

## 基于遥感的土壤侵蚀快速监测方法

陈万辉<sup>1,2</sup>, 刘良云<sup>1</sup>, 张超<sup>1</sup>, 潘瑜春<sup>1</sup>, 王纪华<sup>1</sup>, 王锦地<sup>2</sup>

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089;

2 北京师范大学地理学与遥感科学学院遥感与地理信息系统研究中心, 北京 100875)

**摘要:** 我国是世界上水土流失最严重的国家之一, 已成为我国的头号环境问题。以北京地区 Landsat ETM 和 DEM 为主要数据源, 依据水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-96), 采用了第二次全国土壤侵蚀遥感调查中的多因素综合法, 选取土地利用类型、植被覆盖度和坡度三个因子, 对北京地区水土流失状况进行了快速监测, 该方法简单易行, 结果基本符合实际情况。

**关键词:** 土壤侵蚀; 遥感; 多因素综合法; 植被覆盖度; DEM

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2005)06-0008-03

## The Fast Method of Soil Erosion Investigation Based on Remote Sensing

CHEN Wan-hui<sup>1,2</sup>, LIU Liang-yun<sup>1</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>, PAN Yu-chun<sup>1</sup>, WANG Ji-hua<sup>1</sup>, WANG Jin-di<sup>2</sup>

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China;

2 Research Center for Remote Sensing and GIS, School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** The soil erosion in China is very serious in the world, and the soil erosion has already become the No. 1 environmental question. According to "the soil erosion classification grade criteria" (SL 190-96) issued by the Ministry of Water Resources, the multifactor comprehensive method in the second national soil erosion investigation based on remote sensing was adopted, and land use type, the fractional vegetation cover and slope were the three factors affecting soil erosion. The land use type and the fractional vegetation cover of Beijing area were derived from Landsat ETM image acquired on May 22, 2002, and the slope of Beijing area was mapped from the 1:250 000 DEM. Therefore, the soil erosion state of Beijing area can be calculated and analyzed. The method is easy, and the mapped soil erosion result was consistent with the in situ investigation and the actual status.

**Key words:** soil erosion; remote sensing; the multifactor comprehensive method; the fractional vegetation cover; DEM

土壤侵蚀(也称水土流失)是导致人类赖以生存且日趋紧缺的土地资源退化和损失的主要原因, 已经成为一个全球性的环境问题<sup>[1]</sup>。我国是世界上水土流失最严重的国家之一, 水土流失分布范围广、面积大, 每年流失的土壤总量大约 50 亿 t, 水土流失类型复杂多样。据最近公布的中国第二次土壤侵蚀遥感调查结果显示, 中国目前受水蚀影响的面积达 165 万 km<sup>2</sup>, 占国土总面积的 17% 以上, 成为我国的头号环境问题<sup>[2]</sup>。严重的水土流失直接导致环境恶化、地区贫困和社会落后, 已经成为制约我国国民经济的可持续发展的重要因素之一。充分利用遥感的优势对水土流失进行定量研究已经成为国内外学者的共识, 可以及时准确地将水土流失类型、强度、分布的最新数据提供给各级政府和水土保持主管部门, 为制定水土保持规划和决策提供客观真实的依据。

严格的土壤侵蚀估算都以试验小区为依托, 获取各个相关因子的常年数据, 再进行土壤侵蚀的研究。但是目前我国大部分地区暂时还难以获取足够的侵蚀模数资料, 使用试验小区的方法进行大尺度区域的土壤侵蚀监测成本巨大, 本文采用了第二次全国土壤侵蚀遥感调查中的多因素综合法<sup>[3]</sup>, 选取土地利用类型、植被覆盖度和坡度三个因子, 对北京地区的土壤侵蚀进行了快速检测。

### 1 多因素综合法

多因素综合法在全国土壤第二次土壤侵蚀强度分级调查中采用, 它首先分析影响土壤侵蚀的各因子值, 并分别作为一个层面, 按照土壤强度分级指标(本刊早有报道)进行分级编码, 然后将它们叠加, 得到叠加的专题图, 最后综合各因子值确定土壤侵蚀强度。该方法快速简洁, 客观可靠。

具体的技术路线如图 1 所示, 首先对 TM 影像进行预处理、融合, 获取 NDVI 数据, 然后结合 DEM 数据, 作为新的波段变量 TM 影像分类, 从而获得土地利用类型图。植被覆盖度由 NDVI 来获取, 坡度则由处理后的 DEM 提取。

### 2 数据来源及处理方法

#### 2.1 数据预处理

坡度数据: 采用北京地区 1:25 万 DEM 数据, 该 DEM 来源于美国航天雷达数据, 如图 2, 图中一些白色斑点为噪声, 右下角最为明显, 因此要对其进行投影转换、重采样以及去噪等相关处理, 然后掩膜得到所需的北京地区的 DEM, 利用处理后的 15 m 分辨率的 DEM, 提取生成了地表坡度图, 见图 4。

TM 数据预处理: 选用了 2002 年 5 月 22 日的北京地区 Landsat ETM 影像, 图 5 为用波段 4、3、2 假彩色合成。在求算

\* 收稿日期: 2004-11-12

基金项目: 北京市计委项目“北京市生态环境数字化建设应用与服务系统”资助

作者简介: 陈万辉(1979-), 男, 北京师范大学硕士生, 研究方向为定量遥感及遥感应用。

植被覆盖度和遥感影像分类之前, 要对影像进行预处理、融合等。预处理包括辐射校正和几何校正(大气校正是辐射订正的一个环节)。辐射校正采用了地物反射率不变线性法, 来消除传感器和大气的影响<sup>[4, 5]</sup>, 并获得反射率数据。利用北京地区1:10 000 地形图对TM 卫星影像进行几何粗校正, 然后再利用地面实测的GPS 控制点对卫星影像进行了几何精校正, 确

保几何校正精度优于1 个像素。影像融合采用J. G. L. U 提出的基于亮度调整的平滑滤波融合(the Smoothing Filter-based Intensity Modulation—SF M)<sup>[6]</sup>, 利用15 m 全色波段作为高分辨率波段, 对其它6 个30 m 可见- 短波红外波段进行融合, 得到15 m 分辨率的多光谱影像。图6 为经过处理后4、3、2 假彩色合成的15 m ETM 影像。



图1 30 m 雷达DEM 数据

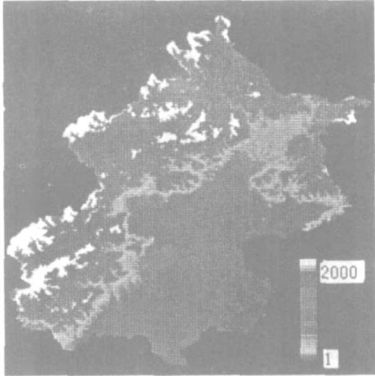


图2 处理后的15 m 的DEM

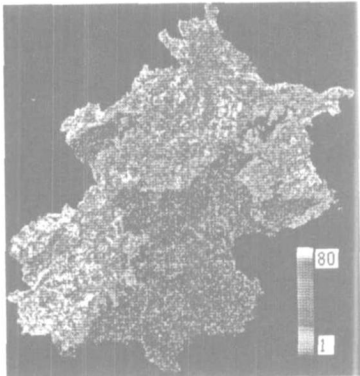


图3 地面坡度图

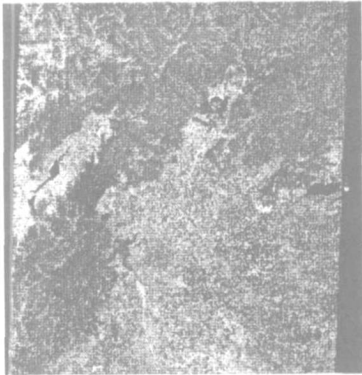


图4 标准假彩色合成的 ETM 数据

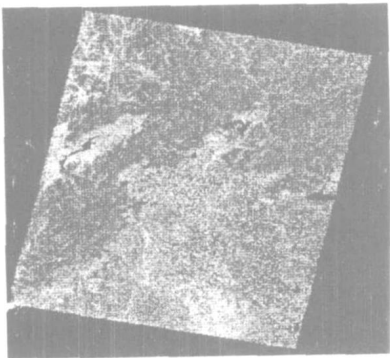


图5 处理后15 m 的ETM 数据

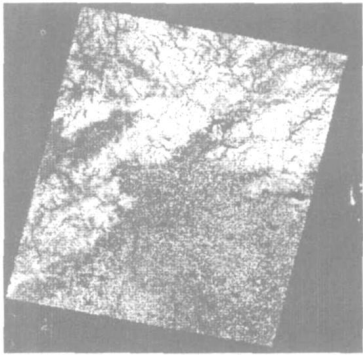


图6 植被覆盖度图

2.2 植被覆盖度求算

植被覆盖度是一个重要的生态学参数, 其定义为观测区域内植被垂直投影面积占地表面积的百分比。植被覆盖度的测量可以分为目视估测、地表实际测量和遥感监测三大类。对于大尺度区域, 通常采用遥感监测法, 可以利用植被指数NDVI 来计算覆盖度<sup>[7, 8]</sup>, 其表达式为:

$$C = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \tag{1}$$

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \tag{2}$$

式中: NIR——近红外的反射率; R——红光的反射率; NDVI<sub>v</sub>, NDVI<sub>s</sub> 分别代表植被全部覆盖和全裸露土壤的植

被指数, NDVI——被求的地块或像元点的植被指数。

利用公式(1)来求算植被覆盖度, 通常选取图像上明显的茂密植被区的平均NDVI 值作为NDVI<sub>v</sub> 值, NDVI<sub>s</sub> 的值一般在0.03~ 0.06 之间。在此, 我们取NDVI<sub>v</sub> = 0.72 和NDVI<sub>s</sub> = 0.05 来进行植被覆盖度的近似估计, 即若一像元的NDVI > 0.72, 就可将像元看作是完全植被覆盖, C = 100%; 若NDVI < 0.05, 则为完全裸土。图6 为利用上述方法提取的北京地区覆盖度专题影像。

2.3 土地利用类型分类

由于影像的空间分辨率以及“同物异谱”和“同谱异物”现

象存在,会导致分类精度降低<sup>[9]</sup>。因此为提高遥感影像分类精度,在充分利用光谱信息的前提下,多源数据参与分类可以获得更好的分类结果。由于北京地区山区和平原有很大的差异,采用基于掩膜的多步骤分类的方法对山区和平原分别进行分类,以提高分类精度。利用DEM数据,根据北京地区的实际情况,100 m 以上的看作山地,100 m 以下地区看作平原。

采用极大自然监督分类算法(MLC),通过地面调查和目视解译,选取训练样本,对山区和平原地物分别进行分类。山区分为水域、灌木、林地、城镇、裸地五大类,平原地区分为水域、城镇、裸地、农田、草地五类。经过分类后处理,分类图如图8、9。

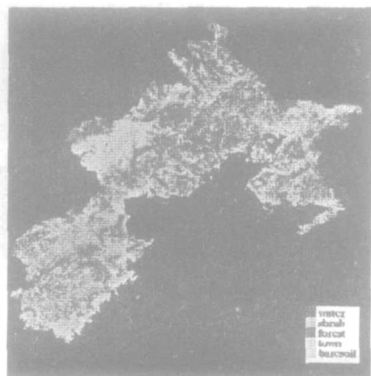


图7 北京山区分类图

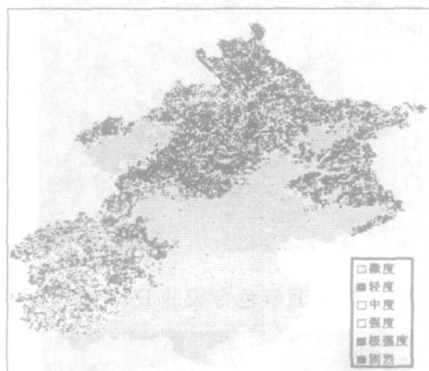


图9 北京地区土壤侵蚀等级图

#### 4 结 论

利用三因子叠加分析得到的土壤侵蚀等级图(图9),对土壤侵蚀强度各等级的侵蚀面积及空间分布状况进行了相关分析。

(1)从面积统计上看,微度侵蚀(包括水域、城镇居民点在

### 3 土壤侵蚀的等级的确定

根据表1的土壤侵蚀强度等级参考指标,我们先对植被覆盖度、土地利用类型、以及地面坡度进行了分等定级。对于非耕地林草地覆盖度,将其分为4个等级:0~30%、30%~45%、45%~70%和70%以上;土地利用类型分为林草地、坡耕地和水域、城镇居民地几个类型;地面坡度分为6级:0~5°、5~8°、8~15°、15~25°、25~35°、35°以上六个等级。将三因子进行叠加分析,得到北京地区土壤侵蚀等级图,图9。

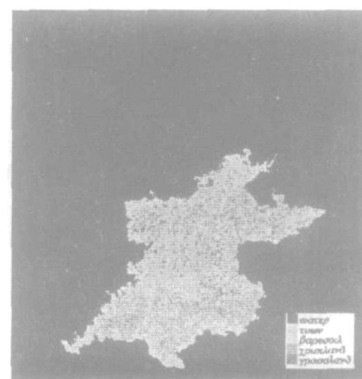


图8 北京平原地区分类图

内)占北京地区总面积的49.16%,比例最大,面积约8 061.15 km<sup>2</sup>;轻度侵蚀和中度侵蚀分别占总面积的26.14%、20.98%。三者之和占总面积的96.28%。具体如表1。

表1 北京地区土壤侵蚀等级统计表

级别	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%
1 微度	8061.15	49.16
2 轻度	4286.31	26.14
3 中度	3439.62	20.98
4 强度	423.79	2.59
5 极强度	155.96	0.95
6 剧烈	30.13	0.18

(2)从空间分布上看,微度侵蚀主要发生在北京东部和南部等平原区以及西北部延庆县内的洼地区;轻度侵蚀主要发生在坡度比较平缓、植被覆盖好的北部山区;中度侵蚀主要发生在北京西南部及北部山区;强度、极强度和剧烈侵蚀主要发生在北京西南部山区,其中,极强度和剧烈侵蚀主要发生在门头沟区北部山区和房山南部山区,这些地方多为坡度比较陡峭、植被覆盖稀疏的多石高山,所以土壤侵蚀比较严重。

#### 参考文献

- [1] 刘宝元, 谢云, 张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] 王经武, 王娟. 水土保持是生态环境建设的主体[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 11-12.
- [3] 李智广, 曾大林. 浅谈基于GIS的区域土壤侵蚀遥感快速调查技术[J]. 中国水土保持, 1999, (10): 38-39.
- [4] E A McGovern, et al. The radiometric normalization of multitemporal Thematic Mapper imagery of the midlands of Ireland - a case study[J]. Int J Remote Sensing, 2002, 23: 751-766.
- [5] Conghe Song, et al. classification and change detection using landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? [J]. Remote Sens Environ, 2001, 75: 230-244.
- [6] J G L U. Smoothing filter-based intensity modulation: a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details[J]. Int J Remote Sensing, 2000, 21: 3461-3472.
- [7] Toby N Carlson, et al. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index[J]. Remote Sens Environ, 1997, 62: 241-252.
- [8] 张仁华. 实验遥感模型及地面基础[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [9] 许榕峰, 徐涵秋. 多步骤分类法在土地利用/覆盖专题提取中的应用[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2003, 31(4): 408-412.