

福鼎市土壤侵蚀的遥感监测研究

陈明华

黄炎和

(福建省水土保持试验站 福州 350003) (福建农业大学地球环境系 福州 350002)

摘 要 应用计算机、卫星遥感、数量化理论进行数学建模等技术,探讨一种快速监测县级土壤侵蚀现状的新方法。

关键词 侵蚀强度分级 侵蚀现状 遥感

Study on Monitoring of Soil Erosion by Using Remote Sensing Technology in Fuding City

Chen Minghua Huang Yanhe

(Soil and Water Conservation Experimental Station of Fujian Province Fuzhou 350003)

(Fujian Agricultural University Fuzhou 350002)

Abstract A new method of fast speed monitoring soil erosion present situation for county levels is discussed, with technologies including applied computer, remote sensing, mathematics module were established by quantification theory.

Key words grades of soil erosion intensity soil erosion present situation remote sensing

福建省土壤侵蚀状况自1984年采用1:2.5万地形图进行过一次人工普查后,再未进行过全面调查。由于土壤侵蚀现状调查手段落后,耗资大且调查周期长,使水土保持部门难以掌握土壤侵蚀现状,影响了政府部门的有效决策。为了尽快弄清目前福建省土壤侵蚀状况,以便更好地组织开展水土保持工作。应用计算机、卫星遥感和数量化理论进行数学建模和计算机软件设计等,探讨一种快速监测县级土壤侵蚀现状的新方法。

选择福建省东北部较典型的福鼎市为研究区域。该市位于北纬 $26^{\circ}55'$ ~ $27^{\circ}26'$,东经 $119^{\circ}55'$ ~ $120^{\circ}43'$,属中亚热带海洋性季风气候,多年平均降雨量1661 mm,土地总面积为1531.6 km²。

1 建立土壤侵蚀强度判别的数学模型

1.1 野外确立标准样区点

确立标准样区点的目的是建立工作区土壤侵蚀强度评判的数学模型,以便应用计算机处理,自动判别生成土壤侵蚀评价图及有关统计资料。标准样区的土壤侵蚀强度级别,是由一组有经验的水土保持专家参照部颁《水土保持技术规范》和《福建省水土流失普查工作细则》(1984年),在

野外实地调查确定的。土壤侵蚀强度按部颁标准分为微度、轻度、中度、强度共4级(据查福鼎市无级强度和剧烈侵蚀)。

每个样区面积不小于500m×500m,样区内各种自然地理因素必须保持基本一致。按土地利用类型和土壤侵蚀强度级别选点,本次调查共取98个标准样区点的资料,已远远超过了统计学的要求。

1.2 标准样区的因子提取和筛选

每个标准样区调查分析的资料包括植被覆盖度、植被结构、土地利用类型、母岩类型、坡向、坡度、坡长、土壤类型、土层厚度、土壤结构和有机质含量等。同时,利用卫星影像解译各标准样区的色调、亮度、饱和度和影纹结构等共计15个因子。但在建立土壤侵蚀判别模型时,经过反复筛选,仅选择土地利用类型、母岩类型、坡度、植被覆盖度、土壤质地和有机质6个因子。一方面是由于这6个因子在决定土壤侵蚀强度级别时至关重要,且彼此间没有太大的相关性;另一方面,它们都可以利用有关部门资料在室内取得。如土地利用类型,土地管理部门近年来已陆续完成土地利用现状调查,同时国家还规定土地管理部门每年都要对土地利用进行变更调查。因此,土地利用类型这一项目能从土地管理部门获得现实性资料;植被覆盖度,可以利用不同时期的卫星影像解译而取得动态资料;坡度、母岩类型、土壤质地和有机质可分别从地形图、地质图和土壤普查资料中获得,这几个因子一般在一定时期内是比较稳定的。

至于降雨因子对土壤侵蚀的影响,本研究认为对于范围有限的地区,可近似认为降雨在空间上的分布是均匀的,时间进程一致。如福建省沿海地区30年平均降雨侵蚀力 R 值大部分在200~240之间,闽西、闽中大部分在250~290之间,它在一定地域里是不会有大的变化的,对于福建省来说,沿海地区与闽西、闽中地区最好使用不同的土壤侵蚀强度分级判别模型,以消除降雨因子的影响。

1.3 建立土壤侵蚀强度判别的数学模型

根据上述筛选的因子,我们利用标准样区的前88个数据资料,应用数量化理论Ⅱ建立了土壤侵蚀强度判别的数学模型如下:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 0.0328T_1 + 0.0206T_2 + 0.0202T_3 + 0.0074R_1 + 0.0159R_2 \\
 &\quad - 0.0028R_3 + 0.0046R_4 - 0.0391S_1 - 0.0333S_2 + 0.2181C_1 \\
 &\quad + 0.1029C_2 + 0.0307C_3 - 0.0044C_4 - 0.0171C_5 - 0.0849E_1 - 0.0625E_2 \\
 y_2 &= -0.0065T_1 + 0.0479T_2 + 0.014T_3 - 0.0039R_1 - 0.0324R_2 \\
 &\quad - 0.0793R_3 - 0.0586R_4 - 0.0890S_1 - 0.0734S_2 + 0.0027C_1 + 0.2439C_2 \\
 &\quad + 0.1353C_3 + 0.018C_4 - 0.033C_5 - 0.1975E_1 - 0.2028E_2 \\
 y_3 &= 0.2191T_1 + 0.1576T_2 + 0.2251T_3 - 0.0029R_1 + 0.0095R_2 \\
 &\quad - 0.1786R_3 - 0.015R_4 + 0.0423S_1 + 0.0277S_2 - 0.1516C_1 - 0.1893C_2 \\
 &\quad - 0.0269C_3 + 0.0803C_4 - 0.1345C_5 - 0.0428E_1 - 0.018E_2
 \end{aligned}$$

式中: T 、 R 、 S 、 C 、 E 代表的因子含义见表2。

上述 y_1 、 y_2 、 y_3 式构成三维判别坐标,利用此三维坐标计算出本研究标准样区的强度、中度、轻度和无明显侵蚀4组中各组平均值在三维判别坐标系中的组中心坐标(表1),并算出各待判别坐标系中的坐标后,按其与其与组平均值在判别坐标系中坐标的欧氏距离最小者,判定该归属哪一组,从而确定各待判样本的土壤侵蚀强度级别。

表 1 组中心在判别坐标系中的坐标

分 组	y_1	y_2	y_3
强度侵蚀组	-0.1075	-0.3367	-0.0118
中度侵蚀组	-0.0823	-0.2691	0.2197
轻度侵蚀组	0.0056	-0.0704	0.0776
无明显侵蚀组	0.1410	-0.2926	0.1138

我们利用建立起来的判别函数,并遵守欧氏距离最小的判别归类原则,对参加建模的 88 个标准样本进行回判检验,总准确率高达 92.0%。又对 10 个未参与建模的标准样本进行判别归类,其准确率也高达 90%。

2 编制土壤侵蚀单因子图

2.1 基础资料的准备

2.1.1 TM 卫星影象 卫星时相南方区宜选择秋冬季节;波段用 TM456 分别为蓝、绿、红的合成波段为基础影象,比例尺选定 1:5 万,以满足县级土壤侵蚀调查的部颁要求。本次调查收集到的福鼎市 TM 卫星影象资料系 1993 年 12 月拍摄的。

2.1.2 收集地形图并制作透明地理底图 地形图比例尺为 1:5 万,与卫星影象相匹配,并且制作同比例尺的地理底图,选择地理要素包括:村、镇、县(市)行政界线,主要公路、河流等主要地标物。

2.1.3 收集有关专业图件 1:5 万土地利用现状图(最近的一次变更调查资料);1:5 万土壤图、有机质分布图;地质图(比例尺一般难收集到 1:5 万的图,所以任意)。

2.2 制作单因子图

制作单因子图的目的,是为了利用计算机按土壤侵蚀强度分级的数学模型,自动叠加各因子图,评判出土壤侵蚀现状的成果图。根据上述筛选的因子,并结合本研究点的实际情况,将各因子的分类及分级按属性编码划分如表 2。各因子图斑均用编码来表示其相应的属性。同时,为保证各因子图幅间配准,各因子图制作时均以上述透明地理底图为基础底图。现将各因子图的制作过程分述如下:

2.2.1 土地利用类型 在福鼎市可能产生水蚀的土地利用类型主要有林地(含草坡)、旱地、茶园和果园。因此,将土地利用类型划分为如上 4 个类型。并在单因子上将每一土地利用类型定义为一种属性,并且赋予代码 1、2、3 和 4 表示。

表 2 土壤侵蚀因子图属性编码

因 子	属 性					
土地利用类型(T)	有林地(T ₁)	旱地(T ₂)	茶园(T ₃)	果园(T ₄)	其它	
母岩类型(R)	花岗岩(R ₁)	凝灰岩(R ₂)	页岩(R ₃)	安山岩(R ₄)	粉砂岩(R ₅)	水面
坡度(S)	> 25°(S ₁)	25 ~ 15°(S ₂)	< 15°(S ₃)			
植被覆盖度(C)(%)	> 90(C ₁)	90 ~ 70(C ₂)	70 ~ 50(C ₃)	50 ~ 30(C ₄)	30 ~ 10(C ₅)	< 10(C ₆)
有机质(E)(%)	> 2(E ₁)	2 ~ 1(E ₂)	1 < (E ₃)			
编 码	1	2	3	4	5	6

备注:1、土地利用类型中,“其它”指水田、居民点等用地,“水面”指内陆双线与水库。

2、括号内的英文符号代表各因子属性在数学模型中的代码。

土地利用类型中,有些不产生侵蚀的地类,如水田、居民点等,全部赋予“5”号属性,在计算机自动迭加评价过程中,凡遇到 5 号属性的图斑,将默认为无侵蚀,并将其溶入无侵蚀图斑中。土地

利用因子中,双线河流和内陆水面单独形成图斑,并赋予 6 号属性。评价过程中遇 6 号属性图斑时,也默认为无侵蚀,但不溶入无侵蚀斑,而保留原属性,使图件输出时能保留河流、水面。

2.2.2 母岩类型 福鼎市主要成土母岩有花岗岩、凝灰岩、页岩、安山岩和粉砂岩。因而将该因子分为 5 个类型,并分别以 1、2、3、4 和 5 代码表示之。母岩类型因子图一般根据地质图进行制作。因地质图比例尺一般较小,故制作该因子时需借助缩放尺进行工作。

2.2.3 坡度级别因子图 福鼎市地形特点是山高坡陡,因此本次调查将坡度概分为三级,即 $>25^{\circ}$, $25\sim15^{\circ}$, $<15^{\circ}$ 。分别以 1、2、3 代表。坡度级别因子是从 1:5 万地形图上解译而得的。

2.2.4 植被覆盖度因子图 植被覆盖度是影响土壤侵蚀的重要因子,对土壤侵蚀强度有举足轻重的影响。因此,属性划分较细,分别为: $>90\%$, $90\%\sim70\%$, $70\%\sim50\%$, $50\%\sim30\%$, $30\%\sim10\%$, $<10\%$ 等,属性编码用 1、2、3、4、5、6 表示。植被覆盖度因子图是从卫星影像上解译而得的。其解译标准如表 3。

表 3 植被覆盖度解译标志

覆盖度(%)	地类	色调	亮度	饱和度	影纹结构
>90	林地	棕红、棕黄	中等	饱和	均一
	茶果园	棕黄	中等	饱和	均一
70~90	林地	浅棕黄、棕黄	高、中等	中等饱和	较均一
	茶果园	浅棕黄、浅棕红	高	中等饱和	较均一
50~70	林地	浅棕黄	高	不饱和	淡棕黄为基调杂有灰白或青斑块
	茶果园	浅棕黄	高	不饱和	
30~50	林地	淡棕黄	高	不饱和	淡棕黄与青斑块相混杂两者相当 灰白基调杂有浅青或淡棕黄斑块
	茶果园	浅棕黄	中等	饱和	
	旱耕地	灰白	高	不饱和	
10~30	林地	淡棕黄、青	高	不饱和	淡青与淡棕黄斑混杂前者居多 灰白为主杂有青色斑快
	茶果园	青	中等	中等饱和	
	旱耕地	灰白、青	中等、低	饱和	
<10	茶果园	灰白发育	高	/	灰白与浅青斑块相混杂、阳 坡青、阴坡暗青
	旱耕地	青	中、低	饱和	

2.2.5 土壤有机质因子 根据福建省第 2 次土壤普查的土壤有机质分级指标,将有机质划分为 3 个属性级别,即 $>2\%$, $2\%\sim1\%$, $<1\%$ 。其属性编码用 1、2、3 表示。有机质因子图从土壤普查的有机质分布图上解译而得。

3 土壤侵蚀强度评判流程

土壤侵蚀强度评判流程是通过计算机处理完成的,如图 1。在图 1 中,有关“图线输入”、“指定因子属性”等方法,参阅本研究“福建省水土流失监测系统软件”用户指南。

4 土壤侵蚀监测结果讨论

福鼎市土壤侵蚀遥感监测的结果表明:目前,福鼎市的土壤侵蚀面积(不含水田隐匿流失)为 134.37km²,占土地总面积的 8.81%,与 1984 年福建省水土流失普查的 31.79%比较,下降了 22.97%,其中轻度、中度和强度侵蚀分别从 1984 年的 15.29%、7.97%和 8.53%下降到 4.53%、3.78%和 0.51%,特别是轻度和强度侵蚀级别下降幅度较大。

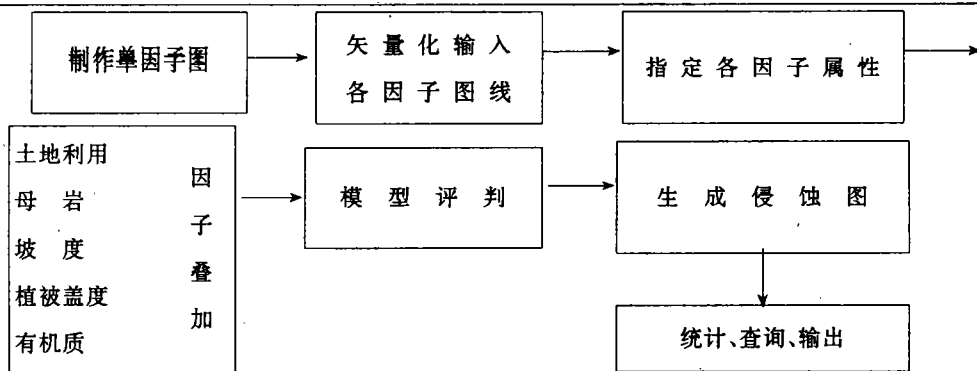


图1 土壤侵蚀强度评判流程示意图

在不同土地利用类型中,全市林地、旱地、茶园和果园土壤侵蚀面积分别为 80.08, 27.41, 22.53 和 4.37 km², 分别占全市侵蚀面积的 59.60%、20.40%、16.76% 和 3.24%, 可见林地的侵蚀面积相对较大, 其次为旱地、茶园, 而果园的侵蚀面积较小。林地中产生土壤侵蚀的面积只有 80.08 km², 比 1984 年的 311.19 km² 减少了 231.11 km²。该地类的土壤侵蚀面积仅占林地总面积的 7.74%。林地土壤侵蚀面积急剧下降, 主要原因是: 通过这几年的封山育林, 原来的疏林地已抚育成林; 林业部门这几年贯彻消灭荒山的方针, 原来的无林地基本种上了林木; 同时解决了农民的燃料问题, 减少了群众上山砍柴割草。因而, 地表植被覆盖得到了保护, 减轻了土壤侵蚀强度。另外, 1984 年当做无林地并判为强度流失的裸岩, 本次调查中均判为无明显侵蚀, 这也是林地土壤侵蚀面积降低的原因之一。旱地、茶园和果园土壤侵蚀面积虽然较小, 但从占该地类面积的比例来看, 分别是 43.80%、30.87% 和 35.21%。旱地中有 43.80% 产生了侵蚀, 其比例是相当大的, 究其原因: 主要是该市的旱地田面不平, 普遍有一定坡度(调查时发现有的田面坡度高达 10°) 且前埂后沟都不完善之故。近 1/3 的茶园产生土壤侵蚀。茶园土壤侵蚀的主要原因是一些幼龄茶园, 因其地面覆盖度相对较小, 同时梯田的前埂后沟不配套, 土壤侵蚀时有发生。果园也有 1/3 的面积产生土壤侵蚀, 主要原因是果园的梯田不水平, 园面覆盖差所致。

因此, 今后福鼎市的土壤侵蚀应着重整治旱地、茶园和果园, 不断规范开垦利用坡地的水土保持措施, 逐步根治土壤侵蚀, 保持坡地农业的持续发展。

5 成果精度检验及应该注意的问题

我们组织省地市的水土保持专家小组, 对福鼎市土壤侵蚀评价成果进行了野外验证, 一共抽样 60 个侵蚀斑, 其中无明显侵蚀斑 16 个, 轻度侵蚀斑 17 个, 中度侵蚀斑 17 个, 强度侵蚀斑 10 个。结果有 7 个斑错判, 总准判率为 88.3%。符合部颁土壤侵蚀调查的精度要求。

本研究应用计算机遥感方法进行土壤侵蚀调查, 具有节约人力、物力和提高调查精度和速度、有利动态监测等的优点, 但要保证精度注意如下问题:

(1) 制作各因子图时, 尽量使用聚脂薄膜图作为工作底图, 尤其是地形图和土地利用现状图。

(2) 冲洗卫星影像时, 要用地图(聚脂薄膜)进行严格配准。由于植被覆盖度对侵蚀强度有重大影响, 准确解译尤为关键。本次研究植被覆盖度应用卫星影像目视解译的方法, 随技术设备的提高, 今后宜改用卫星光盘机助解译的方法, 以提高解译精度。目前, 我们已在厦门市的土壤侵蚀遥感监测中应用此种方法。

(3) 输入图形边界线力求准确。

(4) 收集资料力求具有现实性。

(5) 各因子图要有专人负责解译, 以保证解译精度。