

县域 LS 因子提取与分析

——以陕西长武县为例

曹佳云¹, 杨勤科^{1,2}, 王 程¹, 丑述仁¹

(1. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:LS 计算是利用 USLE 等坡面模型进行流域与区域土壤侵蚀评价与制图的基础,在对第四次土壤侵蚀普查试点县进行 LS 因子提取工作的基础上,以长武县为例,总结介绍县域 LS 因子提取的主要技术环节、主要技术要点及工作流程,并对 LS 因子提取结果进行评价和分析。从提取的坡度、坡长、LS 因子的统计和空间分布特征看,基本可反映该地区的塬面、塬坡、现代沟坡和川地等地貌特征。结果表明,利用前期的理论研究和技术开发,可提取 LS 因子,该因子具有一定科学性,可满足土壤侵蚀的宏观评价要求。

关键词:LS 因子提取; 区域土壤侵蚀; DEM

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0007-04

Extraction and Analysis of LS Factor at County Scale

——Taking Changwu County as an Example

CAO Jia-yun¹, YANG Qin-ke^{1,2}, WANG Cheng¹, CHOU Shu-ren¹

(1. Department of Urban and Environment, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: It is essential to calculate LS factor for soil erosion assessment and mapping based on slope models at watershed and regional scale, such as USLE. Based on the LS factor extraction work in the experimental counties of the Fourth National Soil Erosion Survey, this paper took Changwu County as an example and summarized its main technical links, key technologies and workflow. From the statistical and spatial characteristics of extracted slope, slope length and LS factor, the extracted factors can basically reflect the plateau, plateau slopes, modern gully and plain ground features of this area. The result of the LS factor extraction had been assessed and analyzed too. It shows that LS factor can be rationally extracted based on our prior results on theory and technology, and the extracted factor can meet the need of soil erosion assessment at macro-scale.

Key words: LS extracting; regional soil erosion; DEM

全国第四次土壤侵蚀调查已经在全国范围内展开,区域土壤侵蚀因子是主要的调查内容。由于实用型区域土壤侵蚀模型尚在开发中,USLE 和 RUSLE 被广泛应用于土壤侵蚀调查制图^[1]。USLE 和 RUSLE 中地形对土壤流失的影响用坡度坡长因子(LS)表示^[2-3]。LS 计算是利用 USLE 等坡面模型进行流域与区域土壤侵蚀评价与制图的基础^[4]。国内外研究者针对流域和区域土壤侵蚀调查制图中的 LS 计算进行了一系列探索。但是在这些研究中,多集中在一般方法的讨论,且多以流域为单元,如吴东亮、张照

录、汪邦稳等人的研究^[5-7]。国外 Moore, Wilson, Williams 和 Desmet 等专门讨论了流域 LS 计算方法^[8-12]。Hickey 和 Van Remortel 等研究了基于 DEM 提取区域 LS 的方法^[13-16];在此基础上,张宏鸣等设计开发了区域尺度 LS 因子计算工具^[17]。已有研究中多以流域为单元,以某行政区为单元提取 LS 因子的方法较少涉及;较多关注了丘陵区,对于高塬沟壑区注意不够。本研究以黄土高原沟壑区为典型研究区,探讨县域地形因子提取和分析方法,为第四次全国土壤侵蚀普查及其后续工作提供技术支撑。

收稿日期:2011-09-20

修回日期:2011-10-24

资助项目:国家自然科学基金(41071188)

作者简介:曹佳云(1987—),女,陕西渭南人,在读硕士研究生,主要从事 GIS 应用研究。E-mail:caojiayun@163.com

通信作者:杨勤科(1962—),男,陕西省陇县人,教授,博士,主要从事区域水土流失与 GIS 应用研究。E-mail:qkyang@nwwu.edu.cn

1 研究区概况与数据基础

1.1 研究区概况

本次研究的区域选在长武县,东西跨越 $107^{\circ}38'49''$ — $107^{\circ}58'02''$ E,长度约为 27.23 km,南北跨越 $34^{\circ}59'09''$ — $35^{\circ}18'37''$ N,长度约为 30.06 km,面积 567.1 km²,黄土塬、梁峁丘陵等各种地貌发育比较齐全。

1.2 数据基础

本次研究的基础数据来源为国家基础比例尺 1:5 万地形图,所需图幅为长武县界缓冲 2 km 后所包含的图幅。地形图等高距为 10 m,高斯克吕格 6° 投影。从测绘局购买并自行按照国家技术规程数字化,并手工勾绘地形特征线。

2 LS 因子提取流程

以长武县国家基础比例尺 1:5 万地形图为基础数据,首先通过 ANUDEM^[18] 软件建立水文地貌关系正确的 DEM (Hydrology Correct DEM, 简称 Hc-DEM),在此基础上通过自行开发的 LS 工具^[17] 从 DEM 中提取 LS 因子,操作流程见图 1。

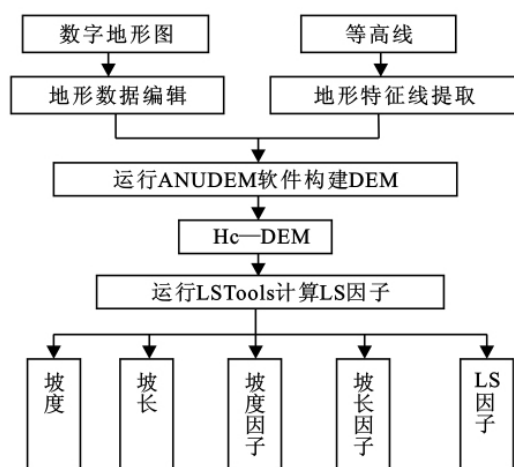


图 1 LS 提取流程图

2.1 Hc-DEM 建立

通过地形图建立 DEM,首先要对地形数据进行编辑处理,消除其中存在的错误,并手工勾绘地形特征线;然后将等高线、高程点、河流、湖泊、流域边界以及地形特征线输入 ANUDEM 软件,建立 Hc-DEM。

2.1.1 地形数据编辑 采用 ANUDEM 软件建立 DEM,需要输入的基础地形数据包括:等高线、高程点、河流和湖泊。这些地形数据可以在 1:5 万地形图中获取。

要获取全县范围的等高线、高程点、河流和湖泊数据,首先需要进行标准分幅地形图的拼接和投影变换。将数据拼接成一个图幅后,需要对地形数据进行

检查和错误编辑,主要包括:检查等高线和高程点错误,保证高程有序变化;检查和编辑河流流向,确保河流由高往低处流;湖泊位置检查,使其位于低洼部位;格式转换:对于编辑好的数据,用 ungenerate 命令生成 AUNDEM 可以识别的文本文件。

2.1.2 地形特征线提取 在等高线基础上,手工勾绘主要的地形特征线,主要包括:塬边线、沟沿线以及坡脚线。转换生成地形特征线的 gen 文件。关于特征线提取,详见文献^[19]。

2.1.3 DEM 建立 利用编辑好的地形数据,运行 ANUDEM 生成县域 DEM。输入文件为等高线、高程点、河流、湖泊、缓冲的县域边界以及地形特征线。主要参数设置为,迭代次数 20,第二粗糙度 0.5。输出文件为 2 进制或文本格式,可在 ArcGIS 中转化为 grid 格式。由于数据量比较大,如果运行中断,可分块逐个运行生成 DEM,然后再用 Mosaic 功能合并得到县域 DEM。

2.1.4 流域划分 流域划分通过 AML 编程方式自动实现,然后对流域边界进行编辑和输出。根据本研究需要,本着各流域单元面积适中、形状尽量接近圆形的原则,将长武县划分为 4 个流域单元。将各流域边界单独存为一个文件。对各流域边界建立 1 km 的缓冲区,得到缓冲的流域边界,并将缓冲边界文件转换生成 gen 文件。

2.2 LS 因子提取

在生成的 Hc-DEM 的基础上,利用自行开发的 LS 因子提取工具^[17],提取坡度、坡长,根据第四次土壤侵蚀普查技术规程中的规定,计算 LS 因子。

2.2.1 坡度、坡长和 LS 因子算法 自行开发的 LS 计算工具^[17],坡度提取采用 D8 算法,坡长采用单流向下的径流累算法。其中坡长的提取须以流域为单元。

2.2.2 LS 因子计算的实现 在 ArcGIS 环境下将 grid 格式 DEM 转换为文本文件,然后输入 LSTools 中,每个流域将输出 5 个文本文件,分别是坡度、坡长、坡度因子、坡长因子和坡度坡长因子。这些文本文件可在 ArcGIS 环境下转化为 grid,并将各个流域的 5 个因子图进行拼接,生成县域完整的 LS 因子系列图,包括坡度、坡向、坡度因子、坡长因子、坡度坡长因子。

3 结果与分析

3.1 DEM 与地形宏观结构特征

利用地形图上的地形信息和地形特征线生成的 DEM,从宏观上表达该地区塬、塬坡、现代沟坡、川地等各种地貌结构,较之常规方法建立的 DEM,对侵蚀地形的表达能力有所改善^[19](图 2)。

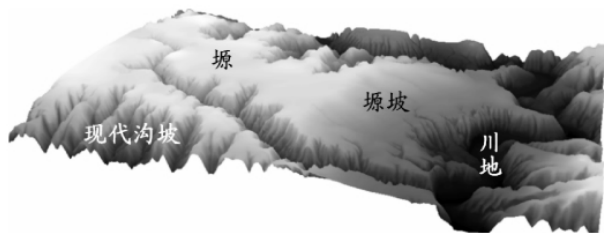


图2 长武县典型样区 He-Dem

3.2 坡度、坡长和LS值的空间分布

从生成的坡度、坡长、LS因子的分布图(图3)可以看出,在沟道、河滩、塬的顶部,坡度较小、坡长较长,LS值较小;在沟道两边的坡上,坡度较大、坡长较小,LS值较大。LS值的分布与坡度的分布最相似,而与坡长的分布差别较大。这是因为在黄土高原丘陵区,坡度对侵蚀的影响大于坡长^[20]。

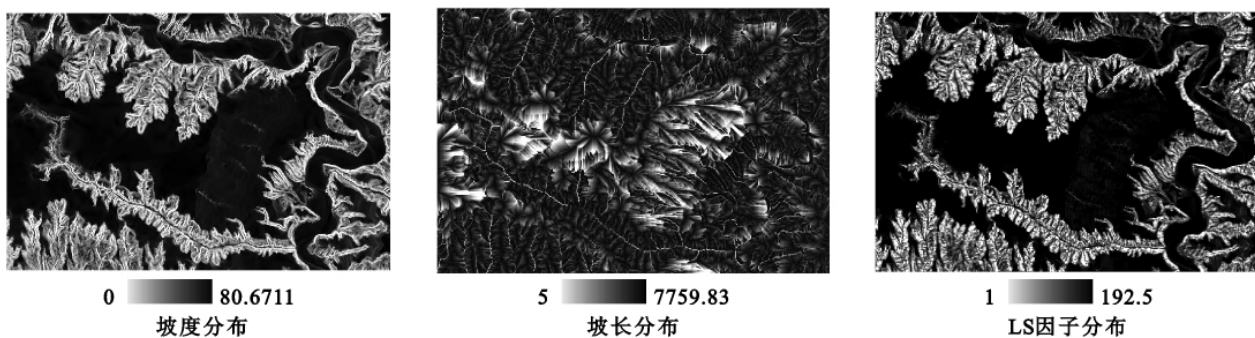


图3 坡度、坡长、LS因子图

3.3 坡度、坡长和LS值的频率分布

3.3.1 整个区域坡度、坡长和LS值的频率分布

将整个县的坡度、坡长和LS因子的特征值进行统计,将坡度、坡长和LS因子的属性表导出,在Excel中制作各因子的频率与累积频率分布曲线,如图4所示。从频率分布曲线中可以看出,0~25°的坡度占总坡度的80%左右,其中坡度值为0~5°的坡度占了50%。坡度曲线在0.5°附近最高,先骤降,随后在20°~25°出现小的峰值,最后开始下降,到60°附近基本持平,60°~80°的坡度只占总坡度的0.05%左右。这是因为该区域存在比较多的塬、河滩等平坦地貌,有

坡度较陡的区域存在是因为DEM构建时添加了地形特征线。坡长的分布中,小于500m的坡长占了95%,说明黄土高原丘陵区一方面地形比较破碎复杂,相对起伏度较大,另一方面说明该区域也包含较多的平坦地貌。LS的频率曲线从值为1的最高值开始骤降,到值为5左右逐渐下降。它是坡度与坡长共同影响的结果,与坡度频率分布更加相近,这也验证了在黄土高原丘陵区,坡度对侵蚀的影响大于坡长的影响。从坡度、坡长和LS因子的特征值与频率曲线可以得出,提取出的因子可以符合该地区的实际地形状况。

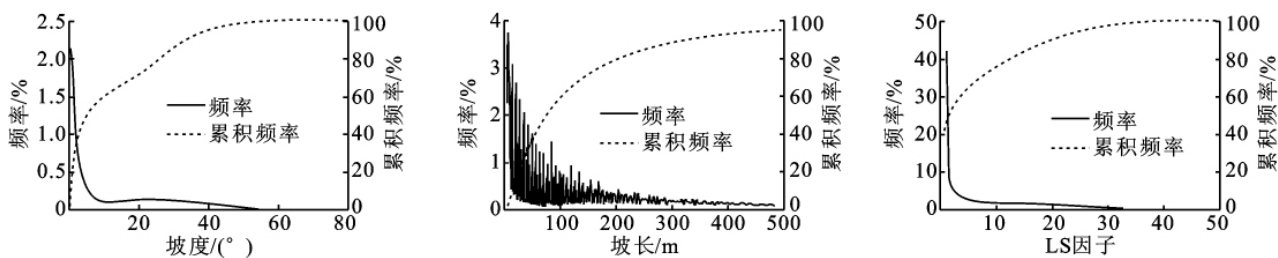


图4 坡度、坡长与LS因子频率分布曲线

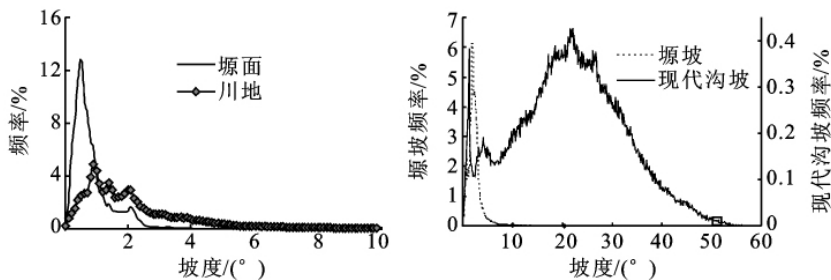


图5 各类地形的坡度分布

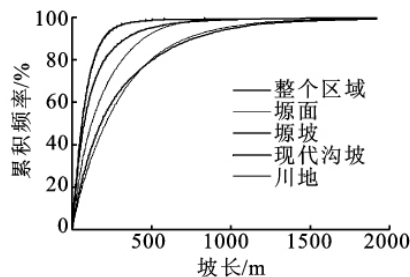


图6 各类地形的坡长分布

3.3.2 各地形类型区坡度、坡长和LS值的频率分布 在整个县选择4个典型样区(塬面、塬坡、现代沟

坡和川地),在提取的坡度、坡长和LS图基础上裁剪出4个典型区,统计其地形特征值的平均值,结果表

明,各个地形类型中,现代沟坡坡度最陡,频率曲线偏向右(高值区);塬面最缓,平均不到 1° ,频率曲线偏向左(低值区);塬坡和川地介于中间(图 5)。各类地形坡长分布可分为 3 组(图 6),塬面和塬坡最长(大于全区坡长),现代沟坡最短(小于全区坡长),而川地介于其间(大于全区坡长)。

4 结论

(1)县域行政单元 LS 因子提取的主要技术环节为基础数据编辑、流域划分、地形特征线提取、用 ANUDEM 软件生成 Hc—DEM 以及用 LS_Tools 提取 LS 因子。

(2)对于一个行政单元或流域而言,良好的基础数据、先进的 DEM 插值方法、科学合理的 LS 因子提取技术,是 LS 因子提取的基本要求,保证这几个方面是 LS 因子提取的关键技术环节。

(3)以流域为单元的 LS 因子提取,是针对 LS 因子提取的科学原理而言的;以县域为单元的 LS 因子提取,是针对 LS 因子提取的实用而言的;县域 LS 因子的提取,也必须遵循 LS 因子提取的科学原理,注意避免因为 DEM 可辨识的最小流域不完整而带来的边际效应。

(4)利用我们的前期理论研究和开发的 LS 因子提取工具,可提取县级行政单元的 LS 因子专题层和相关单项要素,如坡度、坡长、流域边界等。从提取结果的统计和空间分布特征看,基本可反映该地区的地貌特征。

(5)长武塬区各不同地貌单元的坡度、坡长特征有明显不同,坡度表现为塬面坡度比较平缓,塬坡和川地介于中间,现代沟坡的坡度最陡;坡长表现为塬面和塬坡最长,川地其次,现代沟坡坡长最短。

参考文献:

- [1] 杨勤科,李锐,刘咏梅.区域土壤侵蚀普查方法的初步讨论[J].中国水土保持科学,2008,6(3):1-7.
- [2] Renard K G, Foster G R, Weesies G A. Predicting Rainfall Eosion by Water; A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [M]. Washington D C: USDA Agric. Handb,1997.
- [3] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting Rainfall Eosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains; A Guide for Soil and Water Conservation Planning[M]. Washington D C: USDA Agric. Handb. , 1978.
- [4] 杨勤科,郭伟玲,张宏鸣,等.基于 GIS 和 DEM 的流域坡度坡长因子计算方法[J].水土保持通报,2010,30(2):203-206.
- [5] 汪邦稳,杨勤科,刘志红,等.基于 DEM 和 ArcGIS 的修正通用土壤流失方程的地形因子值提取[J].中国水土保持科学,2007,5(2):18-23.
- [6] 吴东亮,刘鹏举,唐小明.基于 GIS 的栅格化坡面径流路径模拟与 LS 值计算[J].北京林业大学学报,2001,23(5):10-14.
- [7] 张照录,崔继红.基于栅格 GIS 土壤侵蚀地形因子的提取算法[J].计算机工程,2006,32(5):226-228.
- [8] Williams J R, Berndt H D. Determining the Universal Soil Loss Equation's Length-slope Factor for Watersheds[M] Ankeny I A. Erosion and Solid Matter Transport in Inland Waters, IAHS-AISH Publication No.122,1977.
- [9] Moore I D, Wilson J P. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation;Simplified method of estimation[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1992,47(5):423-428.
- [10] Wilson J P. Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1986,41(3):179-184.
- [11] Desmet P, Grovers 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(1/4):389-401.
- [12] Desmet P J. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1996,51(5):427-433.
- [13] Hickey R, Smith A, Jankowski P. Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO grid[J]. Computers, Environment and Urban Systems,1994,18(5):365-380.
- [14] Hickey R. Slope angle and slope length solutions for GIS[J]. Cartography,2000,29(1):1-8.
- [15] Van Remortel R, Hamilton M, Hickey R. Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data[J]. Cartography, 2001,30(1):27-35.
- [16] Van Remortel R, Maichle R W, Hickey R J. Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable[J]. Computers & Geosciences,2004,30(9/10):1043-1053.
- [17] 张宏鸣,杨勤科,郭伟玲,等.基于 GIS 的区域 LS 因子算法及实现[J].计算机工程,2010,36(9):246-248.
- [18] Hutchinson M. ANUDEM Version 5. 2 [EB/OL]. [2011-06-15]. <http://fennerschool.anu.edu.au/research/publications/software-datasets/anudem>.
- [19] 古云鹤,杨勤科,罗仪宁,等.突变地形特征在 DEM 上的表达[J].水土保持研究,2011,18(2):174-179.
- [20] 唐克丽.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004.