

# 基于特征概率函数的双阈值分割海面溢油检测

李煜<sup>1,2</sup>, 张渊智<sup>1,3\*</sup>, 陈杰<sup>2</sup>

(1. 香港中文大学太空与地球信息科学研究所, 香港 沙田; 2. 北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100037;  
3. 香港中文大学圆玄卫星遥感研究中心, 香港 沙田)

**摘要:** 海面溢油对生态环境造成了严重危害, 故及早发现和尽快处理对降低事故影响和经济损失起着至关重要的作用。合成孔径雷达(SAR)是观测海面溢油、快速检测和事故态势分析判断的有效技术途径。本文针对 SAR 图像的海面溢油检测, 提出了一种特征概率函数的双阈值分割方法。首先, 通过高低阈值分割提取不同层次的灰度信息, 再利用密度估计提取灰度的空间分布信息, 然后, 通过构建概率函数对油膜和类油膜区域进行形态学分类, 最后, 结合辅助信息, 获得最终的海面溢油检测结果。本文利用香港中文大学卫星地面站接收的 ENVISAT ASAR 图像开展实验, 结果表明, 本文提出的方法能够准确地排除由风场或者水流场导致的低散射区域, 有效地检测和识别生成不久的中型油膜, 从而有助于溢油事故的早期预警与处置。

**关键词:** 溢油检测; SAR 图像; 黑斑提取; 分类

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00531

## 1 引言

由运输船只或钻井平台事故, 以及洗船污水的随意倾倒入造成的海面溢油, 严重影响着海洋及海岸生态系统, 溢油通过食物链对渔业, 以及人类健康造成了极大的威胁<sup>[1-2]</sup>。及时、准确的海面溢油监测和早期预警, 可有效地降低事故带来的负面影响<sup>[3]</sup>, 从而为海洋生态系统的保护提供技术支持。

合成孔径雷达系统具有很大的扫描带宽度和较高的空间分辨率, 可以对海面溢油进行大范围的监视<sup>[4]</sup>。近些年来, 随着一系列重大溢油事故的发生, 利用 SAR 图像进行油膜检测逐渐成为研究的热点<sup>[5]</sup>。Schistad Solberg 等(1999)给出了基于 SAR 数据的自动油膜探测方法的基本步骤, 并且利用高斯密度分布, 先验知识辅助等手段, 得到了高达 94% 的探测准确率, 同时虚警率仅为 1%<sup>[6]</sup>。Frédéric Galland 等(2004)提出一种随机复杂度最小化的 SAR 溢油分割方法: 首先, 将图像按同质区域进行划分, 然后, 通过设置最小检测门限对图像进行分割, 该分割方法在实验中取得了较为准确的

结果<sup>[7]</sup>。Grégoire Mercier 等(2006)通过对 SAR 图像进行小波分解对其进行核函数的异常检测, 实现了半监督的溢油分类<sup>[8]</sup>。M. Mgliaccio 等(2005, 2006)利用极化 SAR 进行溢油检测, 证明了同极化相位差(CPD)能够有效地区分溢油与生物油膜, 并且提出通过利用极化相干矩阵中提取出的极化熵(entropy)、alpha 角等参数也能够提高溢油分类的性能<sup>[9-10]</sup>。张渊智等(2009, 2012)利用 ENVISAT ASAR 数据对香港附近及烟台海岸区域进行油膜检测, 验证了在地形先验知识的辅助下, 20° 到 45° 倾斜角的 C 波段 VV 极化能够有效地探测油膜<sup>[11]</sup>, 并且证实了在 4~6m 的风速条件下, 边缘检测算法能够对黑斑进行特征提取, 有效地实现油膜检测<sup>[12]</sup>。Yuanming Shu 和 Jonathan Li(2010)等利用标值点过程, 通过贝叶斯推理和可逆跳转马尔科夫链蒙特卡洛仿真算法, 对 SAR 图像黑斑区域进行了检测, 为黑斑的检测提供了新的方法<sup>[1]</sup>。

本文提出的溢油检测新方法, 首先, 对后向散射图像进行高低两次阈值分割, 再对两个分割结果分别进行密度估计、形态学处理等操作。在形态学分析上, 本文通过构建特征概率函数来对油膜和类

收稿日期: 2011-09-15; 修回日期: 2012-07-14.

基金项目: 香港中文大学基金项目(2021072)。

作者简介: 李煜(1986-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为遥感图像处理与应用。E-mail: liyu\_buaa@126.com

\* 通讯作者: 张渊智(1964-), 男, 教授, 主要研究方向为遥感信息机理与应用。E-mail: yuanzhizhang@cuhk.edu.hk

油膜区域进行似然判断和区分。最后,将两个分类结果融合,并结合海岸地形等其他辅助信息,得到最终的油膜检测结果。本文采用香港海岸附近区域的 EVISAT ASAR 图像,实验验证了文中方法的可行、有效性。

## 2 海面溢油检测的原理与方法

### 2.1 黑斑的提取

目前,常用的 SAR 图像溢油检测方法一般有:平滑滤波、黑斑提取、特征提取、油膜分类<sup>[13-15]</sup>4 步。其中,黑斑提取是关系到后续检测效果的关键步骤。

SAR 是一种主动传感器,它通过发射脉冲调频信号,接收电磁波与海面相互作用产生的回波信号进行成像。由于其成像原理,均一目标随机后向散射强度的概率密度函数服从 Gamma 分布<sup>[16]</sup>:

$$p(x/P_0) = \frac{1}{\Gamma(L)} \left(\frac{P_0}{L}\right)^{-L} x^{L-1} \exp\left(-\frac{xL}{P_0}\right) \quad (1)$$

其中, $L$  是视数, $x$  是功率图像的像元值, $P_0$  是散射目标的平均功率,即  $E(X) = P_0$ , 散射功率的二阶矩满足  $\text{Var}(X) = P_0^2/L$ 。

在海洋表面,后向散射信号主要来自海面毛细波与短重力波的 Bragg 散射。海面油膜会对电磁波的散射产生一系列影响,其中最显著的是它对海面的短表面波、海面毛细波和短重力波 Bragg 共振的阻尼作用<sup>[13]</sup>。该阻尼作用可以改变海面的粗糙度,使海面的 Bragg 散射减弱,从而影响海洋表面目标的后向散射系数。这反映在 SAR 图像上为大面积的低散射区域,就是通常所说的黑斑。所以,利用 SAR 图像对海面溢油进行检测主要是通过黑斑区域的提取。

分割阈值的选取是整个溢油检测算法的关键之一。本文通过一系列溢油分类与分割的实验来确定最佳的分割阈值,并通过对 SAR 图像中包含油膜与海面背景的典型区域进行分析,统计典型区域的直方图,得到溢油与海面背景区域的概率密度函数,求出式(1)拟合分布中的各个等效参数来对图像的灰度分布进行拟合,从而探索阈值选取的理论依据。

在分割中阈值常取于图像概率密度函数两个波峰之间的波谷处,以最大限度地区分两类目标。但大多数情况下,海面背景与黑斑的灰度存在交集,仅采用单一的全局阈值分割,难以保留全部的

黑斑分布和形态信息,在损失一部分黑斑细节的同时也引入一些干扰,从而影响油膜的检测精度,导致检测出的黑斑不完整或者存在较大的虚警。为了解决这一问题,根据散射能量的强度,考虑将目标分成 3 类:典型的海面区域,黑斑内部区域,以及黑斑与海面的交界区域。根据这 3 种划分可以采用高低两个阈值对图像进行分割。若灰度值低于低阈值,属于黑斑的内部区域,此分割结果具有较低的溢油虚警率,可用于后续的形态学分类。若灰度值低于高阈值,则包含黑斑的内部,以及与海面背景的交界部分,此分割结果能够较好地保留黑斑的形状特征。高低阈值的分割结果包含黑斑不同层次的信息,便于后续的油膜分类与提取。

一个典型区域的直方图如图 1 所示,该区域既包含黑斑也包含海面背景区域,而且两者的面积大致相等。图 2(a)和(b)分别为样本图像中黑斑区域和海面背景区域图像归一化的灰度概率分布,以及由式(1)得到的拟合曲线。可以看到实际概率分布与理论分布较为符合。比较黑斑区域与海面背景区域灰度的拟合曲线(图 3)可以看到,2 种目标的概率分布存在两个峰值,而且存在一定的重合。2 种区域的概率分布曲线相交于灰度 55 处左右,若取单一阈值对这两种目标进行分割,则应取此处。而若要通过 2 个阈值将目标分为 3 类,则高低阈值应分别取在该交点的两侧。实验表明,取高低阈值分别为 60 及 50 时,后续溢油分割及分类的效果最好。图 3 中观察到在选取高阈值和低阈值时黑斑,以及海面背景的漏警与虚警概率之比大约为 1:6 至 1:8,这可为本文方法应用于其他场景时阈值的选取提供参考。

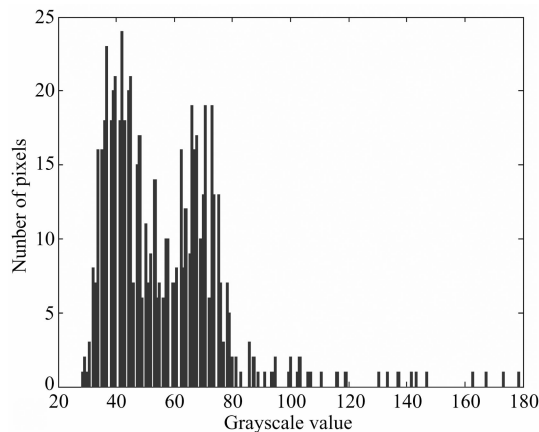


图 1 样本区域直方图

Fig. 1 The histogram of the sample area

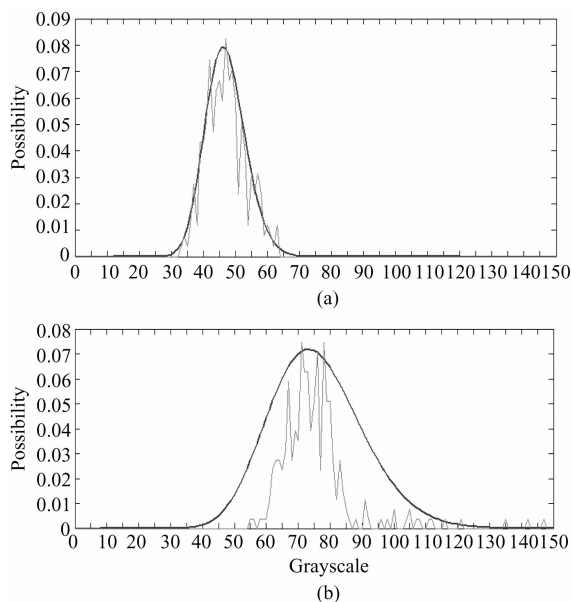


图2 黑斑(图 a)及海面背景(图 b)归一化概率分布及拟合曲线

Fig. 2 Dark spot (a) and sea background (b) normalized possibility distribution and fitting curves

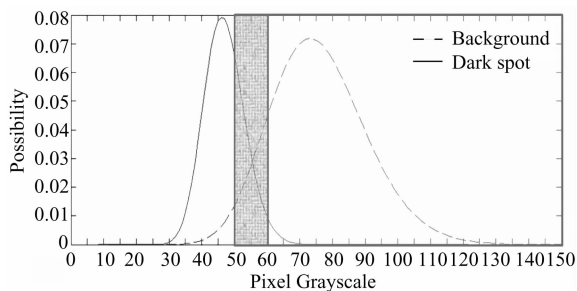


图3 两种目标概率分布拟合曲线

Fig. 3 Grayscale possibility distribution fitting curves of dark spot and sea background

SAR 后向散射图像中除散射点的强度之外,灰度的空间分布也能够反映被观测目标性质。本文利用核函数对分割出的黑斑进行密度估计,去除密度较低的黑斑区域,进一步降低斑点噪声对阈值分割精度的影响。核密度估计由 Rosenblatt (1955) 和 Emanuel Parzen(1962) 提出,又名 Parzen 窗,它不需要有关数据分布的先验知识,对数据分布也不附加任何假定,是一种从数据样本出发研究数据分布特征的方法<sup>[1]</sup>。

本文所采用的二维高斯核函数:

$$g(x, y, t) = \frac{1}{n^2 2\pi t} \sum_{i=1}^n e^{-\frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{2t^2}} \quad (2)$$

其中,  $t$  为高斯函数的标准差,控制着函数的扩展宽

度,  $n$  为核函数窗口大小,  $x, y$  分别是窗口中心点的行、列序号。

## 2.2 特征提取

许多油膜之外的其他因素如海面风场、海上降雨、海洋内波、海底地形、岛屿尾流、生物油膜和海底漏出的烃类物质等,都可以抑制海面毛细波和短重力波,在其图像呈现黑斑。这些干扰因素会影响油膜检测的精确度,使得油膜检测出现虚警<sup>[14]</sup>,这增大了海面油膜 SAR 图像检测问题的复杂性。

目前,对于黑斑的目视判读,主要依据其形态学特征。本文通过反复的实验与比较,并参考文献[9-10],拟提取欧拉数、复杂度和与黑斑区域具有相同标准二阶中心矩的椭圆的短轴和长轴之比。本文选用的这些特征都具有旋转和缩放不变性。

欧拉数反映的是区域的拓扑属性,即区域内的孔洞与连接区域的数目差。油膜区域的内部厚度变化一般都比较均匀,所以在 SAR 图像上的黑斑较少出现孔洞,具有较小的欧拉数。因此,在形态学的分类方法中,可以通过排除欧拉数较大的区域来提高分类的精度。

复杂度的计算公式为:

$$C = P^2 / A \quad (3)$$

其中,  $P$  为周长,  $A$  代表面积。由于烃类与海水相比具有较大的表面张力,所以,在风力及湍流等剧烈扰动因素不明显的情况下,海面覆盖的油膜一般都具有较规则和光滑的边界。因此,在很多实例中黑斑复杂度越大,其油膜的可能性就越小<sup>[9]</sup>。

与黑斑区域具有相同标准二阶中心矩的椭圆可以近似包络该区域,其短轴  $b$  与长轴  $a$  之比  $R$  反映的是黑斑区域的“粗细”程度。随着溢油存在时间的增加,其在海面风场或者流场的作用下往往被拉伸和弯折,形成较细的条带。而一般来说,海面被风岬角处、生物油膜及雨团等疑似物都较少具有类似形状。所以,  $R$  在很多实例中可以用作是一种区分油膜与其他似然现象的特征;  $R$  越大,黑斑的长宽比就越接近 1,成油膜的可能性越小。

为了验证本文提出选用的复杂度和短长轴比这两个特征与样本为溢油的相关性,选取文献[9]中的黑斑样本进行分析,其阈值分割后的形状如图 4 所示。

提取图 4 所示黑斑样本的两种特征,并结合人



图 4 黑斑样本

Fig. 4 The dark spot samples

工经验判断得到的油膜似然度,绘制似然度与复杂度和短长轴比的散点图如图 5 所示。

由图 5 可见,似然度大体与 C 和 R 负相关,这

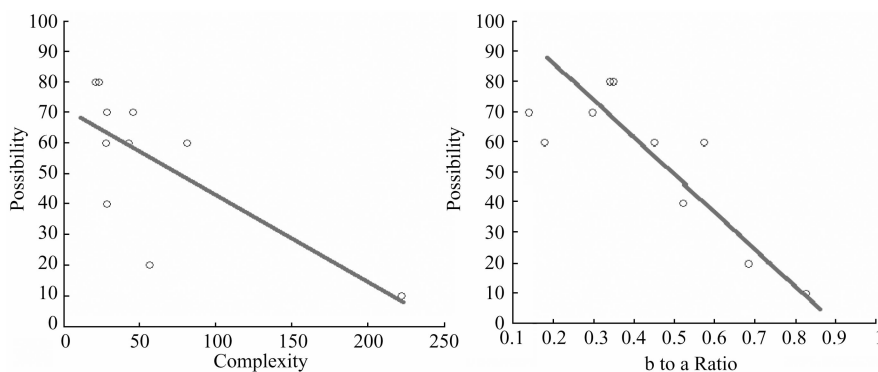


图 5 特征与溢油似然度的散点图

Fig. 5 The scatter plot between features and oil likelihood possibility

其中,  $N()$  代表正态分布的分布函数,  $\mu_c$  及  $\sigma_c$  分别是待检测区域黑斑的复杂度的均值与方差,  $\mu_R$  与  $\sigma_R$  为包络椭圆短轴与长轴之比的均值及方差。

### 2.3 溢油检测的算法流程

本文首先利用 SAR 数据处理软件对原数据进行处理,生成后向散射图像,然后对图像进行平滑。Lee 及改进的 Lee 滤波对 SAR 图像的斑点噪声有较好的抑制作用,但是通过实验发现平滑算法的选取在本文方法中对结果影响不大,考虑到图像处理的速度因素,本文拟采用的平滑算子为:

$$S = \begin{pmatrix} 0.0695125 & 0.25000 & 0.360975 \\ 0.25000 & 0.0695125 \end{pmatrix}$$

使用此平滑算子在行与列的方向依次对图像进行平滑,以降低斑点噪声对后续图像处理产生的影响,然后分别利用高低两个阈值对图像进行灰度的分割及密度估计。将低阈值分割的结果进行区域增长,连接有可能被分散开的属于同一油膜的黑斑,而后提取其形态学参数,构建特征概率函数进行分类,排除似然度低的疑似油膜区域。高阈值分割得到的黑斑整体性保持得比较完好,进行密度估

与上文的论述结论基本一致。但同时也看出,两图中的散点和拟合线间有一定的偏差,所以,单独采用这两个特征难以达到满意的分类效果。本文定义特征函数来描述黑斑为溢油的似然度,它应具有这样的特性:介于 0 和 1 之间,且能够综合黑斑的几何特征;当其极类似油膜时接近 1,反之接近于 0。因此,假设自然情况下溢油的特征服从高斯分布,可以定义:

$$P_{oil} = 1 - N\left(\frac{C - \mu_c}{\sigma_c^2}\right) * N\left(\frac{R - \mu_R}{\sigma_R^2}\right) \quad (4)$$

计和形态学分类去除孤立的小面积,以及欧拉数大于 3 的黑斑。

将 2 个阈值分割分别处理的结果进行融合的准则是:将 2 幅图像进行“逻辑与”处理,即:

$$\begin{cases} C_{(ij)} = 1 & (C_{low(ij)} = 1 \text{ and } C_{high(ij)} = 1) \\ C_{(ij)} = 0 & (\text{else}) \end{cases} \quad (5)$$

最后,引入一系列辅助信息对检测结果进行进一步优化,通过地理位置信息将非常靠近海岸的类似油膜排除,得到较为精确合理的检测结果。

本文所采用的油膜检测方法流程如图 6 所示。

### 3 双阈值溢油检测实验与结果分析

实验采用香港附近海域本地时间 2010 年 5 月 19 日上午 10 时 13 分的 ENVISAT 1B Swath Width 模式图像,大小为  $490 \times 545$  像元。图 7 为从该图像中提取出的后向散射系数图像,为了便于显示,灰度值范围先归一化调整至 0 到 255,再使用平滑算子对图像进行平滑。

进行第一次阈值分割,取阈值为 60,大于等于

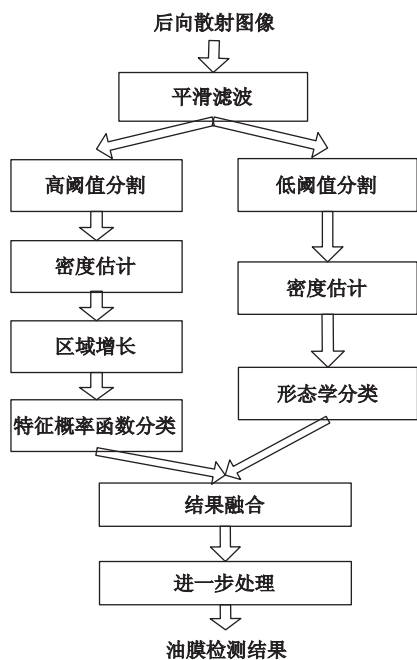


图 6 溢油检测方法流程图

Fig. 6 The flowchart of oil spills detection algorithm

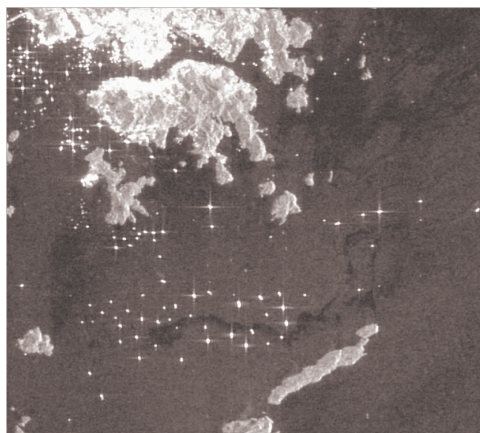


图 7 后向散射系数图像

Fig. 7 Image of backscatter coefficient

60 判断为可能的背景区域,赋值为 1,小于 60 判断为可能的漏油区域,赋值为 0,得到二值图像如图 8 所示。再利用窗口大小为  $7 \times 7$ ,标准差为 1 的高斯核对此二值图像进行密度估计,以 0.4 为阈值进行密度分割。为便于分析,对二值图像进行反色处理。对反色后的图像进行形态学分析,保留欧拉数小于 3,面积大于 20 像元的斑点,得到高阈值分割的分类结果,如图 9 所示。

第二次全局阈值分割,取阈值为 50,结果如图 10 所示。同样以 0.4 为阈值的密度分割,再对二值图像进行反色处理。然后用半径为 9 个像元的圆

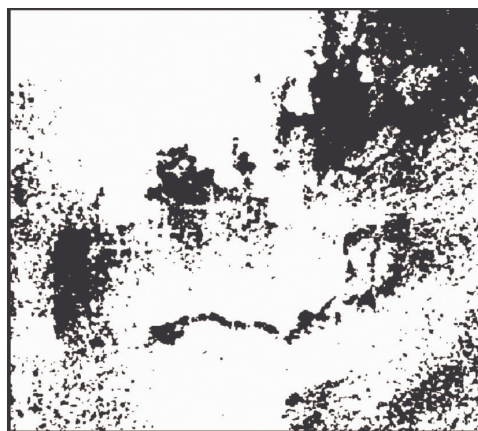


图 8 高阈值分割结果

Fig. 8 Result of high threshold segmentation



图 9 形态学分类结果

Fig. 9 Result of morphological classification

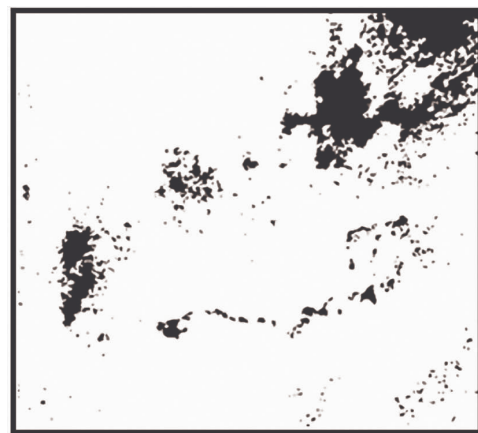


图 10 低阈值分割结果

Fig. 10 Result of low threshold segmentation

形进行区域增长,如图 11 所示。

统计图 10 中黑斑 C 与 R 两种特征的均值与方差,得到油膜特征概率函数:



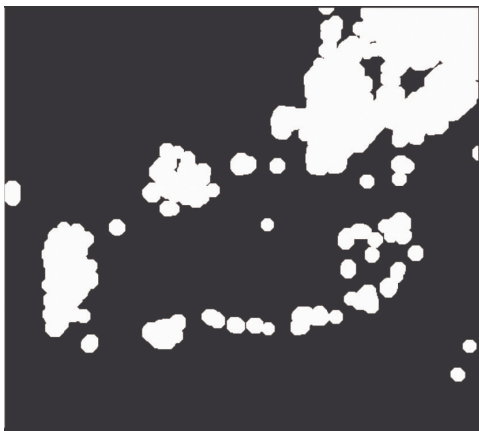


图 11 区域增长结果

Fig. 11 Result of region growth

$$P_{oil} = 1 - N\left(\frac{C - 18.86}{7.8^2}\right) * N\left(\frac{R - 0.7297}{0.15^2}\right) \quad (6)$$

利用该特征概率函数对区域增长后的二值图像进行分析,经过实验,最佳的似然度阈值为 0.8。得到分类的结果如图 12 所示。按照(4)将图 12 结果与图 9 进行融合,得到溢油信息图(图 13)。



图 12 油膜概率函数分类结果

Fig. 12 Result of possibility function based classification

根据地理辅助信息,对结果进行后续处理:对位置非常靠近海岸的类似油膜区域进行排除,并去除孤立的面积小于 10 个像元的黑斑。经过最终处理得到的油膜区域与原图像叠加的结果如图 14 所示。

通过与人工经验判断的油膜区域比较(图 15),本实验能够将主要的油膜区域检测出来,仅误将图像中左侧的一个小块疑似油膜区域误检为油膜,如果结合海面风场等辅助信息,检测的准确率可以进一步的提高。香港本地报纸及互联网的报道也证实了此溢油事故的真实性,据报道:“2010 年 5 月

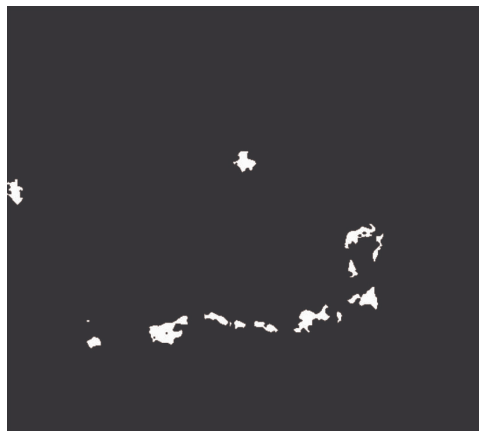


图 13 高低阈值结果融合

Fig. 13 Fusion result

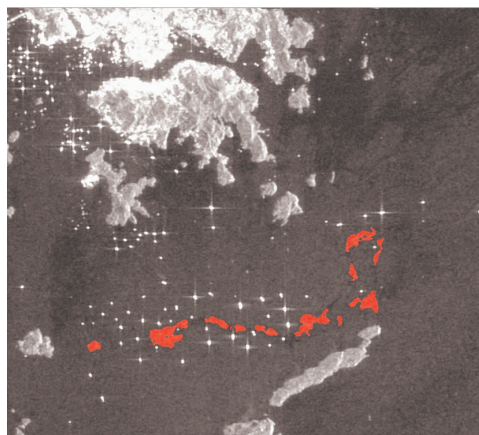


图 14 最终油膜检测结果

Fig. 14 Final result of oil spill detection

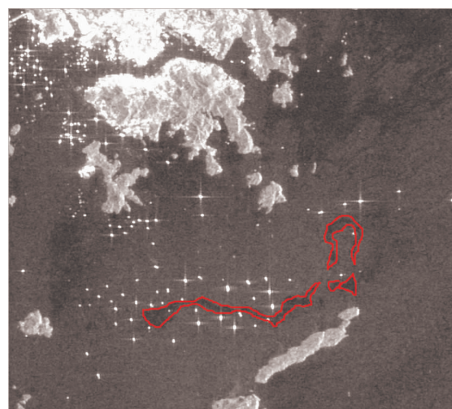


图 15 人工油膜检测结果

Fig. 15 Artificial oil spill detection result

19 日南丫岛以南海域发现面积达 17km<sup>2</sup> 的油污,油污呈长线絮状,主要分布在航线周围<sup>[17-18]</sup>”。

为了进一步验证本文方法的可行性,采用中大

卫星遥感地面站于 2007 年 6 月 5 日接收到的香港附近水域 SAR 图像进行实验,经初步分析,该图像中较为明显的黑斑有 5 处,如图 16 所示。这 5 个黑斑的特征如表 1 所示,根据对特征函数的比较,黑斑 1、2 和 3 可被判定为溢油,黑斑 4 和 5 为疑似物的可能性较大,经过双阈值溢油检测,得到的结果如图 17 所示。现场调查结果<sup>[11]</sup>也证实,黑斑 1、2 和 3 所在区域存在油膜,而黑斑 4 和 5 所在区域未发现明显的油膜,这与本文方法的判定结果相符。

表 1 黑斑的特征属性			
Table 1 Properties of dark spots			
	C	R	特征函数
1	38.1325	0.2132	0.8964
2	47.3677	0.1698	0.8876
3	35.3485	0.2027	0.9158
4	54.1100	0.2658	0.7556
5	82.796	0.4386	0.3580

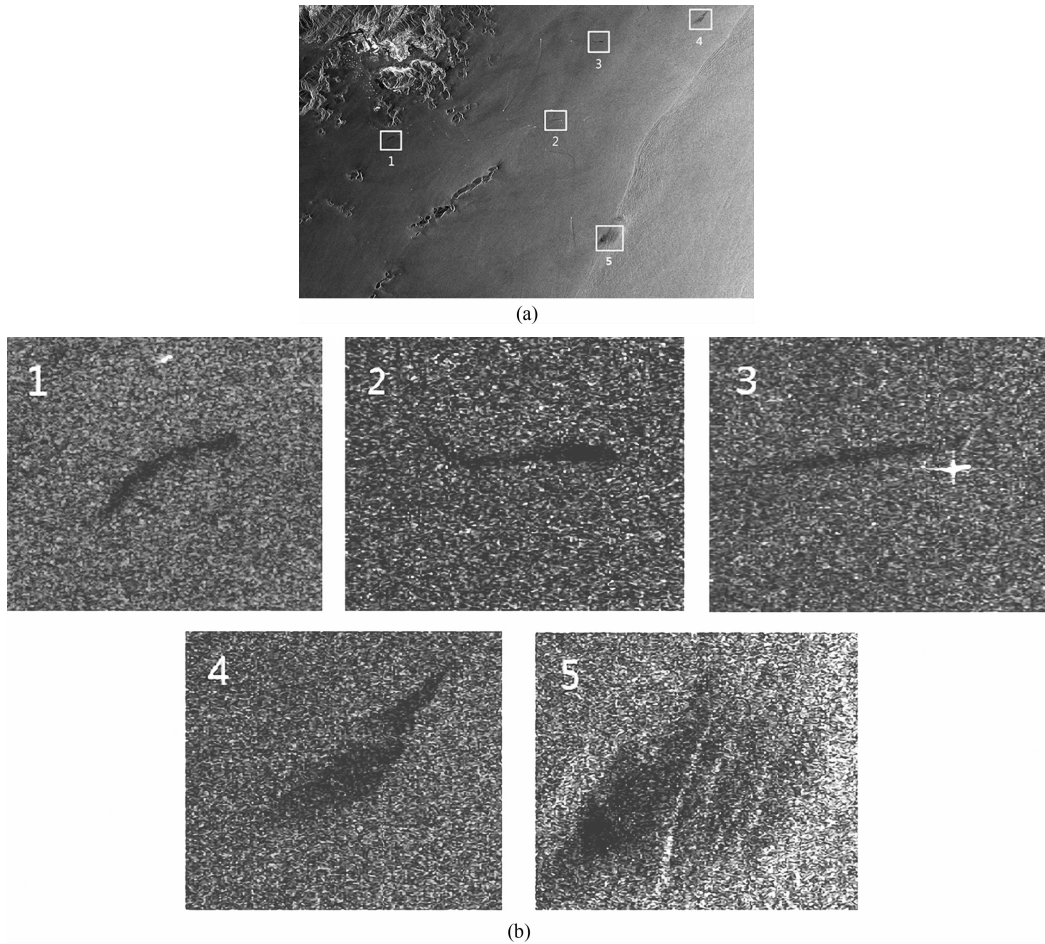


图 16 2007 年 6 月 5 日香港附近水域 SAR 图像  
Fig. 16 SAR image of HK coast region on June 5th 2007



图 17 图 16 的油膜检测结果  
Fig. 17 Result of oil spill detection from Fig. 16

## 4 结论与展望

实验表明,本文提出的溢油检测方法,对于事故后形成不久的中等大小油膜具有较高的检测准确率,且该算法所需的计算量相对较小,符合海面溢油的实时监测与预警的需要。本文将该方法应用于香港附近海域的 2 幅 SAR 图像上,均成功地提取出其中的黑斑区域,并对溢油与似然物进行了准确的区分。从而为事故的及早发现和快速处理提供较为准确的信息支持。本文中所采用的一些油膜散射特性和形状特性的假设,符合通常条件下香港附近及类似海域的情况,旨在提供一种分析和处理问题的思路,而在实际应用中可能还会遇到许多不同的场景环境,以及不同的油膜类型,这就需要基于预先的统计和分析,对分割和分类参数进行进一步的优化与调整,以确定最优的分割阈值及构建最优的概率检测函数。今后应进一步针对不同油膜种类、存在时间、海面风场、海底洋流等具体情况下油膜的灰度分布及形状特征进行分析。另外,也可以在获取充足的实验样本与调查结果的前提下考虑采用人工神经网络和支持向量机等基于样本训练的分类方法,以获得具有更大普适性和更加准确的油膜分类结果。

### 参考文献:

- [1] Shu Y M, Li J, Yousif H. Dark-spot detection from SAR intensity imagery with spatial density thresholding for oil-spill monitoring[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2010, 114(9):2026 - 2035.
- [2] Migliaccio M, Gambardella A and Tranfaglia M. SAR polarimetry to observe oil spills[J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2007, 45(2):506 - 511.
- [3] Fan K, Zhang Y and Lin H. Satellite SAR analysis and interpretation of oil spill in the offshore water of Hong Kong[J]. *Annals of GIS*, 2010, 16(4): 269 - 275.
- [4] Cheng Y C, Li X F, Xu Q. SAR observation and model tracking of an oil spill event in coastal waters[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011(62): 350 - 363.
- [5] 李四海. 海上溢油遥感探测技术及其应用进展[J]. *遥感信息*, 2004(2): 53 - 57.
- [6] Solberg A H S, Storvik G, Solberg R and Volden E. Automatic detection of oil Spills in ERS SAR images [J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2009, 37(4):1916 - 1924.
- [7] Galland F, Réfrégier P and Germain O. Synthetic aperture radar oil spill segmentation by stochastic complexity minimization [J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2004, 42(4):295 - 299.
- [8] Mercier G and Girard-Ardhuin F. Partially supervised oil-slick detection by SAR imagery using kernel expansion[J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2006, 44(10): 2839 - 2846.
- [9] Migliaccio M. A study on the use of SAR polarimetric data to observe oil spills[J]. *Oceans-Europe*, 2005.
- [10] Migliaccio M, Nunziata F, Gambardella A. On the co-polarised phase difference for oil spill observation[J]. *Int. Journal of Remote Sensing*, 2009, 30(6):1587 - 1602.
- [11] Wang G W, Zhang Y Z, Lin H. A study of oil spill detection using ASAR images[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2009, 28(4):32 - 37.
- [12] Zhang Y Z, Lin H, Liu Q, *et al.* Oil-spill monitoring in the coastal waters of Hong Kong and vicinity[J]. *Marine Geodesy*, 2012, 35:1 - 14.
- [13] 马腾波,王思远. 基于边缘分析的海面溢油检测[J]. *遥感学报*, 2009, 13(6):1097 - 1091.
- [14] 陈丹. 基于模糊理论的 SAR 图像海面油膜识别方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [15] 原君娜,邵芸,田维. 利用 SAR 图像识别海面油膜的方法介绍[J]. *遥感技术与应用*, 2010, 25(1):97 - 101.
- [16] Touzi R, Lopes A, Bousquet P. A statistical and geometrical edge detector[J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 1988, 26(6): 764 - 773.
- [17] <http://hk.szhk.com/2010/05/21/282749224516245.html>.
- [18] [http://www.cpr.cuhk.edu.hk/sc/press\\_detail.php?1=1&id=780](http://www.cpr.cuhk.edu.hk/sc/press_detail.php?1=1&id=780).



## Dual-threshold Oil Spills Detection Based on Characteristic Possibility Function

LI Yu<sup>1,2</sup>, ZHANG Yuanzhi<sup>1,3</sup> and CHEN Jie<sup>2</sup>

(1. *Institute of Space and Earth Information Science, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, Hong Kong, China;*

2. *School of Electronic and Information Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100037, China;*

3. *Yuen Yuen Research Centre for Satellite Remote Sensing, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, Hong Kong, China)*

**Abstract:** Oil spills can cause huge damage to the ecology of marine environment and its detection and clean-up plays a very important role in the reduction of economic and environmental losses. As an advanced technology, synthetic aperture radar (SAR) has the advantage of day-night all weather observation capability. Besides, SAR has relatively wide swath width and high resolution, which all helps a lot in the early warning and damage analysis of oil spills accidents. Due to the special imaging mechanism of SAR, oil spills can be found as dark spots in SAR images. However, there still remain a lot of difficulties in the related detection and classification algorithms. In this paper, a double-threshold oil spills detection based on characteristic possibility function was proposed for taking the best advantages of backscatter information contained in different grayscale levels. Both high and low levels of grayscale information were extracted from the backscatter image obtained from SAR signal. Then the density of pixels was evaluated by Gauss kernel to enhance the stability of the segmentation. By using high level segmentation result, look-alikes with large area are classified from oil spills by basic morphological analysis. By taking advantage of low threshold grayscale information, other look-alikes were distinguished from oil spills by means of probability likelihood function derived from morphological characters such as complexity, length to width ratio, Euler number, etc.. Finally, the detected spills were obtained by fusing classification result of different level and other auxiliary information. The proposed method was implemented on EVISAT ASAR images of coastal region around Hong Kong received by the satellite ground station, CUHK. Experimental results demonstrated that real oil spills and look-alikes generated by other natural phenomena such as low wind speed and internal water turbulence could be distinguished accurately and effectively. This method can be further developed and has potential use in the surveillance and early alarm of marine and coastal oil leak accidents.

**Key words:** oil spill detection; SAR imagery; dark spot extraction; classification