

基于模糊测度的目标匹配算法

王俊卿^{1,2}, 黄莎白¹, 史泽林¹, 于海斌¹

(1.中国科学院 沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要:提出了基于模糊测度的目标匹配方法。利用复数小波变换图像,对得到的不同尺度、不同方向子频带的小波系数进行归一化,消除了光照和尺度变化对图像的影响,构造其纹理特征。采用循环移位方法构成匹配特征向量,根据特征分布的模糊隶属度确定各特征分量在相似测度中的权值。复数小波的多尺度、多分辨率等特性有效描述图像能量在不同尺度下、不同方向的分布特征。实验结果表明:当目标在背景中发生相对变化时,应用该算法能够有效匹配目标,其性能优于基于灰度相关匹配的方法。

关键词: 图像匹配; 模糊测度; 复数小波; 循环移位

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2005)02-0212-04

Algorithm of target matching based on fuzzy metric

WANG Jun-qing^{1,2}, HUANG Sha-bai¹, SHI Ze-lin¹, YU Hai-bin¹

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: An algorithm of target matching based on fuzzy metric is proposed. The wavelet coefficients with different scales and orientations are normalized by means of complex wavelet transform, which can eliminate effect of illumination and scale change. Texture feature could be constructed from these normalized wavelet coefficients through cycle shift. The weights of different features are determined according to a principle of fuzzy attribute degree. The characteristics of complex wavelet that have properties of multi-scales and multi-resolutions effectively describe the characteristics of energy distribution. The experimental results show that the algorithm can effectively match target while the target changes relatively under background and its performance also supersedes to the approach based on gray-level region correlation.

Key words: Image matching; Fuzzy metric; Complex wavelet; Cycle shift

0 引言

图像匹配是模板图像在目标图像中寻找相同图

像模式的过程,是模式识别研究的重要分支,在人脸识别、指纹识别、图像检索、监控、成像制导等领域有着广泛的应用。目前用于图像匹配的方法有多种,如

基于边缘轮廓特征、灰度区域相关、基于不变矩特征、基于直方图、基于信息熵和基于灰度共生矩阵等方法。

本文主要是通过提取图像的纹理特征用于匹配。图像可以看作不同纹理区域的集合,与这些纹理区域有关的特征能被用作图像匹配,因此准确的纹理特征表示对于图像匹配是重要的。基于局域化分析的纹理特征主要通过 Gabor 变换^[1,2]和实数离散小波变换(DWT)^[3,4]得到。Gabor 滤波器与人的视觉系统有许多相似的特性^[5],提供了方向选择特性和多尺度的空间频率特性,因而在纹理分析方面得到广泛的应用,其不足是计算量大。常用的可分二维 DWT,在数据压缩方面有很好的应用,但用于提取图像纹理特征进行匹配或检索的效果不是特别理想,主要原因:DWT 的小波系数对平移变化敏感,每个尺度下只有三个方向子频带(水平、垂直、对角线方向),并且在对角线方向不能区分 $\pm 45^\circ$ 两个方向频带的信息。

复数离散小波(CDWT)相对于传统实数离散小波的优点是它有近似的平移不变性,在不同尺度下有 6 个可分的正负方向频带($\pm 15^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 75^\circ$)。二维复数小波变换可通过两个一维复数小波完成,与 Gabor 变换相比,冗余少,处理速度更快,同时具有类似 Gabor 变换的特性。

1 复数小波变换

复数小波具有多尺度特性、近似平移不变性、方向选择性,这些良好的特性使其在图像处理 and 模式识别的许多领域得到应用。由于普通复数小波缺少理想重建条件(PR)特性,许多学者对其进行了研究和改进,Nick Kingbury^[6-8]的 Dual-tree 复数小波,采用了双正交小波,具有 PR 特性,对图像重构有作用,后来又对其进行改进,采用正交小波创建了 Q-shift Dual-tree 复数小波。这些复数小波的信息冗余性在二维情况下是 4:1。Selesnick^[9]提出的 Doubl-Density CWT 使冗余性在二维情况下是 2.67:1,但缺少良好的方向选择性,对分析图像中的方向信息不利。由于本文只是用 CDWT 对图像纹理特征进行分析,而不对图像进行重构,并且不严格要求 PR 条件,所以本文提出的算法采用具有较短的滤波器系数的复数小波变换,效率更

高,可操作性更好,几乎不影响匹配的效果。CDWT 采用 Mallat 算法^[10],可通过一组复数滤波器分别在行列方向滤波完成。在每个尺度下产生了 6 个复数系数带通方向子图像,对频率最敏感方向分别是 15° 、 45° 、 75° 、 -15° 、 -45° 、 -75° ,该滤波器的 6 个方向幅频响应如图 1(a)~(f)所示。

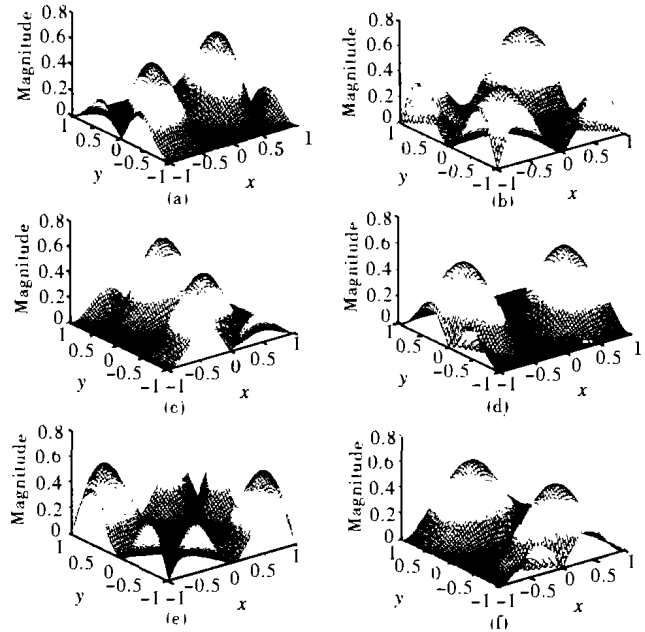


图1 滤波器的幅频响应

Fig.1 Magnitude and frequency response of filter

2 特征抽取、测度函数生成及算法描述

2.1 复数小波能量特征的抽取

本算法采用的复数小波变换(CDWT)的低高通滤波器系数分别为:

$$h_0 = (0.1 - 0.1j, 0.4 - 0.1j, 0.4 + 0.1j, 0.1 + 0.1j)$$

$$h_1 = (-0.0625 - 0.1667j, 0.3125 + 0.1667j, -0.3125 + 0.1667j, 0.0625 - 0.1667j)$$

对图像进行 CDWT 变换,每个尺度分别分解出 6 个不同方向子频带复数小波系数实部构成的子图像和 6 个不同方向子频带复数小波系数虚部构成的子图像。并对每个子频带的小波系数按照公式(1)进行归一化,从而消除了图像对比度及目标变化尺度等因素对匹配性能的影响。

$$x = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

式中 x 、 x_{\min} 、 x_{\max} 分别表示某一个子频带下小波系

不存在要匹配的目标。

3 实验结果与性能比较

这里假设模板已经获取,应用本算法用图2所示的图像模板(48×48像素),对抽取的200帧连续变化的序列红外图像(320×240像素)中的汽车进行了跟踪匹配实验。从第1帧到第200帧,目标图像中的汽车中轴线与水平方向角度总改变量大约有60°,正确匹配到186帧图像中的目标,目标正确匹配率达到93%,图3列出其中8个匹配结果。



图2 图像模板
Fig.2 Template

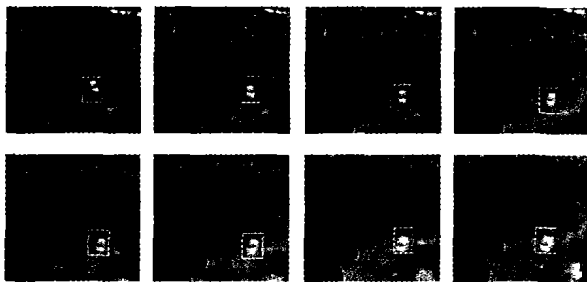


图3 实验中的8个结果图像
Fig.3 8 experimental results

为评估算法的性能,首先定义正确匹配率为:

$$\alpha = N_{\text{right}} / N_{\text{total}} \quad (9)$$

式中 N_{total} 表示已经匹配的图像总帧数; N_{right} 表示其中正确匹配的帧数。对同一组图像采用基于灰度相关方法进行了对比实验,比较结果如图4所示。由图4可见本算法的性能要好于基于灰度相关方法。

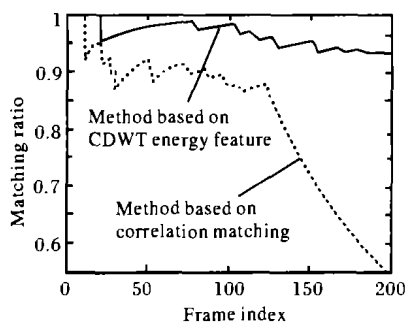


图4 两种方法比较曲线

Fig.4 Comparison curves of two methods

4 结论

利用 CDWT 的多尺度特性,类似 Gabor 变换的方向选择性、近似平移不变性,抽取图像纹理的能量特征,采用循环移位方法构成匹配特征向量,以及基于隶属度的测度函数,提出了图像匹配算法。从实验结果可知,匹配正确率高,抗变能力强。下一步工作是优化算法,提高运行速度,并欲从模板更新策略着手,增强算法的鲁棒性。

参考文献:

- [1] Manjunath B S, Ma W Y. Texture features for browsing and retrieval of image data[J]. IEEE Trans PAMI, 1996, 18(8): 837-842.
- [2] Ma W Y, Manjunath B S. Texture features and learning similarity [A]. Proceedings Trans CVPR'96[C]. 1996. 425-430.
- [3] Chang T, Kuo C C J. Texture analysis and classification with tree-structured wavelet transform[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1993, 2(4): 429-441.
- [4] Shirazi M N, Noda H, Takao N. Texture Modeling and Classification in Wavelet Feature Space[A]. ICIIP[C]. 2000, 1. 272-275.
- [5] Porat M, Zeevi Y Y. The generalized gabor scheme of image representation in biological and machine vision[J]. IEEE PAMI, 1988, 10(4): 452-468.
- [6] Kingsbury N G. The dual-tree complex wavelet transform: a new technique for shift invariance and directional filters[A]. In Proc 8th IEEE DSP Workshop[C]. USA: Bryce Canyon UT, 1998.
- [7] Kingsbury N G. The dual-tree complex wavelet transform: a new efficient tool for image restoration and enhancement[A]. In Proc EUSIPCO 98[C]. Greece: Rhodes, 1998. 319-322.
- [8] Kingsbury N G. Shift invariant properties of the dual-tree complex wavelet transform[A]. In Proc ICASSP 99[C]. 1999, 16-19.
- [9] Mallat S G. A theory for multiresolution signal decomposition: the representation[J]. IEEE Trans on PAMI, 1989, 11: 674-693.
- [10] Fernandes F, R van Spaenclonck, Burrus C S. A new directional, low-redundancy complex-wavelet transform[A]. Proc ICASSP[C]. 2001. 3653-3656.
- [11] 杨纶标, 高英仪. 模糊数学原理及应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001. 69-81.