

基于矢量和栅格数据结构的土壤侵蚀 强度判别方法研究

时新玲¹, 李智广²

(1.西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2.水利部 水土保持监测中心, 北京 100053)

摘要: 在利用 RS& GIS (Remote Sensing and Geographic Information System, 遥感和地理信息系统) 技术, 进行区域土壤侵蚀调查和编制土壤侵蚀图时, 可以采用矢量和栅格两种数据结构。分析了基于矢量和栅格两种数据结构进行侵蚀强度判别时的有关技术和方法, 包括侵蚀图斑的确定、侵蚀因子值的提取以及侵蚀强度判别的方法等, 并举例分析了两种方法在反映区域土壤侵蚀强度分布上的差异。结果认为这两种方法均可应用于土壤侵蚀强度判别, 但基于栅格数据结构的判别方法能够更精细地反映土壤侵蚀在微域上的差异, 而基于矢量数据结构的判别方法更能够反映不同强度等级侵蚀的总体分布。从动态监测和趋势预测角度分析, 采用栅格数据结构的判别方法更方便、更有利于快速提取侵蚀因子和进行土壤侵蚀动态分析和预报。

关键词: 土壤侵蚀; 强度; 矢量数据; 栅格数据; 判别方法

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2002)01-0034-05

中图分类号: S157.1

Methods of Differentiating Soil Erosion Intensity Between Vector and Raster Spatial Data Structure

SHI Xin-ling¹, LI Zhi-guang²

(1. North west Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2. The Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

Abstract The both special data structures, vector and raster, are used in surveying the regional soil erosion survey and mapping soil erosion intensity atlas based on the RS& GIS (Remote Sensing and Geographic Information System). The methods and techniques were discussed, including how carve up polygons, how to capture the values of factors of impressing soil erosion, and how to differentiate erosion intensity. According to the analysis results based on the two special data structures, the two methods can both be used to estimate the soil erosion intensity, but each method has its respective characteristic. The method based on raster can reflect more of the erosion differentiation between the micro regions, meanwhile the method based on vector can do more of the distribution of various erosion intensity grade. From the dynamic monitoring and trend forecasting, it is convenient and more rapid for raster to capture the value of erosion factors, to analyze dynamic pattern and to predict the development.

Keywords soil erosion; vector; raster; methods of differentiation

在本文中, 基于矢量数据结构 (或基于栅格数据结构) 的土壤侵蚀强度判别是指在利用 RS& GIS 技术判别土壤侵蚀强度时, 采用矢量 (或栅格) 空间数据结构, 对遥感影像进行目视判读 (或自动识别), 通过人机交互勾绘侵蚀图斑 (或以栅格为基本评价单元), 提取侵蚀因子值, 然后综合判别每个图斑 (或栅格) 的土壤侵蚀强度。

本研究遵照中华人民共和国行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96) 规定的水力侵蚀强度分级判别模型, 以假彩色 (R4G3B2) 合成 TM (Thematic Mapper) 影像为遥感信息源, 以贵阳市为例, 研究基于矢量和栅格两种空间数据结构的侵蚀强度判别方法的应用, 并对分析两种方法在反映侵蚀分布上的异同。

收稿日期: 2001-12-27

资助项目: 中国科学院资源与生态环境研究重点项目《水土流失快速调查与评价模型》(KZ952-S1-234 编号); 水利部水利技术开发基金项目《中国水土流失遥感快速清查技术研究》(S19725); 《全国第二次土壤侵蚀遥感调查》

作者简介: 时新玲 (1968-), 女 (汉族), 讲师, 主要从事环境生物物理方面的教学与研究。E-mail: shixinling@263.net

1 土壤侵蚀强度判别模型

水蚀强度判别模型是以侵蚀因子和侵蚀量的定量关系为基础,对侵蚀因子进行定量分析,建立因子的不同组合与侵蚀量的对应关系。因此,强度分级模型就是侵蚀强度与因子组合的定量匹配关系。该关系可用函数表达,通过逻辑运算实现。

本研究中,依照 SL190-96,将土地利用类型、植

被覆盖度和地面坡度作为水蚀强度分级判别指标。该模型是将面蚀分级参考指标推而广之,用于整个水蚀(包括一般形态分类上的面蚀和沟蚀两种类型)具体匹配模型如表 1。

该模型实质上是将各个因子值叠加到侵蚀强度评价单元上,从而生成该侵蚀单元的因子值组合。因此,土壤侵蚀评价单元的确定就成为侵蚀强度判别的基础。

表 1 水蚀强度分级指标

地面坡度		<5°	5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°	水域、城镇
非耕地的 林草覆盖度 /%	>75	微度						微度
	60~75	微度	轻 度			强 度		
	45~60		中 度		极强度			
	30~45		强 度		极强度			
<30	轻 度		强 度		极强度			
坡耕地		轻 度		强 度		极强度		

2 土壤侵蚀强度评价单位的确定方法

2.1 基于矢量数据结构的评价单元确定方法

基于矢量数据结构的评价单元确定,可以采用 3 种方法:(1)主导因子分析法。在假彩色 TM 影像上,植被信息反映的最为强烈,可以将植被作为主导因子,按照它的分异确定图斑;(2)相关分析法。通过研究区的地理环境各要素之间的相互关系与组合特征,进行相关要素分析,确定侵蚀图斑;(3)因子图叠加法。通过侵蚀因子矢量图层叠加,生成最小图斑,然后进行聚类,形成侵蚀图斑。上述 3 种方法的具体应用见文献 [1]。

2.2 基于栅格数据结构的评价单元确定方法

基于栅格数据结构的评价单元确定,就是确定栅格的大小。栅格大小的确定,主要受 4 个方面的作用 [2-4]:(1)栅格大小对地貌形态反映的敏感性。在不同的地貌形态下,为保持数据精度,宜采用不同的栅格大小。因为栅格大小对高程、坡度和等高线等采样与分析影响较大,处理不当将损失相当多的地形信息。(2)栅格大小与应用要求密切相关。不同数据精度和风险程度的应用,对 DEM (Digital Elevation Model, 数字高程模型) 采样栅格大小的要求不同。在土壤侵蚀研究中,为了计算坡度、坡长,需要对较大栅格的 DEM 进行内插,尤其是在切割严重、地形破碎的地区。(3)应用范围与数据量的互动关系。在一定的研究范围内,栅格大小与数据量成反比关系;如果栅格大小一定,则数据量与研究范围大小成正比关系。(4)与同时使用的其它数据有关。在土壤侵蚀监测中,涉及 DEM、遥感影像、土地利用等专题数据。为

了达到突出各种数据的有用信息,需要在空间分辨率、时间分辨率等方面相互补充,以形成更有利的识别条件。在 DEM 与遥感数据复合方面,利用 DEM 寻找地面控制点时,将明显减少误差 [3]。在土壤侵蚀监测中,如果能够得到与精校正后的影像象元大小相同的 DEM 栅格,在两者复合时,就可以一一对应地进行叠加分析。

综合上述各种因素,结合本研究的遥感信息源——假彩色合成 TM 影像,将 TM 象元的大小——30 m 作为栅格的边长。即:栅格大小为 30 m × 30 m。主要因素是:在遥感影像上,每个象元有且仅有一个值,象元内部是均一的、没有变化的。象元大小是栅格的极小值,以该极小值作为栅格大小,可以使地貌形态与相关信息的反映达到“双赢”的效果。

3 土壤侵蚀强度因子值的提取方法

按照表 1 因子分级模型,判别侵蚀强度的因子包括植被覆盖度、土地利用类型和地面坡度等。

3.1 基于矢量数据结构的侵蚀因子值提取方法

3.1.1 植被因子提取 按照侵蚀强度模型中林草植被覆盖度分级的规定,采用人机交互方式,依据假彩色合成 TM 影像上红色调与裸露岩石(或土壤)色调的比例关系,以及纹理的清晰程度,通过目视解译予以确定。

3.1.2 坡度因子提取 地面坡度的获取技术随拥有的地形数据类型不同而不同。可以用来量测、分析坡度的资料包括:坡度图、地形图以及 DEM 等。

3.1.3 土地利用类型 土地利用数据采用中国科学院遥感应用研究所通过与本研究相同的 TM 影像解

译得到数字化土地利用图。在侵蚀强度分析中,主要关注的是林草地、耕地、水域、城镇和居民地、较大的交通用地等几种土地利用类型。

这些土地利用类型对土壤侵蚀定量的影响表现为:水域、城镇与居民地和国家主干道路基本不产生土壤流失,判定为微度侵蚀。林草地和耕地按照水蚀模型判别,林草地的侵蚀因子为林草覆盖度和地面坡度,耕地的侵蚀因子主要为耕地坡度。

基于矢量数据结构的 3 种侵蚀因子值的提取具体方法见文献 [1]。

3.2 基于栅格数据结构的侵蚀因子值提取方法

3.2.1 植被覆盖度提取 本研究采用的假彩色合成 TM 影像有两个特点:(1)是数据是 TM4、TM3 和 TM2 的合成数据,即影像不是 TM 传感器获得的地物光谱数据,而是合成转换后的 $\theta-255$ 灰阶的 3 个通道的灰度数据;(2)影像没有在进行直方图归一化处理的情况下进行拼接,影像时相存在较大差异。贵阳市北部为 7 月份数据(轨道号 127/41),南部为 10 月数据(轨道号 127/42),时相差异明显。

植被覆盖度的提取采用类似监督分类的方法,即基于象元,从影像上自动提取植被覆盖度。其实质是基于专家知识的机器学习→自动分类的过程。该过程包括如下环节。

(1) 知识的获取 知识获取包括知识组织和知识获取 2 个方面。知识组织是依据水蚀强度判别模型,将植被覆盖度分为 5 个等级。一般地,在 TM 影像上,总不是一种覆盖度等级只有一种影像特征(颜色、色调、纹理等)与其对应,而是几种特征近似的影像对应于某植被覆盖度等级,因此构成了多对一的关系。

知识获取实际上是“机器学习”的过程。经过训练区调查,建立影像特征与植被覆盖度的对应关系,将对应于不同覆盖度等级的某种或几种特征近似的影像分别采集,并将这种对应关系存储于计算机,以便将这种知识应用于植被覆盖度分类之中。

(2) 分类的实现 要利用知识让计算机根据遥感影像特征对植被覆盖度进行自动分类,需要进行 2 个环节:即建立推理机和进行分类识别。

推理机是在学习过程中直接建立的,即在影像上为对应于不同覆盖度等级的一类影像赋予一个数值,并将这类影像特征与其数值作为一个推理过程保存在机器上。重复该过程,即反复“采样→赋值→记忆”,将影像上需要区别的特征全部采样并赋予相应等级值,反复测试和验证,完善该分类器,建立推理机。

由于研究区影像由不同景组成,时相差异较大。为消除这种差异的影响,按两种方式提取植被覆盖

度。在此处,将两种类型称为简单类型和组合类型。简单类型的识别过程是指每种类型对应的知识向量仅仅含有一个元素,即每种类型只有一种识别标志,由该种识别标志可以完全确定对应覆盖度等级。组合类型是指每一种类型对应的知识向量的元素多于一个,即每种覆盖度等级有多于一个的识别标志,由这几种识别标志判别的各个类型都是某种覆盖度等级。

3.2.2 坡度因子值提取

(1) 确定坡度方向的依据 基于栅格数据结构的坡度值求取,是利用 DEM 来计算的。某栅格的坡度是通过与其邻接的栅格比较而确定。如图 1,在一个栅格(称为“中心栅格”)的周围,最小范围包括 8 个栅格。这样,就会得出 8 个方向的坡度值。究竟哪一个应该是中心栅格的坡度?在水蚀强度判别中,将自然水流方向作为栅格的坡度方向,其依据是:自然降水形成地表径流方向为栅格坡度方向,而水流方向总是沿坡度最陡的方向流动。因此,某栅格的坡度值含义为:确定该栅格在垂直方向的最大变化率,该变化率的度数变化范围为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

(2) 坡度的计算方法 坡度的计算公式为:

$$\text{slope} = \arctg\{[(\Delta Z \Delta X)^2 + (\Delta Z \Delta Y)^2]^{1/2}\}$$

式中: Δ ——某方向(三维坐标)变量的变化量;
Z——垂直方向的距离值(高程); X——X 方向的距离值; Y——Y 方向的距离值。

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
108	110	112
<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
104	105	106
<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
100	101	103

图 1 坡度计算图解

以图 1 中心栅格 *e* 为例说明 X、Y 方向的 Z 值变化量计算(*a*~*i* 代表各栅格的值, C_E 表示 cell size) X 方向上 Z 的变化

$$(\Delta Z \Delta X)_e = [(a + 2d + g) - (c + 2f + i)] / (8 \times C_E)$$

Y 方向上 Z 的变化

$$(\Delta Z \Delta Y)_e = [(a + 2b + c) - (g + 2h + i)] / (8 \times C_E)$$

式中,垂直于中心栅格 *e* 的栅格权重是其它栅格的两倍。按图中栅格高程值计算栅格 *e* 坡度为 8.69° 。

从概念上讲,坡度计算的功能适合于相对于垂直方向的平面。该平面由 $\times 3$ 个栅格组成,即由中心栅格和围绕该栅格且直接邻接的栅格组成的 $\times 3$ 栅格

的平面。在直接邻接的 3×3 栅格中,如果中心栅格值为 NODATA(没有值),则坡度的计算结果为 NO-DATA;如果任何与中心栅格邻接的栅格值为 NO-DATA,则该栅格将被赋予中心栅格的值,然后计算坡度。

3.2.3 土地利用因子值生成 由于已经有了矢量数据结构的土地利用数据,只需要将矢量格式转化为栅格格式即可。在侵蚀强度判别前,将土地利用分类与侵蚀强度判别模型中的地类对应,并以文本文件的形式存储于数据处理的工作空间。

4 侵蚀强度判别的方法

4.1 基于矢量数据结构的侵蚀强度判别方法^[1]

4.1.1 矢量基本单元综合评价法 按照某种方法,将区域划分为许多图斑,按图斑分析影响侵蚀强度的各个因子值,再综合各因子值判别图斑的侵蚀强度。

4.1.2 矢量因子层面叠加法 首先分析影响土壤侵蚀的各个因子的值,并分别作为一个数据化的层面,然后将各个层面叠加,得到叠加图斑及其各因子值,综合各因子值得到侵蚀强度,再按照强度分级进行制图综合,得到侵蚀强度结果图。

4.2 基于栅格数据结构的侵蚀强度判别方法

基于栅格数据结构的土壤侵蚀强度判别,是将表 1 中的侵蚀强度分级与植被覆盖度、土地利用类型、地面坡度等侵蚀因子分级的对应关系用 GIS 编程语言表达为一个逻辑判断过程,综合判别每个栅格的各个侵蚀因子值,由程序生成每个栅格的侵蚀强度。

5 应用举例

5.1 土壤侵蚀制图规则和侵蚀分级面积统计

由于 TM 假彩色影像的几何精度控制在 2 个象元内,矢量结构的数字图又是同比例尺矢量图,因此,对其编辑精度的要求包括两个方面:一是判读精度。影像判读正确率 > 90%,图斑边界定位偏差 ≤ 0.6

mm(相当于 2 个象元)。二是最小图斑。最小图斑 $\geq 6 \times 6$ 个象元,最小条状图斑短边长度 ≥ 4 个象元。各级侵蚀强度的面积就是基于该数字图统计得到的。

基于栅格数据结构的土壤侵蚀制图是直接利用强度判别方法生成的栅格结构数字图。各级侵蚀强度的面积 (mm^2) 为对应强度的栅格总数的 900 倍(即每个栅格的面积)。

5.2 应用举例和结果分析

本研究以贵阳市为例,分析基于矢量和栅格两种数据结构得到的各级侵蚀强度面积结果。结果分析可以从两个方面进行。

5.2.1 统计数据分析 基于矢量和栅格两种数据结构得到的土壤侵蚀强度面积结果对比见表 2。(1) 对是否发生土壤流失,两种方法差异不大,说明两种方法对区别是否会发生土壤流失具有较好的效果;(2) 基于栅格数据结构的方法判别出了极强度和剧烈两种强度等级,说明该方法较基于矢量数据结构判别方法更能反映侵蚀因子的局部差异,而后者可能掩盖了某个或某些因子的局部变异。一般来说,这种局部差异主要是地形起伏的差异;(3) 两种方法对轻度侵蚀结果的判别差异较大,且轻度侵蚀上、下二个侵蚀强度等级面积变化正好相反。

5.2.2 图形相似性分析 比较上述两种方法所得到的侵蚀图,可以得出如下结论。

(1) 从侵蚀的总体分布上看,两种方法的不同强度侵蚀分布基本一致。这说明两种方法基本一致地反映了不同侵蚀强度的总体分布;

(2) 从不同强度侵蚀的分布看,基于栅格结构的侵蚀图的图斑比较细碎,而基于矢量结构的侵蚀图上侵蚀分布比较综合。

这种差异表明,基于栅格数据结构方法的综合性更强,而基于矢量数据结构判别方法对各因子特征的反映更加突出。前者之所以细碎的主要原因是栅格大小取值较小。

表 2 基于栅格和矢量数据的土壤侵蚀强度分级结果对比

侵蚀等级	面积 / km^2		偏差值 $D = V - R$	偏差程度 / % $(S - F) / (S + F) \times 100$	差值百分比 $D /$ 总面积 $\times 100$
	矢量结构 V	栅格结构 R			
微 度	1 688.34	1 746.50	- 58.16	- 3.39	- 2.42
轻 度	454.22	313.49	+ 140.73	36.66	+ 5.86
中 度	249.12	265.27	- 16.15	- 6.28	- 0.67
强 度	8.77	55.85	- 47.08	- 145.71	- 1.96
极强度	0.00	16.44	- 16.44	—	- 0.68
剧 烈	0.00	2.90	- 2.90	—	- 0.12
轻度—剧烈	712.11	653.95	+ 58.16	8.51	+ 2.42

注:侵蚀总面积为 $2\,400.45\text{km}^2$

6 基本结论

通过分析基于矢量和栅格两种数据结构的土壤侵蚀判别方法的结果,可以得出,对区域土壤侵蚀遥感监测而言,两种方法都是适用的。但在使用时,需要制定科学的制图精度要求,这是确定矢量图最小图斑、栅格图网格大小的图形学依据。从土壤侵蚀动态监测的长期性和动态分析预报角度分析,采用栅格数据结构的方法更有利于动态分析、预测和预报,其主要原因有如下 2 点。

(1) 矢量图的图斑在更新时,容易出现线条偏差造成“双眼皮”现象,而且不同时期矢量图的对比分析比较困难。除非按照确定了、不能变更的图斑(基本地理单元)填写图斑属性,才可以避免“双眼皮”现象。

(2) 矢量图在叠加时,图斑数量会大幅度增加,甚至以幂指数的方式增加。在增加的图斑中,绝大多数是细碎的,由有自然景观意义的图形产生了没有地

理意义的图斑。这就引出一连串的问题或需要进行一系列的修正工作。例如是否合并图斑?如果合并?合并的原则是什么?合并后图斑的属性是采用面积权重法,因子权重法或其它方法确定?合并处理是采用人机交互方式还是程序批处理方式?实际上,这些问题长期以来限制了矢量数据结构数据在动态分析中的应用。

[参 考 文 献]

- [1] 李智广,张春燕.基于矢量数据结构的土壤侵蚀强度判别方法研究[J].水土保持学报,2001,15(4): 37-40.
- [2] 付炜.黄土高原沟壑区土壤侵蚀预测模型建立方法的研究[J].水土保持学报,1992,6(3): 6-13.
- [3] 刘黎明,王明堂,张振中,等.黄土高原土壤侵蚀因子分析和流域控制宏观地学模型[C].见:黄土高原遥感专题研究论文集.北京:北京大学出版社,1990: 92-98.
- [4] 余鹏,刘丽芬.利用地形图生产 DEM 数据的研究[J].测绘通报,1998(10): 16-18.

《水土保持经济学》出版发行

由兰州大学出版社出版发行的《水土保持经济学》是我国该领域第一部专门研究水土保持经济问题和计量方法的专著。该书在系统阐述水土保持基本经济理论的基础上,重点阐述了如何利用技术经济学、系统科学的理论、手段和方法定量分析、计算和评价水土保持综合效益这一十分复杂的问题,因而具有很强的实用性。全书共分九章,25万字。

内容包括:(1)水土保持经济学的研究内容和性质;(2)水土保持基本经济知识;(3)水土保持生态经济观;(4)水土保持效益分析计算;(5)资金时间价值折算及应用;(6)水土保持国民经济评价;(7)水土保持投入产出分析;(8)水土保持不确定性分析;(9)水土保持综合评价方法。

该书作者现为甘肃工业大学基础科学系和区域规划研究所以及应用数学研究所副教授,博士研究生。此书是作者根据自己在原甘肃水利水电学校等单位已使用多年的教学讲义和科研成果的基础上,参阅了国内外大量文献资料历经数载完善撰写的。后又经多位专家审核,并由著名地学专家、兰州大学博士生导师张林源教授主审。水利部水土保持司副司长刘震高级工程师为该书撰写了序言,并给予高度评价和鼓励。

该书内容丰富,方法新颖,分析实例多。可作为大专院校水土保持、土地规划、环境工程、水工管理、区域规划和应用经济学等专业的教材和参考书。《水土保持经济学》书号为 ISBN 7- 311- 01153- 1/X. 4,单价 14.5元。欲购此书者可与《水土保持通报》编辑部联系。