

舰船尾流红外图像边界检测方法

王慧丽, 齐 异, 刘焕英

(水下测控技术国家级重点实验室, 辽宁 大连 116013)

摘 要: 由于舰船尾流与周围未扰动的海水相比温差较小且无明显轮廓, 导致舰船尾流红外图像成像模糊、对比度低, 难以提取其边缘信息。文中根据舰船尾流及其红外图像的特点, 提出了一种利用动态纹理和数学形态学检测尾流边界的方法。首先, 利用动态纹理分割方法对舰船尾流红外图像序列进行了预分割。然后, 采用 Canny 算子对尾流区进行边缘提取。对提取的边缘利用形态学的方法进行膨胀、标记和选择, 提取了真正的尾流边界。实验结果表明: 该方法对舰船尾流红外图像序列进行处理, 能够有效的提取尾流的边界, 取得了较好的处理效果。

关键词: 舰船尾流; 红外图像; 边界检测; 动态纹理; 数学形态学

中图分类号: TP751 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2276(2013)02-0524-04

Border detecting method for IR image of ship wake

Wang Huili, Qi Yi, Liu Huanying

(National Key Laboratory of Science and Technology on Underwater Test and control, Dalian, 116013 China)

Abstract: Compared with the nearby undisturbed seawater the temperature difference in the ship wake is tiny and the ship wake presents obscure configuration. These induce the low contrast of the infrared ship wake image and the borders of the wake images are difficult to be extracted. According to the characters of ship wake and infrared wake image, a border detecting method by dynamic texture and mathematical morphology was proposed. Firstly, the infrared wake image sequence was pre-segmented by dynamic texture method, and then the edges in the wake area were extracted by Canny operator. The extracted edges were dilated, labeled and selected by the mathematical morphology and the true wake borders were extracted. The experimental results show that processing the wake images by the methods mentioned above can effectively extract the borders of the ship wake and get better results.

Key words: ship wake; infrared image; border detecting; dynamic texture; mathematical morphology

收稿日期: 2012-05-22; 修订日期: 2012-06-19

基金项目: 国防预研项目(5130303030110); 水下测控技术国家级重点实验室基金项目(9140C2603051003)

作者简介: 王慧丽(1975-), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事水下光学特性方面的研究。Email: wanghl760@163.com

0 引言

舰船尾流是舰船航行过程中留下的一条长长的尾迹。舰船尾流具有持续时间长、波及范围广的特点。舰船在温度分层的海水中航行时,螺旋桨的搅动会将深层海水翻卷到表层,加之尾流中破碎波浪的发射率与周围平静海水存在差异,利用红外手段能够观测到这种尾迹并进而对舰船目标进行追踪^[1-2]。

舰船尾流与周围海水的温度差异很小,体现在红外图像上具有对比度低、模糊的特点,用传统的图像处理方法难以取得较好的处理结果。由于舰船尾流包含气泡运动、海水湍流、两相流等复杂的物理过程,尾流区海水运动状态明显异于周围未被扰动的海水,造成尾流区在纹理特征上的差异。文中采用动态纹理分割的方法对尾流区图像进行预分割,用数学形态学的方法选择尾流边界。给出了利用上述方法对舰船尾流红外图像进行处理的过程及结果。

1 动态纹理分割

动态纹理是指空间上具有重复性、时间上具有相关性的纹理图像序列,如流淌的河水、海浪、火焰、飘扬的旗帜、随风摆动的麦浪等。其每一帧都是静态纹理,前后帧之间存在一定的统计特性。

由于船体破浪、螺旋桨扰动形成的舰船尾流属于典型的动态纹理,它的产生、扩散、衰减等过程与周围仅受海风、海流作用的海水明显不同。通过红外热像仪记录下的舰船尾流红外序列图像可以采用动态纹理分割的方法进行分割。大致可以分为三类:(1) 基于模型的方法^[3];(2) 基于运动的方法^[4];(3) 基于特征的方法^[5]。文中采用了 Li 提出的基于傅里叶分析的动态纹理分割方法^[6]。其分割流程如图 1 所示。

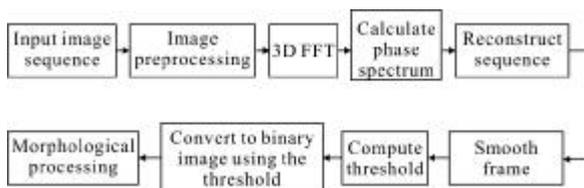


图 1 动态纹理分割流程

Fig.1 Dynamic texture segmentation flow

在预处理阶段,采用传统的对比度增强、直方图均衡等方法对舰船尾流红外图像进行增强处理。如舰船尾流红外灰度级图像序列 $I(x,y,t)$,其中 x,y 代表每个像素的位置; t 为帧序号。对 $I(x,y,t)$ 进行 3D 离散 Fourier 变换(DFT)可表示为:

$$F(I(x,y,t)) = \sum_{x=1}^{x-1} \left(\omega_x^{k_x} \sum_{y=0}^{y-1} \left(\omega_y^{k_y} \sum_{t=0}^{t-1} \omega_t^{k_t} I(x,y,t) \right) \right) \quad (1)$$

式中: x 和 y 为每帧的宽度和高度; t 为总的帧数。 $\omega_x = \exp(-2\pi i/X)$, $k_1=0,1,\dots,x-1$ 。在对图像序列 $I(x,y,t)$ 在进行 3D 离散 Fourier 变换(DFT)后,可以通过 $F(I(x,y,t))$ 的实部和虚部得到相位谱 $P[F(I(x,y,t))]$ 。对相位谱进行 3D 逆 DFT,即

$$\hat{I}(x,y,t) = \left| F^{-1} \{ e^{iP[F(I(x,y,t))]} \} \right|^2 \quad (2)$$

其中, $\hat{I}(x,y,t)$ 代表重建序列。

在进行 3D 离散 Fourier 变换(DFT)时,帧数的选择必须综合考虑图像序列的帧频以及尾流的变化速度。每帧重建序列用平均滤波器进行平滑。选择适宜的阈值(如均值)将灰度图像序列转换为二值图像序列。对得到的二值图像进行数学形态学操作,包括填充、腐蚀、膨胀、开闭运算等。在进行膨胀运算之前可以用形态学中的开运算来进行滤除孤立点的操作。在进行作用相反的形态学操作时,如腐蚀、膨胀、采用的结构元素类型和大小应保持一致。

图 2 中,图(a)为原始图像,图(b)为经过动态纹理分割后的图像。可见由于尾流区和周围未扰动海水在纹理特性的差异,动态纹理分割能够比较精确地确定尾流所在的区域。

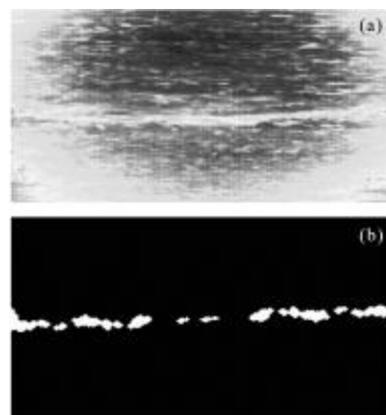


图 2 原始图像和分割图像

Fig.2 Original image and segmented image

通过对多个图像序列运用动态纹理方法分割发现, 由于红外图像序列的帧频较低以及数学形态学处理中结构元素形状的选取有限, 分割出的尾流区域并不完整, 但极准确的圈出了尾流区所在的位置。因而可以运用该方法对尾流区进行预分割, 随后进行其他操作。如图 3 所示为根据动态纹理分割方法得到的尾流区图像, 尾流区之外的部分已经去除了。

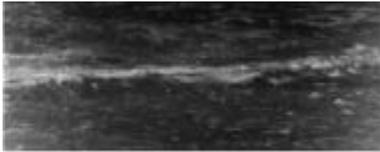


图 3 动态纹理预分割得到的尾流区图像

Fig.3 Pre-segmented wake image by dynamic texture

2 边缘检测及边缘选择

对已经大致确定的尾流区进行边缘提取操作, 常用的方法有: Prewitt、Canny、Bwperim、Laplacian、Robert、Sobel 算子、形态学算子等方法^[7-9]。采用不同算子等方法提取后的边缘各不相同。经实验对比, 笔者选用了 Canny 算子, 该算子提取的尾流边缘较完整。如图 4 所示为利用 Canny 算子提取的尾流区边缘图像。



图 4 利用 Canny 算子提取的尾流区边缘图像

Fig.4 Extracted edges image by Canny operator

在提取的边缘中, 只有真正的尾流边界最长。为了提取最长的两个边界, 采用形态学的方法来处理。首先, 对图像选用适合的结构元素进行膨胀, 使边缘中微小的间断处连接起来并使之具有一定的面积。在利用形态学的闭运算滤除孤立点后, 对图像中不同的边缘进行标记, 图 5 所示为标记后用不同颜色显示的边缘。由于进行了膨胀, 两条最长的边缘具有明显的特征, 即面积是所有边界中最大的, 根据这个



图 5 用形态学标记的边缘图像

Fig.5 Labeled edge image by mathematical morphology

特征可以提出两条边界。表 1 列出了图像中所有边缘的面积, 其中只有两个边缘的面积最大, 即为尾流边界。图 6 所示为提出的两条尾流边界, 提取边界后进而能够根据热像仪的成像距离和倾角等参数计算出尾流的宽度、长度等几何特征, 为推断船的吨位、行进方向等提供参考。

表 1 各边缘所占的面积

Tab.1 Area of each edge

Serial number	Area	Serial number	Area	Serial number	Area
1	266	2	964	3	14
4	956	5	47	6	419
7	68	8	74	9	5

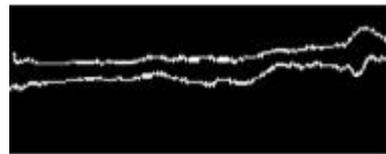


图 6 检测的尾流边界

Fig.6 Detected wake borders

3 结论

针对舰船尾流红外图像对比度低、处理困难的特点, 提出了一种基于动态纹理和数学形态学处理舰船尾流红外图像的方法。由于舰船尾流区所具有的纹理特征与尾流区外的海水明显不同, 采用基于傅里叶变换的动态纹理方法对尾流区进行预分割并运用数学形态学的方法对尾流边界进行选择, 能够较好地提取尾流的边界, 为舰船尾流几何特性等提取以及采用红外方法探测舰船尾流提供了有效的方法。

参考文献:

- [1] Qi Yi, Liu Huanying, Chen Shengtao, et al. The test of Ship IR Wake [C] // 8th Pacific Rim Conference of Lasers and Electro-optics, 2009.(in Chinese)
- [2] Chen Jie, Sun Jiying, Chen Biao, et. al. Ship wake detection based on nonsubsampling contourlet [J]. Infrared and Laser Engineering, 2007, 36 (6): 972-976. (in Chinese)
- [3] Szummer M O. Temporal texture modeling [D]. Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- [4] Amiaz T, Fazekas S, Chetverikov D, et al. Detecting regions of dynamic texture [C]// Proceedings of the 1st International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision, 2007(2): 848-859.

- [5] Otsuka K, Horikoshi T, Suzuki S, et al. Feature extraction of temporal texture based on spatio-temporal motion trajectory[C]// Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition, 1998, 1047-1051.
- [6] Li Jianghong, Chen Liang, Cai Yuanhu. Dynamic texture segmentation using fourier transform [J]. Modern Applied Science, 2009, 3(9): 29-36. (in Chinese)
- [7] Zhang Hongqun, Zhang Xue, Xiao Wangxin. Adaptive thresholds edge detection for image based on wavelet transform [J]. Infrared and Laser Engineering, 2003, 32(1): 32-36. (in Chinese)
- [8] Yong Yang, Wang Jingru, Chen Changbin. Edge detection method based on fusion technology [J]. Infrared and Laser Engineering, 2004, 33(5): 542-544. (in Chinese)

下期预览

液晶分子取向对一维光学多层膜光子晶体透射谱影响

乌日娜¹, 李 勇¹, 闫 彬¹, 岱 钦¹, 于 涛², 徐送宁¹

(1. 沈阳理工大学 理学院, 辽宁 沈阳 110159;

2. 中国科学院上海高等研究院 新型显示技术研究中心, 上海 201203)

摘 要: 比较研究了液晶分子平行和扭曲排列对 TiO_2 和 SiO_2 介质膜交替的一维光子晶体透射谱的影响。向列相液晶平行取向时, 光子禁带中出现四个透过峰, 中心波长约 1 840、1 814、1 466、1 423 nm, 加热器件, 峰位蓝移, 相邻的两个透过峰合二为一。向列相液晶扭曲排列时, 光子禁带中出现两个独立透过峰, 分别位于 1 865、1 489 nm, 加热样品峰位蓝移。液晶分子平行排列, 液晶层折射率各向异性较明显, 光子禁带具有两种偏振模式透过峰。液晶分子扭曲排列, 液晶层折射率各向异性不明显, 光子禁带只有独立透过峰。加热样品, 液晶分子排列变化, 引起液晶层有效折射率值改变, 透过峰位移动。