

引用格式:Feng Qi, Chen Erxue, Li Wenmei, *et al.* Tropical Forest Mapping Technology Study Using ALOS PALSAR Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(3): 436-442. [冯琦, 陈尔学, 李文梅, 等. 基于 ALOS PALSAR 数据的热带森林制图技术研究[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(3): 436-442.]

# 基于 ALOS PALSAR 数据的热带森林制图技术研究

冯 琦<sup>1,3</sup>, 陈尔学<sup>1,3</sup>, 李文梅<sup>1,3</sup>, 王馨爽<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 西安科技大学测绘学院, 陕西 西安 710054; 3. 国家林业局遥感与信息技术重点开放性实验室, 北京 100091)

**摘要:**热带森林地区生物量占全球森林总生物量的 40%, 对于维护全球碳平衡具有重要的意义。为了给热带森林的变化监测提供有效的基础数据, 采用面向对象分类方法, 基于 K&C(Kyoto and Carbon)PALSAR 正射校正合成产品数据, 研究了利用多尺度分割、特征提取及规则集建立等方法进行热带森林制图。结果表明:极化比值(HV/HH)对森林较敏感, 所采用的分类方法能够很好地识别出森林, 两个时相的分类结果也能够清楚地反映森林的变化情况。

**关 键 词:**ALOS PALSAR; 面向对象; 变化监测; 森林制图

**中图分类号:**P 237; TP 79      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-0323(2012)03-0436-07

## 1 引 言

热带森林覆盖了地球上大部分区域, 在全球碳循环与环境变化中发挥着重要作用<sup>[1]</sup>, 它不仅是经济资源, 还是重要的生态资源, 然而许多国家和地区只注重其经济效益忽视其生态效益, 不断采伐森林、占用林地来获取经济利益, 以致热带森林濒临消失。另外, 东南亚一些国家和地区由于林业管理体制不完善、民众利益冲突等问题的存在, 致使这一现象未能得到很好的控制。在全球气候变化和环境保护的大背景下, 亟需评价热带森林的地位及其动态发展变化, 而大区域的森林制图则是变化监测的基础, 这就需要发展更加有效的森林制图技术。

遥感技术的发展使得森林制图技术不断提高, 热带森林地区常年为多云雨天气, 光学遥感的应用受到了限制, 而合成孔径雷达(SAR)以其全天时、全天候的独特优势成为了热带森林制图的重要数据来源。自 2000 年开始, Kyoto and Carbon (K&C)为

全球环境保护、碳循环的研究提供了数据保障, 2006 年, 日本发射了高级陆地观测卫星, 携带多个传感器, 其中, SAR 传感器获得的 L 波段的极化 SAR (PALSAR)数据经常应用于森林变化监测研究, 主要因为 L 波段的微波能够穿透森林冠层<sup>[2]</sup>, 并且能够凸显森林与非森林的差别<sup>[3]</sup>。

随着 SAR 图像分类技术的发展, 许多分类方法已被应用到制图技术中, 比较常用的方法有最大似然法、最小距离法、Wishart 分类、神经网络分类、随机森林分类等<sup>[4]</sup>, 在以往的研究中, 这些方法大都是基于像元的, 其不足之处主要表现在: 首先, 基于像元的分类方法是以像元为单位, 以地物的光谱及空间信息为特征进行的, 适用于多波段的遥感影像, 对于较少波段的影像, 因其不考虑影像的结构特征及对象的拓扑关系, 得到的精度往往较低<sup>[5]</sup>; 其次, 大区域的森林制图所用的数据量较大、覆盖范围广, 若以像元为单位, 数据处理速度慢; 再次, 基于像元的分类方法受噪声影响大, 通常会出现“椒盐”现象, 虽

收稿日期: 2011-08-16; 修订日期: 2011-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目“多维度微波成像的陆地遥感应用研究”(60890074)。

作者简介: 冯 琦(1987—), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 主要从事 SAR 影像分类方面的研究。E-mail: fengqi19872005@163.com。

通讯作者: 陈尔学(1968—), 男, 山东菏泽人, 博士, 研究员, 主要从事合成孔径雷达应用、星载雷达遥感信息处理应用软件(SARINFORS)研究。E-mail: chenex@caf.ac.cn。

然通过分类后处理会有所改善,但对于大区域的分类,这一工作将会非常繁重,且不能保证精度。鉴于以上问题,本文采用基于规则的面向对象分类方法,面向对象的分类方法是相对于基于像元的分类方法而言的,以对象为基本单元,除了利用对象的光谱特征,还可以充分地利用纹理特征、结构特征及几何特征,另一方面,以对象为单位能够减少或避免“椒盐”现象,避免分类后处理的繁重工作,可以在很大程度上提高分类精度与工作效率<sup>[5]</sup>。

目前,面向对象的分类方法在光学影像分类中应用较多,但在 SAR 影像尤其大区域的森林制图中应用还不多见,本文将基于 K&C PALSAR 正射校正合成产品数据,采用基于规则的面向对象分类方法研究大区域森林制图技术。

## 2 研究区概况及数据

本研究试验区为东南亚的婆罗洲,经纬度范围为 108°53′6″~119°38′28″E,0°12′32″S~7°36′7″N,是世界第三大岛和亚洲第一大岛,分属于印度尼西亚、马来西亚和文莱 3 个国家。婆罗洲全境有 80% 以上的面积是热带雨林,赤道横贯其中,属于典型的热带雨林地区。本研究采用的遥感数据为覆盖整个婆罗洲的 K&C PALSAR 双极化(HH、HV)正射校正镶嵌数据产品,包括分别对应 2007、2009 年两个时间段的镶嵌数据产品,其中 2007 年数据产品是由 272 景双极化(HH、HV)FBD 数据镶嵌而成的,而 2009 年数据产品是由 208 景镶嵌而成的。该数据已经经过了多视化和正射校正处理,像元大小为 50 m。

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)<sup>[3]</sup> 公布的婆罗洲地区的 K&C PALSAR 正射校正镶嵌数据产品分别将 HH 极化、HV 极化划分为 4 块分发,需要分块下载。下载的数据需进行添加地图投影、影像拼接等预处理。投影坐标采用 WGS-84 大地坐标系,然后将 HH 极化、HV 极化分别进行拼接,拼接后的影像大小为 30 038 行×24 478 列。单幅的 HH 极化、HV 极化影像含有的信息量较少,将 HH 极化、HV 极化两幅影像叠加作为分类用影像。除此之外,还采用了 R(HH)、G(HV)、B(HH/HV)的彩色组合方式,得到一幅彩色合成影像,这种组合方式能够清晰地表征地类,方便目视判读,可为后续分类及变化监测提供参考,具体流程如图 1 所示。

除获取的 SAR 数据外,还将 Hoekman 等<sup>[6]</sup>利用 ALOS PALSAR FBD 数据以及 DEM、土地利用

图等辅助数据得到的婆罗洲 2007 年分类产品作为验证数据。

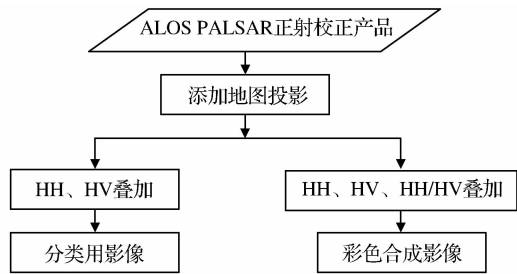


图 1 分类预处理流程图

Fig. 1 Flow chart of preprocessing for classification

## 3 分类系统及方法

### 3.1 分类系统

目前,国际上常用的分类系统有 GLC2000(22 类)、UMD(17 类)与 IGBP(14 类)等<sup>[7-8]</sup>,这些分类系统确定的类别很多,婆罗洲地区地表覆盖复杂多样,仅森林就有常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、落叶针叶林、红树林、泥碳沼泽林等类型,仅应用 PALSAR 双极化数据很难区分具体的森林类型,甚至有些大的地类也无法区分,如湿地、城镇等。因此,参考以上分类系统并根据婆罗洲地类分布特点及本文采用的具体分类方法,将部分类型合并,确定为 6 类,如表 1 所示。

表 1 婆罗洲土地覆盖分类系统

Table 1 Classification system of land cover in Borneo

编号	类别名称	包含的地类
1	森林	常绿针叶林
		常绿阔叶林
		落叶针叶林
		落叶阔叶林
		混交林
		红树林
2	灌木林	灌木林
3	草地	草地
4	农田	农田
5	水体	水体
6	采伐/火烧迹地	采伐迹地
		火烧迹地

### 3.2 分类方法

本文采用基于规则的面向对象分类方法,主要步骤包括图像分割、特征提取、建立规则集、分类处理、精度评价;若精度较低,将对以上步骤进一步优化,再次循环,直到精度满意为止,具体步骤如图 2 所示。

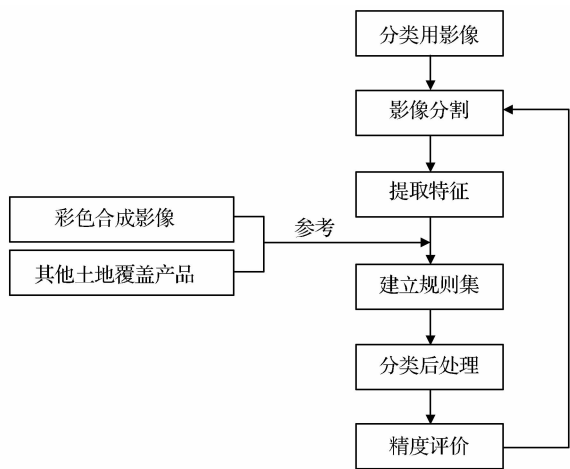


图 2 分类技术流程图

Fig. 2 Flow chart of classification technology

3. 2. 1 图像分割

本研究采用多尺度分割方法<sup>[5]</sup>,从任意像元开始,采用自下而上的合并方法形成对象,在设定的异质性阈值范围内,小的对象不断被合并成大的对象,因此,多尺度影像分割可以理解为一个局部优化过程,而这一优化过程是通过各个因子的调整实现的,

异质性  $f$  是由对象的光谱因子  $h_{\text{color}}$  和形状因子  $h_{\text{shape}}$  差异确定的,异质性指数定义为:

$$f = h_{\text{color}}\omega_{\text{color}} + h_{\text{shape}}\omega_{\text{shape}} \tag{1}$$

其中:  $\omega_{\text{color}}$  为光谱因子权重,  $\omega_{\text{shape}}$  为形状因子权重,  $\omega_{\text{color}} + \omega_{\text{shape}} = 1$ 。

形状因子是由光滑度  $h_{\text{smooth}}$  和紧致度  $h_{\text{compact}}$  构成,定义如下:

$$h_{\text{shape}} = h_{\text{smooth}}\omega_{\text{smooth}} + h_{\text{compact}}\omega_{\text{compact}} \tag{2}$$

其中:  $\omega_{\text{smooth}}$  为光滑度权重,  $\omega_{\text{compact}}$  为紧致度权重,  $\omega_{\text{smooth}} + \omega_{\text{compact}} = 1$ 。

通过调整光谱因子、形状因子及分割尺度等参数将相邻对象进行合并,即局部优化,尺度参数则是这一过程的终止条件。

通过试验得到了各地类的最佳分割尺度。如图 3 所示,当分割尺度为 200 时,灌木可以很好地分割出来,但部分森林无法准确地分割;而当分割尺度为 150 时,森林可以被分割出来,灌木又存在过分割现象。所以,不同地类的分割尺度不同,不能一概而论,本文通过研究,确定了水体的分割尺度为 300,森林、采伐/火烧迹地为 150,农田、草地、灌木为 200。

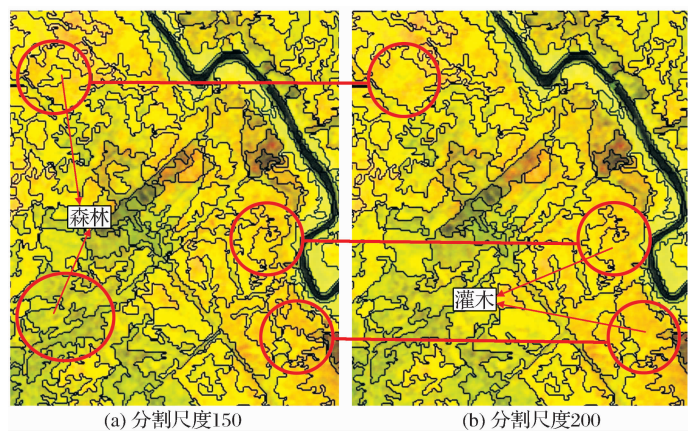


图 3 分割尺度比较

Fig. 3 Comparison between different segmentation scales

此外,由图 3(a)可以看出,森林存在过分割现象。这是由于森林类型不同,其光谱异质性、形状异质性也不同,它们的分割尺度也就不相同,当对所有的森林类型运用同一尺度时,部分森林会存在过分割现象。本文最终会将同一地类合并,因此,过分割现象不会影响最终的分类结果。

3. 2. 2 特征提取

分割后的影像以对象为基本单元,提取的每个对象的特征值就是这一对象内所有像元的特征均值。本文采用的特征主要包括 HH、HV 极化的后

向散射系数的平均值(用  $\overline{\sigma^0}$  表示,单位为 dB)、HH 极化后向散射系数的标准差(用  $\text{Std}(\text{HH})$  表示)、HV 极化对 HH 极化的后向散射系数比值(用  $R(\text{HV}/\text{HH})$  表示)等。

$\overline{\sigma^0}$  代表了 HH 与 HV 后向散射系数的平均值;  $\text{Std}(\text{HH})$  代表了表面散射的离散程度,反映了地类的形状、位置及拓扑关系,标准差越大,说明地物异质性越强;  $R(\text{HV}/\text{HH})$  代表了体散射与表面散射的比值,能够反映体散射的相对大小,  $R(\text{HV}/\text{HH})$  的值越大表示体散射越强,地物为植被的可能性也

就越大。

3.2.3 建立规则集

本文采用的基于规则的面向对象分类方法是一种人机交互式的方法,根据图 4 所示的层次结构建立分类规则集,在这一过程中,参照彩色合成影像及已有的土地覆盖产品,不断调整分类规则,以达到最佳分类效果。

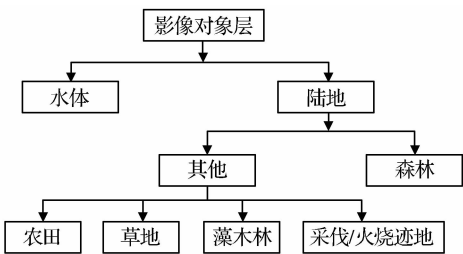


图 4 规则集建立流程图

Fig. 4 Flow chart of rules establishment

最终形成的分类规则如下:

(1) 水体。以分割尺度 300 对图像进行分割,经试验, $\overline{\sigma^0} \leq -16.32$  dB 时,水体能够被区分出来,则 $\overline{\sigma^0} > -16.32$  dB 时陆地能被区分出来。由于水体以镜面反射为主,后向散射分量较小,而陆地由于地表覆盖复杂产生单次或多次的表面散射、二面角散射、体散射,后向散射分量较大,所以水体的后向散射系数要小于陆地的后向散射系数。

(2) 森林。在陆地这一层次中,以分割尺度 150 对图像进行分割,由于森林类型、森林散射机制都比较复杂,需要多个判别规则区分森林。经试验,当 $\overline{\sigma^0} \geq -0.94$  dB 时,能够区分出一部分森林;另外,当 $-16.32$  dB  $< \overline{\sigma^0} < -0.94$  dB、 $\text{Std}(\text{HH}) \geq -29.7$ 、 $\text{HV}/\text{HH} > 0.49$  时,能够区分出一部分森林;当 $-16.32$  dB  $< \overline{\sigma^0} < -0.94$  dB、 $\text{Std}(\text{HH}) \geq -29.7$ 、 $0.55 \leq \text{R}(\text{HV}/\text{HH}) \leq 0.62$  时,能够区分出其余的森林。一般来说,森林结构复杂并以体散射为主,相对于其他地物,其后向散射系数与  $\text{R}(\text{HV}/\text{HH})$  是最大的,并且森林的冠层异质性较强,表面散射的散射系数变动较大,其  $\text{Std}(\text{HH})$  也是最大的。在陆地这一层次中,除了森林,还有采伐/火烧迹地、农田、草地、灌木等,采伐/火烧迹地是指仍有稀疏林木覆盖的地类,其散射特性与正常森林有些相似,但与森林相比,其体散射要稍弱一些,农田、草地与灌木与森林相比,异质性弱、散射机制简单,因此,农田、草地与灌木的后向散射系数、 $\text{Std}(\text{HH})$ 、 $\text{R}(\text{HV}/\text{HH})$  等要低于森林。

(3) 采伐/火烧迹地。在分割尺度 150 的分割

结果中,经试验,当 $-16.32$  dB  $< \overline{\sigma^0} < -0.94$  dB、 $\text{Std}(\text{HH}) > -29.7$ 、 $0.45 \leq \text{R}(\text{HV}/\text{HH}) \leq 0.49$  时,能区分出采伐/火烧迹地。

(4) 农田。以分割尺度 200 对图像进行分割,经试验,当 $\overline{\sigma^0} < -0.94$  dB、 $\text{Std}(\text{HH}) \leq -29.7$ 、 $\text{R}(\text{HV}/\text{HH}) \leq 0.42$  时,能区分出农田。

(5) 草地。在分割尺度 200 的分割结果中,经试验,当 $\overline{\sigma^0} < -0.94$  dB、 $\text{Std}(\text{HH}) \leq -29.7$ 、 $0.42 < \text{R}(\text{HV}/\text{HH}) < 0.49$  时,能区分出草地。

(6) 灌木。剩下的部分为灌木。

最后,在每一层次中,将同一类别的对象进行合并,形成最终的规则集,并得到分类结果。

3.2.4 分类后处理

面向对象的分类后处理与基于像元的分类后处理有所不同,面向对象的分类方法消除了“椒盐”现象,避免了繁重的分类后处理工作。这里的分类后处理主要处理个别异常区域的类别误分的情况,例如,在山上的茂密森林中会误分出水体,参照彩色合成图及其他土地覆盖产品,发现这一区域并不存在水体,其实是由于 SAR 图像受地形影响可能存在叠掩、阴影等缺陷引起的部分小区域类别误分现象,在分类后处理中需要改善这一点。

4 结果与分析

4.1 分类结果及精度评价

综上所述,应用基于规则的面向对象分类方法分别得到了婆罗洲 2007 年和 2009 年的分类结果图(图 5、6)。

对于 2007 年分类结果的评价,通过一种基于多

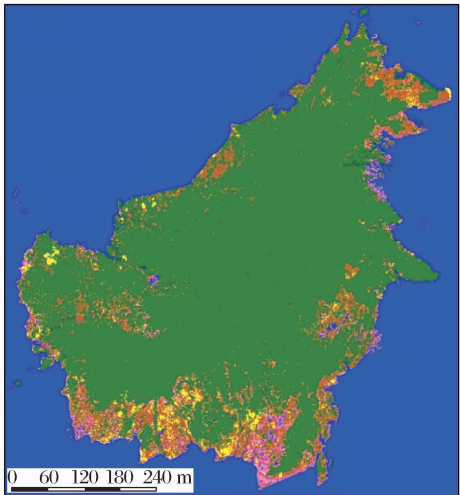


图 5 2007 年婆罗洲分类结果

Fig. 5 Classification results of Borneo in 2007



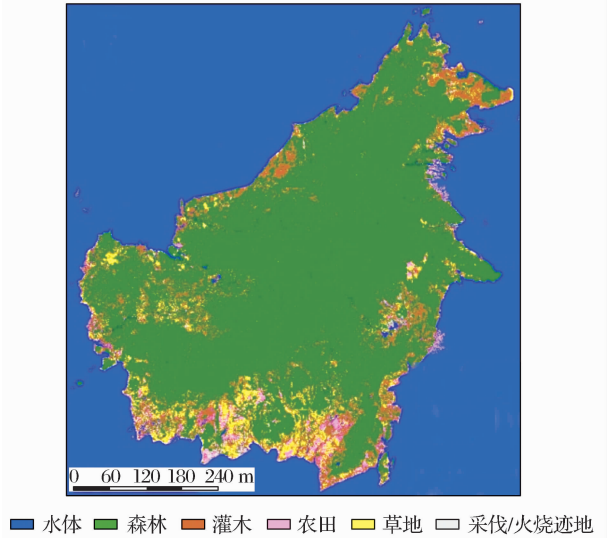


图 6 2009 年婆罗洲分类结果

Fig. 6 Classification results of Borneo in 2009

项式分布方程计算分类精度检验用样本数量，即

$$N = \frac{B \cdot P_i(1 - P_i)}{b_i^2}$$

， $N$ 表示要选取的样本数， $P_i$ 表

示第  $i$  类的覆盖面积占总面积的比例(%)， $b_i$  为该类的期望误差， $B$  由自由度为 1 的  $\chi^2$  分布表查得，得到所需样本数约为 253。

婆罗洲位于东南亚地区，由于难以获取实地测量数据，故采用由 Hoekman 等研究的婆罗洲 2007 年热带森林制图的产品作为验证数据，此产品已得到实地数据的验证，精度较高。

本文在选取检验样本时，需要在每个经纬度网格线结点上进行一次布点，网格的间隔为  $1^\circ$ ，并且由于婆罗洲大部分是森林，有极少的点落在了其他类别上，所以，在其类类别比较集中的区域( $1^\circ 0' 0''\text{S} \sim 4^\circ 0' 0''\text{S}$ )以  $30'$  的网格间隔将布点加密一倍，进行二次布点。

对于分类结果的精度评价，本文采用基于误差矩阵法的方法，并通过混淆矩阵得到用户精度、生产精度以及 Kappa 系数，针对分类系统为 6 类及两类(森林与非森林)分别进行精度评价，评价结果如表 2、3 所示。

表 2 2007 年婆罗洲分类精度评价误差矩阵

Table 2 Error matrix accuracy assessment of classification result of Borneo in 2007

检验样本类别	分类处理后判定的类别						合计
	水体	森林	农田	草地	灌木	采伐/火烧迹地	
水体	31	0	1	1	0	0	33
森林	0	97	2	0	8	0	107
农田	0	0	20	6	4	0	30
草地	0	0	3	15	16	0	34
灌木	0	0	3	4	34	0	41
采伐/火烧迹地	0	0	0	0	2	6	8
总计	31	97	29	26	64	6	253
用户精度/%	100	100	68.97	57.69	53.13	100	
生产精度/%	94	91	66.67	44.12	83	75	
总精度/%				80.24			
Kappa 系数				0.74			

表 3 2007 年婆罗洲分类精度评价误差矩阵(森林与非森林)

Table 3 Error matrix accuracy assessment of classification result of Borneo in 2007 (Forest/Nonforest)

检验样本类别	分类处理后判定的样本		总计
	森林	非森林	
森林	97	10	107
非森林	0	146	146
总计	97	156	253
用户精度/%	100	93.59	
生产精度/%	91	100	
总精度/%		96.05	
Kappa 系数		0.92	

通过图 5 可以看出，分类结果呈现较强的完整性，避免了“椒盐”现象，对于本文的分类系统确定的地类都能较好地识别出来。

表 2、3 表明：当土地覆盖类型确定为 6 类时，分类总精度为 80.24%，如果只区分为森林与非森林，分类总精度可达 96.05%，而不管区分 6 类还是区分两类(森林与非森林)，森林的用户精度与生产精度分别是 100%与 91%，表明此方法识别森林的能力比较强，分类的性能较稳定。通过表 2 可以发现，农田、草地、灌木有时混淆，主要原因在于农田、草地、低矮灌木的散射特性相似，而本研究只利用 ALOS PALSAR

FBD 产品数据无其他辅助数据,这 3 种地类有时不易区分。水体被误分为农田和草地的可能原因在于草生长茂盛遮盖了水体,或者由于 SAR 数据本身缺陷(叠掩和阴影)的影响,造成水体被误分。

总体来说,应用 ALOS PALSAR FBD 产品数据进行森林分类,精度是比较高的,并且分类结果表

明,本文所采用的分类方法对大面积土地覆盖类型较敏感,尤其对于水体与森林的识别能力较强。

4.2 变化监测

以上分类结果验证了此方法的可靠性,本文将 2007 年与 2009 年两期图像的分类结果做比较,得到同一地区在这两年内森林的变化情况,如图 7 所示。

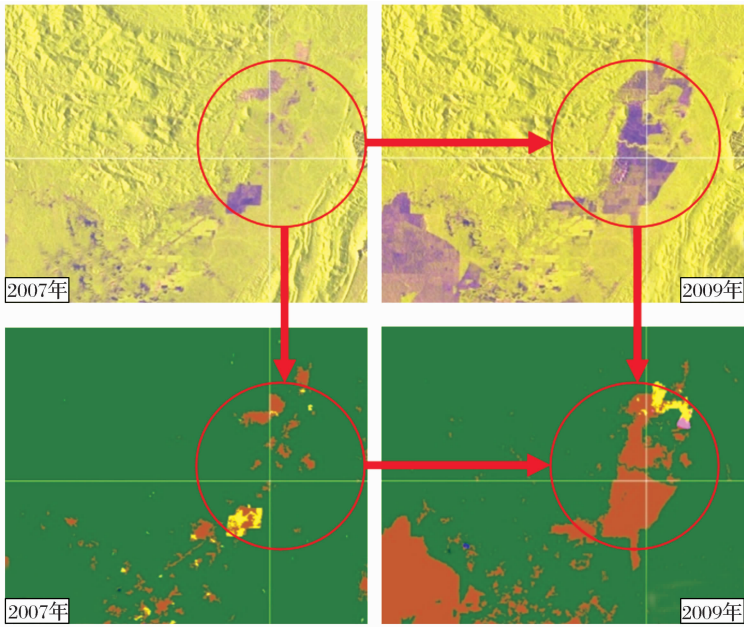


图 7 2007~2009 年变化与未变化区域  
Fig. 7 Changed and unchanged areas from 2007 to 2009

由图 7 彩色合成图可以看出,2007~2009 年地物类型发生了变化,并且分类结果图上也相应地发生了明显变化,同时,2 a 间没有变化的地物类型,相应地分类结果图中也没有发生变化,说明本文分类方法对于研究森林的变化监测是可行的。

基于上述内容,本文对整个婆罗洲 2007~2009 年森林情况进行了变化监测,结果如图 8 所示。

图 8 中,红色代表减少的森林,黄色代表增加的森林,白色代表没有变化的森林。由此可以看出,在这 2 a 内尽管通过植树造林<sup>[9]</sup>,婆罗洲部分地区森林面积有所增加,但由于森林砍伐、火灾等影响<sup>[10]</sup>,森林面积总体是减少的。

5 结 语

本文通过应用基于规则的面向对象分类方法分别得到了婆罗洲 2007 年和 2009 年热带森林制图成果,并根据分类方法对森林有较高的识别能力,分析得到了 2 a 间森林的变化情况。研究表明,面向对象的分类方法能够保持类别的完整性,较大程度地减少噪声,并且具有较强的稳定性,适用于研究土地覆盖的变化监测。在建立的分类规则中,采用的极化比值(HV/HH)特征对森林有较强的识别能力。同时,实验结果表明采用 ALOS PALSAR FBD 产品数据研究热带森林的制图与变化监测能够得到较好的应用效果,从变化监测结果可以看出,2007 年到 2009 年婆罗洲森林面积总体在减少,减少区域集中在森林与其他土地覆盖类型相邻区域。

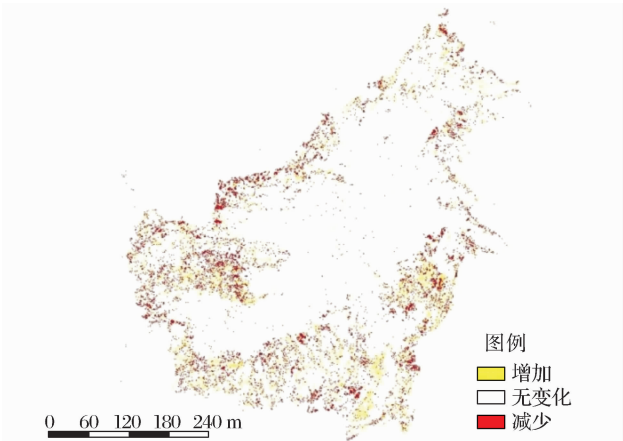


图 8 2007~2009 年婆罗洲森林总体变化图  
Fig. 8 Overall changes of forest in Borneo from 2007 to 2009

**致谢:**感谢京都议定计划 K&C(Kyoto and Carbon) 为本研究提供的 ALOS PALSAR 的正射校正合成产品数据!

#### 参考文献(References):

- [1] Yang Ye. Analysis of Effect of Forest on Climate[J]. Forestry Science and Technology Information, 2010, 42(3): 28-29. [杨晔. 浅析森林对气候的影像[J]. 林业科技情报, 2010, 42(3): 28-29.]
- [2] Xiao Weishan, Wang Xiaoqin, Ling Feilong. The Application of ALOS PALSAR Data on Mangrove Forest Extraction[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(1): 91-96. [肖伟山, 汪小钦, 凌飞龙. ALOS PALSAR 数据在漳江口红树林提取中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(1): 91-96.]
- [3] Nicolas L, Preesan R, Osamu I, *et al.* Assessment of ALOS PALSAR 50 m Orthorectified FBD Data for Regional Land Cover Classification by Support Vector Machines[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2011, 49(6): 2135-2149.
- [4] Nicolas L, Masanobu S, Preesan R, *et al.* Land Cover Classification Using PALSAR Data: A Semi-automated Approach for Regional (Global) Mapping [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2011.
- [5] Chen Yunhao, Feng Tong, Shi Peijun, *et al.* Classification of Remote Sensing Image based on Object Oriented and Class Rules[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(4): 316-320. [陈云浩, 冯通, 史培军, 等. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006, 31(4): 316-320.]
- [6] Hoekman D H, Quinones M J, Verhoeven R, *et al.* PALSAR Tropical Forest Cover Mapping, Mosaicing and Validation, Case Study Borneo [C]// Proceeding of 4th International Workshop on Science and Applications of SAR Polarimetry and Polarimetric Interferometry, Frascati, Italy, 2009.
- [7] Bartholome E, Belward A S. GLC2000: A New Approach to Global Land Cover Mapping from Earth Observation Data [J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(9): 1959-1977.
- [8] Hansen M C, Defries R S, Townshend J R, *et al.* Global Land Cover Classification at 1 km Resolution Using a Decision Tree Classifier[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(6-7): 1331-1365.
- [9] Disarmingthegreens. Environment: Secrets and Lies[R/OL]. <http://www.disarmingthegreens.org>. 2010.
- [10] GoodPlanet. ReforestationaBorneo[J/OL]. <http://www.goodplanet.info/Zones/Agir/Bonnes-Pratiques/Reforestation-a-Borneo>. 2010.

## Tropical Forest Mapping Technology Study Using ALOS PALSAR Data

Feng Qi<sup>1,3</sup>, Chen Erxue<sup>1,3</sup>, Li Wenmei<sup>13</sup>, Wang Xinshuang<sup>1,2,3</sup>

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Geomatics Department, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 3. Remote Sensing and Information Technology, State Forestry Administration Key Lab, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Tropical forest plays important role in keeping carbon balance by its biomass, which occupies 40% of the world. In order to provide basic data for tropical forest change monitoring, object-oriented classification methods was applied to study tropical forest mapping technology using Ortho-rectified PALSAR images. The study includes multi-scales segmentation, feature extraction and rules establishment and so on. The study results show that the ratio of polarization features (HV/HH) is sensitive for forest and the object-oriented classification methods can identify forest primely, meanwhile the different classification results reflect the changes of forest between 2007 and 2009 clearly.

**Key words:** ALOS PALSAR; Object-oriented; Change minitoring; Forest mapping