

联合变换相关技术的初步研究

王 玉 荣

摘要：对联合变换相关技术进行了理论分析，采用液晶光阀（LCLV）、CCD 相机等器件设计了一套单光路、光寻址、双空间光调制器联合变换相关实验系统，进行了单目标、多目标、噪声图像识别的实验研究，测试了系统对图像畸变的敏感性，实验研究了液晶光阀（LCLV）的非线性输入——输出特性对相关结果的影响，最后初步探讨了联合变换相关器畸变——不变图像识别的方法。

一、引 言

光 / 电混合图像识别技术集中了光学信息处理和数字图像处理技术的优点，在目标识别与跟踪、末制导、飞行器着陆导引、机器人视觉以及工件在线检测和监控等方面具有广阔的应用前景，当今高科技领域中的热门课题。联合变换相关识别技术是光/电混合图像识别中一种很有前途的方法，是1966年由Goodman等人提出的，它与 Vander Lugt 匹配滤波相关器相比，具有许多优点，如不需要预先制作匹配滤波器和精确复位调整，易实现相关运算，采用实时光电器件后易做成实时或准实时系统，灵活性好。

二、理 论 分 析

联合变换相关器的基本原理如图 1 所示。

目标图像 $t(x, y)$ 和参考图像 $r(x, y)$ 分别位于输入面上 $(0, y_0)$ 和 $(0, -y_0)$ 处， y 轴方向上的线度分别为 Δt 和 Δr ，二者由输入面同时输入，整个输入图像表示为：

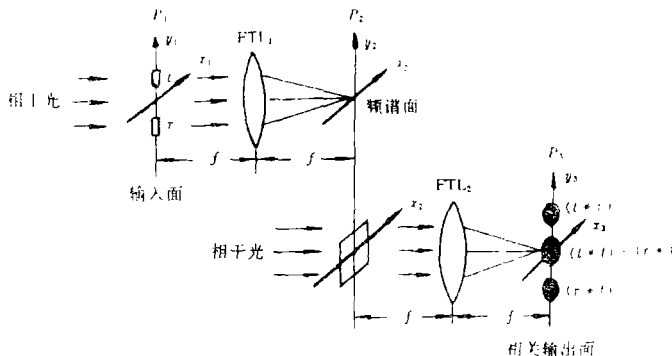


图 1 联合变换相关原理图

$$g(x_1, y_1) = t(x_1, y_1 - y_0) + r(x_1, y_1 + y_0) \quad (1)$$

经第一个傅立叶变换透镜(FTL1)变换后,在其后焦面上用强度探测器件探测到的联合变率谱为:

$$I_{JS}(x_2, y_2) = T(u, v) \cdot T^*(u, v) + R(u, v) R^*(u, v) + T(u, v) \cdot R^*(u, v) \exp(-i2\pi v y_0) + T^*(u, v) \cdot R^*(u, v) \exp(i2\pi v y_0) \quad (2)$$

其中 $u = \frac{x_2}{\lambda f}$, $v = \frac{y_2}{\lambda f}$ 是频率域坐标, $T(u, v)$ 和 $R(u, v)$ 分别是 $t(x, y)$ 和 $r(x, y)$ 的傅立叶变换。再由第二个傅立叶变换透镜(ETL2)变换,在其后焦面(P_3)上就得到相关输出:

$$I_{JC}(x_3, y_3) = [t \star t] [r \star r] + [t \star r] * \delta[x_3, y_3 - 2y_0] + [r \star t] * \delta(x_3, y_3 + 2y_0) \quad (3)$$

式中第一项和第二项分别是目标图像和参考图像的自相关,位于输出面坐标原点处;第三项和第四项都是二者的互相关,分别位于 $(0, 2y_0)$ 和 $(0, -2y_0)$ 处,它们正是所要探测的相关信号。

三、联合变换相关器结构设计

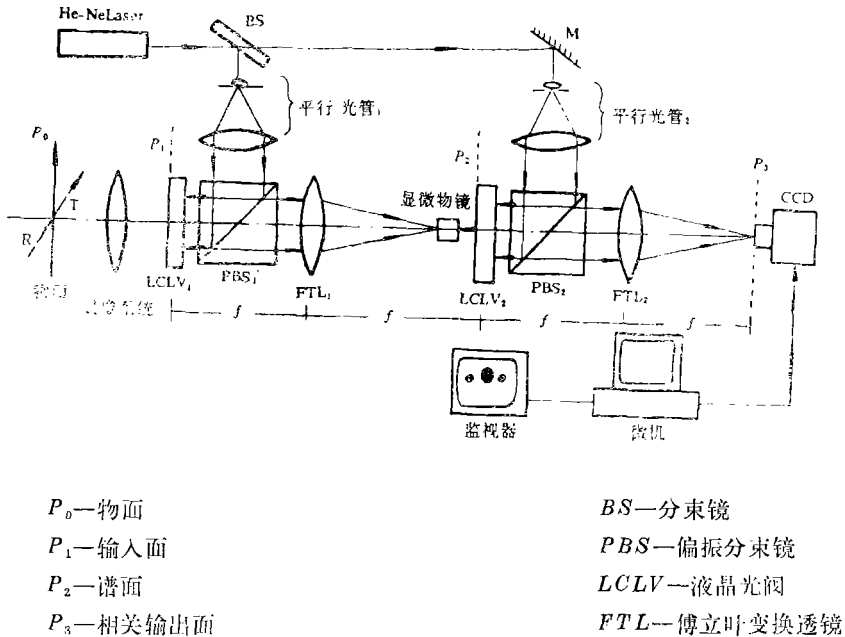


图2 联合变换相关器结构

我们采用两个液晶光阀设计了一种单光路。光寻址、双空间光调制器结构,由微机控制自动完成图像的输入及信号的显示与处理。如图2所示。LCLV1位于FTL1的前焦面(P_1)上,完成图像从非相干到相干的实时转换;LCLV2位于频谱面(P_2)上,实时记录联合变换功率谱;He—Ne激光束后分别由两个平行光管扩束准直成平行光,分别由偏振分束镜PBS1和PBS2为LCLV1和LCLV2提供垂直入射的读出光;偏振分束镜的另一个作用是只

让携带有用信息（对于LCLV1是图像信息，对于LCLV2是功率谱信息）的偏振光通过，阻止其余偏振方向的读出光；显微物镜的作用是将功率谱放大，以满足LCLV2分辨率要求；目标图像和参考图像可由成像系统直接成像或对监视器屏幕成像后写入LCLV1，相关信号由CCD相机接收后显示在监视器上，同时由微机进行判别处理。

四、实验及结果

实验中的输入图像如图3(a)所示；图3(b)是放大后写入LCLV2的联合变换功率谱，图3(c)是所得到的相关信号照片及相应的立体图，图中的中央亮斑（或高峰）是零级衍射光斑。

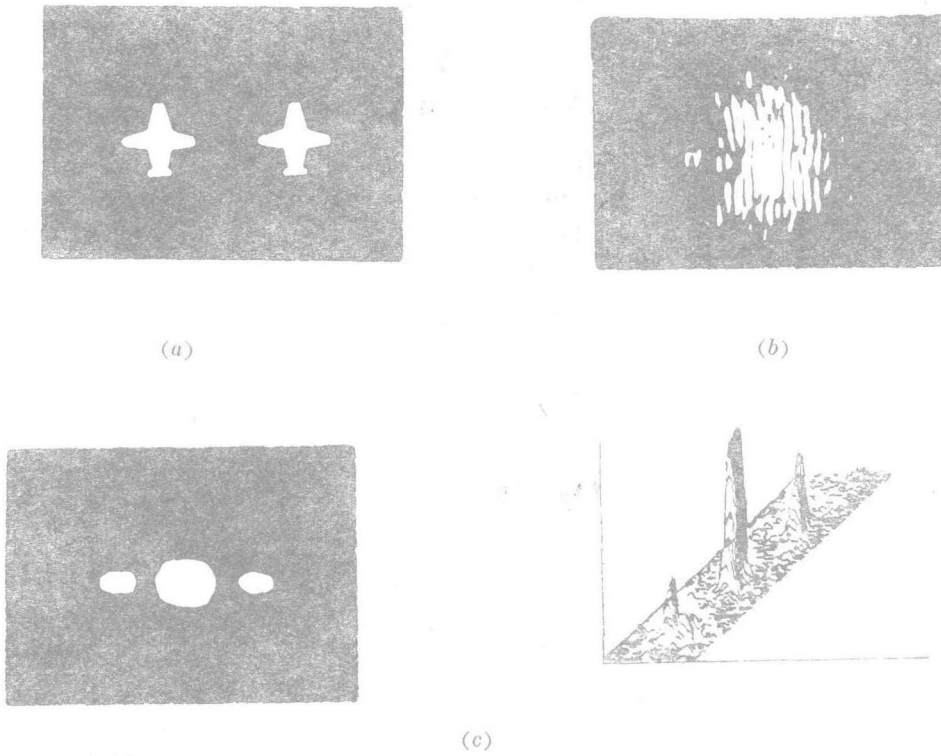
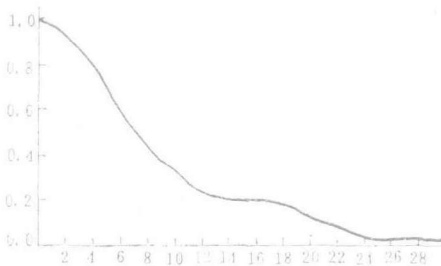
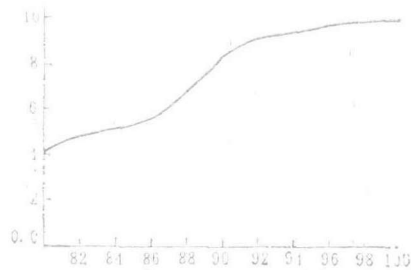


图3 输入图像及相关结果



(a)



(b)

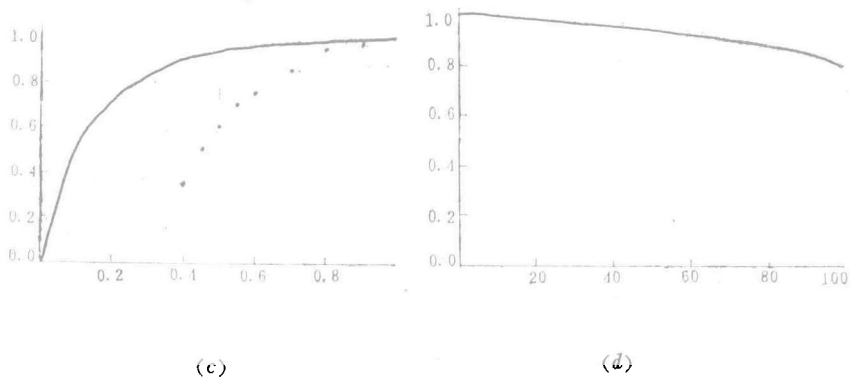


图 4 相关信号峰值强度与目标图像的旋转角,变化比例强度变化以及平移距离之间的关系

实验光路中设计的多种输入方式为图像畸变敏感性测试提供了方便。图像畸变是指图像发生旋转、比例变化、强度变化和位移,图 4 (a)、(b)、(c)、(d) 分别是当目标图像发生旋转、比例变化、强度变化和位移时,相关信号峰值强度的变化情况。图 4 (a) 中的横坐标以角度为单位,当两图像完全一致时为零度;图 4 (b) 中横坐标以图像本身大小的百分比为单位;图 4 (c) 中以两图像的强度比 (I_t/I_r) 为单位;图 4 (d) 中以图像横向宽度的百分比为单位;“0”表示两图像之间的距离为使相关信号与零级光斑分开的最小距离,且两图像关于坐标原点对称分布,目标图像由此向外平移。

五、结果分析与讨论

实验表明:图 2 所示的实验系统由于采用实时空间光调制器 (LCLV) 完成图像的输入转换和功率谱接收,采用 CCD 相机接收相关信号并由微机自动处理,因此,可以灵活方便地对联合变换相关器的性能进行实验研究;系统中的多种输入方式设计尤其为畸变敏感性研究提供了方便。实验证明了联合变换相关器的优点,即灵活方便,易实现,易做成准实时或实时系统等。

实验结果表明:联合变换相关器对单目标或较少目标以及噪声干扰较小的目标图像识别能力较强,随着目标图像数目的增加及噪声干扰的增大识别能力下降;和 Vander Lugt 匹配滤波相关器一样,对图像的畸变很敏感,当目标图像旋转超过 10° 时相关信号就减小到峰值的一半以下;当目标图像的大小不小于参考图像的 92% 时相关信号就不小于峰值的 90%,当小于 92% 时,相关信号就快速减小;当两图像的强度差别变大时,相关信号会明显减小;从理论上讲,只要两图像之间距离和谱面探测器的离焦量满足一定的条件,联合变换相关系统应该具有平移不变性;实验曲线随平移距离的加大而有所下降,主要是由于照射到 LCLV1 有效截面上的读出光不均匀,边缘部分比中间弱所造成的,此外还有 LCLV1 横向不均匀的原因。

六、结束语

本文在理论分析的基础上,采用实时器件设计了一套联合变换相关实验系统,

并进行了一系列实验；实验证明了联合变换相关器的优点，所得到的系列实验结果为进一步研究联合变换相关技术提供了依据。

参 考 文 献

- [1] C. S. Weaver and J. W. Goodman; *Appl. Opt.*, 5, 1248—1249, (1966)
- [2] Don. A. Gregory; *SPIE*, 1053 198(1989)
- [3] B. Javid; *SPIE*, 977, 307—323 (1988)
- [4] B. Javid; *SPIE*, 1134, 60 (1989)
- [5] B. Javid; *Appl. Optics*, 30 No.14 1772(1991)

Optical/Electronic Hybrid Joint Transform Correlator Research

Wang Yurong

Abstract

In this paper, Joint Transform Correlation technique is discussed, and Joint Transform Correlator experimental system with two optically addressed SLMS is designed. A series of experimental results have been obtained, including single target, multiple targets and noisy image recognition. We have measured the image distortion sensitivity of this system, and the effects of LCLV'S nonlinear input-output character on correlation signals. Finally we have concisely discussed the way of distortion-invariant image recognition by Joint Transform Correlator.