

# 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀与产沙的简化模拟

靳晓莉<sup>1, 2</sup> 程根伟<sup>1\*</sup> 范继辉<sup>1</sup> 麻泽龙<sup>2</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 四川省水利科学研究所, 四川 成都 610072)

**摘 要:** 将泥沙输移能力公式与 USLE 公式相结合, 建立了一个简化的分布式小流域产沙模型, 并将其应用于川中丘陵区小流域的土壤侵蚀与泥沙输移的空间分布模拟。得到的主要结论: 1. 该模型适用于川中丘陵区小流域产沙的模拟; 2. 魏城河流域 1980—1987 年 8 a 平均土壤侵蚀量为  $16.8 \times 10^4$  t, 侵蚀模数为  $675.8$  t/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )。模拟得到的输沙模数为  $238.6$  t/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )。泥沙输移比为 0.35; 3. 魏城河流域主要以微度侵蚀为主, 占到全流域总面积的 68%, 强度侵蚀占流域面积的 1%, 主要分布在坡度较陡的流域边缘地带; 4. 相对其他因子, 降雨与坡度对该流域侵蚀产沙的影响更为突出。

**关键词:** 泥沙输移能力; 侵蚀强度; USLE 公式; 简化模型

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

虽然土壤侵蚀已有百年的研究史, 在我国也有半个多世纪, 且流域侵蚀计算方法不胜枚举; 但真正有广泛应用价值的方法是少之又少, 在流域尺度上还没有<sup>[1]</sup>。重要原因在于坡面沉积与河道侵蚀的存在, 使得研究得到的侵蚀模数无法通过流域实测的产沙模数来直接进行验证。在土壤侵蚀量计算的基础上, 可以通过流域泥沙输移比, 或者通过泥沙输移能力和沉积量的估算进而得到流域产沙量。与后者相比, 由泥沙输移比得到产沙量的方法简单易行。但是现阶段, 对流域泥沙输移比与流域特征之间的关系还存在较大分歧, 并且不同的流域, 泥沙输移比的值也不同, 无法直接移用, 因此绝大多数的侵蚀产沙模型依然采用先计算泥沙输移能力, 然后得到流域产沙量的方法, 如 RUSLE 模型<sup>[2]</sup>、WEPP 模型<sup>[3]</sup>、蔡强国模型等(1996)<sup>[4]</sup>。

一般而言, 产沙模型中的泥沙输移能力离不开流量(或者单宽流量)这一重要变量的计算。当模

型为分布式时, 这一计算会使得整个产沙模型变得非常复杂。Verstraeten 等(2007)<sup>[5]</sup> 提出一个以降雨侵蚀力、上游积水面积和坡度为主要输入变量的泥沙输移能力计算公式, 该公式的一个显著特点就是不涉及到流量的计算。本研究将该公式与 USLE 方程<sup>[6]</sup> 结合, 以月为时间步长, 模拟川中丘陵区小流域土壤侵蚀与产沙在时间和空间上的分布, 以检验整个模型在研究区内的适用性, 并探索该区域中土壤侵蚀与泥沙输移空间分布特征。

## 1 研究区概况与数据来源

魏城河<sup>[7]</sup> 为嘉陵江中游的一条支流, 位于四川东部西北边缘丘陵区, 地理位置为  $105^{\circ}21' \sim 105^{\circ}39'E$ 、 $31^{\circ}33' \sim 31^{\circ}52'N$ , 流域面积  $249 \text{ km}^2$  (控制站点刘家水文站以上), 地形为中深丘, 地貌成因属于剥蚀堆积类型, 海拔  $440 \sim 600 \text{ m}$ , 相对高度  $100 \sim$

收稿日期(Received date): 2011-11-04; 改回日期(Accepted): 2012-01-06。

基金项目(Foundation item): 本研究得到国家自然科学基金支持(编号: 31070405)。[National Nature Science Foundation of China (No. 31070405).]

作者简介(Biography): 靳晓莉(1980-), 女(汉), 湖北省随州市人, 博士后, 研究方向: 流域水文与土壤侵蚀模拟。[Jin Xiaoli(1980-), Post-doctoral research: hydrological and soil erosion simulation. ]Tel: 15881153698, E-mail: yezi1612@hotmail.com

\* 通讯作者(Author for Correspondence): 程根伟, 男(1956-), 研究员。研究方向: 水文学与水资源, 森林生态。[Cheng Genwei(1956-), male, research professor, mainly engaged in hydrology and forest ecology. ]E-mail: gwcheng@imde.ac.cn

250 m, 沟谷切割较深, 冲沟发育。流域气候属亚热带湿润气候, 年均温度 16.5℃, 多年平均降雨量 910 mm, 降雨年内分配不均, 5—10 月降水量占全年的 81%~92%, 多年平均水面蒸发量约为 560 mm。根据刘家水文站 1974—1991 年的径流及悬移质泥沙观测资料统计分析, 多年平均径流量  $0.85 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 多年平均输沙模数为  $268 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。径流、产沙特点和降水规律基本一致, 即雨量多、径流多、产沙量多; 反之则少。三者年内分配变化也一致, 5—10 月的径流量和输沙量分别约占全年的 87.2% 和 92.6%。

流域内有魏城、刘家两个雨量站, 气象资料参考南充气象站观测资料。根据资料的完整程度, 选取了 1980—1987 年共计 8 a 的刘家站日水文和泥沙观测数据。数据来源于中华人民共和国水文年鉴长江流域水文资料。空间数据采用了魏城河流域 1:5 万的 DEM 数据、1986 年的土地利用图和土壤类型图, 空间分辨率为  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 。

## 2 模型及参数估计

### 2.1 坡面土壤侵蚀量计算

USLE 模型属于因子分析模型, 其实验分析研究主要集中在降水、植被、土壤和地形等因子上。依据实验观测资料, 利用统计相关分析, 建立侵蚀量和产沙量与其主要控制因素之间的影响关系, 而后根据选定因素的资料估算侵蚀量。模型主要缺陷为: 当把 USLE 直接应用于一个不同于它所研发的环境, 效果通常不好<sup>[8]</sup>。因此, 模型中各因子的估计成为模型应用的关键。模型的形式如下

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

式中  $A$  为潜在土壤侵蚀量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ ), 单位取决于  $R$  和  $K$  因子值单位的选择;  $R$  为月降雨侵蚀力因子 [ $\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ];  $K$  为土壤可蚀性因子 [ $\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{hm}^2/(\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ ];  $L$  和  $S$  分别为坡长和坡度因子, 无量纲;  $C$  为植被覆盖与管理因子, 无量纲;  $P$  为水土保持因子, 无量纲。各因子值的估计方法如下。

#### 2.1.1 $R$ 值的估计

本研究采用章文波等 (2002)<sup>[9]</sup> 提出的基于日降雨量计算半月降雨侵蚀力的简化估算模型, 公式如下

$$M = \alpha \sum_{j=1}^k (P_j)^\beta \quad (2)$$

$$\beta = 0.8363 + 18.177/P_d + 24.455/P_y \quad (3)$$

$$\alpha = 21.586 * \beta^{-7.1891} \quad (4)$$

式中  $M$  是某半月时段的降雨侵蚀力 [ $\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ];  $k$  表示半月时段内的天数;  $P_j$  表示半月时段内第  $j$  天的侵蚀性日雨量, 要求日雨量  $\geq 12 \text{ mm}$ , 否则以 0 计算;  $P_d$  为日雨量  $\geq 12 \text{ mm}$  的日平均雨量 ( $\text{mm}$ );  $P_y$  为日雨量  $R$  为日雨量  $\geq 12 \text{ mm}$  的年平均雨量 ( $\text{mm}$ )。本研究采用上述公式计算了半月和月降雨侵蚀力因子的值, 将各降雨站点的降雨观测值通过泰森多边形法插值, 最后生成了整个流域月降雨侵蚀力因子的空间分布图。

#### 2.1.2 $K$ 值的估计

估计  $K$  值的最简单办法是查土壤可蚀性诺谟图, 但是由于很少有土壤结构系数和渗透级别的测定数据, 因此很难用直接查诺谟图的方法来实现。Sharply 等人 (1990)<sup>[10]</sup> 提出了基于土壤有机碳和土壤颗粒分析资料来计算土壤可蚀性因子的公式。吕喜玺等 (1992)<sup>[11]</sup>、侯大斌 (2001)<sup>[12]</sup> 通过土壤质地转换和 EPIC 模型中土壤可蚀性因子计算公式得到了我国南部和川渝地区土壤可蚀性值。对于紫色土, 二者得到的结果分别为 0.37 和 0.345, 本模型中采用 0.345。需要将取值乘以 0.131 3 将美制单位  $0.01 \text{ ton} \cdot \text{acre} \cdot \text{h} \cdot \text{acre}^{-1} \cdot \text{ft} - \text{ton}^{-1} \cdot \text{in}^{-1}$  转换为  $\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}/(\text{MJ} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 。

#### 2.1.3 $L$ 和 $S$ 值的计算

坡长 ( $L$ ) 和坡度 ( $S$ ) 因子通过下式进行计算

$$L = (D/22.13)^m \quad (5)$$

当  $s > 5\%$  时  $m = 0.5$ ; 当  $3\% < s < 5\%$  时  $m = 0.4$ ; 当  $1\% < s < 3\%$  时  $m = 0.3$ ; 当  $s < 1\%$  时  $m = 0.2$ 。

当  $s < 9\%$  时  $S = 10.8 * \sin\theta + 0.03$ ;

当  $s > 9\%$  时  $S = 16.8 * \sin\theta - 0.5$  (6)

式中  $D$  为坡长 ( $\text{m}$ ), 在本研究中取栅格大小值,  $100 \text{ m}$ ;  $m$  为坡度指数;  $s$  为百分比坡度;  $\theta$  为坡度角。百分比坡度图采用 ArcGIS 中的 Hydro 模块, 依据 DEM 图直接生成。

#### 2.1.4 $C$ 值和 $P$ 值估计

国内有多个研究分析了植被覆盖度与土壤侵蚀量间的定量关系, 并得到了  $C$  值的估计值。本研究借鉴了蔡崇法等 (2000)<sup>[13]</sup> 研究中的各种土地利用  $C$  因子的值, 以及与研究区有着较为相似地形条件和耕作方式的滇东北山区的水土保持因子研究结果<sup>[14]</sup>。

## 2.2 泥沙输移与产沙

泥沙或随水流移动, 或沉积, 经坡面流、壤中流、

河网汇集到流域出口。泥沙输移路径采用坡面流的汇流路径。首先对流域 DEM 数据进行填洼,然后根据单流向(D8)算法计算每个栅格的流向,最后计算每个栅格所对应的上游积聚栅格数目,确定河流生成的阈值,得到整个流域的栅格流向和河网图。

在坡面和河流地形学中,通常采用式(7)来计算泥沙输移能力

$$TC = ktc * q^{\beta} * (\sin\theta)^{\gamma} \quad (7)$$

式中  $TC$  为泥沙输移能力,  $ktc$  为与地表覆盖有关的输移系数,  $q$  为单宽流量,  $\beta$  和  $\gamma$  为两个常量。Prosser 和 Rustomji (2000)<sup>[15]</sup> 回顾和比较了各种泥沙输移计算方法及常量  $\beta$  和  $\gamma$  的值,发现一般情况下两者取 1.4 时较为合适。因此本研究两个常量均采用 1.4。Carson 和 Kirkby (1972)<sup>[16]</sup>、Desmet 和 Govers (1995)<sup>[17]</sup>、Merritt 等 (2003)<sup>[18]</sup> 等提出了以上游集水面积  $a$  来代替单宽流量计算泥沙输移能力的公式。在此基础上,Verstraeten et al. (2007)<sup>[5]</sup> 进一步提出了考虑降雨和土壤性质对输移能力影响的计算公式,公式形式如下

$$TC = ktc * R * K * a^{1.4} * (\sin\theta)^{1.4} \quad (8)$$

考虑栅格上泥沙通量和输移能力,当输移能力小于泥沙通量时,产沙受输移能力限制,该栅格发生了净沉积,反之,则产沙受侵蚀能力限制,该栅格发生了净侵蚀。每个栅格上的泥沙平衡如式(9)

$$\Delta D = g_{in} + PE - \min(g_{in} + PE, TC) \quad (9)$$

式中  $\Delta D$  为净沉积量,  $g_{in}$  为进入该栅格的泥沙量,  $PE$  为潜在侵蚀量(也即为 USLE 计算的 A 值),  $\min(g_{in} + PE, TC)$  则表示每个栅格实际产沙量,从而得到流域出口产沙量。

### 3 结果分析

#### 3.1 模型的率定和验证

采用试错法来率定参数  $ktc$  值,以确定性系数 ( $R^2$ ) 和相对均方根误差 (RRMSE) 作为评价指标

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - O_{mean})^2} \quad (10)$$

$$RRMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} / O_{mean} \quad (11)$$

式中  $N$  为计算时段数,  $O_i$  为观测值,  $O_{mean}$  为观测值的平均值,  $P_i$  为预测值。  $R^2$  的范围为  $-\infty$  到 1, 代表了预测时采用模拟值比观测值平均值好的程

度。  $R^2$  越接近于 1, 模型模拟效果越好。根据《水文情报预报规范》(SL250-2000) (中华人民共和国水利部 2000) 模型模拟的精度按效率系数分为三个等级:  $R^2 > 0.90$  时, 为甲等;  $0.90 \geq R^2 \geq 0.70$  时, 为乙等;  $0.70 \geq R^2 \geq 0.50$  时为丙等。RRMSE 最小值为 0, 值越接近于 0 模型模拟效果越好, 它衡量的是模拟结果偏高或者偏低的程度。

以 1980—1982 年共 3 a 作为率定期, 其余的 5 a 为验证期。在这两个时期中率定的参数值和得到的  $R^2$  和 RRMSE 值如表 1 所示。图 1 显示了模型率定期和验证期得到的流域出口产沙量曲线。

表 1 参数的率定值和模型率定及验证结果

Table 1 Calibration of the transport capacity coefficient ( $ktc$ ), calibration and validation statistics of the model

参数(或评价指标)	率定	验证
$ktc$	0.01	/
$R^2$	0.883	0.616
RRMSE	1.008	1.991

由表 2 可以看出, 在 3 a 的率定期内, 模型确定性系数高达 0.88, 相对均方误为 1.01, 在 5 a 的验证期内, 两者分别为 0.62 和 1.99。根据《水文情报预报规范》模拟的精度分别达到了乙级和丙级标准。图 1 显示出, 流域逐月降雨量与出口产沙量模拟值的变化趋势吻合, 由此可以看出降雨是侵蚀产沙的主控因子。

此外, 本文还计算了流域每年的土壤侵蚀量, 得到 1980—1987 年 8 a 平均土壤侵蚀量为  $16.8 \times 10^4$  t, 侵蚀模数为  $676 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。模拟得到 8 a 的平均输沙模数为  $239 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 实测的多年平均输沙模数为  $194 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 相对误差为 23%。由此计算得到流域 1980—1987 年 8 a 平均泥沙输移比为 0.35。景可等 (2010)<sup>[1]</sup> 采用了与魏城河流域背景条件相似的地区已有的各种土地利用类型侵蚀模数(主要采用的是定位观测与元素示踪法), 然后与各类型土地利用所占面积相结合, 得到该研究区内土壤侵蚀模数为  $539 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 泥沙输移比为 0.36。本研究结果与上述的研究结果相符。综合上述分析得到, 本文所建立的简化模型适用于该研究区以及类似流域的产沙量计算。

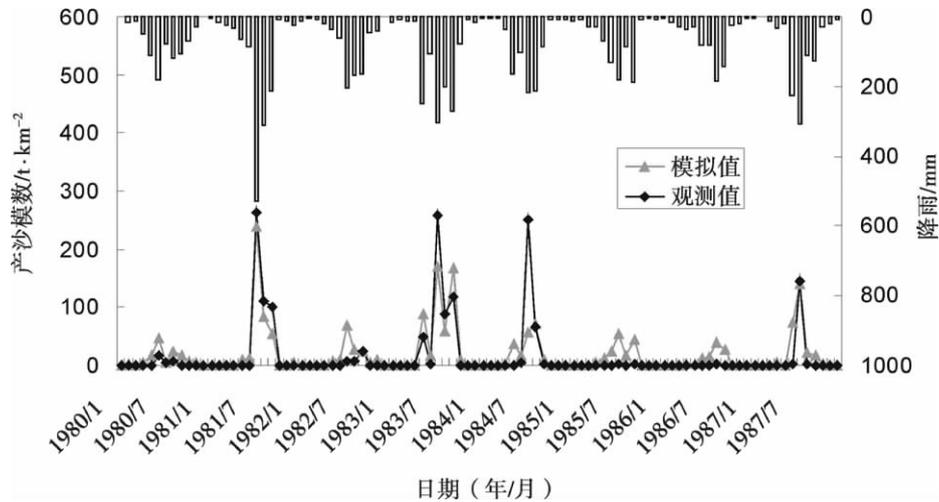


图 1 魏城河流域逐月降雨量和出口产沙量观测值及模拟值  
 Fig. 1 Monthly rainfall simulated and observed soil yield in Weichenghe basin



图 2 魏城河流域 1980—1987 年 8 a 平均土壤侵蚀强度空间分布图 [单位:  $t/(km^2 \cdot a)$  ]  
 Fig. 2 Spatial distribution of average annual potential soil erosion intensity in Weichenghe basin [Unit:  $t/(km^2 \cdot a)$  ]

### 3.2 流域土壤侵蚀的空间分布特征

在计算栅格 8 a 平均潜在侵蚀量的基础上, 根据土壤侵蚀强度分级指标, 对栅格侵蚀量进行分类, 将侵蚀模数在同一侵蚀等级的栅格进行归并, 进而绘制出流域土壤侵蚀强度空间分布图, 如图 2 所示。流域 1980—1987 年 8 a 平均侵蚀面积统计如表 2 所示。流域以微度侵蚀为主, 其次为轻度侵蚀, 强度侵蚀占流域面积的 1%, 呈斑点状主要分布在流域边缘地带, 与流域坡度图对比, 不难发现强度侵蚀对应的皆为坡度较陡的区域。因此, 除了降雨, 地形是另外一个影响流域侵蚀的主要因子。

表 2 魏城河流域不同侵蚀强度面积统计表  
 Table 2 Area statistics of different soil erosion intensities for Weichenghe basin

侵蚀强度	微度	轻度	中度	强度	合计
面积/ $km^2$	169.19	57.15	18.74	3.92	249
百分比/%	68	23	8	1	100

## 4 讨论与结论

本研究采用 Verstraeten 等 (2007) [5] 提出的泥沙输移能力公式和 USLE 公式相结合, 建立一个简化的分布式小流域产沙模型, 模拟了魏城河流域的土壤侵蚀与泥沙输移的空间分布, 得到的主要结论如下:

1. 建立的简化模型适用于川中丘陵区小流域产沙的模拟。

2. 魏城河流域多年平均潜在土壤侵蚀量为  $16.8 \times 10^4$  t, 侵蚀模数为  $675.8 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 输沙模数为  $238.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 泥沙输移比为 0.35。

3. 魏城河流域主要以微度侵蚀为主, 占到全流域总面积的 68%, 强度侵蚀占流域的 1%, 主要分布在坡度较陡的流域边缘地带。

4. 相对其他因子, 降雨与坡度对该流域侵蚀产沙的影响更为突出。

此外, 本研究中还存在一些不足, 需要在以后的研究中进一步改进。首先, 模型中的泥沙输移能力的计算只是针对坡面栅格, 在本研究中, 将其同时应用于河流栅格, 对此, 在以后的研究中, 需要进一步区分坡面和河流栅格, 以分别进行计算。另外, 在本研究区中, 冲沟发育, 沟蚀是主要的侵蚀方式之一, 模型还需要进一步进行改进, 以能够模拟出流域中的沟蚀。

## 参考文献 (References)

- [1] Jing Ke, Jiao Juying, Li Linyu. Soil erosion amount and sediment delivery ratio in the hilly purple soil region in the upper reaches of Yangtze River: a case study in the Fujiang River Basin [J]. Science of Soil and Water Conservation 2010, 8(5): 1-7 [景可, 焦菊英, 李林育. 2010. 长江上游紫色丘陵区土壤侵蚀与泥沙输移比研究——以涪江流域为例[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(5): 1-7]
- [2] Renard K G, Foster G R, Weesies D K, et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [R]. US Department of Agriculture, 1993
- [3] Flanagan D C, Ascough J C, Nearing M A, et al. The Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model [C]// Harmon R S, et al. Landscape Erosion and Evolution Modeling. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001: 145-199
- [4] Cai Qiangguo, Lu Zhaoxiong, Wang Guiping. Process-based soil erosion and sediment yield model in a small basin in the hilly loess region [J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(2): 108-117 [蔡强国, 陆兆熊, 王贵平. 黄土丘陵沟壑区典型小流域侵蚀产沙过程模型[J]. 地理学报, 1996, 51(2): 108-117]
- [5] Verstraten G, Prosser I P, Fogarty P. Predicting the spatial patterns of hillslope sediment delivery to river channels in the Murrumbidgee catchment, Australia [J]. Journal of Hydrology, 2007, 334: 440-454
- [6] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses——a guide to conservation planning [R]. Agriculture Handbook No. 537, 1978, US Department of Agriculture, US Government Printing Office, Washington, DC.
- [7] Xiao Feipeng. Study of runoff and sediment models of small watershed in Jialingjiang Hilly areas [D]. Chengdu: Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, 2009 [肖飞鹏. 嘉陵江丘陵区小流域产流产沙模型研究[D]. 成都: 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 2009]
- [8] Nearing M A, Lane L J, Lopes V L. Modeling soil erosion [C]// Lal R. Soil erosion research methods. Soil and Water Conservation Society and St. Lucie Press, 1994: 127-156]
- [9] Zhang Wenbo, Xie Yun, Liu Baoyuan. Rainfall erosivity estimation using daily rainfall amounts [J]. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(6): 705-711 [章文波, 谢云, 刘宝元. 利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 705-711]
- [10] Sharply A N, Williams J R. EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation [R]. U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 1990, No. 1768
- [11] Lü Xixi, Shen Rongming. 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, 沈荣明. 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]
- [12] Hou Dabin. Evaluation on soil erodibility in Sichuan and Chongqing [D]. Yaan: Sichuan Agriculture University, 2001 [侯大斌. 川渝地区土壤可蚀性评价[D]. 雅安: 四川农业大学, 2001]
- [13] Cai Chongfa, Ding Shuwen, Shi Zhihua. Study of applying USLE and Geographical Information System IDRISI to predict soil erosion in small watershed [J]. Journal of Soil and 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 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]
- [14] Yang Zisheng. Crop-planting factor of soil erosion of sloping cultivated land in the northeast mountain region of Yunnan province [J]. Journal of Mountain Science, 1999, 17: 19-21 [杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的作物经营因子[J]. 山地学报, 1999, 17: 19-21]
- [15] Prosser I P, Rustomji P. Sediment transport capacity relations for overland flow [J]. Progress in Physical Geography, 2000, 24(2): 179-193
- [16] Carson M A, Kirkby M J. Hillslope form and process [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1972
- [17] Desmet P J J, Govers G. GIS-based simulation of erosion and deposition patterns in an agricultural landscape: a comparison of model results with soil map information [J]. Catena, 1995, 25: 389-401
- [18] Merritt W S, Letcher R A, Jakeman A J. A review of erosion and sediment transport models [J]. Environmental Modelling & Software, 2003, 18: 761-799

## A Simple GIS – Based Modeling of Soil Erosion and Yield in Small Basin

JIN Xiaoli<sup>1,2</sup>, CHEN Genwei<sup>1</sup>, FAN Jihui<sup>1</sup>, MA Zelong<sup>2</sup>

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

2. Sichuan Hydraulic Science Research Institute, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** This paper proposed a simple distributed sediment prediction model by combing the USLE and transport capacity equations and applied it in hilly area of Sichuan province to model the spatial distribution of soil erosion and transport. The main results are as follows: 1. the model established in this paper is applicable for sediment modeling in hilly area of Sichuan province; 2. with the sediment delivery ratio of 0.35, the average annual potential soil erosion is 16.8 thousands t, the erosion modulus is 675.8 t/(km<sup>2</sup>·a) in Weichenghe basin, and the modeled soil yield modulus is 238.6 t/(km<sup>2</sup>·a); 3. the Weichenghe basin is dominated by mild erosion which accounts for 68% of whole basin area, and the extremely intensive erosion accounts for less than 1%, and the intensive erosion mainly occurs at the edge of the basin where the slope is very steep; 4. the rainfall and slope effect the soil erosion more than other factors in this study area.

**Key words:** transport capacity; erosion intensity; USLE equation; simple model

### 稿 约

随着人口的增加和对山地资源需求压力的加大,山区社会经济发展和生态环境问题日趋突出,特别是不合理的人类活动和全球气候变化带来的各种山地灾害损失加重。为使山地科学研究更好地服务国家可持续发展,在建设 21 世纪新山区和实现全面建设小康社会目标中做出更大的贡献,提出本刊近期选题的重点领域如下:①山地环境演变过程与机理。主要内容:山地主要自然过程发生、发展的自然规律与机制,山地环境演变动力学,全球气候变化与山地系统响应及反馈。②山地自然资源开发与保护。主要内容:山地自然资源承载力与可持续性综合评价,山地区域资源优化配置及其高效利用,山地自然资源开发环境效应与保护。③山地城乡发展机制。主要内容:山地城镇化与区域发展的驱动机制,山地农村产业结构与布局,山地农村城镇建设与城乡一体化。④山地灾害形成机理与减灾。主要内容:山地灾害发生的地域背景及其形成变化规律,山区灾害潜在危险性评价与预警,山区社会经济建设与灾害综合风险管理。⑤数字山地与山地环境、灾害遥感监测评估。主要内容:现代定量山地遥感技术应用,基于山地生态系统、山地环境变化及灾害评估的数字山地信息平台 and 数字山地系统建设。⑥人山关系地域系统结构、功能与动态。主要内容:山地自然地域系统分类与评价,人山关系地域系统动力学,山地自然过程与人文过程综合研究,人山关系地域系统调控技术。热忱欢迎专家学者就以上研究内容的来稿。

《山地学报》编辑部