

TGIS 及其在水土保持研究中的应用

杨勤科¹, Tim McVicar²

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 澳大利亚联邦科学与工业研究组织水土资源研究所, Canberra 2601, ACT, Australia)

摘要:介绍了动态地理信息系统(TGIS)的概念及研究进展,提出和界定了与TGIS相关的几个重要术语(包括比例尺、尺度、分辨率);对TGIS发展概况,TGIS时空特征和TGIS数据构建方法,TGIS在水土保持研究中应用的几个主要方面——土地利用时空动态分析、试验观测数据表面模型建立与分析等进行了讨论。提出了TGIS研究中几个重要问题,包括:时间空间精度评估和其不确定性、元数据标准等。

关键词:地理信息系统(GIS);TGIS;水土流失

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2005)06-0055-04

中图分类号: S157, P208

TGIS and Its Application in Research of Soil & Water Conservation

YANG Qin-ke¹, Tim R. McVicar²

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,

Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. CSIRO Land and Water, GPO Box 1666, Canberra, 2601, ACT, Australia)

Abstract: Based on the introduction of concepts for temporal-geographic information systems (TGIS), and relevant concepts including cartographic scale, extent, resolution and scaling, progresses of TGIS in western and China were reviewed briefly. Then the spatial and temporary properties, and the database construction method of TGIS, main applications of TGIS in regional soil erosion researches, including spatio-temporary analysis of landuse change, interpolation of sampling data, were discussed. Emerging issues for TGIS research and application, including the assessment of spatial-temporal accuracy and uncertainty, were discussed at last.

Keywords: geographic information systems; temporary GIS; regional soil erosion

在区域性资源环境研究中, GIS 已经越来越多地被作为一种实用工具用来分析研究资源环境要素的空间变化。为了全面认识和描述资源环境过程, 引入“动态地理信息系统”(TGIS)是十分必要的。TGIS的引入将有助于分析地表要素及其相互作用过程在时间和空间两个方面的特征, 同时也将有助于实现遥感数据与GIS数据的集成。

1 TGIS 及其相关的几个基本概念

1.1 TGIS 及其发展

地理信息系统是采集、存储、显示和分析空间数据的计算机系统。长期以来, 人们只是注意和强调了对于地理现象、地理过程空间特征的分析。然而, 着眼于地表地理过程的分析研究, 着眼于遥感GIS的一体化, 对于时间问题给予重视是必要的, 也是可能的。TGIS(temporal-geographic information systems)是尝试采集和存储地表信息, 并分析其在空间和时间上变化的技术方法^[1]。综观TGIS的发展可见,

TGIS是在地图学、地理学和传统GIS有关理论基础上, 引入时间作为GIS的组成要素, 研究和处理地表过程的时间和空间动态变化的一种方法和技术体系。

将时间引入GIS并作为其基本要素的想法最早由Langran提出^[2]。以后Mitasova等对于引入时间以后数据集成中的理论和技术问题进行了详细的讨论^[3]。Burrough等讨论了环境动态模拟中时空单元的划分方法、动态模型与GIS系统集成方法, 专门GIS系统的开发等问题^[4]。我国学者在该领域的研究主要的研究集中在5个方面, 包括: 时态(动态)GIS的概念^[5], 多维空间数据模型^[6], 空间数据动态处理^[7-8], 多维空间数据时空分析与可视化^[9], 时态(动态)GIS(包括动态地籍信息系统)的设计^[10]。

1.2 TGIS的几个重要术语

在遥感和GIS研究和应用中, 尺度(scale)一词被广泛地应用, 但是对于其理解经常不尽一致。为了正确的理解和运用TGIS解决有关现代地表过程、资源环境研究的问题, 这里有必要对“尺度”及其相关的概

念进行一些简要的讨论和界定,以免引入一些不必要的误会。

(1) 地图比例尺(cartographic scale)。在地图学和地理信息系统研究和应用中,最经常使用的概念之一是地图比例尺。在地图学中,比例尺被定义为“地图上一定直线的长度与地面相应直线距离的水平投影长度之比”。地图比例尺的大小以这种比值的大小来衡量。

(2) 地理时空范围(extent)。指研究区域的大小,比较大的(和比较小的)研究区域被认为是大尺度的(和小尺度的)。一般而言,研究较大区域(较小区域)的问题使用较小比例尺(较大比例尺)的地图。如果注意到地理现象的变化,时间尺度也是很重要的一个概念。资源环境过程与时间和空间尺度都是相关的,在不同的时空尺度条件下,地理现象的表现、对其描述的方法和参数均不尽相同。

(3) 分辨率(resolution)。与尺度相关的另外一个重要概念是分辨率,即特定情况下可以被辨认的最小地理要素。在地图或者遥感数据上,能够辨认地物所占面积越小,分辨率越高,反之分辨率越低。而随着遥感技术的发展,分辨率的概念已经包括了空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率和辐射分辨率。

(4) 尺度转换(scaling)。那些在较小的时空尺度条件下开发的模型,在较大的时空尺度条件下应用将因为数据的缺乏(data-hungry),或因为过程的不完全相同而不能直接应用,这就引出了空间尺度转换的问题。广泛意义上的尺度转换表现为上述 3 个方面中任意一个或者多个方面的变换。

1.3 遥感与 TGIS 关系

遥感是指在不接触被感知对象的前提下,对地表特征信息的获取方法。遥感数据实际上是传感器在不同空间高度记录的地物电磁波谱(electro-magnetic spectrum,EMS)特征。根据遥感影像的波谱特征,遥感影像上可以区分地面覆盖物。例如,耕地、林地、草地和水体等。不同遥感传感器的分辨率和记录 EMS 的范围不同,使同一地物在不同遥感图像上具有不同的反映,同时图像的解译能力也是不同的。因为遥感数据在特定空间分辨率、光谱分辨率和电磁波区段反复记录对于地表的测量观测,所以遥感数据对 TGIS 具有重要意义^[11]。

2 动态 GIS 中的时间特征

在 TGIS 中,遥感数据、GIS 数据、基于点状采样的数据、社会经济数据和计算模拟数据等,均可以被集成使用,因为它们全部具备了与时空特征相关的属

性。分析研究这些数据的时间和空间特征,对于 TGIS 研究和应用具有重要意义。

2.1 动态 GIS 的时间特征

在一些 TGIS 的数据中,时间起到很小的作用,如 DEM 数据,因为地表高程的变化不能被及时反映,因而认为是相对稳定的。但是在另外一些方面,时间将成为重要的要素。例如土壤侵蚀、植被演替及其土壤属性变化等。

(1) 地貌的动态特征。地貌学理论认为地貌是随着时间发展演化的,这种变化在不同空间尺度具有不同的速率。以黄土高原为例,一场暴雨以后,坡面可能产生一系列的细沟。在一个小流域,高程变化主要发生在侵蚀活跃部位。对于一个更大的区域(例如黄土高原),可观测的变化将更加缓慢,所以地形数据一般每 10 a ~ 20 a 更新一次。

(2) 土地利用与土地覆盖变化。由于人类活动和气候变化的共同影响,土地利用与覆盖在多种尺度层次上发生变化,这种变化的研究一直是近年来资源环境和全球变化研究的热点和核心问题。

(3) 土壤和土壤侵蚀的动态。土壤发生和发育过程是时间的函数,土壤侵蚀特征也随时间和空间在发生变化,土壤侵蚀的时空动态模拟受到了重视^[12]。

2.2 TGIS 的数据库建设

TGIS 数据包括了定位数据(空间特征)、描述数据和属性 3 种类型,同时,每个方面又可以分别表现出范围、分辨率和密度的特征,这种特征可用一个 3 行 3 列的表格来示意(表 1)。由此可见,在 TGIS 中,时间和空间是紧密相关的。相对来说,遥感数据和数字地形模型(DEMs)在空间上是连续的(高密度的)而在时间上则不一定(用于土地利用研究的无云 AVHRR 数据可能每周或者每月获得一次),而气象、水文观测数据在时间上几乎是连续的(高密度的)而在空间上是不连续的(存在大片无观测站点、无数据区)。TGIS 数据库建设必须同时考虑表 1 所列各方面。

表 1 TGIS 中的空间数据特征

类型	特征		
	范围	分辨率	密度
空间特征	影像覆盖区域	最小像元	—
光谱特征(属性)	传感器记录的 EMS 范围	波段宽度	通道数
时间特征	记录经历的时间	获取数据所用时间段	卫星回复周期/重复接受有效数据周期

3 TGIS 在水土保持研究中的应用和有待研究的问题

3.1 TGIS 在水土保持研究中的应用

TGIS 在水土保持研究中的应用,主要体现在两个方面,一是进行时间序列的分析,如土地利用动态分析;二是进行空间数据尺度变换分析,比较成熟的表现是在表面分析,即利用试验观测得到的点数据,通过插值得到表面模型。

3.1.1 土地利用动态分析 随着遥感资料和土地利用图的积累、土地利用监测制度的完善,实现对土地利用变化的动态分析成为可能。针对土地管理工作对土地利用变化监测和建立土地管理台账的需要,我们曾经设计了一种建立动态土地资源数据库的结构,据此可以完整记录每块土地变化的状况,包括位置、形状、面积等属性。在此基础上,进行土地利用时空动态分析^[8]。

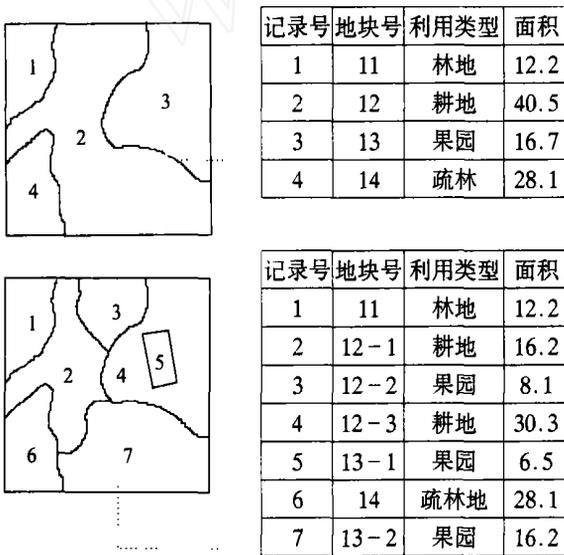


图 1 土地利用动态数据库的结构
(上边表示变化前,下边表示变化后)

3.1.2 试验观测数据的表面分析 在水土保持乃至整个资源环境科学研究中,存在大量来自野外试验观测的点状态数据,据其建立表面模型是这些数据得到应用的基本前提。最简单、最常见的是数字高程模型 (DEM) 和气象要素表面模型的建立和应用。以气温为例,手工条件下,只能以等值线方式表示其表面。常规方法只注重了对插值对象自身空间特征的处理,然而利用 TGIS 的观点看,还必须正确处理插值对象与环境要素的关系及其动态,只有这样才能准确反映插值要素的时空变化特征。以 DEM 为例,如果仅仅考虑高程信息、而不考虑高程变化与地貌特征线的关系(如沟底线和流域边界线),插值结果将不能准确表

现地表起伏;而如果对水文地貌特征予以充分考虑(例如直接将河流图作为独立变量参与插值),则可使地貌特征得到充分反映(图 2)^[13]。以气象要素表面模型建立为例,传统插值(如泰森多边形方法)没有直接考虑影响插值要素的环境条件,因而表面被极大地简化,基于 TGIS 思路的模型建立,则充分和量化考虑了各种影响因素,使插值结果更加真实地反映地表现象的变化(图 3)。基于这种思路,将基于 DEM 的湿度指数与土壤有机碳、土壤水分等点数据结合,建立小流域尺度土壤水分和土壤有机碳的表面模型并进行其时空动态分析是完全可能的。

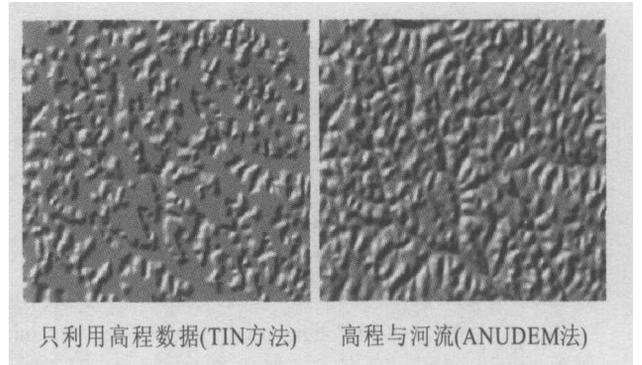


图 2 是否利用非高程数据插值的 DEM

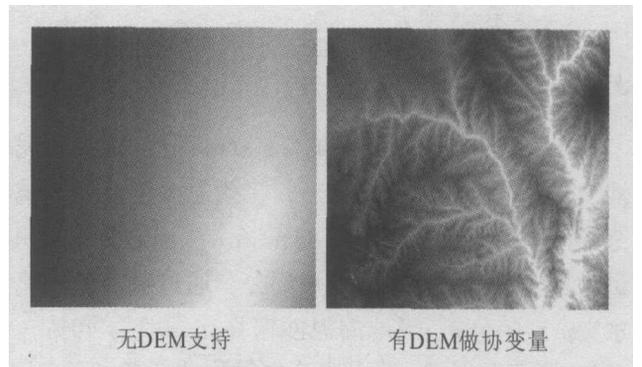


图 3 是否用 DEM 支持的温度表面

3.2 TGIS 研究应用中亟待研究的问题

考虑到 TGIS 及其在水土保持科学研究中的应用,以下几个方面的问题需要进一步研究。

(1) 时空动态数据库建设。总结 TGIS 数据结构、地籍管理、多时相气候数据空间插值分析等方面研究成果,考虑表 1 所示 TGIS 数据的各种属性,设计科学合理的数据结构并建立时间空间序列兼备的数据库,是 TGIS 发展和应用的基础。

(2) 元数据标准体系建设。元数据是关于数据的数据。对于大区域、中长期综合研究而言,已经成为动态地理信息系统 TGIS 研究的一部分。元数据关心和强调的问题包括:数据覆盖的时空范围、数据的分辨率、数据产生(采集方法)、空间坐标系、数据质量、数据的生命周期等。

(3) 数据的精度和不确定性。在 TGIS 所用的各种数据中,均不可避免地存在误差或不确定性。不确定性的来源包括了输入数据和模型两个方面。对 TGIS 数据基础进行误差或不确定性分析评价,特别是对定位精度的评价,是必须的。

[参 考 文 献]

- [1] McVicar T R, Davies P J, Yang Qinke, et al. An introduction to temporal geographic information systems (TGIS) for assessing, monitoring and modelling regional water and soil processes[M]. In: McVicar T R, Li Rui, Walker J, Fitzpatrick R W. Liu Changming (eds). Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia, ACIAR Monograph, 2002(84): 205—223.
- [2] Langran G. Time in Geographic Information Systems [M]. London, Taylor and Francis. 1992.
- [3] Mitasova H, Mitas L, Brown W M, et al. Modelling spatially and temporally distributed phenomena: new methods and tools for GRASS GIS[J]. International Journal of Geographic Information Science, 1995(9): 433—446.
- [4] Burrough P A. Dynamic Modelling and Geocomputation. In: Environmental Modelling in GIS reader GIS, Dynamic Modelling, Geostatistics, Errors Propagation [M].

Utrecht Univerity, The Netherlands, 1998.

- [5] 张祖勋,黄明智. 时态 GIS 的概念、功能和应用[J]. 测绘通报, 1995(2): 12—14, 35.
- [6] 龚健雅. GIS 中面向对象时空数据模型[J]. 测绘学报, 1997, 27(4): 289—298.
- [7] 龚健雅. 整体 GIS 的数据组织与处理方法[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1993.
- [8] 杨勤科,李锐. 土地数据特征及管理方法研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(7): 20—25.
- [9] 桂涛,周嘉玉,陈矛. 三维复杂模型实时动态显示的研究与实现[J]. 软件学报, 1996, 7(增刊): 503—509.
- [10] 乔彦友. 用时间 GIS 建立地籍信息系统的研究. 地理学报, 1996, 51(5): 465—469.
- [11] McVicar T R, Jupp D L B. The current and potential operational uses of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review. Agricultural Systems, 1998(57): 399—468.
- [12] Chris S, Renschler C S. Designing geo-spatial interfaces to scale process models: the GeoWEPP approach[J]. Hydrological Processes. 2003(17): 1005—1017.
- [13] Yang Q K, Van Niel T G, McVicar T R, et al. Developing a digital elevation model using ANUDEM for the Coarse Sandy Hilly Catchments of the Loess Plateau, China[M]. CSIRO Land and Water Technical Report 7/05, Canberra, Australia. 2005.

(上接第 54 页)

3 结 论

在崇墩沟流域所研究的 7 500 m 河段中,淤积泥沙 24 547.38 m³, 30 193.27 t。将该泥沙量按照流域范围计算的侵蚀模数为 1 783 m³/t。测出的泥沙淤积量只是整个流域淤积量的一部分。通过对周围河流水文资料的分析,当地的泥沙输移比一般为 40%~60%,按 50%计算,其土壤流失量可达 3 500 t/km²。河流中的泥沙沉积主要是 1~2 a 形成的,因此按 3 a 计算的平均侵蚀模数也高达 1 150 t/(km² a)以上,属于中等强度的土壤侵蚀。

在调查中发现,几乎每个稀土矿均通过小溪和小沟与河流连接,而这些小溪与小沟全部被泥沙淤满;在别的区域植被相对保存良好,因此我们可以初步认为河流中淤积的泥沙主要来源于稀土矿开发的尾矿流失。流域内 24 个稀土矿的总面积为 60.55 hm²,即使按照河流中实际沉积的泥沙计算,其流失土壤高达 49 865 t/km²,考虑到泥沙输移比,则为 99 730 t/km²,同样这些泥沙也在 1~2 a 内淤满河道后,产生的泥沙则排走。同样采用 3 a 的平均土壤流失量作为稀土开矿的年平均侵蚀模数,则高达 34 000 t/(km² a)以上,属于极强度的水土流失。

在崇墩沟流域稀土矿尾矿的侵蚀是最主要的泥沙来源。因此在治理水土流失时,须加强对稀土矿开发的管理,严禁无序开发,防止形成新的水土流失。对已废弃的稀土尾矿作为治理的重中之重,可有效地降低流域内土壤侵蚀的强度。

实测、分析治理前后河流淤积量的变化对于流域土壤侵蚀量大、河流比降较小、泥沙淤积较多的河段是长期定位观测的一种有效途径,可为水土流失监测提供定量的资料。以便寻求合理的生物措施治理水土流失模式,改善当地的生态环境,进一步推动区域经济的可持续发展。

[参 考 文 献]

- [1] 彭珂珊. 水土流失危害对生态环境(洪灾)的影响及调控途径[J]. 地质技术经济管理, 1999, 21(5—6).
- [2] 周学军,夏卫生. 衡山土壤加速侵蚀与花岗岩地貌发育问题研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 624—627.
- [3] 徐明岗,文石林,高菊生. 红壤丘陵区不同种草模式的水土保持效果与生态环境效应[J]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 77—80.
- [4] 杨艳生. 我国南方红壤流失区水土保持技术措施[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 117—120.
- [5] 郭在扬. 龙岩地区矿区水土流失危害及防治对策[J]. 福建水土保持, 1996(1): 52—54.