

## 区域水土流失植被因子的遥感提取

杨勤科<sup>1</sup>, 罗万勤<sup>2</sup>, 马宏斌<sup>2</sup>, 梁 伟<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2. 黄河上中游管理局, 西安 710021)

**摘 要:** NDVI 是区域土壤侵蚀评价的最佳植被因子。基于遥感影像 TM 数据提取了 NDVI 值并将其与土地利用信息同时集成于土壤侵蚀图的每个图斑, 建立了包含多种因子的空间数据库。通过每个图斑林草面积百分比和 NDVI 值的统计分析, 建立了 NDVI 与植被盖度的线性关系。多重因子数据库和 NDVI- 植被盖度关系, 可以为区域土壤侵蚀定量评价提供支持。

**关键词:** 植被指数; NDVI; 区域水土流失; 遥感

**中图分类号:** S157; TP79

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)05-0267-02

## NDVI Extraction of Regional Soil Erosion Based on Remote Sensing

YANG Qing-ke<sup>1</sup>, LUO Wan-qin<sup>2</sup>, MA Hong-bin<sup>2</sup>, LIANG Wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; ;

2. The Administration of Yellow River Middle and Upper Reaches, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** For modeling soil erosion at the regional scale, NDVI is extracted from TM images. NDVI and landuse information are integrated into each of the polygons of soil erosion map, by relating NDVI value to the ratio of forest and grass, relationship between NDVI and vegetation coverage was built. The model, NDVI- vegetation coverage, can provide support to develop regional soil erosion model.

**Key words:** vegetation index; NDVI; regional soil loss; remote sensing

### 1 引言

植被是防治水土流失的积极因素。植被可保护地表使之不直接遭受雨滴的打击; 植被可调节地表径流, 增加地面径流入渗时间, 削弱径流动能; 植被通过改善土壤理化性状, 使土壤抗冲抗蚀性增强<sup>[1,2]</sup>。在区域土壤侵蚀调查制图中, 植被因子被作为最主要的判别因子之一, 并且以植被盖度作为指标<sup>[3]</sup>。由于植被覆盖度信息的直接获取十分困难, 不利于大区域土壤侵蚀调查制图运用。基于遥感数据提取的植被指数(NDVI), 被认为是便捷而准确的参数<sup>[4,5]</sup>。然而, 在区域土壤侵蚀评价中, 如何有效提取并获得区域上具有可比性的 NDVI 参数, 如何将 NDVI 集成于土壤侵蚀评价图斑单元, 如何建立 NDVI 与植被覆盖度之间的关系, 却还有待研究。本文以陕北黄土高原为例, 对上述问题进行了初步的研究。

### 2 研究方法

#### 2.1 区域水土流失评价的植被指标

长期以来, 在水土保持定量评价方面, 一直使用植被覆盖度作为评价的主要指标<sup>[3]</sup>。但研究认为叶面积指数更加合适。叶面积指数(LAI)指的是植被组分(叶、茎、花、果等)的总面积与土地面积之比。这个参数反映植被的覆盖状况和垂直结构, 甚至枯枝落叶层越厚和地下生物量多少。而正是这些属性, 是植

被影响土壤侵蚀的主要方面。叶面积指数本可以在野外直接测量, 但是对于区域尺度的研究而言, 却必须借助遥感技术, 通过建立 NDVI 与实测叶面积指数的关系, 进而获得区域的叶面积指数<sup>[6,7]</sup>, 进而为区域水土流失评价提供支持。

#### 2.2 研究区域

研究区域位于陕西省北部, 是典型的黄土丘陵地区。该区海拔高度 900 ~ 1 300 m, 主要地貌类型有风沙丘陵、黄土丘陵、土石山地等。降水量 450 ~ 550 mm, 为大陆性半干旱气候。植被类型南部为暖温带落叶阔叶林, 中部为森林草原、北部为干草原。森林植被主要见于南部土石山地, 以及小片的水土保持林。土壤以各种黄土性土壤为主, 北部有风沙土。传统的土地利用方式以旱作耕地为主体, 北部风沙区有较大面积的草地和牧场。人口密度由北到南逐渐增加, 变化于 30 ~ 200 人/km<sup>2</sup>。北部风沙区以风蚀为主, 长城沿线风蚀水蚀交互作用, 中南部以水蚀为主, 丘陵和高原沟壑区地带重力侵蚀。本区的自然地理和土壤侵蚀状况, 在黄土高原具有比较好的代表性。

#### 2.3 数据基础和研究方法

**数据基础:** 研究所用基本数据包括: (1) TM 影像 11 景(表 1), 1997 年夏季。经过精纠正, 空间误差不大于 30 m。(2) 土地利用图(1:10 万), 土地侵蚀图(1:10 万)。

**研究方法:** 在 Intergraph 的 I/RAS - C 环境下通过色彩

\* 收稿日期: 2006-06-05

基金项目: 中国科学院知识创新重要方向项目: 黄土高原水土保持的区域环境效应研究, 合同号: KZCX3 - SW - 421; 中澳合作项目—黄土高原植被恢复重建建设水环境效应研究, 合同号 LWR1/2002/018

作者简介: 杨勤科(1962 - ), 男, 研究员, 主要从事基于遥感和地理信息系统技术的区域水土流失评价研究。

矫正保持区域上的可比性和过度的自然性。然后利用公式 1 提取 NDVI 值,并将 NDVI 图象镶嵌。(2)在 ARC/INFO 支持下,以土壤侵蚀图的图斑为基础,将土地利用图和 NDVI 值集成于每个图斑,求得每个图斑中耕地、林地和草地的

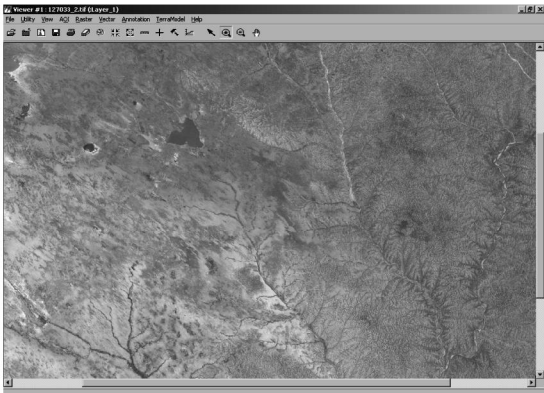
面积百分比和 NDVI 优势值(majority)。(3)在 EXCEL 系统中,分析图斑林草地面积百分比(近似的认为是植被覆盖度)和 NDVI 的关系并将 NDVI 值转换成植被覆盖度。

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \tag{2}$$

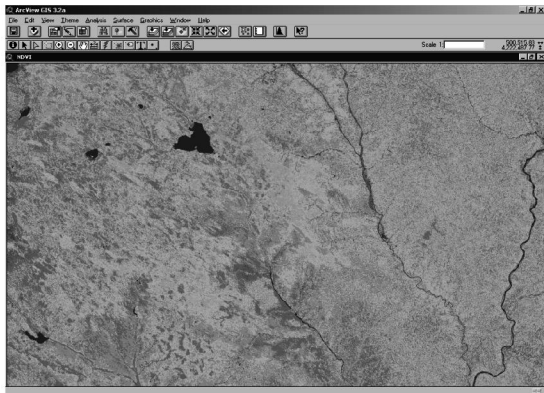
表 1 陕北延安榆林两市植被变化分析的遥感影像基础

序 号	127032	128033	127033	126033	129034	128034	127034	126034	128035	127035	126035
接收时间	06-13	08-23	06-13	07-08	10-01	08-23	06-13	07-08	08-23	06-13	07-08
使用波段	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5	3、4、5

接受时间均在 1998 年。



TM 影像(左)



基于 TM 的植被指数

图 1 遥感影像

### 3 研究结果与分析

#### 3.1 NDVI 对于区域土壤侵蚀评价的适用性

区域土壤侵蚀评价中,选择什么指标表示植被因子,应该考虑三点。适合区域尺度土壤侵蚀评价的需要;能整体上对区域土壤侵蚀具有明显的影响;适于遥感定量化和自动化提取<sup>[8]</sup>。研究表明,植被影响土壤侵蚀(一般是减少土壤侵蚀的强度)的两个最重要方面是覆盖程度和垂直结构(吴钦孝,1995)。而 NDVI 正好能够反映这两个方面的信息,所以可以作为区域土壤侵蚀评价的植被因子<sup>[5]</sup>,如果能建立其与 LAI 的关系,则可以直接为模型提供参数)

#### 3.2 TM 影像图像处理与 NDVI 提取

理论上讲,相同时相并且在空间上相邻的图像,可以进行无缝拼接。但是实际上很难对较大区域接收到同一时间的图像,也由于数据覆盖区域环境条件等影响,空间上相邻的图像的拼接还有一定难度。而如果不进行光谱的匹配,则将是提取的 NDVI 值难于进行区域上的比较。因而也不能有效的支持土壤侵蚀评价。本研究中,在 Intergraph 的 I/RAS - C 系统支持下进行了图象的拼接、匹配。然后提取了 NDVI 值。图 2 表明,可以从宏观上反映植被的空间分布。

#### 3.3 土地利用类型和 NDVI 向土壤侵蚀图的集成

研究表明,其在一定条件下(数据精度/比例尺、用途等),存在记录和处理空间数据的信息单元<sup>[9]</sup>。在这样的单元中,用来对其描述的所有参数相对均一。例如行政统计中的最小统一单元(乡镇、县等)、遥感影像上的像元等。这种单元称为基本信息元。为了空间分析的需要,可以将同一范围的一系列空间数据集成为基本信息元,建立多维属性数据的空间数据库<sup>[10]</sup>。以土壤侵蚀图的图斑为基本信息单元,集成有关评价参数,即是必要的,也是可能的。完成 NDVI 向土壤侵蚀图的集成以后,土壤侵蚀图的空间数据特征(图斑)和原有属性数据特征并没有发生任何变化,只是给其属性表中增加了若干字段(包括 NDVI 和耕地、林地、草地的百

分比)。利用土壤侵蚀图中的 NDVI 和栅格格式的 NDVI 比较,宏观规律没有变化,面积的比例也没有多大变化。至于其中的变化,属于数据集成过程中的误差问题,将另文讨论。

#### 3.4 NDVI 与植被覆盖度的关系

国外有人利用 GPS 精确定位,野外测量的方法获取大样本的叶面积指数并与 AVHRR 图像上提取的 NDVI 建立了良好的函数关系<sup>[6,7]</sup>。因为目前尚没有很好的方法来获取大样本的植被覆盖度数据。所以近似的认为土壤侵蚀图上每个图斑的林草面积百分比为植被覆盖率,以此为基础建立了 NDVI 与植被覆盖率的关系(图 2,公式 2、3)。图 2 表明,在 NDVI 变化的主要区段(40 - 240),NDVI 与植被覆盖度基本成线性相关。利用上述公式换算并统计结果,林地面积所占比例与常规方法调查结果比较接近。不尽一致的主要原因之一是 NDVI 中包含了作物的覆盖,而我们在计算过程中因为对于作物的季相问题没有数据而没有考虑作物覆盖的因素。

$$y = 0.3145x + 13.454 (R^2 = 0.9688) \tag{2}$$

$$y = -0.0012x^2 + 0.6312x - 5.9164 (R^2 = 0.986) \tag{3}$$

式中:x——NDVI 值。

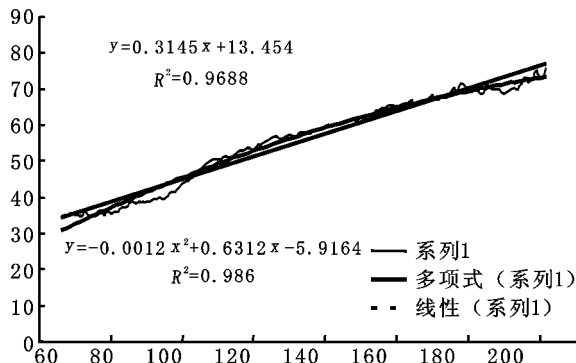


图 2 NDVI 与植被覆盖度的关系

(下转第 271 页)

活活动造成的水土流失是不容忽视的,应该是科学的水土流失评估的主要内容之一。由于赣南农民的贫困,赣南生态环境的脆弱性,运行期安置区水土流失问题需得到高度重视。针对江西上饶地势平缓,相对西、北部,虽然森林覆盖率占有优势,却因农民生活的贫困、生产的落后,生态环境的脆弱性仍是不容忽视的。后撤及就近搬迁的移民方案,导致安置区人口密度加大、缓坡耕地面积加大、土壤侵蚀加剧,导致土地生产力下降,进而迫使生产落后的农民一味的扩大耕地面积,促使缓坡耕地面积进一步加大、土壤侵蚀进一步加剧、土地生产力进一步下降、生活贫困的局面进一步恶化。

4 控制安置区水土流失的措施

水利工程建设在带来社会、经济效益的同时,移民必然会产生或增加安置区水土流失,如何化不利为发展的良机,关键是科学合理控制安置区水土流失。为使安置区因移民迁入导致的水土流失最小,首先,运用科学的移民规划和对安置区进行合理的土地利用规划是非常必要的。针对移民安置区水土流失预防、治理的重点是土地开发、坡地改造、荒山治理,宜采用植物措施保护、坡沟兼治、保土耕作等措施相结合,把综合治理与综合开发融为一体,对荒山做好保护性开发,加快荒山、荒坡的绿化、改善生态环境,防止新的水土流失。其次,积

参考文献:

[1] 孟繁斌,郭宇欣.石佛寺水库枢纽一期工程水土流失预测[J].水土保持科技情报,2002,(6):11.  
[2] 艾莉莉,李智兰,安魏.水库移民与水土流失[J].山西水土保持科技,2001,(4):41.  
[3] 张光辉.土壤侵蚀模型研究现状与展望[J].水科学进展,2002,13(3):389.  
[4] 王治国,段喜明,李文银,等.开发建设项目水土流失预测的若干问题讨论[J].中国水土保持,2000,(4):36.  
[5] 刘敬军,田素平.铁路建设工程水土流失预测方法探讨[J].黑龙江水利科技,2002,(1):25.  
[6] 高玉华,林海鹰,王晓惠.开发建设项目水土流失预测方法探讨[J].黑龙江水利科技,2002,(1):25.  
[7] 任燕.我国水土流失的原因、危害及其防治途径[J].黑龙江水电学报,2002,(3):55.  
[8] 程飞.应用生态工程原理解决水利工程施工中的环境问题[J].水利学报,2002,(3):55.

(上接第 268 页)

4 结论与讨论

NDVI 可以从宏观上反映区域植被覆盖和植被的垂直结构。因而可以作为区域土壤侵蚀定量评价的指标因子。利用 GIS 的空间分析功能,可以将基于 TM 数据提取 NDVI 矢量化并集成于土壤侵蚀图的每个图斑,建立包含多种土壤

参考文献:

[1] 朱显谟.黄土区植被因素对水土流失的影响[J].土壤学报,1960,8(2):109-121.  
[2] 朱显谟.黄土高原水蚀的主要类型及有关因素(四)[J].水土保持通报,1982,2(3):40-44.  
[3] 中华人民共和国水利部.中华人民共和国行业标准(SL 190-96)土壤侵蚀分类分级标准[S].1997.  
[4] Hua Lu, John Gallant, Ian P. Prosser, Chris Moran, Graeme Priestley. Prediction of Sheet and Rill Erosion Over the Australian Continent, Incorporating Monthly Soil Loss Distribution[R]. CSIRO Land and Water Technical Report, 2001.  
[5] 韦红波.区域植被水土保持功能遥感评价研究[D].陕西 杨凌:中国科学院水利部水土保持研究所,2001.  
[6] McVicar, T R, Jupp, D L B, Williams, N A. Relating AVHRR vegetation indices to LANDSAT TM leaf area index estimates[M]. CSIRO, Division of Water Resources, Technical Memorandum, Canberra, ACT, Australia, 1996. 29.  
[7] McVicar, T R, Walker, J, Jupp, D L B, et al. Relating AVHRR vegetation indices to in situ leaf area index[M]. CSIRO, Division of Water Resources, Technical Memorandum, Canberra, ACT, Australia, 1996. 54.  
[8] 杨勤科,李锐,王占礼.区域水土流失监测与评价指标体系研究[J].水土保持通报,2000,20(7):74-77.  
[9] 杨勤科,李锐.论矢量地理信息系统的基本信息元[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(1):66-70.  
[10] 杨勤科,等.地块图的编制和讨论[J].水土保持通报,1993,13(5):34-38.  
[11] 杨勤科,等.矢量数字图形叠加的应用研究[A].区域水土流失快速调查与管理信息系统研究[M].郑州:黄河水利出版社,2000.

极推广成功的开发治理模式。要控制安置区水土流失,当务之急是寻找成功有效的开发治理模式,改善移民的生活、增加移民的收入:推广以小流域为单元,建立“山顶戴帽、山腰种果、山下种养结合,立体布局,综合整治”的小流域开发模式和山区“猪沼果”生态农业模式等至关重要。前者是通过山顶种植林木,山腰种植果树,山下养畜的开发,来减少水土流失、增加移民收入,后者是通过山上种植果树,山下养猪,并建立沼气池,如此,不仅可以使猪粪作为果树的天然肥料,增加果树收成,且可以沼气代柴火来减缓因移民安置区人口突然增加、原有植被难以满足移民生活用柴火需要,对周围环境植被构成的潜在威胁。第三,鼓励公众参与移民规划和土地利用规划,对所有与预建设项目利益有关的群体进行水土保持意识的灌输与培养,提高公众的水土保持意识<sup>[7]</sup>。第四,采用有效的工程措施,如综合布设小型水利水保工程。由于降雨强度和雨量的影响,在森林、梯田的水土保持的长远效益尚未发挥时,适当布置一批小型蓄水、排水、拦沙工程,可以缓解水土流失严重的局面。第五,工程建设应与生态环境建设进行有机的结合。通过水土资源的合理利用获得巨大的生态环境效益,如大垌水利工程建设中,上游料场就与旅游娱乐设施开发有机地结合起来了,既充分利用了水利施工的废弃料,又为当地带来了新的经济来源<sup>[8]</sup>。