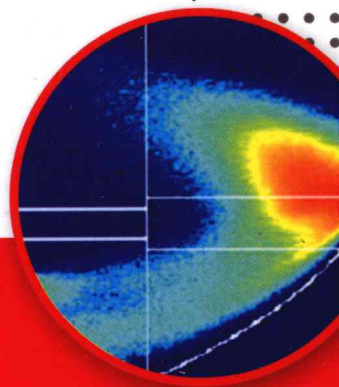




高分辨率SAR 图像目标识别

◎张红 王超 张波 吴樊 闫冬梅 著



科学出版社

www.sciencep.com

高分辨率 SAR 图像目标识别

张红 王超 张波 吴樊 闫冬梅 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍合成孔径雷达(SAR)图像目标识别的概念、方法和系统实现。首先介绍 SAR 图像目标识别的特点和发展状况;接着以 SAR 图像目标识别的实现为主线,介绍 SAR 图像预处理、SAR 目标检测与辨识、SAR 目标特征提取和 SAR 目标识别;最后以实际开发的软件系统为例,介绍基于空间信息系统的 SAR 图像目标识别软件系统的实现。

本书是作者近年来在 SAR 图像目标识别领域的研究成果总结,内容系统、详尽,可供从事遥感、测绘、海洋、海事、交通、渔业、灾害等学科领域的科研和工程技术人员参考使用,也可供高等院校相关专业的教学和研究参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分辨率 SAR 图像目标识别/张红等著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-023856-6

I. 高… II. 张… III. 合成孔径雷达 IV. TN958

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 000035 号

责任编辑:韩 鹏 李久进/责任校对:李奕莹

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 3 月第一次印刷 印张:12 1/4 插页:6

印数:1—3 000 字数:277 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

合成孔径雷达(SAR)从其诞生伊始便是为了满足军事上的需求,20世纪60年代,随着SAR技术的公开,其在对地观测中的作用开始逐渐显露。1978年美国Seasat卫星发射升空,揭开了星载SAR时代的序幕。80年代航天飞机成像雷达的两次飞行试验(SIR-A, SIR-B)以及美国和欧洲等少数发达国家的机载SAR系统的发展,奠定了雷达遥感发展的基础。90年代,欧洲ERS-1/2、日本JERS-1、俄罗斯ALMAZ、加拿大Radarsat-1等一系列雷达卫星的相继升空,以及SIR-C/X-SAR的两次飞行试验,标志着雷达遥感的蓬勃发展。

进入21世纪,雷达遥感继续保持蓬勃发展的态势,继美国SRTM任务、欧洲Envisat和日本ALOS雷达卫星之后,2007年意大利1m分辨率的COSMO-SkyMed、德国1m分辨率的TerraSAR-X和加拿大1m分辨率的Radarsat-2先后升空,开启了高分辨率星载SAR时代。我国也即将发射环境减灾卫星的雷达卫星(HJ-1C)。与此同时,SAR理论和技术的创新层出不穷,机载SAR系统分辨率逼近厘米级极限,极化干涉SAR、双站与多站SAR、层析SAR、圆迹SAR等新方法、新技术不断涌现。

大量全新的SAR数据,带来了SAR信息提取和应用的新挑战。这些SAR数据不仅与常见的光学图像表现特征不同,其所包含的信息也不相同,传统的信息提取方法应用于SAR图像时便显现出其局限性。目标识别作为SAR图像处理和信息提取的关键技术,不仅被应用于军事侦察,在海洋环境、海事、渔业、减灾等领域也有重要应用价值。SAR图像的目标识别,是随着SAR系统的出现和发展而发展起来的新兴技术,国外在该领域已有许多研究成果,一些工程化软件系统也在一些国家的相关部门投入运行使用。近年来,在我国也有许多单位开始从事SAR图像目标识别的研究工作,并有许多研究成果和目标探测方面的专著,但是还没有看到系统介绍SAR图像预处理、SAR目标探测和目标识别以及软件系统实现的专著。本书试图对近年来作者在该领域的最新研究成果做一阶段性总结,以供相关领域的科研人员阅读参考。

本书的主要内容如下:第1章,主要介绍SAR图像目标识别的技术发展状况;第2章,针对SAR图像目标识别的预处理,重点介绍SAR图像的滤波处理、目标增强、几何校正和图像配准;第3章,介绍基于统计模型的目标检测和基于地理空间信息的目标检测方法,并针对陆地环境和海洋环境,分别介绍SAR图像目标检测算法;第4章,介绍SAR目标特征提取方法,重点介绍目标峰值特征、目标阴影特征、目标小波低频特征以及目标的属性散射中心特征提取算法;第5章,介绍SAR目标识别的几种实现方法;第6章,以作者开发的SAR图像船舶检测与分析系统为例,介绍基于空间信息系统的SAR图像目标识别软件系统的体系结构和实现方法。

本书作者组成的研究团队近十年来一直从事SAR图像目标识别研究和系统开发,先后得到了国防预研项目、国家“863”计划(2001AA135050)、国家自然科学基金(40601058、40701108、40871191)、国家“973”计划(2001CB309406)和中国科学院知识创

新工程重点项目(KZCX2-309,KZCX0101)等项目的支持。参加研究与撰写工作的人员还有:田已睿、汤益先、瞿继双、陈富龙、陈曦、张维胜、温晓阳、李洪忠等博士,杨进、侯四国、徐丰、陈卫荣、杨波、王倩、郭经等硕士。国内外多家单位和公司为本书提供了数据资源,其中 Envisat ASAR 数据由 Eurimage 公司提供,Radarsat-1 数据由中国科学院对地观测与数字地球科学中心(原中国遥感卫星地面站)提供,ALOS PALSAR 数据由日本 JAXA 提供,TerraSAR-X 数据由 DLR 提供,高分辨率机载 SAR 数据由中国电子科技集团公司第三十八研究所和中国科学院电子学研究所提供,MSTAR 数据由美国国防高级研究项目署(DARPA)和美国空军研究实验室(Air Force Research Laboratory,AFRL)提供,X-SAR 数据由美国 Sandia 国家实验室提供。在此一并致谢!

SAR 技术发展日新月异,限于作者的水平和时间的仓促,一些问题难免顾及不周,书中难免存在不足或错误,敬请读者批评指正。

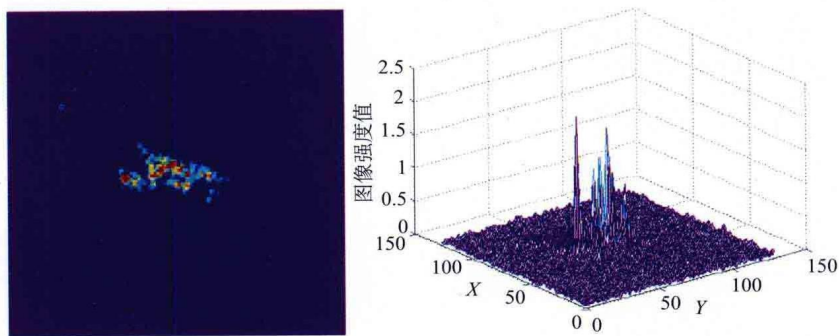
张 红

2008 年 10 月

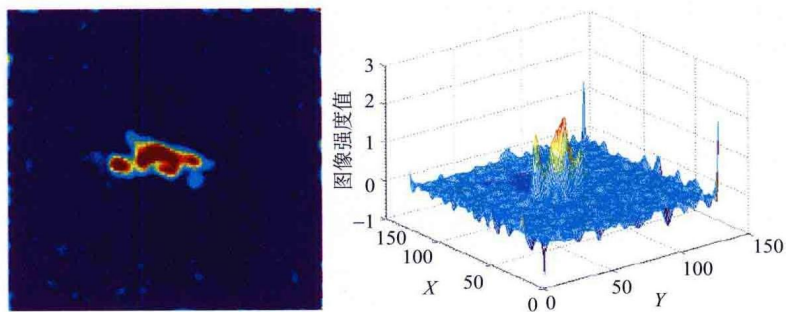
彩图



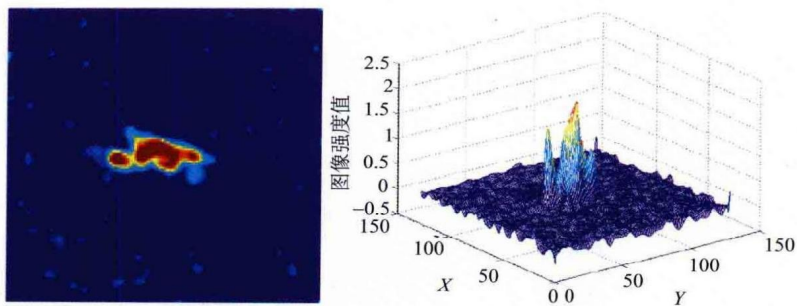
彩图1 MSTAR 系统结构图



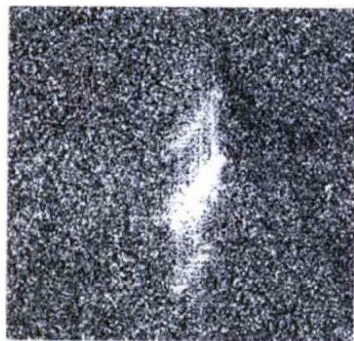
彩图2 原始 SAR 图像



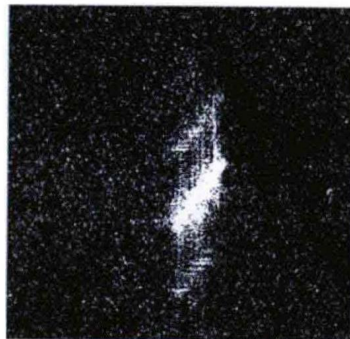
彩图3 P-M 方法的特征增强结果



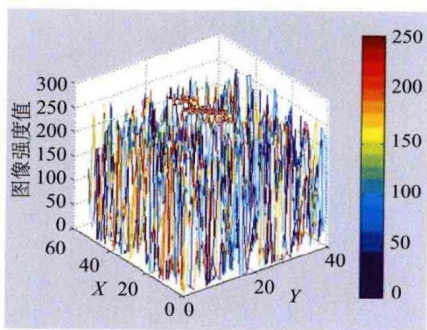
彩图 4 Catta 各向异性扩散方法的特征增强结果



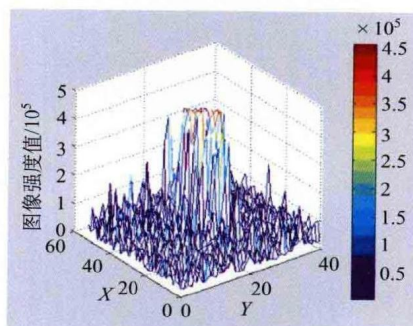
(a) Radarsat-1原始图像



(b) 图(a)增强后的图像

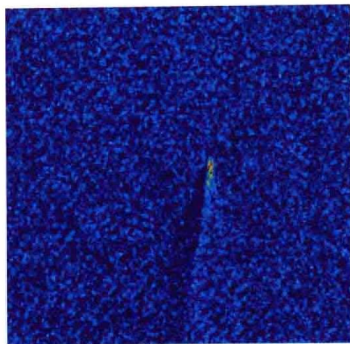


(c) 图(a)的三维视图



(d) 图(b)的三维视图

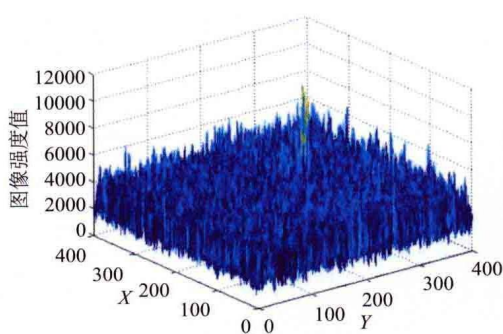
彩图 5 Radarsat-1 舰船目标增强结果



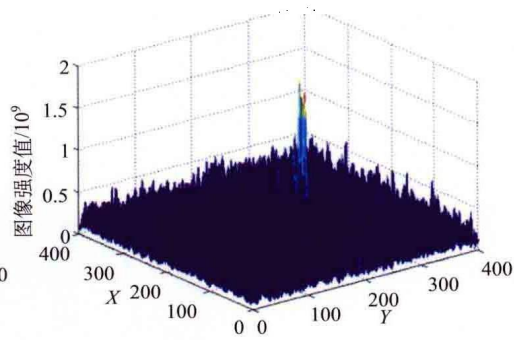
(a) Envisat ASAR原始图像



(b) 图(a)增强后的图像



(c) 图(a)的三维视图



(d) 图(b)的三维视图

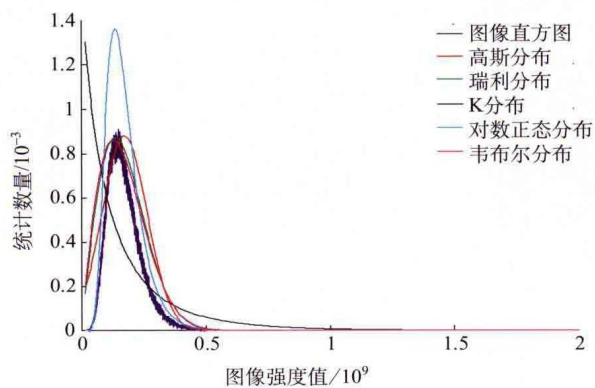
彩图 6 Envisat ASAR Wide Swath 数据目标增强结果



(a) Envisat ASAR Wide Swath数据

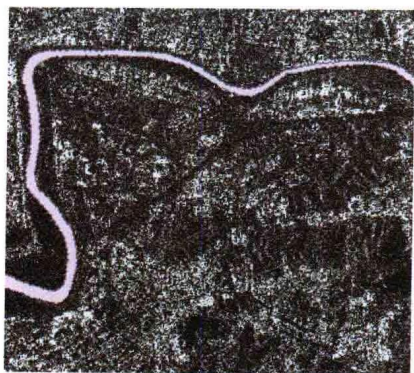


(b) 图(a)增强后的结果图像

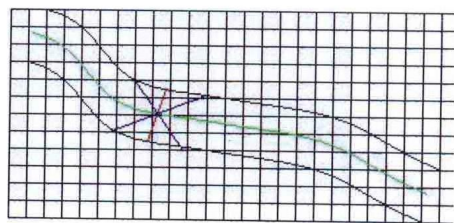


(c) 图像直方图及拟合统计模型分布

彩图 7 增强后图像的杂波模型分析



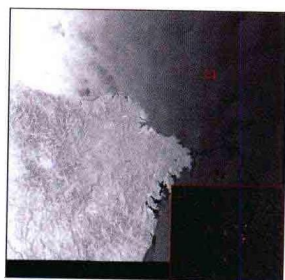
彩图 8 由地理信息库检索到的
河流区域显示



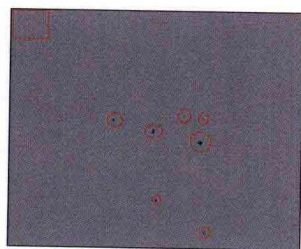
彩图 9 直线检测示意图



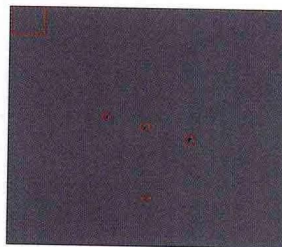
彩图 10 桥梁检测和识别结果



(a) Envisat ASAR原始图像

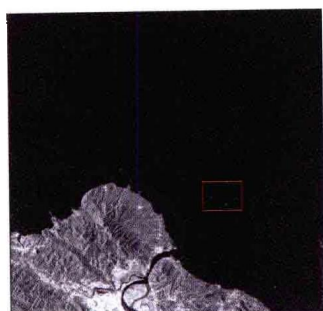


(b) 本文算法检测结果



(c) 基于KCFAR检测结果

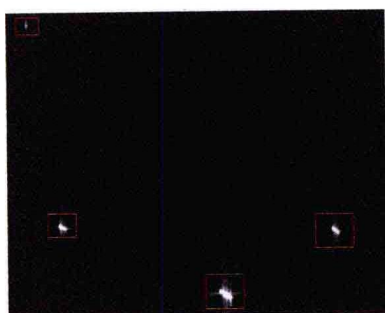
彩图 11 单通道检测器性能示例



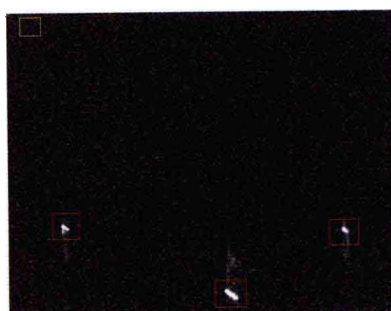
(a) HH极化图像



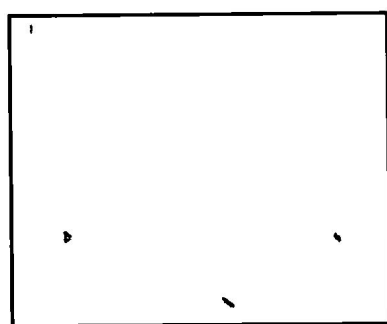
(b) HV极化图像



(c) 图(a)中红框内区域放大图

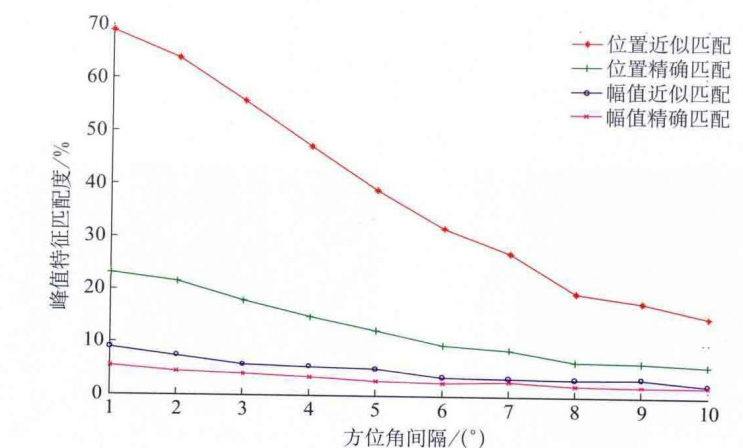


(d) 图(b)中红框内区域放大图

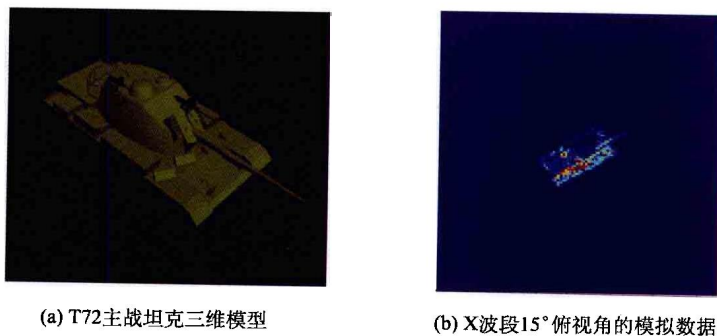


(e) 双通道检测器检测结果

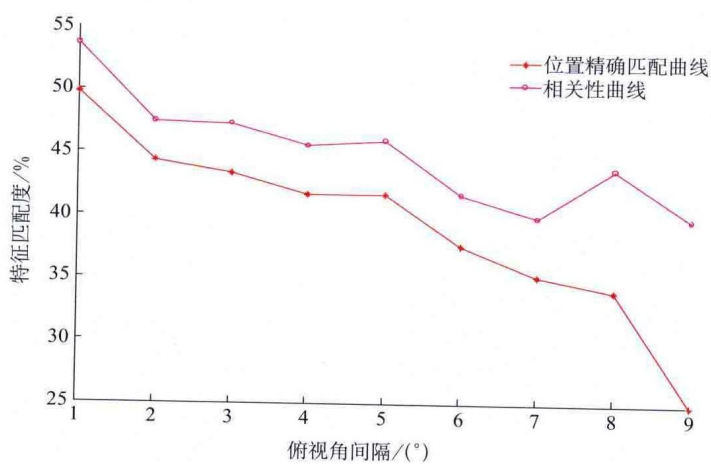
彩图 12 双通道检测器性能示例



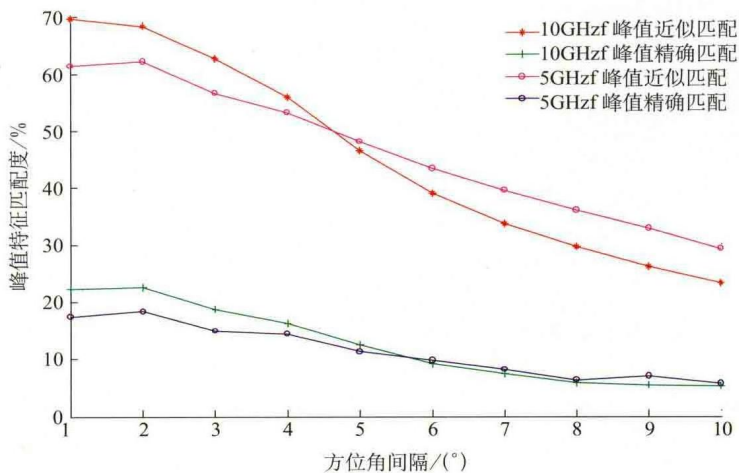
彩图 13 10°方位角间隔内 T72 坦克峰值特征稳定性分析



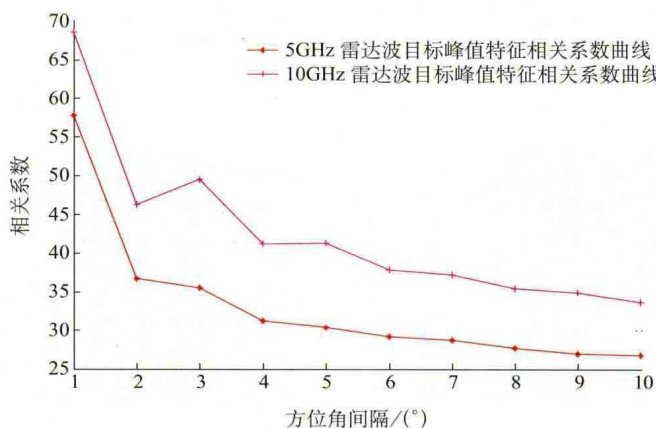
彩图 14 基于目标三维模型的 ISAR 模拟数据



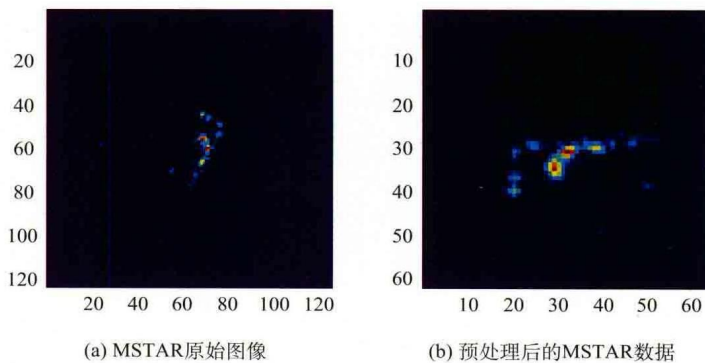
彩图 15 俯视角变化对目标峰值特征稳定性的影响



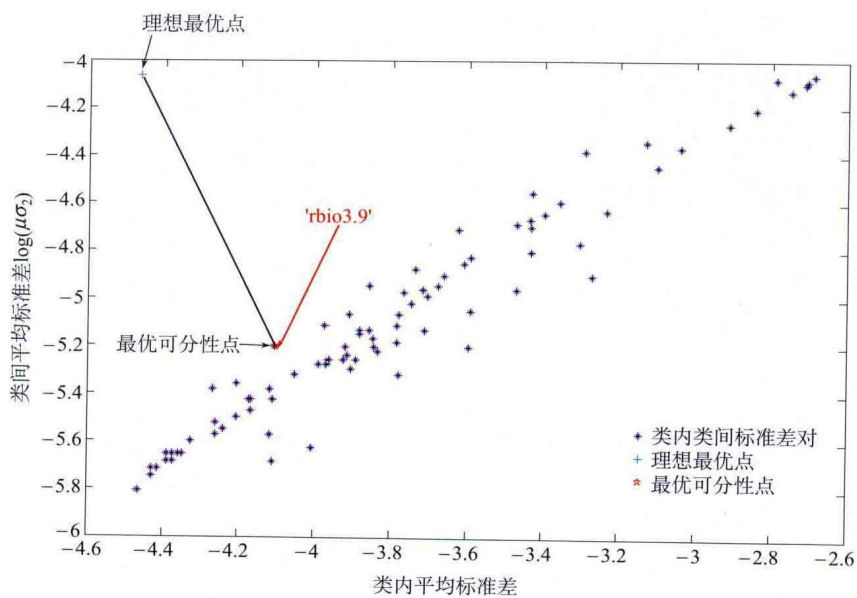
彩图 16 不同频率雷达波照射下目标峰值特征的位置稳定性



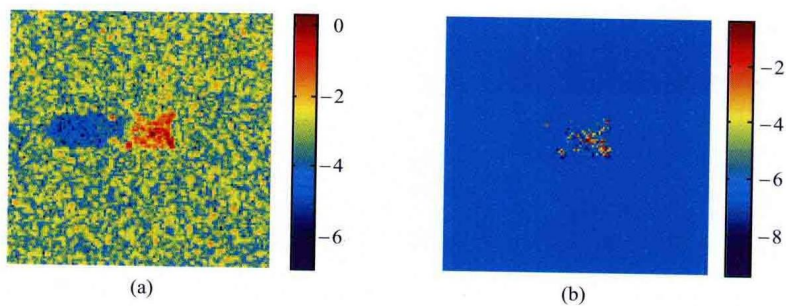
彩图 17 不同频率雷达波照射下目标峰值特征相关系数曲线



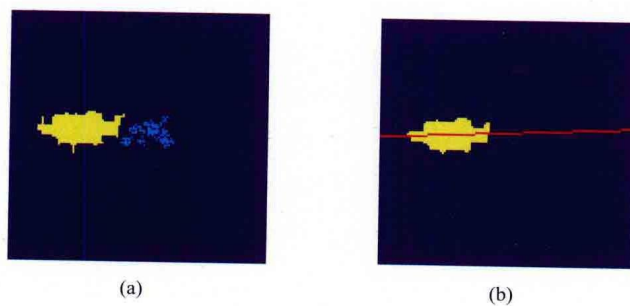
彩图 18 240°方位角 MSTAR 数据预处理结果图



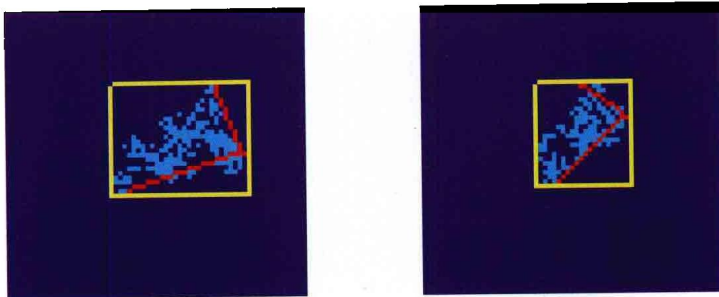
彩图 19 小波母函数类别可分性评价



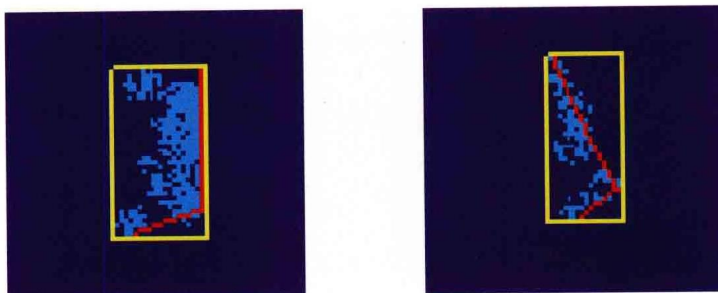
彩图 20 0° 方位角附近的原图(a)和目标规整化后图像(b)



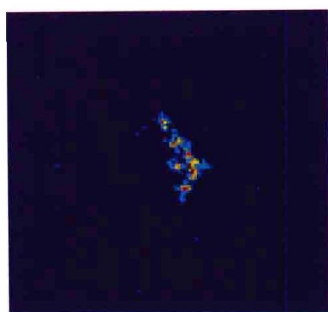
彩图 21 目标与阴影分割(a)及阴影的方位角估计(b)



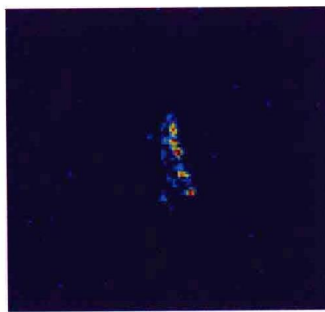
彩图 22 30°~90°方位角之间依据峰值长边的目标方位角拟合效果



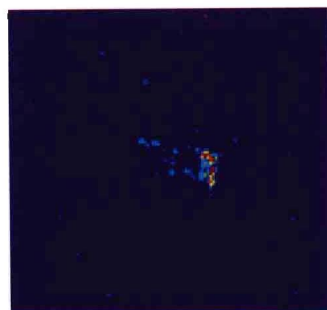
彩图 23 90°方位角附近依据峰值长边的目标方位角拟合效果



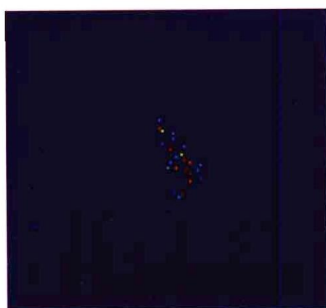
(a) T72主战坦克



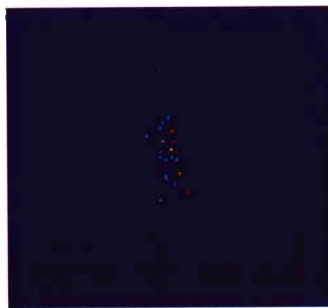
(b) BMP2装甲车



(c) BTR70装甲车



(d) 图(a)峰值提取结果

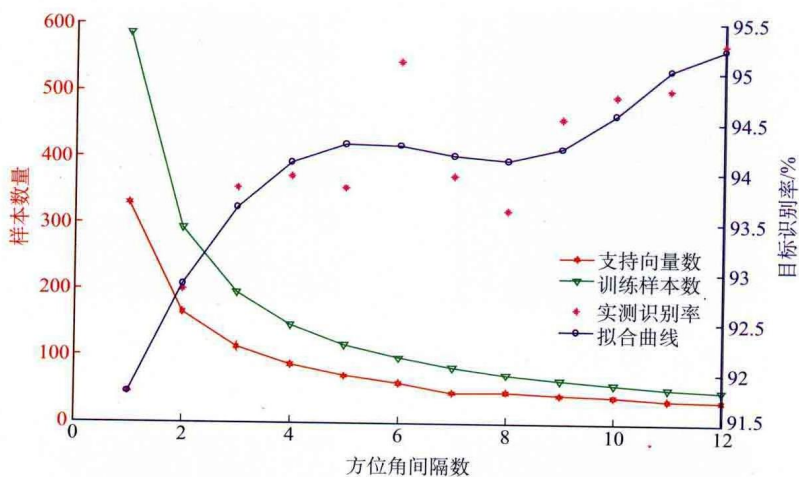


(e) 图(b)峰值提取结果

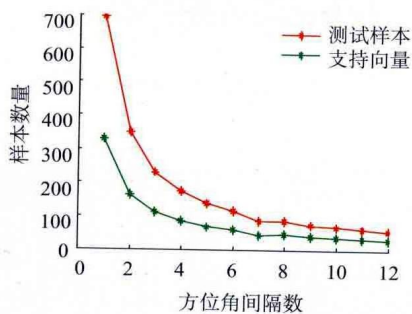


(f) 图(c)峰值提取结果

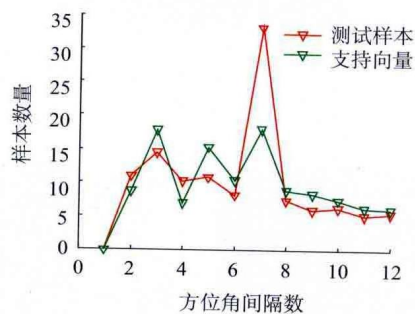
彩图 24 目标峰值提取结果



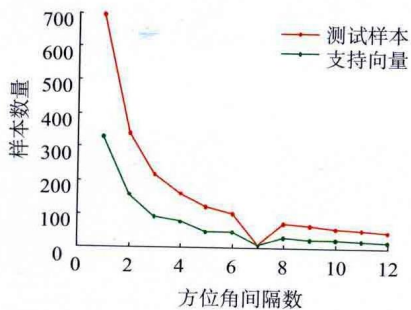
彩图 25 平均识别率随方位角变化情况



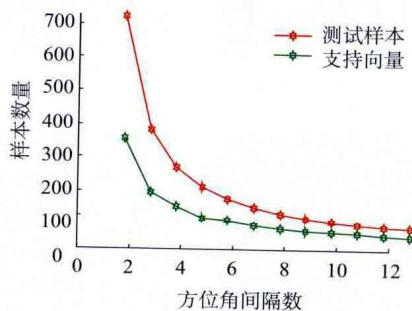
(a) 均值曲线



(b) 标准差曲线

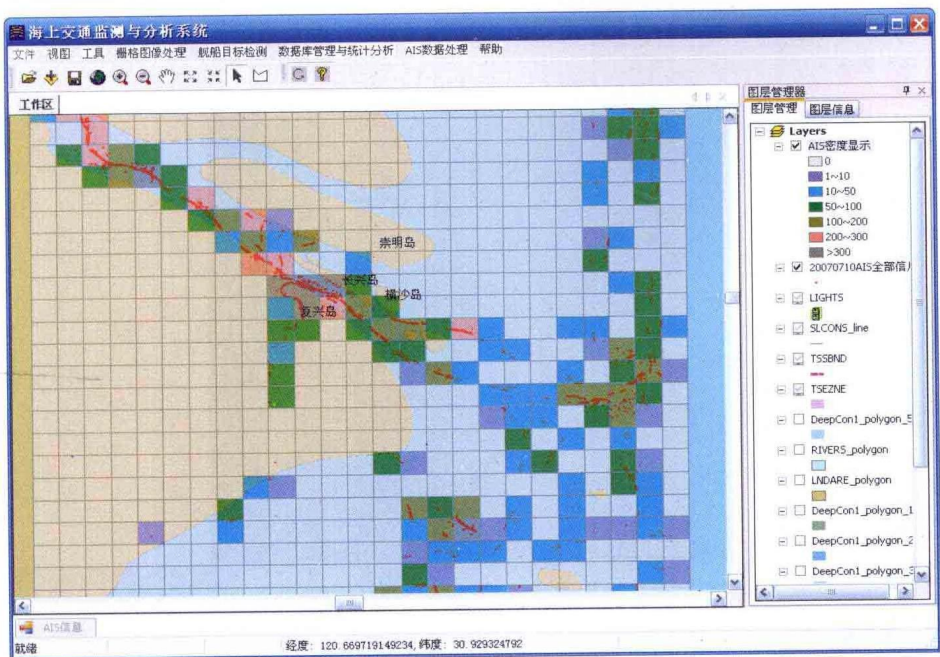


(c) 最小值曲线

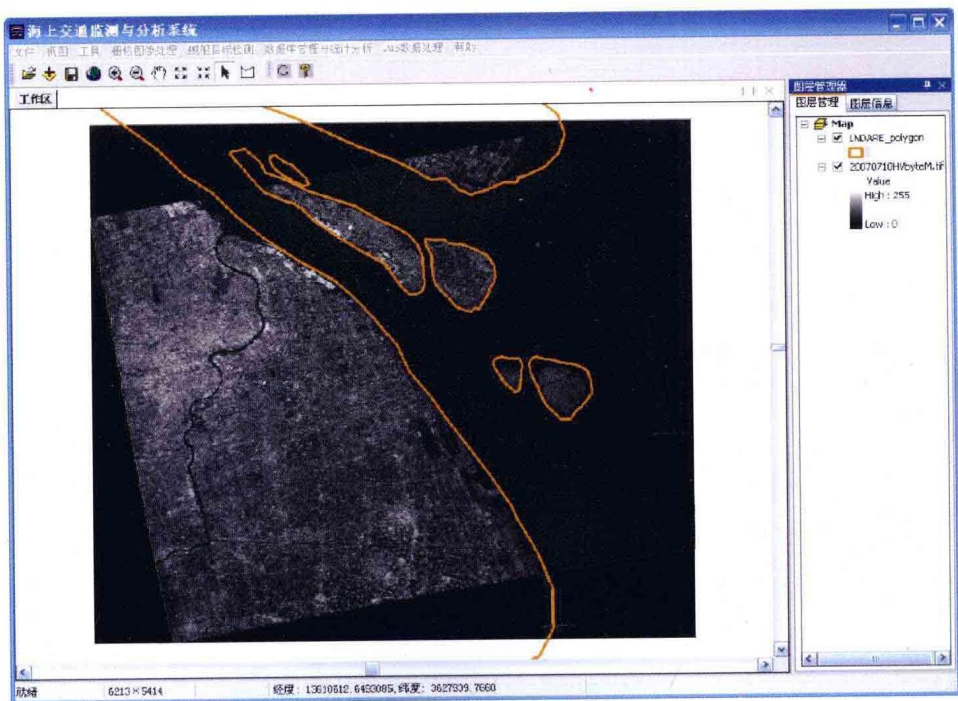


(d) 最大值曲线

彩图 26 训练样本数和支持向量数与方位角间隔数变化的关系



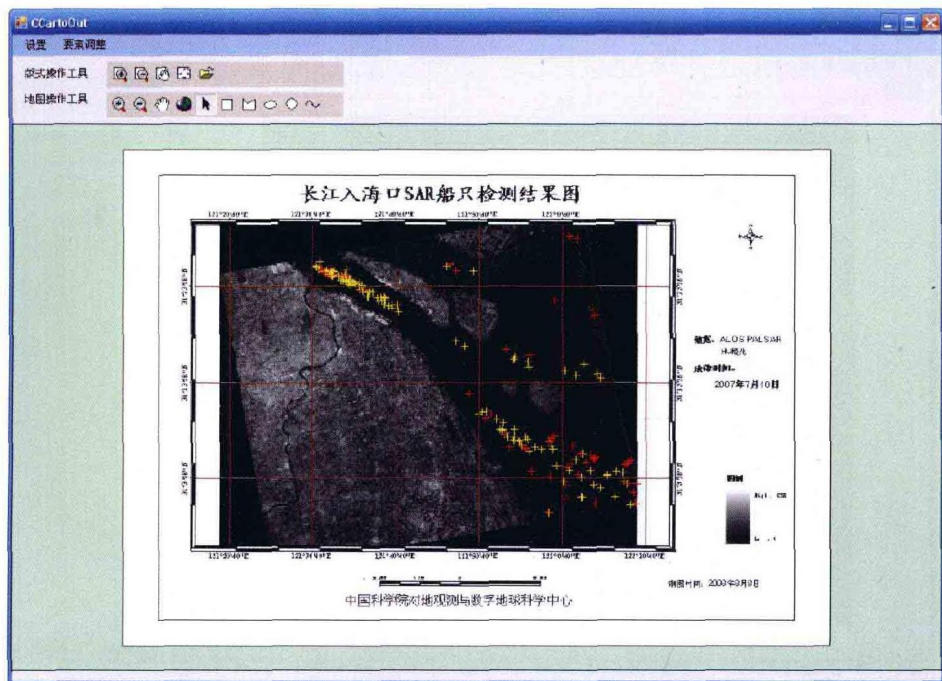
彩图 27 船只密度分布分析



彩图 28 陆地掩膜海岸线



彩图 29 船舶检测结果及编辑



彩图 30 结果制图装饰