

利用偏振滤波实现黑白和彩色图像增强

康辉 周坚 陈军

(南开大学物理系, 天津 300071)

提要: 本文提出一种利用偏振滤波法实现零频衰减从而获得图像的边缘增强的方法。制作简单, 且可连续控制边缘增强图像的对比度。

关键词: 图像边缘增强, 偏振滤波

Black-white and color images edge enhancement by polarization spatial filtering

Kang Hui, Zhou Jian, Chen Jun

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

Abstract: A new method is described which can attenuate zero frequency component of object spectrum by polarization spatial filtering in a white-light image processor so that image edge enhancement is obtained in real-time. It can be made easily and the contrast of edge enhanced images can be controlled continuously.

Key words: image edge enhancement, polarization spatial filtering

本文提出了一种实现零频衰减滤波的新方法。这种方法采用偏振滤光片制作空间滤波器, 通过简单地旋转偏振片就可改变零频衰减滤波器的透过率, 从而可使输出图像具有不同的增强对比度。这样可克服以往的图像增强方法所存在的缺点^[1~3], 增强了适应性和灵活性。我们利用这种方法并使用白光光源, 分别做了黑白图像和彩色图像的边缘增强实验, 得到了预期的效果。

白光图像实时边缘增强的光学装置如图1所示。其中, S ——白光点光源, L_1, L_2 ——消色差透镜, g_1 ——输入物平面, g_2 ——输出像平面, P_1, P_2 和 P_3 ——偏振滤光片, 它们的透偏方向用方块图中的箭头示出。 P_2 位于 L_2 的后焦平面上, 在 P_2 偏振片的中心处开一小圆孔, 其大小恰好让物谱的零频通过。这样由 P_1, P_2 和 P_3 所构成的偏振滤波器, 就相当于零频衰减空间滤波器。它的振幅透过率函数可表示为

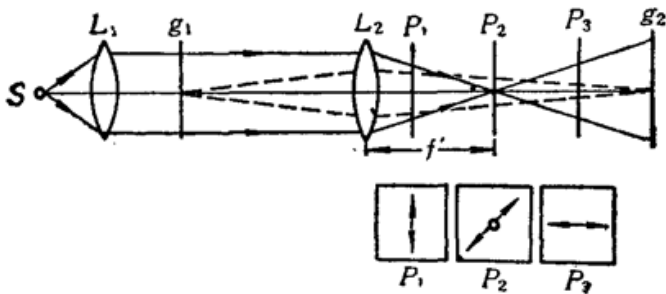


Fig. 1 White-light optical image processor

1所示。其中, S ——白光点光源, L_1, L_2 ——消色差透镜, g_1 ——输入物平面, g_2 ——输出像平面, P_1, P_2 和 P_3 ——偏振滤光片, 它们的透偏方向用方块图中的箭头示出。 P_2 位于 L_2 的后焦平面上, 在 P_2 偏振片的中心处开一小圆孔, 其大小恰好让物谱的零频通过。这样由 P_1, P_2 和 P_3 所构成的偏振滤波器, 就相当于零频衰减空间滤波器。它的振幅透过率函数可表示为

$$t_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cos \alpha \quad \text{对于零频分量}$$

$$t_1 = \frac{1}{2} \cos(\alpha - 45^\circ) \quad \text{对于非零频分量}$$

其中, α 是 P_1 和 P_3 的透偏方向之夹角。 $\alpha = 45^\circ$ 是 P_1 和 P_2 的透偏方向之夹角。 由此可知, 当 $\alpha = 90^\circ$ 时(如图所示情况), 它为零频阻挡滤波器, 即物谱的零频分量完全不能通过; 当 $\alpha = 45^\circ$ 时, 零频和非零频衰减同一比例, 这相当于普通中性滤光片; 当 $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ 时, 它相当于零频衰减滤波器。 通过改变 α 的大小, 可控制零频相对于高频的衰减比例(在讨论问题时, 一般将非零频分量的透过率归化为一)。

对于黑白图像增强的原理分析, 可按单色光情况处理。 设物函数的复振幅分布为 $o(x, y)$, 则它的傅里叶谱为 $O(u, v) = \mathcal{F}\{o(x, y)\}$ 。 为了简单, 这里的讨论将省略掉谱面上场分布的二次位相因子和复常量。 经过零频衰减滤波后的频谱应为

$$O'[u, v] = O(u, v)T(u, v)$$

其中 $u = x_f/(\lambda f')$, $v = y_f/(\lambda f')$, T 为等效的滤波函数, 可表示为

$$T(u, v) = \begin{cases} k \text{ (在 } 0 \text{ 和 } 1 \text{ 之间取值)} & \text{对于零频分量} \\ 1 & \text{对于非零频分量} \end{cases}$$

为了运算方便, O' 可表示为 $O'(u, v) = O(u, v) - kO(0, 0)\delta(u, v)$ 。 于是, 对 O' 做逆傅里叶变换, 即得输出面的场分布

$$o'(x', y') = o(x', y') - C$$

$$I'(x', y') = |o(x', y') - C|^2$$

这就是说, 原光场减去一个适当的常量即可实现原图像的边缘增强。

对于彩色图像, 可以将其视为各种波长的单色光图像的带权叠加:

$$f(x, y) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sqrt{\rho(\lambda)} o_\lambda(x, y) d\lambda$$

其中, $\rho(\lambda)$ 是照明光源的光谱能量分布。 利用上述结果, 可在输出平面上得到边缘增强的彩色图像

$$I'_c(x', y') = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (\rho(\lambda) |o_\lambda(x', y') - C_\lambda|^2) d\lambda$$

为了验证实验原理, 我们利用图 1 所示的白光处理系统进行实验。 用氙灯照明直径为 0.8 mm 的小孔形成白光点源 S 。 L_1 的焦距为 240 mm, L_2 的焦距为 210 mm。 点源经 L_1 和 L_2 所成的几何像即为零频的空间尺寸, 所以在偏振片 P_2 的中心处开的小孔为 0.7 mm。 被处理的物片由英文字母组成。 图 2 示出了黑白图像的实验结果, 其中(a)是物片, (b)是当 α 角调到约为 20° 时系统的输出图像, (c)是 α 角等于 45° (如图 1 所示) 时系统的输出结果。 显



Fig. 2 Experimental results for black-white image edge enhancement

然, 微分图像的对比度是不同的。图 3 是彩色图像的实验结果。其中, 图 (a) 示出的是彩色物透明片的黑白照片, 它由红色字母 S , 蓝色字母 H 和绿色字母 Y 组成。当滤波偏振片 P_2 的方位角分别调到 20° 和 45° 时, 其彩色图像微分结果的黑白照片分别由图 3 (b) 和 (c) 示出。由图可知, 在输出图像中呈现出很明显的彩色斑点, 经检验, 这是由构成彩色字母的彩色滤色片上的斑污所致, 这也是图像处理系统在经过零频滤波后易出现散斑噪音的一种必然现象。



Fig. 3 Experimental results for color image edge enhancement

曹永兴、李海峰二同学曾做了部分工作, 作者对此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 于美文, 光学全息及信息处理, 国防工业出版社, 北京, 1984, 250
- 2 母国光 *et al.* 物理学报, 29 (6), 794 (1980)
- 3 J. Santamaria *et al.*, *Opt. Commun.*, 45 (4), 244 (1983)

(上接第 708 页)

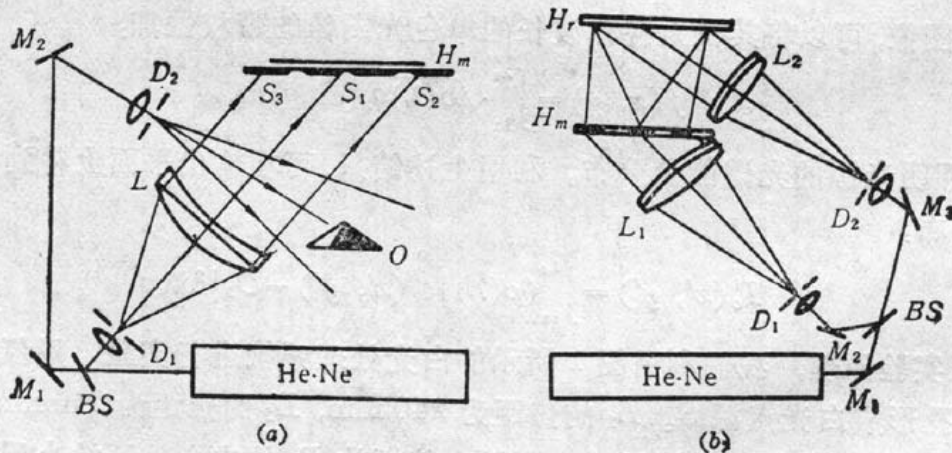


Fig. 5 Recording geometry of rainbow hologram with special chromatic order

参 考 文 献

- 1 谢敬辉, 赵业玲 *et al.*, 光学学报, 8 (5), 410~416 (1988)
- 2 束越新, 颜色光学基础理论, 山东科学技术出版社, 1981, 66~183
- 3 苏大图, 光学测量, 机械工业出版社, 1988, 104~123