

多波段多极化成像雷达图象识别 森林类型效果分析

廖静娟 郭华东 邵 芸

(中国科学院遥感应用研究所遥感信息科学开放研究实验室, 北京 100101)

摘 要 以陕西省宜川县三北防护林地区获取的航天飞机成像雷达 SIR-C/X-SAR 数据为基础, 进行了森林类型的识别与分类, 区分出针叶林、阔叶林和混交林 3 种森林类型. 并通过从 SIR-C/X-SAR 数据中提取这 3 种类型森林的后向散射系数, 分析了多波段、多极化雷达在森林类型识别中的作用.

关键词 成像雷达图象 森林类型 识别效果

中图分类号: TP751 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)01-0030-04

Effect of Forest Types Discrimination Using Multifrequency and Multipolarization Imaging Radar Images

LIAO Jing-juan, GUO Hua-dong, SHAO Yun

(Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract The paper presents the results of discrimination and classification of Three North shelter forests using shuttle imaging radar (SIR-C/X-SAR) data in Yichuan count, Shannxi province. The forest is divided into three types: coniferous, deciduous and mixed forest. The backscatter coefficients of three forest types are extracted from the SIR-C/X-SAR data, and the effect of the forest types discrimination is analyzed using multifrequency and multipolarization.

Keywords Imaging radar image, Forest type, Discrimination effect

0 引 言

森林对于全球的碳循环、水循环以及能量平衡等极为重要. 随着地球上人口的增加, 森林资源不断锐减, 因而准确、实时地获取全球森林资源变化的有关信息显得尤其重要. 利用传统的森林资源调查方法获取这方面的信息往往因人力、物力和自然条件等客观原因显得困难重重, 而遥感的方法却可以满足这方面的要求. 在森林生态资源调查中, 有效地区分不同的森林类型是进行森林资源监测和生物量估测的保证. 从遥感图象开始应用于森林生态研究以

来, 森林类型的识别和分类就一直是遥感森林生态研究的重要课题. 雷达遥感作为主动式的微波遥感技术, 在 70 年代初期就开始应用于北美和热带地区进行森林调查和制图研究^[1]. 随着机、星载雷达遥感技术的发展, 雷达遥感技术在森林类型识别、分类和制图研究中发挥了很大的作用, 特别是多波段、多极化雷达图象的应用, 更使森林类型的识别和分类变得更为有利.

航天飞机成像雷达 SIR-C/X-SAR (Shuttle Imaging Radar-C/X-Band Synthetic Aperture Radar) 是目前世界上最先进的多波段、多极化成像雷达传感器, 具有成像模式多变, 波段、极化组合多

基金项目: 国家自然科学基金重大项目资助(49493403); 国家“攀登计划”资助项目(95-预 38); 美国宇航局喷气推进实验室(NASA/JPL)

SIR-C/X-SAR 科学计划中国项目资助

收稿日期: 1998-12-25; 收到修改稿日期: 1999-04-02

样的特点, 对开展森林类型识别与分类较为有利^[2]. 本文以陕西省宜川县三北防护林地区获取的 SIR-C/X-SAR 数据为基础, 分析了多波段、多极化成像雷达图象在森林类型识别中的作用.

1 试验区与数据

1.1 试验区概况

陕西省宜川县位于陕北黄土高原地区, 黄河于东侧南流. 平均海拔 1300m—1400m, 地表切割破碎, 呈千沟万壑的黄土丘陵地貌. 气候属暖温带, 年降水较少, 为干旱一半干旱地区.

该地区的森林为我国三北防护林的一部分, 防护林主要分布于宜川县西部. 森林类型有阔叶林、针叶林和混交林, 其中阔叶林主要有山杨林和栎树林, 针叶林主要为油松, 混交林则是阔叶混交林和针阔混交林两种皆有.

1.2 数据及处理

1994 年 4 月, 美国奋进号携带成像雷达 SIR-C/X-SAR 系统飞越该区时, 以 11 成像模式获取了该区的多波段、多极化雷达图象, 其成像参数见表 1.

该多波段、多极化成像雷达数据经过格式转换, 可形成 8bit 的单波段、单极化图象数据. 对图象数据进行几何配准, 产生多通道彩色合成图象, 然后对图象进行增强 Lee 滤波, 以消除雷达图象的斑点噪声. 同时, 利用 PCI 软件的图象分类器, 对原始图象数据进行了监督分类, 产生分类结果图.

表 1 航天飞机成像雷达 SIR-C/X-SAR 成像参数

参数	SIR-C	X-SAR
波段	L、C	X
极化	HH、HV	VV
图象中心入射角(°)	24.7	23.8
辐射宽度(km)	48.2	49
分辨率(距离×方位)(m)	25×25	25×25
象元大小(m)	12.5×12.5	12.5×12.5

2 森林类型识别与分类

成像雷达图象的色调是识别不同森林类型的有效工具, 尤其是通过计算机图象处理软件将多波段、多极化成像雷达数据配准、合成为彩色图象后, 不同的森林类型将会在图象上呈现不同的颜色, 从而可以在图象上直接区分出不同类型的森林. 在本研究

中, 利用 L 和 C 波段、HH 和 HV 极化, 以及 X 波段 VV 极化的 SIR-C/X-SAR 数据产生彩色合成图象后, 在 L-HH(红)、L-HV(绿)和 C-HV(蓝)彩色合成图象上(彩色图版 I 中的图 1)就可直接看出, 针叶林呈黄色, 混交林为红白色, 阔叶林为蓝色. 因而通过不同的色调就很容易在图象上识别出这 3 种森林类型.

参照 1: 50 万《中国黄土高原地区森林图》^[3], 在多波段、多极化彩色合成图象上选取 5—7 个训练样区, 利用最大似然法对多波段、多极化的雷达数据进行监督分类(彩色图版 I 中的图 2), 可以区分出针叶林、阔叶林、混交林、河道或冲沟以及雷达阴影几种地物类型. 然后根据分类结果进行样区统计及精度分析, 可得出分类结果的混淆矩阵(见表 2). 从表 2 可以看到, 这 3 种森林类型分类的结果较为理想, 其中针叶林的分类效果最好, 精度达 79.7%, 其次为混交林, 精度为 68%, 阔叶林的精度最低, 为 60.2%. 分类结果的平均分类精度为 75.10%, 全局精度为 70.4%. 由此可见, 利用 SIR-C/X-SAR 数据对于三北防护林的识别与分类较为成功.

表 2 分类结果混淆矩阵

类别	针叶林	阔叶林	混交林	河道或冲沟	样点数 [‡]
针叶林	79.7	8.5	8.0	0.0	61170
阔叶林	13.7	60.2	21.7	1.0	39985
混交林	10.8	15.4	68.0	0.0	136967
河道或冲沟	0.0	0.2	0.0	92.5	8500

[‡] 表中的样点数为计算机统计的分类结果样点数.

3 多波段、多极化成像雷达识别森林类型效果分析

雷达图象反映的是地物的几何形态、地表特征与电磁波相互作用的结果, 是通过地物的雷达后向散射系数来表示, 因而在分析雷达识别不同森林类型的效果时, 可以利用不同类型森林的雷达后向散射系数来讨论. 雷达后向散射系数除了与地物的几何形态和地表特征有关外, 主要与雷达的系统参数有关. 波长、极化和入射角是雷达的系统参数, 在森林类型的识别中具有不同的作用和效果.

SIR-C/X-SAR 数据是已经过精确定标的雷达数据, 使提取图象上记录的地物的雷达后向散射系数成为了可能^[4]. 利用 SIR-C/X-SAR 系统的有关定标结果, 我们提取了雷达图象上识别出的三北防

护林3种类型森林的雷达后向散射系数(如表3)。

表3 不同森林类型的雷达后向散射系数

森林类型	针叶林	阔叶林	混交林
LHH	-4.68	-5.75	-4.58
LHV	-7.28	-7.96	-7.62
CHH	-4.67	-4.86	-3.56
CHV	-6.50	-6.19	-5.84
XVV	-3.64	-3.37	-3.46

从表3可以看到,对单波段单极化图象而言,三北防护林的这3种类型森林的雷达后向散射系数值较为相近,因而在单波段单极化雷达图象(图1)上难以区分出来。当波长不同而极化相同时,针叶林、阔叶林和混交林的雷达后向散射系数值变化也不大,如LHH和CHH,其后向散射系数值变化在-3.56~-5.75之间;LHV和CHV变化在-5.84~-7.96之间;XVV变化在-3.37~-3.64之

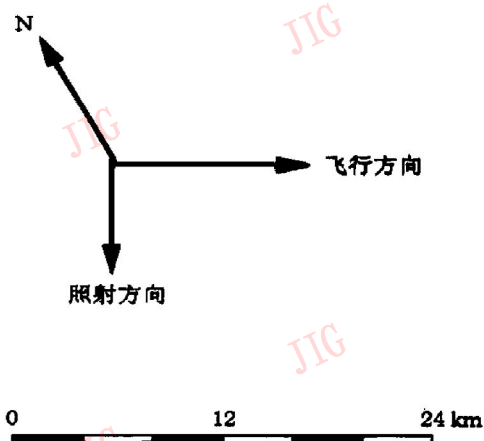
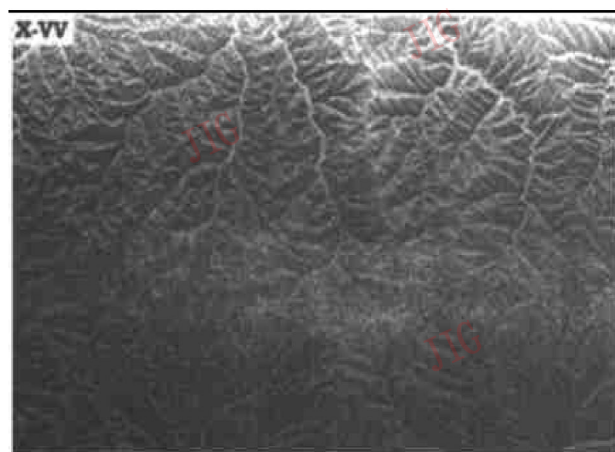
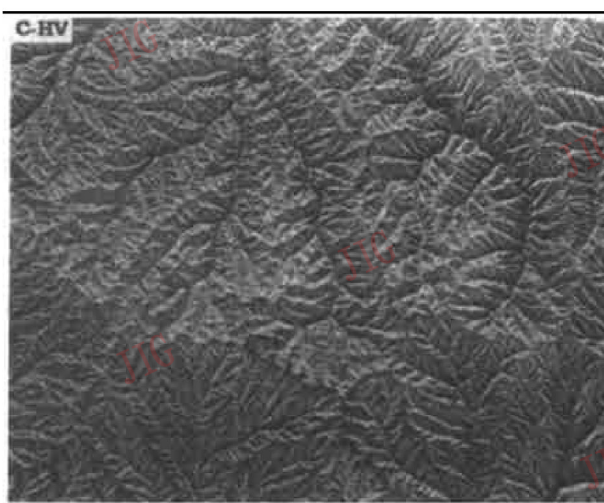
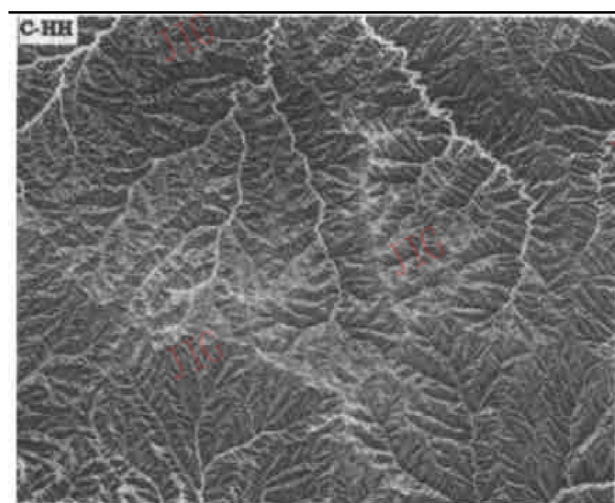
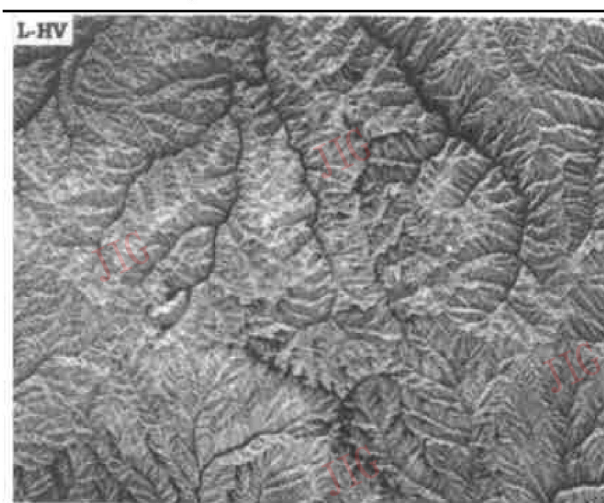
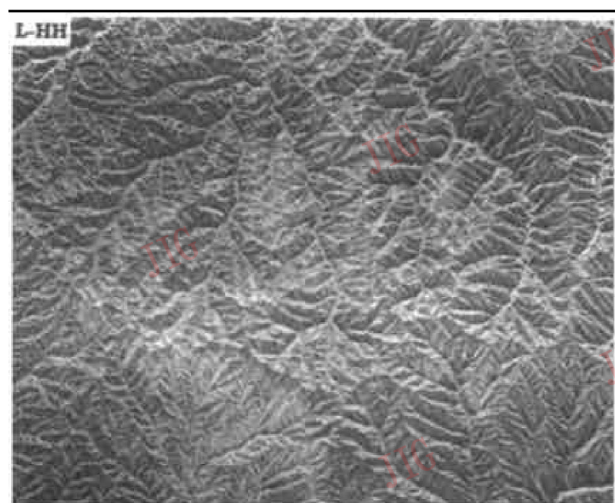


图1 单波段单极化 SIR-C/X-SAR 雷达图象

间.这是因为波长主要反映雷达对森林树冠不同程度的穿透能力,一般波长越长,穿透树冠的深度越大,长波段(如P、L波段)雷达可以穿透整个树冠,揭示出树冠下树枝、树干和地表的信息,而C和X波段则主要反映来自树冠的信息^[5,6],因此波长对于森林类型的识别并不十分理想.而当波长相同极化不同时,这3种森林类型的后向散射系数都相差较大(彩色图版I中的图3所示),说明极化对区分不同的森林类型较为有效,这是由于极化主要反映森林的表面形态和森林特征,对树叶的形态具有较强的刻画能力,故对森林类型的识别较为有效^[7-9].因此通过对多波段、多极化雷达数据的合成,可以充分发挥波长和极化的不同作用,使之能明显区别出不同的森林类型.

4 结 论

利用多波段、多极化航天飞机成像SIR-C/X-SAR数据在陕西省宜川县三北防护林地区开展森林类型识别与分类,共区分出阔叶林、针叶林和混交林3种森林类型.同时通过在SIR-C/X-SAR图象提取这3种类型森林的雷达后向散射系数,分析了雷达的波长和极化在森林类型识别中的作用,其中单波段单极化雷达图象难以区分出不同的森林类型.波长对于森林类型的识别效果并不十分理想,而极化对于森林类型的识别效果较为明显,因而多波段、多极化雷达数据的合成,可以充分发挥波长和极化在森林类型识别中的不同作用,从而明显区分出不同的森林类型.

参 考 文 献

1 Savigear R A G *et al.* Forestry applications of side-looking radar,

郭华东 1950年生,1981年毕业于中国科学院研究生院,现任中国科学院遥感应用研究所研究员.近20年来从事遥感研究,已出版论著6本,发表论文90余篇.

side-looking radar systems and their application to earth science surveys, ERSO CR-138, 1973, 23~44.

- 2 Harrell P A, Kasischke E S, Bourgeau-Chavez L L *et al.* Evaluation of approaches to estimating aboveground biomass in southern pine forests using SIR-C data. *Remote Sens Environ*, 1997, 59: 223~233.
- 3 中国黄土高原地区资源环境遥感系列制图编辑委员会. 中国黄土高原地区资源与环境遥感系列地图之五: 中国黄土高原地区森林图(1:50万). 西安: 西安地图出版社, 1994.
- 4 Freeman A M Alves *et al.* SIR-C data quality and calibration results. *IEEE Trans Geosci and Remote Sens*, 1995, 33 (4): 848~857.
- 5 Richards J A, Woodgate P W, Skidmore A K. An explanation of enhanced radar backscattering from forest. *Int J of Remote Sensing*, 1987, 8 (7): 1093~1100.
- 6 Wu L K, Moore R K, Zoughi, R. Sources of scattering from vegetation canopied at 10 GHz. *IEEE Trans Geosci and Remote Sens*, 1985, GE-23(5): 737~745.
- 7 Hirosawa H, Matsuzaka Y, Kobayashi O. Measurement of microwave backscatter from a cypress with an without leaves. *IEEE Trans Geosci and Remote Sens*, 1989, 27 (6): 698~701.
- 8 Wu S T. Potential application of multipolarization SAR for pine-plantation biomass estimation. *IEEE Trans Geosci and Remote Sens*, 1987, GE-25(3): 403~409.
- 9 Hoekman D H. Radar backscattering of forest stand. *Int J of Remote Sens* 1985, 6 (2): 325~343.



廖静娟 1966年生,1993年获中国科学院地球物理研究所固体地球物理专业博士学位,现任中国科学院遥感应用研究所副研究员.主要从事雷达遥感地物散射特性、信息提取及应用研究.已发表论文20余篇.



邵芸 1961年生,1986年于北京大学获硕士学位,现任中国科学院遥感应用研究所研究员.主要从事雷达遥感信息机理、信息处理及相关应用研究.发表论文30余篇.