

基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标研究*

胡良军

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 系统、综合、宏观地分析了影响水土流失的各个因子,参考现有水土流失定量研究结果,初步确定了汛期降雨量、土壤团粒含量、沟壑密度、坡耕地比例、植被盖度等作为基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标,用以建立区域水土流失定量评价数学模型。 中图分类号:S157.1,TP7
关键词: GIS 区域 水土流失 定量评价 评价指标

Indexes of GIS-based Regional Erosion Evaluation

Hu Liangjun

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)

Abstract Based on an analyses of factors affecting soil erosion and the current results from various researches of soil erosion, the precipitation during flood season, content of soil aggregates, gully density, ratio of cropland to slope area, and degree of vegetation coverage were primarily selected as the indexes of GIS-based regional erosion evaluations to construct the quantitative assessment model for regional soil and water loss.

Keywords: GIS; region; soil and water loss; quantitative assessing; assessing indexes

建立区域水土流失定量评价的数学模型,首先需要确定构成模型的各个元素——即定量评价指标。水土流失定量评价指标的选择,必须能全面地反映影响水土流失的各个因素,并能揭示水土流失发生的客观规律性,与侵蚀量密切相关,同时要与数据管理的方法和手段相适应。定量地评价一个区域的水土流失状况,国内外已有一定的研究积累。通常的思路是将区域划分为若干个基本评价单元(或网格化的方法),然后在分析侵蚀量与各水土流失因子关系的基础上,分单元进行评价。这些研究从不同的角度出发,均取得了一定的成果,但也存在一些问题,主要表现在:(1)评价单元缺乏论证,不一定能反映侵蚀的空间差异;(2)对水土流失因子的影响机理认识有待深入;(3)数据集成方法原始,GIS等先进技术手段应用不多。

1 区域水土流失影响因子分析

水土流失的影响因素包括 3 个方面的内容:气候、下垫面和人为影响。USLE 将引起水土流失的诸因子抽象为 5 个数量化指标:降雨侵蚀力 R 、土壤抗蚀性 K 、地形 LS (坡度坡长)、作物管理 C 和土壤保持措施 P 。按照常规的分析方法,通常是将上述 3 个方面的内容进一步细分,一般包括下述 5 个方面的因素:降雨、地质地貌、土壤与母质、植被和人为影响。

1.1 降雨因素

降雨是产生土壤侵蚀、引起水土流失的动力因子。降雨一方面通过雨滴的击溅作用使地表

产生剥蚀现象,另一方面又通过汇集形成地表径流,对地表产生冲刷作用。在影响水土流失的诸因素中,降雨对水土流失的影响起着决定性的作用。可以说,有降雨才有可能引起水土流失;没有降雨就没有流失。现有的研究表明^[1],水土流失主要与汛期降雨量、降雨强度、径流深度的关系密切,均成正相关。

1.2 土壤与母质

土壤是被侵蚀的对象,它是水土流失发生的主体。土壤对各种外营力的影响存在着抗侵蚀的作用,这可以从土壤的可蚀性和抗蚀性这2个相反的方面进行说明。土壤的抗侵蚀作用又被区分为2种不同的作用类型:抗蚀性和抗冲性。土壤抵抗侵蚀的能力主要取决于土壤的各种属性:土壤机械组成、土壤结构以及土壤有机质含量等。

土壤母质对风化过程、风化产物、土壤类型及其抗蚀能力都有重要影响;对于沟蚀的发生和发展以及崩塌、滑坡、泻溜、泥石流等侵蚀活动也有密切关系。所以一个地区的侵蚀状况常受到土壤母质的很大制约。母质的影响主要是指岩性,它包括岩石的风化性、岩石的透水性和岩石的坚硬性等^[2]。

1.3 地质地貌

在地形因子中,以坡度对水土流失的影响最大。坡度越陡,汇流时间越短,径流能量越大,对坡面的冲刷就越剧烈,侵蚀量越大。在一般情况下,侵蚀量与坡度成正相关^[2]。在坡面、小流域的研究层次上,对地形条件的考虑往往最终归结在特定的简单坡面上。而对区域的研究,则可根据区域内部的大地貌类型分异情况宏观区分,如将丘陵、山地各作为一个评价类型等。

新构造运动是引起侵蚀基准变化的根本原因,水土流失地区如地面运动比较显著,就会加剧坡面侵蚀^[2]。当把构造抬升类型与侵蚀产沙量比较时发现,受近期构造抬升影响的地区与严重侵蚀地区大致吻合,构造抬升强度(按等级分)和流域产沙量之间的统计分析也同样证实了这一结论^[1]。

1.4 植被因素

植被与水土流失的关系十分密切。良好的植被覆盖有助于保持水土,防止流失;破坏植被则加剧水土流失。植被保持水土的功能及机理包涵了丰富的内容:冠层的截流作用、枯落物层的作用、根层的抗冲效应,以及其综合作用下的减流、减沙效应等。研究结果表明^[3]:森林、草被对防治土壤侵蚀均有明显的作用。与水土流失关系密切的植被因素有植被类型、植被盖度等。

1.5 人为活动

人类活动对水土流失的发生具有正反两方面的作用,它既可以通过各种水土保持措施来抑制自然侵蚀的进程,防止水土流失;又可以通过毁林开荒、开矿修路等破坏性活动加剧水土流失。目前,土地的不合理利用是水土流失最重要的人为因素^[4]。人为活动影响水土流失的实质是通过积极或消极地改变植被覆盖、土地利用等下垫面条件,有时甚至改变了气候,从而引起水土流失的加剧或减弱。

2 区域水土流失定量评价指标的确定

2.1 基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标的特点

定量地评价一个区域的水土流失状况,要求所选取的指标必须具备以下特点:(1)宏观性:研究一个区域的水土流失状况与研究一个坡面、小流域的情况不同,它要求所选用的指标能够宏观地反映区域内某一空间单元的水土流失特征。所以这种指标常常是某一种统计特征值。例如,把坡度或坡长等坡面的微观指标用于宏观评价区域的水土流失情况,显然是不可行的,而应用平均坡度、沟壑密度等指标则是可以的。(2)可定量性:即指标本身必须具有明确的

数量化概念,比如植被类型、土壤类型等指标则均不符合要求。(3) 容易获取:区域水土流失的宏观评价涉及的范围广大,其评价面积往往达几 10 万甚至 100 万 km^2 以上,数据量十分庞大。故要求其评价指标的数据获取也要相应地方便可行。所以一般是采用那些研究比较充分、成熟,并有一定基础资料积累的指标。(4) 地理特征:GIS 对所处理的数据具有一定的要求和限制,只有具备地理空间特征的数据才符合 GIS 处理的要求。

2.2 评价指标的确定

经过反复的分析、对比和筛选,最终确定各指标如下(表 1)。

(1) 汛期降雨量。汛期降雨是影响水土流失的气候因子中的最重要的因素,它与水土流失的关系最为密切。不同地区的汛期水土流失量往往占其总流失量的 90% 以上。研究表明^[7,8],土壤流失量与汛期降雨量呈幂函数相关。

(2) 大于 0.25mm 土壤水稳性团粒含量(%). 土壤的水稳性团粒含量水平决定了土壤的抗蚀能力,尤其是大于 0.25mm 的水稳性团粒的含量,它是反映土壤抗蚀性的最佳指标^[9]。该指标的实验获取比较繁琐,故不少学者对其进行了专门的研究,建立了一些回归方程。郭培才等经研究发现^[10],在黄土区,该指标与土壤的有机质含量存在如下回归关系:

$$Y = 0.42 + 14.6X \quad (1)$$

式中: Y —— 大于 0.25mm 水稳性团粒含量/(g/kg); X —— 土壤有机质含量/(g/kg);

$R = 0.94$; $F = 451.33$; $F_{0.05} = 4.01$

(3) 沟壑密度。沟壑密度指单位面积上的沟壑总长度,它反映了地面的破碎程度。地面愈破碎,侵蚀沟就愈不稳定,水土流失越严重。研究表明^[11],土壤流失量与沟壑密度之间呈幂函数相关。

(4) 植被盖度。植被的覆盖状况与水土流失的关系十分密切。许多学者对植被与水土流失的关系进行数量分析后发现,水土流失量与植被盖度间呈指数相关^[11]。

(5) 坡耕地面积比。坡耕地是水土流失发生的重要场所,同时也反映了人类土地利用状况的变化。研究表明^[12],水土流失量与坡耕地面积比呈幂函数相关。

3 GIS 支持下的评价指标数据集成

3.1 基于 GIS 的区域水土流失评价方法

基于 GIS 的区域水土流失评价,首先是根据引起侵蚀的因子相似性原则,将研究区网格化为若干个进行水土流失评价的基本评价单元,然后集成多种来源、多种比例尺和多种类型的数据,利用有关资源环境调查资料和遥感资料建立空间数据库,分析侵蚀因子及其与侵蚀量的关系^[5,6],进而建立起土壤流失量与各评价指标之间的统计回归模型。应用该模型即可对区域的土壤流失状况进行动态、定量的评价和预测。

3.2 评价指标数据集成

(1) 汛期降雨量。将区域内各雨量站提供的汛期降雨数据,经 Surfer, ARC/INFO 处理后,生成汛期降雨量的等值线图。然后与评价单元图进行叠加,即可获得各评价单元的汛期降

表 1 基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标

指 标	与侵蚀量关系	反映因素
汛期降雨量	幂函数/mm	气候
沟壑密度	幂函数/($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$)	地质地貌
土壤团粒含量	幂函数/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	土壤
坡耕地比例	幂函数/%	植被
植被盖度	指数/%	植被

注:(1) 土壤团粒含量指 > 0.25mm 土壤水稳性团粒含量;

(2) 因要建立的模型是统计回归模型,故强调各因子量纲的严格物理含义没有意义,但采用某一客观的标准是必要的。

雨量信息。(2) 大于 0.25 mm 土壤水稳性团粒含量。同一土壤类型有着相似的土壤属性。故具体做法是, 将研究区域的土壤类型分布图经数字化输入 ARC/INFO, 在其 LABEL 属性中输入土壤有机质含量信息, 然后通过应用回归模型的运算, 求出相应的大于 0.25 mm 土壤水稳性团粒含量, 并将其以一个字段的形式加入到属性库中。(3) 沟壑密度。先从地形图上提取沟壑的信息, 经数字化输入 ARC/INFO, 再将其与区域水土流失评价的基本评价单元图叠加, 可以解算出单个评价单元内的沟壑总长, 除以所在单元的面积值即得。(4) 植被盖度。将土地利用图上的植被覆盖信息(多边形)输入 ARC/INFO, 经与单元图叠加后, 统计出评价单元内的总覆盖面积, 再除以所在单元的面积即得。(5) 坡耕地面积比。将土地利用图上的坡耕地信息输入 ARC/INFO, 后处理步骤同上, 即可求出每一评价单元的坡耕地面积比。

本文所提的指标是以黄土高原为具体研究区域而确定的, 故其选择主要考虑了黄土高原的地区特点。当把这一结果推广到其它区域时, 必须充分考虑所在区域的独特性, 某些指标的具体算法及其物理意义的界定需进行适当的调整。本项研究是以 ARC/INFO 作为应用的 GIS 平台。当使用别的 GIS 平台时, 应根据具体的系统特点, 在数据的输入设计以及数据的集成方法等方面作相应调整。

本研究得到李锐研究员的悉心指导, 特此致谢!

参 考 文 献

- 1 陆兆熊, 等. 黄土高原地区土壤侵蚀及土地管理研究进展. 水土保持学报, 1992, 6(4): 86—95
- 2 辛树帜, 蒋德麒主编. 中国水土保持概论. 北京: 农业出版社, 1982. 115—140
- 3 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 112
- 4 中科院黄土高原科考队. 黄土高原地区土地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 190
- 5 Mellerowicz Rees, K T., H. W. Chow, T. L. I. Soil Ghanem conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: A case study J Soil and Water Cons. 1994, 49(2): 194—200
- 6 Burough P. A Dynamic Modeling and Geo-computation in Environmental Modeling, in GIS reader D. karssenber g & P. A. Burrough(eds.) Faculty of Geographical Sciences, U trecht University, The Netherlands, 1998
- 7 梁季阳. 黄土高原暴雨、径流及产沙的分析与模拟. 水土保持学报, 1992, 6(2): 12—16
- 8 王万中. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙. 北京: 科学出版社, 1997. 137—146
- 9 高维森. 土壤抗蚀性指标及其适用性初步研究. 水土保持学报, 1991, 5(2): 60—64
- 10 郭培才, 等. 黄土区土壤抗蚀性预报及评价方法研究. 水土保持学报, 1992, 6(3): 48—52
- 11 王秋生. 植被控制土壤侵蚀的数学模型及其应用. 水土保持学报, 1991, 5(4): 68—72
- 12 马俊杰, 等. 陕西中部黄土山、梁和塬地的土壤侵蚀回归分析. 水土保持学报, 1990, 4(4): 21—28
- 13 龚健雅. 关于我国空间数据标准若干问题的思考. 测绘通报, 1997. (5): 15—16
- 14 杨勤科, 李锐. 论矢量地理信息系统的基本信息元. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 4(1): 66—70

更正: 本刊 1998 年第 4 期封 3 “水土保持专家介绍”栏内, 倒数第 11 行中的原“他主编出版的专著……”应更改为“他担任主编或副主编出版的专著……”。

《水土保持通报》编辑部