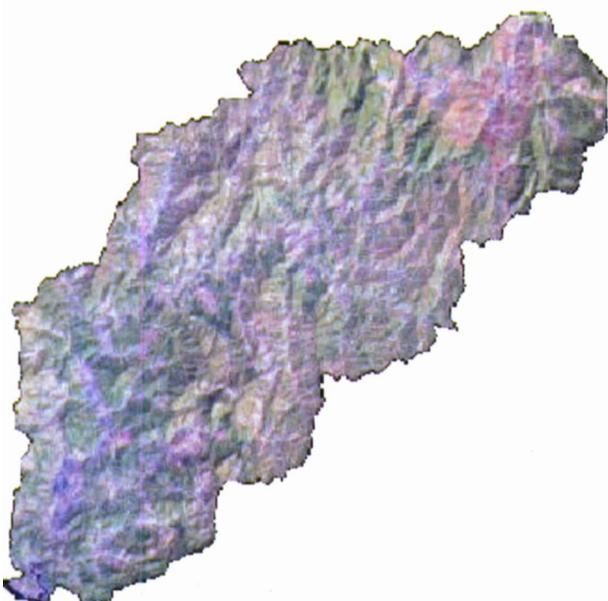


图 2 校准后的吉溪流域 RGB-543 假彩色合成图像 (2001 为例)

Fig 2 The calibrated RGB-543 image of Jixi watershed in 2001

## 2 基于 GIS 和 RUSLE 的土壤侵蚀敏感性评价指标体系的建立

### 2.1 土壤侵蚀敏感性因子分析

由于对土壤侵蚀敏感性的研究侧重的是对其结果的模拟研究,因此,可选用土壤侵蚀预测的经验模型。由美国政府和土壤侵蚀学家提出的修正通用土壤侵蚀方程 (RUSLE) 是目前应用最广泛的土壤侵蚀模型,属于因子分析模型。该方程全面考虑了影响土壤侵蚀的自然因素,并通过降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡度和坡长、植被覆盖与水土保持措施 5 个因

子进行定量计算,其表达式为

$$A = R \times LS \times K \times C \times P \quad (1)$$

式中  $A$ : 土壤流失量  $t / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ;  $R$ : 降雨和径流因子  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ ;  $L$ : 坡长因子;  $S$ : 坡度因子;  $K$ : 土壤可蚀性因子  $t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h} / (\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm})$ ;  $C$ : 植被与经营管理因子;  $P$ : 水土保持措施因子 (其中  $L, S, C, P$  为无量纲因子)。由于水土保持  $P$  因子与人类活动密切相关,因此本文选取  $R, K, LS$  和  $C$  因子进行流域土壤侵蚀敏感性评价。

#### 2.1.1 降雨侵蚀力因子 $R$

降雨径流因子  $R$  值与降雨量、降雨强度、降雨历时、雨滴大小及雨滴下降速度有关,它反映了降雨对土壤的潜在侵蚀力 (表 1)。它也是定量研究土壤侵蚀的基础<sup>[2,3]</sup>。降雨侵蚀力难以直接测定,因此本研究采用福建水土保持实验站和福建农业大学提出的  $R$  值计算公式,即

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-1.15527 + 0.1792P_i) \quad (2)$$

式中  $P_i$  为月降雨量;  $R$  为全年降雨侵蚀力。

#### 2.1.2 坡长坡度 $LS$ 因子

利用吉溪流域的数字高程模型 (DEM), 在 ArcView 软件辅助下进行地形特征分析, 提取坡度坡长图。坡长定义为开始发生径流到泥沙开始沉积或径流开始汇聚的这段距离。但实际上土壤侵蚀量的大小并不是取决于坡面的距离, 而是在于每单位等高线长的上坡来水面积。因此, 本文运用 ArcView 3.2 中的 Hydro 模块, 通过 Flow Accumulation (累积流量) 来估算坡长。运算式采用 Moore 和 Burch<sup>[10,11]</sup> 提出的坡面每一坡段的  $L$  因子算法

$$L = (\text{Flow Accumulation} * \text{Cell Size} / 22.13)^m \quad (3)$$

表 1 吉溪 2001年和 2003年降雨量及侵蚀力 R值  
Table 1 Rainfall and R factor of Jixi Watershed in 2001 and 2003

| 时间   | 1月    | 2月   | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月   | 10月 | 11月  | 12月  | 年降雨量 (mm) | R值     |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|-----------|--------|
| 2001 | 120.9 | 96.6 | 118.9 | 287.1 | 266.6 | 292.9 | 201.2 | 193.5 | 86.4 | 4.9 | 30.4 | 49.9 | 1749.3    | 299.61 |
| 2003 | 74.3  | 74.4 | 77.8  | 244.6 | 215.2 | 76.7  | 6.75  | 64.3  | 60.4 | 4.6 | 84.4 | 4.8  | 988.2     | 163.22 |

式中 Flow Accumulation 像元上坡来水流入该像元的累积面积; Cell Size 像元边长, 本文研究取 30 m; m 为 RUSLE 的坡长指数。本文中 m 取 0.5, 因为这个值比较适合于坡度较陡的坡长估算。

本研究假设坡长的上限值为 150 m, 即 150 m 坡长内就会发生细沟侵蚀。根据这个上限值对 Flow Accumulation 进行修正。S 因子的估算也是利用 DEM 数据, 先运用 ArcView 3.2 中的 Derive Slope 功能求得坡度值, 再通过数学模型的运算得到 S 因子值。本次坡度因子 S 的计算, 参考黄金良在九龙江流域土壤侵蚀量预测研究中采用的计算式进行估算, 即: 缓坡采用 McCool 坡度公式, 陡坡采用刘宝元<sup>[4,5]</sup>的坡度公式

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \alpha + 0.03 & \alpha < 5^\circ \\ 16.8 \sin \alpha - 0.5 & 5^\circ < \alpha \leq 10^\circ \\ 21.9 \sin \alpha - 0.96 & \alpha \geq 10^\circ \end{cases} \quad (4)$$

式中 S: 坡度因子;  $\alpha$ : 坡度 ( $^\circ$ )。最后将 L 因子与 S 因子相乘得到 LS 因子图层。研究区域子流域坡长坡度因子 LS 值的分布范围为 0~51.793。

### 2.1.3 土壤可蚀性 K 因子

土壤可蚀性 K 值 (SOIL EROSIONABILITY, 通常以 K 简称之), 是一项评价土壤降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的指标。K 值的大小与土壤质地、土壤有机质含量有较高的相关性。本研究参考福建省主要土壤 K 值特征表<sup>[7-10]</sup>和 K 值修正公式 (式 5), 估算出研究区域子流域土壤可蚀性因子 K 值 (表 2)。研究区域子流域的主要土壤类型为黄壤、铁质红壤、硅铝质红壤、黄红壤、潯育水稻土、渗育水稻土、淹育水稻土、酸性粗骨土、红泥土、红壤性土和铝硅铁质红壤。其中, 潯育水稻土的 K 值最大, 红泥土次之, 而淹育水稻土的 K 值最小。并以土属和亚类为成图单元, 生成 K 值分布图

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[0.0256 \text{San} (1 - \text{Sil}/100)]\} \cdot \left(\frac{\text{Sil}}{\text{Cla} + \text{Sil}}\right)^{0.3} \cdot \left[1 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.95C)}\right] \cdot \left[\frac{0.7SN_1}{SN_1 + \exp(-5.51 + 22.9SN_1)}\right] \quad (5)$$

式中 San: 砂粒含量 (%); Sil: 粉砂含量 (%); Cla: 粘粒含量 (%); C: 有机碳含量 (%);  $SN_1 = 1 - \text{San}/100$ 。

表 2 吉溪主要土壤类型可蚀性因子 K 值表

Table 2 K factor of main soil type erodibility factor of jixi watershed

| 黄壤     | 铁质红壤   | 硅铝质红壤  | 黄红壤    | 潯育水稻土  | 渗育水稻土  | 淹育水稻土  | 酸性粗骨土  | 红泥土    | 红壤性土   | 铝硅铁质红壤 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.2280 | 0.2410 | 0.2357 | 0.2303 | 0.3391 | 0.2447 | 0.2200 | 0.2549 | 0.2550 | 0.2242 | 0.2373 |

### 2.1.4 植被与经营管理 C 因子

C 因子反映的是所有有关植被覆盖和变化对土壤侵蚀的综合作用, 其值大小主要与植被覆盖和土地利用类型有关。鉴于研究区域资料的有限性, 本次研究采用蔡崇法<sup>[11]</sup>等人对三峡地区进行土壤侵蚀研究中, 提出的管理 C 因子与植被覆盖率 c 的关系公式进行 C 值的估算 (式 6)

$$C = 0.6508 - 0.343 \lg f_g \quad (0 < f_g < 78.3\%) \quad (6)$$

$$f_g = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (7)$$

式中  $f_g$  为植被覆盖率; 本文中植被覆盖率的计算参考陈云浩等的研究, 应用等密度模型 (式 7) 估算植被覆盖率。NDVI<sub>soil</sub> 为裸地的 NDVI 值, 其取值为对裸地的像元进行随机抽取统计的最低值; NDVI<sub>veg</sub> 是高纯度植被像元的 NDVI 值, 其取值为对草地的像元进行随机抽取统计的最低值。

本次 NDVI 图像是通过 ERDAS 提供的光谱增强

工具中的指数计算模块来完成的。根据土地利用类型的不同,通过以上的转换计算,分别得到了 2001 年和 2003 年各种土地利用类型的植被覆盖率。当植被覆盖率  $\geq 78.3\%$  时,基本不会有土壤侵蚀,因此  $C$  值接近于 0; 当植被覆盖率为 0 时,土壤侵蚀量最大,  $C$  值接近于 1。当植被覆盖率  $> 0$  且小于  $78.3\%$  时,借助 ArcView 3.2 中的 map calculation 将各地类的覆盖率进行式 (6) 的转换运算,最终得到了植被和经营管理  $C$  因子图 (表 3)。

## 2.2 吉溪流域土壤侵蚀敏感性评价指标体系的建立

目前,对于土壤侵蚀敏感性指标体系的研究具有以下特点: (1) 在影响因子的选择上,多数选取降雨冲蚀力  $R$  因子、坡度或地形起伏因子、植被类型、土壤质地等作为土壤侵蚀敏感性的评价指标。(2) 不同敏感级之间域值的界定没有统一的标准,多数按研究区域内敏感性差异进行由不敏感到极敏感的分级。(3) 许多指标体系中没有考虑到各影响因子对土壤侵蚀敏感性的贡献率,即权重。针对以上土壤侵蚀敏感性指标体系存在的问题,本文首先对各影响因子的值进行估算,通过归纳已有研究成

果<sup>[12-16]</sup>中各因子值在敏感性等级以及侵蚀级别中的分布情况,结合土壤容许流失量(一般为  $500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ),建立土壤侵蚀敏感性指标体系(表 4)。

表 3 各地类的植被覆盖率与  $C$  值  
Table 3 Vegetation density and  $C$  factor of each landuse

| 年份   | 2001年   |       | 2003年   |       |
|------|---------|-------|---------|-------|
|      | 覆盖率 (%) | $C$   | 覆盖率 (%) | $C$   |
| 水体   | 0       | 0     | 0       | 0     |
| 灌木林  | 77.89   | 0.002 | 86.19   | 0.001 |
| 毛竹林  | 69.48   | 0.019 | 73.37   | 0.011 |
| 疏林   | 44.49   | 0.085 | 40.66   | 0.099 |
| 水田   | 40.89   | 0.098 | 43.44   | 0.089 |
| 旱地   | 43.72   | 0.088 | 44.19   | 0.086 |
| 草地   | 80.78   | 0.001 | 95.5    | 0.001 |
| 居民地  | 33.97   | 0.126 | 29.31   | 0.148 |
| 火烧迹地 | 0       | 1     | 0       | 1     |
| 裸地   | 0       | 1     | 0       | 1     |

注:水体、火烧地、裸地由于没有植被覆盖因此覆盖率为 0。

表 4 吉溪流域土壤侵蚀敏感性影响因子及其权值

Table 4 The soil sensitive impact factors and its mace

| 影响因子 | 不敏感         | 轻度敏感      | 中度敏感      | 高度敏感      | 极敏感      | 权值   |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|------|
| $R$  | $\leq 25$   | 25~100    | 100~300   | 300~500   | $> 500$  | 0.35 |
| $LS$ | $\leq 10$   | 10~25     | 25~35     | 35~45     | $> 45$   | 0.25 |
| $K$  | $\leq 0.2$  | 0.2~0.25  | 0.25~0.3  | 0.3~0.4   | $> 0.4$  | 0.15 |
| $C$  | $\leq 0.01$ | 0.01~0.09 | 0.09~0.20 | 0.20~0.45 | $> 0.45$ | 0.25 |
| 分级赋值 | 1           | 3         | 5         | 7         | 9        | /    |
| 分级标准 | 1-2         | 3-4       | 5-6       | 7-8       | $> 9$    | /    |

## 3 土壤侵蚀敏感性综合评价

### 3.1 土壤侵蚀敏感性评价

从单因子分析得出的土壤侵蚀敏感性,只反映了某一因子的作用程度,要将土壤侵蚀敏感性的区域差异综合反映出来,则需要计算土壤侵蚀敏感性指数。本文通过 ArcView 3.2 中的 Model build 功能模块进行各敏感性影响因子的叠加运算,其具体运行过程如图 3。

由于流域内水体不发生土壤侵蚀,因此将水体定义为土壤侵蚀不敏感地类。将土壤侵蚀各影响因

子及其权重值输入上述模型后进行叠加运算,得到 2001 年和 2003 年吉溪流域土壤侵蚀敏感性分布图。各侵蚀敏感性等级面积统计见表 5。从表 5 中可以看出,吉溪流域从 2001~2003 年不敏感区域面积变化很小,其他敏感级的变化均有较大变化:轻度敏感区域面积所占比重最大,分别为 60.98% 和 73.26%;中度敏感和高度敏感区域面积总体呈减少的趋势。因此这段时期流域轻度敏感面积的增加与中度敏感和高度敏感面积的减少相对应,即 2001 年至 2003 年流域内轻度敏感面积呈上升趋势,而中度敏感和高度敏感则相应地呈增下降的趋势,分别约有  $50.42 \text{ km}^2$  的中度敏感区域和  $22.17 \text{ km}^2$  的高度

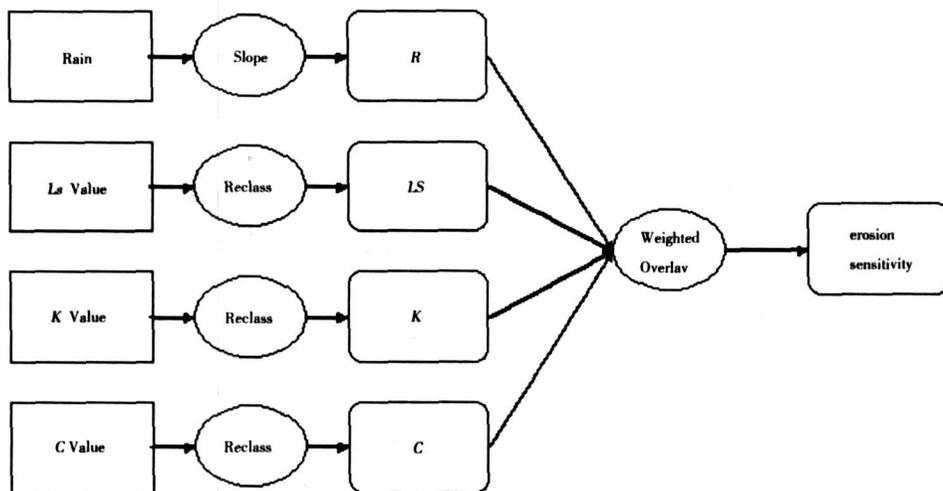


图 3 土壤侵蚀敏感性因子叠加图

Fig 3 The overlapping map of soil sensitive factors

表 5 2001、2003年吉溪流域各土壤侵蚀敏感性级的面积 (km<sup>2</sup>)

Table 5 The area of each soil sensitivity degree of jixi watershed in 2001 and 2003(km<sup>2</sup>)

| 年份<br>等级 | 2001   |         | 2003   |         |
|----------|--------|---------|--------|---------|
|          | 面积     | 比重      | 面积     | 比重      |
| 不敏感      | 49     | 8.29%   | 52     | 8.80%   |
| 轻度敏感     | 340.40 | 57.60%  | 409.99 | 69.37%  |
| 中度敏感     | 175.97 | 29.77%  | 125.55 | 21.24%  |
| 高度敏感     | 25.63  | 4.34%   | 3.46   | 0.59%   |
| 总面积      | 591    | 100.00% | 591    | 100.00% |

敏感区域转化为轻度敏感。

### 3.2 土壤侵蚀敏感性与侵蚀量的关系

根据两个年份吉溪流域土壤侵蚀强度图统计出各侵蚀敏感级的侵蚀总量,再除以各敏感级的面积,得到各敏感级的侵蚀模数(表 6),从而确定吉溪流域土壤侵蚀各敏感级的侵蚀模数。

表 6 2001年和 2003年吉溪流域各敏感级的侵蚀模数 (t/km<sup>2</sup>)

Table 6 The soil loss amount of each sensitive degree of Jixi watershed in 2001 and 2003(t/km<sup>2</sup>)

| 年份   | 不敏感 | 轻度敏感     | 中度敏感     | 高度敏感      | 全流域      |
|------|-----|----------|----------|-----------|----------|
| 2001 | /   | 1 210.87 | 4 809.95 | 22 433.00 | 3 210.45 |
| 2003 | /   | 1 164.85 | 3 049.63 | 20 503.64 | 1 575.97 |
| 年均值  | /   | 1 187.86 | 3 929.79 | 21 468.32 | 2 339.21 |

表 5 的统计结果表明,吉溪流域年均土壤侵蚀模数为 2 339.21 t/km<sup>2</sup>,侵蚀强度属轻度。土壤侵蚀各敏感级的土壤侵蚀模数随着敏感级的增加而增大(图 4),其中 2003 年每一侵蚀敏感等级的侵蚀模

数都略低于 2001 年,全流域土壤侵蚀由 2001 年的中度侵蚀变为 2003 年的轻度侵蚀,说明这两年来吉溪流域的土壤侵蚀状况趋于良好。

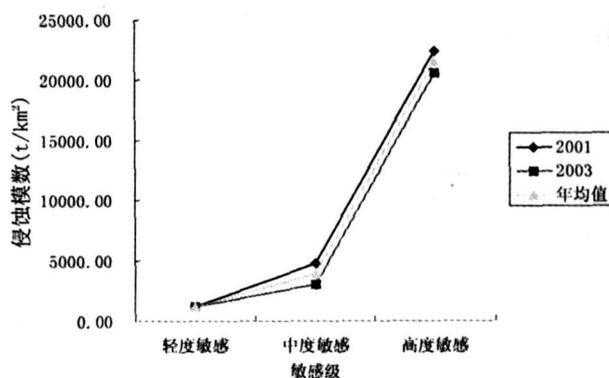


图 4 吉溪流域土壤侵蚀各敏感级的侵蚀模数折线图

Fig 4 The map of soil erosion amount of each sensitive degree of Jixi watershed

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

1. 吉溪流域的侵蚀强度属轻度,侵蚀较严重的区域主要分布在迪口镇、南山镇和玉山镇。

2. 土壤侵蚀敏感性越高其土壤侵蚀模数越大,这将为实现土壤侵蚀敏感性定量化分级提供科学依据。

3. 本研究利用 GIS 强大的空间数据管理能力,对土壤侵蚀敏感性各影响因子进行估算,结合已有研究成果及相关文献,建立了流域敏感性评价指标体系,为流域土壤侵蚀敏感性定量评价提供方法和

依据。对流域土壤侵蚀敏感性进行评价,确定吉溪流域土壤侵蚀各敏感级的分布,这便于管理者针对不同敏感区进行有效的治理与保护。

#### 4.2 建议

1. 由于吉溪流域只进行南山镇小流域综合治理工程近期规划,并没有达到很好的效果,建议吉溪流域应该在远期的水土保持规划增加对道口镇和玉山镇的防治,通过开展小流域综合治理工程将大大减缓该区域的水土流失。

2. 土壤侵蚀不敏感区的侵蚀防治对策:不敏感区内的土地利用类型主要为水体、草地、居民地、毛竹林和部分灌木林。这个区的土壤侵蚀防治对策就是要搞好水土保持执法监督工作,注意保护好现有的森林资源,严格控制天然林采伐,禁止擅自在 $10^\circ$ 以上山坡地进行开垦、取土、采石等损害植被的行为,杜绝由于人为因素而产生土壤侵蚀现象。

3. 土壤侵蚀轻度敏感区的侵蚀防治对策:该区内的土地利用类型主要为灌木林、疏林地、水田和旱地。其防治措施为,加强对疏林地、低价次生林的改造。

4. 土壤侵蚀中度敏感区的侵蚀防治对策:该区内的土地利用类型主要为火烧地、裸地和滩涂。这三个地类由于无植被覆盖,对土壤侵蚀较为敏感。因此对土壤侵蚀中度敏感区的防治主要就是通过恢复植被覆盖或采用工程措施来实现。

5. 降雨、地形起伏、土壤质地以及自然植被状况等自然因素对土壤侵蚀的分布有重要影响。但在局部地区土壤侵蚀状况与侵蚀敏感性并不完全一致,这是由于人类活动的作用程度和利用方式不同所造成的。土壤侵蚀现状是自然因子和人为因子综合作用的结果。人类活动改变自然因子的特性,导致土壤侵蚀的发生、发展或使土壤侵蚀减弱。而在自然因子中,植被受人类活动的影响最大。因此,转变不合理的土地利用方式,加强植被的保育和重建是防治土壤侵蚀的关键环节。

#### 参考文献 (References)

[1] Liu Kang, Kang Yan, Cao Mingming. GIS-Based Assessment on Sensitivity to Soil and Water Loss in Shanxi Province [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(5): 168~170 [刘康,康艳,曹明明,等.基于GIS的陕西省水土流失敏感性评价[J].水土保持学报,2004,18(5):168~170]

[2] Piao Zhao-hong, Tang Wan-long. *Sole and Water Conservation in China*, 1999(6): 16~17 [卜兆宏,唐万龙.降雨侵蚀力(R)最佳算法及其应用的研究成果简介[J].中国水土保持,1999

(6): 16~17]

[3] Wang Zhiming. The Model of Comprehensive Evaluation on Classification of Urbanized Soil Erosion in Shenzhen City [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 1998, 5(2): 132~135 [王志明.关于城市化土壤侵蚀等级划分综合评判模型的探讨[J].水土保持研究,1998,5(2):132~135]

[4] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes [J]. *Transactions of the ASAE*, 1994, 37: 1835~1840

[5] Liu B Y, Nearing M A, Shi P J, et al. Slope length effects on soil loss for steep slopes [J]. *Soil Society of American Journal*, 2000, 64: 1759~1763

[6] Shi Xue-zheng, Yu Dong-sheng, Xing Yan-yan. Soil Erodibility Factor K as Studied Using Field Plots in Subtropical China [J]. *Journal of Soil*, 1997, 34(4): 399~405 [史学正,于东升,邢延安.用田间实测法研究我国亚热带土壤的可蚀性K值[J].土壤学报,1997,34(4):399~405]

[7] Wang Mei-zhi, Xu Zhao-yi, Yang Cheng-yong. Experimental Study on Impacts of Soil Types in Embankment Slope on Soil and Water Loss [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2004, 18(3): 16~19 [王美芝,许兆义,杨成永.路堤边坡土壤类型对土壤侵蚀影响的试验研究[J].水土保持学报,2004,18(3):16~19]

[8] Lu Xi-xi, Shen Rong-ming. A Preliminary study on the values K of soil erodibility factor [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1992, 6(1): 63~70 [吕喜玺.土壤可蚀性因子K值的初步研究[J].水土保持学报,1992,6(1):63~70]

[9] Wan Ye, Duan Chang-qun, Wang Yu-zhao. Numerical model and quantitative analysis of soil and water erosion process in the small watershed based on 3S technology [J]. *Advances in Water Science*, 2004, 15(5): 650~654 [万晔,段昌群,王玉朝,等.基于3S技术的小流域土壤侵蚀过程数值模拟与定量研究[J].水科学进展,2004,15(5):650~654]

[10] Cai Cong-fu, Ding shu-wen, Shi Zhi-hua. Study of Applying USLE and Geographical Information System (GIS) to Predict Soil Erosion in Small Watershed [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2000, 14(2): 19~24 [蔡崇法,丁树文,史志华,等.应用USLE模型与地理信息系统(GIS)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]

[11] Wang Xiao-ke, Ouyang Zhi-yun, Xiao Han. Distribution and division of sensitivity to water-caused soil loss in China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 14~19 [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]

[12] Wang Chun-ju, Tang Xiao-hua, Zheng Da-xian. A GIS-based Study on Sensitivity of Soil Erosion [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2005, 25(1): 68~74 [王春菊,汤小华,郑达贤,等. GIS支持下的土壤侵蚀敏感性评价研究[J].水土保持通报,2005,25(1):68~74]

[13] Wang Xiao-dan, Zhong Xing-hao, Fan Jian-rong. Assessment and Spatial Distribution of Sensitivity of Soil Erosion in Tibet [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2): 183~188 [王小丹,钟祥浩,范建容.西藏土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异规律[J].地

理学报, 2004, 59( 2): 183~ 188]

- [ 14] Mo Bin, Zhu Ba, Wang Yu-kuan. Sensitivity Evaluation for Soil Erosion in Chongqing City [ J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2004, 24( 5): 45~ 59 [莫斌, 朱波, 王玉宽, 等. 重庆市土壤侵蚀敏感性评价 [ J]. 水土保持通报, 2004, 24( 5): 45~ 59]

- [ 15] Zhong Xiang-hao, Wang Xiao-dan, Li Hui-xia. Study of Soil Erosion Sensitivity Distribution Law and Division in Tibet [ J]. *Journal of Mountain Research*, 2003, 21: 143~ 147 [钟祥浩, 王小丹, 李辉霞, 等. 西藏土壤侵蚀水土敏感性分布规律及其区划研究 [ J]. 山地学报, 2003, 21: 143~ 147]

## Assessment of Soil Erosion Sensitivity in Watershed Based on RUSLE

### ——A Case Study of Jixi Watershed

CHEN Yanhong PAN Wenbin CAI Yuanbin

(College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract** The watershed inventory data derived in 2001 and 2003, the data including physiognomy, vegetation, rainfall and RUSLE is combined to estimate the soil erosion sensitivity based on GIS and the RS data. By using the pertinent research for reference, the factors which influence the watershed erosion sensitivity was estimated by GIS. The index of watershed erosion sensitivity indicators was developed for the Jixi watershed. And the study assesses the soil erosion sensitivity of Jixi watershed in 2001 and 2003, compares the relation of soil erosion sensitivity and soil erosion. It shows that the annual soil erosion amount of Jixi watershed is 2 339. 21 t/km<sup>2</sup> and in the category of light degree erosion. The situation of soil erosion of 2003 is better than the one in 2001. There is a great change of the moderate sensitivity area as well as the high sensitivity area between 2001 and 2003. From 2001 to 2003, the low sensitivity area has the largest proportion with 57. 60% and 69. 37%, the moderate and high sensitivity areas have the tendency of reducing. The study also shows that the high sensitive area always has the large soil loss and soil erosion amount. At last, this article gives some suggestions and measures for the worse situation.

This article is able to support the practice work of soil erosion prevention, monitoring management as well as the land use in watershed. Meanwhile, the development of the index system can also benefit the theory of watershed planning and management.

**Key words** GIS, RUSLE, watershed, erosion sensitivity, erosion, sensitive index