

# 基于 ER Mapper 的水土流失地形因子提取技术初探

刘新华

(中国科学院水利部水土保持研究所,陕西杨凌 712100)

[摘要]介绍了新一代图像处理系统 ER Mapper 及其应用,分析了不同空间尺度下影响水土流失的地形因子。针对 ER Mapper 的图像处理功能,对地形因子的提取技术进行了初步探讨,并取得了一定成果。

[关键词] ER Mapper,水土流失,地形因子,提取技术

[中图分类号] TP75 [文献标识码] B [文章编号] 1001-837X(2001)01-0010-03

## PRIMARY STUDY ON TECHNIQUE FOR EXTRACTION OF TOPOGRAPHICAL FACTOR IN SOIL EROSION

LIU Xin-hua

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling 712100, China)

**Abstract:** The most advanced geographic image processing software ER Mapper and its application, topographical factor affecting soil erosion on multiple spatial scale are discussed. Based on ER Mapper, technique for extraction of slope degree/aspect, gully line and relative difference of elevation is studied primarily.

**Key words:** ER Mapper, soil erosion, topographical factor, extraction technique

进行水土流失的快速调查与评价模型研究,首先需要遥感、地理信息系统等先进的空间信息技术的支持。在图像处理系统的支持下,以多种 RS 数据及 DEM 数据为信息源,快速提取影响水土流失的主要因子,如地形因子、植被因子、土地利用因子等,是进行水土流失快速调查与评价的前提。仅就地形因子而言,地形条件对于侵蚀的影响是多方面的,从坡面/流域尺度的坡度、坡长、坡形到区域/全国尺度上的相对高差、地形起伏度、大中型的地貌类型都在互为因果的影响着水土流失,且在很大程度上又能引起自然和人为因子的差别。前人在进行水土流失评价时,从不同角度对地形因子的获取进行了一定的研究,但明显存在着某些不足,如方法原始、工作量大、先进的技术应用较少等。<sup>[1~2]</sup>

### 1 ER Mapper 简介、特点及其应用

ER Mapper 是由澳大利亚 EARTH RESOURCE MAPPING 公司开发的基于 Unix、Windows NT/95/98 的新一代的图像处理系统。经过多年的发展和完善,其版本不断升级,在农、林、土地、海洋、测绘、气象、环保、地质矿产勘探、国防及科研教育等领域得到了广泛应用。

#### 1.1 ER Mapper 的特点

ER Mapper 在开发起点和设计思想等方面完全区别于七、八十年代出现的传统图像处理系统,其“算法”概念的应用是区别于其他图像处理软件的主要特征之一。算法文件记录着某个数据的处理流程,并能够显示为影像,方便用户的进一步处理与操作,但算法文件又不同于影像文件,其大小只取决于算法的复杂程度,而与数据源大小无关。一个数百兆原始影像的一个算法通常只占几十 K 的空间,因此大大节约了存储空间。

用户界面完美友好,简洁,富于逻辑性。许多专业有其相关的工具条,操作方便;工具条上有许多操作向导,简单易用,许多图像处理实现了自动化操作,如数据融合、几何校正、土地动态监测等。

方便创新的用户开发环境。ER Mapper 允许用户在三个层次上对其进行开发,最高层的公式合成用来进行各波谱段的代数运算和逻辑运算;第二层的批处理是用户根据实际需要,用 Scripting Language 为某一特定的处理流程写的批处理向导,实现所谓的傻瓜式操作;第三层是用户用 C/FORTRAN 编写一个公式或滤波算子来进行高级的图像处理。<sup>[3]</sup>

## 1.2 ER Mapper 的功能及应用

传统图像处理功能。如：空间滤波、影像增强、波段运算、几何变换、几何纠正、影像配准、镶嵌、影像分类等。

高级图像处理功能。如：航片的正射校正、等高线的生成、强大的镶嵌与数据融合能力、地理配准、雷达图像处理、三维可视化及贯穿飞行等。

先进的制图功能。ER Mapper 中丰富的图形和文字编辑、注记、地理信息和其他数据的动态连接,使用户可以将传统制图中的各种要素和图元迅速灵活地编排成图,并使用漂亮的动态图例库及边框图案自动整饰技术来修整全图,配合丰富的外设接口种类,实现专题制图的全自动化。

强大的数据集成能力。ER Mapper 支持各种流行数据格式,并可通过先进的动态连接技术,实现 RS、GIS 及数据库的全面集成。

基于以上 ER Mapper 的功能,它被广泛应用于以下领域:土地利用/土地覆盖制图和动态监测、农业资源评价和监测、海岸和海洋资源管理、矿产勘探、油气田的开发、森林资源管理、城市规划和动态监测、地质地形制图、海冰监测和制图等。<sup>[3]</sup>

## 2 不同空间尺度下水土流失评价中的地形因子

在不同的空间尺度上进行水土流失评价与调查,所选择的评价因子亦有所不同。

### 2.1 坡面/流域尺度上的地形因子

在坡面或小流域尺度上,以坡度对水土流失的影响最大,它通过影响水流速度、渗透量、径流量进而影响对土壤的冲刷量。研究表明<sup>[4]</sup>:坡度对水力侵蚀的影响并不是无限的成正比增加,而是存在一个“侵蚀转折坡度”。在这个转折坡度以下,冲刷量与坡度成正比,超过了这个转折坡度,冲刷量反而减少。在黄土丘陵沟壑区,这个转折坡度大致在 25°~28.5°之间。

其次,坡长对水土流失过程的影响也是明显的。当其他条件相同时,水力侵蚀的强度依据坡的长度来决定。坡面越长,径流速度就越大,汇聚的流量也越大,因而其侵蚀力就越强。

因此在坡面尺度上进行水土流失评价时,最常用的地形因子是坡度与坡长。如著名的美国通用土壤流失方程 USLE 中就是采用地面坡度  $S$  与坡面长度  $L$  作为地形因子进行水土流失预报的。

另据研究<sup>[5]</sup>,坡向、坡形对水土流失量也有一定的影响。一般来说,向阳坡的水土流失比其他

坡向严重。不同的坡形使坡面上不同的部位发生侵蚀的严重程度也有所区别,它实际上是坡度、坡长两个因素综合作用的结果。因此,进行坡面水土流失评价,亦应考虑坡向、坡形的影响。

总之,坡面尺度上的地形因子,可以理解为各种坡度、坡长、坡向的不同组合。

### 2.2 区域尺度上的地形因子

在区域尺度上进行水土流失评价,首先要求所选择的评价因子具有宏观性,即能够宏观地反映区域内某一空间单元的水土流失特征,常常是某一种统计特征值,而不是坡面尺度上的微观指标<sup>[6]</sup>。因此坡面上常用的坡度、坡长、坡向等地形因子往往并不能反映某区域内宏观地形特征,而通常是采用平均坡度、沟壑密度、相对高差、地面裂度等指标<sup>[7]</sup>。

沟壑密度是指单位面积内沟壑的总长度。其计算公式为  $G = \sum L / \sum S$ ,式中  $G$ —沟壑密度( $\text{km} / \text{km}^2$ ), $\sum S$ —采样单元面积总和, $\sum L$ —该面积上沟谷的总长度;

相对高差是从丘陵顶部至最近河沟沟底的高差;

地面裂度是指沟谷地面积占总面积的百分比。

以上三个指标都是在一定的地理单元内经过统计计算得到的统计值,可以反映区域内的宏观地形特征。

如黄土高原土壤侵蚀遥感制图就是利用 1:50 万 TM 卫星影像将研究区划分为若干个单元,用降雨、植被覆盖度、沟壑密度、相对高差等作为评价因子,利用变权模糊数学模型进行了半定性评判,对土壤侵蚀进行了评价制图<sup>[8]</sup>。

再如胡良军在黄土高原进行区域水土流失定量评价时,分析了黄土高原沟壑纵横、地形破碎、地面物质极其不稳定的特征,认为沟壑密度是一个能真实反映地形破碎程度的宏观综合指标,结果取得了较高的评价精度<sup>[6]</sup>。

## 3 几种地形因子的提取与应用

随着遥感与地理信息系统的发展,利用遥感图像处理技术,迅速、及时地从遥感影像及 DEM 上提取各种评价因子,并在 GIS 的环境下进行数据集成是进行水土流失快速调查与评价的基本方法。其中遥感及图像处理技术的发展解决了数据从哪里来、怎样更新的问题。

### 3.1 坡度、坡向及其组合的提取与应用

在 ER Mapper 图像处理系统中,坡度、坡向的

提取是在 DEM 上进行的。首先将 DEM 数据文件转换成 ER Mapper 可以接收的格式,如 .img 或 .grd 文件等,输入 ER Mapper 系统内;然后分别对 DEM 进行求取坡度与坡向的滤波计算,分别自动生成坡度与坡向的灰度图,最后经过一定的换算,求出不同的坡度、坡向灰度值对应的实际坡度、坡向值。

如果需要不同坡度、坡向之间的组合,可将坡度、坡向图分别设置为一个图像文件的两个波段,根据 ER Mapper 提供的代数逻辑运算,显示所需要的组合。

另外,还可以利用 ER Mapper 的监督或非监督分类原理,将坡度、坡向分成不同的等级,制成坡度、坡向等级图,作为地形因子参与坡面、小流域的水土流失评价;同时为综合分析一定区域范围内若干个坡面或小流域的坡度、坡向与区域宏观地形因素,如平均坡度、平均坡向、相对高差等之间的关系,研究不同空间尺度上地形因子之间的转换提供数据基础。

### 3.2 相对高差的提取与应用

相对高差的提取也是在 DEM 上进行的。在 ER Mapper 系统中,先定义滤波网格的大小,一般采用  $3 \times 3$  或者  $5 \times 5$  大小的。在定义的网格局部邻域内,计算其像元值的最高值与最低值之差,定义为局部相对高差,其计算公式为:

$$\text{Relativedifference} = \max X_{ij} - \min X_{ij}$$

通过此空间滤波处理后,就产生出代表地面起伏程度的图像,其上每个像元的值,都代表该像元局部领域内的高差,像元值高,表明地面起伏度大,像元值低,表明地势比较平缓。

我们将该高差图像与上面提到的坡度图像作一比较,发现两图像呈现正相关的关系:坡度大的区域,高差也大;反之亦然。

### 3.3 沟缘线的提取与应用

沟缘线在水土流失评价、土壤侵蚀制图的研究中,特别在对黄土丘陵沟壑区的研究中是非常重要的地性线,被此线分开的上下两部分,其形态特征、土地利用以及土壤侵蚀状况都截然不同<sup>[9]</sup>。为此,利用数字图像处理的方法提取沟缘线是非

常必要的。在 ER Mapper 系统中,我们是在 TM 影像上,用  $3 \times 3$  或者  $5 \times 5$  的滤波网格定义每一个像元的局部邻域,用空间统计的方法计算每个邻域的离差,用这个离差代表局部邻域的中心值。以  $5 \times 5$  网格为例,其离差的计算公式为:

$$\text{Deviation} = \left| \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 X_{ij} / 25 - X_{ij} \right| / 25$$

用这种空间滤波的方法处理黄土丘陵沟壑区的 TM 影像后,就产生了代表地面切割程度的纹理结构图像,该图像每个像元的值,都代表了其局部邻域的离差。在这种图像上,突出了地面上变化剧烈的地方,如沟缘线,显示了不同地表之间的差异,为土壤侵蚀制图提供了图斑界线;另外,利用提取的沟缘线信息,经过 GIS 或者进一步的图像处理,可以计算出沟壑密度,为区域性的水土流失评价提供地形因子。

通过对上述水土流失地形因子的分析与提取,我们发现有以下问题需要作进一步的深入研究,如:各种地形因子影像灰度值与实际值换算及量化的问题、不同空间尺度上地形因子间的转换问题、地形因子与其他水土流失因子间的数据集成问题等。

#### [参考文献]

- [1] 李锐,杨勤科,赵永安,张晓萍,李智广.现代空间信息技术在中国水土保持中的应用[J].水土保持通报,1998(5):1—5.
- [2] 杨勤科,李锐,李智广,张晓萍.区域水土流失快速调查研究初报[J].水土保持通报,1999(3):36—39.
- [3] ER Mapper Tutorial[M].30 June 1995.
- [4] 辛树帜,蒋德麟.中国水土保持概论[M].北京:农业出版社,1982.
- [5] 郭廷辅.水土流失及其综合治理[M].吉林:吉林科学技术出版社,1991.
- [6] 胡良军.基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标研究[J].水土保持通报,1998(5):24—27.
- [7] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区自然环境及其演变[M].北京:科学出版社,1991.
- [8] 卢金发,等.150万黄土高原地区资源与环境遥感系列图编委会.黄土高原地区资源与环境调查和系列制图研究[M].北京:地震出版社,1991.
- [9] 李锐,宋桂琴,等.遥感图像“空间”特征的机助处理[J].水土保持研究,1994(1):63—67.