

# 基于四分量散射模型的多极化 SAR 图像分类

张海剑<sup>1</sup> 杨 文<sup>1</sup> 邹同元<sup>1</sup> 孙 洪<sup>1</sup>

(1 武汉大学电子信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘 要:**基于四分量散射模型提出了一种多极化 SAR(synthetic aperture radar)图像非监督分类算法。与 Freeman 三分量散射模型不同,四分量散射模型在 Freeman 三分量的基础上增加了螺旋散射分量(helix),该分量反映了复杂地貌和不规则城市建筑的散射机理,可以用来处理复杂的场景图像。算法强调了初始分类的重要性,在初始分类中考虑了混合散射机制像素的存在,从而提高了分类结果的精确度。聚类过程中,采用由四个散射分量组成的特征向量进行迭代聚类。为了实现算法的完全非监督,利用特征向量给出了一种新的聚类终止准则。NASA/JPL 实验室 AIRSAR 全极化数据分类实验结果表明,该算法具有较好的分类效果,并获得了较高的分类精度。

**关键词:**多极化合成孔径雷达;四分量分解;非监督分类

**中图法分类号:**P237.4

图像分类是多极化 SAR 图像解译的一个重要内容。根据处理方法的不同,多极化 SAR 图像分类可以分为基于先验知识和统计知识的监督分类<sup>[1-3]</sup>,以及基于目标极化散射特性的非监督分类<sup>[4-6]</sup>。目前的分类算法研究偏向于非监督分类。

本文基于四分量分解模型<sup>[7]</sup>提出了一种新的非监督分类算法。该算法考虑了混合散射像素的存在,强调了初始分类的重要性。实验结果说明,这样处理同样具有好的效果和收敛稳定性。同时,本文给出了一种新的聚类迭代终止准则,实现了算法的完全非监督。

## 1 四分量分解

四分量散射模型<sup>[7]</sup>是对 Freeman 和 Durden 提出的三分量(表面散射、偶次散射和体散射)散射机制分解方法的一种扩展。它在三分量散射模型基础增加了第 4 种散射模型,即螺旋散射,它主要用来描述复杂的都市区域和一些人造的复杂建筑结构。在四分量散射模型中,测量协方差矩阵被分解为表面散射、偶次散射、体散射和螺旋散射 4 种散射成分,其相应的功率为:

$$\left\{\begin{aligned}P_s &= f_s(1 + |\beta|^2) \\ P_d &= f_d(1 + |\alpha|^2) \\ P_v &= f_v \\ P_c &= f_c \\ P_t &= P_s + P_d + P_v + P_c = \\ &\quad \langle |S_{HH}|^2 + 2|S_{HV}|^2 + |S_{VV}|^2 \rangle\end{aligned}\right. \quad (1)$$

式中, $\alpha$  和  $\beta$  的值可根据  $S_{HH}S_{VV}^*$  的实部符号判断,如果  $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) > 0$ , 则令  $\alpha = -1$ ; 当  $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) < 0$  时,令  $\beta = 1$ 。

## 2 非监督分类方法

非监督分类方法的具体分类步骤如下。

1) 滤波处理。利用专门的滤波方法对原始数据进行滤波,在尽可能保持图像数据分辨率的情况下滤除相干斑噪声。本文采用经典的 Lee 滤波算法<sup>[4]</sup>。

2) 四分量分解。利用四分量分解算法对待处理图像的每个像素提取 4 个散射分量,并计算各自的功率成分,即  $P_s$ (表面散射功率)、 $P_d$ (偶次散射功率)、 $P_v$ (体散射功率)和  $P_c$ (螺旋散射功率)。

3) 初始分类。借鉴 Lee 确定混合散射机制的思路<sup>[3]</sup>,根据计算的  $P_s$ 、 $P_d$ 、 $P_v$  和  $P_c$ ,扫描整幅

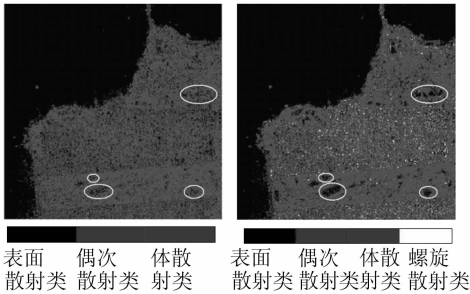


图 4 算法 1 和算法 2 的初始分类结果  
Fig. 4 Result of Algorithm 1 and Algorithm 2

稳健的分类器将是下一步需要重点研究的问题。

参 考 文 献

[1] Lemoine G G, De Grandi G F, Sieber A J. Polarimetric Contrast Classification of Agricultural Fields Using MAESTRO1 AIRSAR Data[J]. Int J Remote Sensing, 1994,15(14):2 851-2 869

[2] Yueh H A, Swartz A A, Kong J A, et al. Optimal Classification of Terrain Cover Using Normalized Polarimetric Data[J]. J Geophys Res, 1993, 91 (B12): 15 261-15 267

[3] Lee J S, Grunes M R, Kwok R. Classification of Multi-look Polarimetric SAR Imagery Based on Co-

mplex Wishart Distribution[J]. Int J Remote Sensing, 1994, 15(11):2 299-2 311

[4] Lee J S, Grunes M R, Ainsworth T L, et al. Un-supervised Classification Using Polarimetric Decom-position and the Complex Wishart Classifier. IEEE Trans[J]. Geosci Remote Sensing, 1999, 37(5): 2 249-2 258

[5] Cloude S R, Pottier E. An Entropy Based Classifi-cation Scheme for Polarimetric SAR Data[C]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Sym-posium, Florence, 1995

[6] Lee J S, Mitchell R, Pottier G E, et al. Unsuper-vised Terrain Classification Preserving Polarimetric Scattering Characteristics. IEEE Trans. Geosci[J]. Remote Sensing, 2004,42(4): 722-731

[7] Yoshio Yamaguchi, Toshifumi Moriyama, Motoi Ishido, et al. Four-Component Scattering Model for Polarimetric SAR Image Decomposition[J]. IEEE Trans Geosci Remote Sensing, 2005, 43(8): 1 699-1 706

第一作者简介:张海剑,博士生。主要研究方向为多极化 SAR 图  
像分类和目标检测技术。  
E-mail:zhanghaijian177@gmail.com

Classification of Polarimetric SAR Image Based on  
Four-component Scattering Model

ZHANG Haijian<sup>1</sup> YANG Wen<sup>1</sup> ZOU Tongyuan<sup>1</sup> SUN Hong<sup>1</sup>

(1 School of Electronic Information Engineering, 129 Luoyu Road, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** An improved classification algorithm is proposed to deal with polarimetric synthetic aperture radar (POLSAR) images. This algorithm is based on a four-component scattering model, compared to the three-component (surface, double-bounce and volume) model introduced by Freeman and Durden, the four-component scattering model introduces the helix scattering as its fourth component, which can describe complex terrains and man-made targets in urban areas; so the four-component scattering model can deal with general scattering cases. In addition, this algorithm emphasizes the existence of pixels with mixed scattering mechanism, and applies the result of the four-component decomposition as feature vector to initial merging and the final iterative classifier. We use L-band AIRSAR data to demonstrate this improved method; and the experimental result verifies the effectiveness of this improved algorithm.

**Key words:** polarimetric synthetic aperture radar; four-component decomposition; unsuper-vised classification