

# 格尔木土地荒漠化遥感动态监测研究

李晓琴<sup>1</sup>, 张振德<sup>1</sup>, 张佩民<sup>2</sup>

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 100083 北京; 2. 有色金属矿产地质调查中心北京资源勘查技术中心, 北京 100012)

**摘要:**探讨以 TM/ETM 为主要信息源, 在沙漠地区提取专题信息的方法。对 TM5/TM7 波段进行密度分割, 结合 DEM 数据生成的模板提取水体及盐漠信息; 利用 NDVI 提取植被信息; 通过光谱角分类法(SAM)提取沙化土地和盐渍化土地信息。将综合分类结果输入地理信息系统中, 利用空间分析功能提取变化信息。结果表明, 1996~2000 年间, 研究区内荒漠化土地明显增加; 2000~2002 年间荒漠化土地面积变化较小。考虑到研究区地处沙漠环境, 人类活动影响较弱, 因此地表景观变化的主要影响因素是气候和水文地质条件, 而这些自然因素短期内变化不大, 所以监测周期至少定为 5 a 比较合适。

**关键词:** 光谱角度分类; 专题信息提取; 荒漠化土地; 自动分类监测周期

中图分类号: TP 79 : P 941. 73 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2006)02-0061-03

## 0 引言

目前, 利用遥感技术监测土地荒漠化仍以目视解译为主, 计算机自动化分类技术尚处于试验阶段。选择荒漠化土地变化较明显的区域进行自动化监测试验研究, 可为今后快速大面积监测土地荒漠化奠定基础。随着自然环境的变化和人类活动的增加, 格尔木地区土地存在着不同程度的荒漠化现象, 本文利用专题信息提取和分类技术自动提取了荒漠化、盐碱化及植被信息, 分析了研究区荒漠化和盐碱化的变化情况。

## 1 监测区概况

监测区位于青海省格尔木市——达布逊湖一带, 范围为 E94°40'50" ~ E95°30'6", N36°15'50" ~ N36°47'30", 面积共 4 266 km<sup>2</sup>。该区是青藏高原昆仑山山前倾斜平原与柴达木盆地南缘的过渡带, 地势较平坦, 似平行状与不规则的扇状水系发育, 为昆仑山山前地下水溢出带, 植物生长茂盛。

## 2 数据源的选择及预处理

### 2.1 数据源

采用 TM、ETM 两种遥感数据。TM 数据时相为

1994 年 8 月, 1996 年 9 月及 2002 年 9 月; ETM 数据时相为 2000 年 10 月。作为参考的 MSS 数据时相为 1977 年 11 月。图像配准精度高, 误差在 30 m 左右。遥感数据的时相范围都在雨量相对较多、植被生长茂盛期, 可以作为典型区进行荒漠化图像信息提取和变化研究。

### 2.2 数据预处理

首先, 采用 ENVI 对图像进行辐射校正; 然后, 采用二次多项式变换法及立方卷积重采样法对 4 期 TM 数据及 MSS 数据做几何纠正, 得到 5 幅误差在 1 个像元内的完全配准的遥感影像数据。

## 3 专题信息提取

### 3.1 水体提取

监测区内水体分为湖水、河水和盐池中水体 3 类。通过水体光谱特征分析和单波段影像特征比较发现, 水体在红外波段具有强吸收特征, 亮度均值只有 7.9(TM5) 和 7.5(TM7), 标准差只有 0.74(TM5) 和 0.76(TM7), 因此, 在 TM5 和 TM7 单波段图像上呈均匀的黑色调。而在其它波段, 亮度均值在 78~192, 具有相似灰度值的地物较多, 不易区分, 因此利用 TM5 或 TM7 波段提取水域, 只要选择合适的阈值, 在提取的结果中消除误提信息, 所得结果就可以代表水域的范围。但在 2000 年的 ETM 影像中

因湖水含盐度等不同表现出不同的色调,使得监测区的水体与周围伴有少量盐生植被的盐漠难以区分。而对该期 ETM 影像作比值处理(NDVI)得到的植被指数图中,突出了植被信息,水体则表现为强烈吸收,较易选定阈值(-1.0 ~ -0.22),从而确定水体范围,做水体掩膜。

### 3.2 植被信息提取

从波谱曲线图中可以发现,植被在波长 0.7 μm 处有较明显的反射峰值。一般情况下,植被指数与植被覆盖度具有较强的正相关性,植被指数值越高,其植被覆盖度就越大。选用归一化植被指数(NDVI)来进行植被覆盖度的信息提取,能更好地适应本地区植被盖度稀疏、盖度差异悬殊的区域景观特点,同时也为长期的脆弱生态环境监测创造了方便条件<sup>[1]</sup>。

### 3.3 光谱角度分类

光谱角度制图是一种比较有效的自动分类方法。其原理是通过比较像元光谱与已知光谱的相似性来进行分类。已知光谱也称最终成分光谱(End-member)可以通过实验室或野外测定得到。像元光谱和已知光谱都被当作向量来处理,根据两个向量之间夹角的大小(有时用夹角余弦)可以判断两个向量之间的相似度。其流程分为 5 步:

第 1 步,在光谱数据库或训练样区中选择感兴趣的最终成分光谱;

第 2 步,对最终成分光谱重采样,目的是使图像光谱分辨率与地面测量光谱分辨率一致;

第 3 步,分别对光谱数据库的最终成分光谱和图像提取的高光谱求  $n$  阶导数,如必须先对原始光谱曲线作低通平滑处理;

第 4 步,计算最终成份光谱与图像像元光谱两个光谱向量之间的角度(广义夹角余弦),以评价两光谱向量相似性,夹角  $\alpha$  的值域为  $0 \sim \pi/2$ ,当  $\alpha = 0$  时,表明两个光谱完全相似,当  $\alpha = \pi/2$  时,则两个光谱完全不同;

第 5 步,计算成像光谱图上每个像元光谱与每个最终成分光谱的夹角,从而实现对图像光谱的匹配和分类。

本次利用光谱角度分类目的是提取盐碱化和荒漠化土地信息,这两种地类在图像上表现出不同的影像特征。例如,在 2000 年的 TM7 TM4 TM1 合成图像上,盐碱地表现具有 4 种不同的影像特征,沙地具有 3 种影像特征。根据这些特征,将待分类确定为 10 类,如表 1 所示。

表 1 2000 年 ETM 图像待分类别

序号	类别名称	影像特征
1	红沙	分布在图幅南部,呈均质红色
2	黄沙	分布在图幅中部,均质黄色沙地
3	暗沙	常与植被相伴分布,呈暗黄绿色
4	植被	深绿色,植被茂密
5	植被	浅绿色,植被相对稀疏
6	盐碱地	白色、浅蓝色区域,植被很少
7	盐碱地	浅绿色区域,含有少量植被
8	盐碱地	紫色区域,沙和盐碱混合物
9	盐碱地	暗红色区域,由板结的盐碱、淤泥和沙等混合构成
10	水域	蓝色、黑色区域

针对上述遥感图像确定的待分类别选择样区,对各类样区的光谱均值曲线图及灰度最大值、最小值、均值、方差和标准偏差进行统计、分析,确定最终成分光谱各类别,如图 1 所示。

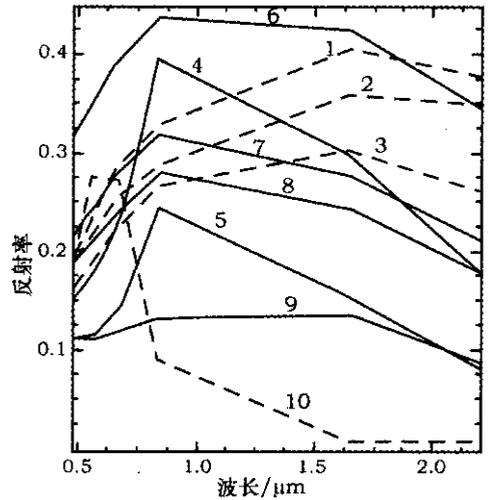


图 1 2000 年 ETM 图像中各类样区光谱曲线  
1 2 - 中和重度沙化; 3 - 轻度沙化; 4 5 - 植被;  
6 - 中度盐碱化; 7 8 - 轻度盐碱化; 9 - 盐漠; 10 - 水体

从图 1 中可以看出,不同类型及不同级别荒漠化土地的差异,进而奠定了运用光谱角度分类的基础。在分类结果中迭加专题信息提取内容,进一步作分类后处理,就可得到自动分类结果对比图(如插图彩片 5)。分类后处理可以提高分类精度,如对盐漠范围的最终确定,就是利用高程及地貌信息划分感兴趣区(ROI),进而修正分类有误的像素,进行重新赋值,从而提高了盐漠分类精度。另外,在农用地范围的确定中,同样需要人机交互来修正。

## 4 土地荒漠化动态监测周期预测

由于监测区属于干旱、半干旱地带,受气候、雨量及地下水条件影响较大,其土地荒漠化变化趋势

呈现非匀速性。尽管如此,从 3 期卫星数据自动分类结果看,仍存在一定的规律性。表 2 为 1994 年~2002 年土地荒漠化动态监测结果。可以看出,1994 年数据与 2000 年和 2002 年数据差异较明显,例如,与 1994 年相比,2000 年重度沙化土地增加了 200.36 km<sup>2</sup>,植被覆盖面积减少了 77.74 km<sup>2</sup>。尽管盐碱化土地总面积减少(这主要与钾盐厂引流治盐,水域面积增加有关),但中度盐碱化土地面积仍增加了 93.30 km<sup>2</sup>,说明近几年土地荒漠化及盐碱化程度在不断加重。2002 年与 2000 年监测数据相比变化不太大,沙化土地减少了 4.044 km<sup>2</sup>,植被覆盖面积增加了 4.93 km<sup>2</sup>。

表 2 荒漠化土地面积统计 单位 km<sup>2</sup>

类别	年份			单位 km <sup>2</sup>	
	1994	2000	2002	1994 ~2000	2000 ~2002
轻度沙化	809.54	823.10	789.60	13.57	-33.50
中度沙化	981.24	966.67	963.95	-14.57	-2.72
重度沙化	408.12	608.48	640.66	200.36	32.18
沙化合计	2 198.90	2 398.25	2 394.21	199.35	-4.04
轻度盐碱化	396.51	286.85	296.88	-109.66	10.03
中度盐碱化	640.16	733.46	700.90	93.30	-32.55
盐 漠	541.52	383.27	376.75	-158.26	-6.52
盐碱化合计	1 578.19	1 403.57	1 374.53	-174.62	-29.04
高密度植被	35.55	36.51	36.56	0.96	0.04
低密度植被	291.64	212.94	217.83	-78.70	4.89
植被合计	327.19	249.45	254.38	-77.74	4.93
水 体	28.81	78.29	100.43	71.62	22.14
山 体	92.29	91.95	91.95	-0.34	0.00
其它地类	41.07	44.94	50.95	9.88	6.01
总 计	4 266.45	4 266.45	4 266.45	0.00	0.00

众所周知,柴达木盆地是一个北西-北西西向大型断陷盆地,是青藏高原陷落最深的地方,具极干旱的封闭内陆环境。监测区位于山前冲洪积扇与达布逊湖过渡带,其地下水来源由山区融雪入渗补给,出山口转为地表径流,进入平坦区又渗透补给地下水。此外,还接受降雨补给。我们知道,当潜水埋深仅 2~3 m 时,上升的毛细管水主要消耗在蒸发作用上,土壤中的盐分随其流向地表,而当潜水位仅 1~1.5 m 时,潜水中的所有溶解成份都会上升迁移到土壤表面,发生土壤盐渍化。本区地下水位在洪积扇

上部为 25 m 左右,市区及溢出带周围近年都在 1~3 m。根据多年平均气候数据,格尔木地区降雨少而集中,9 月份前后地下水位抬升,而潜在蒸发量又很大,极易使土地盐碱化加重。1996 年数据显示非常明显,出现大面积盐碱化现象,加之每年降雨量不同,造成短期内生态环境逆转的现象。

从中可以看出,西北干旱、半干旱地区荒漠化土地类型受气候水文地质条件影响较大,但数据显示重度沙化土地仍增加了 32.18 km<sup>2</sup>,荒漠化总体程度依然在不断加重。监测区西部边缘流动沙丘的前移,也说明区内存在土地荒漠化程度加重的趋势。另外,通过对不同期的 TM 和 ETM 数据作穗帽变换,其中第三主分量表现出了与植被生长密切相关的土壤湿度的变化。湿度增加相应植被覆盖转好,这与 2002 年植被量略多于 2000 年植被量的情况相吻合。可以进一步说明,2002 年较之 2000 年雨水较充沛,地下水补给以及荒漠化程度的加剧与气候雨水条件的密切关系。因此,我们今后在排除突发事件,充分考虑气候和水文地质条件的情况下,把荒漠化监测周期初步定为至少 5 a。

## 5 结论

青藏高原沙漠地区地表覆盖类型相对比较单一,因此,利用光谱角度法分类与专题信息提取方法相结合,进行荒漠化土地覆盖类型的自动分类是可行的。通过对比分析认为,该区总体土地荒漠化程度加重,建议人类在开发利用大自然的同时,要合理保护生态环境,防止荒漠化进程加剧。

## 参考文献

- [1] 王圆圆,等. 遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究综述[J]. 遥感信息, 2004(1): 53-59.
- [2] 曾志远,等. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 方洪宾,张振德,张佩民. 塔里木盆地周边地区土地退化的遥感研究[J]. 国土资源遥感, 2003(2): 5-10.
- [4] 关元秀,刘高焕. 黄河三角洲盐碱地动态变化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2003(2): 19-22.
- [5] 曾永年,冯兆东,向南平. 基于地表定量参数的沙漠化遥感监测方法[J]. 国土资源遥感, 2005(2): 40-44.

实际工作中遇到的难题。目前,系统处于边调试边试用的阶段,与以往工作效率相比有明显提高。今后将进一步丰富专题成果数据,继续扩展系统功能,使之更实用更完善。

参考文献

[ 1 ] 和正民,王建超,燕云鹏,等. 基于 WebGIS 的环境遥感监测信息系统设计与开发[ A ]. 2005 遥感科技论坛论文集[ C ]. 北京:

中国宇航出版社, 2005, 444 - 448.  
 [ 2 ] 张 征, 沈珍瑶, 韩海荣, 等. 环境评价学[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2005.  
 [ 3 ] 张正栋, 邱国锋, 郑春燕, 等. 地理信息系统原理、应用与工程[ M ]. 武汉大学出版社, 2005.  
 [ 4 ] 赵文吉, 宫辉力, 宫兆宁. 省级数字国土信息系统设计方案[ J ]. 国土资源遥感, 2004 ( 1 ) : 68 - 72.

# THE QINGZANG PLATEAU ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL INFORMATION MONITORING SYSTEM BASED ON ARCGIS

HE Zheng - min , WANG Jian - chao , FAN Jing - hui , YAN Yun - peng  
( China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China )

**Abstract :** The Qingzang Plateau Environmental and Geological Information Monitoring System ( TPEGIMS ) has two working modes , C/S and B/S. According to uniformly spatial geography benchmark , TPEGIMS with multi - specialties , multi - layers and multi - functions was set up for such objects as modern glaciers , snow lines , rivers , lakes , geological disasters , desertification and geological structures. This paper mainly describes the structure , operation environment and system functions of TPEGIMS. Multiple functions of TPEGIMS include overlapping analysis and comparison between several images , interactive interpretation , vector editing , monitoring - result variation analysis , overall evaluation and web publishing. TPEGIMS is indeed a new , useful and powerful toolkit.

**Key words :** ArcGIS ; Geological environment ; Monitoring system

第一作者简介:和正民( 1953 - ) ,女,教授级高级工程师,长期从事遥感与 GIS 系统的研究与开发。

( 责任编辑:肖继春 )

=====  
( 上接第 63 页 )

# REMOTE SENSING SURVEY AND MONITORING OF DESERTIFICATION IN GOLMUD AREA

LI Xiao - qin<sup>1</sup> , ZHANG Zhen - de<sup>1</sup> , ZHANG Pei - min<sup>2</sup>

( 1. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China ; 2. Beijing Exploration - Tech Center , China Nonferrous Metals Resource Geological Survey , Beijing 100012 , China )

**Abstract :** This paper discusses the methods used for thematic information extraction in desert area with TM/ETM as the main data resource. The water body was extracted by combining density slicing of TM 5 or TM 7 with the terrain mask produced by DEM. NDVI was used to extract vegetation information , and desertification land and salification land information was extracted by the SAM classification method. Confusion matrix shows that the classification precision is 86.2% . The classification results of desertification land and salification land in different years were input into GIS to extract changing information by using spatial analysis. It is shown that from 1994 to 2000 , desertification and salification land increased obviously , whereas from 2000 to 2002 , desertification and salification land changed only insignificantly. Considering that the study area is located in an arid desert environment short of human activities , and that the main factors affecting landscape change are climate and hydrological conditions which may not change remarkably in a short period , the suitable monitoring period should be five years or so.

**Key words :** SAM ; Information extract ; Desertification ; Monitor period

第一作者简介:李晓琴( 1964 - ) ,女,大学本科,主要从事环境遥感应用研究工作。

万方数据

( 责任编辑:肖继春 )