

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.07.026

箔条干扰下海上舰船的图像识别方法

张春成, 牟能文

(海军装备部重庆军事代表局, 重庆 400042)

摘要: 为了消除现代电子战中箔条干扰的威胁, 提出一种在箔条干扰下海上舰船的图像识别方法。视频雷达提取舰船图像经过灰度转化、去除箔条云、去除背景、二值化、投影、求质心、标定质心等步骤的图像处理, 得到舰船的二值图像, 舰船为黑色, 背景为白色, 并标定出舰船的质心。该方法在处理视频雷达提取图像包含有舰船图像时效果较好。

关键词: 箔条干扰; 海上舰船; 图像识别; 质心; 标定

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Image Recognition Method for Chaff Jamming Vessel at Sea

Zhang Chuncheng, Mou Nengwen

(Chongqing Military Representative Bureau of Navy Equipment Department, Chongqing 400042, China)

Abstract: In order to eliminate the chaff jamming threat in the modern electronic warfare, a image recognition method is proposed, which can identify the vessel on the sea in the chaff jamming. The vessel image captured by a video radar is disposed by gray transform, elimination chaff cloud, elimination background, binaryzation transform, projection, seeking and demarcating center of mass, and so on. After these processes, obtains the vessel's two value image: the vessel is black, the background is white, and the center of mass is demarcated. This method is effective in processing a video radar's image including the vessel's image.

Keywords: chaff jamming; ship on the sea; image recognition; centroid; calibration

0 引言

箔条干扰就是在空间中投放大量随机分布的金属反射体, 产生二次辐射对雷达进行干扰。箔条干扰的样式主要包含压制式干扰和欺骗式干扰, 其原理就是利用箔条云回波比舰船回波强很多的特性, 让雷达误判箔条云为舰船。由于箔条干扰成本低廉、使用方便、反应快速、适应性广、干扰效果显著等特点, 因此受到各国军队的广泛应用。目前, 在研究抗箔条干扰方面, 以研究雷达和舰船回波信号在时域、频域上的性质为多, 舰船图像识别方法较少, 故提出一种数字图像处理的方法, 以识别有箔条干扰下的舰船。

1 雷达提取图像处理流程

分析箔条云干扰下海上舰船图像的性质可知, 舰船的形态是规则的, 而箔条云的形态是随机的。利用两者在图像形态上的不同来去除箔条云, 实现舰船识别。

图像处理流程包括图像增强、图像分割、图像特征分析与定位等步骤, 如图 1。

在图 1 中, 从视频雷达提取图像到二值化图像

是基于 MATLAB 图像处理; 投影和求质心、标定舰船是基于 VC++图像处理。

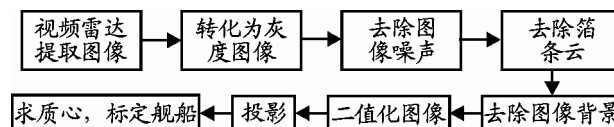


图 1 图像处理流程

2 雷达提取图像增强

视频雷达获得有箔条云干扰下海上舰船图像如图 2。



图 2 BORA0

图 2 是 24 位真彩色图像, 宽为 343 像素, 高为 244 像素。在进行数字图像处理前, 必须把图 2 变为灰度图像。利用 rgb2gray 函数将视频雷达提取图像转化为灰度图像。图 2 的灰度图像直方图如图 3。

收稿日期: 2010-03-11; 修回日期: 2010-03-19

作者简介: 张春成 (1982-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事电子对抗研究。

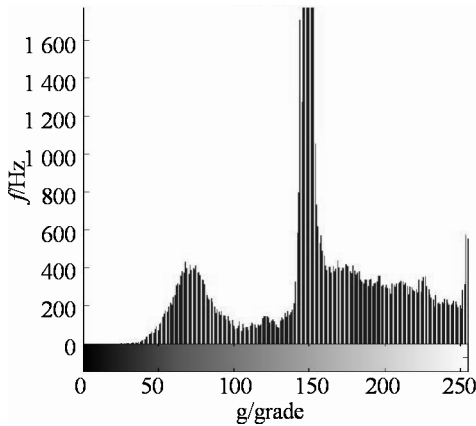


图 3 GRAYBORAO 直方图

从图 3 中可知：灰度值在小于 100 的像素是海面，灰度值在 150 左右像素是天空，在 2 个高峰之间有个小峰是舰艇的灰度分布，在最高峰的右边是箔条云的灰度分布。

去除图像噪声的函数很多，例如高斯滤波，中值滤波等。由于该图像的噪声小，可省略该步骤。

3 灰度图像 GRAYBORAO 分割

3.1 去除灰度图 GRAYBORAO 内箔条云

箔条云的形状是随机的，而海面和舰船的外形则是有规律的。故可运用数学形态学的方法消除箔条云，留下海面与舰船。

3.1.1 数学形态学的基本思想

用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状，以达到图像分析和识别的目的。数学形态学的应用可以简化图像数据，保持他们基本的形状特性，并除去不相干的结构。其基本运算有 4 个：膨胀、腐蚀、开启和闭合。

膨胀的运算符为 \oplus ，图像集合 A，用结构元素 B 来膨胀，记作 $A \oplus B$ ，其定义为：

$$A \oplus B = \{x | [(\hat{B})_x \cap A] \neq \emptyset\}$$

其中， \hat{B} 表示 B 的映像。上式表明，用 B 对 A 进行膨胀运算过程如下：首先做 B 关于原点的映射，再将其映像平移 x，当 A 与 B 映像的交集不为空时，B 的原点就是膨胀集合的像素。膨胀运算的作用是将与物体接触的所有背景点合并到该物体中，使边界向外部扩张的过程。

腐蚀的运算符为 \ominus ，A 用 B 来腐蚀记作 $A \ominus B$ ，其定义为

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\}$$

上式表明，A 用 B 腐蚀的结果是所有满足将 B 平移后，B 仍就全部包含在 A 中的 x 的集合。腐蚀运算的作用是一种消除边界点，使边界向内部收缩的过程。

开启的运算符为 \circ ，A 用 B 来开启记为 $A \circ B$ ，其定义为

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

上式表明：先用 B 对 A 做腐蚀运算，再用 B 对腐蚀结果做膨胀运算。利用它可以消除小物体，在纤细点处分离物体，平滑较大物体边界，但同时并不明显改变原来物体的面积。

闭合的运算符为 \bullet ，A 用 B 来闭合记为 $A \bullet B$ ，其定义如下：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

上式表明：先用 B 对 A 做膨胀运算，再用 B 对膨胀结果做腐蚀运算。利用它可以填充物体内部细小空洞，连接临近物体、平滑其边界，但同时并不明显改变原来物体的面积。

开启与闭合不受原点位置的影响。无论原点是否包含在结构元素中，开启与闭合的结果是一定的。

3.1.2 对灰度图像 GRAYBORAO 进行 4 种形态学运算

定义：A=GRAYBORAO.JPG，Bstrel('rectangle', [x y])，其中，B 为矩形结构。对 A 作形态学运算，如图 4。

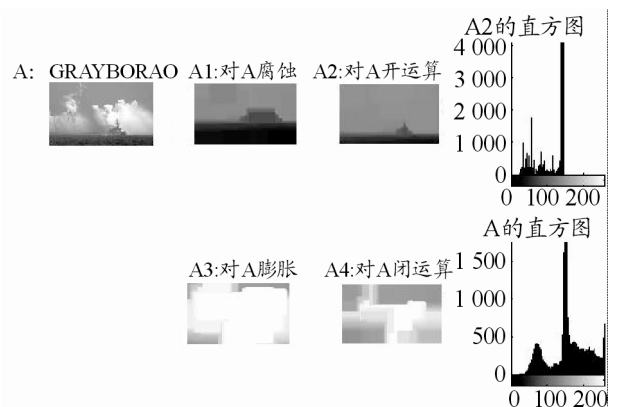


图 4 对 A 作形态学运算

从 4 种形态学运算对比可以看出：开运算能很好地去掉形状随机的箔条云，并保留形状规则的海面与舰船；而闭运算没能有效去除箔条云，反而把海面与舰船图像去除了。另外，根据 A 的直方图和 A2 的直方图对比，可更直观地看出：大于天空像素值的箔条云被滤除，且效果很好。

3.2 去除图像 A2 的背景

先定义一个圆盘结构, 对 A2 作开运算, 求得 A2 的背景, 再运用 `imsubtract()` 函数减去图像中的背景, 得到更加清晰的舰船图像, 如图 5。

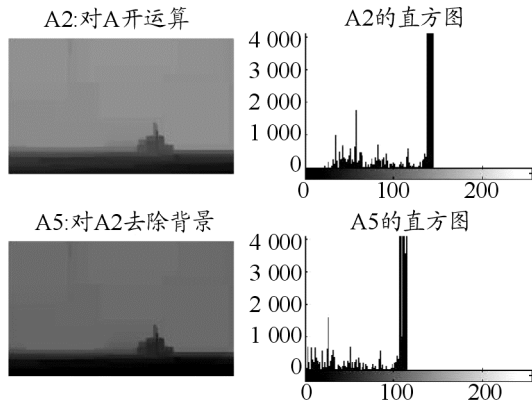


图 5 对 A2 去除背景

从图 5 中看出: A2 的直方图整体向左移, 移动距离为 A2 直方图的第一个灰度值的极大值到原点的距离, 大概 30 个灰度值。这个处理过程基本没有改变直方图的形状。A5 中的舰船与海面比 A2 中的更加明显, 有利于下一流程的图像二值化处理。

3.3 对图像 A5 二值化, 提取舰船和海面

对灰度图像, 基于各像素值的阈值分割仅由各像素本身的灰度值而确定, 算法一般较简单, 但抗噪声能力不强; 全局阈值分割是基于灰度直方图的方法, 如果对双峰直方图选取两峰之间的谷所对应的灰度值作为阈值就可以将目标和背景分开, 多峰直方图也类似。采用全局阈值分割法对图像 A5 二值化处理。

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq T \\ 0 & f(x, y) < T \end{cases}$$

其中, T 为选取阈值, $f(x, y)$ 是被处理图像, $g(x, y)$ 是二值化后图像。对图像 A5 进行二值化所得图像如图 6。

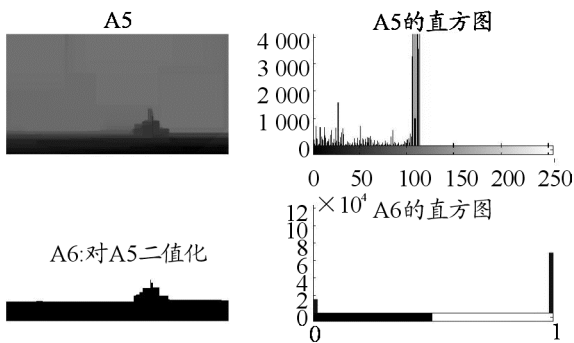


图 6 对 A5 进行二值化

从图 6 中的直方图可以看出: T 选在最右边的 2 个峰之间的谷, 灰度值大于等于 T 的天空变为白色, 小于 T 的舰船和海面变为黑色, 这样, 图像 A5 就变成了二值图像 A6。在图像 A6 中, 舰船与海面图像很清楚, 边缘分明。

4 图像 A6 的特征分析与定位

4.1 对图像 A6 进行投影处理, 提取舰船

观察图像 A6 的特征, 它由海面和舰船构成, 海面是一个水平的矩形; 舰船垂直凸起于海面。这样的图像特征适合用投影法来分割图像。

把整幅图像看成一个由像素构成的矩阵。先做行投影: 从下到上的行递减扫描, 计算每行黑色像素的总数, 把总数大于二分之一图像宽度的行置为白。然后做列投影: 从左到右的列递增扫描, 计算每列黑色像素的总数, 把总数小于某一数值的列置为白。经过投影得到的舰船图像如图 7。

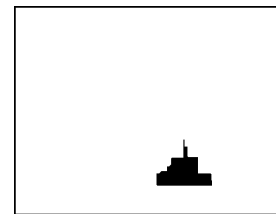


图 7 投影分割

从图 7 看出, 海面被去除, 提取出的舰船图像很完整和准确。投影法很适合此类图像的目标提取。

4.2 求舰船质心并标定

质量中心或称质心, 指物质系统上被认为质量集中于此的一个假想点。对于密度均匀、形状对称分布的物体, 其质心位于其几何中心处。

在一个 N 维空间中的质量中心, 坐标系计算公式为: $X_m = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$, 其中, X 表示某一坐标轴, m_i 表示物质系统中某 i 质点的质量, x_i 表示物质系统中某 i 质点的坐标。

利用计算质量中心的方法来计算舰船的质心。舰船的质心为:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right) = (223, 192)$$

`InitFont()` 函数的作用是初始化字体结构体, `PutText()` 函数的作用是在图像中显示文本字符串, 利用这两个函数就能在图像中显示出舰船的坐标: (223,192)。舰船的质心及其标定如图 8。

(下转第 87 页)

3.4 读取传感器程序

该子程序的功能是读取 STM32 连接的各个传感器的值，并采用 N 次采样求平均值的办法进行滤波。在程序中建立一个 FIFO（先进先出）表，记录最近 N 次传感器的值（包括最新一次的更新值）。通过计算所保存数据的平均值，达到消除偶然的抖动噪声。在系统实际使用时，经过反复测试， N 取 5 效果最佳，既能保持灵敏度，又能有效滤掉突发的尖脉冲干扰。

3.5 坐标计算程序

当所需的变量全部更新完毕后，执行坐标计算，按照预定的算法计算信号源相对自身的直角坐标，然后换算为极坐标 (r, θ) ，能直观反映目标相对自身的距离和偏向角。由于涉及大量数学运算，故优先级最低。

4 运行效果实测

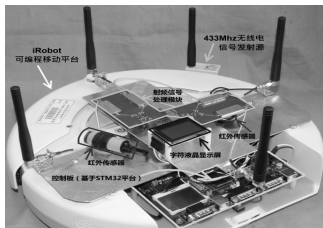


图 7 智能车实物照片

(上接第 83 页)

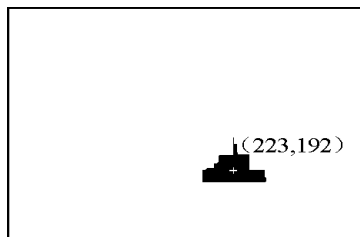


图 8 舰船质心

图 8 中，白色“十”字的中心为舰船的质心，它的宽和高都是 6 个像素。图 8 的左上角的坐标为 $(0,0)$ ，右下脚的坐标为 $(343,244)$ 。这样就确定了舰船的方位，完成了图像识别流程。在整个图像处理过程中，图像的大小没有改变，舰船在图像中的位置也没有移动，所以最后标定的舰船坐标是准确的。

5 结论

在视频雷达提取有箔条云干扰的图像中有

基于射频无源定位智能车实物照片如图 7。在空旷场地和较大的房屋内运行效果较为理想，在狭小的室内进行测试时，由于墙壁和地面对信号的反射变强，使干扰加大，定位变得不够准确，机器人跟踪行走变得较为困难。

5 结束语

该方案能提高系统的精确度和实用性，但由于制作工艺精度有限以及存在电磁干扰等因素，同时直接射频信号比较法受环境干扰较大，还有待在硬、软件上不断完善，吸取更多的经验，使得系统更加稳定、高效地运行。

参考文献：

[1] AD8302 Datasheet. Analog Devices, Inc.
 [2] Max 2650 Datasheet. Maxim Integrated Products Corporation.
 [3] STM32F103CDE Datasheet. STMicroelectronics Corporation.
 [4] IRobot® Create Owner's guide. IRobot Corporation.
 [5] IRobot® Create OPEN INTERFACE. IRobot Corporation.
 [6] 市川裕一，青木 胜，卓圣彭 译. 高频电路设计与制作 [M]. 北京：科学出版社，2006.
 [7] 陆效梅. 单站无源定位技术综述[J]. 舰船电子对抗，2003, 26(3): 20-23.
 [8] 王杰贵，罗景青，阮怀林. 对机动辐射源单站无源定位的有关问题初探[J]. 航天电子对抗，2002 (3): 34-37.

舰船图像信息的条件下，利用图像识别的方法能有效抵制箔条干扰，并能提取舰船和标定舰船坐标。该方法在有舰船回波图像时效果较好，能运用于实际的电子对抗战中，具有重要的军事意义。但实际的舰船图像更小，噪声更多，图像识别的难度更大。下一步，如能成功识别视频雷达提取的各种有箔条干扰的舰船图像，则该方法就完全能用于实战。

参考文献：

[1] 马东辉，张发强，樊祥. 箔条干扰下雷达舰船的相关检测方法[J]. 船舶电子对抗，2008, 31(4): 80-82.
 [2] 胡小峰，赵辉. Visual C++/MATLAB 图像处理与识别实用案例精选[M]. 北京：人民邮电出版社，2004.
 [3] 张坤华，王敬儒，张启衡. 复杂背景下扩展目标的分割算法研究[J]. 红外与毫米波学报，2002, 2(3): 233-237.
 [4] 黄萌，谢永亮，赫强. 雷达系统抗箔条云压制干扰能力分析[J]. 兵工自动化，2007, 26(2): 50-51.