

基于 GIS 和 USLE 的土壤侵蚀定量分析研究 ——以四川省洪雅县为例

周湘山, 孙保平, 李锦荣, 赵岩, 钟晓娟, 王引乾, 冯磊, 邱一丹

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:以四川省洪雅县为研究对象, 运用 GIS 方法和 USLE 土壤侵蚀模型, 分析与评价该区域的土壤侵蚀状况。结果表明: 洪雅县土地利用单元的侵蚀强度存在显著差异, 不同的土地利用类型与土壤侵蚀强度强弱有较为密切的联系。根据洪雅县的土地利用和自然经济状况, 洪雅县可分为北部轻度侵蚀区、中部微度侵蚀区和西南部无明显侵蚀区 3 类土壤侵蚀强度类型区, 并针对各区不同的情况模拟制定了相应的水土保持治理措施, 为当地政府开展水土保持规划工作提供科学依据。

关键词: 土壤侵蚀; 土壤流失方程; GIS

中图分类号: S157. 1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0005-06

Quantitative Analysis of Soil Erosion Based on GIS and USLE — Taking Hongya County of Sichuan Province as a Case Study

ZHOU Xiang-shan, SUN Bao-ping, LI Jin-rong, ZHAO Yan,

ZHONG Xiao-juan, WANG Yin-qian, FENG Lei, QIU Yi-dan

(School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Education Ministry, Beijing 100083, China)

Abstract: Taking the Hongya County of Sichuan Province as a case, based on the technology of geographical information system and the model of soil erosion degree, the status of soil erosion was analyzed and evaluated. Results showed that: there were significant differences of the land use units in Hongya County and the intensity of soil erosion was close connection with the different land use types. According to the land use status and the natural and economic conditions, the status can be divided into three intensity zones of soil erosion, which are slight erosion of northern area, micro-degree erosion of central area and no significant erosion of southwest area; corresponding water conservation measures were made for various different situations which can provide scientific basis for soil and water conservation planning for the local government.

Key words: soil erosion; Universal Soil Loss Equation(USLE); GIS

土壤侵蚀已成为全球性的环境问题之一, 引起了世界各国的广泛关注。我国是世界上土壤侵蚀问题最严重的国家之一, 其范围遍及全国各地, 主要发生在黄河中上游黄土高原地区、东北黑土地地区和长江中上游丘陵地区。土壤侵蚀是土地退化、河道和湖泊淤积的主要原因, 也是导致生态环境恶化的重要因素。对区域土壤侵蚀类型和过程研究是一项基础性的工作。然而, 传统的土壤侵蚀研究方法难以进行大尺度区域的土壤侵蚀状况的调查与分析。20 世纪 80 年

代以来, GIS 开始被引入与通用土壤流失方程 (USLE) 结合进行流域土壤侵蚀量的预测和估算。90 年代初至今, 二者的集成被广泛地应用于土壤侵蚀的风险评价、关键源区的识别、不同水土保持方案的模拟评价以及流域的管理规划等, 有效地提高了土壤侵蚀量的预测效率和结果的显示度^[1]。USLE 作为使用最广泛的土壤侵蚀模型, 已经发展成为一个相对标准化的方法, 在我国得到广泛的推广应用。例如, 蔡崇法等^[2] 依据实地调查资料, 建立了典型小流

收稿日期: 2011-03-09

修回日期: 2011-03-19

资助项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项经费项目“南方退耕还林工程建设效益监测评价研究”(201004018)

作者简介: 周湘山(1986-), 男, 四川成都人, 在读硕士研究生, 研究方向: 荒漠化防治。E-mail: bairenzx@sina.com

通信作者: 孙保平(1956-), 男, 山西原平人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 荒漠化防治、工程绿化。E-mail: sunbp2008@sina.com

©1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

域地理数据库,并在地理信息系统 IDRISI 支持下,采用 USLE 土壤侵蚀预测模型预测了小流域土壤侵蚀量;洪华生等人^[3]基于 GIS 和 USLE 对下庄小流域开展土壤侵蚀量的预测研究,实现了土壤侵蚀量估算和土壤侵蚀关键源区的标识。杨娟^[4]等人基于 GIS 和 USLE 的卧龙地区小流域土壤侵蚀预报,分析小流域的土壤侵蚀强度的空间分布格局,以及土地利用/覆盖对流域土壤侵蚀的影响。基于此,以四川省洪雅县为研究区域,选取合适的因子算法,定量确定了土壤侵蚀因子指标。在 ArcGIS 的支持下,建立空间数据库,根据土壤侵蚀预测模型对数据库进行图形运算,实现了对洪雅县土壤侵蚀强度的分等定级,并根据洪雅县的土地利用情况与经济发展规划模拟了水土保持的治理措施,为开展县域水土保持规划工作提供科学依据。

1 研究区概况

洪雅县位于四川盆地西南边缘,地理位置跨东经 $102^{\circ}49' - 103^{\circ}32'$,北纬 $29^{\circ}24' - 30^{\circ}00'$ 。斜置于峨眉山、大相岭和总岗山之间,形如哑铃。全县幅员面积 $1\,896.49\text{ km}^2$,其中耕地 $27\,987\text{ hm}^2$,林地 $139\,117.27\text{ hm}^2$,牧草地 $4\,196.08\text{ hm}^2$ 。洪雅县位于中亚热带湿润季风气候北缘的山地平原交错带,地理环境复杂,生态条件多样。气候、土地、生物和水等农业自然资源丰富,年均温 16.8°C ,无霜期 304 d , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $6\,149.2^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $5\,309.6^{\circ}\text{C}$,多年平均降水量 $1\,493.8\text{ mm}$ 。洪雅地处四川盆地和凉山山原的过渡地带,具有平坝、丘陵和山地等地貌类型,土地资源以林地为主(占总面积的 68.8% ,人均 5.05 hm^2)。该县农耕地以水稻土、紫色土为主,林地以山地黄棕壤为主。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

本研究采用的图形数据库包括:土地利用类型图、土壤类型图、地形图、流域数字高程模型(DEM)等。其中土地利用图根据 2009 年的 Landsat/TM 影像,TM 影像为 LANDSAT7 波段遥感数据,其地面分辨率为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$,根据不同土地利用类型的光谱反映特征建立解译标志,采用目视解译法识别影像的特征属性,并结合野外资料对影像进行监督分类,得到遥感分类图。土壤数据来自全国第二次土壤普查图件及各地土壤志。其精度为 $1:100\text{ 万}$,包括土壤类型矢量数据以及黏粒($\%$)、粉砂($\%$)、砂粒($\%$)、有机质($\%$)等数据。属性数据包括:洪雅县 1998–2007 年的气象数据。

运用 ArcGIS 的空间数据管理和分析功能,建立流域的数字高程模型(DEM)、土地利用现状图、土壤类型图等矢量图,对其属性数据进行相应的数据编码操作,再借助 ArcGIS 将上述各图栅格化(Grid 格式),考虑到县域尺度和计算精度,栅格大小为 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$,获得 USLE 方程的因子图,再通过 ArcGIS 将各因子图连乘,获得洪雅县的土壤侵蚀强度等级图。

2.2 USLE 模型

通用土壤流失方程(USLE)由 Wischemier 和 Smith^[5]于 1958 年提出,为提高各因子计算的通用性,美国农业部又提出了修正方程 RUSLE。本研究采用这一模型,其数学表达式为:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

式中: A ——单位面积上年平均土壤流失量; R ——降雨侵蚀力因子; K ——土壤可蚀性因子; L ——坡长因子; S ——坡度因子; C ——植被覆盖和管理因子; P ——土壤保持措施因子。

2.2.1 R 值计算 降雨侵蚀力因子是评价降雨引起土壤分离和搬运的潜在动力指标,虽然一些基于小区实验的回归方程给出了降水因子组合算法,但是这些相对精准算法的数据往往难以获得,所以国内外的很多研究人员都偏向于采用一些降水侵蚀因子 R 的简易算法,其中应用比较多的就是 Wischmeier 提出的直接利用多年各月平均降量的经验公式。Wischmeier 经验公式,既考虑了年总降雨量,又考虑了降雨的年内分布,比较准确地反映出区域降雨对土壤侵蚀的贡献率。本研究 R 值的计算采用 Wischmeier 经验公式^[6]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{[1.5 \lg(P_i^2/P) - 0.8188]} \quad (2)$$

式中: P_i ——第 i 月的平均降雨量(mm); P ——全年或多年平均降雨量(mm); $i = 1, 2, \dots, 12$ 。 P_i 和 P 来自洪雅县气象站的降雨资料。

2.2.2 K 值计算 依据 Et-Swaify 等的研究, K 值的大小与土壤质地有较高的相关性。目前土壤可蚀因子 K 值的求法主要有:直接测定法、诺谟图法、公式法^[7]。直接测定 K 值法被认为最符合田间实际土壤对侵蚀力的敏感尺度,但是直接测定 K 值所需的时间较长,经费较多;诺谟图法不仅需要较多参数,特别是土壤结构级别和土壤渗透级别很难准确获得;公式法则比较快捷,也较为准确。美国通用土壤流失方程 USLE 及其修正模型 RUSLE 中 K 值的确定方法,与诺谟图法一样,需要的指标不容易确定。因此,本研究,运用 Williams 等人在 EPIC 模型中发展的土壤可蚀性因子 K 的估算方法进行计算^[8](图 1)。

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256S_a(1 - S_i/100)]\} \times$$
$$\left(\frac{S_i}{C_i + S_i}\right)^{0.3} \times \left(1.0 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.95C)}\right) \times$$
$$\left[1.0 - \frac{0.7S_n}{S_n + \exp(-5.51 + 22.9S_n)}\right] \quad (3)$$

式中: S_a ——砂粒(0.1~2 mm)含量(%); S_i ——粉粒(0.002~0.1 mm)含量(%); C_i ——黏粒(<0.002 mm)含量(%); C ——有机碳含量(%); $S_n = 1 - S_a/100$ 。

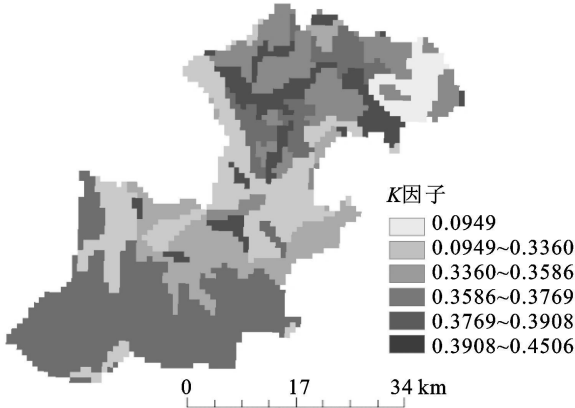


图 1 洪雅县土壤可蚀性 K 值

2.2.3 LS 因子计算 在小流域和区域尺度上, 坡度和坡长很难通过实地测量获得, 因此, 长期以来缺少坡度和坡长等地形指标的估算方法。国内外研究者对 LS 因子计算原理和关键技术的研究仍显薄弱。目前运用较为广泛的就是通过数字高程模型(Digital Elevation Model DEM)对 LS 因子进行提取。

(1) L 坡长因子。运用 ArcGIS 建立洪雅县数字高程模型, 利用 ArcGIS 的 GRID 模块进行基于 DEM 的地形特征分析, 提取坡度坡长图(图 2)。用通用土壤流失方程中的坡长指数 L 的计算方法计算坡长因子。

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.1}\right)^m \quad (4)$$

式中: λ ——坡长(m); m ——坡长效应指数, 当坡度<1%时, $m = 0.2$; 坡度 1%~3%, $m = 0.3$; 坡度 3%~5%, $m = 0.4$; 坡度>5%, $m = 0.5$ ^[9]。

(2) S 坡度因子的计算。缓坡上选用 McCool 等(1987 年)研究的坡度公式; 在陡坡上采用刘宝元的坡度公式^[10]:

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & \theta < 5^\circ \\ 16.8 \sin \theta - 0.5 & 5^\circ \leq \theta < 10^\circ \\ 21.91 \sin \theta - 0.96 & \theta \geq 10^\circ \end{cases} \quad (5)$$

式中: S ——坡度因子; θ ——坡度。

2.2.4 C 作物管理及植被盖度因子的确定

(1) 植被盖度的提取。植被盖度的计算现在大多数是利用遥感提取植被指数, 利用植被指数与外业调

查的植被盖度建立相关关系, 最终得到植被盖度图。而最常用的就是利用植被 NDVI 指数, 来估算植被盖度。

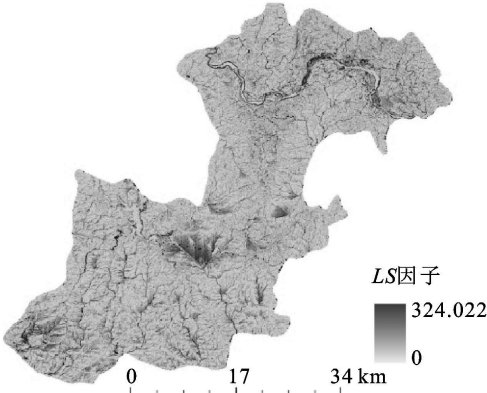


图 2 洪雅县坡度坡长因子 LS 值

根据安培浚等^[11]在西北干旱区利用 NDVI 所建立的植被指数与植被覆盖度的关系来确定植被覆盖度 c 。

$$c = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (6)$$

其中: $NDVI$ ——所求像元的归一化植被指数。 $NDVI_{min}$, $NDVI_{max}$ ——研究区 $NDVI$ 的最小值和最大值。

(2) C 因子的确定。 C 值主要受植被覆盖度和土地利用现状的制约, 蔡崇法等^[12]通过建立坡面产沙量与植被覆盖度的数学模型得到了 C 因子值与植被覆盖度之间的关系。本次研究参考 Wischmeier 的原始 C 因子取值对照表的定义及相关研究文献, 结合洪雅县的实际情况, 利用式(7)计算各地类年均 C 因子(图 3)。

$$C = \begin{cases} 1 & c = 0 \\ 0.6508 - 0.3436 \lg c & 0 < c < 78.3\% \\ 0 & c \geq 78.3\% \end{cases} \quad (7)$$

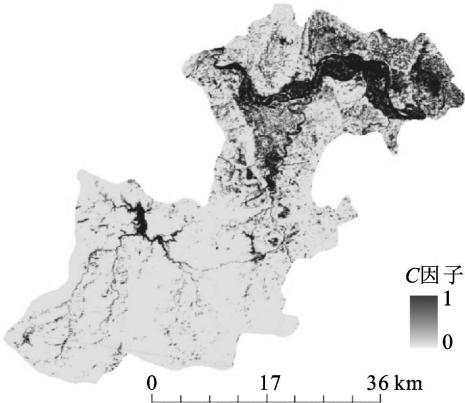


图 3 洪雅县作物管理及植被盖度因子 C 值

2.2.5 P 保护措施因子的确定 水土保持措施因子 P 是采用专门措施后土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值, 反映植被的管理措施差异引起的土壤流失量差别, 其范围在 0~1 之间。本次研究主要

参照美国农业部手册 703 号和洪雅县 2009 年 TM 遥感卫片解译出的土地利用现状图及相关的文献来进行 P 值的确定^[13](图 4)。

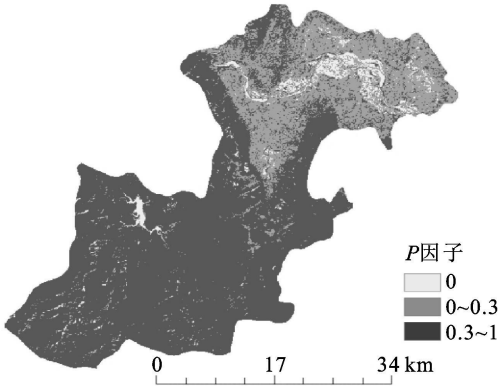


图 4 洪雅县保护措施因子 P 值

3 结果分析

3.1 计算结果和数据分析

3.1.1 RUSLE 各要素的计算结果 运用 Matlab 数学软件对洪雅县土壤粒径进行 3 次样条的插值,用苏联制为基础进行插值,转换得出美国制、国际制的主要有效粒径对应的土壤颗粒累积百分含量。再用 ArcGIS 对土壤属性数据处理得到洪雅县土壤可蚀性 K 值图;利用遥感提取植被指数,算出植被覆盖度 c 。用 ArcGIS 对植被覆盖度 c 进行计算得出洪雅县作物管理及植被盖度因子 C 值图;运用 ArcGIS 建立洪雅县数字高程模型,计算得出洪雅县坡度坡长因子 LS 值图;运用遥感采用目视解译法识别影像的特征属性并结合野外资料对影像进行监督分类,得到遥感分类图。用 ArcGIS 对遥感分类图进行赋值运算得到洪雅县保护措施因子 P 值图。考虑到县域尺度和计算精度,栅格大小为 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$,将得出的 USLE 方程的因子图,通过 ArcGIS 将各因子图连乘,获得洪雅县的土壤侵蚀强度等级分布图(图 5)。

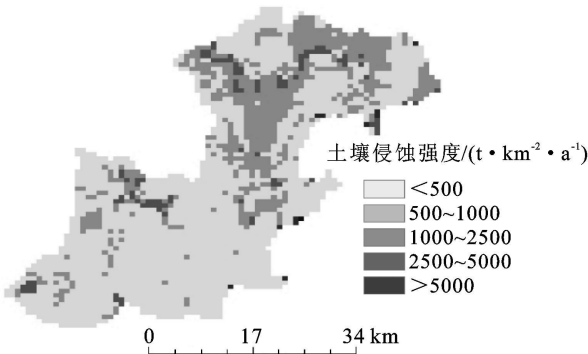


图 5 洪雅县 2009 年土壤侵蚀强度分布

3.1.2 土壤侵蚀强度统计分析 通过图 5 统计得到表 1,可以得出洪雅县土壤侵蚀强度以中度以下等级

为主,其中中度以下侵蚀强度面积共 $170\,115.15\text{ hm}^2$,占土地总面积的 89.7% ;中强度侵蚀面积共 $19\,533.85\text{ hm}^2$,占土地总面积的 10.3% 。

表 1 洪雅县 2009 年土壤侵蚀强度分级面积

级别	等级	侵蚀模数/ ($\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	面积/ hm^2	占土地 面积比/ $\%$
无明显侵蚀	1	< 500	86991.9963	45.87
微度	2	$500\sim 1000$	33871.3114	17.86
轻度	3	$1000\sim 2500$	49251.8453	25.97
中度	4	$2500\sim 5000$	14489.1836	7.64
强度	5	> 5000	5044.6634	2.66

3.1.3 土地利用类型统计分析 运用遥感采用目视解译法识别影像的特征属性并结合野外资料对影像进行监督分类,得到遥感分类图,运用 ArcGIS 对遥感分类图进行处理得出洪雅县 2009 年土地利用类型图(图 6)。

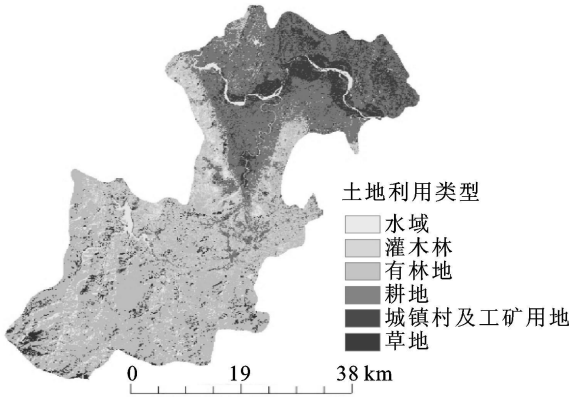


图 6 洪雅县 2009 年土地利用类型

表 2 洪雅县 2009 年土地利用类型分类面积统计

类型	面积/ hm^2	面积/ $\%$
耕地	27726.68	14.62
灌木林	17523.57	9.24
有林地	123404.60	65.07
水域	7301.49	3.85
城镇村及工矿用地	9463.49	4.99
草地	4229.17	2.23

通过图 6 和表 2 可以得出洪雅县土地利用类型中耕地面积 $27\,726.68\text{ hm}^2$,占土地总面积的 14.62% ;灌木林地面积 $17\,523.57\text{ hm}^2$,占土地总面积的 9.24% ;有林地面积 $123\,404.6\text{ hm}^2$,占土地总面积的 65.07% ;水域面积 $7\,301.49\text{ hm}^2$,占土地总面积的 3.85% ;城镇村及工矿用地面积 $9\,463.49\text{ hm}^2$,占土地总面积的 4.99% ;草地面积 $4\,229.17\text{ hm}^2$,占土地总面积的 2.23% 。洪雅县土地利用类型主要以耕地和林地为主,耕地和林地一共 $168\,654.85\text{ hm}^2$,占全县土地总面积的 88.93% 。

表 3 洪雅县 2009 年土地利用类型的侵蚀强度的面积百分比 %

土地利用类型	无明显侵蚀	微度	轻度	中度	强度
耕地	20.95	21.59	48.79	6.62	2.05
灌木林	50.67	28.64	12.65	6.55	1.49
有林地	57.35	16.53	20.12	3.65	2.35
水域	1.24	10.36	38.20	45.81	4.39
城镇村及工矿用地	0.76	7.12	46.03	36.28	9.81
草地	32.34	24.53	36.26	5.31	1.56

根据表 3 可以得出洪雅县各土地利用类型的侵蚀强度分布中: 耕地和草地主要以中度以下侵蚀为主, 其中无明显侵蚀面积分别占 20.95% 和 32.34%, 微度侵蚀面积分别占 21.59% 和 24.53%, 轻度侵蚀面积分别占 48.79% 和 36.26%, 中强度侵蚀面积分别共占 8.67% 和 6.87%。灌木林地和有林地中无明显侵蚀均占有较大比例, 分别为 50.67% 和 57.35%, 其次是微度和轻度侵蚀面积, 分别共占有 41.29% 和 36.65%, 中强度侵蚀面积最小, 分别共占 8.04% 和 6%。水域和城镇村及工矿用地中度侵蚀和轻度侵蚀占有较大面积, 分别共占 84.01% 和 82.31%, 相比其他土地利用类型, 水域和城镇村及工矿用地中的强度

侵蚀面积占有比例相对过高, 分别为 4.39% 和 9.81%, 微度侵蚀和无明显侵蚀面积占有比例显著减少, 分别共占 11.6% 和 7.88%。洪雅县土地利用单元的侵蚀强度存在显著差异, 不同的土地利用类型跟土壤侵蚀强度高低有着较为密切的联系。

3.2 土壤侵蚀强度分区

结合图 5 的洪雅县 2009 年土壤侵蚀强度分布情况, 图 6 的洪雅县 2009 年土地利用类型状况和洪雅县乡镇边界确定洪雅县土壤侵蚀强度三区分区边界, 得到洪雅县土壤侵蚀强度分区分布图(图 7)。



图 7 洪雅县土壤侵蚀强度分区分布

表 4 各区土壤侵蚀强度分级面积及平均侵蚀模数

类型区	不同侵蚀强度面积/ hm ²					平均土壤侵蚀模数/ (t · km ⁻² · a ⁻¹)
	无明显侵蚀	微度	轻度	中度	强度	
北部中轻度侵蚀区	11343.76	6957.17	33584.83	10320.65	4348.00	2118.20
中部轻度侵蚀区	20216.94	15570.64	10564.52	2537.06	279.98	1055.30
西南部无明显侵蚀区	55431.30	11343.50	5102.49	1631.48	416.69	498.82

根据洪雅县的土壤侵蚀强度分布情况、土地利用类型分布情况和乡镇分布情况, 大致将可以将洪雅县分为以下 3 个区域(图 7)。

(1) 北部轻度侵蚀区。本区包括汉王、中山、洪川、余坪、中保、止戈、将军、三宝、东岳等乡镇, 面积约 665.54 km², 占全县的 35.09%, 人口 24.8 万人, 占全县总人口的 74.97%。该区土地利用类型以耕地、水域、城镇村及工矿用地为主。该区地貌以沿江河谷冲积平原、台地、丘陵为主, 水、热、气条件好, 人口密度大, 人均耕地少, 能源、交通条件较好, 又是全县农、工综合开发区, 经济最发达。该区平均土壤侵蚀模数为 2 118.20 t/(km² · a), 土壤侵蚀强度以轻度为主。

(2) 中部微度侵蚀区。本区包括花溪、柳江、高庙、桃源等乡镇, 面积约 491.69 km², 占全县的 25.93%。人口 5.2 万人, 占全县总人口 15.72%。该区土地利用类型以耕地、林地和水域为主。该区地貌以中山为主兼有低山, 气候呈立体分布人口稀少, 山地宜林宜牧面积大, 饲草充足, 矿物贮量较丰富, 是全县林、

药、土特产的主要生产基地。该区平均土壤侵蚀模数为 1 055.30 t/(km² · a), 土壤侵蚀强度以微度为主。

(3) 西南部无明显侵蚀区。本区包括瓦屋山、张村等乡镇, 全区幅员面积约 739.25 km², 占全县总面积的 38.98%。人口 3.08 万人, 占全县总人口 9.31%。该区土地利用类型主要包括: 林地、草地和水域。区内地处县境西南部, 绝大多数为国有林地, 有国家级森林公园瓦屋山, 是人烟稀少的天然林区。由于山峰高耸, 河谷深切, 气候寒冷, 人迹罕至, 所以本区生态环境尚属天然或原始状态。加之位于青衣江流域上游, 对水源涵养和生态平衡具有重要作用。该区平均土壤侵蚀模数为 498.82 t/(km² · a), 土壤侵蚀强度以无明显侵蚀为主, 瓦屋山水库等局部地区伴有中强轻度侵蚀。

3.3 土壤侵蚀强度分区治理措施

根据洪雅县的土壤侵蚀强度分布情况、土地利用类型分布情况和乡镇分布情况, 可以知道洪雅县土壤侵蚀强度三区各区的生产方式和社会经济功能, 从而

界定三区的水土流失主要方式和原因,做出针对性和准确性的分区治理措施。

(1) 北部轻度侵蚀区。该区域包括洪雅县城区及其它 7 个主要乡镇,地势较为平坦,人口密集,交通、能源条件好,是全县的农工综合开发区和粮食作物耕作区。造成该区域水土流失的主要因素包括城镇、工矿等项目的开发建设,不合理的耕作方式和沿江流域的水力侵蚀。

该区应加强城市水土流失预防监督工作,认真贯彻水土保持相关法律法规,督促开发建设项目业主认真履行水土流失防治义务,按相关法律法规明确水土流失防治责任,确定水土流失防治方案和措施。工业园区、商业贸易区、经济开发区、文化娱乐区、生活居住区等,根据不同的开发建设目标,采取与之相适应的水土保持措施,同时城区的水土保持措施与城市水系布局、河道整治、排洪工程结合,提高水系绿化指数和城市雨洪调蓄能力,减轻因水土流失而产生的洪涝灾害和城市水源污染^[14]。在人口相对密集的平坝、丘陵等农业生产区域,结合农业结构调整,加强控制化肥农药的使用,发展与水源保护相适应的生态农业、观光农业、休闲农业,积极发展城郊型农业服务基地,减少面源污染。加强小型水利水保设施建设,改善生产条件,因地制宜在村庄及旅游景点等人类活动和聚居区加强农村污水垃圾处理,改善人居环境。

(2) 中部微度侵蚀区。该区地貌以中山为主兼有低山,土地利用类型包括耕地、林地和水域。其中耕地以坡耕地为主,坡耕地改造工程已成为水土保持生态建设的重中之重。水土保持法规定 25° 以上的坡耕地退耕还林还草, 25° 以下的坡耕地要采取相应的水土保持措施方可耕作。坡耕地治理措施的主要通过改变坡面小地形的的方法防止坡地水土流失,将雨水及融雪水就地拦蓄,使其渗入地下,减少或防止形成坡面径流,保持土壤养分,增加农作物可利用的土壤水分,改善农业生产基础条件,提高土地生产能力。天然沟壑及其两侧山坡地形形成的小流域,需因地制宜地采取工程措施、植物措施和保护性耕作等措施,进行坡耕地和沟道水土流失综合治理。河道两侧的水土流失治理应保育植被,恢复湿地,清理河道垃圾、障碍物,恢复景观生态,有效发挥灌木和水生植物的水质净化功能,维护河道及湖库周边生态平衡。

(3) 西南部无明显侵蚀区。该区属青衣江流域上游,是四川省西南山地重要的生物基因库,也是国家宝贵的生物种源基地。区内有瓦屋山国家森林公园和瓦屋山水库,生态环境尚属天然或原始状态,对水源涵养和生态平衡具有重要作用。

该区应加强预防监督管护,封山禁牧、禁伐、禁垦,保天然原始森林存量和保护次生林恢复森林植被,充分发挥植被特别是灌草植被的生态功能,在流域上游形成一道生态防线,以达到涵养水源、保持水土的目的。加强小型水库等水资源保护与开发建设,为下游生产和生活蓄积和提供水源。由于该区地势海拔较高,容易形成泥石流、滑坡等灾害,当地应采取监测、径流排导、削坡减载、支挡固坡、修建拦挡工程等措施,建立监测、预报、预警体系。

4 结 语

研究利用 ArcGIS 强大的空间数据管理能力,进行 USLE 方程各因子参数的输入和运算,实现对洪雅县土壤侵蚀强度的初步定量分析,给水土保持规划治理的提供了较为可靠的依据。相对于传统的集中式方法进行土壤侵蚀强度预测,这种分布式方法由于运用 GIS 的栅格数据分析功能,可预测出每个栅格的土壤侵蚀量,便于管理者找出较为严重的土壤侵蚀区,并针对性提出最佳治理措施。不过目前的预测模型和侵蚀因子的算式算法大多是借鉴原有的技术和国内外相关的方法与成果来确定的,在以后的工作中,还应根据研究区水土流失实测结果,进行校准、改进各因子的算式算法,深入了解区域土壤、地形、覆被等影响因素的变化,加强对未来各侵蚀因子变化的定量分析,以提高预测的可靠性、准确性和突出区域特色^[15]。

参考文献:

- [1] 耿豪鹏,潘保田,王超,等.基于 GIS 与 USLE 的榆中县土壤侵蚀[J].兰州大学学报:自然科学版,2009,45(6):9-13.
- [2] 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.
- [3] 洪华生,杨远,黄金良.基于 GIS 和 USLE 的下庄小流域土壤侵蚀量预测研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2005,44(5):676-679.
- [4] 杨娟,葛剑平,李庆斌.基于 GIS 和 USLE 的卧龙地区小流域土壤侵蚀预报[J].清华大学学报:自然科学版,2006,46(9):1526-1529.
- [5] Wischmeier W H, Smith D D. Agricultural Handbook No. 537[S]. Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, 1978.
- [6] Wischmeier W H. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971, 26: 189-193.

(下转第 15 页)

(4) 由以上确定的喀斯特生态景观退化诊断指标体系和诊断标准, 借助集对分析方法得出的毕节试验区喀斯特景观退化状况, 与该地区已有的喀斯特生态系统健康评价研究^[14-15], 可以相互印证。因此, 本研究确定的生态景观退化诊断指标体系、诊断标准以及诊断方法具有一定的科学意义。

由于收集数据和经费有限原因, 本研究在研究退化生态景观退化诊断评价时是以县为单位划分的, 尺度相对较大, 但也具有一定的参考和借鉴以及研究价值, 以后应进一步以此为基础, 进行研究, 将喀斯特退化生态系统的评价范围进一步缩小, 以群落、小流域为单位, 或者是借助遥感和 GIS 的图像叠加合成技术, 以各生态景观退化指标的栅格数据图(如石漠化分布图、植被类型分布图等), 通过叠加分析, 来确定贵州省喀斯特退化生态景观的等级类型和范围, 将会是具有重要的科研和生态修复实践的指导意义。

参考文献:

[1] 肖笃宁, 赵弈. 沈阳西郊景观格局变化研究: 景观生态学原理、方法与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 186-195.

[2] 孔达, 龚文峰. 基于 GIS 的帽儿山景观生态综合评价[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 139-145.

[3] 何艳芬, 张柏, 马超群, 等. 东北黑土区农业生态景观格局及变化研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, 38(5): 837-842.

[4] 宁龙梅, 王学雷, 吴后建. 武汉市湿地景观格局变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(1): 44-50.

[5] 朱闻博, 胡仁贵, 洪忠. 深圳市河道水环境综合治理的典型实例: 新洲河生态景观改造[J]. 中国农村水利水电, 2006(9): 28-38.

[6] 姜艳, 尹光天, 孙冰. 我国森林景观生态研究进展[J]. 生态科学, 2008, 27(4): 283-288.

[7] 黄俊芳, 王让会, 师庆东. 基于 RS 与 GIS 的三工河流域生态景观格局分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(1): 33-38.

[8] 杨瑞卿, 肖扬, 马占元. 徐州市云龙山侧柏纯林生态景观优化[J]. 徐州工程学院学报, 2007, 22(10): 68-73.

[9] 侯湖平, 张绍良, 闫艳. 基于 RS, GIS 的徐州城北矿区生态景观修复研究[J]. 中国矿业大学学报, 2010, 39(4): 504-509.

[10] 常学礼, 吕世海, 叶生星. 辉河湿地自然保护区生态系统健康评价[J]. 环境科学学报, 2010, 30(9): 1905-1910.

[11] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展, 2009, 24(6): 572-578.

[12] 李阳兵, 王世杰, 谢德体. 西南岩溶山区景观生态特征与景观生态建设[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 702-706.

[13] 曹欢, 苏维词. 喀斯特生态系统健康评价方法比较研究[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(1): 183-188.

[14] 曹欢, 苏维词. 基于模糊数学综合评价法的喀斯特生态系统健康评价[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3): 148-153.

[15] 曹欢, 苏维词, 范新瑞. 浅析喀斯特生态系统健康影响因素及评价指标: 以毕节地区为例[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(10): 142-148.

[16] 王文圣, 李跃清, 金菊良, 等. 水文水资源集对分析[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

(上接第 10 页)

[7] 张金池, 李海东, 林杰, 等. 基于小流域尺度的土壤可蚀性 K 值空间变异[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2019-2206.

[8] 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, 9(1): 63-70.

[9] 蔡永明, 张科利, 李双才. 不同粒径制间土壤质地资料的转换问题研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 511-517.

[10] 刘宝元, 史培军. WEPP 水蚀预报流域模型[J]. 水土保持通报, 1998, 8(5): 7-13.

[11] 安培浚, 刘树林, 颀耀文, 等. 植被指数遥感定量研究: 以民勤绿洲为例[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(6):

574-580.

[12] 江忠善, 王志强, 刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1-9.

[13] 游松财, 李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 62-68.

[14] 张永新. 吉林省水土流失现状分析及防治对策[D]. 长春: 吉林大学, 2004.

[15] 徐清艳, 周跃. 基于 GIS 和 USLE 的土壤侵蚀预测研究: 以云南新平大红山铁矿为例[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 72-75.