

匹配滤波器局部区域相关特性的研究

卢振武

(应用光学国家重点实验室)

郑树梓 周凤革 艾振宇

(吉林大学物理系)

摘要 讨论了利用匹配滤波器局部区域进行相关识别的可能性及其优点,并把整个滤波器相关的结果与局部区域的相关结果进行了比较。

一、引 言

匹配滤波相关作为图像识别的一种重要光学方法,一直为人们所广泛研究。压缩相关峰的半宽度,提高相关峰值与次峰之比,为许多研究者所追求,因二者直接影响到图像识别的判断灵敏度。为了提高上述指标,已在经典的匹配滤波器基础之上,提出了多种改进方案,如纯位相匹配滤波器^[1]、二值纯位相滤波器^[2]和非线性滤波器^[3]等。光学匹配滤波器一般是通过记录傅立叶变换全息图来实现的,在全息图上的任一点均代表整个输入物体在这一特定空间频率上的贡献总和,因此,它所记录的信息是冗余的。可以证明,在具有相同运算精度条件下,数字运算所需要的输入信息量要远大于模拟运算^[4]。对于以图像识别为应用目标的匹配滤波器,完全没有必要记录完整的傅立叶变换全息图。通过计算机模拟可以证明,只利用纯位相匹配滤波器中的某些频率进行相关识别,可以有效地提高信噪比和峰值与相关能量之比^[5]。但这种方法在选择应该去掉哪些频率上,要经过计算机多次运算才能得到,整个过程非常繁杂。我们认为,只利用匹配滤波器的局部区域进行相关识别,也会使相关结果得到相应的改善。本文对匹配滤波进行图像识别的相关特性进行了分析,讨论了只利用其局部区域进行相关识别的可能性及优点,给出了与分析相符的实验结果。

二、分 析

两个函数 $S(x, y)$ 和 $G(x, y)$ 的相关运算,在数学上表示为

$$C(x', y') = \iint_{-\infty}^{\infty} S(x, y) G^*(x - x')(y - y') dx dy \quad (1)$$

在 $S(x, y) = G(x, y)$ 时,即为自相关。一般来说公式(1)即使在自相关情况下,其运算结果也不是一个 δ 函数。在利用匹配滤波方法进行图像识别时,由于受到待识别物体的傅立叶变换谱的振幅变化的影响,其自相关点总有一定的扩展和分布,只有在逆滤波时,才会得到一

个类似 δ 函数的相关点^[6]，这主要是因为逆滤波器不仅在滤波器平面上使位相得到补偿，透射为一列平面波，而且使其振幅变化也得到补偿。在一般情况下，物体的傅立叶变换谱是一个缓慢变化的函数，因此，我们在谱面上只选取一个很小的区域时，我们可以近似地认为在这一区域上其振幅为一常数，在这种情况下，类似于逆滤波器，会得到很好的相关结果。实际上，利用多焦点全息透镜进行多目标识别，也只是利用了物体傅立叶变换谱的低频部分，而这一部分很容易导致误识别^[7]。

对一张线性记录、输入为 $f(x, y)$ 的傅立叶变换全息图，只考虑其用于匹配滤波的一项，我们有

$$T(\xi, \eta) \propto |F(\xi, \eta)| e^{-j\phi(\xi, \eta)} \quad (2)$$

式中 (ξ, η) 为谱面坐标， $|F(\xi, \eta)|$ 和 $e^{-j\phi(\xi, \eta)}$ 分别为输入 $f(x, y)$ 的傅立叶变换的振幅和位相。若在匹配滤波器的后面放一方孔，只使部分傅立叶谱通过该孔，忽略所有常数项，在滤波器后面的光场分布为

$$T'(\xi, \eta) \propto \text{rect}\left(\frac{\xi - a}{D}\right) \text{rect}\left(\frac{\eta - b}{D}\right) |F(\xi, \eta)|^2 \quad (3)$$

式中 D 为方孔的线度， a 和 b 分别为方孔中心在 ξ 和 η 方向上的坐标。一般来说，在孔的线度 D 较小时， $|F(\xi, \eta)|$ 的变化很缓慢，这个假设对大多数物体是成立的，因而会得到较为理想的自相关峰值。

三、实验结果及讨论

为了证明上述分析，我们用16个汉字作为输入，制作了一张直径为40mm的傅立叶变换全息图作为匹配滤波器。全息图经处理、复位以后，仍以原物作为输入，使用了一个通光孔径为3mm的光栏，对谱面不同区域的相关特性进行了研究。相关信号由摄像机靶面直接接收，用中国科学院自动化研究所研制的CA53图像采集卡进行数据采集，然后用计算机进行处理，为了具有一般性，我们分别研究了光栏沿滤波器的径向移动和一个半径为定值时的圆域上移动时的相关情况。在实验中，我们主要测量了自相关峰值与次峰值之比和相关峰的半宽度。实验结果由图1(a)和(b)给出。在图1(a)中，横坐标是光栏中心沿径向移动情况，

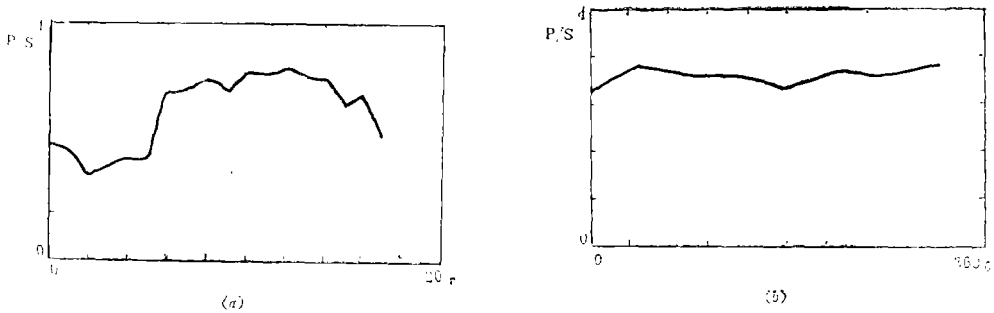


图 1

纵坐标是自相关峰值与次峰值之比。从图中可以看出，在低频附近，自相关峰与次峰的比值

较低,随着频率增加,这一比值逐渐增加,并在很大一个区域内基本是一个常数,因此,利用这一区域进行图像识别,其判断灵敏度会明显提高,图1(b)是光栏中心沿着一个半径 $r = 10\text{mm}$ 的圆域上移动时自相关峰值与次峰之比(p/s)的分布情况,其横坐标是角度,纵坐标是自相关峰值与次峰值之比,实验结果表明,在这个圆域上,自相关峰与次峰之比基本保持不变。为了比较,我们对无孔径时的相关情况进行了测试,与图1(b)中结果相比,自相关峰值与次峰值之比下降到有孔径时的0.6倍,相关峰半宽度增加了一倍,而这两个参数是光学图像识别中非常重要的参数。由此可以得出结论,利用匹配滤波器的局部区域进行图像识别,不仅可以降低系统所需的信息量,而且还会使判断灵敏度有所提高。

本文讨论了用匹配滤波器的局域进行相关识别的可能性,并通过实验证明了它所具有的优点。我们认为,用滤波器的局域进行相关识别,可在同一张全息图的不同区域上记录不同物的傅立叶变换谱而实现多目标识别和关联存贮的目的。

参 考 文 献

- [1] J.L.Horner et al., Appl.Opt., 23, 812(1984)
- [2] D.Psaltis et al., Opt.Eng., 23, 698(1984)
- [3] B.Javidi,; Appl.Opt., 28, 4518(1989)
- [4] H.J.Caulfield et al., Proc.SPIE, 1296, 374(1990)
- [5] B.V.K.Vijaya Kumar et al., Proc.SPIE, 1296, 132(1990)
- [6] J.L.Horner: Appl.Opt., 21, 4511(1982)
- [7] G.Khitrova et al., Proc.SPIE, 811, 60(1988)

Correlation Characteristic of Subdivided Matched Filter

Lu Zhenwu, Zheng Shuzi, Zhou Fengge and Ai Zhenyu

Abstract

In this paper, the correlation characteristic of subdivided matched filter is studied and its advantages are discussed.