

MODIS 数据在土壤侵蚀动态监测中的应用

——以湖北省为例

黄艳艳, 曾致远, 陈少辉

(华中科技大学 水电与数字化工程学院 数字流域科学与技术湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 以动态监测湖北省土壤侵蚀为例, 采用三要素(即植被覆盖度、地形坡度和土地利用)专家规则模型, 应用 MODIS 遥感影像进行土壤侵蚀强度快速估测。首先, 利用 MODIS 数据和植被指数模型提取省内的植被覆盖度信息; 其次, 利用人工解译的 TM 影像获取土地利用图; 然后, 利用 DEM 数据生成坡度图; 最后, 结合土壤侵蚀强度分级指标, 将这 3 图叠加, 判断和计算侵蚀强度等级, 获得省内土壤侵蚀强度等级图。运用 GIS 技术, 通过对 2004 年和 2005 年的土壤侵蚀强度等级图分析比较, 从而实现动态监测。

关键词: MODIS; 植被覆盖; 土壤侵蚀; 动态监测; GIS

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2007)05-0092-04

中图分类号: S157.1

Application of MODIS Data on Soil Erosion Dynamic Monitoring in Hubei Province

HUANG Yan-yan, ZENG Zhi-yuan, CHEN Shao-hui

(College of Hydropower and Information Engineering,
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: To dynamically monitor soil and water conservation in Hubei Province, the three factors of vegetation, slope, and landuse are incorporated in the fast estimation of soil erosion using MODIS images and other investigated information. First, a vegetation coverage map is extracted from MODIS images. Second, a land-use distribution map is obtained from TM images. Third, a slope map is created from DEM. Finally, based on the standards of soil erosion grading, a soil erosion distribution map is obtained by overlaying the maps of landuse distribution, vegetation coverage, and slope. Based on geographic information system(GIS), the degree and distribution of soil erosion in Hubei Province are quantitatively analyzed using MODIS images in 2004 and 2005 and the change of soil erosion from 2004 to 2005 is analyzed.

Keywords: MODIS; vegetation coverage; soil erosion; dynamic monitoring; GIS

我国是土壤侵蚀最严重的国家之一, 水土流失面积约占国土面积的 38%。1998 年长江流域暴发的特大洪灾, 与上游严重的土壤侵蚀有着密切的关系。应用遥感和 GIS 技术进行土壤侵蚀调查研究, 在我国已有近 20 a 的历史^[1]。

目前常用的遥感信息源有航空照片、MSS 数据、TM 数据和 SPOT 影像数据等。

长期以来, 大尺度的土壤侵蚀遥感调查主要采用人机交互判读法, 需要大量野外工作, 耗财, 耗时, 耗力, 且难以进行动态监测。

MODIS 卫星数据是中分辨率成像光谱数据, 有其独特的数据特点及优势。MODIS 卫星每 2 d 覆盖全球一次, 成像范围广, 是研究大范围土壤侵蚀的良好数据源; 它重复周期短, 可以即时反映出时空分异特性, 对其时间序列分析, 有助于观测季节变化与年变化趋势, 利于快速调查及动态监测; 数据获取费用低, 这为长期实时监测提供了有力保障。

由此可见, 将该 MODIS 遥感信息数据源应用于大尺度的土壤侵蚀动态监测工作具有十分积极的意义。

收稿日期: 2007-05-20

修回日期: 2007-08-24

基金项目: 湖北省水利厅“湖北省水土保持监测网络与信息系统项目”

作者简介: 黄艳艳(1982-), 女(汉族), 浙江省温州市人, 硕士研究生, 研究方向为数字图像处理。E-mail: jessiewong5411@gmail.com.

1 研究区概况

湖北省简称鄂,省会武汉市。位于中国的中部,长江中游的洞庭湖以北。地跨东经 108° 21'—116°07',北纬 29°25'—33°20',东西长约 740 km,南北宽约 470 km。全省总面积 1.86×10⁵ km²,占全国总面积的 1.94%。特殊的自然地理环境和社会条件,尤其是地形地貌复杂,降水分布不均,开发建设项目颇多,人为扰动频繁等因素,造成全省水土流失严重。2000 年湖北省第 3 次水土流失遥感普查资料表明,全省共有水土流失面积 6.08×10⁵ km²,占全省总面积的 32.7%。全省年均土壤侵蚀量约 2.00×10⁸ t,成为全国水土流失最严重的省份之一。因此,对湖北省的土壤侵蚀状况进行有效的动态监测,是一项极其迫切的任务。

2 研究方法

2.1 技术方法

采用三要素(即植被覆盖度、地形坡度和土地利用)专家规则模型进行土壤侵蚀快速估测^[2]。“三要素”专家规则模型就是将区域范围内的植被覆盖度、地形坡度、土地利用类型 3 种要素依据经验规则叠加分析进行水土流失强度等级评判(图 1)。

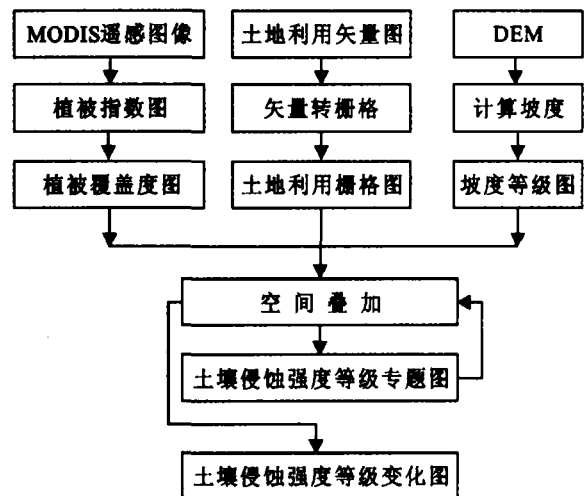


图 1 基于 MODIS 的土壤侵蚀估测技术路线图

2.2 湖北省土壤侵蚀分类分级标准

湖北省位于中纬度西风带和低纬度东风带的过渡地带,具有亚热带季风气候属性,水土流失的主要类型是水力侵蚀。

以中国水利部批准的《中华人民共和国行业标准——土壤侵蚀分类分级标准》为依据,结合土地利用、坡度和植被覆盖度指标将湖北省水力侵蚀等级分为微度、轻度、中度、强度、极强度、剧烈侵蚀 6 个等级,分级参考指标见表 1。

表 1 湖北水力侵蚀强度分级指标

土地类型		坡度/(°)						
		0~3	3~5	5~8	8~15	15~25	25~35	>35
非耕地林、 草地覆盖 度分级	>75%	微度	微度	微度	微度	微度	微度	微度
	60%~75%	微度	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度
	45%~60%	微度	微度	轻度	轻度	中度	中度	强度
	30%~45%	微度	微度	轻度	中度	中度	强度	极强度
	<30%	微度	微度	中度	中度	强度	极强度	剧烈
耕地及其它 土地类型	坡耕地	微度	轻度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
	水域	微度	微度	微度	微度	微度	微度	微度
	城镇建筑	微度	微度	微度	微度	微度	微度	微度
	难利用土地	微度	微度	微度	微度	微度	微度	微度

3 土壤侵蚀因子判读

3.1 植被覆盖度因子的提取

获取准确的植被信息对于提高土壤侵蚀评价结果的精度有着重要意义^[3]。本文利用华中科技大学数字流域科学与技术湖北省重点实验室 MODIS 卫星数据地面接收站接收的 MODIS L1B 数据,提取植被信息。

在遥感应用领域,植被指数已广泛被用来定性和定量评价植被覆盖及其生长活力,并可对生物覆盖特性进行估算和变化监测。植被指数的建立是基于植被在红色和近红外波段反差较大的光谱特征。归一化植被指数 NDVI 是反映地表植被特征的遥感参数^[4]。其计算公式:

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (1)$$

式中: ρ_1, ρ_2 ——MODIS 影像通道 1, 2 的反射率。

植被指数转换法是在对光谱信号进行分析的基础上, 通过建立植被指数与植被覆盖度的转换关系来直接估算植被覆盖度^[5]。目前比较广泛使用的是 Gutman 提出的一种根据归一化差值植被指数 (NDVI) 来计算植被覆盖度的方法^[6]。其基本原理是假定像元 NDVI 值由植被覆盖部分的 NDVI 值 $NDVI_{max}$ 与非植被覆盖部分的 NDVI 值 $NDVI_{min}$ 的加权和构成, 即进而得出

$$f = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (2)$$

式中: f ——所求植被覆盖度。

一般说来, 归一化植被指数 NDVI 比较真实地表现了影像数据上植被的分布。理论上, $NDVI_{min}$ 应该是不随时间改变的, 其值接近 0。然而由于大气影响地表湿度条件的改变, 以及土壤类型、土壤颜色等条件的不同, $NDVI_{min}$ 会随着时空而变化。因此, 采用一个确定的 $NDVI_{min}$ 是不可取的。所以在实际应用中, $NDVI_{min}, NDVI_{max}$ 都是从 MODIS 影像计算得到的^[7]。所以, (2) 式中 NDVI 为像元的归一化植被指数, $NDVI_{min}, NDVI_{max}$ 分别为研究区图像 NDVI 值的最小、最大值。

用遥感图像处理软件 ENVI 对 MODIS 影像进行假彩色合成、几何校正和去噪处理后, 将其 36 个通道中的 1, 2 通道提取出来, 然后通过 transform-ndvi 功能计算 NDVI, 再根据式 (2) 得到植被覆盖度值。由于一轨 MODIS 遥感影像数据覆盖范围广, 所以, 应用边界 ROI 文件剪裁出湖北省影像。

计算得到的植被覆盖度的值为 0 与 1 之间的连续实数。根据表 1, 在 ArcGIS 软件中计算输出植被覆盖度分级图。

3.2 坡度因子的提取

DEM (Digital Elevation Model) 高程数据来源于美国宇航局的 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), 空间分辨率为 90 m, 将其投影参数转换成与 MODIS 数据相同的数据。在 ENVI 中, 利用 SRTM_58_05, SRTM_58_06, SRTM_58_07, SRTM_59_05, SRTM_59_06, SRTM_59_07, SRTM_60_05, SRTM_60_06, SRTM_60_07 这 9 个文件拼接成湖北省 DEM 图像, 并重采样到与 MODIS 图像一样大小。

利用最大坡降法 (Deterministic eight-node, D8) 计算坡度、坡向等到坡度等级图^[8]。其原理是利用中心格网 8 邻域的高程来计算坡度和坡向, 其最大者即为该中心格网的坡度, 所在方向即为该中心格网的坡

向。该法计算简单, 计算效率较高。最后, 根据表 1, 在 ArcGIS 软件中计算输出坡度等级图。

3.3 土地利用因子的提取

土地利用类型信息是从 TM 遥感影像解译得到的土地利用状况图获得, 由水利部全国水土保持监测中心统一提供。土地利用现状覆盖类型分类和 ID 编码采用国家标准和技术规范。通过 GIS 数据处理中的矢量转栅格功能, 将土地利用状况矢量图转换成栅格格式, 再通过插值将其空间分辨率重采样到 250 m, 这样保证图像空间分辨率相同。同样, 该图与存储了湖北省省界的 shapefile 文件进行叠加, 裁剪出研究区的图像。

4 结果与分析

参照上述的技术路线, 以研究区 2004 年 2 月 14 日和 2005 年 4 月 13 日 (这两天研究区晴朗无云, 可见性极好) MODIS 图像为工作底图, 生成植被覆盖度图, 利用 Arc/Info 软件的空间分析模块, 执行叠加功能, 将坡度等级图、土地利用类型信息图套入, 参照表 1, 对研究区土壤侵蚀进行判读, 进而绘制出土壤侵蚀强度分级图 (见附图 8-9)。

长江中游两岸, 是湖北省政治经济文化中心, 开发建设项目较为集中, 同时紧邻江汉平原, 坡度小, 植被覆盖度好, 所以基本无侵蚀。鄂西南武陵山区, 处在长江流域的上游, 是暴雨中心之一, 由于坡度大, 雨水较强, 基本属于极强度侵蚀。鄂西北区内有像唐白河、南河等汉江较大的, 水土流失强度较为严重的支流, 基本属于强度侵蚀。鄂东北区土壤抗蚀能力弱, 易形成水土流失, 该区同时也是暴雨中心之一, 属于水土流失较为严重的地区。鄂东南地势平缓, 水土流失属于中等。可以看出, 图 2-3 土壤强度等级分布结果与实际状况比较符合。

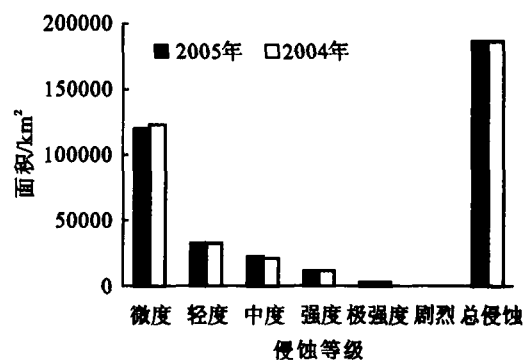


图 2 2004—2005 年土壤侵蚀强度变化柱状统计图

最后, 采用差值法分析研究区土壤侵蚀状况的时空变化。将这两时相的土壤侵蚀强度分级图进行逐像素空间叠加, 用差值来反映土壤侵蚀的变化情况,

并得到土壤侵蚀强度变化图(见附图10)。同时,计算研究区各种强度图斑的像元数,并转换成与其等价的面积,统计结果见图2。对像元土壤强度等级变化进行统计,得到结果如图3所示。

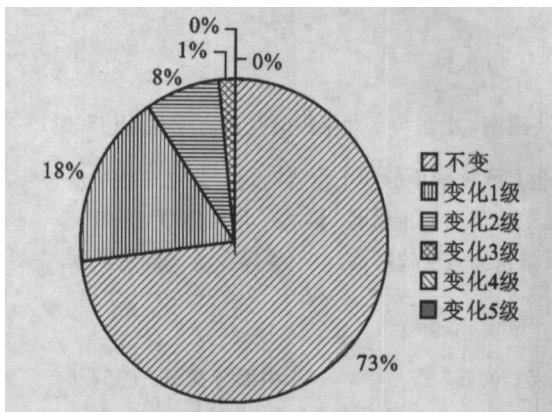


图3 土壤侵蚀强度等级变化面积统计图

由上述对比分析数据可看出,该区2004—2005年大部分区域的土壤侵蚀状况基本不变,微度、轻度土壤侵蚀面积有所增加;而中度及以上侵蚀面积减少。这两年全省总体的水土保持工作取得一定成效,但是,局部地区的土壤侵蚀仍有加剧的趋势,特别是西南部地区。

5 结语

(1) 本文对MODIS数据在水土流失动态监测中的应用进行了初步研究,丰富了土壤侵蚀研究的遥感信息源,对水土流失监测工作具有一定的积极意义。但由于理想时相资料的选取较为困难,我们只能利用2004年和2005年月份差2个月的图像进行对比分析,以实现动态监测。

(2) 运用“三要素”专家规则模型进行土壤侵蚀快速调查,得到湖北省土壤侵蚀强度分级图以及变化

图,与实际情况大致符合。但未考虑其它辅助信息,精度还有待提高。同时,因缺少全省土壤侵蚀实地调查的结果数据,无法对研究结果进行精度验证。

(3) 本文的研究结果可以为进一步区域水土流失定量评估提供数据支持。并且,通过在影像上附加经纬度、行政边界等相关信息,可确定土壤侵蚀强度较为严重的地理范围和所在的行政区域,为水土保持治理工作提供参考。

[参 考 文 献]

- [1] 薛利红,杨林章. 遥感技术在我国土壤侵蚀中的研究进展[J]. 水土保持学报,2004,18(3):186—189.
- [2] 张思聪,徐海波,唐莉华. 基于GIS和RS技术的土壤侵蚀快速调查研究[J]. 水力发电学报,2005,24(3):70—74.
- [3] 黄文义,陈刚,胡成. RS技术在实时区域土壤侵蚀评价中的应用——以福建省花山流域为例[J]. 地质技术经济管理,2003,14(2):116—119.
- [4] 贾立,王介民. 黑河实验区地表植被指数的区域分布及季节变化[J]. 高原气象,1999,18(2):245—249.
- [5] 唐世浩,朱启疆,周宇宇,等. 一种简单的估测植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J]. 中国图形图像学报,2003,8(A)(11):1533—1543.
- [6] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. International Journal of Remote Sensing,1998,19(8):1533—1543.
- [7] 谭炳香,李增元,王彦辉,等. 基于遥感数据的流域土壤侵蚀强度快速估测方法[J]. 遥感技术与应用,2005,20(2):215—220.
- [8] 李丽,郝振纯. 基于DEM的流域特征提取综述[J]. 地球科学进展,2003,18(2):251—256.