

遥感在区域水土保持研究中的应用

梁 伟, 杨勤科

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 目前, 水土保持已进入较大区域的集中连片治理阶段, 遥感是该阶段水土流失研究的重要技术手段。研究遥感技术在区域水土保持中的应用, 首先要摸清遥感在该领域的研究现状。介绍了遥感在国内外区域水土保持中的应用状况, 提出了区域水土流失遥感研究存在的问题, 并对今后的研究方向提出了建议。

关键词: 土地利用; 遥感; 区域; 水土保持

中图分类号: S157; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)02-0160-04

Summary of the Application of Remote Sensing to Regional Soil and Water Conservation

L IANG Wei, YANG Q in-ke

(Institute of Soil and Water Conservation, CAS and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Nowadays, the soil and water conservation research is at a regional stage supported by remote sensing, of which the most important thing is to make the condition of remote sensing application clear. The authors summarized the application of remote sensing to regional soil and water conservation domestic and abroad, and raised some problems on regional soil and water conservation remote sensing research as well. In the end, some suggestions were given.

Key words: land use; remote sensing; region; soil and water conservation

植被因子是水土流失的重要因子, 是水土流失定量评价的主要参数之一^[1~5], 遥感作为一种先进的技术能快速获取、更新这些水土流失评价因子, 对水土保持过程进行动态分析, 为水土保持动态监测与预报和定量评价提供数据支持。本文对国内外区域水土保持研究中遥感技术的应用进行了回顾与总结, 指出了遥感在区域水土保持应用中存在的问题并提出了建议。

1 RS 的发展及其在区域水土保持研究中的应用

1.1 研究历史简述

遥感是 20 世纪初发展起来的对地观测综合技术, 早期的遥感开始于航空摄影, 并于 1909 年进入航空遥感阶段。19 世纪 20 年代国外就开始利用遥感技术研究土地覆盖, 第二次世界大战后更广泛更系统的利用航空照片进行区域范围土地调查与制图的研究。20 世纪 70 年代美国发射了第一颗人造陆地卫星后, 遥感技术的应用进入了大范围土地覆盖和土地利用调查阶段。1973 年 Rorse 等探讨了“植被指数”的概念; 1979 年 Tucker 证明了在所有植被指数中, $NDVI$ 是最普遍

使用的。20 世纪 80 年代后, 人们已在洲际范围内利用气象卫星数据进行土地覆盖的研究, 并取得了有效成果^[6]。1981 年开始应用 AVHRR 数据进行全球和洲际尺度的植被变化和土地利用的研究, Tucker 和 Townshend 最早应用多时相 AVHRR 植被指数 (NDVI) 进行洲际尺度的土地覆盖研究, 他们分别对非洲和南美洲进行了研究。Chiar 等研究了 NOAA/AVHRR 数据的多波段组合方案, 并进行了加拿大北方地区土地覆盖分类。90 年代卫星遥感在全球和区域尺度土地覆盖研究与应用方面取得了突破性进展。进入 21 世纪, 全球和区域土地覆盖土地利用的遥感研究进一步深化^[7]。

1.2 遥感技术在区域水土保持研究中的应用

早在 1927 年美国就利用航片进行了全国土壤侵蚀普查^[8], 欧洲黄土带, 由于径流集中而使肥沃土壤被侵蚀, BRGM 和 NRA 用 spot 数据和 GIS 技术对土壤侵蚀区进行了制图, 并肯定了遥感在土壤侵蚀区进行了制图, 并肯定了遥感在土壤侵蚀中的作用, 探索开发了区域性土壤侵蚀模型^[9]。Pickup 和 Marks 利用伽马射线航空遥感数据提取地表土壤和岩石辐射元素含量信息, 包括钾、钍和铀, 利用这些

元素的的空间分布对流域尺度侵蚀产沙进行示踪^[10]。降雨和径流导致的土壤侵蚀是澳大利亚主要的环境问题, Hua lu 等人利用遥感和 GIS 技术开发了洲级坡面面蚀和沟蚀侵蚀预报模型^[11]。此外, 加拿大、新西兰以及许多发展中国家也将遥感应用到了土壤侵蚀调查中。目前, 国外已将遥感、GIS 技术广泛应用于水土流失动态监测与评价预报, 在遥感、GIS 的支持下, 利用较大的比例尺, 以坡面评价预报模型为基础, 完成对较大区域土壤侵蚀的预报和水土保持规划, 这是国际上比较流行的区域性水土流失评价预报方法之一^[12]。

我国 1980 年开始利用卫星遥感信息开展全国土地利用现状调查^[13], 完成了全国县级土地详查, 东部地区采用航空遥感为基本方法完成比例尺 1:1 万土地利用调查制图, 西部地区采用卫星遥感和航空遥感相结合的方法完成 1:5 万、1:10 万和 1:20 万土地利用调查制图。同时, 利用了 TM、SPOT 等多种数据, 进行目视解译、分析和计算机自动分类制图等多项试验研究工作, 在 1996~1997 年运用 TM 等资料编制了 19 个城市和 100 个城市的城市扩展与耕地变化等内容的图面资料^[14]。20 世纪 70 年代以来, 进行了国家和区域土壤侵蚀遥感调查, 以航天、航空等多层次 RS 资料为信息源, 以大、中、小不同尺度对全国大河、重点水土流失区进行调查与监测并编制了大量的遥感图件, 特别是 80 年代以来, 国家将遥感技术列为重大应用工程进行科技攻关, 在黄土高原综合治理等重大项目取得了一系列有价值的成果。80 年代, 水利部组织完成了第一次土壤侵蚀遥感调查, 基本查明了中国的水土流失基本状况, 绘制了全国分省 1:50 万和全国 1:200 万比例尺的水土流失现状图, 90 年代末进行了第二次土壤侵蚀遥感调查。此外, 还进行了基于 GIS 的土壤侵蚀评价与遥感制图研究, 编制了中国 1:150 万土壤侵蚀与水土保持制图^[15,16]。针对完成全国水土流失普查的需要进行了区域水土流失快速调查与管理信息系统的研究^[17]。黄土高原区域水土流失遥感评价采用降雨(R)、植被盖度(G)、沟壑密度(Y)、相对高差(L)等作为评价因子, 利用模糊数学模型进行半定性评判, 目前存在的主要问题是: 缺少水土流失治理和土地利用数据的支持; 遥感与 GIS 等先进技术方法应用不多^[18]。

2 区域水土流失评价中的植被因子遥感研究现状

2.1 植被遥感指标及其意义

遥感影像的色调是最早的、定性的植被遥感指标, 目前仍在广泛应用。遥感影像的色调和反射率均受到大气、土壤、地形等因素的强烈干扰, 为了减少这些干扰, 突出植被信息, 许多学者研究出了多个植被指数。这些植被指数是多个波段反射率或灰度值的组合^[19], 主要有以下 5 种: 比值指数 (Simple Ratio Vegetation Index, $SRVI$)。比值指数是最早提出的植被指数 (1969), 其表达式为: $SRVI = NIR/R$, 式中:

NIR ——近红外波段的反射率, R ——红光波段的反射率, 下同。标准化差值指数 (Normalized Difference Vegetation Index, $NDVI$)。1973 年提出, 表达式为: $NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$, 是当前应用最广泛的植被指数, 该指数常被用来进行区域和全球的植被状态研究。垂直指数 (perpendicular Vegetation Index, PVI)。1977 年提出, 表达是为: $PVI = (NIR - aR + b)/(a^2 + 1)^{1/2}$, 其中, a 、 b 分别为土壤线的截距和斜率。土壤调整指数 (Soil Adjusted Vegetation Index, $SAVI$)。1988 年提出, 表达式为: $SAVI = (1 + L) \times [(NIR - R)/(NIR + R + L)]$, 其中 L 为土壤调整参数, 通常取 $L = 0.5$, 根据不同的植被盖度, L 可取不同的值。全球环境监测指数 (Global Environment Monitoring Index, $GEMI$)。1992 年提出, 表达式为: $GEMI = Q \times (1 - 0.5Q) - [(R - 0.125)/(1 - R)]$, 其中 $Q = [2 \times (NIR^2 + R^2) + 1.5NIR + 0.5R]/[NIR + R + 0.5]$ 。另外还有许多植被指数, 多是以上指数的变体。 $NDVI$ 对土壤含水量非常敏感, 被成功地用于土壤水分的判读。植被指数有助于增强遥感影像的解译力, 并已作为一种遥感手段广泛应用于土地利用覆盖探测、植被覆盖密度评价、作物识别和作物预报等方面, 现有植被指数还不能彻底消除大气、土壤的干扰, 但在目前没有更好选择的情况下, 植被指数是遥感指标的最佳选择, 池宏康经过对比分析认为 $MSAVI$ (修正后的土壤调整植被指数) 是目前黄土高原地区提取植被和生态环境信息较理想的植被指数^[20,21]。

归一化差异植被指数 ($NDVI$) 对绿色植被表现敏感, 它可以对农作物和半干旱地区降水量进行预测, 该指数常被用来进行区域和全球的植被状态研究, 提取方法为: $NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$ 。植被指数受土壤背景影响很大, 在低覆盖率和高覆盖率时有明显的缺陷^[22]。对于区域水土流失来说, 削弱土壤背景的干扰是关键^[21]。

2.2 土地利用和土地覆被信息提取

2.2.1 目视解译

目视判读是基于全手工的影像信息提取方法, 方便灵活, 解译者在解译过程中能够充分利用解译标志和其它辅助信息 (地貌、地形等) 识别地物, 分类定性精度高, 但该方法对解译者的要求较高, 主观因素多, 工作量大, 量化计算与分析能力相对薄弱, 难以显示遥感影像“数字化”的特点^[23~26]。

二战后, 国外广泛应用该方法进行航空像片的判读。我国从 20 世纪 50 年代开始系统的航空摄影, 利用目视解译方法完成了大量的土地利用调查工作, 比较成功的应用有: 1981 年, 中科院遥感应用研究所在天津市北郊区农业区划委员会的配合下, 利用彩色红外航片对天津市农业土地利用现状进行了调查, 1982 年与天津市农业区划委员会共同完成全市的土地利用现状调查^[27]; 1989 年, 华东师范大学地理系利用彩红外航片对大宁县土地利用现状进行了调查, 编制了大宁县 1:5 万土地利用现状图。20 世纪 70 年代, 遥感技

术的应用进入了大范围土地覆盖和土地利用调查阶段, 目视解译技术也广泛应用于土地利用/土地覆盖信息的提取, 国外应用非常广泛, 其中 Tucker 和 Townshend 就应用多时相 AVHRR 植被指数 (NDVI) 分别对非洲和南美洲土地覆盖进行了研究。我国从 1980 年开始利用卫星遥感信息开展全国土地利用现状调查^[13], 完成了全国县级土地详查。

2.2.2 计算机屏幕解译阶段

计算机屏幕解译是目视解译和计算机自动分类方法的过渡形式。与第一种方法相比, 省略了转绘、面积量算和面积统计。主要问题依然是工作量大, 周期长 (较第一种方法缩短了一半以上), 主观因素多。优点是图数统一, 以数字化方式记录便于传输和使用, 同时保持了定性精度高的优点。

2.2.3 计算机(辅助)自动分类阶段

随着计算机和 GIS 业务化技术的发展, 各种遥感影像分类模型技术的成熟, 全手工的影像分类作业方式, 已不能满足用户的需求, 计算机自动分类技术将成为信息提取的主要方法。计算机自动分类以计算机监督/非监督分类为基础, 辅以必要的人工干预 (专家知识) 和非遥感数据 (例如 DEM 等)。优点是定位精度高, 系统误差控制好, 但是严重的缺点是分类精度低, 产生的原因是遥感图像记录的原始信息量不足以区分我们所期望区分的类型, 表现形式是同物异谱和异物同谱。为了提高分类精度, 以监督分类/非监督分类为基础, 在小范围试验的基础上又研究出了许多新的分类方法, 如: 人工神经网络影像分类^[28-31]、基于知识的遥感影像分类^[32-33]和专家系统分类方法等^[34-36]。

3 总 结

很显然, 遥感已成为区域水土流失研究的一种有效手

段, 并取得了较大的成绩, 但仍存在一些问题:

(1) 区域水土流失研究中遥感技术方法应用较多, 但区域水土流失动态监测与预测预报特别缺乏水土流失治理和土地利用数据的支持。国内外水土流失定量评价与预报研究, 大多在坡面尺度进行的, 区域性的定量评价研究相对比较薄弱。我国学者利用分区方法进行区域整体性宏观趋势预测^[37], 美国是通过地面定位监测和大比例尺评价与统计汇总的方式定期得到全美国土壤侵蚀数据^[18], 有关全球变化的研究则力图在坡面研究的基础上, 通过比例尺变换的方式区域性乃至全球土壤侵蚀数据^[4]。总之, 遥感在区域性水土流失研究方面的应用还需要进一步加强, 使其能更好地服务于区域水土流失评价与预测预报研究。

(2) 目前, 还没找到更好的区域水土流失遥感植被指标, 在没有更好的遥感植被指标的情况下, 植被指数是最佳选择, 但不同的地区需进行对比研究, 以确定最佳植被指数。此外, 提取植被信息时还存在图像拼接问题, 实现遥感影像的无缝拼接是植被信息提取的前提, 虽然许多学者也进行了大量的研究工作^[38-41], 但这些方法各有优缺点, 其中以朱述龙的强制改正法最好, 但该方法在应用中还没有广泛推广, 应用还有一定的困难。另外, 植被指标与非遥感信息的集成方法等方面也存在一定的问题, 这些问题都是将来区域水土流失遥感研究要研究的内容。

(3) 基于遥感技术的土地利用调查, 其关键技术信息提取方法。目前, 遥感图像的分类技术远远跟不上遥感技术本身的发展。一些新的分类方法都是建立在小范围研究基础上的, 对区域研究还不适用, 到目前为止, 成功的分类方法仍是目视解译^[42], 因此, 区域尺度上的计算机自动分类技术将是今后研究的重要方向之一。

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): 110- 120
- [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] K G Renard, G R Foster, G A Weesies, et al Predicting rainfall e osion by water: guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [A]. USDA Agric Handbook[M]. 1997. 703
- [4] 杨勤科, 等. 区域水土流失快速调查、宏观评价与趋势预测[A]. 见: 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
- [5] Yang Qinke, Li Rui, Xiaoping Zhang et al Regional Evaluation of Soil Erosion by Water: a Case Study on the Loess Plateau of China[A]. In McVicar, T R, Li Rui, ed Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia[M]. ACIAR Monograph No. 84 Canberra, Australia center for International Agriculture Research, 2002. 304- 310
- [6] Vogelmann J E, Sohl T, Howard S M. Regional characterization of land cover using multiple sources of data [J]. Photographic Engineering & Remote Sensing, 1998, 64(1): 45- 57.
- [7] 柳海鹰, 高吉喜, 李政海. 土地覆盖及土地利用遥感研究进展[J]. 国土资源遥感, 2001, (4): 7- 12
- [8] 胡广录. 遥感技术在水土保持中的应用[J]. 甘肃水利水电技术, 1997, (4): 63- 65
- [9] Mathieu, R, King, C, Le Bissonais, Y. Contribution of multi-temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index: the case of the loamy plateaux of northern France[J]. Soil Technology, 1997, 10(2): 99- 110
- [10] Pickup, G, Marks, A. Regional-scale sedimentation process models from airborne gamma ray remote sensing and digital elevation data[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2001, 26(3): 273- 293

- [11] Hua Lu, John Gallant, Ian P Prosser, et al Prediction of sheet and rill erosion over the Australian continent, incorporating monthly soil loss distribution[R]. CSIRO Land and Water Technical Report, 2001.
- [12] 杨勤科, 李锐, 王占礼, 等. 中国水土流失宏观动态评价与趋势预测研究[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.
- [13] 寇有观, 吴敏. 全国土地动态监测系统总体研究- 耕、林、草地总量和土地动态监测分析决策支持系统[J]. 国土资源遥感, 1999, 1(1): 57- 62.
- [14] 黄福奎. 论遥感技术在土地利用动态监测中的应用[J]. 中国土地科学, 1998, 12(3): 21- 25.
- [15] 李锐, 杨勤科. 水土流失动态监测与评价研究[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.
- [16] 李锐, 杨勤科, 赵永安, 等. 现代空间信息技术在中国水土保持中的应用[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 1- 5.
- [17] 李锐, 杨勤科. 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.
- [18] 杨勤科, 李锐. 中国水土流失和水土保持定量研究进展[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 13- 18.
- [19] A J McDonald, F M Gemmel, P E Lewis. Investigation of the Utility of Spectral Vegetation Index for Determining Information on Coniferous Forests[J]. Remote Sensing Environment, 1995, 66: 250- 272.
- [20] 池宏康. 黄土高原地区提取植被信息方法的研究[J]. 植物学报, 1996, 38(1): 40- 44.
- [21] 韦红波, 李锐, 杨勤科. 区域水土流失评价中植被覆盖信息遥感提取研究综述[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.
- [22] 徐彬彬. 我国土壤光谱线之研究[J]. 环境遥感, 1991, 6(1): 61- 71.
- [23] 马霭乃. 遥感目视解一的基本理论与方法[J]. 遥感信息, 1987, (3): 26- 29.
- [24] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [25] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [26] 马霭乃. 遥感概论[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [27] 王长耀, 刘纪元. 彩色红外航空遥感技术在天津市土地资源调查中的应用研究[A]. 见: 遥感应用的实践与创新[M]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [28] CHEN K S, TZENG Y C, CHEN C F, et al Land-cover classification of multi-spectral imagery using a dynamic learning neural network [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1995, 61(4): 403- 408.
- [29] Justin D Paola, Robert A Schowengerdt. The effect of neural-network structure on a multi-spectral land-use/land-cover classification[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1997, 63(5): 535- 544.
- [30] L Bruzzone C Conese, F Maselli, et al Multi-source classification of complex rural areas by statistical and neural-network approaches[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1997, 63(5): 523- 533.
- [31] Giles M Foody. Relating the Land cover Composition of mixed pixels to artificial neural network classification output [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996, 62(5): 491- 499.
- [32] 杨存建, 周成虎. 基于知识的遥感图像分类方法的探讨[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(1): 72- 79.
- [33] 术洪垒, 毛赞猷, 等. GIS 辅助下的基于知识的遥感信息分类方法研究[J]. 测绘学报, 1997, 26(4): 328- 336.
- [34] M A Friedl, C E Brodley. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61(1): 399- 409.
- [35] A M Flygare. A Comparison of contextual classification methods using Landsat TM [J]. Int J Remote Sensing, 1997, 18(18): 3835- 3842.
- [36] B Kartikeyan, K L Majumder, A R Dasgupta. An expert system for Land Cover Classification [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(1): 59- 66.
- [37] 周佩华. 2000 年中国水土流失趋势预测与防治对策[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1988, (7): 57- 71.
- [38] 肖绍良, 杨云夏, 王建忠. 图像镶嵌及其边界处理[J]. 模式识别与人工智能, 1993, 6(3): 189 - 195.
- [39] Zhu Shulong Yang Xuhua. The Seam - line Removing in the Generation of Orthophoto maps [A]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing[Z], Vol XXXIII, Part B4, 1247- 1251, Amsterdam, 2000.
- [40] Yang Wenjiu. Digital Image Mosaicking and Registration [A]. Ma Junru. Chinese Progress in Remote Sensing [M]. Beijing: World Academic Press, 1992.
- [41] 朱述龙, 张曾波. 遥感影像镶嵌时拼接缝的消除方法[J]. 遥感学报, 2002, 6(3): 183- 187.
- [42] 甘甫平, 王润生. 基于遥感技术的土地利用与土地覆盖的分类方法[J]. 国土资源遥感, 1999, (4): 40- 45.