

# 用人机交互方式进行卫星图像的 草地分类与制图\*

龚晓 万卫建 何晓云 朱进忠 许鹏 安沙舟

(中国科学院空间科学技术中心)

(新疆八一农学院草原系)

胡新博

杨静丽

(新疆草原研究所)

(北京大学遥感技术应用研究所)

1986年6月23日收稿

## 摘 要

本文探讨了利用计算机分析 MSS 数据在新疆天山北坡进行草地分类和制图的方法。在研究草地卫星光谱特征和各种地类光谱可分性的基础上,通过选择不同高度地带上地物类型,分地带分类,分出 42 种类型,其中有 27 种草地类型。检验表明,86% 地类的分类精度在 80% 以上,草地分类深度达到亚类和组级。用计算机成图方法将分类结果绘制成 1:10 万草地类型图,速度比人工成图提高 200—300 倍。本文还研究了通过扫描数字化等高线图建立数字地形模型的方法。利用数字地形模型改善山区草地分类精度,取得了良好的效果。

## 一、引 言

为了发挥计算机自动分类速度快、精度高、易保存和修改等优点,我们利用计算机分析了卫星图像,进行了草地分类与制图的研究。

试验区位于乌鲁木齐市南郊天山山脉北坡,北纬  $43^{\circ}00'$ — $44^{\circ}00'$ ,东经  $87^{\circ}00'$ — $87^{\circ}30'$ ,总面积 4550 平方公里。海拔在 550—4400 米之间。地貌类型有山前洪积—冲积扇,低山,中山,亚高山及高山山地,构成了完整的垂直带。试验数据取自 1977 年 8 月 19 日 Landsat MSS 乌鲁木齐幅的 3 个  $512 \times 512$  图像。利用计算机完成了草地分类,分出 42 种地物类型,草地类型达到亚类和组。分类结果由计算机进行图斑综合,并转绘成 1:10 万草地类型图。本文就通过扫描数字化等高线图建立数字地形模型、利用数字地形辅助信息改善草地分类的方法,以及草地类型的光谱特性和可分性进行一些探讨。

## 二、计算机自动分类与制图

### (一) 图像的几何校正及检验

试验前先对所用图像用 PS 101 系统专用软件(横轴墨卡托投影到高斯-克吕格投影变换)进行了几何校正,并对校正的图像作了精度检验。由于新疆山地阴坡的森林和阳坡

\* 本文由龚晓、朱进忠执笔,朱进忠、万卫建修改。

的草地构成的阴阳坡分界线是极明显准确的标志,容易选取检验点,所以在整个试验区通过两种方法选取检验点,一是选择 10—20 个河流、山谷、山脊交汇点,一是选择山脊线作检验线,将地图上的山脊线与图像上的山脊线点点对照。对所有检验点,计算均方误差。检验结果总误差约为一个像元大小。另外,在一个小试验区  $64 \times 192$  大小的图像上用 7 个控制点作二次多项式精纠正,其精度检验结果与原校正的结果没有大的差别(表 1)。由于新疆草地调查用的 1:10 万草地类型图允许误差范围(指类型实际界限与调查界限之间)规定为 1.5 毫米,即 150 米,所以经系统校正的本试验区图像,能满足草地类型成图的精度要求,从降低成本考虑,省去了图像的几何精校正。

表 1 在  $64 \times 192$  小区域图像上控制点精度检验结果  
Table 1 The check of control point precision on a small area image with  $64 \times 192$

编 号	行方向(米)	列方向(米)
1	4.46	-0.79
2	-100.43	3.61
3	44.24	-1.58
4	-8.24	0.28
5	47.81	-1.73
6	-2.90	0.10
7	-3.53	0.13
均方误差	46.22	1.18
总误差	46.23	

## (二) 计算机草地分类系统的确定及分类过程

计算机草地分类包括草地类、草地亚类和草地组的区分。由于草地类型存在有过渡性、镶嵌性和群落外貌,与环境条件在生物物理特征上有近似性等情形,因此, MSS 本身的光谱分辨率难于满足可分性的要求,故需要采用人一机交互反复检验的方法,选择出光谱可分性好的草地类型,建立可行的分类系统,具体步骤如下:

步骤 1: 用计算机作无监督分类和等密度分割。

步骤 2: 由专业人员参照航空像片、放大的卫星像片和地面调查资料,结合初步分类结果选择各种地类的训练区。

步骤 3: 分析各种地物类型训练区卫星数据,取消可分性差的类别或重选训练区。采用类间分散度  $D_{ij}$  作为可分性判别准则<sup>[1]</sup>。

步骤 4: 以训练区数据构成极大似然分类器,对局部区域 ( $128 \times 128$  或  $256 \times 256$  大小的图像)进行分类。由于极大似然判决式中含有一项样本  $x$  的二次型  $(x - m_i)^T \cdot \Sigma_i^{-1}(x - m_i)$ ,服从  $n$  维  $\chi^2$  分布 ( $m_i$  为第  $i$  类均值矢量,  $\Sigma_i$  为第  $i$  类协方差阵,  $n$  为  $x$  的维数)。利用这个性质,当二次型大于某一阈值,  $x$  的出现概率很小时,即可推断  $x$  属于该类的可能性很小,使分类器拒认该类。当  $x$  被所有已选地类拒认时,定义为拒认类。

步骤 5: 检验训练区和局部区域分类结果,剔除或合并分类效果差的类别,修改分类精度差的训练区位置。

步骤 6: 重复步骤 2—5,直到训练区分类精度在 80% 以上,且局部区域的分类结果满足要求为止。

步骤 7: 推广到整个试验区。在整个试验区分类中,常常出现性质、地带分布不同的草地类型在光谱特征和分类结果上表现一样的情况,影响识别与成图精度。依据植被的发生和地带分布理论,将试验区划分为平原区、前山丘陵带、低山中山带、亚高山带与高山冰雪石质带,控制各地带的类型数量,对不同地带分别进行识别分类。这种分地带分类的

表 2 计算机草地、非草地分类精度检验表

Table 2 Grassland and Non-grassland types classification accuracy table tested by sampling in the whole study areas.

地类	地物类型名称	检验 点数	分类正 确点数	区界正 确点数	精度(%)	
					分类	区界
合计		826	700	693	84.7	83.9
草 地	蒿类半灌木+一年生草本平原土质荒漠放牧场	6	6	6	100.0	100.0
	盐柴类+蒿类半灌木平原砂砾土质荒漠放牧场	25	22	21	88	84
	盐柴类半灌木平原砂砾质荒漠放牧场	39	36	36	92.3	92.3
	盐柴类半灌木平原砾质荒漠放牧场	7	7	7	100.0	100.0
	灌丛一蒿类半灌木平原河床地砾质荒漠放牧场					
	小灌木山地土质荒漠放牧场	34	31	30	91.2	88.2
	蒿类+盐柴类半灌木山地土质荒漠放牧场	13	9	9	69.2	69.2
	盐柴类+蒿类半灌木山地砂砾土质荒漠放牧场	114	112	112	98.3	98.3
	盐柴类半灌木山地砂砾质荒漠放牧场	25	25	25	100.0	100.0
	灌丛一蒿类半灌木山地砾质荒漠放牧场	60	60	60	100.0	100.0
	灌丛一蒿类半灌木+丛生禾草山地砂砾土质草原化荒漠放牧场	7	6	6	85.7	85.7
	蒿类半灌木+丛生禾草山地荒漠草原放牧场	75	67	67	89.3	89.3
	灌丛一蒿类半灌木+丛生禾草山地灌丛荒漠草原放牧场	51	34	32	66.7	62.8
	丛生禾草+杂类草山地草原放牧场	35	33	33	94.3	94.3
	丛生禾草山地草原放牧场	35	19	19	54.3	54.3
	灌丛一丛生禾草+杂类草山地灌丛草原放牧场	7	7	7	100.0	100.0
	禾草+杂类草山地草甸草原放牧场	18	15	15	83.3	83.3
	禾草+杂类草+蒿类半灌木山地草甸草原放牧场	17	10	10	58.8	58.8
	灌丛一禾草+杂类草山地灌丛草甸草原放牧场	11	9	9	81.8	81.8
	杂类草+禾草+莎草类草本地低草草甸放牧场	9	7	7	77.8	77.8
杂类草+禾草山地中草草甸割草场放牧场	139	81	78	58.3	56.1	
禾草+杂类草山地高草草甸割草场放牧场	7	7	7	100.0	100.0	
灌丛一禾草+杂类草山地灌丛草甸放牧场	6	5	5	83.3	83.3	
杂类草+莎草类草本+禾草亚高山草甸放牧场	11	11	11	100.0	100.0	
小灌木一莎草类草本地亚高山草甸放牧场	11	11	11	100.0	100.0	
莎草类草本+杂类草高寒草甸放牧场(阴坡高寒草甸)	90	82	82	91.1	91.1	
莎草类草本+杂类草高寒草甸放牧场(阳坡高寒草甸)	90	82	82	91.1	91.1	
合计		778	768	768	98.7	98.7
非 草 地 类	森林	97	89	89	97.8	97.8
	耕地(农田)	311	308	308	99.0	99.0
	休耕地	27	27	27	100.0	100.0
	河床稀疏植被	35	31	31	88.6	88.6
	河床裸地	8	8	8	100.0	100.0
	居民区	3	2	2	66.7	66.7
	水库	4	4	4	100.0	100.0
	高山冰雪	0	76	76	100.0	100.0
	高山裸岩及薄雪	131	131	131	100.0	100.0
	高山裸岩及稀疏植被	24	24	24	100.0	100.0
	云	10	10	10	100.0	100.0
	阴影(云块投影阴影)					
阴影(坡向自然阴影)	58	58	58	100.0	100.0	

方法有效地控制和区别跨地带同谱异类的草地类型,减少错分概率,提高草地类型分类精度,但在各个地带交接处,会出现错误。这种错误因其范围固定,在成图后由人工修正并不困难。

经过以上步骤,在试验区中共分出42种地物类型,其中有27种为草地类型,草地分类达到新疆自治区草地分类系统的草地亚类和草地组。

### (三) 计算机自动成图

实验的计算机成图方法分图斑综合,提取边界和绘图三个步骤。

#### 1. 图斑综合

计算机分类结果较细,超过了实际需要,为此要先用计算机进行自动综合处理,包括性质特征综合,即将相同或相似类别的小图斑予以合并;几何特征综合,即消除零散小图斑,并用光滑曲线代替过于复杂的曲线。步骤是,①用最上上图面积控制图件负载量,此次绘制的1:10万草地最小上图面积为12.5毫米<sup>2</sup>,相当于MSS图像的20个像元,凡小于此数的图斑都将被归并;②用地物类型的相似度准则和相邻度准则进行图斑综合。相似度准则是根据地类之间的相似程度,草地发生发展的亲缘关系制定的,按相似度的大小顺序排列,以表格形式给出,用以指导计算机确定小图斑的归并方向。相邻度准则是以图斑与其邻块的邻接点个数来度量的,采用四相邻原则。综合过程如图1所示。

#### 2. 边界提取

利用边缘跟踪算法,提取出边界像元与相邻图斑相连边的座标为图斑边界。

#### 3. 计算机绘图

在绘图机上按边界座标成图,比例尺为1:10万。绘图过程进行了光滑处理,光滑处理的精度损失小于制图要求的误差标准。

计算机自动成图速度快,约为人工成图速度的两个数量级,精度也显著提高。

### (四) 精度检验结果

经在整个试验区等距随机布点1604个抽样检验(表2)和在局部样区逐点检验,86%的类型分类精度均在80%以上。

## 三、利用数字地形模型辅助卫星图像分析

以往的实验证明,单纯利用资源卫星提供的光谱信息进行草地分类,分类水平受到一定的限制。要进一步提高分类精度,必须结合其它辅助信息。辅助信息中地形是最重要的信息之一。研究表明,利用MSS数据和数字地形信息结合,可显著改善森林的分类精

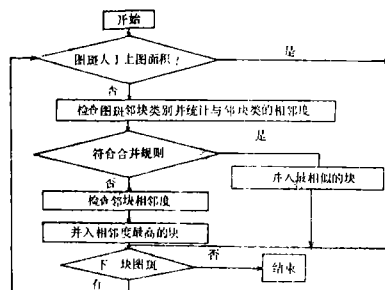


图1 计算机图斑综合程序框图

Fig. 1 Program diagram of small region elimination by computer

度<sup>[2-4]</sup>。为了能将一些地形要素作为辅助波段直接参与计算机分析卫星图像,我们实验了通过扫描数字化等高线图建立数字地形模型的方法,并将地形信息应用于草地分类,取得了较好的效果。建立数字地形模型的具体过程如下。

### (一) 扫描数字化

为了简化从地形图提取等高线的过程,用 C 4500 光激鼓将 1:10 万等高线图扫描数字化,本次实验所用等高线图是由人工从地形图描绘下来的,等高距 20 米,最窄等高线宽为 0.2 毫米。选择采样尺寸 0.1 毫米 × 0.1 毫米,保证间隔最近的两条等高线可区分。数字化后每个样点代表地面 10 米 × 10 米的区域,扫描产生的位置偏移小于 5 米。

### (二) 等高线提取与赋高程

利用简单取阈值技术将扫描数字图像二值化,使等高线与背景分别由 1 和 0 表示。通过细化算法,使等高线宽度细化为 1。再利用线跟踪算法,给每条等高线人工赋上相应高程值。

表 3 仅用 MSS 四个波段进行极大似然分类的混淆矩阵及精度\*

Table 3 The confusion matrix of classification only using the initial four MSS bands with a maximum-likelihood classifier in a middle mountain area.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	精度
1	2615	55	0	6	5	1	154	32	2	15	0	11	0	3	4	0	6	6	89.7%
2	168	555	1	27	0	0	40	124	0	122	34	45	14	0	63	6	120	321	33.9%
3	1	0	164	97	147	67	8	62	56	0	16	29	9	131	0	27	0	0	20.1%
4	6	3	18	88	110	32	55	76	6	2	0	6	0	15	0	0	4	0	20.9%
5	2	1	34	51	294	51	80	17	6	0	0	2	0	2	0	0	1	0	54.3%
6	1	0	7	31	109	366	28	16	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	64.9%
7	5	2	4	55	46	16	315	90	0	3	3	3	0	3	0	0	2	1	57.5%
8	2	1	1	4	7	0	31	239	0	7	0	23	0	0	0	0	10	0	73.5%
9	0	7	107	121	82	52	9	151	258	9	83	177	2	738	0	1	18	4	14.2%
10	24	7	0	1	0	0	4	12	0	128	1	2	28	1	0	0	34	4	52.0%
11	0	0	4	2	0	0	1	20	2	13	555	82	24	22	0	5	12	0	74.8%
12	0	2	1	0	0	0	2	37	0	6	2	24	0	23	0	0	11	0	22.2%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	30	0	0	0	0	0	93.8%
14	0	0	16	20	15	1	4	5	23	0	16	20	0	181	0	0	0	0	60.1%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	100.0%
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	115	0	0	99.1%
17	0	4	0	0	0	0	0	3	0	12	2	4	1	2	0	0	23	4	41.8%
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0	3	0	4	49	77.8%
总 精 度																			53.7%

\* 类型说明: 1 针叶林, 2 小灌木-莎草类草本亚高山草甸, 3 杂类草+莎草类草本+禾草亚高山草甸, 4 杂类草+禾草+莎草类草本地低草草甸, 5 杂类草+禾草山地中草甸割草场, 6 禾草+杂类草山地高草甸割草场, 7 灌丛-禾草+杂类草山地灌丛草甸, 8 灌丛-禾草+杂类草山地灌丛草甸草原, 9 禾草+杂类草山地草甸草原, 10 灌丛-丛生禾草+杂类草山地灌丛草原, 11 丛生禾草+杂类草山地草原, 12 灌丛-蒿类半灌木+丛生禾草山地灌丛-荒漠草原, 13 蒿类半灌木+丛生禾草山地荒漠草原, 14 农田, 15 云影, 16 云, 17 水, 18 岩石

(三) 插值与重新采样

用曲面拟合算法为两条等高线之间的点计算高程值, 构成数字高程模型。为了与 MSS 数据配合使用, 将 10 米 × 10 米网格重新采样为 79 米 × 79 米网格。并从高程模型中提取坡度及坡向信息, 建立数字坡度和坡向模型, 统称为数字地形模型。(见图版 I)。

(四) MSS 图像与 DTM (高程、坡向、坡度) 配准用于草地分类

将 MSS 图像经过几何校正和数字地形模型配准。进行 DTM 与 MSS 数据结合分类。

(1) 将 DTM 模型得到的高程、坡度和坡向三个变量与原来的 MSS 四个波段一起组成七个变量进行极大似然分类。用七个变量和四个波段对局部试验区进行分类的结果表明, 前者比后者的分类精度平均提高 20% 以上(表 3, 4)。

(2) 在地形信息和地物类型相关分析的基础上, 充分利用地学规律, 对地物进行分层分类。分层分类是一种模拟人判决事物的过程, 可用一棵决策树表示。在进行草地分类时, 首先利用高程进行分带, 第二层利用坡向信息划分出现在不同坡向上的植被类型, 第三层用 MSS 数据作极大似然分类。实验结果表明, 分层分类比仅用 MSS 四个波段分类精度平均提高 27%(表 5)。

表 4 用 MSS 四个波段及 DTM (高程, 坡向, 坡度) 进行极大似然分类的精度\*

Table 4 The confusion matrix of classification using the initial four MSS bands and the three terrain features (elevation, aspect, slope) with the maximum-likelihood classifier in the same area of Table 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	精度
1	2562	57	0	57	7	0	159	17	3	22	1	0	0	1	2	0	27	0	87.9%
2	46	1325	62	62	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	88	11	43	3	80.7%
3	0	10	720	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	2	0	88.5%
4	5	6	9	352	1	10	14	0	7	0	0	0	0	0	0	0	17	0	83.6%
5	1	0	0	6	342	48	97	25	21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	63.2%
6	1	1	0	13	126	357	32	27	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63.3%
7	7	0	0	10	52	22	360	81	5	1	1	1	0	0	0	0	8	0	65.7%
8	0	0	0	0	6	0	15	287	1	7	1	8	0	0	0	0	0	0	88.3%
9	0	0	2	94	147	53	64	136	995	0	178	67	0	12	0	0	72	0	54.7%
10	2	0	0	0	0	0	0	9	0	199	2	13	20	1	0	0	0	0	80.9%
11	0	0	0	0	0	0	5	47	12	20	575	51	20	11	0	0	1	0	77.5%
12	0	0	0	0	0	1	1	0	8	11	1	83	0	8	0	0	0	0	76.9%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	31	0	0	0	0	0	96.9%
14	0	0	0	0	1	0	0	3	6	1	4	25	0	261	0	0	0	0	86.7%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	100.0%
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	100.0%
17	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	51	0	92.7%
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	61	96.8%
总 精 度																			77.3%

\* 类型说明见表 3 注。

表 5 利用地形特征和MSS光谱特征分层分类的精度\*

Table 5 The confusion matrix of classification using the terrain features and MSS spectral features with a hierarchical classifier in the same area of Table 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	精度
1	2669	24	0	36	5	2	106	21	5	26	1	0	0	0	1	0	19	0	91.6%
2	9	1388	72	54	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	58	3	29	4	85.5%
3	0	7	657	63	0	12	0	0	38	0	0	0	0	0	0	37	0	0	80.7%
4	4	9	35	288	0	47	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	9	0	68.4%
5	2	0	0	0	467	52	90	17	34	1	0	0	0	0	0	0	1	0	70.3%
6	1	0	0	5	15	366	36	14	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	83.0%
7	6	0	0	0	59	22	354	94	2	4	3	0	0	0	0	0	4	0	64.6%
8	2	0	0	0	8	0	32	259	3	16	1	0	0	0	0	0	4	0	79.7%
9	0	11	26	36	139	46	34	170	1152	19	164	0	0	0	0	0	23	0	63.3%
10	0	0	0	0	0	0	0	6	1	195	3	9	24	1	0	0	7	0	79.3%
11	0	0	0	1	0	0	4	30	19	21	612	20	21	5	0	0	9	0	82.5%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2	64	0	26	0	0	5	0	59.3%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	30	0	0	0	0	0	93.8%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	27	0	257	0	0	0	0	85.4%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	100.0%
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	100.0%
17	0	4	0	1	0	0	0	0	2	9	1	0	0	0	0	0	38	0	69.1%
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	100.0%
总 精 度																			80.1%

\* 类型说明见表 3 注。

## 四、草地类型的 MSS 光谱特征及可分性

### (一) 草地光谱特征

根据试验区各地物的卫星数据均值绘制的地物光谱特征曲线的形态,将草地部分按其反映的内涵可分为植被型、植被土壤基质混合型和土壤基质型三种类型。属于植被型的草地类型有高山草甸、亚高山草甸、山地草甸、山地草甸草原和非草地类型中的农田、森林。属于植被土壤基质混合型的草地有山地草原、山地荒漠草原、平原荒漠、山地荒漠和山地草原化荒漠草地属于第三种类型。不同草地类型光谱特征曲线见图 2—5。

### (二) 草地类型的可分性分析

假设地物光谱均值在 5、7 波段光谱空间服从二维正态分布,则其分布函数在平面上的投影为一椭圆,以地物 5、7 波段的方差为长短轴,以均值为轴交点作椭圆,用以反映地物在光谱空间的分布状况、说明各地物之间在分类中的可分性。

由图 6 和图 7 可见,在草地类一级分类中,不同草地类具有不同的光谱空间分布区域,类之间是可分的。

在草地亚类级分类中,89%的草地亚类是可分的,个别草地亚类即平原砂砾质荒漠与山地砂砾质荒漠之间、山地砂砾质荒漠与山地砾质荒漠之间、山地灌丛草原与山地灌丛

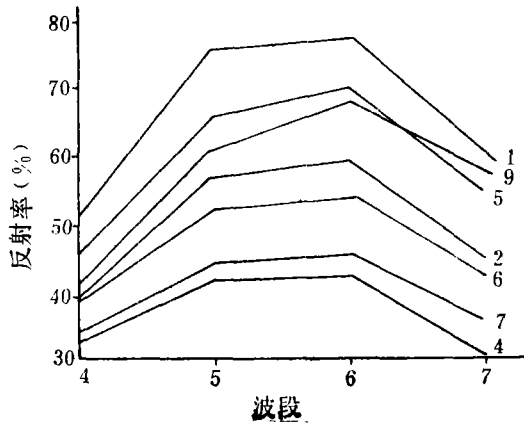


图 2 基质型草地类型的光谱曲线

Fig. 2 The spectral features of grassland types mainly depended on soil-material

1. 蒿类半灌木+一年生草本平原土质荒漠放牧场; 2. 盐柴类+蒿类半灌木平原砂砾质荒漠放牧场; 3. 盐柴类半灌木平原砂砾质荒漠放牧场; 4. 盐柴类半灌木平原砾质荒漠放牧场; 5. 蒿类+盐柴类半灌木山地土质荒漠放牧场; 6. 盐柴类+蒿类半灌木山地砂砾土质荒漠放牧场; 7. 盐柴类半灌木山地砂砾质荒漠放牧场; 8. 灌丛-蒿类半灌木山地砾质荒漠放牧场; 9. 灌丛-蒿类半灌木+丛生禾草灌木化山地砂砾土质草原化荒漠放牧场; 10. 蒿类半灌木+丛生禾草山地荒漠草原放牧场; 11. 灌丛-蒿类半灌木+丛生禾草山地灌丛荒漠草原放牧场; 12. 丛生禾草+杂类草山地草原放牧场; 13. 灌丛-丛生禾草+杂类草山地灌丛草原放牧场; 14. 禾草+杂类草山地草甸草原放牧场; 15. 灌丛-禾草+杂类草山地灌丛草甸草原放牧场; 16. 杂类草+禾草+莎草类草山地低草甸放牧场; 17. 杂类草+禾草山地中草甸割草场放牧场; 18. 禾草+杂类草山地高草甸割草场放牧场; 19. 灌丛-禾草+杂类草山地灌丛草甸放牧场; 20. 杂类草+莎草类草本+禾草亚高山草甸放牧场; 21. 森林(针叶林); 22. 农田; 23. 水库; 24. 冰雪; 25. 高山裸岩及薄雪; 26. 河床裸地; 27. 高山裸岩及稀疏植被。

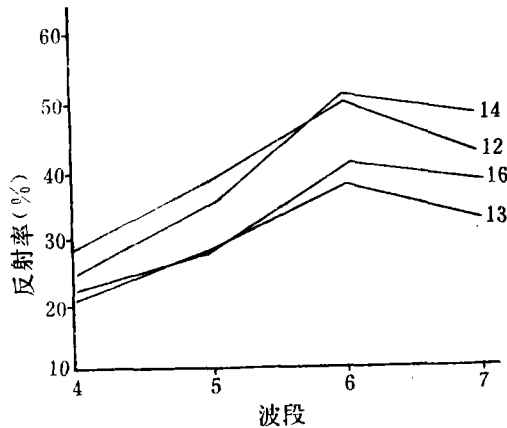


图 3 植被土壤基质混合型草地类型的光谱曲线

Fig. 3 The spectral features of grassland types mainly depended on vegetation soil and soil-material mixtures

类型说明见图 2 注。

荒漠草原之间、中山区的山地草甸草原与亚高山发育较差的亚高山阳坡草甸之间的可分性较差,在分类中常出现程度不同的混淆。反应在光谱特性上,它们之间的各波段光谱值

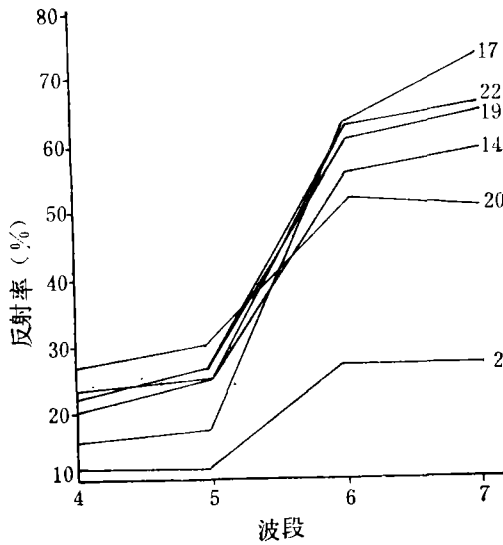


图 4 植被型草地类型的光谱曲线

Fig.4 The spectral features of grassland types mainly depended on vegetation

类型说明见图 2 注

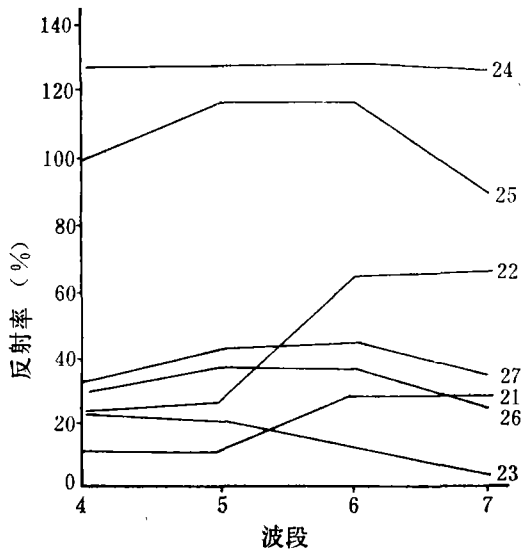


图 5 非草地类型的光谱曲线

Fig. 5 The spectral features of non-grassland types

类型说明见图 2 注

比较相近,造成图 6 和图 7 中的重叠分布区域。这些易混淆或可分性较差的草地,除了山地灌丛荒漠草原与山地灌丛草原之间难以利用地形控制处理加以区别外,其余草地通过分地带解译技术处理,均可得到理想的区分效果。

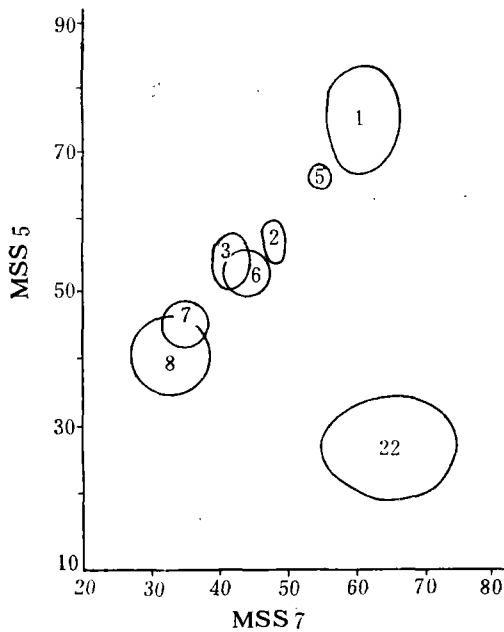


图 6 各种草地和非草地类型的 MSS5 和 MSS7 光谱分布图

Fig. 6 MSS5 nad MSS7 spectral spatial distribution of various grassland and non-grassland types

类型说明见图 2 注

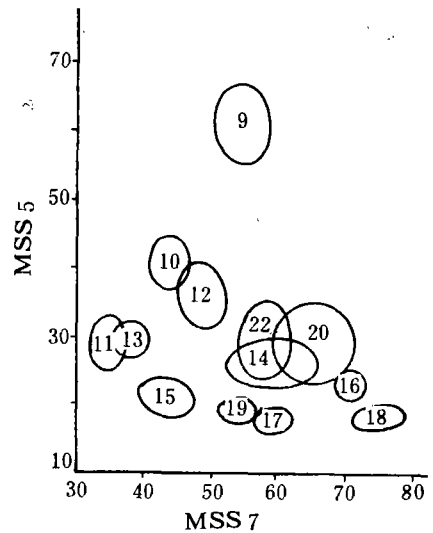


图 7 各种草地和非草地类型的 MSS5 和 MSS 7 光谱分布图

Fig.7 Mss5 and MSS7 spectral spatial distribution of various grassland and nongrassland types

类型说明见图 2 注

从研究结果来看,用卫星遥感 MSS 资料的光谱差异,并据此直接进行草地组的区分与命名,现有卫星遥感资料的分辨率还难以办到,但是依据植物生长、分布与环境的关系,利用间接推导法区分其图斑,确定其名称是可行的。比如在区分荒漠草地组级类型时,蒿类半灌木的生长常与土质荒漠相联系,而生长以盐柴类半灌木为主的草地组,则往往与砂砾质或砾质荒漠有关。

### (三) 非草地类型的可分性与对草地分类的干扰

由图 5 可见,在试验区内由于非草地类型之间的自然属性差异较大,其分类是比较容易的。

在中山地带,农田与草甸草原极易混淆,要依靠人根据它们的分布规律(农田多分布在山地的沟谷,而草地则分布在山坡等)加以推断。

云块、阴影是两种特殊的干扰因素,对它们所覆盖的地段,可根据周围地类在空间分布的规律,经人工判断合并到应归并的地类中去。

## 五、结论与讨论

时了解和掌握草场资源变化有着极其重要的意义。本项研究,建立了利用 MSS 数据进行新疆草地调查的计算机分类系统,提供了一套较完整的利用卫星数据进行分类和绘制草地类型图的方法和软件程序。通过扫描数字化方法利用辅助信息源改善分类精度方面的试验,也取得了较好的结果。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] P. H. Swain and S. M. Davis, Edited, "Remote Sensing: The Quantitative Approach", 1978.
- [ 2 ] A. H. Strahler and T. L. Logan, 1978, "Improving Forest Cover Classification Accuracy from Landsat by Incorporating Topographic Information", Proceedings of the 12th International Symp. on Remote Sensing of Environment.
- [ 3 ] R. M. Hoffer and Fleming M. D., 1979, "Machine Processing of Landsat MSS Data and DMA Topographic Data for Forest Cover Type Mapping", Proceedings of the 1979 Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University.
- [ 4 ] C. F. Hutchinson, 1982, "Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement", Photogrammetric Engin. and Remote Sensing, Vol. 48, No. 1.
- [ 5 ] Gong Xiao, Wan Weijian et al., 1986, "Grassland classification and Mapping From Landsat MSS Data In Xinjiang", Beijing Inter. Symp. on Remote Sensing (birs'86), p. 144.

## GRASSLAND CLASSIFICATION AND MAPPING FROM LANDSAT MSS DATA IN THE NORTHERN SLOPE

Gong Xiao    Wan Weijian    He Xiaoyun

*(Space Science and Technology Center of CAS)*

Zhu Jinzhong    Xu Peng    An Shazhou

*(Xinjiang August 1st Agricultural College)*

Hu Xinbo

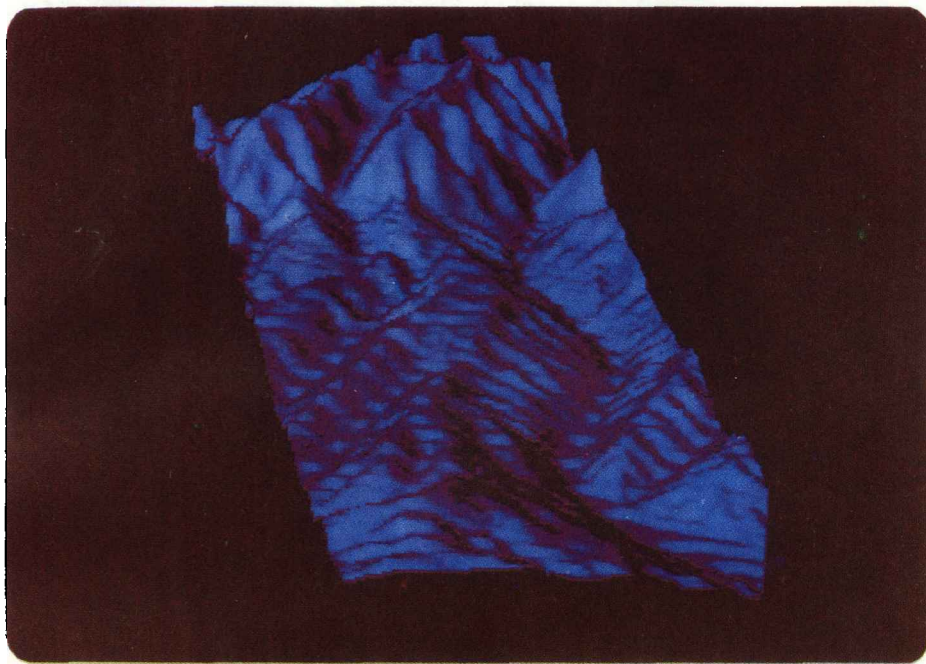
*(Grassland Institute of Xinjiang)*

Yang Jingli

*(Institute of Remote Sensing Technology and Application, Beijing University)*

### Abstract

In the northern slope of Tianshan Mountain, Xinjiang, with Landsat MSS data, the grassland classification and mapping were studied. Based on the analysis of some spectral properties of grasslands and the separability between the ground classes, with the topographic types, the distinct 42 classes (27 grassland classes) were classified by a maximum-likelihood classifier. The classification accuracy of 86 percent ground classes is above 80 percent. Computer plotting that draws the line map of grassland types (scale 1:100,000) from the classification result was proposed. It speeds up 200—300 times than manual mapping. The methods to obtain the Digital Terrain Model (DTM) from contour map by scan digitizing were studied. With the DTM the grassland classification accuracy in the mountain areas was improved efficiently.



通过扫描数字化等高线图建立的数字地形模型

