

# 基于双极化 ASAR 数据的水稻信息提取

陈亨霖

(福州大学空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室,福州大学福建省空间信息工程研究中心,福州 350002)

**摘要** 通过分析长乐市试验区 2005 年 ENVISAT ASAR 数据图像,研究水稻信息提取的方法。提出在分析两个时相、双极化 ASAR 水稻后向散射变化规律的基础上,构建基于两个时相、双极化的新波段图像的新方法,该方法不仅增强了水稻信息,还减少了水稻和其他背景地物的混淆度,只要采用简单的图像监督分类方法就可以很好地提取出水稻信息,其精度达到 94.92%。研究表明,该方法能够有效的识别并提取出水稻信息。

**关键词** ENVISAR ASAR 双极化 水稻信息提取

中图法分类号:TP751 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2008)10-1910-04

## Rice Information Extraction Based on Dual Polarized ASAR Data

CHEN Heng-lin

(Key Laboratory of Spatial Data Mining and Information Sharing of Ministry of Education, Spatial Information Research Center of Fujian Province, Fuzhou University, Fuzhou 350002)

**Abstract** Based on ENVISAT ASAR data in Changle test area, this paper studies the method of rice information extraction. With the analysis of rice backscatter coefficient change rule based on two dual polarized ASAR images, a new band image was constructed to enhance rice information and reduce confusion between rice and non-rice classes. Supervised classification was carried out here to extract rice information, and the extraction result achieves a 94.92% overall accuracy. The study indicates that the proposed method can be used effectively for rice extraction.

**Keywords** ENVISAT ASAR, dual polarization, rice information extraction

## 1 引言

水稻是世界上食用人口最多、历史最悠久的农作物。中国作为世界上最大的稻米生产国和消费国,迫切需要一种有效的了解水稻变化情况的监测手段。传统的水稻监测方法主要是基于地面收集资料的统计分析,但这种方法既浪费时间、浪费精力,又不准确。同时,我国 90% 的水稻种植区主要分布在比较湿润的长江流域及南方地区,在水稻整个生长期中,大部分天气是阴雨连绵,因而,在这些地区难以获得适时的光学遥感数据进行水稻长势监测和

估产。因此,具有全天时、全天候、不依赖光照和天气条件成像的微波遥感正逐渐取代光学遥感成为水稻识别与监测的一种重要技术手段,并被认为是热带、亚热带地区能为农业监测提供高分辨率遥感数据的最重要的信息源之一<sup>[1]</sup>。

近年来,利用 SAR 进行水稻监测已成为国内外研究的热点。Ishitsuka 等人<sup>[2]</sup>利用 Radarsat 数据监测水稻,结果表明,使用移植期和水稻生长期的两景图像能够获得很好的结果。Chakraborty 等人<sup>[3]</sup>使用多时相 ERS-1 SAR 数据提取水稻信息,提取精度超过 90%,并指出河流等水体信息是影响水稻提取精度的主要因素。Liew 等人<sup>[4]</sup>结合 ERS 和

基金项目:国家 863 计划项目(2005AA001130);福建省科技重点项目(2006I0018)

收稿日期:2008-07-21;改回日期:2008-07-30

第一作者简介:陈亨霖(1977~),男。福州大学通信与信息系统专业博士研究生。主要研究方向为遥感图像处理、资源与环境遥感应应用研究。E-mail: chenhl\_96@tom.com

Radarsat SAR 数据监测和识别不同生长阶段的水稻作物,效果明显。以上研究者主要利用多时相单极化 SAR 影像通过差值或比值法进行水稻分类并达到监测的目的,或者利用多时相 SAR 组合影像通过监督或非监督分类进行水稻制图,这些方法尽管取得了一定的进展,但受到单一极化成像模式的影响,难以获得更准确探测地物特征的能力。邵芸等人<sup>[5]</sup>利用多时相雷达数据进行水稻监测,研究结果表明,多极化 SAR 数据能提供更丰富的目标识别信息,并能进一步减少水稻监测时采用的图像数据。

随着 2002 年 3 月欧洲空间局的环境观测卫星(搭载高级合成孔径雷达 ASAR)的成功发射,其获取多极化数据(HH & VV,HH & HV,VV & VH,HV & VH)的能力使得 ASAR 数据在各个领域的应用前景更加广阔。

本文获取了水稻生长阶段的两个时相、双极化(HH & VV)ENVISAT ASAR 数据,以福建省长乐市为例,提出一种基于两个时相、双极化雷达后向散射差值法的水稻信息提取方法。

## 2 研究区及数据源

本文选择长乐市作为研究试验样区(如图 1 所示)。长乐市位于福建省东部沿海,受亚热带海洋性季风影响,全年气候温暖湿润,四季分明。年平均气温 19.3℃,年降水量 1 382.3mm。本文研究试验区位于 119°23′~119°42′E、25°41′~26°04′N 之间,总面积为 66 437hm<sup>2</sup>。研究获取了两个时相水稻生长阶段的 ENVISAT ASAR 数据,成像时间分别为

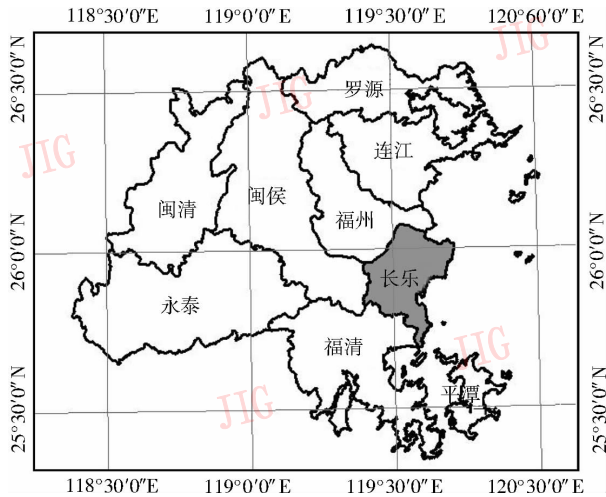


图 1 长乐试验区示意图

Fig. 1 Changle test area

2005 年 8 月 5 日(插秧不久)、2005 年 9 月 9 日(分蘖期),每个时相含两种极化(VV 极化、HH 极化)。在进行数据分析前,SAR 影像需要进行预处理。

本研究,ASAR 数据预处理主要包括辐射定标、相互配准、几何校正、滤波、生成后向散射系数,主要的处理流程由欧空局提供的 BEST 软件<sup>[6]</sup>实现。然后,利用长乐研究区的行政边界矢量图,采用国际著名的商用遥感软件 ERDAS 8.7 对预处理好的 ASAR 数据进行掩膜,进而截取得到本文需要的数据源。

## 3 技术方法

### 3.1 水稻后向散射特征分析

对于水稻信息的提取,首先需要分析研究区的主要地类。根据室内目视判别,将长乐研究区的地类主要分为 4 类:建筑用地,水体,植被,水稻。它们在 ASAR 影像上的后向散射特征如图 2 所示。

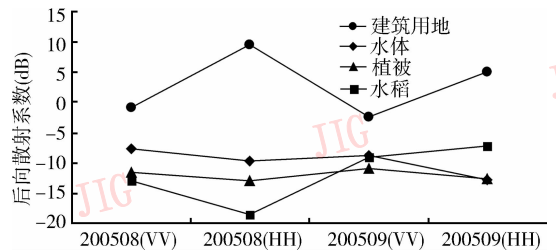


图 2 主要地物后向散射特征

Fig. 2 Major land use categories backscatter characteristics

从图 2 可以看出,建筑用地后向散射系数较大,明显高于其他主要地物,并且其在相同时间 VV 极化下的后向散射系数值低于 HH 极化下的后向散射系数值;林地的后向散射系数低于建筑用地,相同时间,VV 极化下的后向散射系数高于 HH 极化下的后向散射系数,其随时间变化的幅度在短期内变化较小;水体后向散射系数在 VV 极化下的值要高于 HH 极化下的值;水稻的后向散射系数随时间推移表现出波动性,具有独特的变化特征。在水稻刚插秧不久,水田中灌满水,水体面积占有绝对优势,水稻在 ASAR 成像数据(2005 年 8 月 9 日)中表现为镜面反射的雷达后向散射特征,该阶段水稻的后向散射系数总体较低,其在 VV 极化下的后向散射系数值要高于 HH 极化下的后向散射系数,但随着水稻的继续生长,后向散射系数也逐渐增大,HH 极化下的后向散射系数增强并超过 VV 极化下的后向散射系数。水稻在不同生长阶段的后向散射特征可作为区分水稻与其他地物的一个主要依据<sup>[7,8]</sup>。如何利用

双极化 ASAR 数据找到一种增强水稻信息而又能抑制其他地类信息的方法是本研究的关键问题所在。

### 3.2 构建新波段

在分析长乐两个时相、双极化 ENVISAT ASAR 图像后向散射特征变化规律的基础上,为了拉大水稻与其他地物信息的图像反差,进一步突显水稻信息,本文基于两个时相、双极化 ASAR 数据构建一个新波段图像  $\sigma$  (如图 3 所示),公式如下:

$$\sigma = \frac{1}{2} [(\sigma_{HH}^{t1} - \sigma_{HH}^{t2}) + (\sigma_{VV}^{t1} - \sigma_{VV}^{t2})] \quad (1)$$

式中,  $\sigma_{HH}^{t1}$ 、 $\sigma_{HH}^{t2}$  为  $t1$  时间(2005 年 9 月 9 日)和  $t2$  时间(2005 年 8 月 5 日)的 HH 极化图像;  $\sigma_{VV}^{t1}$ 、 $\sigma_{VV}^{t2}$  为  $t1$  时间(2005 年 9 月 9 日)和  $t2$  时间(2005 年 8 月 5 日)的 VV 极化图像。

从图 3 可以看出,水稻信息在图像上表现为亮白色,其他地类信息则在图像上呈现为灰色或黑色。这样水稻目标信息和其他背景地物信息的可分性得到了显著的增强。另外,本次试验也发现,水稻与其他背景地类在新构建图像  $\sigma$  中的均值变化有着比纯粹单极化图像中更明显的区分范围(如表 1 所示)。表 1 中,①、②、③、④和⑤依次代表 2005 年 8 月 5 日的 VV、HH 极化图像,2005 年 9 月 9 日的 VV、HH 极化图像,以及本文构建的新波段图像  $\sigma$ 。在单极化图像中,水稻和植被、水体等背景地物的后向散射系数比较接近,且都为负值,存在混淆的可能性高,难以单独提取;而在新构建的图像  $\sigma$  中,水稻后向散射系数值为正值,背景地类的后向散射值都为负值,且差异幅度大于 7,因此,新构建图像  $\sigma$  极大的减少了水稻与背景地类的混淆。

表 1 试验区主要地类、均值

Tab. 1 Mean values of major land classes in test area

	①	②	③	④	⑤
建筑用地	-0.717	8.450	-4.849	8.337	-2.539
水体	-14.140	-17.084	-15.598	-17.922	-1.143
植被	-11.857	-13.153	-12.403	-13.809	-0.597
水稻	-13.915	-15.639	-7.330	-7.067	7.563

在进一步比对和确认新构建图像  $\sigma$  中突显的水稻信息过程中,发现还存在有零星水体信息也被增强并表现出和水稻近似的后向散射结果,分析产生混淆的原因是由于临岸分布的水草在雷达后向散射中与水稻早期插秧生长阶段的后向散射相似造成的<sup>[3]</sup>。因此,只有去除这部分影响因素后,才能有利于获得更好的水稻提取结果。经过仔细分析图 2,可以发现,如果将

2005 年 9 月 9 日的 VV 极化和 HH 极化图像(非插秧移栽生长阶段)相乘,就可以得到水体信息增强而水稻信息抑制的结果  $\delta$  (如图 4 和和表 2 所示)。该方法使水体信息得到了最大程度的增强,而且远高于其他背景地类,与水稻的差异更是高达到 268。通过该图像就可以很好的区分出水体和水稻信息。

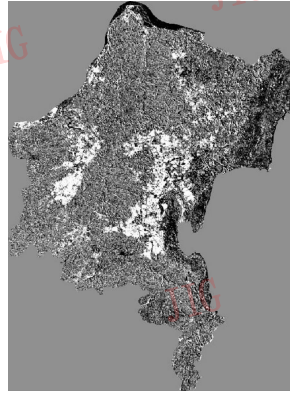


图 3 新波段图像  
Fig. 3 New band image  $\sigma$

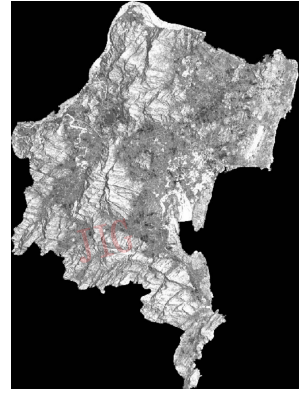


图 4 图像  $\delta$   
Fig. 4 Image  $\delta$

表 2 主要地类在图像  $\delta$  中的均值及其差异

Tab. 2 Mean values and differences of major land classes in  $\delta$  image

地类	均值	两种地类比较	差异
建筑用地	-52.633	水体 vs. 建筑用地	393.603
植被	155.092	水体 vs. 植被	185.878
水体	340.970	水体 vs. 水稻	268.299
水稻	72.671		

### 3.3 水稻信息提取

根据构建的新波段图像  $\sigma$  和  $\delta$ ,本文采用简单的监督分类方法就可以很好的区分出水稻和其他背景地类信息。首先,分别提取新波段图像  $\sigma$  的水稻信息和  $\delta$  图像的水体信息;其次,取水体信息和水稻信息的交集,获得零星的混淆水体信息;最后在水稻信息中剔除该部分混淆信息,即可最终获得本文所要提取的水稻专题信息(如图 5(a)所示)。

## 4 精度验证

精度评价是检验图像信息提取方法是否可靠的一种有效手段。通常基于图像信息提取结果的精度评价有两种:分类精度评价;面积量算精度评价。分类精度评价又可采用实地验证或利用同期较高比例尺影像数据进行验证。而面积量算精度是指提取后并经过验证的正确信息的面积占实际该信息面积的百分比。本文采用第 1 种方法进行精度评价,该评

价过程在 ERDAS 软件中完成。通过对水稻信息专题图进行随机抽样生成 256 个样本点,然后结合实地野外观测结果逐一人机交互验证。此外,为了进一步比较,本文还采用传统监督分类方法对原始 SAR 多波段组合图像进行分类(如图 5(b)所示),将提取出来的水稻专题信息与本文方法提取出来的水稻信息进行比较,最后得到水稻信息提取的精度评价结果(如表 3 所示)。在随机抽取的 256 个验证样本中,本文方法有 13 个误分,其中仅有 7 个误分是将非水稻信息识别为水稻信息,分类总精度达到 94.92%;而对于 SAR 多波段组合,随机抽样的误分样本数达到 23 个,其中将非水稻信息错误识别成水稻信息的个数为 16 个,误判率明显高于本文方法,而其总精度为 91.02%,相对本文方法低了 3.9 个百分点。

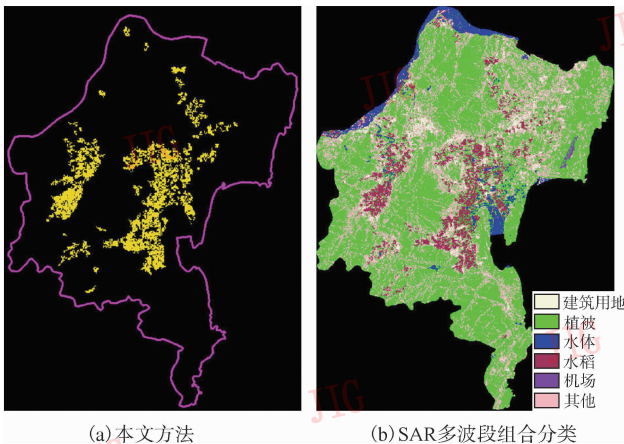


图 5 水稻信息提取  
Fig. 5 Rice extraction

表 3 水稻信息提取精度评价

Tab. 3 Rice extraction accuracy validation results

	水稻	非水稻	总计	使用者精度 (%)
本文方法	水稻	7	90	92.22
	非水稻	160	166	96.37
	总计	167	256	
	生产者精度	93.26%	95.81	
	总精度:94.92%	Kappa:0.888 3		
SAP 多波段组合	水稻	16	90	82.22
	非水稻	159	166	95.78
	总计	175	256	
	生产者精度	91.36%	90.86	
	总精度:91.02%	Kappa:0.798 3		

### 5 结 论

本研究利用两个时相的 ASAR 数据能够提取出

较准确的水稻信息,主要结论有:

(1) ENVISAT ASAR 多极化数据能够为监测农作物提供可靠的数据源。

(2) 本文在分析水稻后向散射特征的基础上,利用两个时相双极化 ENVISAT ASAR 影像构建新波段图像,拉大了水稻与背景地物的图像差异,从而达到抑制其他背景地物信息并增强水稻信息的目的。并且在剔除零星水体混淆信息方面,本文研究还利用水稻非插秧期生长季节影像,通过  $\delta$  (VV 极化和 HH 极化图像相乘),达到区分水体和水稻的效果。经过以上处理,只要利用简单的监督分类法就可以有效的提取出水稻信息。

(3) 基于本文信息提取的基本原理,可以将其应用于各种 SAR 图像的信息提取和识别中,这对 SAR 数据的推广应用具有良好的发展前景。

由于本文只对水稻两个生长阶段的 SAR 图像进行分析,而其他水稻生长期的图像是否更有助于水稻识别和信息提取还有待进一步的研究。

致 谢 本研究工作得到了欧空局为龙计划提供的 ASAR 数据的大力支持,特此表示感谢!

### 参 考 文 献 (References)

- Toan T Le, Ribbes F, Floury N, et al. Rice crop monitoring using ERS-1 data based on experiment and modeling Results[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,1997,35(1):41~56.
- Ishitsuka N, Saito G, Ogawa S, et al. Rice paddy monitoring using Radarsat data[A]. In: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing[C], Singapore, 2001: 5~9.
- Chakraborty M, Panigrahy S, Sharma S A. Discrimination of rice crop grown under different cultural practices using temporal ERS-1 synthetic aperture radar data [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 1997, 52(4): 183~191.
- Liew S C, Chen P, Kam S P, et al. Rice crops monitoring in the mekong river delta using combined ERS and RADARSAT synthetic aperture radar[A]. In: Proceedings of 1998 International Geoscience Remote Sensing Symposium [C], Seattle, USA, 1998: 2746~2748.
- Shao Yun, Guo Hua-dong, Fan Xiang-tao, et al. Studies on rice backscatter signatures in time domain and its applications [J]. Journal of Remote Sensing, 2001,5(5):340~345. [邵芸,郭华东,范湘涛等. 水稻时域散射特征分析及其应用研究[J]. 遥感学报, 2001,5(5):340~345.]
- European Space Agency. BEST User Manual v4. 0. 5. [CP/OL]. http://earth.esa.int/services/best, 2006.
- Shao Yun, Fan Xiang-tao, Liu Hao, et al. Rice monitoring and production estimation using multitemporal RADARSAT[J]. Remote Sensing of Environment,2001,76(3): 310~325.
- Toan T Le, Laur H, Mougin E, et al. Multitemporal and dual-polarization observations of agriculture vegetation covers by X-band SAR images [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1989, 27(6):709~717.