

基于相关输出相似性度量的目标识别算法

胡茂海

(南京理工大学电光学院, 江苏 南京 210094)

摘要 为了提高光学联合变换相关器(JTC)的目标识别能力,基于相似性度量原理,提出了一种新颖的相关输出图像数字处理算法。实验结果表明,该算法能够准确地识别旋转畸变 -4° 到 $+10^\circ$ 及缩放比例畸变70%到140%范围内的待识别目标,极大地提高了光学联合变换相关器的畸变不变容忍度。

关键词 图像处理;联合变换相关器;相似性度量;相关峰

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL201239.0409002

Algorithm of Object Recognition Based on Similarity Measurement of Correlation Output

Hu Maohai

(Department of Optical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China)

Abstract In order to improving the ability of objective recognition with optical joint transform correlator (JTC). A novel algorithm for the correlator output image is proposed. The experimental results show that this algorithm can accurately identify the object with rotated range form -4° to $+10^\circ$ and scale range from 70% to 140%, improve tremendously the distortion unchanged tolerance.

Key words image processing; joint transform correlator; similarity measurement; correlative peak

OCIS codes 100.4992; 100.5010; 230.6120

1 引 言

联合变换相关器^[1~3](JTC)是一种常用的光学模式识别方法,其在脸谱识别^[4]、指纹识别^[5]、信息安全^[6~9]等领域有着广泛的应用。旋转畸变、缩放畸变及零级最大是JTC难以解决的主要问题。为了提高JTC相关识别性能,人们已提出诸如傅里叶频谱图像相减^[10]、相位编码技术^[11~14]等各种改进相关峰质量的方法,进而提高了系统的判别精度和识别能力。然而,无论采用何种方法,JTC目标识别方法最终仍需要对相关输出图像进行数字处理和判别。目前,人们普遍采用一种简单的互相关峰邻域灰度阈值方法,但由于该方法没有考虑互相关峰邻域灰度分布形状,损失了信息量,降低了判别准确性。

本文基于相似性度量原理,提出一种新的相关输出图像的数字处理算法。实验结果表明该算法能

够准确地识别存在一定程度旋转及比例畸变的真实目标,提高了光学联合变换相关器的畸变不变容忍度。

2 相关输出图像相似性度量算法的数学描述

同类物体由于存在某些相似属性,因此可选择适当的度量方法对它们之间的相似性进行检测。若用特征空间中的特征向量对物体属性进行描述,则相似性度量可以用距离度量来实现。目前有各种基于距离度量的图像相似性度量方法^[15~17]。

本文将距离度量方法引入JTC相关输出图像的数字处理中,提出了基于相似性度量的目标识别算法。其算法主要包括:相关输出图像水平与垂直投影运算;垂直方向灰度值均方差计算;水平方向弥

收稿日期: 2011-11-01; 收到修改稿日期: 2012-01-06

作者简介: 胡茂海(1967—),男,博士,副教授,主要从事光学模式识别及生物显微成像等方面的研究。

E-mail: h_mhai@yahoo.com

散度计算;相似性评判系数计算等 4 个部分。

2.1 相关图像投影运算

对联合变换相关器相关输出图像进行水平和垂直方向投影运算,获得水平与垂直方向的相应投影相关曲线。投影算法为

$$f_{v1}(i) = \max_{j=0}^{j<N} [g(i, j)], \quad (1)$$

$$f_{h1}(j) = \max_{i=0}^{i<M} [g(i, j)], \quad (2)$$

式中 $g(i, j)$ 为相关输出图像像素灰度值, M, N 分别为相关图像行及列的最大值。max 为求最大值运算。 $f_{v1}(i)$ 为垂直方向投影曲线, $f_{h1}(j)$ 为水平方向投影曲线。

2.2 相关曲线灰度值均方差计算

以互相关峰曲线峰值为中心,取其两侧一定数目像素,计算水平投影与垂直投影相关曲线均方差值 $\sigma_{h1-h2}, \sigma_{v1-v2}$ 。计算公式为

$$\sigma_{h1-h2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{2n+1} [f_{h1}(j) - f_{h2}(j) - \overline{(f_{h1} - f_{h2})}]^2}{2n+1}}, \quad (3)$$

式中 $\overline{(f_{h1} - f_{h2})} = \frac{\sum_{j=1}^{2n+1} [f_{h1}(j) - f_{h2}(j)]}{2n+1}$, $f_{h1}(j)$, $f_{h2}(j)$ 分别为真实目标与待识别目标的水平投影曲线, n 为单侧采样数。

$$\sigma_{v1-v2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{2n+1} [f_{v1}(i) - f_{v2}(i) - \overline{(f_{v1} - f_{v2})}]^2}{2n+1}}, \quad (4)$$

式中 $\overline{(f_{v1} - f_{v2})} = \frac{\sum_{i=1}^{2n+1} [f_{v1}(i) - f_{v2}(i)]}{2n+1}$, $f_{v1}(i)$, $f_{v2}(i)$ 分别为真实目标与待识别目标的垂直投影曲线。

2.3 相关曲线弥散度计算

相关曲线弥散度定义为真实目标与待识别目标互相关峰投影曲线对应灰度值(取各自峰值的 N 倍, $0 \leq N \leq 1$)的空间坐标差的均方差,即投影曲线的横坐标差值的均方差。均方差值越小,则两条互相关峰曲线在空间外形上就越接近,即待识别目标为真实目标可能性越大。计算弥散度需要解决几个问题:1) 真实目标与待识别目标各自投影曲线的空间坐标平移,使得曲线各自峰值空间坐标重合;2) 确定投影曲线的灰度值坐标的采样间距,计算投影

曲线相邻采样点的横坐标差值。若以 ω_{h1}, ω_{h2} 分别表示真实目标与待识别目标水平投影曲线相邻采样点的横坐标差值, ω_{v1}, ω_{v2} 分别表示真实目标与待识别目标垂直投影曲线相邻采样点的横坐标差值,则相关曲线弥散度计算为

$$\sigma'_{h1-h2} = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^n [\omega_{h1}(i) - \omega_{h2}(i) - \overline{(\omega_{h1} - \omega_{h2})}]^2}}{n+1}, \quad (5)$$

式中 $\overline{(\omega_{h1} - \omega_{h2})} = \frac{\sum_{i=0}^n [\omega_{h1}(i) - \omega_{h2}(i)]}{n+1}$ 。

$$\sigma'_{v1-v2} = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^n [\omega_{v1}(i) - \omega_{v2}(i) - \overline{(\omega_{v1} - \omega_{v2})}]^2}}{n+1}, \quad (6)$$

式中 $\overline{(\omega_{v1} - \omega_{v2})} = \frac{\sum_{i=0}^n [\omega_{v1}(i) - \omega_{v2}(i)]}{n+1}$ 。

2.4 相似性评判系数计算

将均方差值 $\sigma_{h1-h2}, \sigma_{v1-v2}, \sigma'_{h1-h2}$ 和 σ'_{v1-v2} 按一定权重构成加权均方差 σ , 即

$$\sigma = \mu_1 \sigma_{h1-h2} + \mu_2 \sigma_{v1-v2} + \mu_3 \sigma'_{h1-h2} + \mu_4 \sigma'_{v1-v2}. \quad (7)$$

根据 σ 的大小判定待识别目标是否为真实目标。

3 实验及结果

实验时,将图 1(a)、(b)所示联合图像输入到联合变换相关器系统中,记录下相关输出。图 1(a)、(b)中左侧的 A 为参考图像,保持不变;右侧的 A 和 E 是真、假待识别目标图像,实验时对其进行系列旋转、缩放等畸变处理。

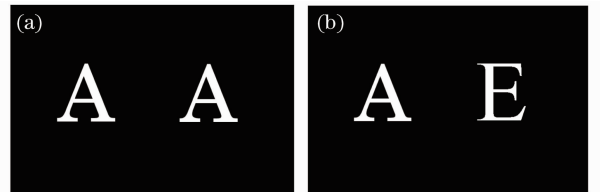


图 1 输入联合变换相关识别系统图像

Fig. 1 Input image for JTC

3.1 比例缩放畸变

对待识别的真目标 A 和假目标 E, 即图 1(a)、(b)中右侧的 A 和 E 字符分别进行比例缩放处理,比例缩放范围从 50% 到 150%,比例缩放的间隔为 5%。实验结果如图 2 所示,其中,方形点为假目标,圆形点为真目标。

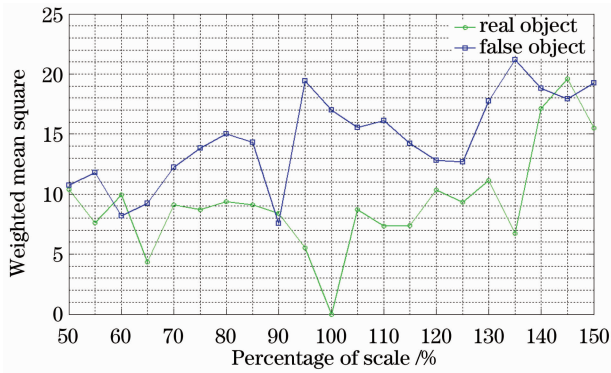


图2 比例缩放实验结果

Fig. 2 Experimental results of scale distortion

由图2可见,在70%到140%的缩放区间内,除了90%处的一点之外,真目标的识别系数均小于假目标的识别系数。

3.2 旋转畸变

对待识别的真目标A和假目标E,即图1(a)、(b)中右侧的A和E字符分别进行旋转畸变处理。旋转范围限制在 -15° 到 $+15^\circ$ 之间,旋转畸变的角度间隔为 1° 。实验结果如图3所示,其中方形点是假目标,圆形点则为真目标。

由图3可以看出,在 -7° 到 $+15^\circ$ 的区间内,真目标的识别系数都小于假目标的识别系数。尤其在 -4° 到 $+6^\circ$ 的区间内,真目标的加权均方差非常小,只有1左右,并且波动很小,而假目标的识别系数及其波动都比较大。

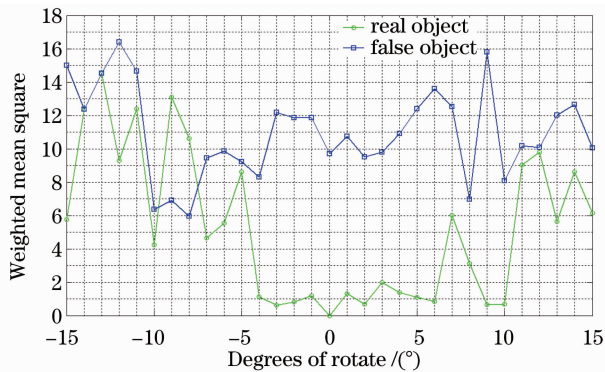


图3 旋转实验结果

Fig. 3 Experimental results of rotation distortion

4 结论

由实验结果可知,基于相关输出图像相似性度量的联合变换相关器目标识别技术不仅可以比较准确地进行目标识别,而且对比例及旋转畸变均存在一定的容忍度,其对系统实现畸变不变识别具有非常重要的意义。主要体现在两个方面:1)由于该算

法在 15° 旋转畸变范围内具有较好的旋转畸变不变识别能力,因此实际光学联合变换相关识别系统只需要24幅不同旋转角度的参考图就可以准确识别 360° 旋转范围的待识别目标;2)由于该算法在70%到140%的缩放区间内具有较好的缩放畸变不变识别能力,因此实际光学联合变换相关识别系统可以实现快速的大范围纵深目标识别。

参考文献

- Dai Chaoyue, Ge Peng, Li Qi *et al.*. Image displacement measurement using double phase-encoding joint transform correlator[J]. *Acta Optica Sinica*, 2011, **31**(7): 0712004
- 戴朝约, 葛鹏, 李奇等. 基于双相位编码联合变换相关器的图像位移探测算法[J]. *光学学报*, 2011, **31**(7): 0712004
- Chen Yu, Miao Hua, Lang Qi *et al.*. Application of Mellin transform in opto-electronic hybrid target detection technology[J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(2): 421~425
- 陈宇, 苗华, 郎琪等. 梅林变换在光电混合目标探测技术中的应用[J]. *中国激光*, 2009, **36**(2): 421~425
- Ge Peng, Li Qi, Feng Huajun *et al.*. Image motion detection based on optical joint transform correlator[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(10): 2694~2697
- 葛鹏, 李奇, 冯华君等. 基于光学联合变换相关器的像移探测技术[J]. *光子学报*, 2009, **38**(10): 2694~2697
- A. Alsamman, M. S. Alam. Comparative study of face recognition techniques that use joint transform correlation and principal component analysis[J]. *Appl. Opt.*, 2005, **44**(5): 688~692
- A. Bal, A. M. El-Saba, M. S. Alam. Improved fingerprint identification with supervised filtering enhancement[J]. *Appl. Opt.*, 2005, **44**(5): 647~654
- Lina Shen, Jun Li, Hongsen Chang. Double-image encryption based on joint transform correlation and phase-shifting interferometry[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2007, **5**(12): 687~689
- Dafne Amaya, Myrian Tebaldi, Roberto Torroba. Multichanneled encryption via a joint transform correlator architecture[J]. *Appl. Opt.*, 2008, **47**(31): 5903~5907
- D. Abookasis, A. Batikoff, H. Farni *et al.*. Performance comparison of iterative algorithms for generating digital correlation holograms used in optical security systems[J]. *Appl. Opt.*, 2006, **45**(19): 4617~4621
- N. Saini, A. Sinha. Optics based biohashing using joint transform correlator[J]. *Opt. Commun.*, 2010, **283**(6): 894~902
- M. Schonleber, G. Cedilnik, H. J. Tiziani. Joint transform correlator subtracting modified Fourier spectrum[J]. *Appl. Opt.*, 1995, **34**(32): 7532~7537
- G. Lu, Z. Zhang, S. Wu *et al.*. Implementation of a non-zero-order joint-transform correlator by use of phase shifting techniques[J]. *Appl. Opt.*, 1997, **36**(2): 470~483
- T. Nomura. Phase-encoded joint transform correlator to reduce the influence of extraneous signals[J]. *Appl. Opt.*, 1998, **37**(17): 3651~3655
- A. R. Alsamman. Spatially efficient reference phase-encrypted joint transform correlator[J]. *Appl. Opt.*, 2010, **49**(10): B104~B110
- Q. Tang, B. Javidi. Technique for reducing the redundant and self-correlation terms in joint transform correlators[J]. *Appl. Opt.*, 1993, **32**(11): 1911~1918
- Dong-Gyu Sim, Oh-Kyu Kwon, Rae-Hong Park. Object matching algorithms using robust Hausdorff distance measures

- [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1999, **8**(3): 425~429
- 16 Songcan Chen, Daoqiang Zhang. Robust image segmentation using FCM with spatial constraints based on new kernel-induced distance measure[J]. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 2004, **34**(4): 1907~1912
- 17 D. Androutsos, K. N. Plataniotis, A. N. Venetsanopoulos. A novel vector-based approach to color image retrieval using a vector angular-based distance measure[J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 1999, **75**(4): 46~58

栏目编辑:何卓铭