

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0067-04

# 利用水天线稳定船载摄像机视频图像序列的方法

赵红颖, 孙辉, 熊经武

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

**摘要** 利用水天线在对海观察时的特殊位置, 实现图像稳定具有快速、准确的优点, 在校正因载体运动而造成的图像晃动的同时, 能有效地保留目标的运动达到较好的观察效果。介绍了水天线的特点、提取水天线的算法以及利用水天线对图像进行稳定校正的方法等。

**关键词** 信息光学; 图像序列; 水天线; 稳像

中图分类号 TN911.73

文献标识码 A

## Method of Using Horizon to Stabilize the Video Image Sequence of the Ship's camera

ZHAO Hong-ying SUN Hui, XIONG Jing-wu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, The Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130022, China)

**Abstract** The method of horizon stabilizing image is high speed and accurate to stabilize the image of the ship's camera by the special position of the horizon. The method could remain the motion of the object when stabilizes the unstable image caused by the carrier. This paper presents the characters of the horizon, detecting horizon and how to stabilize the image by the horizon.

**Key words** information optics; image sequence; horizon; stabilize image

## 1 引言

由于载体的运动而导致舰船摄像机视频图像序列的不稳定, 特别是采用长焦距、高分辨率的摄像系统时, 图像序列的晃动量更大。利用电子稳像 (Electronic Image Stabilizing) 的方法对舰船图像序列进行稳定, 使图像序列的稳定精度和稳定效果得到了明显的改善。稳像的方法有多种<sup>[1-3]</sup>, 实质上都是先检测出图像间的变化量, 然后根据此变化量对图像进行校正。

采用水天线稳像方法实现船载摄像机的视频图像序列的稳定, 就是通过检取图像上的水天线, 并将它作为稳像基准对图像进行校正, 保证在图像序列中的每一幅图像上水天线的位置是相同的, 这样, 当人眼看到连续图像时就不感觉到图像的晃动。另外, 水天线稳像方法在稳定图像的同时还可以保留图像上运动目标的正常运动, 实验结果表明此方法能够高速、准确地实现图像序列的稳定。

## 2 水天线的特点

舰船上的摄像系统是用来对海面进行侦察或跟踪目标的, 所以获得的视频图像上常存在一条水天相连的线, 我们称其为水天线, 如图 1 所示。

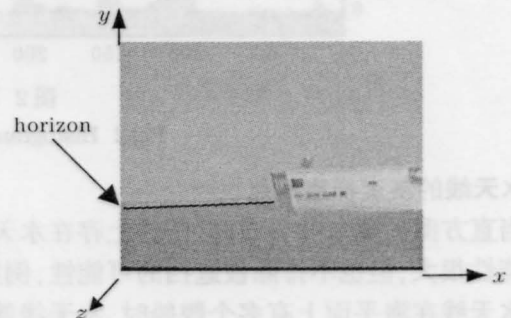


图 1 用于侦察的视频图像

Fig.1 Video image for reconnaissance

从图 1 可以看出水天线是一条平稳的直线, 在远距离的被摄图像中代表了海平面的位置, 而且由

于连接海面 and 天空这两部分的连接处是灰度差值较大的区域,水天线图像上是灰度梯度变化较大点的连线。另外,对舰船的摄像系统,摄像机的旋转运动是影响图像稳定性的主要因素,特别是采用长焦距摄像时旋转运动的影响更为突出,而水天线是图像上背景中最远点的集合,由成像原理可知图像上远距离点的变化主要反映的是摄像机的旋转运动,所以利用水天线稳定图像可取得更佳的稳定效果。

### 3 识别水天线

利用水天线稳定图像的前提条件是图像上要存在并且有一定长度的水天线,所以在稳定图像之前首先要判定水天线是否存在,然后再利用算法检取它。判断的方法主要是根据水天线的特点,通过分析图像的灰度直方图分布的情况以及根据水天线灰

度梯度变化等方法来实现的。

#### 3.1 图像灰度直方图分布

由于水天线是位于图像背景上的两大主要灰度分布区(海天)之间,因此可以从图像的灰度直方图来判断水天线存在的可能性,如图2所示。

如果灰度直方图上图像灰度呈现明显的双峰分布,说明图像上即使有目标存在,目标也没有遮挡住大部分的背景,此时图像上的水天线可能是十分清楚且有足够的长度,如图2(a)所示。而当双峰渐弱并出现第三峰或多峰时,表明视场内出现目标且随着监视侦察的需求增大焦距,拉近目标时,目标占图像的比例越来越大了。因为目标在海平面上,所以目标的出现势必遮挡住水天线。当目标遮住大部分的水天线时,灰度直方图就出现了多峰的状态,如图2(b)所示。显然在这种情况下要采用其他的稳像方法。

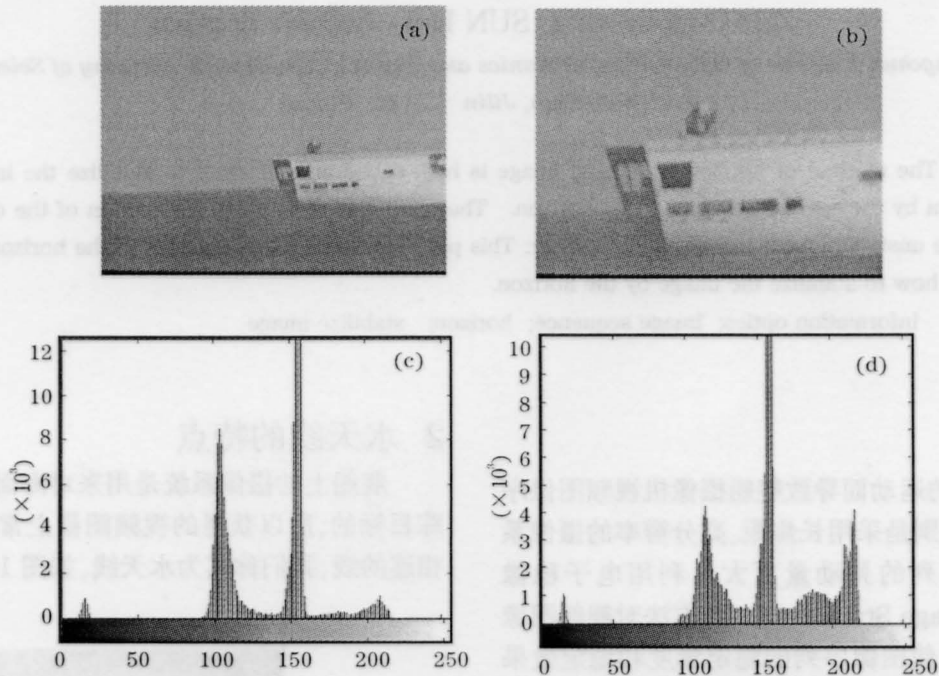


图2 不同景色的直方图

Fig.2 Histograms with the different scenery

#### 3.2 水天线的灰度梯度变化

当直方图呈现双峰分布时,图像上存在水天线的可能性很大,但也不排除被遮挡的可能性,例如:沿着水天线在海平面上有多个舰船时,水天线就会被遮挡。所以还要根据水天线是灰度梯度变化较大的点的集合这一特点,进一步判断、识别水天线。

#### 3.3 水天线的识别

首先,判断直方图是否呈现双峰分布,然后再利用梯度算子检取图像的阶跃边缘。因为水天线也可以看作是海或天的边缘,所以对图像 $\{f(i,j)\}$ 的每个

像素索取它的梯度值

$$G(i,j) = \sqrt{\Delta_x f(i,j)^2 + \Delta_y f(i,j)^2}, \quad (1)$$

其中,  $\Delta_x f(i,j)$ ,  $\Delta_y f(i,j)$  分别是图像在第  $i$  行  $j$  列的  $x$  方向,  $y$  方向的一阶差分,分别为

$$\begin{cases} \Delta_x f(i,j) = f(i,j) - f(i-1, j) \\ \Delta_y f(i,j) = f(i,j) - f(i, j-1) \end{cases} \quad (2)$$

因为水天线是  $x$  方向上的,所以只需求取  $x$  方向上的边缘,也就是在求图像上各点的梯度值时只求  $y$  方向的,  $x$  向的梯度值可以不必计算,这样, (1) 式得到简化,减小计算量。

然后,选取适当的门限值  $TH$ ,作如下判断,若  $G(i,j) > TH$ ,则  $(i,j)$  点为阶跃状边缘点。如果对图像上每一个像素点都求梯度值,计算量会很大,所以在求梯度时可以考虑利用多分辨率的图像锥来确定边缘线的位置,将进一步大幅度地减小计算量。

最后,将图像上的水平边缘线与直方图联系起来,边缘线两面的灰度如果与直方图双峰灰度值相吻合时,可以确定此边缘线为水天线。

另外,水天线的检测并不需要在每一帧图像上完全重复进行,因为舰船载体的运动角速率与帧频速率(40 ms)相比是较低的,计算结果显示相邻帧间水天线的变化在 5 个像素之内,所以,可以根据前一帧水天线的位置估计下一帧水天线的相应位置。

#### 4 校正图像,确定旋转中心

检取图像序列中每一帧图像上的水天线,结果显示它的图像位置是在不断变化的,这也是人眼在观看图像序列时感到晃动的原因。而利用水天线稳定图像的方法首先要确定一幅参考图像,然后以参考图像中水天线的位置作为基准位来校正其他各帧图像。

对于水天线在  $Y$  方向的变化量可以通过直接移动图像来补偿,而当水天线有旋转量时,就需要先确定旋转中心,然后绕旋转中心进行等量反向旋转校正。水天线的旋转是由于摄像机载体,船的晃动导致的,显然这个旋转中心在船体上既不在摄像机靶面上,当然也就不在图像面上。通常很难确定这个旋转中心。所以为了解决这个问题,作了如下分析:

假设船体以  $O$  点为中心旋转  $\theta$  角,摄像机就绕着  $O$  点由  $C$  点旋转到  $C'$  点,如图 3 所示。因为船体上的  $O$  点难以确定,所以通常以摄像机的靶面中心( $C$  点)为旋转中心,那么由  $C$  点到  $C'$  点就不仅仅是摄像机绕着靶面中心旋转  $\theta$ ,同时还包括在  $x, y$  方向上产生的位移量  $\Delta x, \Delta y$ ,并由下式计算:

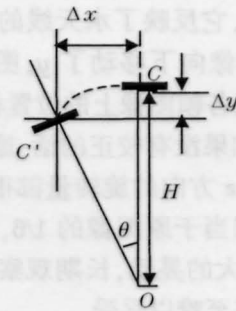


图 3 舰船的旋转

Fig.3 Rotation of the ship

$$\Delta x = H \sin \theta, \quad \Delta y = H - H \cos \theta, \quad (3)$$

其中  $H$  是摄像机到船体中心  $O$  的距离。这两个分量成像到摄像机靶面上的变化量  $\Delta x'$  和  $\Delta y'$  根据成像原理如下所示:

$$\begin{cases} \Delta x' = \frac{f}{s} \times \Delta x = \frac{fH}{s} \sin \theta \\ \Delta y' = \frac{f}{s} \times \Delta y = \frac{fH}{s} (1 - \cos \theta) \end{cases} \quad (4)$$

其中,  $f$  为摄像机的焦距,  $s$  为摄像机的作用距离。

作为一个实际应用的例子,电子稳像是在陀螺稳定平台稳定的基础上进行的二级稳定,而稳定平台的残差较小,所以以旋转角  $\theta = 0.5^\circ$  为例计算  $\Delta x'$ ,  $\Delta y'$  值,此时设焦距  $f = 1.2$  m, 作用距离  $s = 5$  km,  $H = 1$  m, 摄像机靶面尺寸为:  $6.6 \text{ mm} \times 4.8 \text{ mm}$ , 像素数  $752 \times 582$ 。计算  $\Delta x'$ ,  $\Delta y'$  值为:  $\Delta x' = 2.09 \mu\text{m}$ ,  $\Delta y' = 0.00918 \mu\text{m}$ , 摄像机靶面上一个像素的尺寸为:  $8.8 \mu\text{m} \times 8.2 \mu\text{m}$ , 由此可见,当旋转角较小时,  $x, y$  方向的分量成像到摄像机靶面上还不到一个像素,因此可以在忽略平移分量仅保留旋转量的前提下将旋转中心移动到摄像机靶面的中心处,也就是图像的中心,从而解决了确定水天线旋转中心的问题。以参考图像中的水天线的位置以及图像中心为基准,校正每一幅图像。图 4 所示是采用水天线稳像方法稳定图像后的图像序列中的几幅图。图像中边框附近处的空白部分是根据基准校正水天线时移动图

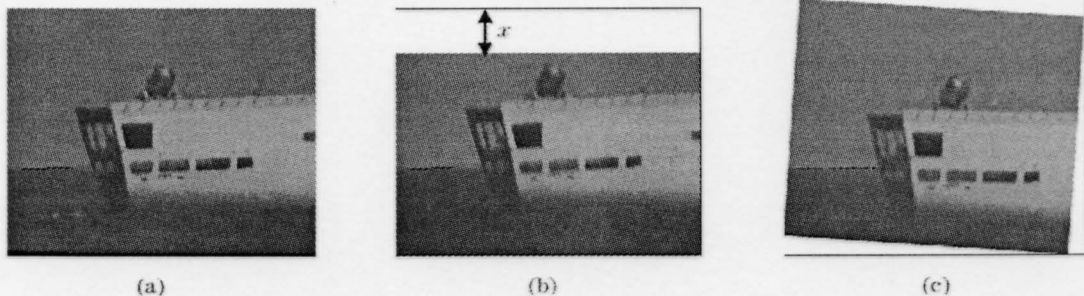


图 4 稳定的图像序列。(a) 第一幅图; (b) 第 15 幅图; (c) 第 30 幅图

Fig.4 Stabilized image sequence. (a) The first image; (b) The fifteenth image; (c) The thirtieth image

像而产生的空白,它反映了水天线的变化量。例如图 4(b)所示的图像向下移动了  $y$ , 图 4(c)旋转了  $\theta$  角, 保证水天线在各帧图像上的位置相同, 从而稳定了图像。那么, 如果没有校正的话, 原图间产生的  $y$  方向平移量以及  $z$  方向的旋转量都很大, 例如图 4(b)中  $y$  变化量相当于原图像的 1/6, 这样的变化量将使图像产生很大的晃动, 长期观察这类图像会使人眼产生疲劳, 甚至难以忍受。

### 5 结 论

由于水天线在图像上的特殊位置, 使得水天线稳定图像的方法具有算法简单、计算速度快、稳定精

度高的优点, 特别是当舰船摄像系统对海面进行侦察时, 采用此方法可以有效地去除图像的干扰运动, 同时保留目标的运动, 达到最佳的观察效果。

### 参 考 文 献

- 1 赵红颖. 电子稳像技术概述[J]. 光学精密工程, 2001,9(4)
- 2 S. D. Blostein, T. S. Huang. A tree search algorithm for target detection in image sequence[C]. *Proc. IEEE the Computer Society Conf. of CVRR*, 1988
- 3 D. Koller, K. Daniilidis, T. Thorhallson *et al.*. Model-based object tracking in monocular image sequence of real traffic scenes[J]. *Int. J. of Comput. Vision*, 1993, 10:257~281



图 4 稳定图像序列 (a) 第一帧 (b) 第二帧 (c) 第三帧  
Fig. 4 Stabilized image sequence. (a) The first image. (b) The second image. (c) The third image.