

计算机自动识别分类技术在 森林遥感中的应用*

谈正 杜春华

(西安交通大学图像研究室)

1986年8月15日收稿

摘 要

本文叙述应用计算机自动识别分类技术在航天遥感图像中对森林资源进行分类的一些探索研究。本文介绍了采用自编程序“地理坐标系和图像坐标系的精密仿射变换”、“识别型增强技术”、“多光谱信息的特征提取”、“多光谱模糊算法聚类分析”等一系列算法后所取得的分类图像结果,与实地及目视解译相比较,森林分类相对精度达90%。

关键词: 识别 分类 聚类 特征提取 最大似然率 监督分类 模糊算法 增强处理 目视解译
光谱反射值 像元分辨率 自然植被 地面控制点 郁闭度 林分比例 仿射变换 隶属度

一、概 述

遥感应用技术愈来愈受到广泛地重视和应用。众所周知,陆地卫星 MSS 的地面分辨力较低(约 $57 \times 79\text{m}^2$),因而它仅适用于大面积范围的地物分类识别以及方法的探索研究。本文就是对遥感图像进行计算机自动识别分类的方法的一些探索。

所做工作是在我校引进的美国 I'S 公司的 VAX-M 75-S 575 图像处理系统上实现的。做了 CCT 磁带或 1:100 万卫星影像透射正片的输入($2048 \times 2048 \times 8\text{bit}$)、去条带失真、几何失真校正等预处理和直方图均衡、比值信息提取、空间滤波、卷积运算以及比例、匹配、自适应增强等多种增强型处理;利用自编程序(VAX-M 75)进行了图像坐标系和地图坐标系的仿射变换、林区边界精密定界、单元面积折算、多光谱信息的特征提取、多光谱模糊算法的聚类分析和分类,各类森林面积统计计算等一系列运算处理来实现自动识别分类。

在输入了预处理后的多光谱图像(4, 5, 6, 7 黑白单色)以及地面控制点的经纬度坐标和行列数、地面样本点经纬度坐标后,能实现对森林资源进行自动识别分类,并直接输出图像图表及统计数据。实验结果与实地考察及目视解译的结果比较,基本相符,其相对精度达90%,取得较满意结果。由于条件限制,仅作了一些点的校核,而不是以像元为单位的点点对应的实际精度

* 所有外业采样数据均由陕西省林业勘察设计院提供,在整个试验过程中曾得到该院阎兵、吕江鱼、鲜宏利、王大虎及我室晏勇等同志的密切合作和大力支持,特此致谢。

二、试验区的环境条件

选区为陕西省黄陵县乔山林业局(卫星像片号为 136—37,庆阳幅),总面积为 165323 ha,地理坐标介于东径 $108^{\circ}30'$ — $109^{\circ}10'$,北纬 $35^{\circ}20'$ — $35^{\circ}50'$ 之间,属黄土高原丘陵沟壑区。地势西高东低,沮河由西向东横贯其中,于黄陵县境内流入洛河,海拔高度 800—1700m,坡度一般为 15° — 35° ,阳坡坡面短而陡,阴坡坡面长而缓,土壤以褐土为主。

本区属落叶阔叶林地带,天然植被覆盖度高,是陕西省黄土高原上森林植被保存较好的地区。森林植被大多数为天然次生林,有少量人工林。其分布特点是阴坡林多,阳坡林少;萌生林多,实生林少;阔叶林多,针叶林少;混交林多,纯林少;林下灌木多,林分密度小;林相不齐,构成林分的优势树种主要有:辽东栎、山阳、白桦、油松、侧柏等。

实验所用的是陆地卫星 2 号 1:100 万图像(136—37)的负片,日期为 1978 年 7 月 28 日。用 $2048 \times 2048 \times 8 \text{ bit}$ 固体摄像机数字化后直接输入 VAX 计算机。林业局驻地所占图像幅面为 512×512 像元(林业局总面积为 16.5 万 ha)。

省林业勘察设计院于 1983 年 8 月按地面调查所统计的资料为:

土地利用状况	面 积 (ha)	占全林业局面积比(%)
森林	129016	78
疏林灌木等	24062	14.7
荒山荒地	4753	2.9
农田	6125	3.7
其它(河谷、道路、居民点等)	1085	0.7

三、基本原理

利用计算机图像处理系统对遥感图像数据进行识别分类的成功与否,除选用正确、合理的方法外,很重要的一环就是特征选择。一般而言,遥感信息可利用的特征为空间、时间、光谱等几个方面。对于 MSS 遥感图像在选用的时相确定之后,多光谱特性是最可利用的最重要的特征。计算机识别分类就是基于利用不同树种光谱反射值的差异来处理的。由于生长状况、郁闭度、叶面指数、背景物等各不相同而使各个谱段的反射波能量发生差异而呈现不同亮度灰值。而计算机的自动识别主要是基于亮度灰值的差异,这也造成了自动识别的困难和误差,分类精度不高的主要原因。实地中因林木组成、郁闭度、林龄、坡向等诸种因素的组合,造成在同一光谱段同一地物有不同的反射光谱值,不同地物又有类同的光谱值,即所谓同物异谱,异物同谱现象。

鉴于此种特点,我们作了较多的方法试验,VAX-M 75-S 575 系统程序包中的最大似然率有监分类等功能程序已不能满足要求(误分太多),故我们选用了自编程序:多光谱特征提取、多光谱模糊算法聚类分析及分类等一系列处理,取得了较为满意的结果。

现将若干重要步骤的理论依据简述如下:

1. 地图坐标系和图像坐标系的仿射变换及几何校正

采用多项式逼近的数值方法可以求解地图坐标系和图像坐标系间的映射关系。并利用地面控制点和矩阵算法直接求解。这种直接求解方法的特点是在所选的控制点上,二个坐标系的转换精度最高,待求的像元离控制点越远,纠正误差越大。若欲进一步提高精度,则需提高多项式的幂次数,这就相应地要求控制点数目和运算量急剧递增,这时可采用最小二乘法来解决精度和方程组幂次运算量间的矛盾。

2. 识别型增强处理技术

识别型增强技术是利用已知样本点的条件,选择出代表样本点的典型特征(光谱灰度值的卷积值)作增强处理的判别标准,在运算中只对符合本特征的像元进行增强,实现有选择性的增强处理,这一过程也带有群聚的特点。通过这一操作,可使分类相对精度提高4—6%。

处理的方框流程见图 1。

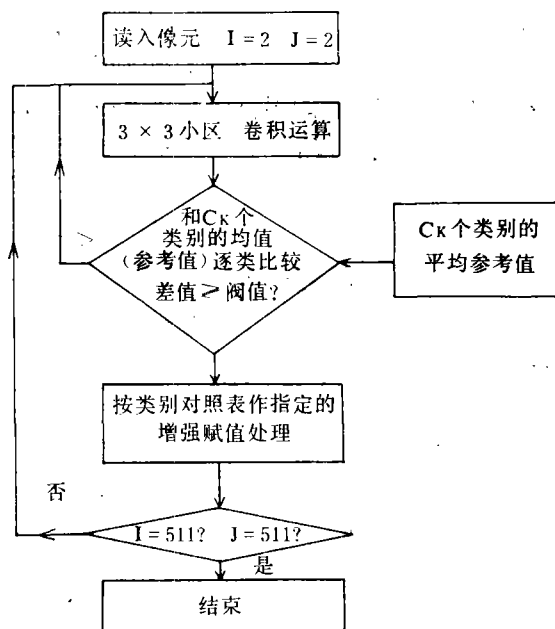


图 1 识别型增强处理的方框图

Fig. 1 The algorithm flowchart of recognizing enhancing processing

3. 多光谱模糊算法聚类分析的基本原理

模糊集的概念在于识别分类中更为切合实际情况,为此我们选用了它,我们的目的就是将一个典型的训练集(集合中的样本特性是已知,并代表了要分类的样本的特性,具有代表性)中的样本,利用它们的特性来设计一个最佳分类器。文中所选用的从模糊集概念出发的有监分类就是试图找到一种映射关系: $X \rightarrow Q$ 来表示训练集中的每一样本和待分类别之间的隶属关系^[1,2]。这就是说采用模糊集概念后,每一个样本不再是确定性的(二值性的)以属于某一类别,而是计算每一样本和全部类别之间的隶属关系,只有当隶属程度足够大时,才被划归至这一类,这更自然和直观,更具有普遍性。

数学表示是:

给定的训练集 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ N 为样本总数

并已知这 N 个样本是分属于 C 个类别,但每个样本 X_i 不是肯定分到某一特定类别去,而是以计算出的隶属度(用 u_{ik} 表示)分到几个类别中去。找到这种 $X \rightarrow Q$ 的映射关系就归结为找到这样一个隶属度矩阵

$[u]_{c \times n}$ c 为类别数, n 为样本数

应满足: $0 \leq u_{ik} \leq 1$ $1 \leq i \leq c$, $1 \leq k \leq n$; 式中 m 为模糊因子, $d_{ik} = \|X_k - V_i\|^2$ 为欧氏距离。

上式的意义表示了样本 X_i 与各个聚类中心 V_j 之间的带权距离平方和,当使目标函数 J_m 为最小时,则可得最佳聚类的类别中心。

得到隶属矩阵后,我们以隶属度最大原则来划分归并,

若

$$u_{kj} = \max\{u_{ij}, i = 1, c\}$$

则 第 j 个样本就被分到第 k 类, $k \in [1, c]$, 到此,样本集完成聚类。由于样本集中的样本的选取是已知的,因而最终按隶属度分类所得到的类别中心更可信,另外,也检验了样本点本身的正确性。用最大似然率分类的相对精度为 75—80%,采用本法后相对精度提高 5%左右。在我校 VAX 机上,执行此程序为 2—3 分钟 ($512 \times 512 \times 8\text{bit} \times 5$ 图幅)。

四、方法与步骤

计算机处理工作流程见图 2。

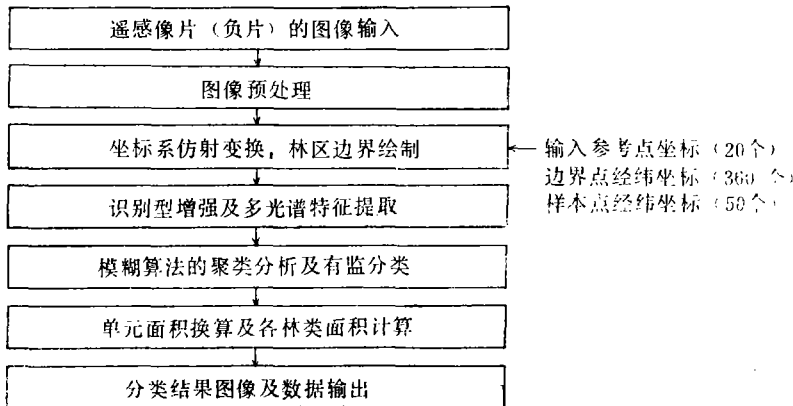


图 2 计算机处理流程图

Fig. 2 The processing flowchart

$$\sum_{k=1}^c u_{ik} = 1 \quad 1 \leq i \leq n;$$

$$\sum_{k=1}^n u_{i,k} > 0 \quad 1 \leq i \leq c.$$

隶属度矩阵展开可写为

$$[u] = \begin{bmatrix} u_{\omega_1,1} & u_{\omega_2,1} & \cdots & u_{\omega_c,1} \\ u_{\omega_1,2} & u_{\omega_2,2} & \cdots & u_{\omega_c,2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{\omega_1,n} & u_{\omega_2,n} & \cdots & u_{\omega_c,n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中的一行表示样本 X_i 隶属于 $\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_c$ 各个类别的隶属度, 一个样本是按其隶属度的大小来划归分类的, 因而要考虑它与每类中心距离作为目标函数。Bezdek 定义的目标函数为

$$J_m(u, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{i,k})^m \|X_k - v_i\|^2 \quad m > 1 \quad (2)$$

其中隶属度

$$u_{i,k} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{j,k}}{d_{i,k}}\right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad \begin{matrix} i = 1, c; \\ k = 1, n; \end{matrix} \quad (3)$$

类别中心均值的特征矢量

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{i,k})^m \cdot X_k}{\sum_{k=1}^n (u_{i,k})^m} \quad i = 1, c \quad (4)$$

主要步骤有:

(1) 原始图像可以是 CCT 磁带, 也可以是像片(正、负片)。我们用固体摄像机将 1:100 万的 MSS 负片(136—37) 输入为 $2048 \times 2048 \times 8\text{bit}$ 的图像。

(2) 图像预处理是重要一环, 这部分工作是在 VAX-M 75 上运用原程序包的程序进行的。

(3) 坐标系仿射变换及边界绘制。从此步骤开始, 全为有编程序。本步是保证分类精度的基础, 所有的输入数据均为地面经纬度坐标(控制点必须对应的图像行、列数输入)。仿射变换方程是二元方程, 用最小二乘法求解方程系数。

(4) 识别型增强及多光谱特征提取。为保证分类精度及正确地提取特征, 采用了识别型增强技术来有选择地加强和所给定样本点有类同光谱特性的像元点或区。

这里选用了经识别增强处理的 6, 7 波段信息、三种比值信息、一种统计信息等六个作为提取特征。

(5) 模糊算法的聚类分析及有监分类。输入 6 类 50 个样本点, 经模糊的聚类分析, 证实这些样本点绝大多数是正确的、有效的、并计算出 6 类的聚类中心。最后, 对林区边界范围内各点元进行有监分类, 得出各个类别的分类数。

这 6 个类别是针叶林, 针阔混交林, 阔叶林, 阔叶混交林, 灌木及疏林, 农田, 河谷(拒绝类)。

(6)像元面积换算及各类面积计算。由于是像片(透射式)经固体摄像机数字化,像元所对应的地面面积已有变化,必须经像元面积换算后才能对分类结果进行准确的面积统计计算。

五、结果与讨论

1. 实测统计、人工目视解译统计及计算机识别统计的对比

表 1 为地面调查、目视解译结果和计算机分类结果统计表。从表 1 中的统计数字可看出:

(1)有林地占有面积一项,计算机识别统计和目视解译统计值相当接近,和 1983 年实

表 1 统计结果对照表*

Table 1 The statistical results

地面 1983 年调查			目视解译结果		计算机分类结果		
林 分	面积(ha)	比例	面积 (ha)	比例	面积(ha)	比例	相对精度
有林地	129016	78%	133403.24	80.69%	134234.079	81.19%	95.96%
其中	针叶林	18.04%	13291.97	8.0%	15449.88	9.34%	79.18%
	针阔混交林		24732.32	14.96%	20662.05	12.50%	
	阔叶林	59.96%	95374.84	57.7%	72502.44	43.85%	98.98%
	阔叶混交林				25619.70	15.50%	
疏林、灌木	24062	14.7%	24550.47	14.85%	21386.04	12.94%	88.88%
农 田	6125	3.7%	6398.0	3.87%	7098.51	4.29%	84.11%

* 实测及目视解译统计资料是陕西省林业勘察设计院按林业部颁标准于 1983 年完成的。计算机分类精度为相对于 1983 年调查结果的相对精度,计算式为: $(1 - \frac{|计算机分类值 - 实际勘察值|}{实际勘察值})\%$

表 2 计算机分类结果统计值*

Table 2 The statistic data of classification result

类别序号	统计值	项目	相对面积 (ha)	各类别占总面积比(%)
		各类像元数		
1		10926	15449.879	9.3453
2		14612	20662.057	12.4980
3		51273	72502.438	43.8550
4		18118	25619.705	15.4968
5		15124	21386.049	12.9359
6		5020	7098.517	4.2937
7		2146	3034.545	1.8355
总 计		117219	165753.2	100.2602

* 表中类别序号: 1——针叶林, 2——针阔混交林, 3——阔叶林, 4——阔叶混交林, 5——疏林、灌木, 6——农田, 7——拒绝类(河川、深谷)

表 3 样本点的输入影像灰度值

Table 3 The gray levels of samples of input images

图幅 样本数据值 样本序号	7 波段	6 波段	5 波段	4 波段
1	35.00	49.00	177.00	23.00
2	48.00	54.00	159.00	29.00
3	57.00	61.00	136.00	37.00
4	73.00	92.00	153.00	61.00
5	49.00	63.00	168.00	31.00
6	47.00	63.00	159.00	32.00
7	51.00	63.00	152.00	35.00
8	83.00	93.00	121.00	75.00
9	85.00	92.00	131.00	73.00
10	78.00	96.00	168.00	42.00
11	66.00	75.00	120.00	45.00
12	61.00	62.00	127.00	41.00
13	66.00	78.00	128.00	57.00
14	67.00	71.00	122.00	61.00
15	98.00	99.00	110.00	82.00
16	116.00	113.00	101.00	128.00
17	138.00	144.00	75.00	169.00
18	139.00	136.00	77.00	166.00
19	138.00	136.00	72.00	167.00
20	137.00	137.00	83.00	164.00
21	123.00	136.00	91.00	163.00
22	136.00	143.00	77.00	163.00
23	131.00	133.00	85.00	161.00
24	99.00	133.00	88.00	84.00
25	160.00	172.00	62.00	183.00
26	167.00	172.00	56.00	183.00
27	138.00	141.00	83.00	163.00
28	135.00	138.00	90.00	160.00
29	131.00	146.00	95.00	161.00
30	147.00	149.00	72.00	166.00
31	129.00	134.00	83.00	160.00
32	86.00	101.00	128.00	79.00
33	147.00	149.00	64.00	174.00
34	131.00	140.00	95.00	156.00
35	143.00	144.00	72.00	171.00
36	147.00	144.00	74.00	169.00
37	130.00	129.00	80.00	163.00
38	168.00	176.00	56.00	191.00
39	128.00	109.00	113.00	163.00
40	128.00	132.00	82.00	161.00
41	170.00	179.00	56.00	187.00
42	172.00	170.00	86.00	176.00
43	176.00	183.00	90.00	180.00
44	164.00	164.00	55.00	185.00
45	198.00	200.00	196.00	230.00
46	195.00	211.00	210.00	226.00
47	222.00	220.00	162.00	240.00
48	224.00	217.00	145.00	241.00
49	160.00	173.00	77.00	182.00
50	160.00	175.00	63.00	183.00

测统计数字相比也比较接近。此项的精度在 90% 以上。

(2) 有林地中, 阔叶林、阔叶混交林的面积一项, 计算机统计和实测数据以及目视解译数据都比较接近。该项的精度在 90% 以上。

(3) 针叶林、针阔混交林的面积项, 计算机统计值和目视解译值比较接近, 二者和 1983 年实测统计数据相比的误差较大其原因可能是所选用的卫星像片是 1978 年 8 月拍摄的, 像元地面分辨力为 0.45 ha, 致使光谱亮度平均值有相当的混淆再加上经过多时相校正

表 4 6 个聚类中心的输出数据
Table 4 The output data of 6 cluster centers

类别序号	中心值	图幅			
		7 波段	6 波段	5 波段	4 波段
1		50.01093	61.50797	155.67149	33.37323
2		83.19775	92.82186	128.23233	72.50950
3		138.87869	141.11662	78.09409	165.50569
4		130.32185	134.22244	85.35503	160.38742
5		163.89343	172.56424	61.29794	183.96274
6		219.70157	217.47087	161.12593	288.60704

针叶林面积在 1983 年实测时已有所下降。此外,实测时是把林区间的非针叶疏林、空地等排除在统计之外,而计算机分类及目视解译是被统计在内的。

(4) 计算机识别分类统计中,灌木、疏林和农田秋庄稼在 MSS 影像上易于混淆,分辨不清,造成这二项中计算机统计分类有较大的相对误差。目视解译这二项的误差比计算机统计为小,这是由于在目视解译过程中,加上了“专家”的许多智能性判别。例如,疏林、灌木不可能出现在农田区,而农田也不可能出现在该地区的山顶或陡坡处等等,因而目视解译在这二项上和实测数据相比,其误差相对较小。

2. 图像和图表

图版 I 中的图 3 为庆阳幅(136-37)原始卫星像片 7, 5, 4 波段的彩色图。图中加框部位为本文试验区——桥山林业局所在地区。图 4 为桥山林业局地区 7, 5, 4 波段的彩色图(512×512×8bit)。图 5 左半部份为加边界后的桥山林业局地区(7 波段), 右半部份为去边界后桥山林业局无监督聚类后的假彩色增强图像。图 6 为桥山林业局地区森林资源分类结果图,图中从左至右的彩色和对应林类是: 1 深红——针叶林, 2. 紫色——针阔混交林, 3. 蓝青——阔叶林, 4. 淡青——阔叶混交林, 5. 草绿——疏林、灌木, 6. 褐绿——农田, 7. 深蓝——河川、深谷(表 2)。

表 2—6 为计算机输出表格。表 2 为分类最终结果的统计输出值。表 3 为 50 个样本点的五幅输入图像值及一个统计值组成的输入数据值,表 4 为 6 个聚类中心的输出数据。表 5 为模糊算法的隶属度矩阵。从矩阵值中可明显地观察到每一样本对各个类别的隶属程度,例如 No.1 样本。它对类别 1 至类别 6 的隶属度分别为 47%, 18%, 10%, 10%, 8%, 7%。表 6 为按 $u_{ki} = \max(u_{ij}, c = 1, c_k)$ 列出的每个样本应隶属于某一类别的结果,例 No. 1 样本就应隶属于第 1 类(以 11 表示,不隶属时以 0 表示),此表还是对样本可信度的检验。

最后还需说明: 由于所用 MSS 图象的地面分辨力低,故只宜作林业 I 类调查,一旦采用 TM, SPOT 图象,此分类方法所获得的结果将会更符合业务部门的要求。可以预料,若能把不同时相以及专家经验的“非光谱信息”结合起来,将进一步提高计算机自动识别分类的精度。

表 5 模糊算法的隶属度矩阵
Table 5 The result cluster matrix

样本序号	类别序号					
	1	2	3	4	5	6
1	0.47	0.18	0.10	0.10	0.08	0.07
2	0.68	0.12	0.06	0.06	0.05	0.04
3	0.50	0.21	0.08	0.09	0.07	0.05
4	0.23	0.41	0.10	0.11	0.08	0.06
5	0.63	0.14	0.06	0.07	0.05	0.04
6	0.75	0.09	0.04	0.04	0.04	0.03
7	0.78	0.09	0.04	0.04	0.03	0.02
8	0.10	0.67	0.07	0.07	0.05	0.04
9	0.07	0.77	0.05	0.05	0.04	0.03
10	0.25	0.33	0.12	0.13	0.10	0.08
11	0.32	0.31	0.10	0.11	0.09	0.06
12	0.41	0.25	0.10	0.10	0.08	0.06
13	0.30	0.35	0.10	0.11	0.08	0.06
14	0.29	0.35	0.11	0.11	0.09	0.06
15	0.15	0.40	0.14	0.15	0.10	0.07
16	0.11	0.19	0.22	0.27	0.13	0.08
17	0.03	0.04	0.59	0.21	0.10	0.04
18	0.03	0.04	0.57	0.24	0.08	0.03
19	0.04	0.05	0.50	0.26	0.11	0.04
20	0.03	0.04	0.48	0.32	0.08	0.03
21	0.05	0.07	0.25	0.47	0.10	0.05
22	0.03	0.04	0.55	0.26	0.08	0.03
23	0.02	0.02	0.13	0.78	0.04	0.02
24	0.13	0.23	0.20	0.21	0.14	0.09
25	0.03	0.04	0.12	0.10	0.65	0.05
26	0.03	0.04	0.11	0.09	0.66	0.05
27	0.03	0.04	0.55	0.26	0.08	0.03
28	0.04	0.05	0.32	0.45	0.09	0.04
29	0.05	0.07	0.31	0.39	0.12	0.06
30	0.05	0.06	0.42	0.23	0.18	0.06
31	0.02	0.03	0.17	0.70	0.05	0.02
32	0.12	0.59	0.09	0.09	0.07	0.05
33	0.05	0.07	0.36	0.23	0.23	0.07
34	0.05	0.07	0.28	0.45	0.11	0.05
35	0.04	0.06	0.48	0.23	0.15	0.05
36	0.04	0.06	0.44	0.23	0.17	0.06
37	0.04	0.06	0.26	0.52	0.09	0.04
38	0.04	0.06	0.14	0.12	0.58	0.07
39	0.10	0.16	0.23	0.28	0.14	0.09
40	0.03	0.05	0.22	0.59	0.08	0.03
41	0.05	0.06	0.14	0.12	0.55	0.08
42	0.07	0.09	0.20	0.17	0.33	0.13
43	0.07	0.09	0.19	0.17	0.32	0.15
44	0.04	0.06	0.16	0.13	0.55	0.07
45	0.08	0.10	0.14	0.14	0.15	0.38
46	0.09	0.11	0.15	0.14	0.16	0.36
47	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.81
48	0.05	0.06	0.09	0.09	0.11	0.60
49	0.05	0.07	0.19	0.15	0.46	0.08
50	0.03	0.04	0.12	0.10	0.64	0.05
	P = 3.500000		EP = 9.999998E - 03		N	50

表 6 样本对应各类别的隶属结果(隶属=11, 非隶属=0)
Table 6 The membership factor of samples in each class

类别序号 样本对类别隶属度 样本序号	类别序号					
	1	2	3	4	5	6
1	11	0	0	0	0	0
2	11	0	0	0	0	0
3	11	0	0	0	0	0
4	0	11	0	0	0	0
5	11	0	0	0	0	0
6	11	0	0	0	0	0
7	11	0	0	0	0	0
8	0	11	0	0	0	0
9	0	11	0	0	0	0
10	0	11	0	0	0	0
11	11	0	0	0	0	0
12	11	0	0	0	0	0
13	0	11	0	0	0	0
14	0	11	0	0	0	0
15	0	11	0	0	0	0
16	0	0	0	11	0	0
17	0	0	11	0	0	0
18	0	0	11	0	0	0
19	0	0	11	0	0	0
20	0	0	11	0	0	0
21	0	0	0	11	0	0
22	0	0	11	0	0	0
23	0	0	0	11	0	0
24	0	11	0	0	0	0
25	0	0	0	0	11	0
26	0	0	0	0	11	0
27	0	0	11	0	0	0
28	0	0	0	11	0	0
29	0	0	0	11	0	0
30	0	0	11	0	0	0
31	0	0	0	11	0	0
32	0	11	0	0	0	0
33	0	0	11	0	0	0
34	0	0	0	11	0	0
35	0	0	11	0	0	0
36	0	0	11	0	0	0
37	0	0	0	11	0	0
38	0	0	0	0	11	0
39	0	0	0	11	0	0
40	0	0	0	11	0	0
41	0	0	0	0	11	0
42	0	0	0	0	11	0
43	0	0	0	0	11	0
44	0	0	0	0	11	0
45	0	0	0	0	0	11
46	0	0	0	0	0	11
47	0	0	0	0	0	11
48	0	0	0	0	0	11
49	0	0	0	0	11	0
50	0	0	0	0	11	0

参 考 文 献

- [1] J. C. BEZDEK, A conversion theorem for the fuzzy ISODATA cluster algorithm, IEEE Trans. on PAMI, Vol. 2, No. 1, pp. 1—8, 1980.
[2] WANG Shaolin, Principle of several fuzzy set in pattern recognition, D. T. U. C., China, 1983.

AN APPLICATION OF COMPUTER RECOGNITION AND CLASSIFICATION REMOTE SENSING OF FOREST DISTRIBUTION

Tan Zheng Du Chunhua

(Laboratry of Image Processing, Xi'an Jiaotong University)

Abstract

An approach to the computerized recognition and classification of different types of forest and it's distribution from satellite image data is described. Some algorithms, such as "THE RECOGNIZING ENHANCEMENT TECHNIQUE", "THE SUPERVISION OF CLASSIFICATION BY A MULTISPECTRUMS FUZZY ALGORITHM", will be discussed in detail. The result of the classification will be shown in the form of photographs for the region under test, ist area is about 165,000 ha. Compared with the results of other methods, such as a visual interpretation of images or on sight feild classification of the tree types, our classification achieved a relative statistical accuracy of approximately about 86—90%.

Key words: recognition; classification; cluster; feature extration; max likelihood; supervise classify; fuzzy algorithm; enhanceente processing; visual interpretation; spectral responded value; pixel resulation; nature vegetation; C. C. P.; tree canopy density; composition ratio; mapping transform; membership factor

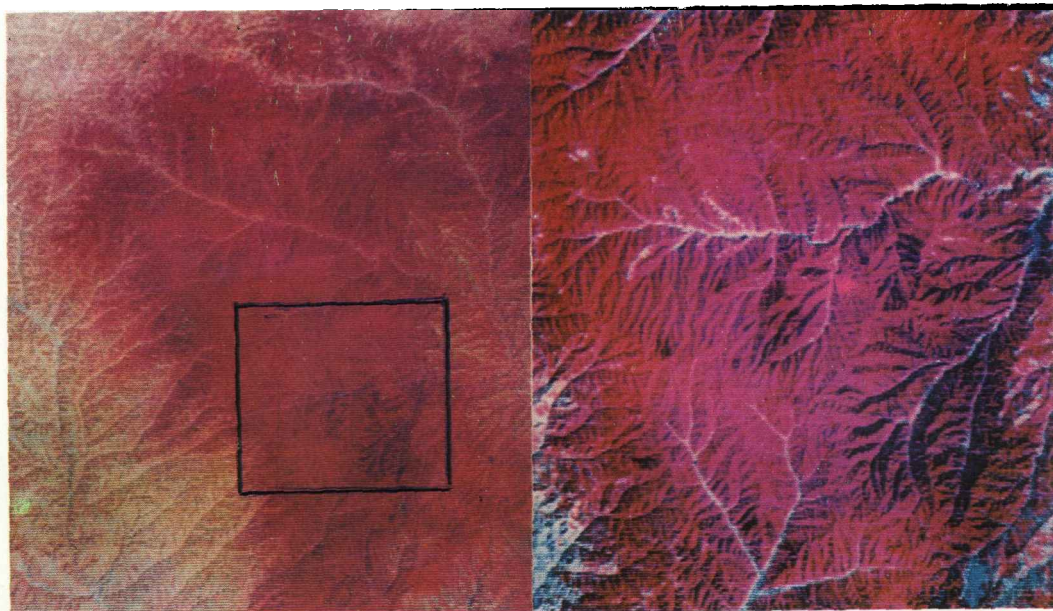


图 3 庆阳幅原始卫星像片 (7, 5, 4 波段) 图像

图 4 桥山林业局地区7, 5, 4 波段图像

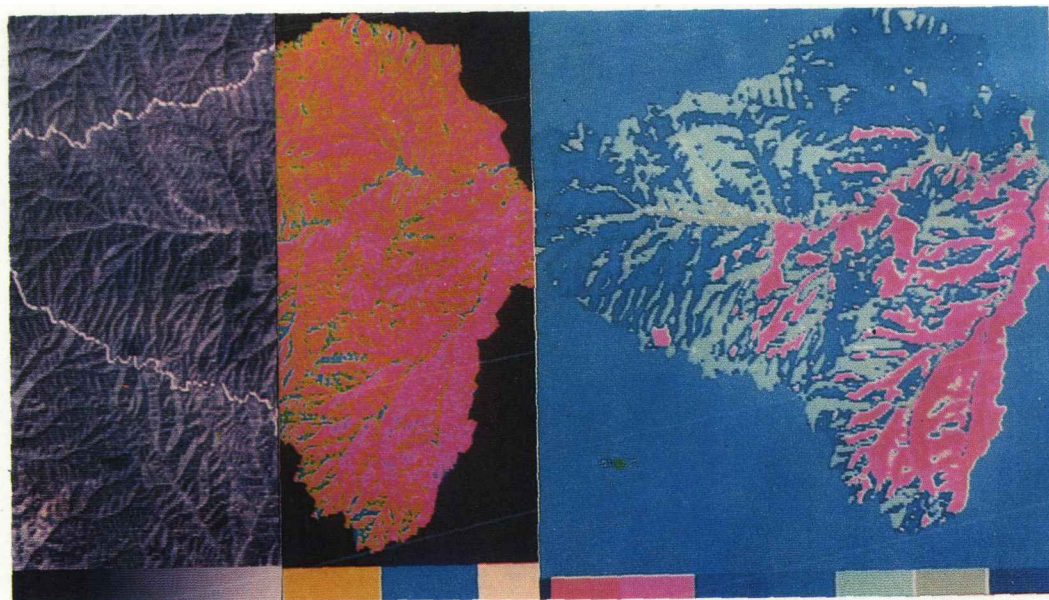


图 5 加边界后 (左) 和去边界后 (右) 的假彩色增强组合图像

图 6 桥山林业局森林分类结果图像