

文章编号: 1672-8785(2013)08-0025-05

基于分块形状特征的异源图像匹配方法

杨 罗 苏 娟 孟庆勋

(第二炮兵工程大学, 陕西 西安 710025)

摘 要: 在基于特征的异源图像匹配中, 由于成像原因导致的轮廓不完整会使得匹配难度增加。针对这一问题, 提出了一种基于分块形状特征的匹配方法。首先从基准图和实时图中提取轮廓特征并对其进行分块, 然后提取分块特征并归一化, 最后采用加权相似性度量实现匹配定位。由于利用候选目标区域信息排除了虚警, 进一步提高了匹配的正确性和鲁棒性。采用该方法对红外与可见光图像进行了测试。结果表明, 本文方法具有较好的匹配性能。

关键词: 异源图像; 图像匹配; 形状相似性; 分块特征

中图分类号: TP75 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.08.06

Multi-sensor Image Matching Method Based on Block Shape Features

YANG Luo, SU Juan, MENG Qing-xun

(The Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China)

Abstract: In the matching process of multi-sensor images based on features, the incomplete contour caused by imaging may increase the difficulty in image matching. To solve this problem, a novel image matching method based on block shape features is proposed. Firstly, the contour features are extracted from a reference image and a real-time image respectively and are divided into blocks hierarchically. Then, the block features are extracted and normalized. Finally, the weighted similarity measure is used to implement matching localization. Because the area information of a candidate target is used to exclude false alarms, the correctness and robust of the matching are further improved. The method is tested in the matching of infrared and visible images. The result shows that the proposed method has better matching performance for multi-sensor images.

Key words: multi-sensor images; image matching; shape matching; block feature

0 引言

异源图像匹配已被广泛应用于图像检索、目标识别、视觉导航等许多领域^[1]。对于精确制导武器, 红外与可见光图像匹配在获取目标信息方面扮演着重要角色。

对于成像机理差别较大的红外与可见光图像, 采用传统的同源图像匹配算法难以得到满意的结果。基于特征的方法是通过提取基准图与实时图中相对固定的特征, 在实时图中寻找基准图对应的最佳匹配区, 从而实现匹配定位的^[2]。此类方法的优点是能够大幅压缩图像

收稿日期: 2013-05-30

作者简介: 杨罗 (1989-), 男, 四川巴中人, 硕士研究生, 主要从事图像处理与模式识别研究。

E-mail: yangluo_1989@sina.cn

信息量,对灰度变化具有鲁棒性,因此已成为异源图像匹配算法的主流。

形状是特征匹配常用的特征之一,其表示方法一般有两种,即基于区域的方法和基于轮廓的方法。红外与可见光图像中的典型目标的形状特征非常具有鉴别性。许多学者对形状匹配进行了大量研究^[3-5],并取得了许多成果。但这些研究大多是针对形状数据库中完整轮廓的匹配。在复杂背景下,由于目标周围存在干扰噪声,实时图轮廓不完整,匹配变得很有挑战性。

基于轮廓的方法首先将目标从复杂背景中分离出来。依据的各种特征中,边缘是最基本的特征。边缘表征图像局部信号的突变,蕴含了图像中大量的信息。对于具有明显形状特征的人造目标,边缘能较好地勾画出目标的轮廓。但经典的边缘检测算子如 Sobel、Canny 算子获得的边缘特征信息太杂,对噪声的抑制作用不强,对形状的描述也不具有鲁棒性,因此对图像匹配来说会产生很多误匹配和多峰值。Mallat 等人^[6-8]建议通过用小波模极大值描述信号的奇异性来对图像进行小波变换,并利用小波的多尺度特性提取图像的局部特征。这种方法在提取边缘的同时能较好地抑制噪声。在边缘提取的基础上,现有的匹配方法大多采用距离变换的方法^[4]。它们仅利用全局特征,忽略了局部特征。因而易受噪声的干扰,对目标的空间信息挖掘、利用不足,匹配算法的鲁棒性和正确率有待提高。

针对上述问题,本文提出一种基于分块形状特征的匹配方法,首先采用小波模极大值方法从基准图和实时图中提取轮廓特征,然后采用四叉树分解方法进行多级分块,提取轮廓各级分块的特征,构建特征向量并归一化,并根据一定准则为子块分配权重,采用加权距离相似性度量进行匹配处理,最终得到结果。

1 算法介绍

本文算法流程如图 1 所示,主要包括轮廓提取与特征向量构建、形状相似性度量和匹配后处理三部分。在对红外与可见光图像进行匹配时,基准图为可见光图像,实时图为红外图像。

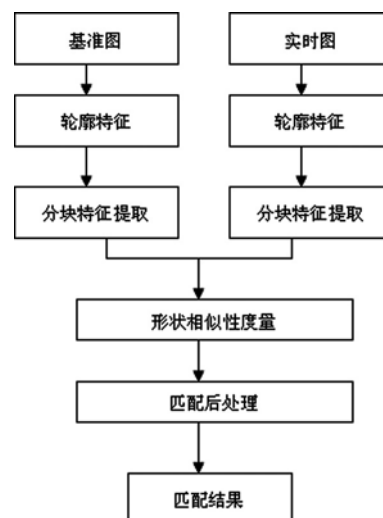
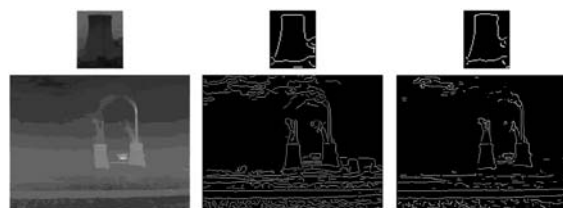


图 1 算法流程图

1.1 轮廓提取与特征向量构建

红外图像的信噪比低,对于轮廓特征提取所依据的边缘检测算法要求很高。小波变换的优点是在时域和频域都有良好的局部特性,对信号的奇异性特别敏感,适合用来进行复杂图像边缘的检测。

对于一幅图像 $f(x, y)$, 先通过二维小波变换得到特征点梯度的强度和方向特征,然后在 8 邻域内对每个像素点进行非极大值抑制处理,最后根据设定的阈值对保留下的小波模极大值进行二值化处理,从而得到图像的小波边缘。文中小波函数采用样条小波,小波的分解尺度在 3 到 5 之间,阈值处理利用分块自适应阈值的方法。



原图 canny 边缘 小波边缘

图 2 边缘特征提取

图 2 分别通过 canny 算子和小波模极大值方法对一组基准图和实时图进行提取边缘特征提取的效果进行了比较。可以看出,两种算法都能较好地勾画目标轮廓,但小波边缘的细节描述

能力更强, 而且去除了大量的伪边缘, 更加接近真实轮廓。

在二值边缘图像中, 离散边缘点的空间分布包含了物体形状的重要信息。对形状进行多层次描述有利于对其进行挖掘和利用。选择一种简单的四叉树分解方法将轮廓分解为多个子块, 每个分块便能反映轮廓的局部特征。它是一种由粗到精逐级分解的分层方法, 能从整体到局部对轮廓进行描述^[9]。通过规定四叉树的层数, 可以控制分块个数及对形状描述的精度。考虑基准图的大小和目标区域的尺寸, 本文将层数设为3。

四叉树分解法如图3所示。将基准图轮廓本身看作是第0级分块 A_0 , 在第一级分解时以 A_0 的质心为界将其分解为4个一级分块 $A_1 \sim A_4$, 对每个一级分块进行同样的处理, 把它们分成四个分块, 共得到16个二级分块。

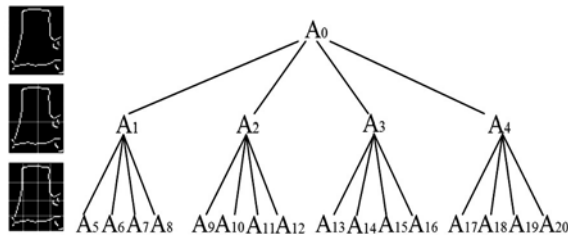


图3 四叉树分解法

对于目标轮廓来说, 质心是描述形状的一个最基本也很有鉴别力的特征。以多级轮廓分块的质心作为特征, 能够表征空间点的分布情况, 实现对轮廓形状的描述。0级特征对应轮廓的整体属性, 1级、2级特征描述了轮廓的局部属性。考虑到特征描述的性能及向量维数, 本文仅提取0级和2级分块的质心特征。

设 A_i 为提取的第 $i(i=0,1,2,\dots,16)$ 个分块, 其特征子向量为 $f_i = (c_{xi}, c_{yi})$, 这样得到一个包含17个质心坐标的特征向量 $F = \{f_0, f_1, \dots, f_i, \dots, f_{16}\}$ 。为消除尺度差异的影响, 对质心坐标进行归一化处理, 得到 $f'_i = (c'_{xi}, c'_{yi})$, 其中 $c'_x = \frac{c_x}{w}$ 和 $c'_y = \frac{c_y}{h}$ 的特征分量值都在0到1之间。

1.2 形状相似性度量

在分块特征提取的基础上, 采用模板匹配的方法实现基准轮廓与实时轮廓的匹配, 欧式距离作为衡量轮廓间的形状相似性度量。对于基准图轮廓 I_b 和待匹配实时图轮廓 I_r , 它们对应的分块特征向量为 F_b 和 F_r , 其距离为

$$D(I_b, I_r) = \sum_i |F_b - F_r|, i = 0, 1, 2, \dots, 16 \quad (1)$$

式中, $|\cdot|$ 表示欧式距离。 $D(I_b, I_r)$ 越小, 二者的相似度越高。

在对轮廓各级子块距离求和时, 需根据基准图分块的内容考虑不同的权重。包含边缘片段越少的子块, 其信息量越小, 对应的权重应更大, 以使形状间的距离变大, 反之亦然。文中利用子块的边缘密度来生成权重, 设第0级分块权重为 μ_0 , 二级子块权重和为 μ_2 。具体计算公式为

$$\begin{cases} \mu_0 = \rho_0 \\ \mu_2 = \sum_{i=1}^{16} \mu_{2i} \\ \mu_0 + \mu_2 = 1 \\ \mu_{2i} = \frac{(1-\rho_{2i})}{16} \end{cases} \quad (2)$$

由于权重是根据基准图轮廓本身生成的, 因此匹配过程可看成是一个加权窗口在实时图上寻找最佳匹配位置的过程。

1.3 匹配后的处理

尽管本文方法在轮廓特征提取时已去除了大量杂波干扰, 但匹配时 $D(I_b, I_r)$ 仍然容易在复杂背景区域取得极小值, 从而造成虚警, 如图4所示。

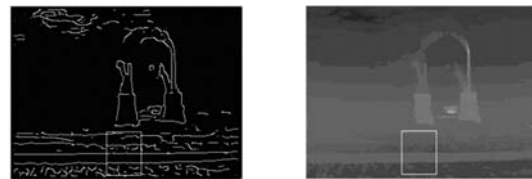


图4 目标虚警

红外图像是根据目标与背景的热辐射差异形成的。通常目标区域的亮度比背景区域要高, 而且内部灰度比较均匀。在获得的边缘图像中, 目标区域的内部基本没有边缘点, 而虚警区域内部包含大量杂波边缘(如图4)。因此, 可根据目标内外区域在红外图像和边缘图像中的灰度、

方差及边缘密度上的差别来排除虚警,如图 5 所示。对用于匹配的候选目标区域,可根据尺寸进行三等份划分,分为内外区域 R_1 和 R_2 。

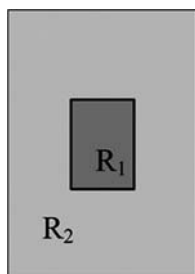


图 5 区域划分

根据内外区域的差异信息,可规定如下虚警排除准则:

$$\begin{cases} |\mu_1 - \mu_2| < \varepsilon_1, |\sigma_1 - \sigma_2| < \varepsilon_2, \\ e_1/e_2 < \varepsilon_3, & \text{target} \\ \text{else,} & \text{nontarget} \end{cases} \quad (3)$$

式中, μ_1 , μ_2 , σ_1 和 σ_2 为实时图中区域 A_1 、 A_2 的均值和方差, e_1 、 e_2 为边缘图中区域 R_1 、 R_2 的边缘密度, ε_1 、 ε_2 、 ε_3 分别为预先设置的阈值。采用式 (3) 对候选目标区域进行判别,以排除不满足目标红外特性的虚假目标。

2 实验结果及讨论

为对比本文方法、归一化相关积法和梯度矢量互相关法^[10],对两幅目标图像进行了对比试验。在考察三种算法对复杂背景下的匹配性能

时,目标分别为冷却塔和建筑物,图 6 和图 7 分别给出了匹配结果。

为了验证本文方法的有效性,对一组包含 362 帧图像的机载实飞红外图像序列进行了实验。针对的目标是热电厂冷却塔,表 1 给出了上述三种方法的匹配结果。实验中所用的基准图是利用可见光图像按照一定的方法生成的。随着飞行器与目标距离的变化,目标在实时图中的形状大小会发生一定程度的变化。因此一组序列对应着多张基准图,匹配时利用目标序列间的相关性变化趋势确定基准图的合理切换时机。

实验结果表明,归一化相关积和梯度矢量互相关方法的匹配性能不够稳定,对目标周围的背景变化不具有鲁棒性,受实时图成像质量的影响较大。当基准图和实时图差异较大时,匹配性能较差。与此同时,本文算法对二者的差异比较鲁棒,即使在复杂背景下或因成像导致的目标轮廓不完整的情况下,也具有较好的匹配性能。主要原因有以下两点:第一,与其他两种方法相比,本文方法直接从目标轮廓入手,小波变换的多尺度特性及较强的细节描述能力消除了大量伪边缘和噪声干扰,较好地保持了目标的形状;第二,在轮廓特征提取的基础上采用分级分块处理,提取的整体特征和局部特征能对形状进行描述,并且利用了加权相似性度量,对

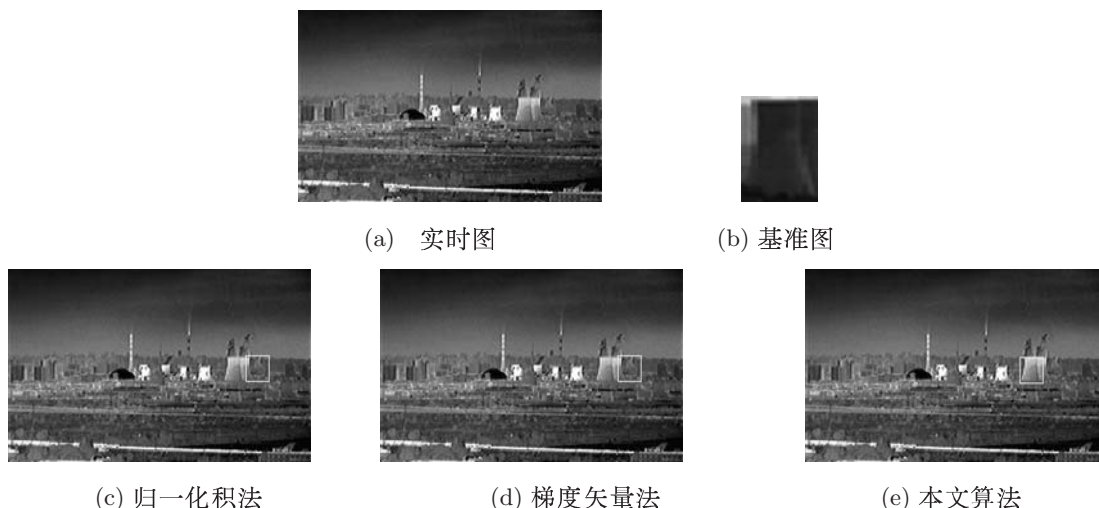


图 6 冷却塔匹配实验

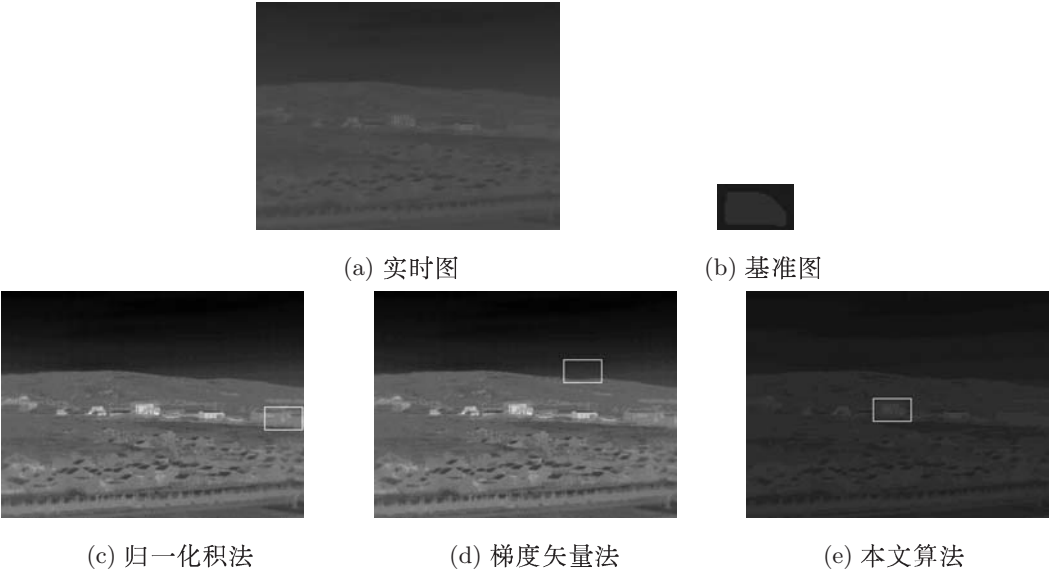


图 7 建筑物匹配实验

表 1 匹配率

图像帧数	归一化相关积法		梯度矢量互相关法		本文算法	
	匹配帧数	匹配率 /%	匹配帧数	匹配率 /%	匹配帧数	匹配率 /%
362	307	84.8	320	88.3	342	94.5

部分轮廓缺损的情况具有较好的适应性。加之匹配后的处理策略排除了虚警，进一步提高了匹配正确率。对该组红外图像序列，基准图仅需要两张即可完成整个匹配过程，并且匹配正确率较为满意。这足以说明本文方法对复杂背景具有较强的适应性和鲁棒性。

3 结束语

在基于特征的红外与可见光图像匹配中，基于梯度或边缘的方法对复杂场景下目标轮廓不完整的情况适应性不强。针对这一问题，本文引入了形状检索的思想，提出了一种基于分块形状特征的匹配方法。采用小波模极大值方法提取各类图像的轮廓特征并进行多级分块处理，通过加权距离度量和匹配后处理策略剔除误匹配，最终实现了正确匹配。实验结果表明，该方法具有良好的匹配性能，优于相关的匹配算法。

在形状匹配的框架下，对该算法进行优化，使其满足目标多种形变的应用要求，是下一步研究的重点。

参考文献

[1] Bilodeau G A, Torabi A, Morin F. Visible and Infrared Image Registration Using Trajectories and Composite Foreground Images[J]. *Image and Vision Computing*,29(1):41-50, 2011.

[2] 李壮, 杨夏, 雷志辉. 基于空间子区一致性的异源图像匹配方法 [J].*国防科技大学学报*, 2011,33(1):31-34.

[3] Daliri M R, Vincent Torre. Robust Symbolic Representation for Shape Recognition and Retrieval[J]. *Pattern Recognition*,41(5):1782-1798,2008.

[4] 周瑜, 刘俊涛, 白翔. 形状匹配方法研究与展望 [J].*自动化学报*, 2012,38(6):889-910.

[5] Lu C E, Adluru N, Lin H B, et al. Contour Based Object Detection Using Part Bundles[J].*Computer Vision and Image Understanding*,2010,114(7):827-834.

[6] Mallat S, Huang W L. Singularity Detection and Processing with Wavelets[J].*IEEE Trans Info Theory*, 1992,38(2):617-643.

[7] Zhai Y S, Liu X M. Adaptive Edge Detection Based on Multiscale Wavelet Features[C].*The Sixth World Congress on. IEEE*, 2006,2:10289-10293.

[8] 祝强, 徐瑾, 张铎, 等. 小波模极大值边缘检测算法研究 [J].*武汉大学学报*, 2008, 30(6):849-853.

[9] 郭丽, 黄元元, 杨静宇. 用分块图像特征进行商标图像检索 [J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2004,16(7):968-972.

[10] 明德烈, 田金文. 红外前视对一类特殊建筑目标识别技术研究 [J].*宇航学报*, 2010,31(4):1190-1194.