

基于栅格数据结构分析的土壤侵蚀强度判别方法研究及应用

闵 婕<sup>1</sup>, 杨 华<sup>1</sup>, 赵纯勇<sup>1</sup>  
(重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047)

摘 要: 在利用 GIS 和 RS 技术进行区域土壤侵蚀调查时, 可以采用栅格数据结构来判别, 文章运用实例分析了基于栅格数据结构进行侵蚀强度判别的有关技术和方法, 包括侵蚀因子值的提取以及侵蚀强度判别的方法等。结果认为基于栅格数据结构的判别方法能够精细地反映土壤侵蚀在微小领域上的差异。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; 栅格数据; 判别方法  
中图分类号: S 157. 1; T P79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2005) 01-0132-03

Methods of Differentiating Soil Erosion  
Intensity Raster Spatial Data Structure

MIN Jie<sup>1</sup>, YANG Hua<sup>1</sup>, ZHAO Chun-Yong<sup>1</sup>  
(Department of Geography, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:** The raster special data structure is 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 to differentiate erosion intensity. According to the analysis results based on the raster data structures, the methods can be used to estimate the soil erosion intensity. 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.  
**Key words:** soil erosion; intensity raster; methods of differentiation

1 引 言

地理信息系统(Geographical Information System, GIS)是一个能用于进行有效的搜集、存储、更新、处理、分析和显示所有形式地理信息的计算机硬件、软件、地理数据和有关人员(用户)的有机集合。GIS 中通常包括矢量数据结构和栅格数据结构两种表达方式, 矢量数据模型用点及其  $x$ 、 $y$  坐标来构建点、线和多边形的空间特征, 所以矢量数据分析是基于点、线和多边形的几何对象, 且分析结果的精确性取决于这些对象的位置和形状的精确性, 矢量数据分析包括缓冲、地图叠加、测量、地图处理等; 栅格数据模型使用一种覆盖空间的规则格网, 其每个格网单元值对应于该单元位置的空间现象的特征, 与基于点、线和多边形几何对象的矢量数据分析形成对照, 栅格数据分析是基于单元和格网, 能在单个单元、单元组或整个格网单元的不同层次上进行。二者各有优势, 根据前人总结, 矢量数据结构分析能方便地表达空间实体间的拓扑关系, 图形精度高, 数据量小; 栅格数据结构

分析易于表达变化连续的情况, 虽然数据量大, 但能为计算机存储、操作和显示, 给数据处理带来极大的方便。更有利于动态分析、预测和预报。所以将运用栅格数据结构对土壤侵蚀强度进行判别。  
在文中, 基于栅格数据结构的土壤侵蚀强度判别是指在利用 RS 和 GIS 技术判别土壤侵蚀强度时, 采用栅格空间数据结构进行分析, 对遥感影像进行目视判读, 通过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 影像为遥感信息源, 以重庆市丰都县为例, 研究基于栅格空间数据结构的侵蚀强度判别方法的应用。  
2 区域土壤侵蚀遥感定量模型  
区域土壤侵蚀遥感定量模型是以侵蚀因子和侵蚀量的

① 收稿日期: 2004-07-09  
作者简介: 闵婕(1978- ), 女, 硕士, 主要研究方向为资源环境与地理信息系统应用。

匹配关系为基础,对因子进行定量化的分析与综合评判,建立因子的不同组合与侵蚀量的对应关系,实质上是建立侵蚀因子与侵蚀强度的对应关系。而侵蚀强度是以年均侵蚀模数为判别依据。因此,侵蚀模型的建立就是建立侵蚀强度与因子之间的定量匹配关系,这种匹配关系可以用表函数的形式表达,通过逻辑运算实现。

不同侵蚀类型,影响侵蚀强度的因子不同,即使是同一因子,因子值不同对侵蚀量的影响程度也不相同。根据本研究的遥感信息源、监测技术路线和采用 GIS&RS 的技术,经过大量文献和研究,提出关于水力侵蚀的定量匹配模型:选择土地利用类型、植被覆盖度和地面坡度等 3 个因子,进行水蚀定量判别因子,该模型是将水利部行业标准中面蚀分级参考指标推而广之,用于整个水蚀,因子匹配模型如表 1:

表 1  水蚀定量判别因子匹配模型表<sup>[1]</sup>

地 类		坡 度					
		侵蚀等级					
		<5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
非耕地	>75	微度					
	60~75	轻度					
	45~60						
	30~45	强度					
	<30	中度					
盖度 (%)		微度	中度		强度	极强度	剧烈
坡耕地		轻度		强度	极强度	极强度	

在模型研究中,涉及到水蚀定量评价的评价单元确定和因子值的提取方法,评价单元一般采用规则网格法和自然地理地貌综合法等确定。基于遥感信息源进行侵蚀因子值的提取。目前主要采用人机交互目视判度识别法。上述三个方面——模型、评价单元和因子值提取总是相互对应或密切关联的。

### 3  基于栅格数据结构分析的评价单元数字环境确定

数字研究环境框架,是指在地理信息系统软件平台上,进行评价所涉及的地图投影、数据库比例尺、基本分析评价单元空间尺度的确定等方面的内容。

#### 3.1  地图投影背景的选择

地图投影的选择主要由专题研究内容、研究区域大小、研究区域形状、研究区域地理位置、数据源的特征、投影类型应用的广泛性等方面的内容确定。

丰都县幅员面积 2 901. 16 km<sup>2</sup>,纬度位置较低,从北纬 29 33 18 ~30 16 25 ,经度从东经 107 20 03 ~108 12 37 ,也仅仅横跨 52 经度。

丰都县生态环境敏感性评价研究,首先要求面积正确,同时要求方位准确。由于丰都县域范围属于中等大小,从幅员面积和区域形状来看,要满足投影选择的面积正确和方位准确条件,可以选择的投影类型有高斯投影、圆锥投影等多种类型。丰都县研究区域虽然幅员面积不大,经度跨度亦很

小,但由于跨越了 108 经线,在高斯投影中(无论是 6 分带还是 3 分带)属于两个地图投影分带,拼接部分变形大,因此,考虑到数据源特征和投影类型应用的广泛性。本文研究采用 Albers 等面积投影<sup>[2,3]</sup>。

#### 3.2  数字环境比例尺的确定

区域生态环境敏感性评价的专题要素制图和区划评价结果要求信息丰富,制图精度高。实现这一目标的研究区空间范围与制图比例尺的相关关系<sup>[4]</sup>如下表所示。

表 2  空间范围(研究区面积大小)与制图比例尺的相关关系

空间范围(面积)/hm <sup>2</sup>	制图比例尺
0~66.7	1  1000
66.7~333.3	1  2000
333.3~1000	1  5000~1  10000
1000~5000	1  10000~1  25000
5000~30000	1  25000
30000~100000	1  50000
100000~360000	1  100000

丰都县研究区域的面积约为 2 901 km<sup>2</sup>,对照上表,选择 1  100  000 的比例尺为该区域生态服务功能区划评价研究的制图比例尺。

#### 3.3  基本评价单元空间尺度的确定

栅格大小的确定主要受到其评价单元的地貌、利用栅格结构的目的、应用范围等因素影响。在不同的地貌形态下,要保持数据精度,宜采用不同的格网间距——栅格大小。如在中山地貌、黄土地貌等相对高差不大,地形切割并不显著的地区,用 25~30 m 格网间距可以很好地保留地形信息,且数据量不大;而在高山地区,最好使用 20 m 格网间距。否则将损失很多地形信息;而低山地区可以考虑用 50 m 格网间距<sup>[5]</sup>;同时,栅格大小与应用紧密关联,不同数据精度和风险程度的应用,对 DEM 采用格网大小的要求不同。如洪水灾害、水库库区与坝高等 DEM 格网要求尽可能小,而区域土地利用监测对格网的要求就较大;同时,DEM 格网大小受到应用范围、数据量大小的限制。因为在一定的研究范围内,格网大小与数据量成反比关系:如果格网大小一定,则数据量与研究范围成正比关系;而同时,在进行区域土壤侵蚀强度判别过程中,我们所用到的数据不仅仅是 DEM,它的应用是和其它数据配合使用的,常用的方式是多种信息源的复合。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。

鉴于此,对评价空间尺度的选择与确定,就要综合分析确定栅格大小的各种因素,按照已确定的空间幅度及其制图尺度(比例尺),制约因素如人们肉眼辨识效果、数据实现的精度保证、数据量大小、数据源特征等的辨证关系,来确定空间粒度——即栅格像元大小与空间分辨率。所以研究中兼顾栅格大小与肉眼辨识效果、数据实现的精度保证、数据量大小,结合本研究的主要遥感信息源——假彩色合成 TM 影像四个方面的实验结果以及数据特征的基本情况,同时考虑到栅格与地图坐标网格的取整要求(制图的美观性及数据换算的方便性),经过分析和综合比较,选定 25 m×25 m 作为

丰都县研究区域土壤侵蚀强度判别 1：10 万比例尺专题数据库中 GRID 数据模型的栅格大小, 也即是说, 将 25 m 像元的大小作为栅格的边长。

综上所述, 丰都县数字研究环境框架结论方案为: 地图投影为 Albers 等面积投影; 地图比例尺为 1：10 万; 基本分析评价单元为 25 m×25 m 的 GRID 栅格单元。

#### 4 基于栅格数据结构的侵蚀因子值提取方法

按照表 1 判别因子分级模型, 因子包括地面坡度、土地利用类型和植被覆盖度等 3 个因子。

##### 4.1 坡度因子提取

在本次试验中, 该因子提取通过校正拼接规则格网模型 (GRID) 得到不规则三角网模型 (TIN), 再通过 TIN 模型提取坡度, 这一切都在 ARCGIS 8.3 软件中完成。

丰都县研究区域的范围跨越了 15 幅标准地形图分幅的 1：5 万 GRID 数据。将这 15 幅进行投影转换后, 进行数据拼接, 形成完整的数据幅图。

经过拼接形成的数据文件的范围比本文研究的实际范围大, 按照研究区范围, 在 GRID 模块中使用 GRIDCLIP 命令对其进行裁切。最后在 arcgis 中的 3D analyst 模块生成 TIN 模型进一步提取坡度坡向信息。

##### 4.2 土地利用类型

本节研究以丰都县区域 2000 年美国 LandSat 卫星 TM 遥感数据为基础数据源, 经过波段选择与组合、几何精纠正、人机交互目视解译判读等遥感技术进行信息提取, 提取了 2000 年丰都县的土地利用现状图。

##### 4.3 植被因子提取

按照侵蚀强度模型中 (表 1) 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。

#### 5 基于栅格数据结构的土壤侵蚀判别方法的应用

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。下面以丰都县为例, 谈谈栅格数据结构在土壤侵蚀判别中的应用。

##### 5.1 评价方法和步骤

利用栅格数据进行土壤侵蚀强度判别, 是将强度- 侵蚀因子的对应关系表达为一组逻辑过程。也就是由各侵蚀因子的栅格数据值, 通过程序运算, 生成栅格的侵蚀强度值:

(1) 土地利用因子值转化。将已经有 1：10 万遥感解译数据获得的矢量数据结构的土地利用数据, 因此只需要把矢参考文献:

量格式转化为栅格格式即可。

(2) 覆盖因子 C, 根据丰都 1：10 万土地利用遥感解译数据及表中所示, 对各个植被类型进行覆盖度赋值。以 30%、45%、60%、75%、100% 为界进行重分类 (见表 3)。

(3) 地面坡度。地形的起伏度大小可反映其对水土流失敏感性的影响。辖区地形起伏度分布图, 根据丰都县 1：5 万数字地形图, 在 GIS 系统支持下, 以最小单元 25 m×25 m 进行地形起伏度提取而成。并在 ARCGIS 中对其进行重分类, 分类以 5, 8, 15, 25, 35 为界。(见表 3)

表 3 各图层分组情况

因子图层		类别及其重新分类后的对应值				
土地类型	城镇用地、水田、水域		林地、草地、农民居住地		旱地	
	1		2		3	
植被覆盖/ %	0 ~ 30	30 ~ 45	45 ~ 60	60 ~ 75	75 ~ 100	
因子/ %	1	2	3	4	5	
地面坡	0 ~ 5	5 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35	> 35
度/ °	1	2	3	4	5	6

(4) 地类 (土地利用类型)、植被覆盖度和地面坡度等 3 个层面处理好后, 经过计算机语言编程, 然后在 ARCGIS 中得到每个栅格的侵蚀强度, 形成 GRID 格式的侵蚀图, 面积统计见表。

##### 5.2 土壤侵蚀强度分级与评价

根据上述步骤, 得到了丰都县 2000 年土壤侵蚀强度值 (见表 4)。

表 4 2000 年丰都县不同水土流失强度流失面积

侵蚀类	栅格数	流失面积	面积比例	平均流失模数	土壤流失总量
侵蚀类型	(cells)	(cells* 25 <sup>2</sup> /1000 <sup>3</sup> )	/ %	/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	/(t·a <sup>-1</sup> )
型代码					
11 微度侵蚀	2301481	1438.43	49.65	< 500	359607.50
12 轻度侵蚀	399550	249.72	8.62	500—2500	374580.00
13 中度侵蚀	933663	583.54	20.14	2500—5000	2188275.00
14 强度侵蚀	724811	453.01	15.64	5000—8000	2944565.00
15 极强度侵蚀	233369	145.86	5.03	8000—15000	1655511.00
16 剧烈侵蚀	42472	26.55	0.92	> 15000	398250.00
合计		2897.11	100		7920788.50

根据上表得出 2000 年丰都县的土壤流失总量为 7 920 788.50 t, 平均侵蚀模数为 2 734.03t/(km<sup>2</sup>·a)。

#### 6 结 论

通过实例可以得出, 基于栅格数据结构的土壤侵蚀判别方法可以解决区域土壤侵蚀判别、侵蚀量的计算, 可以减少人为的计算负担, 并且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有利于动态分析、预测和预报。

[ 1 ] 水电部遥感中心. 应用遥感技术调查全国土壤侵蚀现状与编制全国土壤侵蚀图技术工作细则[ S ]. 1986.  
[ 2 ] 谢淑清, 等. 中国生态系统研究网格大比例尺专题图制图规范[ M ]. 北京: 中国标准出版社, 1996. 4— 5.  
[ 3 ] 韦红波, 赵永安, 焦峰, 等. 新疆土壤侵蚀遥感影像判读与几个特殊问题[ J ]. 中国水土保持, 2000, ( 1 ): 32— 34.