

文章编号: 0258-702X(2002)04-0356-03

双功率谱干涉实现图像识别

段作梁, 刘 艺, 王仕璠

(电子科技大学应用物理系, 四川成都 610054)

提要 提出一种新的图像识别方法, 直接利用输入图像和参考图像的联合变换相关功率谱进行双功率谱干涉, 不需要特殊的光学元件, 也不需要功率谱进行调制和改造。实验表明, 相同图像的双功率谱干涉出现明显的条纹, 而不同图像则几乎不出现干涉条纹。

关键词 双功率谱干涉, 图像识别, 干涉条纹

中图分类号 O 438 文献标识码 A

Image Recognition with Double-JPS Interference

DUAN Zuo-liang, LIU Yi, WANG Shi-fan

(Department of Applied Physics, Univ. of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054)

Abstract A new method of image recognition is proposed in this paper. It realized the straight double-JPS interference of the JPS of input identifying image and reference one, and didn't need special optical components and improving the JPS variedly either. The experiment showed that in the double-JPS interference of the same images the fringes appeared, but no fringes in the different images condition.

Key words double-JPS interference, image recognition, interference fringes

1 引言

目前的光学相关识别方法主要是匹配滤波相关和联合变换相关, 二者根据不同的用途各有所长, 其中联合变换相关器不需要制作匹配滤波器, 可以实现实时相关运算, 所以更受人们的关注。但联合变换相关进行图像识别一般是根据相关峰的高度来判别待识别图像和参考图像的相关情况, 它需要把大量的精力放在对相关峰的改造上, 处理过程和光路结构相当复杂^[1,2]。

本文采用两个完全相同的参考图像产生一套参考功率谱, 将其与待识别图像和参考图像产生的另一套功率谱形成双功率谱, 再对双功率谱进行逆傅里叶变换。如果输入的待识别图像和参考图像一样, 则在输入面上产生干涉条纹, 如果输入的待识别图像和参考图像不同, 则不会出现干涉条纹。这样只需要通过用探测器探测有无干涉条纹出现, 即可

判断待识别图像是否和参考图像一致。本方法的优点是光路简单, 不需特别的光学元件, 整个处理过程也非常简洁, 对联合变换相关器的小型化具有实用意义。

2 理论分析

令在联合变换相关器的输入面上, 待识别的图像 $f(x-a, y)$ 中心位于 $(a, 0)$, 参考图像 $f(x+a, y)$ 中心位于 $(-a, 0)$, 经过透镜的傅里叶变换后得到^[3]

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \times \exp\left[-i \frac{2\pi}{\lambda f} (xu + yv)\right] dx dy \quad (1)$$

其中 $f(x, y) = f(x-a, y) + f(x+a, y)$ (2)

收稿日期 2001-01-17; 收到修改稿日期 2001-03-26

作者简介: 段作梁(1971—), 男, 电子科技大学光学硕士, 现在中国科学院上海光学精密机械研究所攻读博士学位, 主要从事信息光学和强光光学的研究。E-mail: dluanzuoliang@263.net

将(2)式代入(1)式得

$$F(u, v) = T(u, v) \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda f} au\right) + R(u, v) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda f} au\right) \quad (3)$$

则其功率谱为

$$K(u, v) = |T(u, v)|^2 + |R(u, v)|^2 + T(u, v)R^*(u, v) \exp(-i4\pi au/\lambda f) + R(u, v)T^*(u, v) \exp(i4\pi au/\lambda f) \quad (4)$$

当输入面上的两个图像都是 r 时, 则

$$f(x, y) = r(x - a, y) + r(x + a, y) \quad (5)$$

其功率谱为

$$I_0(u, v) = 2|R(u, v)|^2 + 2|R(u, v)|^2 \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda f} au\right) \quad (6)$$

$I_0(u, v)$ 作为双功率谱干涉的参考功率谱。

将 $K(u, v)$ 相对于 $I_0(u, v)$ 的中心位置在垂直方向上进行一个很小的位移 Δ (测形成的功率谱) 为

$$T(u, v - \Delta)R^*(u, v - \Delta) \exp\left(-i \frac{4\pi}{\lambda f} au\right) + R(u, v - \Delta)T^*(u, v - \Delta) \exp\left(i \frac{4\pi}{\lambda f} au\right) \quad (7)$$

将 $I_0(u, v)$ 和 $I_1(u, v)$ 进行重叠, 形成双功率谱 $I_2(u, v)$

$$I_2(u, v) = I_0(u, v) + I_1(u, v) \quad (8)$$

对 $I_2(u, v)$ 进行逆傅里叶变换得

$$\begin{aligned} O(\xi, \zeta) = & 2r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) + r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) * \\ & [\delta(\xi - 2a, \zeta) + \delta(\xi + 2a, \zeta)] + \\ & r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda f} \zeta \Delta\right) + \\ & r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda f} \zeta \Delta\right) + \\ & r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) * \delta(\xi + 2a, \zeta) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda f} \zeta \Delta\right) + \\ & r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) * \delta(\xi - 2a, \zeta) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda f} \zeta \Delta\right) \end{aligned} \quad (9)$$

式中, \otimes 代表相关运算, $*$ 代表卷积符号。如果输入待识别图像和参考图像完全相同, $r(x, y) = r(x, y)$, 则(9)式写为

$$\begin{aligned} O(\xi, \zeta) = & \{2r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) + \\ & 2r(\xi, \zeta) \otimes r(\xi, \zeta) * \\ & [\delta(\xi - 2a, \zeta) + \delta(\xi + 2a, \zeta)]\} \times \\ & [1 + \exp(i2\pi\zeta\Delta/\lambda f)] \end{aligned} \quad (10)$$

对上式取其模的平方值, 显示出该函数按余弦规律变化, 因此, $1 + \exp(i2\pi\zeta\Delta/\lambda f)$ 构成双功率谱的干

涉项因子。输出面上形成干涉条纹, 干涉条纹的间距 (即周期) $T_0 = 1/\Delta$, T_0 与两套联合变换功率谱之间的位移 Δ 成反比关系: 当 Δ 增大时, 干涉条纹的间距变小, 条纹密集; 当 Δ 减小时, 干涉条纹的间距变大, 条纹稀疏。干涉条纹沿水平方向。为了便于观察和测量干涉条纹, 本方法要求双功率谱间的位移 Δ 比较小 (约 $10 \mu\text{m}$)。

如果输入的待识别图像和参考图像不同, 则不会出现干涉项因子 $1 + \exp(i2\pi\zeta\Delta/\lambda f)$, 两套功率谱各自形成独立的一级互相关峰、零级自相关峰, 不会出现干涉条纹。这样, 通过观察和测量输出面上是否出现干涉条纹, 即可判断输入的两个图像是否一致, 它不需要对待识别图像和参考图像进行预处理, 也不需要联合变换功率谱进行复杂的改造。

3 实验结果和讨论

实验采用全光的方法, 傅里叶变换透镜的口径为 70 mm , 焦距 $f = 300 \text{ mm}$, 照明相干光源为氦氖激光器, 波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, 用卤化银全息干版记录联合功率谱。参考图像为“E”, 用黑体字母“E”; “F”和“K”作为输入的待识别图像, 它们的大小为 $7 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$, 输入面上待识别图像和参考图像的中心距离相同, 均为 16 mm 。实验光路如图 1 所示。

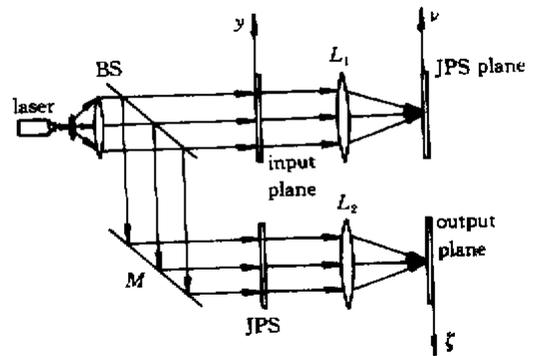


图 1 双功率谱干涉法图像识别的光路示意图

Fig.1 Architecture of the image recognition with double-JPS interference

实验第一步用如图 2(a) 的两个“E”产生参考联合变换功率谱 I_0 并用干板 H 曝光记录, 然后将 H 进行一个很小的移位 (约 $10 \mu\text{m}$), 分别用如图 2(a), (b), (c) 的输入产生相应的功率谱 I_1 , 再用干板 H 曝光记录。 H 两次曝光后, 进行显影、定影、漂白, 即获得对应的双功率谱 I_2 。将 I_2 进行逆傅里叶变换, 直接拍摄的结果照片分别如图 2(d), (e), (f) 所示,

照片大小与实验结果大小一致。

图 2(a) 中的待识别图像和参考图像完全相同, 其联合变换功率谱和参考功率谱有一个小的移位时, 对双功率谱的逆傅里叶变换结果如图 2(d)。从图 2(d) 中可以看出, 双功率谱产生了明显的干涉条纹。而当用图 2(b) 中的与参考像黑体字母“E”非常

相近的黑体字母“F”作为输入时, 实验结果如图 2(e), 图中没有明显的干涉条纹出现; 输入如图 2(c) 中的与“E”完全不同的黑体字母“K”时, 实验结果如图 2(f), 其输出没有任何干涉条纹。图 2(d)(e), (f) 中的相关峰是双功率谱的逆傅里叶变换结果。

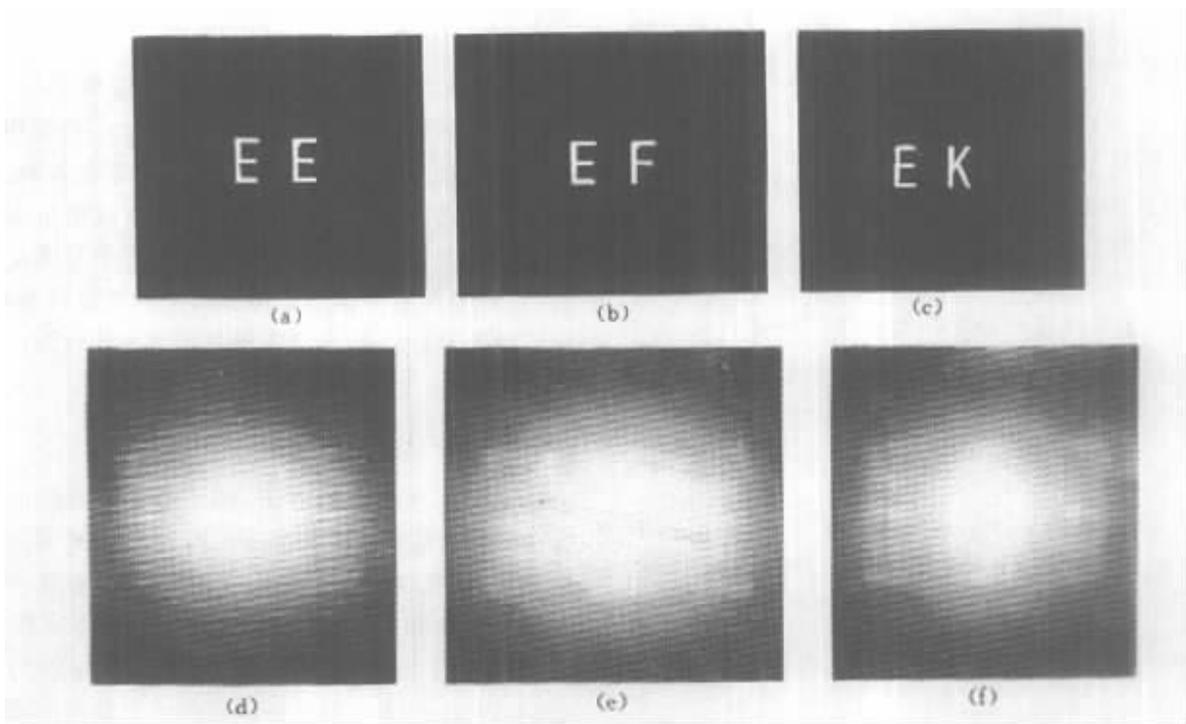


图 2 不同输入情况下双功率谱的输出

(a) 输入相同的图像 (b) 输入相似的图像 (c) 输入不同的图像;
(d) 相同图像的输出结果 (e) 相似图像的输出结果 (f) 不同图像的输出结果

Fig.2 Output results of double-JPS in the different input conditions

(a) input same image ;(b) input similar image ;(c) input different image ;

(d) output result of same image ;(e) output result of similar image ;(f) output result of different image

对现在的一些联合变换相关器来说, 对两幅相似图像进行相关运算后, 进行相关性的判断是比较困难的, 有些情况就更难以判断出它们之间的不同; 而由图 2 可见, 在双功率谱干涉法图像识别中, “F”和“E”的识别是很明显的。本方法为图像的精确识别提供了一种新思路。

当然, 由分析可知, 目前该方法对目标旋转和缩放的情况还难以处理; 同时, 由于联合变换功率谱的复杂性, 对两目标究竟相差多少时干涉条纹将消失, 还有待继续研究。

4 结 论

双功率谱干涉法图像识别是一种很有效的图像

识别方法, 只有输入面上的待识别图像和参考图像完全相同时, 才会出现干涉条纹, 整个光路结构简单, 不需要对输入的待识别图像和参考图像进行预处理, 也不需要联合变换功率谱进行改造, 处理过程简洁方便, 对于图像的精确识别具有实用意义。

参 考 文 献

- 1 Thomas J. Grycewicz, Bahram Javidi. Experimental comparison of binary joint transform correlators used for fingerprint identification [J]. *Opt. Eng.*, 1996, **35**(9): 2519 ~ 2525
- 2 Yuji Kobayashi, Haruyoshi Toyoda. Development of an optical joint transform correlation system for fingerprint recognition [J]. *Opt. Eng.*, 1999, **38**(7): 1205 ~ 1210
- 3 Song Feijun, S. Jutamulia. *Advanced Optical Information Processing* [M]. Beijing: Peking University Press, 1998. 64 ~ 93 (in Chinese)