

# 基于面向对象的光学和Sentinel-1 SAR数据油 菜种植空间分布信息提取方法研究

柴振刚1 胡佩敏2,3 熊勤学2,4

(1 潜江市气象局,潜江 433100; 2 江汉平原生态气象遥感监测技术协同创新中心,荆州 434020;
3 荆州市气象局,荆州 434020; 4 长江大学农学院,荆州 434025)

**摘要:**为提高Sentinel-1 SAR数据作物种植分布提取精度,以湖北省江陵县为研究区域,运用资源三号卫星CCD融合数据(空间分辨率为2 m)提取田间边界对象,将对象内Sentinel-1 SAR后向散射系数取平均,以此消除相干斑点噪声的影响,再通过对各种地物纯像元SAR后向散射特征分析,发现3—4月油菜后向散射系数明显高于其他作物,运用得出的油菜分类阈值(4月22日VH极化的SAR后向散射系数大于2.1且小于3.5,且2月27日NDVI指数大于0.3),对满足条件的对象进行筛选,最后得出江陵县油菜种植空间分布信息。运用GPS定点对分类结果进行验证,得到其KAPPA系数为0.88,并运用其他两种传统分类方法(直接用SAR数据进行阈值分类、运用其他时段SAR数据进行对象提取)进行了比较,发现光学遥感数据提取对象、SAR数据确定对象属性的油菜空间分布提取方法的精度有一个质的提高。由于SAR数据不受云层影响,能定时获取,因此此方法很适合在多云雨地区的作物种植空间分布信息的提取。

关键词: 边界提取, SAR数据, 种植空间分布, 面向对象方法

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2018.05.008

# The Extraction Method of Rape Oil Planting Distribution Using Per-Field Classification Based Optical and Sentinel-1 SAR Images Data

Chai Zhengang<sup>1</sup>, Hu Peimin<sup>2, 3</sup>, Xiong Qinxue<sup>2, 4</sup>

 (1 Qianjiang Meteorological Bureau, Qianjiang 433100 2 Collaborative Innovation Center of Remote Sensing Technology in Ecological and Meteorological Monitoring in the Jianghan Plain, Jingzhou 434020
3 Jingzhou Meteorological Bureau, Jingzhou 434020 4 Agricultural College of Yangtze University, Jingzhou 434025)

**Abstract:** The aim of this research was to improve the accuracy of crops distribution classification using Sentinel-1 SAR data. The method involves extracting the crop field border using ZY-3 satellite multi-band optical data based on image segment and merge methods, then averaging the RADAR backscatter coefficient of SAR data within each object which eliminates the influence of coherent speckle noise. Through the analysis of SAR backscattering characteristics of various ground objects which created pure pixels (identified by ground investigating using GPS), we found that the backscattering coefficient values were higher than other crops in March and April. We determined that the rape oil plant areas were characterized with SAR backscattering coefficient values being more than 2.1 and less than 3.5, and the NDVI index being greater than 0.3 on 27th February (filtered for the non-planting areas). Using these rules and SAR data that eliminated the influence of coherent speckle noise, we calculated rape oil planting spatial distribution in Jiangling County. The classification results were verified using GPS within a 5.35 km2 (length 2.57 km, width 2.08 km) area which had wheat and rape oil planted, and the KAPPA coefficient was 0.88. The accuracy of the spatial distribution of rape oil plants was improved over the use of traditional classification methods. The SAR data from Sentinel-1 is not affected by clouds, therefore data needed for this method can be obtained regularly. This method is suitable for crop cultivation spatial distribution information needed for business operations.

Keywords: boundary extraction, Sentinel-1 SAR data, crop cultivation spatial distribution, field-based method

收稿日期:2018年6月5日;修回日期:2018年7月21日 第一作者:柴振刚(1967—),Email:121622659@qq.com 通信作者:胡佩敏(1967—),Email:hupm@21cn.com 资助信息:2012年度公益性行业(农业)科研专项(201203032)

### 0 引言

运用光学遥感卫星数据提取的作物种植空间分布 是目前作物遥感监测最主要的手段,为确保信息提取 的精度,一般需要指定特定时期(特别物候期间)的

数据资料。但因光学遥感卫星受云层和重访周期的影 响,不是所有年份都满足这一要求[1],因此基于光学 遥感卫星数据的作物种植空间分布信息业务化提取, 其精度得不到保证。合成孔径雷达(SAR)因为不受 云层影响、全天候工作等特点,已被广泛应用于作物 种植空间分布信息提取<sup>[2]</sup>。目前运用SAR数据进行作 物种植空间分布信息提取方法主要有两种,一是基 于像素的分类方法,其中单波段、单极化数据分类的 准确度比多极化、多时相、多波段低[3-4],如果在分 类数据中加入光学遥感数据,其分类准确率会大大提 高<sup>[5]</sup>。但不可否认,由于SAR数据影像中相干斑点噪 声的存在,严重影响了信息提取的效果,尽管随着星 载、机载SAR的空间分辨率和辐射分辨率不断提高, 农作物SAR识别的精度有了一定程度的提高,但相 对于光学遥感识别效果,其精度还不足85%。不能满 足现有对农作物分布信息遥感提取的精度要求[6]。另 一种方法是基于面向对象的分类方法[1],即运用多景 SAR数据提取一系列地物对象,通过计算每个地物对 象的空间信息、纹理结构、光谱信息等,并运用这些 信息对地物对象进行分类[7-8],可很好地消除相干斑点 噪声的影响,同时提供了比基于像素的分类方法更多的数据,其分类精度有一个质的提高,同样由于SAR 相干性的问题,在SAR数据影像中的地物边界也会模 糊不清,对地物对象的提取的正确性是影响其分类精 度的最大因素。如何利用光学遥感卫星和雷达卫星的 优点,提高作物种植空间分布信息提取的精度,是多 云雨地区农业遥感要解决的问题之一。

本文旨在以湖北省江陵县为例,在分析油菜田 Sentinel-1 SAR后向散射系数随时间变化的基础上,运 用同期光学影像数据进行地物对象提取,通过SAR地 物对象的光谱、纹理信息数据,结合油菜SAR后向散 射系数分类特征,实现高精度油菜种植空间分布信息 SAR提取。

#### 1 研究区概况和数据预处理

#### 1.1 研究区概况

江陵县(图1)位于湖北省中南部,长江北岸, 面积为1032 km<sup>2</sup>,气候上具有四季分明、热量丰富、 光照适宜、雨水充沛、雨热同季、无霜期长等特点, 夏收作物主要为小麦和油菜。



图1 江陵县的位置、调查区的空间分布和结果验证区地物空间分布图

Fig. 1 The location, spatial distribution of the survey area and the spatial distribution of results of verified places in Jiangling County

2016年3月,为分析不同地物SAR后向散射变化 特征,特在江陵县进行调查,用Trimble pro XRT高精 度GPS仪(定位精度为0.2 m),确定118个纯像元地 物边界,其中油菜田41块,小麦地23块,冬歇田28 块,城镇22块,每块面积都在4.2 hm<sup>2</sup>以上;为验证结 果的精度,在马家寨乡一块5.35 km<sup>2</sup>小麦与油菜交错 地带(长2.57 km,宽2.08 km),用GPS仪详细确定了 各种地物(油菜田、小麦地、冬歇田、道路、水体、 居民区和树林)边界(图1)。

#### 1.2 数据的预处理

从中国资源卫星中心购买2016年2月27日资源三 号卫星CCD数据多光谱和PAN波段数据各二景,多光 谱数据在ENVI软件中经过正射投影转换后,再经过辐 射订标、大气校正和几何校正,最后将二景拼接在一



起,生成覆盖江陵县全境的空间分辨率为6 m的四波 段光谱数据; PAN波段数据经过正射投影转换后,与 多光谱数据运用Gram-Schmidt法进行数据融合<sup>[9]</sup>,生 成空间分辨率为2 m的覆盖江陵县全境的四波段光谱 数据。

从欧空局的网站上下载2016年1—5月江陵境内 Sentinel-1A卫星C波段干涉宽幅(Interferometric wide swath)模式(空间分辨率5m×20m)的SAR数据6景

(1月17日,2月10日,3月5日,3月29日,4月22日, 5月16日),在NEST(Next ESA SAR Toolbox)软件 下进行辐射定标、图像配准和多时相产品滤波,将每 一景数据进行归一化相关处理,处理公式为

$$\sigma_{(x,y)} = \left(\frac{R_{(x,y)} - avg}{con} + 1\right) \times 10, \tag{1}$$

式中, *R*<sub>(x,y)</sub>为第x行、第y列的后向散射系数, avg为图像中所有后向散射系数的均值,而*con*为图像中所有后向散射系数的方差,为确保图像数据都为正数和以整数方式保存,将所有进行归一化处理的数据加1,并放大10倍,其主要目的是消除大尺度降水对后向散射系数的影响,有利于SAR数据的时序分析<sup>[10]</sup>。

#### 1.3 分类结果验证方法

将结果数据和验证区数据运用GIS中的聚类分析生成只含0和1数字的栅格数据,0代表非油菜区、1代表油菜区,然后进行KAPPA系数计算,公式<sup>[11]</sup>如下

$$KAPPA = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c},$$
 (2)

 $P_o = s / n, \qquad (3)$  $P_c = a_1 b_1 + a_0 b_0, \qquad (4)$ 

式中,n为栅格总像元,验证区栅格数据中为1的像元 数为 $a_1$ ,为0的像元数为 $a_0$ ,结果模拟数据中为1的像 元数为 $b_1$ ,为0的像元数为 $b_0$ ,两个栅格对应像元值相 等的像元数为 $s_0$ 。

KAPPA计算结果通常在 0~1: 0.0~0.20代 表极低的一致性, 0.21~0.40代表一般的一致性, 0.41~0.60代表中等的一致性, 0.61~0.80代表高度的 一致性, 0.81~1代表几乎完全一致。

#### 2 提取方法

先用空间分辨率为2 m融合过的资源三号四波段 光谱数据进行特征值提取,即在ENVI软件中Segment Only Feature Extraction功能对图像进行切割和合并, 切割算法选择Edge<sup>[12]</sup>,尺度大小为20,合并算法为 Full Lambda Schedule<sup>[11]</sup>,合并尺度为30,切割融合的 阈值是通过切割融合的效果来确定的,系统会将多光 谱相近的相邻像素归为一个地物,作物种植区地物为 一块块农田,最后给出地物边界矢量文件。 在ARCGIS中将地物边界矢量文件与预处理后的 SAR数据进行统计叠置统计分析,将每块地物内的 SAR数据取均值,并进行矢量转栅格计算,得到消 除了相干斑点噪声、边界清晰的SAR栅格数据,结 合本文分析的油菜SAR数据特征,得到油菜分类规 则,分类后得到江陵县油菜种植区空间分布。具体 流程图见图2。



图2 油菜种植空间分布信息提取流程 Fig. 2 Process snaps of spatial distribution information for rape oil plants

### 3 结果与分析

## 3.1 不同极化的油菜 Sentinel-1 SAR 后向散射 系数变化特征

由不同地物、不同时期两种极化的SAR后向散射 系数变化(图3)可知,在整个生长期内油菜地VH极 化的SAR后向散射系数明显高于小麦田和冬歇田,其 中4月份最为明显,而VV极化数据这一特征不明显, 这与Weise等<sup>[13]</sup>和田海峰等<sup>[14]</sup>观测到的结论一致,因 此选取油菜地与小麦田、冬歇田差异最大的4月22日 作为阈值,以"均值±80%×方差"作为上下界限, 即满足SAR VH极化后向散射系数处理值大于2.1、小 于3.5,且2月27日NDVI指数大于0.3(过滤掉非种植 区)条件的区域为油菜地。

#### 3.2 结果验证

将5.35 km<sup>2</sup>小麦与油菜交错地带获取的油菜地实际空间分布数据(图4a),与采用本文推荐的方法(用光学数据提取田间边界,用SAR数据进行阈值提取的分类方法)计算得到的结果数据(图4b), 用式(2)进行KAPPA系数计算,得到KAPPA系数为 0.88,计算整个江陵县油菜的种植面积为2.62万 hm<sup>2</sup>, 2016年江陵实际种植面积为2.21万 hm<sup>2</sup>(《2016年 荆州市统计年鉴》),结果相对准确;如果不用光 学数据提取田间边界,直接用SAR数据进行阈值分 类,其结果与实际值进行计算,得到的KAPPA系数 为0.68(图4c);而用3月5日、3月29日、4月22日三 景SAR数据进行田间边界提取,结合4月22日SAR数据 进行阈值提取的分类方法得到的KAPPA系数为0.61(图 4d)。比较这三种方法可以看到本文推荐的方法更接

# **进**展报告







图4 不同方法的分类结果比较 Fig. 4 The results comparing different classification methods

近实际情况,是三种方法中最好的提取方法,分类方 法主要优点有两点:一是完全消除了相干斑点噪声的 影响,主要表示在结果图中面积只有几个像素大小的 错误结果没有了,田间内部的空白点也少了;二是农 田边界清晰。

#### 3.3 江陵县油菜种植空间分布

运用光学数据提取田间边界,用SAR数据进行阈 值提取的分类方法,得到江陵县油菜种植空间分布信息 (图5),江陵县油菜种植空间分布特点主要表现在油 菜主要集中江陵县西部,主要集中在马家寨乡、滩桥镇 和江北农场,与西部油菜、北部小麦的种植风格一致。

### 4 结果与讨论

本研究利用资源三号卫星CCD融合数据,运用 图像切割融合技术,提取江陵县田块边界作为分析 对象,并将每个对象内的SAR后向散射系数均值作为 对象属性,运用阈值分类方法(即VH极化的后向散 射系数大于2.1且小于3.5作为分类标准),判断对象 是否为油菜种植区,达到提取油菜种植空间分布的目 的,此方法较其他两种传统分类方法(直接用SAR数 据进行阈值分类、运用其他时段SAR数据进行对象提 取)有更高的分类精度,为多云雨地区农作物种植空 间分布的提取提供了一个有效的方法。





图5 江陵县油菜种植空间分布图 Fig. 5 Spatial distribution map of rape oil in Jiangling County

此方法是建立在油菜的VH极化后向散射系数明显高于其他作物<sup>[13-14]</sup>的基础上,对于其他作物的分类还有待进一步研究。运用光学数据提取田间边界对数据获取时间没有严格要求,只要是作物生育期内便可,而SAR数据,因为雷达卫星不受云层的影响,能定期获取,不会因为关键期遥感数据的缺失而降低作物种植空间分布提取的精度;还有由于完全消除了相干斑点噪声的影响,其分类精度较传统分类方法的精度有一个质的提高,因此该方法可以投入业务化运行。

本文光学遥感数据是采用2016年2月27日资源三 号卫星CCD数据多光谱,油菜光谱特征与小麦基本相 同,如果光学遥感数据获取日期是作物间差异大的时 期,可用光学遥感数据与SAR数据共同参与分类,其 精度会有一个更大的提高。

#### 参考文献

- Xavier B, Laurent V, Pierre D. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series. Remote Sensing of Environment. 2005, 96: 352-365.
- [2] Jiao X F, John M K, Shang J L. Object-oriented crop mapping and monitoring using multi-temporal polarimetric RADARSAT-2 data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014, 96(4): 38-46.
- [3] Alberga, V. A study of land cover classification using polarimetric SAR parameters. Int J Remote Sens, 2007, 28: 3851-3870.

- [4] Alberga V, Satalino G, Staykova D K. Comparison of polarimetric SAR observables in terms of classification performance. Int J Remote Sens, 2008, 29: 4129-4150.
- [5] McNairn H, Champagne C, Shang J L, et al. Integration of optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery for delivering operational annual crop inventories. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2009, 64: 434-449.
- [6] 王迪,周清波,陈仲新,等.基于合成孔径雷达的农作物识别研究 进展.农业工程学报,2014,30(16):203-212.
- [7] Entezari I, Motagh M, Mansouri B. Comparison of the performance of L-band polarimetric parameters for land cover classification. Can J Remote Sens, 2012, 38: 629-643.
- [8] Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, et al. Multi-resolution objectoriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS J Photogramm Remote Sens, 2004, 58: 239–258.
- [9] Bruno A, Stefano B, Massimo S. Enhanced Gram-Schmidt spectral sharpening based on multivariate regression of MS and Pan data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006, 6: 3806-3809.
- [10] Konstantinos T, Dimitra K. Sea state primitive object creation from SAR data. International Journal of Geosciences, 2014, 5: 1561-1570.
- [11] Bradley A P. The use of the area under the ROC Curve in the evaluation of machine learning algorithms. Pattern Recognition, 1997, 30(7): 1145-1159.
- [12] Roerdink, Jos B T M, Meijster A. The watershed transform: definitions, algorithms, and parallelization strategies. Fundamenta Informaticae, 2001, 41: 187-228.
- [13] Weise C, Hochschild V. Multipolarized and multitemporal analysis of Envisat ASAR data for agricultural inventories (InVeKoS) in Germany [M]. Proceedings of the 2004 Envisat & ERS Symposium (ESA SP-572). 6-10 September 2004, Salzburg, Austria.
- [14] 田海峰, 邬明权, 牛铮, 等. 基于Radarsat-2 影像的复杂种植结构 下旱地作物识别.农业工程学报, 2015, 31(23): 154-159.