

# 基于可见光的海上船舶油井平台遥感检测

孟若琳<sup>1,2,3</sup>, 邢前国<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所 中国科学院海岸带环境过程重点实验室, 山东 烟台 264003;

2. 中国科学院烟台海岸带研究所 山东省海岸带环境过程重点实验室, 山东 烟台 264003;

3. 中国科学院大学, 北京 100049)

(\* 通信作者电子邮箱 qgxing@yic.ac.cn)

**摘要:** 针对目前海上船舶油井提取多是使用已有的非实时陆地岸线提取海域, 并且提取算法缺少在大尺度影像上搜索和查找可能存在目标能力的问题, 提出一种基于可见光遥感数据的船舶油井检测策略。该策略主要包括综合形态学运算提取海域、目标有无判定算法、迭代最优阈值分割(TS)滑动窗口(SW)目标提取三个部分。探讨了目标有无判定算法中的参数设置和滑动窗口的大小设置, 并将提取结果与人工目视解译结果进行了交叉对比验证。结果表明, 该策略通过设置合理的参数, 可使目标提取的真实精度达到0.981, 相对精度达到0.954, 表现出较高的实用性。

**关键词:** 船舶油井检测; 形态学运算; 目标有无判定算法; 迭代最优阈值分割; 滑动窗口

**中图分类号:** TP751; TP751.1 **文献标志码:** A

## Detection of offshore ship and well platform based on optical remote sensing images

MENG Ruolin<sup>1,2,3</sup>, XING Qianguo<sup>1,2\*</sup>

(1. Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes,

Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China;

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes,

Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** To improve situations as follows: in the strategies of offshore ship and well platform detection, most masks of sea zones use non-real time shoreline database; targets seeking algorithms lack capability of searching targets in large scale images, a strategy of ship and well platform detection based on optical remote sensing images was proposed. The strategy included building masks of sea zones using morphological operations, determining decision algorithms of targets' existence, and extracting targets' locations based on iterative optimal Threshold Segmentation (TS) in Sliding Windows (SW). Parameters in the decision algorithm and the size of sliding window were analyzed, and the corresponding results were cross validated with that of artificial visual interpretation. The experimental results prove that the absolute accuracy of targets extraction arrives 0.981 while relative accuracy of targets extraction arrives 0.954 with proper parameters set. This strategy shows practical value.

**Key words:** ship and well platform detection; morphological operation; decision algorithm of target existence; iterative optimal Threshold Segmentation (TS); Sliding Window (SW)

## 0 引言

海上原油在开采和输送过程中的泄露以及船舶机油的泄漏与废油的偷排等, 是海洋油类污染的主要因素<sup>[1]</sup>, 一再发生的海上溢油事故对海洋油类污染管理提出了更高的要求。获取海上船舶与油井平台的位置分布, 可以为海洋油类污染提供污染源数据支持, 成为海洋环境管理需要解决的关键问题之一。相对于通过实地监测及资料统计分析获取目标分布数据, 遥感可提供更为直观、准确的信息。然而, 人工判读海量图像数据工作量巨大且重复性高, 效率低。因此, 从海量数据中自动地检测出船舶与油井目标成为一个亟须解决的问题<sup>[2]</sup>。

目前, 通过遥感手段对船舶的检测方法过程一般为: 陆地

掩膜, 船舶目标感兴趣区提取, 船舶目标识别<sup>[3-4]</sup>。在陆地掩膜过程, 有学者应用分形方法确定海陆分界<sup>[5,47-61]</sup>, 也有学者采用类四叉树地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术对陆地掩膜<sup>[6]</sup>, 均取得较好结果, 而大多数研究直接基于已有的岸线地图将陆地掩去。非实时的岸线数据无法保证海陆准确分离, 即无法得到纯净海域, 导致下一步目标提取时海域边缘易出现虚警。对于船舶目标感兴趣区的提取有两种思路: 基于尾迹间接提取和直接提取。Magli等<sup>[7]</sup>对Radon变换应用了非线性算子, 提高了Radon变换对船舶线性尾迹的提取效果。通过提取尾迹寻找船舶的劣势在于: 对于静止以及低速运行的船舶无法识别。在对船舶的直接提取研究中, 常见的方法有阈值分割和各种模型。阈值的选取方法有很多, 如直方图谷底法、最大类间方差法(Otsu)、最大熵

收稿日期: 2012-09-04; 修回日期: 2012-10-12。

基金项目: 国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室开放基金资助项目(201208)。

作者简介: 孟若琳(1987-), 女, 山东滨州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 遥感图像处理、地理信息系统时空分析; 邢前国(1975-), 男, 湖北广水人, 副研究员, 博士, 主要研究方向: 海岸带环境遥感。

网络出版时间: 2013-02-01 15:37。网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1307.TP.20130201.1537.001.html>。

法、最小误差法、迭代最优阈值法、局部阈值法、多阈值分割法、自适应阈值法<sup>[8]</sup>、恒定虚警率 (Constant False-Alarm Rate, CFAR)、Pal 阈值、Li 和 Lee 阈值、KSW 熵方法<sup>[5]12-16</sup>。Mezache 等<sup>[9]</sup>在 CFAR 探测器中引入模糊神经网络和人工神经网络,提高了其探测的鲁棒性。邢相薇等<sup>[10]</sup>将图像目标极化分解为 4 个特征向量,并采用加权支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 方法对合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar, SAR) 图像进行船舶检测,比未分解的 SAR 目标提取精度更高。Yu 等<sup>[11]</sup>采用基于海扁学习法的神经网络模型,结合基于空间相关视觉注意机制对 SAR 进行船舶检测,通过大数据量的训练提高了船舶检测的精度。Huang 等<sup>[12]</sup>利用 SAR 本身的成像机制和相干性理论,提出了一种相干性 CFAR 船舶检测算法,有效降低了背景噪声。上述方法均直接检测船舶,也有学者在感兴趣区粗提取之后,进一步利用多个形状指标进行目标识别,这也是船舶检测的常见方法<sup>[13]</sup>。油井平台与船舶同属人工对象,它们在遥感图像上的特征与船舶有一定共同之处。油井平台的位置信息一般由相关部门统计得出,目前没有利用遥感提取的研究。大多数地物目标提取的研究会忽视一个问题,即研究进行的前提是已经存在目标,因此,提取算法缺少在大尺度影像上搜索和查找可能存在目标的能力<sup>[14]</sup>。

目前,船舶检测的研究大多基于 SAR 数据<sup>[15]</sup>。相比 SAR,可见光遥感数据的优点在于不易受海浪影响,数据获取容易且花费低;另外,SAR 由于自身的成像机制,在解译过程中产生的误差影响不可避免,而 Landsat 数据则没有这一问题。

针对目前海上的船舶油井提取多是使用已有的非实时陆地岸线提取海域,并且提取算法缺少在大尺度影像上搜索和查找可能存在目标能力的问题,本文提出了一种基于可见光 Landsat TM 数据对船舶和油井平台进行目标提取的策略。该策略首先基于当前遥感影像通过形态学运算制作海域掩膜,提取纯净海域,之后通过滑动窗口对大尺度影像分块进行目标提取,计算最优分割阈值前首先判定窗口内有无感兴趣目标,在提高效率的同时避免了无目标区的虚警。

## 1 数据及预处理

Landsat TM 共有 7 个波段,随波长增加,其穿透能力与抗干扰能力均得到提高,Wu 等<sup>[16]</sup>也在研究中证明了浑浊水体中的船舶在第 5、第 7 波段可见,在 1~4 波段不可见,因此本文拟选择 TM 第 7 波段(波长范围 2.08~2.35  $\mu\text{m}$ ,空间分辨率 30 m)用于船舶与油井平台提取。

## 2 海域提取

通过形态学运算制作海域掩膜、提取海域,主要作用是将陆地以及厚云掩去,提取较纯净的海域,否则陆地、厚云会在下一步目标提取时导致大量虚警。

1) 陆地与海洋在遥感图像上反差明显,取第 4 波段 (0.76~0.90  $\mu\text{m}$ ) 小于 20 的区域作为海域的大致轮廓掩膜,高反射值厚云会一并掩去。

2) 应用形态学面积开运算将操作 1) 提取出的陆地内部水域掩去,包括湖泊、河流、水库等。

3) 海岸带区域含水量情况复杂,导致海陆分界线粗糙,如果直接应用掩膜会在其产生的海域边界出现零碎高值区

域。因此应用形态学开运算对边界线平滑,并保证边界线向海域方向伸缩。

4) 操作 1) 将陆地赋值为 0 的同时,也会将海域中的船舶、油井感兴趣区赋值为 0,即掩膜后无法对其提取,所以需要保留这些区域。形态学开闭运算等是针对值为 1 的区域,因此需先将操作 3) 的掩膜反向,取阈值 50 应用面积开运算将海域中的感兴趣区保留。

5) 除了含水量高的陆地会导致之后的提取产生虚警,沿岸浑浊水体也会影响提取结果,为保证海域纯净,对操作 4) 中反向的 1 值区域应用形态学膨胀,即原边界线附加缓冲区,尽量减少由海岸带区域背景复杂造成的影响。

6) 最后反向该掩膜,应用反向后的掩膜提取出纯净水域。

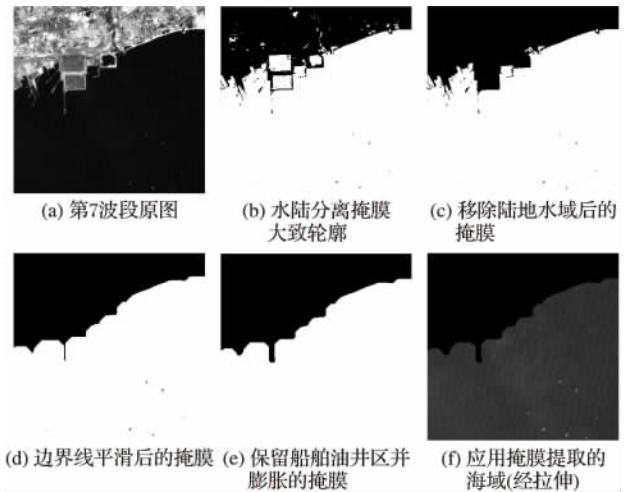


图1 海域提取过程

## 3 船舶、油井平台提取

船舶、油井在图像上表现出高亮特征,与背景差异明显,因此本文拟利用数据值 (Data Number, DN) 的统计特征对船舶、油井进行提取。

前文提到,很多目标提取算法缺少在大尺度影像上搜索和查找可能存在目标的能力,对没有目标的区域应用相同算法便会产生虚警,主要因为这些算法的设计前提是已知有目标存在。针对这类算法不适用于大尺度影像分块运算的问题。本文提出了利用目标有无判定算法及迭代最优阈值分割滑动窗口对船舶和油井平台进行目标提取的策略,通过滑动窗口对大尺度影像分块运算,计算最优分割阈值前首先判定窗口内是否有感兴趣目标,有则继续计算,没有则向下一窗口滑动,可以节省运算时间并避免了无目标区的虚警。滑动窗口的另一优势在于不同窗口阈值分别计算,选取阈值更为灵活,更具针对性,避免了同一阈值对影像中不同区域的不适用。滑动窗口内的运算包括两部分:目标有无判定和迭代最优分割阈值选择。

### 3.1 目标有无判定

进行目标有无判定前应用顶帽变换,提高背景的匀质化,使亮点更为突出,可有效降低薄云以及水体浑浊的影响。

如果窗口内有亮点,窗口内的最大值必定是亮点,且与匀质化的背景反差明显;如果窗口内无亮点,最大值与背景的差异也会相对较小。所以本部分的研究目的是找出与匀质背景差别大的最大值,并标定此差别。其中,背景的匀质化可以通过窗口内的均值体现。

根据切比雪夫不等式的原理: 设  $X$  随机变量, 期望值为  $\mu$ , 方差为  $\sigma$ 。

对于任意正整数  $k(k \in \mathbf{N}_+)$ ,

$$\Pr(|X - \mu| \geq k\sigma) \leq 1/k^2$$

其意义为:  $k$  越大,  $\Pr(|X - \mu| \geq k\sigma)$  越小, 即与期望差别大的  $X$  越少; 同时  $k$  不能无限大, 这样就没有满足条件的  $X$  了。在此研究中问题转化为已知窗口内最大值  $X_{\max}$  与  $\mu$  (平均值替代) 需求得值  $k$  满足以下条件:  $k$  不得过小, 过小不能将有亮点和无亮点的窗口区分开来;  $k$  不得过大, 过大会将有亮点的窗口也排除了。

使用式 (1) 判定有无亮点:

$$S_k = (X_{\max} - \mu) / k\sigma \quad (1)$$

其中:  $S_k$  为亮点判定标量,  $X_{\max}$  为窗口内最大值,  $\mu$  为窗口均值,  $\sigma$  为方差,  $k$  为常数 ( $k \in \mathbf{N}_+$ )。

$$\begin{cases} S_k \geq 1, & \text{窗口内有亮点} \\ S_k < 1, & \text{窗口内无亮点} \end{cases} \quad (2)$$

若以式 (2) 为判定亮点有无的标准, 需要求出合适的  $k$  值。取图像中 3 幅具有代表性的区域进行实验 (如图 2 所示), 分别为有少量亮点、有较多亮点和无亮点区域。



图 2 有代表性的实验区域

实验统计结果如表 1 所示。

表 1 少量亮点、多亮点、无亮点区域  $k$  分别取 1 ~ 20 时  $S_k$  的值

$S_k$	较少亮点	较多亮点	无亮点
$S_1$	18.75	31.04	4.91
$S_2$	9.38	15.52	2.46
$S_3$	6.25	10.35	1.64
$S_4$	4.69	7.76	1.23
$S_5$	3.75	6.21	<u>0.98</u>
$S_6$	3.13	5.17	<u>0.82</u>
$S_7$	2.68	4.43	<u>0.70</u>
$S_8$	2.34	3.88	<u>0.61</u>
$S_9$	2.08	3.45	<u>0.55</u>
$S_{10}$	1.88	3.10	<u>0.49</u>
$S_{11}$	1.70	2.82	<u>0.45</u>
$S_{12}$	1.56	2.59	<u>0.41</u>
$S_{13}$	1.44	2.39	<u>0.38</u>
$S_{14}$	1.34	2.22	<u>0.35</u>
$S_{15}$	1.25	2.07	<u>0.33</u>
$S_{16}$	1.17	1.94	<u>0.31</u>
$S_{17}$	1.10	1.83	<u>0.29</u>
$S_{18}$	1.04	1.72	<u>0.27</u>
$S_{19}$	<u>0.99</u>	1.63	<u>0.26</u>
$S_{20}$	<u>0.94</u>	1.55	<u>0.25</u>

注: 加下划线数字代表  $S_k$  小于 1 的位置。

由表 1 可以看出, 在本实验中  $k$  值需要大于 4 才能将有无亮点的窗口区分开。

### 3.2 迭代最优阈值分割

经 3.1 节判定窗口内有亮点之后, 使用迭代最优阈值分

割方法确定窗口内的分割阈值, 将目标与背景分离。

迭代最优阈值分割方法的基本思路是:

1) 选定窗口内初始分割阈值  $T$ , 一般为图像中最大亮度值和最小亮度值的中间值。

2) 使用  $T$  分割图像, 会产生两组像素: 亮度值  $\geq T$  的所有像素组成的  $G_1$ , 亮度值  $< T$  的所有像素组成的  $G_2$ 。

3) 计算  $G_1$  和  $G_2$  范围内的像素的平均亮度值  $t_1$  和  $t_2$ 。

4) 计算一个新阈值:

$$T = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$$

5) 重复 2) ~ 4), 直到连续迭代中  $T$  的差比预先制定的参数  $T_0$  小为止。

本实验中,  $T_0$  取经验值 0.5。

每个窗口均应用所求阈值对窗口内像素进行分割, 并提取出图像中各个高亮区域的质心位置, 转化得出各个目标的地理坐标。

## 4 实验及结果分析

滑动窗口的大小以及  $k$  值的选取都会影响提取效果, 在此对窗口分别为  $100 \times 100$ 、 $200 \times 200$ 、 $500 \times 500$ ,  $k$  取值 5、6、7、8, 应用本文策略进行目标提取。亮点个数经实验统计如表 2 所示。

表 2 选取不同大小窗口,  $k$  取值分别为 5 ~ 8 时提取亮点个数

窗口大小	处理窗口个数	亮点个数				耗时/s
		$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$	$k = 8$	
$100 \times 100$	5 609	<u>464</u>	241	219	218	97
$200 \times 200$	1 440	<u>701</u>	304	245	245	29
$500 \times 500$	240	<u>775</u>	—	—	<u>425</u>	16

注: 加下划线数字代表此时的结果经目视即可发现过多虚警, 结果不可取。

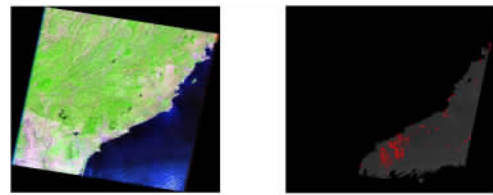
下面分别将窗口大小为  $100 \times 100$ 、 $200 \times 200$ ,  $k$  取值为 6、7 的提取结果与人工目视解译的结果进行对比, 采用缓冲区交叉空间分析得出本实验方法与人工目视解译结果的重叠度, 在此将人工目视解译的结果作为真实情况, 人工提取点个数为 213。基于以下原因需要设置缓冲区: 计算机自动提取质心与人工解译提取亮点位置可能存在偏差。例如: 由于尾迹影响, 船体亮点质心向船体后方移动, 人工提取的主观性影响其提取位置; 图像处理提取亮点质心位置在转化为地理坐标时, 未考虑地球椭球体的性质, 简化为平面的转化也会影响地理坐标的精度。缓冲半径尝试 100 m 和 300 m, 统计交叉分析结果如表 3 所示。表 3 中: 真实精度为本文策略提取与人工提取重叠点个数与人工提取点个数的比值; 相对精度为本文策略提取与人工提取重叠点个数与本文策略提取点个数的比值。本文策略提取结果见表 2。

表 3 出现精度超过 1 的情况, 原因是某些亮点距离过近, 即多于两个亮点同处于各自的 300 m 缓冲区内。效果最好的是窗口为  $100 \times 100$ ,  $k$  为 7 的提取结果, 真实提取精度达到 0.981, 相对提取精度达到 0.954。图 3 是原图与最终提取结果 (窗口为  $100 \times 100$ ,  $k$  为 7)。

从表 2 可看出, 当  $k$  值一定时, 随着滑动窗口增大, 自动提取点的个数逐渐增多, 且虚警也在增多。这是由于随着窗口增大, 窗口内部的背景更为复杂, 最优分割阈值无法有效地将亮点与背景区分开, 部分本应为背景的像素错分为亮点。同时,

也应注意到,随着窗口减小,运算耗时相应增加。因此,应选择合适的窗口大小进行运算,以同时满足低虚警率和低耗时。当窗口大小一定时,随着 $k$ 值增大,提取亮点个数逐渐减小,最终趋于一个定值,即该算法可提取结果的极限。这是由于随着 $k$ 值增大,只有亮点与背景差别明显的窗口才能继续运算,部分背景复杂但是无亮点区域被剔除,无亮点区的虚警率降低,同时,也有可能牺牲了亮点不够明显的窗口。对于窗口大小与 $k$ 值的选择,总体趋势为窗口越小且 $k$ 值越大,提取的结果越

趋于极限。



(a) 原图

(b) 效果最好的提取结果图

图3 原图和窗口为 $100 \times 100$ , $k$ 为7(效果最好)的提取结果

表3 提取结果与人工目视解译结果交叉分析统计

窗口大小	$k$ 值	缓冲半径 100 m			缓冲半径 300 m		
		缓冲交叉个数	真实精度	相对提取精度	缓冲交叉个数	真实精度	相对提取精度
200 × 200	6	196	0.920	0.645	205	0.962	0.674
	7	195	0.915	0.796	204	0.958	0.833
100 × 100	6	210	0.986	0.871	220	1.033	0.913
	7	209	0.981	0.954	222	1.042	1.014

注: 加下划线数字为效果最好时的精度。

从表3可以看出,当窗口大小一定时,随 $k$ 值由6变为7,真实精度的变化可以忽略不计,相对精度明显提高。这主要是由于随着 $k$ 值增大,无亮点窗口的选择更为严格,只有亮点与背景差别明显的窗口才能继续运算,继续运算的窗口减少,导致最终选的点个数减少,即提高了相对精度。当 $k$ 值一定时,随着窗口由 $200 \times 200$ 缩小为 $100 \times 100$ ,真实精度与相对精度都有较明显的提高,尤其是相对精度。原因是随着窗口变小,窗口内的背景趋于均匀化,有助于亮点区域的提取,提取亮点个数增加同时虚警有效减少。当窗口大小与 $k$ 值固定时,随着缓冲半径的增大,交叉点的个数明显增多,但是由于精度有超出1的现象,结果不能准确表达参数设置规律。

## 5 结语

一幅TM影像,大小在 $7000 \times 8000$ 像素左右,人工判读包括初次判读和复查,耗时至少 $1 \sim 2$  h,如果处理多幅影像,耗时将成倍增加。而以本文策略算法自动提取目标,一幅影像包括前期预处理,总处理时间不会超过10 min,大大提高了工作效率。

本文针对目前海上的船舶油井提取多是使用已有的非实时陆地岸线提取海域,并且提取算法缺少在大尺度影像上搜索和查找可能存在目标的能力这几个问题,提出了一种基于可见光遥感Landsat TM数据,提取海上船舶和油井平台的有效策略。通过设置合适的参数,可使真实提取精度达到0.981,相对提取精度达到0.954,表现出较高的准确性和高效性,为下一步海洋油类污染源分析奠定了基础。

本文还存在一些不足:仅对船舶、油井进行目标提取并与人工目视解译结果对比,未进一步使用参数确定目标的准确性;本文方法仅适用于背景相对均匀的海域,对于厚云直接掩膜剔除,必定会牺牲部分目标;各个参数对实验数据目标性较强,对于不同区域还需具体分析。以上问题均是后续研究需要关注的方向。

参考文献:

[1] 国家海洋局. 中国海洋环境质量公报[EB/OL]. [2012-10-03]. <http://www.soa.gov.cn/soa/hygbml/hjgb/hjgb/webinfo/2012/06/1340488547097174.htm>.

[2] 蒋李兵. 基于高分辨光学遥感图像的舰船目标检测方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.

[3] HAJDUCH G, LEILDE P, KERBAOL V. Ship detection on ENVI-SAT ASAR data: results, limitations and perspectives [EB/OL]. [2012-10-03]. [http://earth.esa.int/seasar06/proceedings/papers/174\\_hajduch.pdf](http://earth.esa.int/seasar06/proceedings/papers/174_hajduch.pdf).

[4] BRUSCH S, LEHNER S, FRITZ T, et al. Ship surveillance with TerraSAR-X [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2011, 49(3): 1092-1103.

[5] 王培. SAR 图象中船舶目标的提取及分形方法在 SAR 图象分类中的应用[D]. 北京: 中国科学院电子学研究所, 2000.

[6] 吴樊, 王超, 张红, 等. 基于空间信息的 SAR 图像船只交通监测方法[J]. 遥感信息, 2010(5): 15-20.

[7] MAGLI E, OLMO G. Intelligent pattern detection and compression. An application to very low bit rate transmission of ship wake aerial images [J]. Pattern Recognition Letters, 1999, 20(2): 215-220.

[8] 王彦情, 马雷, 田原. 光学遥感图像舰船目标检测与识别综述[J]. 自动化学报, 2011, 37(9): 1029-1039.

[9] MEZACHE A, SOLTANI F. A novel threshold optimization of ML-CFAR detector in Weibull clutter using fuzzy-neural networks [J]. Signal Processing, 2007, 87(9): 2100-2110.

[10] 邢相薇, 计科峰, 孙即祥. 基于目标分解和加权 SVM 分类的极化 SAR 图像舰船检测 [J]. 信号处理, 2011, 27(9): 1440-1445.

[11] YU Y, WANG B, ZHANG L. Hebbian-based neural networks for bottom-up visual attention and its applications to ship detection in SAR images [J]. Neurocomputing, 2011, 74(11): 2008-2017.

[12] HUANG S, LIU D, GAO G, et al. A novel method for speckle noise reduction and ship target detection in SAR images [J]. Pattern Recognition, 2009, 42(7): 1533-1542.

[13] 汪润, 骆剑承, 明冬萍. 高分辨率遥感影像上基于形状特征的船舶提取 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2005, 30(8): 685-688.

[14] 明冬萍, 骆剑承, 沈占锋, 等. 高分辨率遥感影像信息提取与目标识别技术研究 [J]. 测绘科学, 2005, 30(3): 18-20.

[15] 唐沐恩, 林挺强, 文贡坚. 遥感图像中舰船检测方法综述 [J]. 计算机应用研究, 2011, 28(1): 29-36.

[16] WU G, de LEEUW J, SKIDMORE A K, et al. Performance of Landsat TM in ship detection in turbid waters [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2009, 11(1): 54-61.