

⑨
401-404

圆谐 Joint 变换光学图像识别的研究

0438

冯选旗¹⁾ 刘聚成¹⁾ 王涛³⁾

(1)西北大学物理学系; 2)西北大学电子科学系, 710069, 西安; 第一作者29岁, 男, 讲师)

A 摘要 提出了 Joint 变换光学图像相关识别(JTCR)的一种新方法。其原理是用标准目标(函数)的圆谐分量代替参考目标(滤波器), 实验表明, 利用该方法进行光学图像相关识别可以成功地实现 Joint 变换中的平移、旋转二重不变性特征识别。

关键词 Joint 变换; 特征识别; 圆谐滤波器

分类号 O438

光学图像, 模式识别.

图像识别.

近年来光学图像模式识别的研究取得了很大的发展, 其中三维目标的识别更为人们所关注。在光学图像识别中, 常常涉及两个十分重要的问题, 需要很好地处理输入图像(input-image)的平移、旋转和尺度三重不变性的识别和输出图像(output-image)的实时处理(real-time processing)问题。

采用最佳圆对称滤波法(OCF)^[1]或圆谐滤波法(CHF)^[2]已实现了用单一滤波器实现面内旋转不变的识别, 但此类方法所需的匹配滤波器制作工作量浩大, 滤波器的精确复位条件要求相当苛刻, 对实际应用带来困难且不易实现实时识别。采用 Joint 变换对光学图像进行识别: ①可免去滤波器的制备; ②实现实时识别, 但这一方法对目标图像的旋转形变十分敏感。

为解决上述问题, 本文提出一种新的光学图像识别方法。其要点是基于圆谐滤波器法及 Joint 变换相关识别的理论, 提出了用标准目标函数的圆谐分量取代标准目标, 进行 Joint 变换相关图像识别。采用这一方法成功地实现了实时识别问题中的平移、旋转不变性识别。它对实时识别处理中, 利用 Joint 变换实现平移、旋转和尺度三重不变性具有重要的参考价值, 同时对三维目标的识别亦有参考价值。

1 Joint 变换理论

设参考图像为 $r(x, y)$, 用极坐标可表示为 $r(\rho, \theta)$, 对其最佳对称中心作圆谐展开, 这时标准目标函数可表示为:

$$r(\rho, \theta) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} r_m(\rho) \exp(jm\theta). \quad (1)$$

圆谐函数为

$$r_m(\rho) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} r(\rho, \theta) \exp(-jm\theta) d\theta. \quad (2)$$

用 $r_m(x, y)$ 表示其直角坐标系形式, 则当用参考目标 $r(x, y)$ 的 m 阶圆谐分量 $r_m(x, y)$ 代替参考目标 $r(x, y)$ 进行 Joint 变换相关识别时, 其输入面上的图像可表示为:

$$f(x, y) = S(x + x_1, y) + r_m(x + x_2, y). \quad (3)$$

其经过透镜做傅里叶变换后, 频谱面(后焦面)上的频谱为:

$$F(u, v) = S(u, v) \exp(ix_1 u) + R_m(u, v) \exp(-ix_2 u), \quad (4)$$

其中 u, v 是空间频率坐标; $s(u, v)$ 和 $R_m(u, v)$ 分别是输入图像 $s(x, y)$ 和参考图像 $r_m(x, y)$ 的傅里叶变

换。在该面上记录的功率谱为

$$|F(u, v)|^2 = |S(u, v)|^2 + |R_m(u, v)|^2 + S(u, v)R_m^*(u, v)\exp[i(x_1 + x_2)u] + S^*(u, v)R_m(u, v)\exp[-i(x_1 + x_2)u], \quad (5)$$

其中第一、二两项是重叠于中央的两个自相关,称为中央直流分量;第三、四两项对应于两个对称的互相关项。

当 $S(x, y)$ 为参考图像 $r(x, y)$ 的旋转形变时,亦即 $S(x, y)$ 相对于 $r(x, y)$ 转动一角度 α , 则

$$S(x, y) = r(\rho, \theta + \alpha) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} r_n(\rho)\exp(jn\theta)\exp(jna) \\ = \sum_{n=-\infty}^{\infty} r_n(x, y)\exp(jna). \quad (6)$$

于是式(5)可写成

$$|F(u, v)|^2 = |S(u, v)|^2 + |R_m(u, v)|^2 + \{F[\sum_{n=-\infty}^{\infty} r_n(x, y)\exp(jna)]\}R_m^*(u, v)\exp[i(x_1 + x_2)u] \\ + \{F[\sum_{n=-\infty}^{\infty} r_n(x, y)\exp(jna)]\}^*R_m(u, v)\exp[-i(x_1 + x_2)u] \\ = |S(u, v)|^2 + |R_m(u, v)|^2 + [\sum_{n=-\infty}^{\infty} R_n(u, v)\exp(jna)]R_m^*(u, v)\exp[i(x_1 + x_2)u] \\ + [\sum_{n=-\infty}^{\infty} R_n^*(u, v)\exp(-jna)]R_m(u, v)\exp[-i(x_1 + x_2)u]. \quad (7)$$

则上式的傅里叶逆变换输出为

$$f'(x', y') = R_{11}(x', y') + R_{22}(x', y') \\ + R_{12}[x' + (x_1 + x_2), y'] \\ + R_{21}[x' + (x_1 + x_2), y']. \quad (8)$$

式中 R_{11}, R_{22} 为重叠在一起的中央直流分量; R_{12} 和 R_{21} 为相关项。

$$R_{11}(x', y') = \iint_{-\infty}^{\infty} S(\zeta, \eta)S^*(\zeta - x', \eta - y')d\zeta d\eta. \quad (9)$$

$$R_{22}(x', y') = \iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta)r_m^*(\zeta - x', \eta - y')d\zeta d\eta. \quad (10)$$

$$R_{12}[x' + (x_1 + x_2), y'] \\ = \iint_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} r_n(\zeta, \eta)\exp(jna)]r_m^*(\zeta - x' - x_1 - x_2, \eta - y')d\zeta d\eta. \quad (11)$$

由于圆谐展开式中各分量之间的正交性,则式(11)可化简为

$$R_{12}[x' + (x_1 + x_2), y'] \\ = \iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta)\exp(jma)r_m^*(\zeta - x' - x_1 - x_2, \eta - y')d\zeta d\eta \\ = \exp(jma) \iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta)r_m^*(\zeta - x' - x_1 - x_2, \eta - y')d\zeta d\eta. \quad (12)$$

$R_{12}[x' + (x_1 + x_2), y']$ 的模方为

$$|R_{12}[x' + (x_1 + x_2), y']|^2 \\ = |\iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta)r_m^*(\zeta - x' - x_1 - x_2, \eta - y')d\zeta d\eta|^2. \quad (13)$$

其相关输出强度与旋转角度 α 无关。从式(12), (13)可以看出, R_{12} 为圆谐参考函数 $r_m(x, y)$ 和输入图像 $S(x, y)$ 的第 m 阶圆谐分量的自相关输出再乘以 $\exp(jma)$ 因子,而且这一因子对输出强度无影响。

同理可得:

$$R_{21}(x' - (x_1 + x_2), y') = \exp(-jma) \iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta) r_m^*(\zeta - x' + x_1 + x_2, \eta - y') d\zeta d\eta. \quad (14)$$

$$|R_{21}(x' - (x_1 + x_2), y')|^2 = \left| \iint_{-\infty}^{\infty} r_m(\zeta, \eta) r_m^*(\zeta - x' + x_1 - x_2, \eta - y') d\zeta d\eta \right|^2. \quad (15)$$

同 R_{12} 一样, R_{21} 也是圆谐参考函数 $r_m(x, y)$ 和输入图像 $S(x, y)$ 的第 m 阶圆谐分量的自相关输出再乘以 $\exp(-jma)$ 因子, 这一因子对输出强度不产生影响, 即其输出强度与旋转角度无关。

从式(12), (13), (14), (15)可以看出, $|R_{12}|^2$ 和 $|R_{21}|^2$ 是 $x'-y'$ 平面上沿 y' 轴对称分布的一对等强度 joint 变换相关识别峰, 其位置分别位于 $(x_1 + x_2, 0)$ 和 $(-x_1 - x_2, 0)$ 处。

2 结果与讨论

基于以上理论, 我们对所选取的样本目标以及它的平移、旋转图像, 分别做了圆谐 Joint 变换图像相关识别的计算机模拟运算, 并对其中央直流分量采用数字图像处理的方法加以抑制。得到的结果分别显示于图1, 2, 3中。从图中可以看出, 圆谐 Joint 变换相关识别方法, 对 Joint 变换中平移不变性和旋转

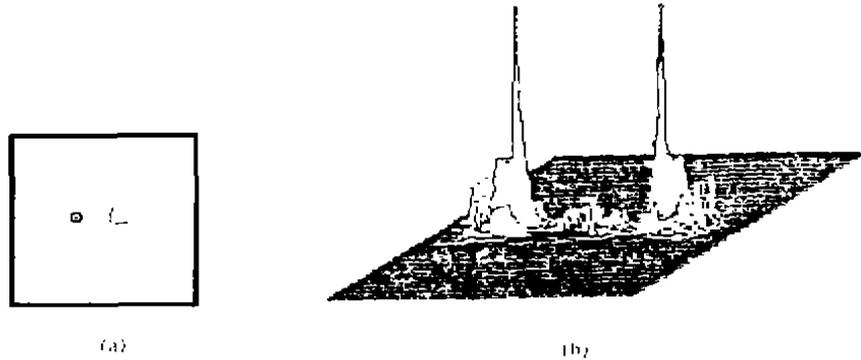


图1 标准图像相关识别的计算机模拟

Fig. 1 Computer Simulation for Standard Image Correlation Recognition

(a) 输入面图像; (b) 相关输出

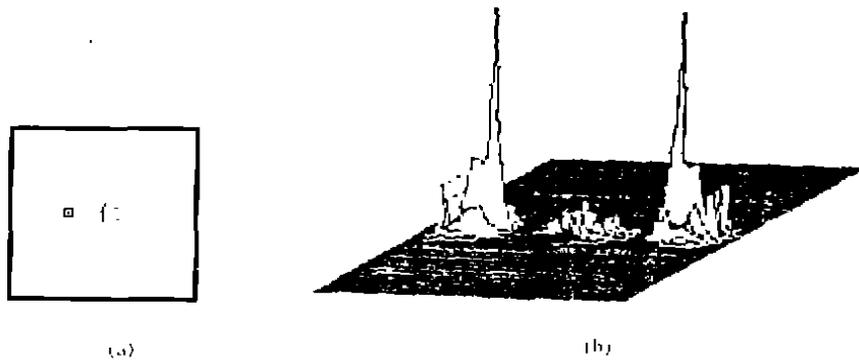


图2 平移图像相关识别的计算机模拟

Fig. 2 Computer Simulation for Shifted Image Correlation Recognition

(a) 输入面图像; (b) 相关输出

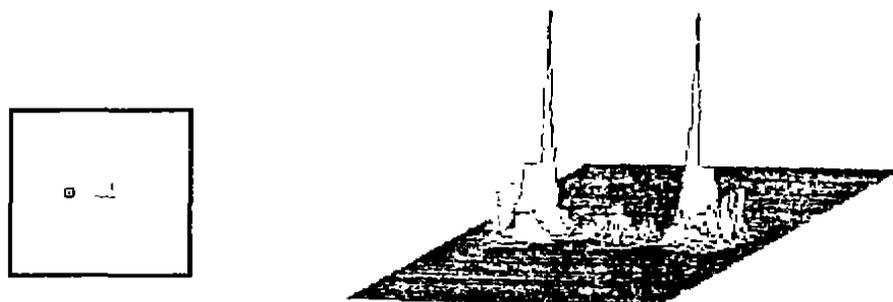


图3 旋转图像相关识别的计算机模拟

Fig. 3 Computer Simulation for Rotation Image Correlation Recognition

⊙表示标准目标的圆谐分量

(a)输入面图像; (b)相关输出

不变性识别都取得满意的结果。同时,这一方法对实现 Joint 变换相关识别的平移、旋转、尺度三重不变的识别具有重要的参考价值^[3];对光电混合系统模式识别实时处理提供了重要条件;对光电混合计算机中的二维处理器及其软件设计亦有参考价值。

参 考 文 献

- 1 Yang Y, Chalasinska-Macukow K, Arsenault H H. Digital and optical analysis of the optimum circular symmetrical filter in a character recognition system. *Optical Acta.*, 1983, 30(2):189~197
- 2 Aqsenault H H, Hsu Yuanneng, Yang Yuzan. Incoherent method for rotational-invariant recognition. *Appl. Opt. (USA)*, 1982, 21(4):610~615

责任编辑 张银玲

A Study on the Optical Pattern Recognition with the Circular Harmonic Joint Transformation

Feng Xuanqi¹⁾ Liu Jucheng¹⁾ Wang Tao²⁾

(1)Department of Physics; 2)Department of Electronic Science; Northwest University, 710069, Xi'an)

Abstract A new method of Joint transformation correlative recognition(JTCR) on the optical pattern is presented. The principle of such method is that the input target(object) in(JT) is used instead of the circular harmonic components of reference image. Experimental results indicate that the shift and rotation double-invariant of JTCR is solved successfully by means of such method.

Key words Joint transformation(JT); characteristical recognition; circular harmonic filter