

中国热带林遥感探索:分类方法与调查方案

赵宪文

摘要 在分析了世界热带林研究现状、我国热带林特点及研究进展后,从中国的热带林研究出发,重点探讨了分类方法和调查方案。提出了研究区域性、乃至全球热带林的遥感方法。并指出宏观监测时遥感方法是不可代替的。在分类方面,建议在水热条件和高程预分类后,用遥感数据确定林分郁闭度,从而完成分类的方法。在调查方案中,提出了宏观和局部评估其面积和蓄积的方法,并用数据证明了可行性,同时与亚热带和温带的试验结果进行了比较。

关键词 热带林、遥感分类、资源调查

热带林研究可追溯到本世纪初,由 Büsgen 和 Jentsch 在多哥和喀麦隆的一些研究^[1]。但对热带雨林的重视和大规模研究是近 20~30 a 的事。

中国热带林是世界热带林的一个组成部分,但不十分典型。这正是需要研究它的原因之一。另一个原因是中国热带林正以 2.0% 的速度在消亡,远远高于世界热带林消亡的速度,必须引起重视,研究对策。本文就热带林的遥感分类方法和资源(也是一种生物量)调查方案进行讨论。这是热带林研究中的两个重要问题。

1 热带林遥感分类方法的研究

1.1 背景

1938 年,英国的 Bartt Dary 首次提出了热带林分类系统^[2],揭开了热带林研究新的一页。多年来研究者们从不同角度,以不同因子、不同地域和不同方法进行了分类,使热带林分类十分繁杂混乱,正如 Küchler 指出的那样:现在的问题是缺乏统一而能为大家所接受的术语^[3]。

植被类型区分的主要依据是植物的种类成分和群落外貌。由于在某些地区,特别是热带林区,单位面积内植物种类很多,许多地区缺少植物志方面的资料,使得根据植物种类成分区分植被类型受到很大局限。

用外貌分类较为直观,如 Raunkiaer C. 在 1934 年就用高度进行了分类,此后,由 Küchler A. W. 等加以完善发展^[3]。又如 Brueing E F 把热带林分为常绿雨林和落叶雨林^[4]。

由于群落的外貌并不总是很明显地与生境相联系,因此在分类时总是附加许多辅助用语,如气候、土壤和地形等因子。如 Chandra G. 据雨量把印度森林分为:热带常绿林、亚热带落叶雨林、亚热带干旱落叶林、热带荆棘林、山地森林、海岸沼泽林^[5]。而 Mark C. 却按海拔高把亚马逊地区雨林分为:低地雨林、红树林、山地雨林^[6]。

世界各地都据当地的森林与环境特征提出众多分类体系,使“分类”标准各不相同。联合国教科文组织曾为国际性植被分类法作过努力^[3],但遗憾的是没有考虑到去使用能大大加快野外工作速度的遥感资料。在这方面,Howard J. A. 和 Shunji M. 进行了有意义的探索,Howard

1994—09—26 收稿。

赵宪文研究员(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091)。

J. A. 提出了立足于遥感技术的植被分类方法^[3],把用航空影像确定的群落高,作为分类的主要依据,用卫星图像和航空像片“两阶”抽样来确定植物群系。分为森林(大于20 m高),疏林(5~20 m高),高灌木林(2~5 m),低灌木林(小于2 m),并为此设计了一种立体测像器。但由于许多地区缺乏航空像片,以及在航片上测高较困难,此法的推广受到一定局限。且此法在一些方面还有传统分类的印记。而 Shunji M. 的分类方法则又向遥感技术靠近了一步^[7]。正象他所说:在全球范围内不宜用常规定义来套用,应当用卫星数据来分类。他用卫星数据构成的植被指数对群落进行了分类。用 NOAA AVHRR 数据进行垂直植被指数计算: $NVI = (IR - R) / (IR + R)$ 。把土地分为如下类型(表1),对全球进行监测。此法充分利用了航天遥感信息和宏观监测的优势,但该法要通过一个观测过程来确定。

由此可见,多年来科学工作者力图从各个角度对热带林进行分类,在面向全球监测时,遥感方法的应用是必然的,而且常规的定义已不适用。本文所推荐的是完全采用航天遥感资料的方法:选择适当季节(干旱或落叶季节)的 NOAA 资料来确定群落类型,并用 TM 等高分辨率的图像来纠正(关于用高分辨率图像校正 NOAA 资料的方法有专门文章研究讨论)。具体方法是用纬度确定热量

带,用高程确定森林类型,然后用遥感方法确定其郁闭度。因为在当前世界热带林研究中,郁闭是一个十分重要的指标,遥感资料能否用于森林郁闭度的区分?在此将讨论郁闭度和其它地面测树因子与遥感资料的相关关系,探讨用遥感资料直接进行监测的可能性。

1.2 方法

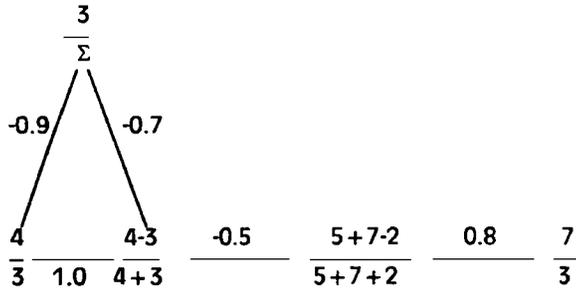
(1)在亚热带、热带林区,通过逐步回归和筛选,找到表达生物量较好的比值项:4/3、7/3、(4-3)/(4+3)、(5+7-2)/(5+7+2)和3/(1+2+3+4+5+7)。在现地调查因子中,选择蓄积量、株数和郁闭度等因子,并通过计算找到这些项间的关系^[8](表2)。

表2 各因子之间的相关关系

比值项与 测树因子	$(5+7-2)/$ $(5+7+2)$	$3/\Sigma$	7/3	$(4-3)/(4+3)$	4/3	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>P_c</i>
$(5+7-2)/$ $(5+7+2)$	1	0.5	0.8	-0.5	0.3	0.4	-0.3	0	0
$3/\Sigma$		1	-0.3	-0.7	-0.9	0	-0.1	0	0.1
7/3			1	0.13	0	0.4	-0.3	-0.2	-0.1
$(4-3)/(4+3)$				1	1	0.2	0.1	0.1	0
4/3					1	0.3	0.2	0.1	0
<i>M</i>						1	-0.7	-0.6	0.6
<i>P</i>							1	0.4	0.7
<i>N</i>								1	0.6
<i>P_c</i>									1

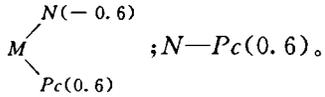
注:*M*——立木蓄积/hm²; *N*——株数/hm²; *P*——目测郁闭度; *P_c*——计算疏密度。

由表中可见:①这些因子间有较好的相关,有的已达到函数关系:



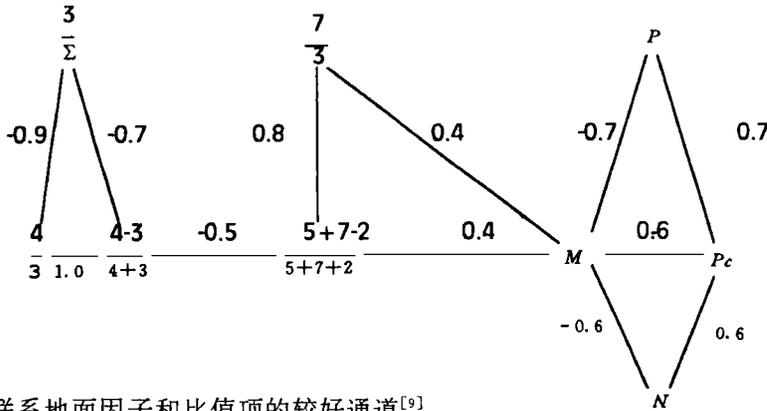
当分析因子关系时可考虑到上述关系,当然,也可看到有些比值项间独立性较强,此关系可供分类时参考。

②在地面调查因子间有较紧密的相关关系,如: $M-P(-0.7)$; $P-P_c(0.7)$;



从上述关系中可看出, M 和 P_c 与各项现地调查因子关系更为紧密。

③在遥感影像比值项与现地调查因子的相关关系中,一般均不紧密,比温带林的相关低。仅有 M 项与比值项有稍好的关系,现将关系表示如下:



蓄积量是联系地面因子和比值项的较好通道^[9]。

(2)对用遥感资料直接进行分类的设计如下:首先据纬度平均温、雨量,确定出热带的范围,如在 $23.5^\circ N$ 以南,年均温 $22\sim 26^\circ C$,雨量 $> 1500\text{ mm}$ 为热带。然后,再按海拔高确定雨林的类型^[10]。

- 例如:季节性雨林 海拔高小于 1000 m ;
- 落叶季雨林 海拔高 $1000\sim 1100\text{ m}$;
- 山地雨林 海拔高 $1000\sim 1300\text{ m}$;
- 季风常绿阔叶林 海拔高大于 1300 m 。

通过云南的实践表明:海拔高在这种地区对划分类型是十分有用的。最后用比值项来确定郁闭度:首先用 $7/3$ 和 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 求出 M ,然后用表达 M 和 P 的关系式求出 P 。试算如下:

采用在亚热带、热带地区野外准确定位、测定的 79 个样地调查材料,对上述构思进行了计

算。用 $7/3$ 和 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 两种比值项与蓄积量的相关式

$$y = 335.73 - 208.753x - 116.477x^2 + 89.324x^3 \text{ (相关系数 } r = 0.42; \text{ 自变量 } x \text{ 为 } 7/3);$$

$$y = 273.538 - 242.447x + 20.201x^2 - 195.751x^3 [r = 0.406; \text{ 自变量 } x \text{ 为 } (5+7-2)/(5+7+2)]$$

求出各实测样地相应的遥感估计值,然后再由蓄积与郁闭度的关系式求出郁闭度。其方程为:
 $y(\text{郁闭度}) = 0.608 - 0.614e^{-0.1x}$ ($r = -0.91$; x 为遥感估计值);与现地郁闭度计算值相比,表明:完全由遥感信息计算判定的林分郁闭度,其正确率为 69.3%,接近 70%。在极少有地面资料,并进行大面积宏观监测时,不失为一种可参考的办法。当地面样地增加时,则正确率会有所提高。

2 热带林遥感调查方案探讨

2.1 背景

热带林的调查研究较少,因为热带林大多数处于落后地区,一般来说交通不便,林内环境复杂,单位面积上蓄积量跳动较大。这些均与温带林迥然不同。

1850 年,带状调查被介绍到缅甸,1955 年, F. Loetsch 在热带林采用了“线上样地法”^[11]。

中国在热带雨林调查方面还未形成一套完整的方案,多套用温带林方法。近来的一些研究也都局限于传统方法分类和某些基础性研究。

本文就航天遥感方法用于热带林调查方案的初步构想(表 3)进行探讨,且仅限于面积和蓄积估测。

表 3 方案构想

估测规模	方 法
宏 观	面积: NOAA 资料用高分辨率图像修正 蓄积: 高分辨率图像多元回归
局部地区	面积: 高分辨率图像抽样 蓄积: 高分辨率图像多元回归两阶抽样

2.2 方法探讨

2.2.1 宏观范围估测 即在一个地区,如东亚、中东、欧洲等,及至全球范围内的估测。

2.2.1.1 面积 NOAA 卫星资料进行大范围估测。NOAA 卫星分辨率较低,星下点 1.1 km,因此宜于宏观监测,使数据量大为减少,况且有较高的时间分辨率,对动态监测提供了有利的手段。NOAA 资料是当前应用较广的一种,如气象预报、估产、灾害等方面的监测等。在对全球乃至大区域监测时,其面积可直接用 NOAA 资料估测,在面积小于上述范围时,需用较高分辨率的卫星资料修正(关于这一工作,另有文章专述)。

2.2.1.2 蓄积 在面积估测的前提下研究蓄积,实质上是一个单位面积上的森林立木蓄积问题,自然也要在较高分辨率的资料基础上进行。

为在热带、亚热带地区摸索用遥感资料直接估测蓄积量的方法,用固定样地实测作基础,在云南进行了局部试验,其研究的初步结论归纳如下:

(1) 仍然采用遥感影像的密度比值与蓄积的多元回归方法^[12]。实践表明,增加比值项的多元回归,相关程度比仅有波段值的多元回归相关程度提高 0.2,这一点与在温带、亚热带的研究是一致的^[12,13]。

(2) 在本区估测蓄积,较好的波段比值,经逐步回归筛选为 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 、 $7/3$,现将上述结果与在温带、亚热带林的研究比较列于表 4。

(3) 由表 4 可见,在热带、亚热带地区的蓄积估测难度较大,原因是单位面积的蓄积跳动太

表 4 三种地带试验结果比较

地带及试验点	温带(河北)	亚热带(广东)	热带、亚热带(云南)
单波段值估测蓄积时的相关系数	$r=0.48$	0.59	0.40
加上比值项后的相关系数	$r=0.73$	0.83	0.60
估测蓄积时较好的比值	$4/3, (4-3)/(4+3)$ (TM)	$(7-5)/(7+5);$ $(4 \times 5)/7; 7/5$ (MSS)	$(5+7-2)/(5+7+2);$ $7/3$ (TM)
分流域建方程后,相关的改善	$r=0.84$	未作	未作

大,季相变化很小,没有温带林春、秋季的明显变化。

(4)现以云南固定样地作真值,对本次遥感估测进行评定:

在此,用单位面积上的蓄积相比,即可得出估测误差,随机抽取 30 块样地,用各个取值代入,用不同算法求出不同的相关式,求出蓄积的理论估计值,与实际测定值相比,即可估算出估计误差。下面给出了 30 组计算值(表 5)。

用估测值与真值相比较, $(194.0-164.2)/194.0=0.15$,其误差为 15%。而一元估测误差为 26%。由此可见,多元估测方法在本区实测精度可达 85%。

2.2.2 局部估测 旨在省以下的估测。

表 5 几种估算值与真值比较

(单位: m^3/hm^2)

序 号	多元方法估测的蓄积值	用 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 一元方法算出的蓄积值	用 7/3 一元方法 算出的蓄积值	真 值
1	23.1	132.9	143.7	39.1
2	203.8	154.1	161.7	220.1
3	25.4	148.2	151.3	107.2
4	150.7	123.9	134.1	266.5
5	163.3	134.7	124.7	131.7
6	163.1	121.5	122.7	262.9
7	149.3	121.6	141.7	162.8
8	192.2	123.9	127.5	226.9
9	146.4	147.2	69.2	251.4
10	108.7	79.9	66.5	178.7
11	114.8	91.8	76.3	76.6
12	116.7	93.1	87.8	110.5
13	229.8	159.8	146.9	260.6
14	67.0	86.1	83.4	148.2
15	418.2	287.9	195.2	374.5
16	91.9	65.6	62.9	58.2
17	174.5	236.4	201.6	80.3
18	106.7	53.5	60.9	202.1
19	273.4	170.1	203.4	257.8
20	191.1	105.2	110.6	159.3
21	98.9	61.7	73.8	154.4
22	298.6	330.0	335.7	273.8
23	130.6	121.2	110.6	62.6
24	86.4	85.2	84.5	105.1
25	103.4	128.8	119.6	352.0
26	332.0	273.0	290.0	432.7
27	209.2	101.5	99.8	310.3
28	156.2	172.0	177.1	121.8
29	208.8	173.9	187.8	325.5
30	191.8	195.1	299.5	133.0
平均	164.2	142.7	141.7	194.0

2.2.2.1 面积 可用以下两种方法:

(1)主要采用 TM 图像,通过抽样判读来估测。然后用抽出的不到 5%的样地,进行现地核实,对初判结果进行修正。此法可用于不成图的任务。

(2)用卫片,据解译标志进行成图后求积。

后者精度较高,前者较省时方便。通常,林地与非林地面积区分正确率可达 92.34%,亚热带达 96.56%。

2.2.2.2 蓄积 采用两种方法估测,一种多元回归(如上所述),另一种用整群抽样,因为当地交通不便,此法可体现高效率。

2.2.3 地面样地设置 建议用角规样地,云南热带林的实践表明,此法方便操作,测定的蓄积值较之方形样地稳定。

以上全面讨论了用遥感方法进行分类和资源估测的问题,尽管还有许多局限,但已显示出其应用潜力,可大大减少地面工作量,关键是运用得当,方法正确。本文仅给出建议的试验方案和部分参考数据,供参考。

参 考 文 献

- 1 Jeffrey A S. The conservation atlas of tropical forest AFRICA. London. 1992.
- 2 蒋有绪,卢俊培等. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统. 北京:科学出版社,1991. iii.
- 3 霍华德 J A,谢德 J. 适于遥感使用的标准化植被分级分类法. 罗马:联合国粮农组织,1982. 1~12.
- 4 Bruenig E F. Tropical forest resources. Proceedings, Global change: effects on tropical forest, agricultural, urban and industrial ecosystem. Bangkok, 1991.
- 5 Vasant Desai. Forest management in INDIA-issues and problems. Bombay:Himalaya Publishing House, 1991.
- 6 Mark Collins. The last rain forests. New York Oxford University. 1990.
- 7 Shunji Marai, Yoshiaki Honda. Global change monitoring of the biosphere using NOAA vegetation index and geo-information. Proceedings, Global change: effects on tropical forests, agricultural, urban and industrial ecosystem. Bangkok, 1991.
- 8 赵宪文. 多波段影像比值增强的方法研究. 林业科学,1984,20(3):327~331.
- 9 赵宪文. 用航天遥感数据估测森林蓄积的一个新方法. 林业科学研究,1988,1(2):148~152.
- 10 西双版纳自然保护区综合考察团. 西双版纳综合考察报告集. 昆明:云南科技出版社,1987. 92~93.
- 11 洛茨 F,哈勒 K E,佐勒 F(林昌庚,沙琢等译校). 森林资源清查. 北京:中国林业出版社,1985. 5~110.
- 12 赵宪文. 用波段比和多元分析方法进行森林分类和蓄积量估测的研究. 见:中国地理学环境遥感分会编. 资源遥感研究文集. 北京:科学出版社,1987. 117~132.
- 13 赵宪文. 直接用卫星照片估测一个县(局)的森林分布及蓄积量的初步尝试. 广东林业科技通讯,1984,(2):18~21.

Study on Remote Sensing in Tropical Forests: Classification Method and Inventory Plan

Zhao Xianwen

Abstract After analyzing the present condition of tropical forest in the world and the features of tropical forest in China as well as its research in the past. Two problems that happened at first in the research of tropical forest have been emphatically studied, i. e. the classification method and inventory plan. Based on the research of the tropical forest in China, the method of remote sensing was put forward to study the regional or even the globe's tropical forest. Meanwhile, it should be pointed out that under the premise of macroscopic monitoring, the remote sensing method can't be replaced. In the aspect of classification, a method was suggested, which was based on the pre-classification of using weather conditions (precipitation and temperature) and elevation, and then used remote sensing data (density value) to identify vegetation coverage. In the aspect of inventory plan, the method of assessing area and growing stock in a certain area or in a large area, was put forward. In the meantime, among the experimental data, a comparison was made between the tropical, subtropical and temperate forest. It shows that the method is promising.

Key words tropical forest, resources, classification, remote sensing

Zhao Xianwen, Professor (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF Beijing 100091).