

# 中国西部水土流失动态监控体系研究

丛沛桐, 王瑞兰, 张玉红, 祖元刚

(东北林业大学 森林植物生态学开放研究实验室, 哈尔滨 150040)

摘要: 提出了建立中国西部水土流失动态监控体系的基本设想, 介绍了主要监控内容、方式和技术路线, 探讨了综合运用人工神经网络技术和小波图像变换技术实现遥感图像—地面图像一体化监控的可行性

关键词: 水土流失; 监控体系; 中国西部

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2000)05-0039-03

中图分类号: S157.1

## Dynamic Monitor System on Soil and Water Loss in the West of China

CONG Pei-tong, WANG Rui-lan, ZHANG Yu-hong, ZU Yuan-gang

(Open Research Laboratory of Forest Ecology of Northeast Forest University, Harbin 150040, Heilongjiang Province, PRC)

**Abstract** The basic assuming of the dynamic monitor system on soil and water loss in the west of China is put forward. The content model of monitor and technic program are introduced. The feasibility of implementing all-in-all monitor on remote-sensing image and ground image with the integrate apply of BP-ANNS technique and wavelet image switch over technology are probed into.

**Keywords** soil and water loss; monitor system; the west part of China

我国西部地域辽阔,地形起伏,山地丘陵占国土面积 2/3以上。由于独特的自然因素(气象、水文、地质)和大面积的毁林开垦,目前已造成了严重的水土流失。据不完全统计,长江流域 20世纪 90年代的水土流失面积比 50年代至少增加了  $2.0 \times 10^5 \text{ km}^2$ ;西北黄土高原是中国水土流失最严重的地区,目前水土流失面积达  $4.5 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,引发的土地资源和生态环境破坏造成的损失无法估计。受水土流失的影响,黄土高原和长江中上游地区生态环境恶化,自然灾害频繁发生,人民生活贫困,中下游河道淤积、洪水泛滥,重要工业城市和国家基础设施经常受到洪水的威胁<sup>[1]</sup>,严重制约了中国经济的快速发展,加强水土流失综合治理已成当务之急。随着中国西部开发战略的实施,西部退耕还林与水土流失综合治理工作将全面展开。结合西部水土流失特征,建立一套科学的水土流失动态监控体系,规范西部地域水土流失监控工作方式,将为西部水土流失的综合整治和生态系统功能恢复提供可靠的研究方法和研究手段

### 1 水土流失监控内容

#### 1.1 水土流失监控标准与规范

水土流失是松散土层的一种能量转换过程,其主要特征是具有不可逆转性,一旦发生就不易治理。由

于水土流失的诱导性因素多,阻滞性因素少,产生水土流失的机理复杂,不同地域、不同时期水土流失景观各异,因此,在人力和财力有限的条件下,优化监测方案,制定水土流失监控标准与规范,减少重复性监测工作,扩大监测区域,加密监测时间间隔,必将增加水土流失监控的有效性与合理性。

依据水土流失监测项目、监测期和监测工作量等制定水土流失监测规范,统一工作标准,便于地域间或不同监测期数据的衔接与对比,保持监测资料在时间上的连续性和地域的完整性<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 水土流失数据采集与处理

据水利部发布的中华人民共和国行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96),依据最新的陆地卫星资料,以卫星遥感 TM 数字影像为主要信息源,同时尽可能多地收集不同比例尺的地形图件,行政区划及土地利用图、林相图、地貌图、土壤分布图、水文图、地质图和水土流失地面实验数据、农业区划、退耕还林计划、生态景观的实地调查和勘查资料,在综合上述资料基础上开发植被、坡度、土地利用、降雨等因子的水土流失定量分析模型和水土流失信息系统,以坡度、植被覆盖率、土地利用、地质营力等级为主导因子<sup>[3]</sup>,在地理信息系统(Arc info 或 Map info)及 GPS全球卫星定位工作平台上,开展水土流失调查

收稿日期: 2000-02-24

资助项目: 国家自然科学基金;“九五”重大项目“中国关键地区生物多样性保育研究”(编号: 39893360)

作者简介: 丛沛桐(1965-),男(汉族),副教授,博士,生态学专业。联系电话: (0451)2190848-8848(O), E-mail congpt@0451.com

与相应的评价工作,建立 3S 技术支持下的土壤侵蚀遥感调查与监测体系<sup>[4]</sup>。

### 1.3 水土流失专业数据库

建立以流域或子流域为单位的水土流失专业数据库,实现部门和地域间的数据共享,为部门间的协作研究创造条件。

水土流失数据库应具备大容量数据存储性和标准数据格式,同时应设计方便的数据检索手段,供用户查询、检索使用,通过数据的实时更新提供快捷的水土流失监控信息服务。应充分考虑数据库系统简单灵活的结构和良好的移植性,数据库必须支持多个用户要求,具有良好的数据开放性与安全机制,提供多通道存储路径。以选择 ORACLE 和 SYBASE 等大型数据库为易,综合管理庞杂的水土流失数据信息。

### 1.4 通用水土流失(土壤侵蚀)模型

通用水土流失(土壤侵蚀)模型集中代表和反映了水土流失领域的研究水平,世界各国对水土流失模型的研究十分重视,已开发出了一些有价值的水土流失模型,并逐步用于推广和使用。地面水土流失实验和资料分析是通用水土流失模型研究的基础,遥感和地理信息技术为水土流失模型的研究提供了有力的工具<sup>[5]</sup>。通过遥感和地理信息技术的推广使用,加深了对水土流失表观和机理的认识。我国西部山川地势典型,水土流失规模大、持续时间长,对水土流失治理已积累了大量的经验和数据,依靠现有技术水准建立西部通用水土流失模型应该是可行的。

### 1.5 水土流失实时动态监控系统

采用地面观测方法精度高,规律性强,缺点是观测范围小,相比而言,遥感图像观测范围大,但精度低,水土流失特征信息少。如果将地面观测手段与遥感卫星观测手段结合在一起,综合两种观测手段的优点,将提高水土流失动态监控的精度。

在我国西部建立一个统一的水土流失实时动态监控系统,综合遥感图像与地面数字图像各自的监控优势,可以实现水土流失的短期监测(地面数字图像)和长期监测目标(遥感图像)。

### 1.6 退耕还林与生态系统功能恢复评估体系

退耕还林是中国西部大开发的重要举措,随着西部退耕还林还草计划的逐步实施,水土流失减轻及生态系统功能恢复需要有合理的评价体系。通过水土流失实时动态监控体系的建立,经过数个植物生长期资料的对比,可以建立实用的退耕还林与生态系统功能恢复评估准则与评价体系。

## 2 水土流失监控方式

### 2.1 水土流失分区监控

水土流失监控区应区分重点与一般,做到有的放矢。可以将遥感图像控制范围划分为保护区、监控区和治理区。保护区是目前水土流失轻微,森林植被覆盖率较大,但存在潜在水土流失危险的区域。监控区是相对资源开发和建设活动较频繁,损坏原地貌易造成水土流失,一旦造成水土流失其危害较为严重的区域。治理区指原生水土流失较为严重,对当地和下游造成严重危害的区域,也是重点监控的地区<sup>[6]</sup>。

### 2.2 水土流失分等级监控

应针对影响水土流失的气候因素、土壤因素、地质因素、地形因素、植被因素和人为因素等进行分析与评价,计算出各因素对水土流失的影响程度和影响率。在对影响水土流失单因素分析评价的基础上,选取坡位、坡形、坡度、土壤类型、有效土层厚度、植被覆盖率、土地利用类型等指标,进一步划分水土流失等级<sup>[7]</sup>。在具体监测过程中,可以根据监控区水土流失等级在各监测期发生的变化确定水土流失动态,达到定量监控水土流失的目地。

### 2.3 遥感图像监控与地面实验监控相结合

以遥感图像为主要数据源,结合地面水土流失微景观建立遥感图像—地面图像—地面实验数据监控体系。遥感图像与地面图像的对应关系主要取决于地面资料的占有程度。由于必须通过地面资料解译遥感图像信息,因此,应重视地面水土流失实验工作。地面资料包括水土流失侵蚀动力实验,如片流、股流、坡面汇流、产流、河道输沙等实验分析;土壤分析实验(土壤结构、力学性质等);生态因子实验(植物生理生态指标测试);侵蚀微景观分析(采集微景观图像数据进行多重分形分析)。

## 3 水土流失监控技术

在建立完备的水土流失数据库基础上,依托地理信息平台,采用智能化、可视化、数字化技术监测水土流失动态。

### 3.1 流域水土流失(退耕还林)神经网络监控技术

人工神经网络算法在非线形系统模拟预测和模式识别方面有广泛应用,适合于遥感和地面图像数据源处理。由于其特有的多输入和多输出特征,可以建立遥感监控图像与地面监控图像的数字连接关系,便于实现遥感图像—地面图像一体化监控。

首先应处理遥感图像数据,采用遥感图像处理软

件 ERDAS 或其它专业软件处理卫星遥感图像, 获取水土流失宏观背景值, 包括数字高程、植被覆盖率等。

将处理后的遥感图像数据与地面图像数据输入人工神经网络模型中, 经过神经网络对大量历史性数据的学习和训练, 提高网络的识别能力, 从而对于已知遥感监测图像恢复对应的未知地面监控图像。

流域水土流失 (退耕还林) 神经网络模型由前台 GIS 平台和后台数据库组成。后台数据库包括地面实验数据库, 地面数字图像库, 遥感图像库; 在 GIS 平台上实现水土流失信息浏览 (图像) 查询、分析、评价功能; 包括侵蚀动力模块 (降雨、水动力、风), 生态因子模块 (植被覆盖率、植被类型、退耕还林措施、生态效应评价), 地理环境模块 (坡面、河道、流域), 土壤模块 (土壤结构、类型、土壤水蚀、迁移、土壤沉积), 图像处理模块和其它扩展模块 (如水土流失实验设计模块、微景观多重分形模块)。

### 3.2 遥感—地面图像实时动态监控系统

在水土流失神经网络模型基础上, 建立水土流失实时动态监控系统。将地面图像与同一位置的遥感图像像元对应, 遥感图像的像元信息 (TM 图像 7 个波段) 为输入项, 同时输入气象水文及退耕还林信息 (数字化), 输出数字化的地面图像。在模拟阶段, 可以选

取大量的地面图像与遥感图像。对应图像对越多, 神经网络模拟精度越高。在动态监测阶段, 可以选取固定的监测点, 也可以是非监测点。通过遥感图像反演地面数字图像, 进一步合成该地面的细节图像 (在网络学习与训练阶段已分离出细节图像), 就得到易于判别的地面监测图像, 从而实现实时动态监控水土流失的目的。

在实时动态预测过程中, 需要采用小波图像处理技术进行数字图像压缩和图像特征提取。彩色 (或黑白) 地面图像经小波分析技术和图像处理技术后实现压缩、去噪和特征提取, 原有的图像数值矩阵尺寸和数据量大大减小, 同时图像的能量和基本特征被保留下来, 有利于水土流失神经网络模型接受大量的地面图像数据和快速识别。

### 3.3 水土流失监控流程

以地理信息系统为支撑, 遥感图像和地面实验资料为主要信息源, 依据植被覆盖率、地面坡度、土地利用、降雨量等有关因素进行水土流失定量研究<sup>[8]</sup>, 采用人工神经网络技术和小波图像处理技术建立水土流失动态监控体系和生态系统功能恢复评估体系, 技术流程见图 1。

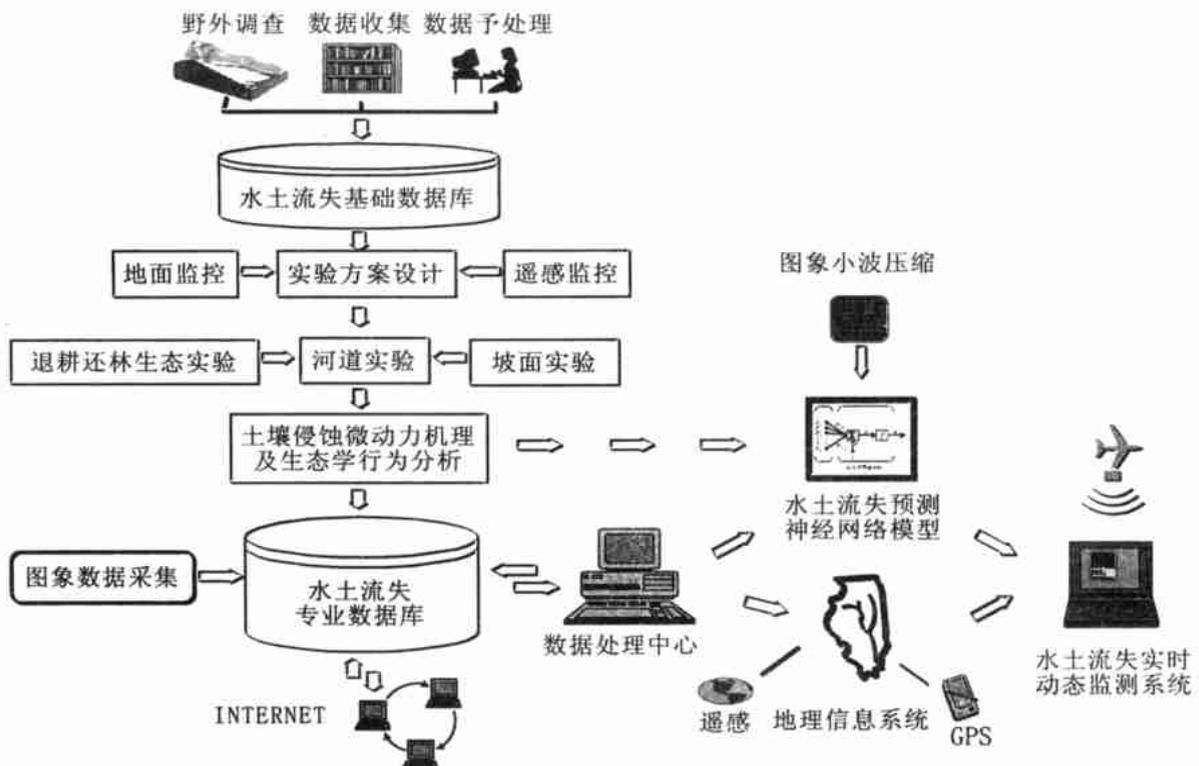


图 1 西部水土流失监控技术流程

#### 4.6 建立良好的投资机制和管理机制

我国荒漠化防治的经费长期以来一直特别紧张, 全国防沙治沙工程按造林任务平均, 国家每  $1 \text{ hm}^2$  仅投资 36.7 元。在国家投资既定的情况下, 要多渠道筹措资金和群众投工投劳, 对已建工程、旅行社、水库等征收生态效益补偿费, 吸引外资等。另外, 改善投资体制, 建立规范化经营管理模式, 建立独立运作的项目管理制度也是有必要的。

#### 4.7 加强荒漠化的科学研究和实用技术推广

防治荒漠化工作要有所突破, 项目建设目标必须依靠科技进步。科研工作应瞄准生产中亟需解决的问题, 比如: 监测体系、技术支撑、保障环境、治理模式以及荒漠资源利用等。根据云南省的区域特点, 筛选组装一批国内外业已成熟的新成果和实用技术, 在生产中推广应用, 如 ABT 生根粉、保水剂、旱地造林等技术, 以提高工程建设成效。

#### 4.8 严格执法, 巩固治沙成果

认真贯彻执行《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国草原法》、

《中华人民共和国土地法》等一系列法律法规, 做到依法治理, 依法管护。要认真贯彻执行国务院下发的《关于保护森林资源制止毁林开垦和乱占耕地的通知》, 严格执法, 强化预防监督措施, 在经济开发和项目建设时, 严格执行生态环境有关法律法规。对生态环境敏感区域要进行重点预防监督。

参加本项目研究工作的还有袁春明、李贵祥、温绍龙同志。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 卢琦, 周士威. 全球防治荒漠化进程及其未来走向 [J]. 世界林业研究, 1997, 10(3): 35-44.
- [2] Geoffrey Lean. Down to earth [R]. Interim Secretariat for the Convention to Combat Desertification, Geneva, 1995.
- [3] 云南省水利水电厅. 云南省水土流失及防治公告 [N]. 云南日报, 2000-02-17.
- [4] 朱教君, 姜凤岐. 辽宁省土地荒漠化概况及其防治对策 [J]. 生态学杂志, 1995, 14(3): 54-58.

(上接第 4 页)

## 4 结论与建议

我国西部是水土流失发育的典型地区, 建立和规范水土流失动态监控体系有利于西部退耕还林战略的实施和运作, 开展此项研究具有重要的战略意义。

采用遥感—地面图像联合监控是西部水土流失监控的一个有效方式, 通过神经网络技术实现遥感图像和地面图像间的数字化关联, 可以定量分析监测区水土流失状况。水土流失监测体系的建立既应考虑到技术因素, 还应综合考虑社会因素, 需要各部门间广泛协调合作, 共同制定规范标准, 并严格遵照执行。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张信宝. 长江上游河流泥沙近期变化、原因及减沙对策—嘉陵江与金沙江的对比 [J]. 中国水土保持, 1999(2):

22-24.

- [2] 夏士淳, 陈跃新, 张景峰. 河流量测验规范执行中若干问题的商榷 [J]. 黑龙江水利科技, 1999(2): 20-21.
- [3] 陈法扬. 城市水土流失强度分级标准商榷 [J]. 中国水土保持, 1999(3): 35-36.
- [4] 王安明, 章孝灿, 黄智才. 浙江省水土流失遥感普查有关技术问题的研究 [J]. 中国水土保持, 1999(7): 19-21.
- [5] 卜兆宏, 卜宇行, 陈炳贵, 等. 用定量遥感方法监测 UNDP 试区小流域水土流失研究 [J]. 水科学进展, 1999, 10(1): 31-35.
- [6] 姜德文. 论水土流失防治区的划分标准及有关问题. 中国水土保持, 1999(1): 33-34.
- [7] 王琛瑞. 太湖流域水土流失评价技术与综合防治体系研究 [J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(2): 62.
- [8] 郭同章. 水土流失过程中水流运动的模拟计算 [J]. 铁道学报, 1998, 20(1): 123-128.