

# 热带森林植被的动态变化遥感监测\*

李芝喜

(西南林学院, 昆明)

1991年8月26日收稿

## 摘 要

本文讨论了以热带森林植被为主体的再生资源的面积动态变化监测。研究中包括两个部分。首先, 我们利用多时相遥感图像对大面积的西双版纳州进行地类判读, 系统地分析了森林植被的动态变化。其次, 利用 Landsat MSS 和 TM 数据对自然保护区的动态变化进行了包含无监督分类和归一化差值植被指数分析的数字图像处理, 变化分类也相当符合实际。总的实验结果表明, 这种监测方法是很有效的, 可在再生资源监测中特别是在森林植被监测中加以推广应用。

**关键词** 热带森林植被 多时相遥感图像 归一化差值植被指数 动态变化监测

## 一、引 言

在人口增长, 资源危机和环境恶化的当今世界, 监测以森林植被为主体的陆地再生资源的动态变化, 无疑是一个普遍关心的问题。例如, 我国林业战略目标的第一项任务就是扩大森林覆盖率。森林资源监测就是落实战略目标的手段之一。因此, 探索技术上可行, 经济上合理的动态变化监测方法是一项很受重视的课题。

例如, 美国航空航天局和科学院制定了 25 年规划, 研究课题之一就是在遥感多阶抽样的基础上, 每隔 5 年清查一次国家森林资源, 并每年进行数据更新。

我国的森林资源监测, 目前主要用以定期重复地面测定固定样地为基础的连续森林资源清查方法 (CFI), 这种方法地面工作量大 (全国布设地面固定样地 25 万多个), 地类面积精度低。

卫星遥感的发展, 连续地提供包括森林植被信息的遥感数据, 为森林植被的动态变化监测提供了优越的技术手段。由于卫星遥感动态监测的优越性, 国内一些研究者曾进行了有关的试验。例如, 利用两个不同时相的亮度指数 (BI) 的河北南皮县土地变化监测<sup>[1]</sup>, 利用专家系统和植被差值的河北平泉实验<sup>[2,3]</sup>, 结合 GIS 和 CFI 的吉林松江河森林监测<sup>[4]</sup>, 等等。国外早期多用原数据差值分析, 近年来采用改进型的差值分析, 比如归一化差值植被指数 (NDVI)<sup>[5,6]</sup>。以上都是一些有益的尝试。本实验是在上述的基础上, 以排除伪变信息, 提高监测精度为研究重点, 同时根据西双版纳的实际情况提出了点面结

\* 该课题属世界自然基金会(原称世界野生生物基金会)西双版纳自然保护资助合作项目。参加该项目的还有西南林学院遥感室杨存健、范建蓉, 动物室杨元昌; 比利时根特大学遥感室罗伯特·都尔夫(Robert De Wulf)、罗兰德·古森 (Roland Goossens)、鲍德温·德罗文 (Boudewijn De Roover)、弗兰斯·吉拉德 (France Gerard)、布鲁诺·维比斯特 (Bruno Verbist); 世界自然基金会约翰·麦金农 (John Mackinnon)。此外, 西双版纳自然保护区也给了支持和帮助。

合相互配套的监测方案。

## 二、试验区概况

西双版纳地处热带北缘,气候湿热、雨量充沛、植物繁茂、动物丰富,素有绿色宝地之称。西双版纳自然保护区则是热带森林植被的缩影和精华。西双版纳的森林植被类型主要有:雨林、季雨林、常绿阔叶林、竹林、胶林、茶林、灌丛和草丛等。

西双版纳自然保护区以管理保护珍贵的热带雨林为重点,始建于1958年,1981年进行了全面规划并加强了管理保护工作,同年进行过林地动态变化监测<sup>[4]</sup>。目前急需进行动态变化的连续监测,反馈有关信息,以检验保护管理技术措施的效果。

## 三、研究方法

本研究采取了两个层次的配套监测方案。对于整个西双版纳自治州在原有的监测基础上采用多期遥感图像的连续监测技术,而其中的自然保护区(重点地区)采用两期遥感数据的植被指数差值分类监测技术,现分述如下。

### (一) 多期遥感图像连续监测

以全州为一总体,总体地类面积随时间的变动而变化,为此需要以适当的间隔期对同一对象重复判读测定具有可比性的数据进行动态变化分析。

#### 1. 实验使用的遥感图像

实验研究中先后监测使用的图像有:

- (1) 1956年2月摄影的全色黑白航空像片,比例尺为1:40,000;
- (2) 1973年3月2日扫描的 Landsat-MSS 图像,判读图像比例尺为1:250,000;
- (3) 1981年2月摄影的全色黑白航空像片,比例尺为1:40,000;
- (4) 1988年2月2日扫描的 Landsat-TM 和1988年2月16日记录的 SPOT-XS,判读比例尺前者为1:80,000,后者为1:40,000。

#### 2. 地类判读

地类判读时,卫星图像采用成数抽样判读,航空像片采用面积样本随机抽样轮廓判读。

(1) 卫星图像成数抽样判读 成数抽样的实质是0—1变量的简单随机抽样。当*i*个样点的定性数据属某地类时为1,否则为0,不具兼容属性。成数抽样遵从二项分布律。当成数样本单元数充分大时,样本的成数直接反映总体成数。所以首先要进行样本单元数的计算,而后进行样点布设、样点判读和地类面积的统计,最后进行判读点的实地检查和修正。经卫星图像判读结果(见表1)。其中1973年有林地覆盖率37.98%,未作检查改正的计算精度为99.0%;1988年覆盖率为33.72%,实地抽测精度为87.8%。

(2) 航空像片随机抽样面积样本的轮廓判读 由于全州航空像片数量相当多,工作量比较大,所以采用随机不等概率抽取面积样本进行地类轮廓判读,面积样本做到块块对

应。利用辐射线转绘仪 (YP-1 型) 进行立体像对的平面转绘, 而后进行地类面积统计。地类面积计算时, 采用随机不等概方法计算方差和精度。经航空像片判读结果 (见表 1), 其中 1965 年有林地覆盖率为 46.46%, 计算精度为 82.8%; 1981 年覆盖率为 31.69%, 计算精度为 92.7%。

表 1 1965、1973、1981 和 1988 年有林地面积

Table 1 Forested Area in 1965, 1973, 1981, 1988

1965		1973		1981		1988	
ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
893,062	46.46	730,001	37.98	609,174	31.69	664,030	33.72

### 3. 动态变化分析

利用多期遥感图像判读所得的有林地面积和覆盖率, 通过前后时期进行对比分析得到了有林地面积的动态变化, 见表 2。

表 2 1965—1988 年期间林地面积的变化

Table 2 Forested Area Changed During 1965—1988

期 间	林地面积减少数		林地面积每年减少数	
	ha	%	ha	%
1965—1973	163,061	8.48	20,283	1.06
1973—1981	120,827	6.29	15,103	0.79
1981—1988	-54,856	-2.03	-7,837	-0.29
1965—1988	229,032	12.74	9,958	0.55

表 2 数据表明, 23 年间所含的 3 个时段的变化是不一致的, 其中 1965—1973 年间森林面积衰减较大, 1973—1981 年间仍在衰减 (稍有控制), 1981—1988 年间略有回升。但就总的来说是处于剧烈的衰减过程之中, 所以必须加强管理保护工作。

## (二) 两期遥感数据差值分类监测

自然保护区的林地动态变化监测采用差值分类的数字分析法, 使用的遥感数据有 1973 年 3 月 2 日的 Landsat-1 的 MSS 数据, 1988 年 2 月 2 日的 Landsat-5 的 TM 数据和 1988 年 2 月 16 日的 SPOT-1 的 XS 数据。监测分析使用了比利时根特大学森林遥感室的带有 S600 软件和配有 I'S Model-75 连接着 Vax 微型计算机的图像处理系统。

数字图像处理包括以下步骤:

### 1. 分类处理

(1) 图像配准 对相应的窗口数据在几何纠正的基础上进行复合配准试验, 由于 Landsat 与 SPOT 卫星轨道和成像机制的差异, 加之控制点的限制, 配准不够理想, 所以只采用了 Landsat 数据, 以 1973 年春的 MSS 与 1988 年春的 TM 进行变化分析。

(2) 主成分分析 为了压缩波段信息和消除噪声, 并且使 MSS 与 TM 信息量均

衡,先分别对 MSS 和 TM 数据进行主成分分析。在此基础上,选取信息量较大的 MSS 和 TM 新通道数据合并再进行主成分分析。最后选择信息量较大而受山地阴影干扰较小的两个新通道数据进行分类。

(3) 聚类分析 利用选取的两维数据进行聚类分析,以获取含有两期动态变化的无监督分类数据。

## 2. 差值分析

(1) 归一化差值植被指数分析 为解决图像分类与目标属性之间的相应关系。采用前期(1973)与后期(1988)的归一化差值植被指数 (NDVI) 分析。
$$NDVI = \frac{Ch_2 - Ch_1}{Ch_2 + Ch_1}$$
( $Ch_2$  为含有近红外信息的波段,  $Ch_1$  为红光波段)。

(2) 变化类型的标定 标定采用特征空间控制,以  $NDVI_{88}$  为纵轴,  $NDVI_{73}$  为横轴,绘制散点图, (例如图 1)。根据已知的没有变化的土地类型和森林植被类型的点位分布作为特征空间变化的控制范围。 $NDVI_{88}$  与  $NDVI_{73}$  两者数据相近者被认为是没有变化的类型, (其中两者均偏低为无变化的农地和裸地, 两者均偏高属无变化的森林),  $NDVI_{73} > NDVI_{88}$  为采伐迹地和新垦农地,  $NDVI_{73} < NDVI_{88}$  则为新出现的森林。更进一步的详细分类在标定的控制空间内可根据单时相的原光谱数据的分类数据进行划分。

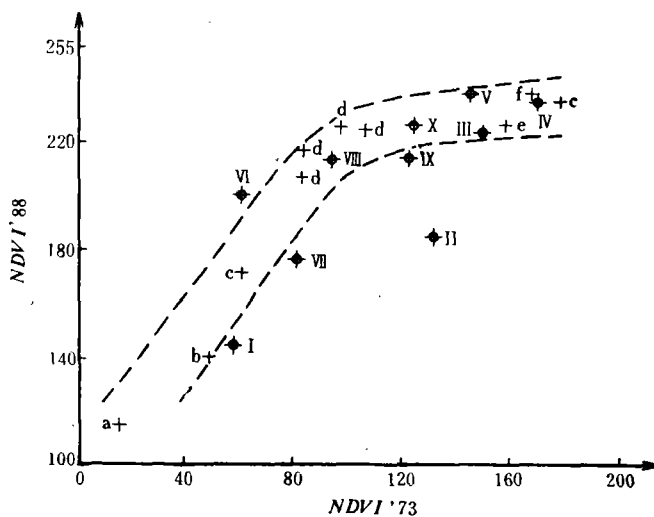


图 1 1973 年和 1985 年的归一化差值植被指数散点图

Figure 1 Scattergram of NDVI 1973 and 1988

- a. 裸地、村庄、稻田 b. 火烧迹地 c. 草丛 d. 农业用地 e. 阴坡森林 f. 森林  
 I. 固定的农地 II. 新垦农地 III—V. 含有质量变化的林地 VI. 新出现的植被  
 VII—X. 含有地类变化的土地

(3) 变化分类图像的输出 根据有关自然保护区的具体情况按标定数据进行分类。一般包括有林地、疏林、农地、消失的森林、新出现的森林、水体等。在彩色喷墨变化分类图像上对不同的类别赋予不同颜色。根据输出图像及统计数据表明, 1973—1988 年期

间,自然保护区内森林植被有所恢复,包括有些林中空地已郁闭成林,疏林发展为密闭的有林地。但是,在自然保护区的周围森林植被仍在继续衰减。因此,动态监测信息闭明,必须加强保护区周围的管理保护工作。

## 四、结果与讨论

(一) 利用遥感技术对西双版纳及其自然保护区的热带森林植被进行了点面结合的动态变化监测,其结果经地面实况验证,基本属实。从工作方法看,为结构极为复杂的热带森林植被的动态变化监测,探索了一条新路。作为实际应用,所获得的两双版纳及其自然保护区的动态变化信息,为珍贵的热带森林植被以及整个再生资源的经营管理保护提供了有价值的信息。

(二) 多期遥感图像对全州进行了动态变化监测,提供前后时期的林地面积和覆盖率的变化数据。这种监测是构筑在多期遥感图像的基础之上,采取重复地判读测定,形成连续的监测体系。连续监测只要加强判读训练,统一地类判读标准和做好判读验证即可保证监测精度。

(三) 两期遥感数据对自然保护区(重点地区)的差值分类监测是直接获得前后期之间的变化分类图像和变化数据的方法。

(四) 该项研究工作中,我们对排除伪变信息提高监测精度方面作了如下的考虑:

(1) 季相特征的一致性。森林植被在一年之中由于生长发育随季节而有周期性的变化。季节不同,森林植被的波谱反射也不同。因此,季相特征一致才能排除年周期性变化。季相特征的变化北方地区比南方地区更明显。为此,本试验中均选用春季的遥感数据。

(2) 有效的间隔期。前后两期遥感数据,时间跨度太短,不足以反映林地的缓程动态变化。所以本试验采用了 5 年以上的间隔期。

(3) 数据的匹配。考虑到林地动态变化是监测有林地的消长,因此选取与森林植被有关的 MSS4, MSS5 和 MSS7; TM2, TM3, TM4, TM5 和 TM7。鉴于光谱波段范围不一致,为此本试验中,先分别 MSS, TM 进行主成分分析进行压维处理,使两者信息均衡,并力求有相同的概率分布和相近的平均数和标准差。

(4) 变化类型的标定。变化类型的标定是动态监测的技术关键之一,本试验中采用了以植被叶绿素为基础反映森林植被比较敏感的归一化差值植被指数(NDVI)分析。在分析中使用绿色植被强反射的近红外光波段,和绿色植被吸收的红光波段,按  $NDVI = (\text{近红外通道} - \text{红光通道}) / (\text{近红外通道} + \text{红光通道})$  式计算。根据计算结果绘制特征空间图,利用已知没有变化的土地类型和森林类型的点位分布区间,作为消长的分界线,以保证变化类型标定的准确性。

以上是在该项试验研究中,对排除伪变信息提高监测精度所作的努力。其内容主要是针对两期卫星遥感数据变化分类的计算机图像处理而展开的。但是就其原则来说,对多期遥感图像的连续动态监测也是适用的,也仍然要考虑季相特征一致,具有有效的间隔期,图像和数据也要匹配,类型标定合理,才能排除伪变信息以提高动态监测的精度。

## 参 考 文 献

- [1] 王杰生、戴昌达、胡德永,土地利用变化的卫星遥感监测,环境遥感,4(4),243—248,1989。
- [2] 张美青、徐冠华,华北地区森林动态监测专家系统的研究,再生资源遥感研究,中国林业出版社,157—162,1990。
- [3] 许定成、游先祥、韩熙春,应用 MSS 数字图像处理进行森林动态监测的探讨,环境遥感,6(2),106—112,1991。
- [4] 寇文正、肖燕子、张瑞玺,应用遥感技术进行森林资源监测方法的研究,环境遥感,5(2),102—109,1990。
- [5] Michael F. Jasinski, Sensitivity of the Normalized Difference Vegetation Index to subpixel canopy cover, soil albedo, and pixel scale, Remote Sensing of Environment, Vol. 32, No. 2 & 3, pp. 169—188. 1990.
- [6] Francois Becker, Bhaskar J.Choudhury, Relative sensitivity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Microwave Polarization Difference Index (MPDI) for vegetation and desertification monitoring, Remote Sensing of Environment, Vol. 24, No. 2, pp. 297—311. 1988.
- [7] 李芝喜等,西双版纳森林面积动态监测试验,《中南林业调查规划》,第1期,17—19,1982。

## Monitoring of Tropical Forest Vegetation Change Using Remote Sensing

Li Zhixi

(Southwest Forestry College, Kunming)

### Abstract

The Monitoring of dynamic change of forest area in tropical forest vegetation of Xishuangbanna Prefecture has been discussed in this paper. There are of two parts being included:

1, Using multitemporal remote sensing imagery to interpret forest area change of Xishuangbanna Prefecture.

In monitoring of the forest area dynamic change, used of multitemporal remote sensing imagery are: (1) aerial photographs Feb-1965; (2) Landsat MSS 02-Mar-1973; (3) aerial photographs Feb-1981; (4) Landsat TM 02-Feb-1988 and Spot XS 16-Feb-1988.

According to multitemporal remote sensing imagery interpretation, the forest area in 1965, 1973, 1981 and 1988, of Xishuangbanna Prefecture have been calculated. Results from calculation showed that about 33.72% of the total area of Xishuangbanna Prefecture is covered by tropical and subtropical forest in 1988. But, according to the interpretation of aerial photographs of 1965, the forest area was 46.46% of the whole Prefecture. The comparison of the forest area showed that the decrease rate is about 0.55% per year.

2, Using difference imagery to analyse forest area change of nature reserves.

Forest area change in nature reserves has been studied by means of digital analysis of Landsat MSS (1973) and TM (1988) images. An unsupervised classification consisting of principal components analysis followed by a clustering procedure was adopted. The normalized difference vegetation index (NDVI) was used as a measure to assess the change in vegetation amount.

It was provisionally concluded that degradation of forest area have ceased inside the nature reserve, while outside the nature reserve boundaries, forested area have decreased significantly.

The results showed that this method was effective and could be extensive used in renewable resources especially forest vegetation monitoring.

**Key words** Tropical forest vegetation Multitemporal remote sensing imagery Normalized difference vegetation index Dynamic change monitoring