

地理信息系统(GIS)在土壤侵蚀研究中的应用

郝丽虹, 张冬明, 吴鹏飞, 漆智平* (中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南儋州 571737)

摘要 地理信息系统(GIS)具有强大的空间数据处理功能, 可与遥感(RS)技术相结合应用于土壤侵蚀研究中。在概述GIS建立与应用的基础上, 对其在国内外土壤侵蚀研究中的应用进行了简要回顾, 并对GIS-RS一体化技术在土壤侵蚀研究中进行了展望。

关键词 地理信息系统; 遥感; 土壤侵蚀

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)33-10779-03

土壤侵蚀是世界上的主要灾害之一, 也是全球面临的一个重大环境问题^[1-2], 它严重破坏了土地资源, 降低了土地的肥力及可耕性。我国是世界上土壤侵蚀最为严重的国家之一, 研究土壤侵蚀的机理, 有效对其进行监控和治理已经成为全球关注的焦点。随着计算机技术的不断进步, 地理信息系统(GIS)应运而生, 并迅速应用于土壤侵蚀研究, 成为土壤侵蚀定量研究的有效工具。

1 GIS的建立与应用

1.1 GIS的建立 GIS起源于北美, 加拿大地理信息系统专家Tomlinson为解决加拿大国家土地调查局在短期内处理大量的土地资料的问题, 1960年第1次提出了应用计算机分析和处理土地资源数据的设想, 1962年利用计算机进行森林分类和统计上取得了成功, 开发了世界上第1个数据分析系统。1968年在联邦科学与工业研究组织的一次学术会议上, 他第1次使用“地理信息系统”(Geographical Information System)这一科学术语并给出定义, 地理信息系统由此诞生^[3]。

1.2 GIS的特点 GIS是以分析处理具有地理坐标的空间信息为主要目标的计算机系统, 它不仅利用属性数据, 更重要的是利用空间数据。它采用现代化的方法采集、存储、分析、管理、显示、模拟与地理和空间分布有关的数据和图形, 是现代地球科学、信息学、环境科学、测绘遥感、计算机科学、应用数学等各种应用学科有机结合的产物^[4-5]。正是因为GIS具有如此强大的空间数据管理功能和空间数据综合分析功能, 所以它在土壤侵蚀分析和建模中得到广泛应用。

1.3 GIS的应用

1.3.1 在资源管理中的应用。 资源管理是地理信息系统最基本的职能, 其主要任务是将各种来源的数据汇集在一起, 通过系统的统计和覆盖分析功能, 按多种边界和属性条件, 提供区域多种条件组合形式的资源统计和进行原始数据的快速再现。许多国家和组织建立了环境管理信息系统, 如美国环保局的EMS、欧共体的ECDIN、联合国环境规划署的GRID以及我国的“中国环境信息管理系统”等^[6]。美国资源部和威斯康星州合作建立了以治理土壤侵蚀为主要目的的多用途专用的土地GIS, 探讨了土壤恶化的机理, 提出了合理的改良土壤方案。加拿大建立了国家土地信息系统CanGIS, 澳大利亚建立了SIRO土地利用规划信息系统等^[7]。

1.3.2 在城乡规划中的应用。 城市与区域规划中要处理许

多不同性质和特点的问题, 它涉及资源、环境、人口、交通、经济、教育、文化和金融等多个地理变量和大量数据。地理信息系统的数据库管理有助于将这些数据信息归并到统一系统中, 最后进行城市与区域多目标的开发和规划。GIS已成为城市规划管理信息化可靠的技术支撑, 为城市规划方案落实提供了最有效的信息分析和手段^[8]。

1.3.3 在灾害监测中的应用。 利用地理信息系统, 借助遥感监测的数据, 可以有效用于森林火灾的预测预报、洪水灾情监测和洪水淹没损失的估算, 为救灾抢险和防洪决策提供及时准确的信息。1994年的美国洛杉矶大地震, 利用ARC/INFO进行灾后应急响应决策支持, 成为大都市利用GIS技术建立防震减灾系统的成功范例。

1.3.4 在土地利用调查、监测及决策中的应用。 GIS技术用于土地利用调查及动态监测, 主要是通过GIS与遥感相结合, 其一是利用遥感信息, 在GIS基础数据库的支持下辅助利用类型的解释^[9]。Joseph等采用ERDAS软件进行森林类型的光谱分类, 然后在GIS环境中修正光谱分类结果, 使分类精度提高^[10]。其二是利用遥感数据获取的土地利用现状最新信息补充和更新GIS数据库。其三是利用GIS空间叠加分析等功能进行不同时期土地利用状况的叠加分析。Westernland等建立了GIS和遥感图像处理的综合系统, 采用自动分类与目视解译结合的方法进行土地利用类型的划分, 正确率达75%^[11]。以龙口市土地利用调查为例, 基于GIS的土地利用类型和空间特征分析等方面, 阐述了遥感与GIS技术在土地利用调查中的应用^[12]。

1.3.5 在土壤及土地评价中的应用。 土地评价涉及土地的自然、经济、区位及开发管理等诸多因素, 传统的土地评价过程、图件绘制及面积量算和统计分析等费时费力, 且准确性差, 这为具有强大空间分析能力、空间属性数据一体化处理的GIS留下了越来越大的应用空间。

2 GIS在土壤侵蚀研究中的应用

地理信息系统在空间数据管理和分析方面的强大功能已经显示出极大的优越性, 近年来被众多涉及空间地理信息的学科和行业广泛接受^[13]。地理信息系统多与遥感(RS)技术相结合应用于土壤侵蚀中。遥感数据是GIS数据的主要来源, 遥感图像与GIS数据库中大量背景数据的叠加分析, 大大提高了遥感图像的识别能力和可信度。

2.1 GIS技术在土壤信息系统中的应用 土壤信息系统(SIS)是近年来国内外土壤学界研究的热点和前沿课题之一, 它不仅能为用户提供准确、及时的土壤信息, 而且能提供地质、水文、植被、气候等相关领域的综合性信息。近几年实践表明, 在地理信息系统的支持下建立SIS是普遍的趋势。

基金项目 科技部科技性工作和社会公益研究专项(2004DI B3J073)。
作者简介 郝丽虹(1983-), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 研究方向: 地理信息系统在土壤侵蚀方面的应用。* 通讯作者, 博士生导师, 研究员, E-mail: comrc@126.com。

收稿日期 2007-06-22

2.1.1 国外土壤信息系统的研究状况。许多国家都十分重视国家土壤信息系统的建立。1972年,加拿大首先建立了土壤信息系统数据库,随后英、法、美等国及联合国粮农组织也相继建立了自己的土壤信息系统数据库^[14-15]。1966年British Columbia在土系的基础上建立了土壤数据库。美国土壤信息系统于20世纪70年代初创建,到80年代初期,州级土壤地理数据库系统及国家土壤地理数据库系统均已建立。之后美国在已建立的土壤地理数据库系统的基础上,又建立了国家土壤信息系统(NASIS)^[16]。20世纪80年代后,土壤信息系统的发展促使土壤数据库向规范化和全球化发展。1986年,在第13届国际土壤学会议上决定建立1 100万世界土壤和土地数字化数据库(SOTER)计划。之后土壤信息系统又向实用化和多用途发展。1990年土壤侵蚀预测模型在土壤信息系统中成功运用。1994年在第15届国际大会上专题讨论了土壤信息系统在持续农业和全球变化中的应用。

2.1.2 我国土壤信息系统的研究状况。我国土壤信息系统基础薄弱,发展比较滞后,因此我国土壤学家面临更艰巨的任务。1977年我国科研工作者应用计算机处理输出了首张全要素地图。1978年地理信息系统的发展方向得以确立,也促进了土壤信息系统的建设^[17]。1979年,我国开展了第2次全国土壤普查,并从1993年起分6册出版了《中国土种志》,这是一部具有首创性的科技专著^[18]。1985年我国第1个资源与环境信息系统开放实验室在北京成立^[19]。1991年“利用信息技术编制土壤退化图”的研究中,应用从土壤-土地数据库建立到土壤退化评价方法等现代信息技术,编制出了实验区的土壤水蚀危害和风蚀评价图^[17,20]。1992年中国科学院南京土壤研究所基本完成了1 50万海南省SOTER数据库及制图工作^[21]。2000年张晓萍研究了在GIS支持下,建立土壤侵蚀背景数据库出现的若干技术问题^[22]。2004年农业部科技教育司组织专家对中国农业科学院张维理研究员承担的农业科技成果转化资金项目“中国土壤肥料信息系统系列产品的推广及应用”进行了验收,专家组一致认为项目完成了合同所规定的任务,取得了良好的社会效益^[23]。

2.2 利用GIS RS一体化技术编制土壤侵蚀图由GIS RS一体化技术编制的土壤侵蚀图是研究土壤侵蚀的手段之一。Mirchel利用北部非洲和中东地区的遥感图像,在GIS技术支持下,编制了该地区的土壤退化图^[24]。Haboudane等利用GIS与RS技术相结合编制Gadlentin盆地(西班牙)的土地退化与土壤侵蚀图^[25]。

在我国,GIS是在制图和遥感的基础上发展而来。赵晓丽等探讨了遥感和地理信息系统在土壤侵蚀强度定量分析研究中的应用^[26]。郭志民等研究了应用GIS RS一体化技术,在实现水土流失定量遥感监测的基础上编制土壤侵蚀模数图^[27]。薛利红等利用遥感技术提取土壤侵蚀信息的原理、技术和方法,对我国已取得的进展与成就进行了综述^[28]。

2.3 GIS RS技术与数学模型相结合计算土壤侵蚀量20世纪60年代,Wschmeier与Smith提出了水土流失通用方程(USLE),目前仍是预测土壤侵蚀量的常用方法。Desmet等研究了在地形复杂的景观单元,利用GIS RS一体化技术计算USLE方程中的L(坡长)和S(坡度)因子的方法^[29]。Jain

等将遥感等数据用于Morgan和USLE两个模型,分别对监测区的土壤侵蚀量进行了估算^[30]。孙希华等基于遥感和地理信息系统技术,对山东省山丘区的土壤侵蚀状况进行了研究^[31]。杨胜天等应用土壤流失方程建立了大尺度区域土壤侵蚀量的估算模型^[32]。许月卿等以贵州省猫跳河流域为研究区,在GIS支撑下,应用修正的通用土壤流失方程估算了研究区2002年现实和潜在土壤侵蚀量^[33]。

2.4 土壤侵蚀与土地利用类型变化的关系土地利用是全球环境研究的热点和前沿问题。我国学者在通过将遥感解译获得的土地利用图与已有的土壤侵蚀分布图进行叠加,在研究二者之间的相关关系方面已做了大量工作。李辉霞等在研究遂宁市中区土地利用类型变化与土壤侵蚀强度变化的关系分析中得出影响土壤侵蚀的主要土地利用变化发生在丘陵旱地^[34]。邹敏等以龙口市为例,为当地土地资源的合理开发提供了基础数据^[12]。Koch在1984~1997年间将GIS、RS技术用于动态监测LosMonegros地区的土壤侵蚀及盐碱化状况,提出该地区土地利用的理想模式^[35]。Sharma等研究印度Jasdantaluca流域的土地利用状况,通过GIS、RS对其土壤侵蚀变化情况的监测,制订出了土地利用管理方案^[36]。喻锋等以皇甫川为例,利用“3S”技术,研究了不同土地利用背景下的土壤侵蚀分布规律^[37]。

3 GIS RS一体化技术在土壤侵蚀上的应用前景展望

3.1 提高遥感数据的处理技术与方法为从遥感数据中精确提取土壤侵蚀有关信息,必须采用区域遥感信息多波段、多时相、多平台复合以及遥感信息与地图的复合、遥感信息与DTM的复合,定性分析与定量分析相结合、综合分析为主导分析相结合、室内判读与外业调查相结合的办法,尽可能准确获取土壤侵蚀要素等信息。不断完善和改进现有的遥感数据处理方法,开发出更好的适用于我国专业土壤侵蚀遥感处理软件。

3.2 制订一套统一实测技术方法体系全国各地的水土保持工作部门虽然都已收集了一些相应的土壤侵蚀实测资料,但实测时间和方法却不尽一致。为满足建立监测模型所需大量实测资料的要求,实测方法亟待统一。

3.3 建立适用于全国范围的监测模型建立适用范围广的监测模型是加快定量遥感进程的关键。只有建立适用于全国范围的土壤侵蚀监测模型,才有可能应用于定量遥感,并发挥其巨大使用价值。

3.4 加强与RS、GPS的有机结合目前的定量遥感方法仅仅是2S(GIS与RS)的结合,只有真正实现3S(RS、GIS与GPS)的有机结合,才能更有效地定量和动态监测土壤侵蚀状况。

参考文献

- [1] MEYERL D. Evolution of the universal soil loss equation[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1994(3): 99-104.
- [2] MANZUL K H, KIYOSH H J. Estimation of soil erosion using remote sensing and GIS[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001(1): 1090-1093.
- [3] 于东升, 史学正. GIS中土壤信息系统的研究进展[J]. *土壤学进展*, 1993, 21(6): 26-31.
- [4] 张超, 贾丙咸, 邬伦. 地理信息系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [5] 高玉山, 桑琰云, 徐刚, 等. GIS在区域土壤侵蚀研究中的应用探讨[J]. *阜阳师范学院学报*, 2004, 21(1): 51-52.
- [6] 袁进春. 环境管理信息系统的研究现状和发展趋势[J]. *环境科学*, 1987, 21(5): 75-79.
- [7] 王少安. 地理信息系统及其发展趋势[J]. *焦作工学院学报*, 2001, 20(3):

- 217 - 220.
- [8] 严荣华, 牛明光, 许礼林, 等. Office GIS 在城市规划管理中的应用[J]. 测绘通报, 2005, 16(10): 64 - 65.
- [9] 赵庚星. 遥感与地理信息系统的结合及其在土地利用调查与监测中的应用[J]. 山东农业大学学报, 1997, 28(4): 508 - 512.
- [10] JOSEPH D WHITE, GLENN C KROH, JOHN E HENDER. Forest mapping at Lassen Volcanic National Park, California using landsat TM data and a geographic information system[J]. PE&RS, 1995, 58(3): 299 - 305.
- [11] WESTERMORELAND SALLY. Slow douglas category identification of charged land use polygons in an integrated image processing geographic information system[J]. PE&RS, 1992, 58(11): 1593 - 1599.
- [12] 邹敏, 赵燕, 吴泉源, 等. 遥感与GIS技术在龙口市土地利用调查中的应用研究[J]. 山东国土资源, 2006, 22(6/7): 123 - 126.
- [13] 朱光, 季晓燕, 戎兵. 地理信息系统基本原理及应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.
- [14] 张定祥, 潘贤章, 史学正, 等. 中国100万土壤数据库建设中的几个问题[J]. 土壤通报, 2003, 34(2): 81 - 84.
- [15] 史舟, 王人潮. 土壤信息系统技术的发展及其思考[J]. 计算机与农业, 1997(4): 5 - 7.
- [16] WILLIAMU REYBOLD. Alaska soil survey and land use workshop proceeding [M]. Washington DC: Miscellaneous Publication, 1986: 1 - 136.
- [17] 魏永胜, 常庆瑞, 刘京. 土壤信息系统的形成发展与建立[J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2002, 2(3): 32 - 36.
- [18] 全国土壤普查办公室. 中国土种志: 第1卷[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [19] 胡著智, 王慧麟, 陈钦恋. 遥感技术与地学应用[M]. 南京: 南京大学出版社, 1999: 7 - 11.
- [20] 史学正. 土地资源持续利用与信息技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 1998: 23 - 28.
- [21] 国家自然科学基金委员会. 土壤学[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [22] 张晓萍. 基于GIS实现的中国土壤侵蚀背景数据库若干技术问题[J]. 水土保持通报, 2000, 21(1): 51 - 53.
- [23] 张维理. “中国土壤肥料信息系统系列产品的推广及应用”项目通过专家验收.[2004 07 15]. <http://www.impact.com.cn>.
- [24] MRCHEL WC. Soil degradation mapping from landsat imagery in North Africa and Middle East[C]// Geological and Terrain Studies by Remote Sensing. London: Remote Sensing Society, 1981.
- [25] HABOUDANE, BONN, ROYER. Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrally based information and digital geomorphometric attributes [J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(18): 3095 - 3820.
- [26] 赵晓丽, 张增祥, 刘斌, 等. 基于遥感和GIS的全国土壤侵蚀动态监测方法研究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(4): 29 - 32.
- [27] 郭志民, 陈志伟, 陈永宝. 应用GIS方法对土壤侵蚀潜在危险性进行评价及其时空分布特征研究[J]. 福建水土保持, 1999, 11(4): 40 - 45.
- [28] 薛利红, 扬林章. 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.
- [29] DESMET P J, GOVERS G A. GIS procedure for the automated calculation of the USLE LS factor on topographical complex landscape units [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1996, 51: 427 - 433.
- [30] JAIN SANJAY K, KUMAR SUDHIR, VARGHESE JCSE. Estimation of soil erosion for a himalayan watershed using GIS technique [J]. Water Resources Management, 2001, 15(1): 41 - 54.
- [31] 孙希华. 基于遥感和GIS的山东山丘区土壤侵蚀调查研究[J]. 山东师范大学学报, 2001, 16(2): 168 - 172.
- [32] 杨胜天, 程红光, 步青松, 等. 全国土壤侵蚀量估算及其在吸附态氮磷流失量匡算中的应用[J]. 环境科学学报, 2006, 26(3): 366 - 374.
- [33] 许月卿, 邵晓梅. 基于GIS和RUSLE的土壤侵蚀量计算——以贵州省猫跳河流域为例[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(4): 67 - 71.
- [34] 李辉霞, 刘淑珍, 何晓蓉, 等. 遂宁市中区土地利用类型变化与土壤侵蚀强度变化的关系分析[J]. 中国水土保持, 2004(3): 37 - 38.
- [35] KOCH M. Geological controls of land degradation as detected by remote sensing: A case study in Los Monegros, north east Spain [J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(3): 457 - 473.
- [36] SHRMA, SAIYA KRAN, SINGH. Hydrologic response of a watershed to land use changes: A remote sensing and GIS approach [J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(11): 2095 - 2108.
- [37] 喻锋, 李晓兵, 王宏, 等. 皇甫川流域土地利用变化与土壤侵蚀评价[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 1947 - 1956.