

应用遥感技术进行森林资源监测 方法的研究*

寇文正 肖燕宇 张瑞玺

(林业部调查规划设计院)

1989 年 6 月 30 日收稿

摘 要

森林资源有较强的动态性,监测技术的改进具有重要的生产意义。采用遥感技术,地理信息系统技术与森林连续清查技术相结合的方法实施森林资源监测具有极大的潜力。通过在松江河进行的研究,证明了这种方法的可行性和优越性。

文章探讨了使用新方法的关键技术环节,提供了实施监测的实际结果,指出了在我国北方国有林区推广的前景。与传统方法相比,新方法提供了图面资料,减少地面工作量 50%,降低经费 20%。

关键词 森林资源 监测 遥感 地理信息 连续清查

一、引 言

森林是重要的具有再生性的国土资源,以多年生木本植物为主体,在人为因素和自然力的作用下,不断发生变化,表现了极强的动态性。以森林资源为基础的林业生产建设,迫切需要及时了解森林的当前状况和变化规律,并依其制定科学的林业决策。因而,寻求一种技术上适用,经济上可行的森林资源监测方法,则是一项非常重要的工作。面对森林资源的动态性、复杂性和特殊性,几十年来沿袭的森林资源调查和监测方法,由于其周期长,地面工作量大,已难适应现代林业发展的需要,人们迫切希望森林资源监测方法能有较大突破。

近十年来,遥感技术、地理信息系统技术和计算机技术的发展,为森林资源监测技术的提高和改善提供了广泛的可能性。

本研究利用遥感、GIS 技术的最新成果,与森林资源连续清查(CFI)技术相结合,提出适合我国北方林区的森林资源监测新方法。

* 参加工作的还有关家声、郑鹏、王洪波、方西林、孙向然、刘建杰、鲍达明、于培全、王庆杰、徐泽洪、许岩、林新、周卫东等,在此一并感谢。

二、方法概述

(一) 森林资源监测的概念

森林资源监测是将森林资源数量、质量作为时间函数而进行的调查。目的在于取得不同时间点的森林面积、蓄积和质量指标,从而掌握森林资源的动态变化规律,检查林业方针政策执行的情况,检验经营措施的有效性和合理性。

(二) 传统的森林资源监测方法

我国森林资源监测已有近二十年的历史,随着连续清查技术的引入和发展,从七十年代起,已在我国逐步形成体系。主要是采取建立地面固定样地,定期重复检查,获取森林资源现状和动态信息的方法。目前已在 28 个省(市、区)布设了二十五万余个固定样地,取得了各省(市、区)2—4 次复查资料,并逐步向县(局)级体系发展。为我国森林资源动态规律的掌握和宏观决策积累了宝贵信息。并在生产建设中发挥了重要作用。这种方法的弱点在于:地面工作量大;地类面积调查精度偏低;不能提供宏观地理分布资料。这些弱点客观上限制了对动态规律的全面掌握,影响了动态信息潜力的进一步发挥。

(三) 研究方法的总体描述

森林资源监测方法着眼于建立遥感技术、GIS 和 CFI 技术的紧密结合,发挥各自优势,快速、准确提供监测结果,减少地面工作量,提供动态变化图面资料、适用于县以上各类区域范围的监测体系。其要点如下:

(1) 充分利用陆地资源卫星资料宏观、快速(周期短)、多时相、多光谱的特点,进行土地利用和森林类型分类,同时利用成数抽样或直接求积方法计算各类型面积。

(2) 建立地理信息系统(GIS)。其作用主要为:作为计算机自动分类的辅助信息,提高分类精度;与卫星信息叠加,形成卫星影像地图,用于布设固定成数样地和测树样地;输入前期调查森林分布图,作为森林更新图面信息载体,形成反映森林动态变化的森林动态图;提供森林资源现状动态分析的基础和辅助信息。

(3) 在遥感信息和地理信息的支持下,布设地面实测样地,修正各类型成数样地判读结果,提供各森林类型蓄积和生长与消耗信息。

上述三个环节的有机结合,获得了信息的充分利用,建立起森林资源监测信息系统,从而形成了如下图所示的森林资源监测方法。

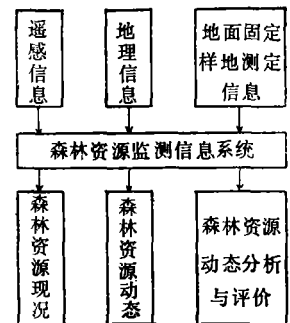


图 1 森林资源监测方法框图
Fig. 1 The chart of method for monitoring forest resources

三、方法的实践

(一) 研究区域及资料描述

1. 研究区的自然地理概况

试验研究在松江河进行。它地处吉林省东部,抚松县境内。东、南与长白山自然保护区接壤,西与临江毗邻,面积 16.2 万公顷,位于东经 $127^{\circ}12' - 127^{\circ}50'$,北纬 $41^{\circ}44' - 42^{\circ}21'$ 之间。实验区内大多属于长白山主峰西坡熔岩台地,仅东西隅黑河一带属于山裙倾斜高原和中山地形,整个地势自东南向西北渐次倾斜,南高北低,平均海拔 700—1000 米。该地区属温带长白山气候区,冬季漫长寒冷,夏季短暂温暖多雨,年平均气温 $3 - 4^{\circ}\text{C}$,平均降雨量 830 毫米。境内植被属长白山植物区系,主要生长有云冷杉林、红松阔叶混交林、落叶松林、水曲柳、胡桃楸、柞树、椴树、榆树混杂的阔叶混交林,次生杨桦林等。松江河林业局是 1958 年建立。他们进行了大量的采伐和营造林活动,采伐迹地人工更新以落叶松为主,多形成了以天然白桦、山杨占较大比重的混交林。

2. 使用的卫星遥感数据和地理信息

(1) 实验使用的卫星遥感磁带数据是 1987 年 5 月 20 日由专题绘图仪(TM)成像的,轨道号为 116/31,境内上空无云。

(2) 建立了松江河林业局地理信息系统(GIS)。将该局范围内的 1:5 万比例尺地形图上的各类地理信息的要素进行数字化,同时将该局 1985 年进行森林资源二类调查得到的各林场林相图(1:2.5 万比例尺)以小班为单位进行数字化;经过计算机处理后存入关系型的图形数据库,并建立相应的属性数据库。该系统随时提供卫星数据自动分类所需要的各种地理信息、森林资源信息及各种图面资料。如森林分布图(见图版 1 图 2)。

3. 地面固定样地设置

为了有效地实施森林资源监测,从 1987 年起,在省级固定样地体系(4×4 公里间距)基础上,以松江河林业局为主建立了局级固定样地体系,采用 2×2 公里间距共布设了 402 块 0.06 公顷面积的正方形样地,于 1987 年 10 月底完成了初查,1988 年 10 月底完成了第一次复查。固定样地除进行了森林测树常规调查外,并进行了地类识别(用以进行成数抽样和卫星像片分类检验)。

(二) 技术方法

1. 遥感数据的处理

我们依照图 3 进行卫星遥感数据处理。

(1) 波段组合选择。

波段组合选择是计算机分类预处理的主要内容之一,选择的优劣将影响分类的最终结果精度。由于在 TM 各波段之间,光谱值有一定的相关性,从而需要进行部分地压缩,波段选择的目的是要在众多的(共 C_3^6 等于 20 种)三波段组合中选择一种各波段相关性最小而又便于人的视觉识别的组合。从而得到最佳分类效果。通过各波段相关性大小

的比较及人眼对假彩色的习惯,我们选择的波段组合为 4、5、3 波段,分别对应于红、绿、蓝通道。

(2) 影像图直方图均衡。

直方图是对数字图像每一亮度间隔内像元频数的统计,改变图像直方图,使不清晰的

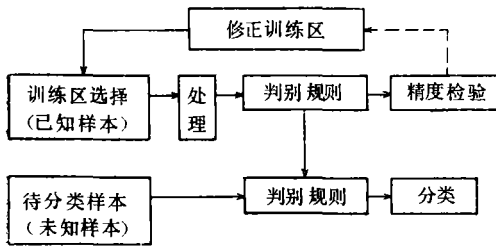


图 3 卫星数据自动分类框图

Fig. 3 The chart of classifying satellite data

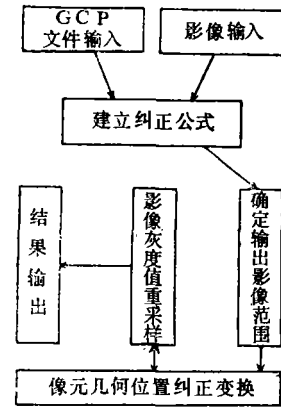


图 4 几何校正工作框图

Fig. 4 The chart of geometry correction

图像清晰,增强图像的亮度,是预处理阶段的又一过程。

我们采用直方图线性扩展,即将原图像的各灰度值按线性关系扩大,以增强图像亮度,并可任意指定图像亮度范围。在处理中注意了:不破坏图像的灰度级数;使扩展后的影像灰度级数最大。

(3) 几何校正。

几何校正的目的是利用地面控制点,通过一定的数学模型,寻找图像几何畸变空间与标准地理空间的对应关系,从而修正原始图像的几何畸变,实现几何配准,如图 4。

为了保证良好的几何精度,我们尽量使控制点分布均匀,且覆盖整个区域。为了防止误差外移,保证边缘区有一定控制点数,约每 1 万公顷选择一个控制点。控制点平均地面误差距离为 18.2 米。然后将卫星影像与地理信息迭加,生成卫星影像图。(见图版 I 图 5)

(4) 计算机自动分类。

对经过几何校正的图像,采用逐次有监督分类法进行土地和森林类型分类。

有监督分类是根据已知训练区提供的样本,通过选择特征参数,确定判别函数,对像元点进行分类。这种分类方法的分类精度,极大程度取决于训练区选择的好坏,较好的先验类别知识,将对分类结果带来改进。该训练区来自于外业实地调查和林相图。训练区的选择,力求类型的代表性和纯度。根据松江河林相的特点及卫星影像的光谱反差,最终分类类别确定为 13 类,即:落叶松幼林、落叶松中林、针叶林、针阔混交林、阔叶幼林、阔叶成林、杨桦幼林、杨桦中林、集体林、采伐迹地(含农地及荒地)、居民地、水体及其他。其工作流程如图 6。

判别规则为最大似然法判别函数,条件密度函数为正态分布函数,先验概率为等概率。在分类过程中,我们发现,采伐迹地与居民点的光谱特征有较大的相似性,都是在亮灰度值区,而实际地物却差异很大。为了消除这种混淆,我们利用地理信息数据作为辅助。地理信息系统提供居民点分布图,因此居民点具有较规整的边缘特征,据此,把居民点从遥感原始图像中剔除,当完成分类后,再将居民点迭加其上,从而有效地避免了采伐迹地与居民点的混淆。

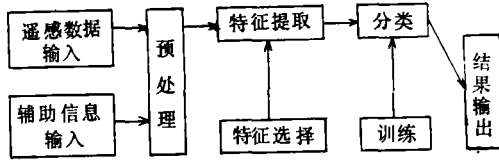


图 6 计算机自动分类流程图

Fig. 6 The chart of computer classification

的混淆。

集体林的范围也是来自地理信息系统,用上述同样方法将集体林分出。

由于各树种互相掺杂,不同龄组的林木混生以及土壤湿度的影响,森林的真正光谱反射特性是非常复杂的,单纯地靠一次训练区的选择,要想达到理想的分类结果常常非常困难。为了解决这一问题,我们采用了逐步分类法,即多次分类,逐步筛选。在原始影像的基础上,先将具有明显光谱差异的类别分出来,将其从原始图上剔除。再在剩下的影像中,通过重新选择训练样本,提高训练区纯度,再次进行分类,以改善分类结果。在本次实验中,进行了二次分类。第一次,首先分出了落叶松幼林、落叶松中林、针叶林、杨桦幼林及中林、水体和采伐迹地。阔叶林由于混有不同成数的针叶林,往往表现出或是阔叶林或是混交林的光谱反射特征。在第一次分类中,彼此混合较多(与林相图比较)。因而,被列为第二次分类对象。在选第二次分类训练样本时,除保证一定样本数量外,我们特别注意了纯化训练样本,从而使得分类结果有了较大改进,基本分析出了大多数林相,而且采伐迹地上更新的落叶松幼林也得到区分(见图版 II 图7)。

(5) 新采伐迹地的提取

在原始的分类图上,采伐迹地一类中,实际上包括了光谱特征相似的 1985 年前的采伐迹地,荒山荒地,农用地,其它裸露地和 1985 年以后的新采伐迹地,为了掌握近二年来采伐面积,我们利用采伐迹地是在成林面积上演替的林学规律,以地理信息系统输入的森林分布图(系 1985 年实地调查结果)为背景,取成龄林与采伐迹地的交集,得到了 1985—1987 年新增采伐迹地图,并求算了面积,为 5471.73 公顷,且利用所得到的新增采伐迹地图更新了 1985 年森林分布图(见图版 II 图 8)。

(6) 农用地的变化监测

在原始分类图中,农用地被统计在采伐迹地一类中。农用地,象居民点一样,在森林分布图中也是单独作为地类出现的,通过 GIS 存贮数据,求得其面积为 4610 公顷。事实上,在 1985—1987 年间农用地又有一定增长。为了监测这一变化,我们分析了农用地增加的主要因素是:原有荒地的开垦,幼、中龄林被破坏后开垦,而且受一定地域的限制,人们很少把农用地设在交通条件极差、远离人烟之处,通过地理信息数据的辅助,我们求得了新增农用地的分布及变化,实现了监测的目的。

2. 地面固定样地的测设

(1) 布设。

为了消除这种混淆,我们利用地理信息数据作为辅助。地理信息系统提供居民点分布图,因此居民点具有较规整的边缘特征,据此,把居民点从遥感原始图像中剔除,当完成分类后,再将居民点迭加其上,从而有效地避免了采伐迹地与居民

地面固定样地的布设是在省级样地(4 × 4 公里间距)基础上加密的, 每 2 × 2 公里网交点布设一个。采用全固定方式。

(2) 固定样地的测定。

立木检尺。凡在样地内 5.1 厘米以上立木均检测胸高直径, 并对全部检尺木以样地为单位编号, 胸高部位划记。利用全省统一的立木材积表计算蓄积。

确定样地类型。依据样地周围 0.5 公顷面积的地类, 确定样地类型, 同时, 对照遥感影像分类图, 依样地所落类型确定样地分类层代号。

(3) 固定样地复测。

全部样地均于 1987 年设立, 并于 1988 年组织了全部重复调查, 测设标准及内容与初查相同。

(4) 蓄积量的计算。

分别利用二个分类体系(现地、图像)计算平均蓄积量, 利用下式计算各类型及全局总蓄积量:

$$V_i = X_i A_i$$

式中: X_i 为 i 类型平均蓄积量; A_i 为 i 类型面积; V_i 为 i 类型蓄积。

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^n V_i \quad \text{式中: } \bar{V} \text{ 为全局总蓄积}$$

(三) 实验结果

1. 遥感图像自动分类精度(如表 1)。
2. 各土地类型和林分类型面积(如表 2)。
3. 各林分蓄积(如表 3)。

表 1 自动分类各地类面积精度表

Table 1 Table of classified area accuracy of land types

类 别	精 度 (%)
落叶松幼林	76.6
落叶松中林	79.3
针叶林	94.9
混交林	97.3
阔叶幼林	70.3
阔叶成熟林	80.3
杨桦幼林	76.5
杨桦中林	86.5
采伐迹地	93.2
水体	86.4
其它	96.9
总精度	85.8

4. 新增采伐迹地和农用地面积。1985—1987 年松江河林业局新增农用地面积 3362 公顷, 新增采伐迹地 5471.73 公顷。

表 2 各土地类型和林分类型面积统计表
Table 2 Table of areas statistics of land and forest types

类 别	公 顷 数	百分率(%)
落叶松幼林	14354.68	8.85
落叶松中林	4426.46	2.73
针叶林	7819.51	4.82
针阔混交林	29779.50	18.35
阔叶幼林	8326.67	5.13
阔叶成熟林	27158.50	16.74
杨桦幼林	229.48	0.14
杨桦中林	48792.08	30.07
采伐迹地	18040.84	11.12
居民点	1754.85	1.08
水体	1282.94	0.79
其它	305.43	0.19
总计	162270.94	

表 3 各林分林木蓄积量表
Table 3 The stocks table of forest types

类 别	单位面积蓄积(米 ³ /公顷)	蓄积(米 ³)
落叶松	94.5667	1776070.432
针叶林	268.7678	2101632.5
混交林	181.5431	5406262.746
阔叶林	106.0333	3762609.676
杨桦林	127.1467	6232929.583
总蓄积		19279504.94

5. 结果分析。采用本文方法进行监测的结果,松江河林业局总蓄积量为 1928 万立方米,与 1985 年二类资源调查结果 2101 万立方米相比较,相差为 8%,扣除近二年消耗大于生长部分 80 万立方米,相差仅为 4.4%,均达到了林业部部颁要求,即资源监测蓄积量误差不大于 10% 的要求。

四、讨 论

1. 利用遥感技术, GIS 技术和 CFI 技术相结合的方法进行森林资源监测是一种可行的方法,尤其是应用于我国北方国有林区。这种方法不仅可以保证达到部颁标准规定的精度要求,而且在以下几方面对现行方法进行了扩展和改进: 提供了更为准确的各类土地面积估算,易于提供更为敏感的面积动态;提供了图面监测资料,更为直观地反映动态变化;可以平均减少现有地面调查工作量 50% 以上,节省监测经费 20% 左右;与信息技术紧密相联,便于对现有数据和图面资料进行更新。

2. 采用本方法进行森林资源监测,监测区域越大,效益越高,对地区有较强的适应性。对于交通不便,面积辽阔地区经济效益更高。

3. 遥感信息、土地和森林分类技术是本方法的技术关键。因此,利用遥感数据,结合地理信息系统及林学知识,补充单纯光谱数据的不足,是一个极有前景的发展方向。在我们的研究中已经进行初步的尝试,尚有待进一步提高。

4. 利用本方法能有效地进行类型成数样地和地面测树样地双固定,使 CFI 系统对动态的估计更敏感。本文主要介绍这一新方法,对于动态分析部分未作更充分的介绍。

5. 建立地理信息系统是本方法的另一关键环节,初查时,一次投入工作量较大,但是,复查时则其工作量将大幅度减少。

The Study of Methodology of Forest Resources Monitoring on the Base of Remote Sensing Techniques

Kou Wenzheng Xiau Yiaryu Zhang Reixi

(Academy of Forest Inventory & Planning, Ministry of Forestry)

Abstract

Forest resources possess strong dynamic characteristics. The improvement of the techniques used in monitoring forest resource changes will be of important significance in forest production. The method for combining remote sensing technique, GIS technique and forest continuous inventory technique has great potentiality in forest resource monitoring. The study conducted in Songjianghe Forest Bureau has proven the feasibility and superiority of the method.

This paper has explored the key technical links in applying the new method, provided the practical results of monitoring and exhibited the prospects for promoting the method in state-owned forest areas. Compared with the traditional methods, the new one will produce map data and reduce the ground workload by 50% and the cost by 20%.

Key words Forest resources Monitoring Remote sensing Geographic information
Continuous inventory

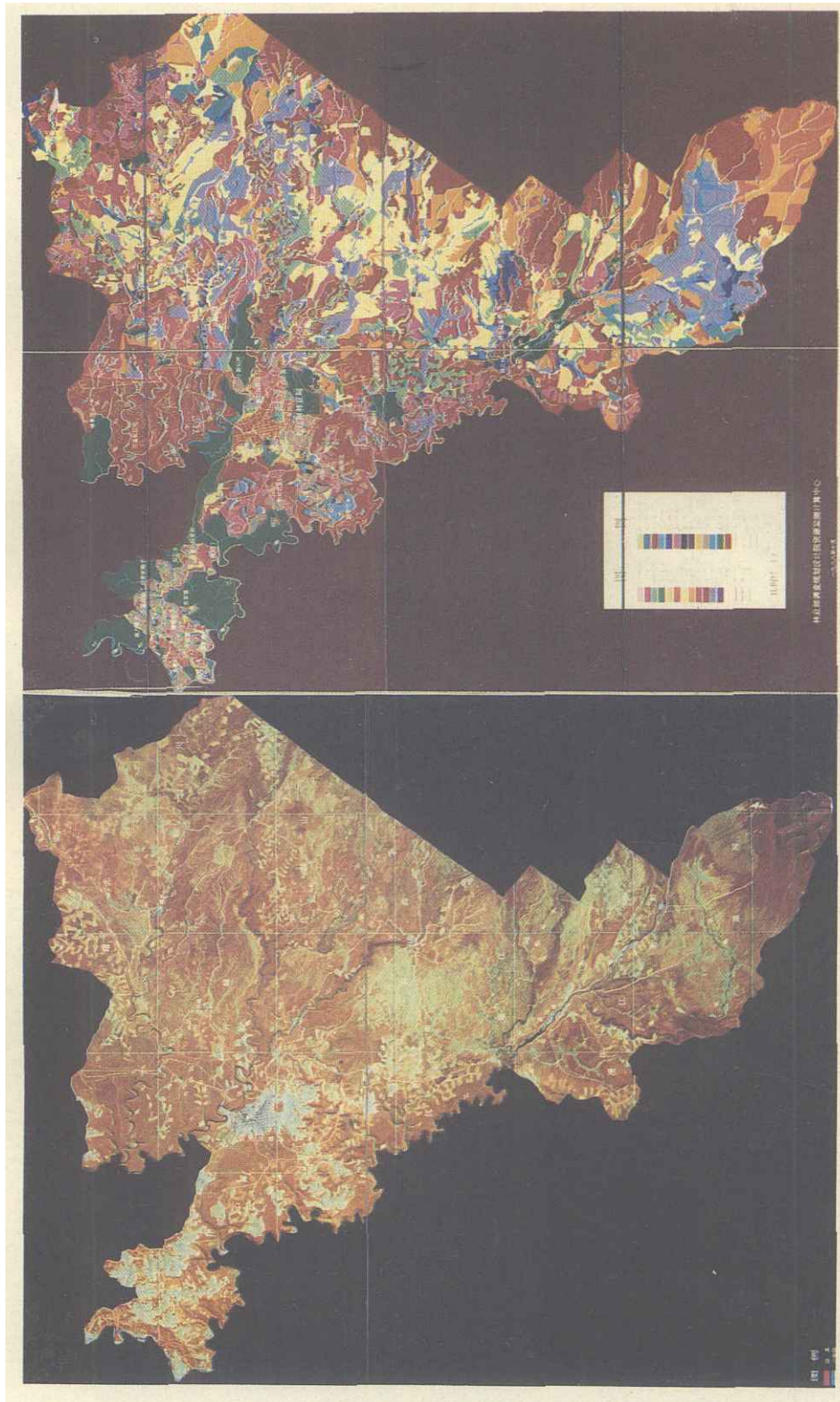


图 2 松江河森林分布图

图 5 松江河卫星影像图

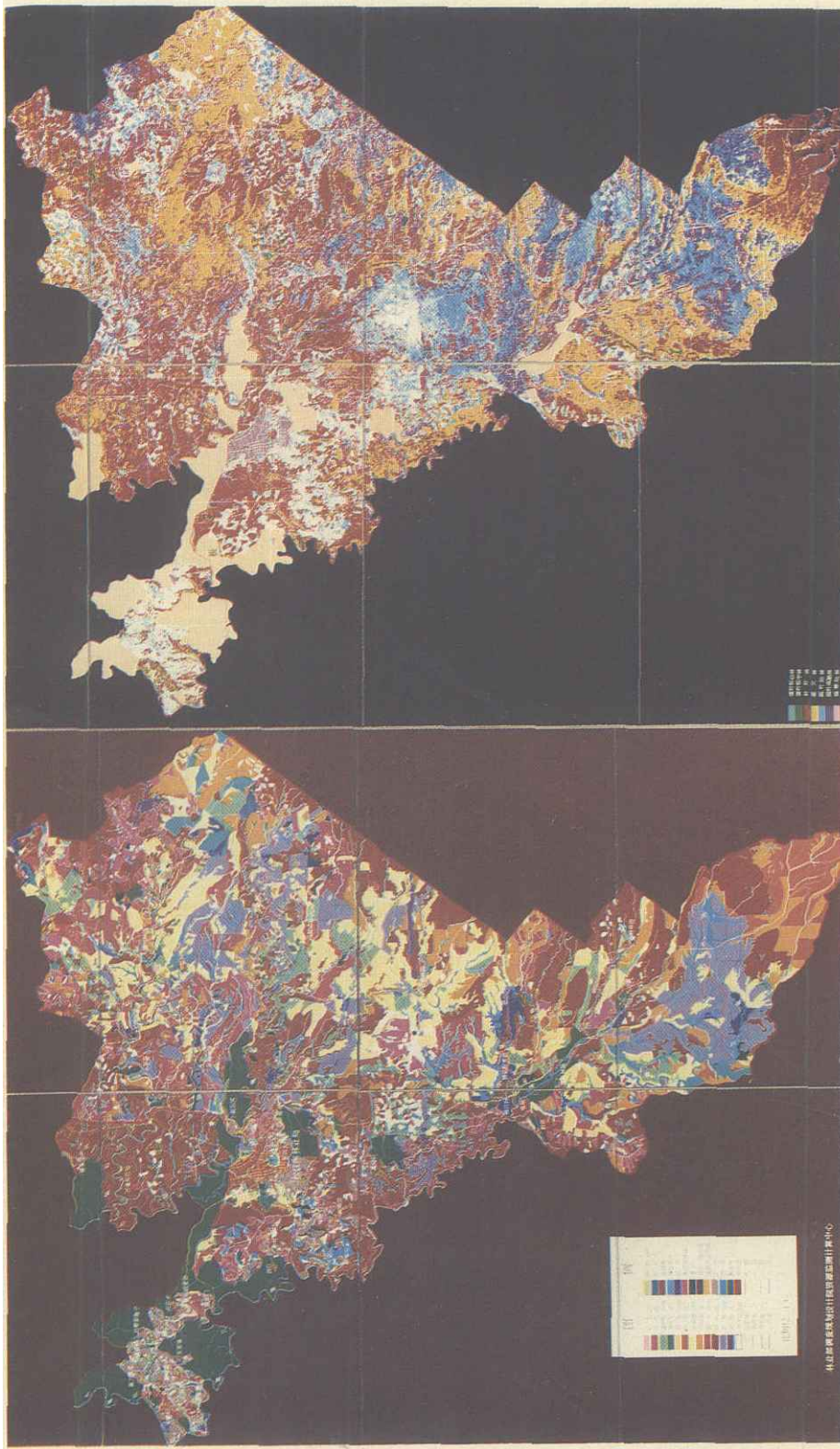


图 7 松江河计算机自动分类图

图 8 松江河森林更新图