

西南岩溶石山地区 石漠化信息自动提取技术研究

童 立 强

(中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要：介绍了以 TM 数据为信息源,基于 GIS 系统平台的矢量化石漠化信息计算机自动提取原理、方法、步骤及提取效果。
关键词：GIS 平台；石漠化信息；自动提取；方法
中图分类号：TP 75；P 512.1 文献标识码：A 文章编号：1001-070X(2003)04-0035-04

0 引言

常用的遥感图像计算机分类,无论是监督分类还是非监督分类,都是以使用的分类判决函数来划分类别,如最大似然分类法和最小距离分类,前者基于 Bayes 概率判决函数,后者基于各种距离判决函数。无论哪种判决函数,它们针对的都是待分类遥感图像的每一个像素。这些分类方案存在一些不足：①其分类结果仍然是栅格图像,并没有真正实现遥感图像满足建立数据库要求的计算机分类成图；②在地形高差较大、阴影明显、地块零星多变的一些地区(如贵州、云南、广西、四川、重庆等省市的山区地带),其分类精度低,准确性不高；③这些方法仅仅针对图像本身,而未考虑信息提取解译成图中的归并等技术问题,导致其分类结果不能直接满足成果图的要求。

因此,要实现真正的全自动遥感信息计算机提取,必需解决两个问题,即改进遥感图像分类方法和提取平台。也就是说,要找出其分类结果能直接满足成果图要求的分类方法,其分类结果应为矢量化的图斑。作者在完成地质大调查项目“西南岩溶石山地区石漠化遥感调查与演变分析”任务时,对石漠化信息的计算机自动提取方法进行了一些研究,获得了较满意的应用效果,实现了真正的全自动遥感图像信息计算机自动提取成图。

1 石漠化调查区概况

“西南岩溶石山地区石漠化遥感调查与演变分析”项目,涉及面积约 74 万 km^2 ,调查区分布于滇、黔、桂、湘、川、渝、鄂、粤等省、市、自治区,地理坐标东经 $102^{\circ}00' \sim 114^{\circ}20'$,北纬 $21^{\circ}09' \sim 31^{\circ}56'$,东西横跨 12° ,南北纵深 11° 。

中国西南岩溶石山地区处于中国大地貌单元的第二级台阶区。区内地形地貌复杂,各种岩溶地貌均有分布,其中部及南部为溶洼—峰林山地—峰林平原区,北部为溶洼—丘峰山地区,东部为溶盆—丘峰山地丘陵区,西部为溶原—丘峰高原断陷盆地区。气候条件作为岩溶发育的主要外营力,对岩溶地貌形态与景观形成、地下岩溶的发育起着区域性的控制作用；西南岩溶石山地区属中国亚热带、热带湿润气候区,区内降雨丰沛,气候温和。区内大部分地区年最大蒸发量都小于年降水量,属湿润气候区,仅西部局部地方蒸发量和降水量相当,属亚湿润气候区。这种气候条件下,化学溶蚀作用强烈,岩溶作用以溶蚀作用为主,地表、地下径流使碳酸岩的溶蚀作用能旺盛地进行,并形成丰富的岩溶地貌形态及洞穴系统。

2 石漠化遥感调查原理

“石漠化”是荒漠化的一种,其概念包括动态和静态两层含义,动态是指石漠化由发生、发展到成熟的演化过程,静态则是指演化的结果,即各类石漠

化生态景观。

遥感技术根据自身的特点,通常将植被类型及分布、裸露基岩比例、植物生长状况等作为荒漠化程度评价指标,这些指标与常用地面调查指标(植被盖度、裸岩/土占的比例、土壤质地、土壤厚度等)不尽相同,但可从遥感数据中提取。对于 TM 数据而言,第 4 波段(0.76~0.90 μm)是植物强反射波段,能显示地形细节及细微地貌特征,尤其是植物生长发育的差异和覆盖率的差异;第 5 波段(1.55~1.75 μm)相当于绝大部分造岩矿物波谱响应曲线的强反射波段,植物因含水丰富而呈现较强的吸收特征,对裸露基岩及构造反映较好。考虑到石漠化分级是以裸露基岩占总面积的比例、裸露基岩的结构和分布特征、植被类型及分布、植物生长状况等为基本依据,因此选取 TM5/TM4 比值运算为石漠化信息增强方式,其运算结果成为石漠化解译的基本信息。

以裸露基岩占总面积的比例、结构和分布特征、植被结构等为石漠化遥感分级的基本依据,参照已有荒漠化分级标准和遥感信息特点,将区域出露的碳酸盐岩生态景观分为 4 个等级,即无石漠化(岩石裸露程度 <30%)、轻度石漠化(岩石裸露程度 30%~50%)、中度石漠化(岩石裸露程度 50%~70%)和重度石漠化(岩石裸露程度 >70%)。

3 石漠化遥感信息提取方法

以 TM 数据为主要信息源,51 景 TM 图像完全覆盖西南岩溶石山地区 74 万 km² 范围。石漠化现状解译利用上世纪 90 年代末—本世纪初 TM 数据;石漠化动态演变分析使用上世纪 80 年代末 90 年代初 TM 数据,时间跨度 10 a 年左右。

在 MapGIS 系统中,使用作者设计的以指定区域

像元亮度值百分比特征作为判别指标的二次图像信息分析分类新方法,对地理信息化的石漠化指数图像进行计算机自动识别和提取石漠化信息,然后人工交互解译修正和野外验证修改成图。

3.1 石漠化指数图像生成

大范围多景不同时相的非纹理遥感信息提取和计算机提取信息时,必须消除传感器增益、太阳照度、坡向等影响,使之变成仅与地物反射率有关的似反射率图像,在此基础上生成石漠化指数图像,从而保证石漠化自动解译的准确性及时空可比性。实际工作中采用 Fraser 等 1992 年提出的对数剩余变换方法进行辐射校正,生成视反射率图像,然后对视反射率图像采用 TM5/TM4 运算来增强石漠化信息,生成石漠化指数图像。Fraser 视反射率图像的定义为

$$R_{i\lambda} = DN_{i\lambda} \cdot G_{\lambda} / G_{i\lambda} \cdot G_{\lambda}$$
 (1)

其中, $DN_{i\lambda}$ 为第 i 个像元在 λ 波段的亮度值; G_{λ} 为所有波段所有像元亮度值的几何平均值; $G_{i\lambda}$ 为 λ 波段所有像元亮度值的几何平均值; G_{λ} 为第 i 个像元的所有波段亮度值的几何平均值; $R_{i\lambda}$ 为第 i 个像元在 λ 波段的视反射率值。

增强石漠化信息采用 DN_{TM5}/DN_{TM4} 计算,即

$$D_i = R_{iTM5} / R_{iTM4}$$
 (2)

把(1)式代入(2)式,得出石漠化指数模型为

$$D_i = DN_{iTM5} G_{i4} / DN_{iTM4} G_{i5}$$
 (3)

其中, D_i 为第 i 个像元的石漠化指数值; G_{i4} 为整景图像第 4 波段所有像元亮度值的几何平均值; G_{i5} 为整景图像第 5 波段所有像元亮度值的几何平均值; i 为像元序号。

实际应用表明,石漠化指数模型增强了石漠化信息(图 1),消除了传感器增益、太阳照度及坡向等影响,从而保证石漠化自动解译的准确性及时空可比性。

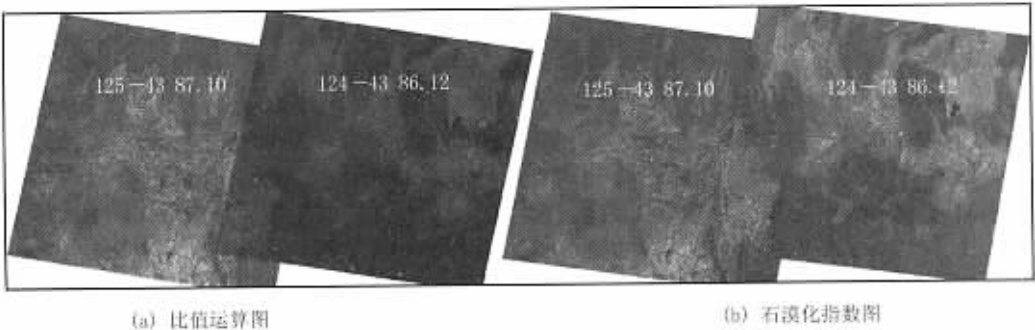


图 1 石漠化指数图与比值运算图效果对比

3.2 遥感影像地理信息化

地理信息影像化已在许多应用中采用,如高程、

气温、降雨量、径流量、土壤层厚度、土壤 PH 值、土壤有机质含量等等都可以影像化。反之亦然,影像信

息也可以地理信息化,如遥感影像高程化,通过在 GIS 系统中分析高程化的遥感影像信息来实现信息提取制图自动化。遥感影像高程化后,原遥感影像信息的相对位置关系和相对大小关系都可以不变。

3.3 石漠化信息自动识别和提取方法

根据本次工作最终成图比例为 1: 50 万,最小图斑实地面积应不小于 $1\,000 \times 1\,000\text{ m}^2$ (在图面上为 $2 \times 2\text{ mm}^2$),以及工作区地形高差较大、阴影明显、地块破碎零星的特点,为适应在 GIS 系统中对高程化的遥感信息提取制图,项目组开发设计了一种在 GIS 系统下,以指定区域高程化的遥感影像信息值百分比特征作为判别指标的二次图像信息分析分类新方法,实现了石漠化遥感信息提取和成果图生成自动化,其准确性较高,达到了预期目标。

3.3.1 第一次图像分类

第一次数值信息分析判别方法为项目组开发设计的统计百分比分类器。统计百分比分类,顾名思义是以统计指定区域数据值百分比特征作为判别函数,把指定区域内一定数值区间个数大于某一百分比阈值的归为一类。其分类思想是建立在同一类地物亮度值分布在较小的亮度值区间,在一定区域内是以一类地物为主的假设基础上,其分类结果与判别区域内地物亮度值是否近于正态分布无关,适用于在一定区域内有一定极端亮度值地物分布情况(地物亮度值非正态分布情况)。其在一定区域内是以一类地物为主的假设与常规中小比例制图原理相符,也与地面实际相吻合。分类程序如下:

若有 N 个波段, M 个类别,用 $m_{ij}(i = 1, 2, \cdots, N; j = 1, 2, \cdots, M)$ 代表任一类中任一波段的数据值区间, $P(m_{ij})$ 为分布百分比, X_i 为判别区域, S_{ij} 为对应的某一百分比阈值或分布百分比阈值区间,则只有当 $j = k, P(m_{ij}) > S_{ij}$ 或 $P(m_{ij}) \in S_{ij}$ 时,把 X_i 归入第 k 类,即

$$CLASS(X_i) = k$$

否则,不能归入已知类别,即

$$CLASS(X_i) = 0$$

应用这一分类方法,首先要建立地物亮度值区间及分布百分比阈值。地物亮度值区间分布百分比阈值(m_{ij})随地貌、地形、气候及人类活动而不同。

3.3.2 第二次图像分析

统计百分比分类结果为以纵横线组成边界的图斑,与实际边界有一定差异。以第一次分类图斑的横竖线为基准线,以其垂直方向一定半径范围数据值作曲线,取其最大拐点处为新边界点,对统计百分

比分类结果边界线进行逐点修正。它是统计百分比分类不可缺少的步骤。插页彩片 1 显示了二次图像分析方法的信息提取效果,分类结果与实际基本相符,经第二次图像分析的效果明显优于第一次图像分析分类的效果。

3.4 人机交互解译

卫星图像是由无数不同亮度值的像元组成,使用计算机自动识别圈定石漠化类型,其原理就是将同一等级的亮度值按同一类图斑归并在一起。但是,由于图像上同物异谱和同谱异物现象非常普遍,使计算机自动识别和提取信息存在一定的误差,因此需要采用人机交互解译的方法。如果说自动解译分类是提高工作效率的前提,那么人机交互解译则是提高精度的保证。人机交互解译参考图像为原始 TM5(R)、TM4(G)、TM3(B)合成图像。本次研究二次图像信息分析分类方法提取的信息实际是岩石、土壤裸露程度(反植被盖度),人机交互解译目的主要是修正耕地等的影响。

3.5 图斑合并

根据成图比例尺、影像分辨率、西南岩溶石山地区地貌特征及地物总体分布特征,选取 TM 图像 10 像元 $\times$ 10 像元(实地面积 $300 \times 300\text{ m}^2$)作为判别分析区域,其在 1: 50 万图上图面面积为 0.36 mm^2 ;在 1: 25 万图上图面面积为 1.44 mm^2 。实际中,在二次信息分析分类方法程序中,加入了图斑合并功能,把最小图斑归入其相邻的邻近地类中,这样在 1: 50 万成果图上最小图斑面积为 0.72 mm^2 ,在 1: 25 万成果图上图面面积为 2.88 mm^2 ,远大于成果图规定的 $2 \times 2\text{ mm}^2$ 。其成图精度在目视解译中很难实现。

4 结论与讨论

应用二次图像信息分析分类方法及步骤,在“西南岩溶石山地区石漠化遥感调查与演变分析”地质大调查项目中,分县(339 县)对其碳酸盐岩分布区的石漠化进行了信息提取制图,完成了上世纪 80 年代末石漠化现状、90 年代末石漠化现状、80 年代末至 90 年代末石漠化演变等的信息提取制图工作。

对自动提取解译的上世纪 90 年代末西南岩溶石山地区石漠化现状图,实地抽查了 406 个图斑,其石漠化图斑正确率为 89.9%。经贵州省普定县蒙铺河生态示范区 200 km^2 的面积内 1: 50 万石漠化现状图与以地面分辨率为 1 m 的 IKONOS 图像解译的 1: 2.5 万的石漠化现状图比较,两者石漠化图斑的

位置基本对应,石漠化面积的绝对误差为 2.76 km²,相对误差为 6.87%。

笔者认为,运用本文介绍的方法进行大区域的遥感图像计算机信息提取制图时,辐射校正和判别分析区域选取是影响成果图精度的关键,辐射校正正是时空可比性的保证。理论上判别分析区域越小,成果图精度越高,判别分析区域的选取受遥感数据分辨率和地貌制约,以 TM 数据为例,在中山丘陵区判别分析区域大小最大到 10 像元×10 像元,满足了 1:10 万成图要求;在低山丘陵区判别分析区域大小最大到 6 像元×6 像元,在缓丘平原区判别分析区域大小最大到 4 像元×4 像元,满足 1:5 万成图要求。

参考文献

[1] 陈述彭,等. 遥感信息机理研究[M]. 北京: 科学出版社,1998.
[2] 戴昌达,等. SPOT 和 TM 图像的综合分析与应用效果初探[A]. 第二代资源卫星的应用[C]. 北京: 测绘出版社,1989.
[3] 张永生,等. 遥感图像信息系统[M]. 北京: 科学出版社,2000.
[4] 孙家柄,等. 遥感原理、方法和应用[M]. 北京: 测绘出版社,1996.
[5] 马蔼乃. 遥感信息模型[M]. 北京: 北京大学出版社,1997.
[6] 吴虹,陈三明,李锦文. 都安石漠化趋势遥感分析与预测[J]. 国土资源遥感,2002,(2): 15-19.
[7] 李文辉,余德清. 岩溶石山地区石漠化遥感调查技术方法研究[J]. 国土资源遥感,2002,(1): 34-37.

A METHOD FOR EXTRACTING REMOTE SENSING INFORMATION FROM ROCKY DESERTIFICATION AREAS IN SOUTHWEST CHINA

TONG Li - qiang

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper presents a new method for automatically extracting rocky desertification information on the basis of GIS platform by using TM data as information source, with the result being vector parcels. The auto-extracting theory, means, steps and results of this method are discussed in detail.

Key words: Information of rocky desertification; Vector parcel; Auto-extract; Method

作者简介: 童立强(1965-),男,高级工程师,1987年参加工作,一直从事遥感信息提取方法及地物波谱研究和遥感应用工作。

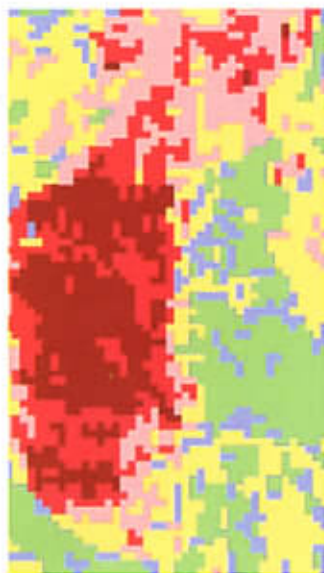
(责任编辑:周树英)

下 期 预 告

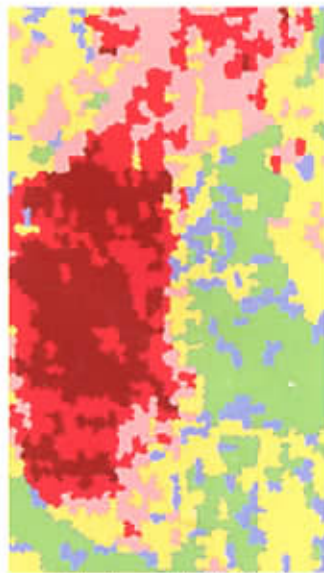
- 刘德长 后遥感技术的提出与实践
孙英君 区域空气饱和差计算
刘圣伟 用卫星高光谱数据提取德兴铜矿区植被污染信息
赵文吉 浅谈省级国土资源信息系统设计方略



(a) TM5TM4TM3 合成图像



(b) 第一次图像分析分类



(c) 第二次图像分析分类

彩片1 二次图像分析分类方法的信息提取效果



彩片2 顺德区1990年与2000年遥感影像对照（左：1990年TM图像；右：2000年ETM图像）



彩片3 宁波镇海—北仑到舟山老塘山—金塘港区综合评价



彩片4 金塘岛遥感影像图

（彩片2、3、4 分别见陈雷、张华国及杨金中文）