

# 基于Sentinel-1数据的森林砍伐检测方法研究

赵传武 潘耀忠 任首佳 高媛 (chuanwu@mail.bnu.edu.cn)

## 一、研究背景

现有的利用哨兵1号数据的森林砍伐区识别方法，大多数是依赖于训练样本的监督方法，它们的准确性在很大程度上取决于样本的质量和数量。收集训练样本既费时又费力，在难以到达的热带雨林地区通常是不切实际的，也限制了其在大区域上的使用。为了解决这个问题，本研究拟利用哨兵1号数据揭示对识别森林砍伐区有效的雷达特征参数，构建一种自动的森林砍伐区识别方法，以为热带地区森林砍伐的监测与预警提供理论基础。

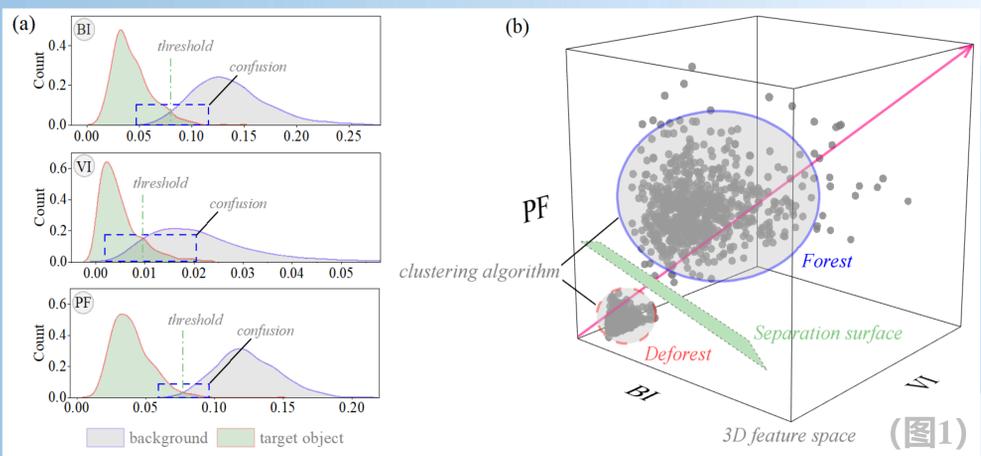
## 二、研究方法

以多云多雨的热带森林（巴西、巴拉圭和墨西哥）为研究区，开展森林砍伐区识别方法的构建、验证与应用研究。主要研究内容包括：（1）概念模型：构建耦合多种类型的特征参数（包括散射、植被指数和极化特征等）的特征空间模型，以提高森林砍伐区与背景环境的区分性；（2）特征筛选：测试不同雷达特征参数对森林砍伐区的敏感性；（3）方法构建：综合敏感特征参数开发森林砍伐区的自动识别方法；（4）应用示范：利用拟议方法进行热带雨林地区森林砍伐监测的应用研究。

### 2.1 概念模型

雷达信号对目标物体的结构和介电特性高度敏感，可用于森林监测，尤其在热带地区具有优势。后向散射强度与植被生物物理参数密切相关，在雷达森林监测中使用最广泛。雷达植被指数和极化特征可提供有利于识别砍伐区的信息。具体而言，雷达植被指数作为表征地面生物量的有效指标；雷达极化特征描述了雷达波与几何目标间的物理散射机制，可表征植被的冠层结构信息。

为降低单遥感特征上的混淆问题影响，可综合考虑雷达后向散射强度、极化特征以及植被指数，构建一种基于三维散射特征自动识别森林砍伐区的概念模型，如图1所示。



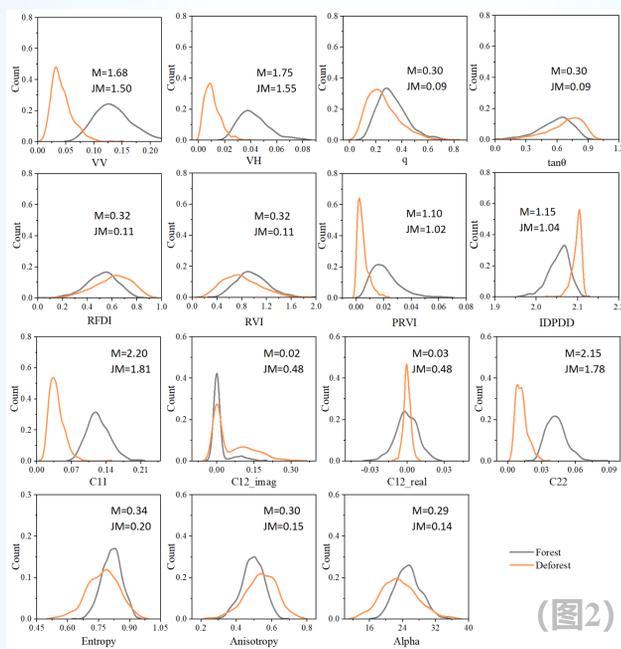
### 2.2 特征筛选

选取4398个森林砍伐区和3794个背景环境样本，以及15个候选雷达特征参数，揭示了可有效识别森林砍伐区的特征参数。

$$M = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

$$JM = 2(1 - e^{-B})$$

$$B = \frac{1}{8}(\mu_1 - \mu_2)^2 \frac{2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2\sigma_1\sigma_2} \right)$$

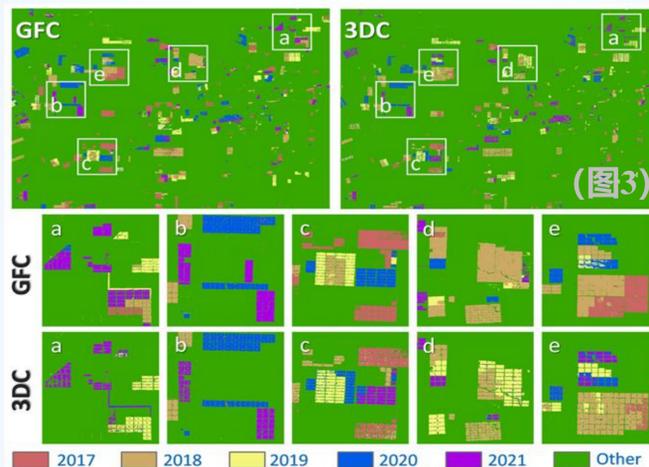


研究发现，后向散射强度的VV和VH，植被指数的PRVI和IDPDD，以及极化特征C11和C22具有较好的区分性，它们的J-M距离大于1.02、M指数大于1.10。6个雷达特征参数，即VV、VH、PRVI、IDPDD、C11和C22，是识别森林砍伐区的有效参数。

### 2.3 方法构建

基于概念模型和特征筛选结果，选择了VH、PRVI和C11作为三维特征空间模型的XYZ轴，耦合K均值算法，称为三维特征空间森林砍伐区分类方法（3DC），表达式如下：

$$3DC = f(\{PRVI, VH, C11\})min$$



与机器学习方法、GFC产品的比较发现，3DC方法可以在不依赖训练样本情况下，取得了较满意的砍伐区识别精度（总体精度大于90%）。

实验区	方法	OA (%)	F1 (%)	mIoU (%)
A	OOC	97.4	97.8	94.6
	MLC	98.8	99.0	97.6
	NN	98.5	98.7	97.0
	SVM	99.3	98.5	96.5
	3DC	98.3	98.5	96.5
B	OOC	84.9	89.3	70.2
	MLC	93.3	95.5	84.1
	NN	92.9	95.3	82.9
	SVM	93.2	94.3	78.7
	3DC	94.1	96.2	84.6

### 2.4 应用示范



应用3DC方法监测了2021年巴拉圭地区的森林砍伐事件。

3DC不仅准确识别了森林砍伐事件，而且还实现了更高的时间频率。

**结论** 3DC方法为监测热带地区频繁的森林砍伐事件提供了一种简单有效的解决方案，可更好地服务于应急响应和事后管理。