

土壤侵蚀调查制图的 遥感数据处理的发展

卜兆宏 席承藩*

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文以兴国等11个山区县市为试验区,就土壤侵蚀调查的遥感数据处理及其改进进行了研究。认为将现有的方法与USLE相结合,可以实现对土壤侵蚀量的预测预报。

一、土壤侵蚀调查的遥感数据处理研究的现状

(一)研究概况

1. 研究实验区和资料

本研究在南北方山区县都选择了实验区。南方实验区主要选在江西省兴国、于都、瑞金、泰和、安义、修水等6省。它们位于中亚热带的南、中、北部,年降雨量为1300~1600毫米,皆有明显的暴雨和干旱季节。土壤类型为红壤、黄壤、黄棕壤、紫色土,河谷平原岗地为水稻土。剧烈流失多出现于花岗岩发育的红壤白暴沙土上。北方实验区选在永定河上游的河北省怀安县、山西省天镇县、内蒙古兴和县。这3个县地处温带半干旱大陆性季风气候区,年降雨量为400~600毫米。山丘的土壤类型有黄绵土、栗钙土、灰褐土。极强度流失主要发生在黄土母质的黄绵土上。其中兴国县和北方3县,均属全国8大重点治理的严重流失区,流失级别的类型齐全,地质构造、地貌形态复杂。其它县为较严重的流失县,或为一般的流失县。此外,还对江西省赣州市、赣县实施了部分运算处理。整个11个县市的实验区面积为25721.1平方公里。涉及(矩形)图象面积约4~5万平方公里。

除泰和县、天镇县只有土地利用调查资料外,均有常规调查的水土流失图和各类面积资料。

所使用的研究资料主要是7幅不同时间成象的Landsat—2.3的MSSCC T磁带。其中赣县、修水、兴和县地跨两幅卫片;天镇和兴和县又地处两个高斯投影带;地跨两幅县的两成象时间相差18天或2个月;134—32幅的数据磁带是用胶片数室化后获得的。

2. 所使用的研究设备

主要使用了两种遥感数据处理的研究设备:一种是S101大型的图象数据处理系统;另一种是中型的ARIES—II、III系统。其中以S101系统的软硬件功能较全。然而,为满足自动分类与调整、自动统计县乡各类面积和自动整饰的“三自动”制图要求,都需要开发新的应用软件。我们主要在ARIES—II上开发了较多软件。

* 参加本项研究的尚有史德明、史久浩、李士鸿同志。

3. 研究阶段

该项研究可概分为4个主要研究阶段：(1)方法试验研究。首先在S101系统上摸索出卫星磁带数据图象配置区界的方法，以提取出纯为调查县的遥感数据。然后，从S101的大量现成分类软件中实验选择出最佳分类算法，从而初步形成土壤侵蚀调查的最佳遥感数据处理的最佳作业流程。这一流程，在兴国县取得了流失总面积为90.27%，急待治理面积为98.59%的调查精度；(2)应用试验研究。它分为地处一幅和地跨两幅县的应用试验。其中有用同一个文件分类的不同县，也有因成象时差大而采用两个文件分类的县；有面积不大的县，也有超越5000平方公里的县；有县界较规整的县，也有东西向或南北向呈长条形而界线弯曲特多的县；(3)推广试验研究。经过室内准备，野外考察及上机作业。在怀安县取得了流失总面积为96.4%，强度以上流失面积为85.9%，极强度流失面积为99.08%的调查精度。这是由于在分类后增加了同数异类的自动调整处理消除了混淆现象，从而提高了整个分类精度；(4)专题研究。它分为：①土壤侵蚀遥感监测依据的初步研究。通过相关分析和多元逐步回归分析，确认降雨量和植被覆盖度是影响土壤流失量的主要因素。②同数异类混淆的自动调整方法的研究。通过研究，明确了同数异类的普遍性和生产原因，建立了实现调整的依据和规则，编制了ARIES实现消除同数异类混淆的自动调整程序；③更加快速准确分类算法的研究。通过研究，发现波段5.7的数据分别具有山丘流失类型和谷地平原地物的排序特征，是产生这种分类新算法的主要原理；④自动整饰方法的研究。通过研究，建立了制图汉字、数字、符号注记库，实现了图斑颜色、界线标注、汉化注记、图廓内外美化等一系列自动整饰。

(二)研究结果

1. 完成了南北方实验区的调查制图任务

通过各阶段的实验研究，先后完成了南北方共9个县的土壤侵蚀调查制图任务。其中兴国县有二次试验结果，安义县有3种不同处理结果，而兴和县因只含属海河流域部分(缺全县的原始数据)因此未打印出面积数。从所制图件可知，同一地区相邻县的调查具有统一的调查标准和精度，相邻县界两侧图斑接合良好，与常规调查的结果比，有明显的优点。倘若以常规调查结果来评价遥感数据处理研究结果的精度，11县次的平均分类精度为 $74.85\% \pm 8.54\%$ (或绝对法为 $74.35\% \pm 14.56\%$)、流失或侵蚀总面积精度为 $83.98\% \pm 13.36\%$ (或 $77.68\% \pm 22.51\%$)，急需治理面积精度为 $83.91\% \pm 16.55\%$ (或 $77.29\% \pm 31.98\%$)，表明采用这种方法调查土壤侵蚀是可行的。

2. 建立了快速准确调查土壤侵蚀的新方法

通过各阶段的大量实验研究，建立了用遥感数据处理调查土壤侵蚀的新方法。这一新方法由下列方法组成：

(1)卫星磁带图象分类制图中区域界线的配置方法。该法不仅能准确配置出区界，而且在其同时也实现了数据图象的几何校正，因而可获得全县总面积精度达99.7%以上，配置区界后的图象可与地形图(1/20万)准确套合(中误差 ± 0.37 毫米)。

(2)适于土壤侵蚀程度分级的最佳分类算法。有监督分类算法和排序特征分类法两种。监督分类法中有S101的最小距分类法和ARIES系统的快速最大似然分类法。就水土流失分级而言，主要是依据植被覆盖度和土壤侵蚀表土(或心土)外露程度所决定的遥感数据差异进行分类的。

(3)同数异类混淆的自动调整法。它有利用高低地分异界线的调整法，也有利用坡度分异的较复杂的调整法，前者既可调用现成软件完成，也可新编软件更快地执行。后者则必须

用开发的新软件完成。这主要用于清除最佳分类后存在的同数异类错分现象,以提高分类图斑的精度,使输出的成果图无需手工调整、清绘、量算等繁琐劳动,直接成为土壤侵蚀图。

(4) 成果图的自动整饰法:因有区界配置法,又建立了六千余制图汉字、数字和符号的数据库,由机器完成成果图象的着色,界线标注、汉化注记和图廓内外美化等一系列整饰任务,使成果图达到方便使用又较常规手工整饰快速省钱的效果。

二、土壤侵蚀调查的遥感数据处理研究的发展

(一)在现有方法基础上的改进

1. 利用TM、HRV数据实现动态监测

在现有方法基础上利用TM、HRV象元尺寸小的磁带数据,开展更为详尽的调查制图,实现动态监测,是完全可能的。同时,通过实验研究,必然会使现有作业流程得到改进或完善。

2. 深入研究遥感监测依据改进作业流程

现有方法是建立在土壤侵蚀的流失量与植被覆盖度和土壤出露程度切密相关的基础上,这一监测依据由较大面积的实测资料而来,较为粗糙。为深入研究遥感监测依据,需建立从几十平方米到几十平方公里的不同汇水面积的土壤流失量及其影响因素的定期观测网点。根据观测结果,研究出影响土壤侵蚀的主导因素及次要因素,据以分析这些因素的可遥感性,并寻找不可遥感的重要侵蚀因素的处理措施。这无疑将使现有最佳作业流程得到改进和完善。

(二)与USLE结合实现预测预报

USLE,即通用流失方程,其形式为: $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \cdot f$ (1)

式中R为降雨(侵蚀)因子,K为土壤可蚀性因子,L为坡长因子,S为坡度因子,C为作物管理因子或植被覆盖度因子,P为保持措施因子,f为常数(f=1时,为美吨/[英亩·年];f=2.24时,为吨/[公顷·年];f=224时,为吨/[公里²·年];f=0.224时,为公斤/[米²·年])。各项因子又有一定公式计算出。广泛的应用证明,任何自然地理区的面蚀或细沟侵蚀所产生的土壤流失量,都是USLE中6大因子的函数,关键在于这些因子值的正确确定。同时,它说明USLE经得起时间和空间的考验,反映了客观存在的土壤流失规律。因此,应用遥感数据处理USLE结合,有可能实现土壤流失量的预测和保持措施强度的预报。

1. 土壤流失量的预测设想

现行的土壤侵蚀制图,均按侵蚀模数(也即土壤年均流失量)来划分级别类型,由于其每个级别的流失量变幅大且各不相同(如<500,500~2500,2500~5000,5000~8000,8000~13000, >13000吨/[公里²·年]),故对土壤年流失量只能粗估,且误差很大。应用遥感数据处理与USLE结合,由于每个象元均综合考虑了6大因子,故可精确计算出每个象元的土壤流失量,因而可以准确计算出一个地区的土壤流失量及输入河流中的泥沙含量。

这时的遥感数据处理,同样包含有卫星遥感数据和非遥感数据两种信息的处理。卫星遥感数据主要用于确定USLE中的C因子值图,象元尺寸小的遥感数据图象(如TM、HRV)还可以提取出保持措施因子P值图。非遥感数据信息,有区界图、降雨量等值线图、土壤质地图、土壤有机质含量图、土壤结构图、土壤渗透速度分布图、地形图或DTM等,通过处理分别形成R、K、L、S四个因子值图。然后,按(1)式解算得每个象元的土壤流失量。在此基础上,不仅可以按现行规范要求制出土壤侵蚀图,而且可以精确预测出整个地区的土壤流失量及输入河道的泥沙量。(下转第151页)

之间, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子率 ≥ 2.4 。分布在第四纪红土层不厚, 但地表尚较完整, 坡度较缓的丘陵地上。

所以, 这些具有不同特性的土壤分类单元虽然处于相同的气候条件下, 但其它的成土因素有所不同, 使我们有可能在一定比例尺的土壤图上, 根据成土因素的差异勾绘出各自的边界。

参 考 文 献

- [1] 黄瑞采, 周传槐编译, 土壤的发生分类与资源评价, 江苏省科学技术出版社, 1985。
- [2] 威尔丁(Wilting, L. P.), 土壤系统分类在编制土壤概图中的应用, 土壤学进展, 土壤系统分类研讨会特刊, 63—68页, 1987。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所主编, 中国土壤, 科学出版社, 1978。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类基金课题组, 中国土壤系统分类(二稿), 土壤学进展, 土壤系统分类研讨会特刊, 69—105页, 1987。

(上接第136页)

2. 水土保持措施强度的预报设想

水土保持措施的强度, 与良好生态环境的要求和社会经济条件的可能有着密切关系。这就是说, 首先要根据要求和可能定出该地区的土壤容许流失量 T 值。然后, 按照USLE在假定 $CP = 1$ 时, 计算出土壤的最大流失量 A_{max} 。依 A_{max} 计算出必须的植被覆盖因子 C' 和保持措施因子 P' 的综合数值图, 为

$$C'P' = T/A_{max} = T/RKLS \quad (2)$$

例如, 当 $T = 500$ 吨/(公里²·年)时, $C'P' = 2.232/RKLS$ 。用 $C'P'$ 综合数值图减去由卫星遥感数据处理获得的 C 因子值和 P 因子值的乘积图, 则可获得供预报保持措施强度用的 ΔCP 差值图, 为 $\Delta CP = C'P' - CP$; 凡是 ΔCP 图出现为负值或零值的象元, 则不需采取保持措施之处; 而凡是为正值的象元, 为水土流失严重的危险区, 则需加强保持措施。 ΔCP 的正数值愈大, 则说明保持措施的强度越大, 不仅需要乔灌草的生物措施, 以减少 C 因子值, 且还需增加工程措施, 才能达到使土壤流失量小于 T 的值的的要求。显然, 这种保持措施强度的全面预报, 极有利于水土流失治理规划的制订、落实和修改。

总之, 随着遥感数据处理与USLE的结合, 实现预测预报研究的开展和深入, 必将促进水土流失调查制图与水土保持两项工作的密切联系, 大改已往重查轻治或只治不查, 顾此失彼之局面, 使水土流失的危害得以防治或减小到最低程度。