

# 用白光实现像边缘增强的一种方法

张永林  
(暨南大学物理系)

## 提 要

本文提出一种在白光信息处理系统中实现像边缘增强的新方法。它可以处理较大的图像,得到二维边缘增强。边缘准确、鲜明、噪音低、方法简便。理论分析与实验结果相符。

关键词: 白光信息处理; 像边缘增强。

## 一、引 言

对图像进行高通滤波可突出图像的轮廓<sup>[1]</sup>。然而要制作一个合适的高通滤波器比较困难。利用复合光栅对图像作微分处理<sup>[2]</sup>,只能处理较小的图像,且只是一维像边缘增强,还需预制合适的复合光栅,故不甚理想。用斑纹照相技术实现像边缘增强<sup>[3]</sup>优于上述两种方法:用斑纹作为信息编码器,使同一图像的准确像与离焦像相减,即得到图像的轮廓。方法简单,可处理较大的图像,且得到二维像边缘增强。我们用这种方法对图1所示图像作边缘增强。由于像边缘信息量少,实验中按1:2:1作三次曝光<sup>[4]</sup>,将片子作漂白处理。使片子的衍射效率提高,干涉条纹暗纹变宽。因而可增加狭缝宽度,使输出轮廓图像亮度提高。图2就是这样得到的边缘增强图像。但是,通过实验,发现这种方法有以下缺点,用离焦法得模



Fig. 1 Original image



Fig. 2 Image hightened edge  
by speckle photography

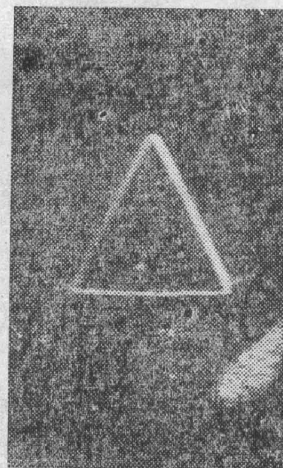


Fig. 3 Image hightened edge  
by speckle photography

糊像, 图像离焦移动必须与光路严格共轴。否则离焦像与准确像中心偏移, 相减结果是“假轮廓”。图 3 所示三角形三边不等宽, 就是离焦像与准确像错位相减的结果。由于仪器误差, 三次曝光不能准确做到 1:2:1, 次极大很难完全消除, 使实验结果受影响。另外, 明显可见, 激光的相干噪音影响图像的清洁度。研究用白光信息处理<sup>[2]</sup>实现像边缘增强能获得满意的结果。

## 二、实验原理

图 4 是实验所采用的光路图。 $S_0$  为白光点光源,  $L_1$  为准直透镜,  $L_2$  兼作傅里叶变换及成像透镜。 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  分别为输入面、频谱面、输出面。

(1) 用 Ronchi 光栅将待处理图像的模糊像、准确像编码。

将图 1 所示原图像置于  $P_1$  面, Ronchi 光栅与全息干板紧贴置于  $P_3$

面。在  $P_2$  面上置一小孔光阑, 使图像经低通滤波在  $P_3$  面上成模糊像。曝光后撤去小孔光阑, 将 Ronchi 光栅方位转  $90^\circ$ , 再曝光。经两次曝光后得到编码片的强度透射率为

$$\mathcal{T}_n(x,y) = K_n [I(x,y) \text{tg}(x,y) + I'(x,y) \text{tg}'(x,y)]^{-\gamma_n} \quad (1)$$

式中,  $I(x,y)$ 、 $I'(x,y)$  分别为模糊像、准确像的光强,  $\text{tg}(x,y)$ 、 $\text{tg}'(x,y)$  分别是方位为  $0^\circ$ 、 $90^\circ$  的 Ronchi 光栅的透过率:

$$\left. \begin{aligned} \text{tg}(x,y) &= \text{rect}\left(\frac{2x}{d}\right) * \frac{1}{d} \text{comb}\left(\frac{x}{d}\right), \\ \text{tg}'(x,y) &= \text{rect}\left(\frac{2y}{d}\right) * \frac{1}{d} \text{comb}\left(\frac{y}{d}\right). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

图 5 给出编码片的示意图。设 (a) 是原图像, 三角形内是透光区, 三角形外不透光。(b) 是两次曝光得到的编码片。竖条纹的三角形是模糊像, 低通滤波使它失去了边缘; 横条纹是准确像。这样, 编码片上两图像的公共部分(非边缘区)是正交调制的, 边缘区是一维调制的。



Fig. 5

(a) Original image; (b) Encoding film

(2) 解调得到边缘增强图像。

将编码片置于图 4 中的  $P_1$  面上。由 (1) 式, 编码片的振幅透射率  $t_n(x,y)$  应为

$$t_n(x,y) = k_n [I(x,y) \text{tg}(x,y) + I'(x,y) \text{tg}'(x,y)]^{-\gamma_n/2},$$

式中,  $k_n = k_n^{1/2}$ 。指数  $-\gamma_n/2$  中的负号只是表明编码片是一个负片。对于编码片来说, 图像正负即  $I(x \cdot y)$  的分布可由选择原图像的正负来决定, 而片子上的光栅条纹, 编码负片与它翻成的正片仅是黑白对调, 频谱的分布完全相同。所以, 可去掉  $-\gamma_n/2$  中的负号, 将  $t_n(x \cdot y)$  写为

$$t_n(x \cdot y) = k_n [I(x \cdot y) \text{tg}(x \cdot y) + I'(x \cdot y) \text{tg}'(x \cdot y)]^{\gamma_n/2} \quad (3)$$

由于是用全息干板作编码记录,  $\gamma_n$  较高, 通常大于 3。取  $\gamma_n = 4$ , 则有

$$\begin{aligned} t_n(x \cdot y) &= k_n [I(x \cdot y) \text{tg}(x \cdot y) + I'(x \cdot y) \text{tg}'(x \cdot y)]^2 \\ &= k_n [I^2(x \cdot y) \text{tg}^2(x \cdot y) + I'^2(x \cdot y) \text{tg}'^2(x \cdot y) \\ &\quad + 2I(x \cdot y) I'(x \cdot y) \text{tg}(x \cdot y) \text{tg}'(x \cdot y)] \end{aligned} \quad (4)$$

式中, 已由(2)式, 推知  $\text{tg}^2(x \cdot y) = \text{tg}(x \cdot y)$ ;  $\text{tg}'^2(x \cdot y) = \text{tg}'(x \cdot y)$ 。这样, 考虑白光中某单一波长  $\lambda$ ,  $P_2$  面上的分布  $U_{2\lambda}(u \cdot v)$  应为

$$\begin{aligned} U_{2\lambda}(u \cdot v) &\propto \mathcal{F}[t_n(x \cdot y)] \\ &\propto \mathcal{F}[I^2(x \cdot y)] * \mathcal{F}[\text{tg}(x \cdot y)] + \mathcal{F}[I'^2(x \cdot y)] * \mathcal{F}[\text{tg}'(x \cdot y)] \\ &\quad + 2\mathcal{F}[I(x \cdot y) I'(x \cdot y)] * \mathcal{F}[\text{tg}(x \cdot y) \cdot \text{tg}'(x \cdot y)] \\ &= \mathcal{F}[I^2(x \cdot y)] * \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{n}{2}\right) \delta\left(u - \frac{n}{d}, v\right) \\ &\quad + \mathcal{F}[I'^2(x \cdot y)] * \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{w}{2}\right) \delta\left(u, v - \frac{n'}{d}\right) \\ &\quad + \mathcal{F}[I(x \cdot y) I'(x \cdot y)] * \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{n'=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{n}{2}\right) \text{sinc}\left(\frac{n'}{2}\right) \delta\left(u - \frac{n}{d}, v - \frac{n'}{d}\right), \end{aligned} \quad (5)$$

式中,  $u \approx \frac{\alpha}{\lambda f}$ ,  $v \approx \frac{\beta}{\lambda f}$ 。(5)式表明, 频谱面上除有水平方向、垂直方向的衍射级外, 还有交叉项。考虑白光中各种波长, 各衍射级都呈彩虹斑。(5)式中等式右边第一项表明  $I^2(x \cdot y)$  的频谱被运载到水平方向各衍射级上去; 第二项表明  $I'^2(x \cdot y)$  的频谱被运载到垂直方向各衍射级上去; 第三项表明  $I(x \cdot y) I'(x \cdot y)$  的频谱被运载到水平方向、垂直方向、各交叉项的衍射级上去。

在垂直方向的 1 级谱中, 准确像的信息  $\mathcal{F}[I'^2(x \cdot y)]$  比模糊像的信息  $\mathcal{F}[I(x \cdot y)]$  要

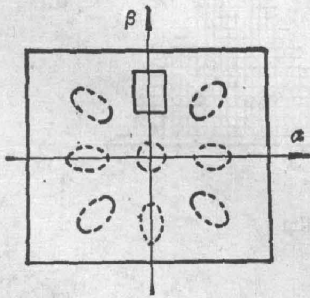


Fig. 6 Filter



Fig. 7 Image heightened edge by white-light processor

强得多, 又由 O. Bryngdahl 的分析—光栅调制片 0 级与 1 级衍射像是正反像<sup>[3]</sup>, 此时由这个 1 级谱在  $P_3$  面上重现的图像应是与原图像(图 1)同样的准确图像。但由于编码片上图像的边缘是一维调制, 衍射效率高; 而非边缘区是正交调制, 衍射效率大大降低。因此, 当在  $P_2$  面上置一滤波器, 只让垂直方向 1 级彩虹谱通过  $P_2$  面, (见图 6),  $P_3$  面上就呈现出边缘亮、中间暗的图像, 见图 7。这样就实现了像边缘增强。

由于是用白光系统工作, 没有相干噪音, 得到的边缘增强图像干净、清晰; 模糊像由低通滤波得到, 无须纵向移动图像, 这就避免了“假轮廓”问题。

### 三、讨 论

像边缘增强工作对低衬度图像才有实际意义。用上面的方法对肺部 X 光片(图 8)作处理, 得到边缘增强的效果, 见图 9。

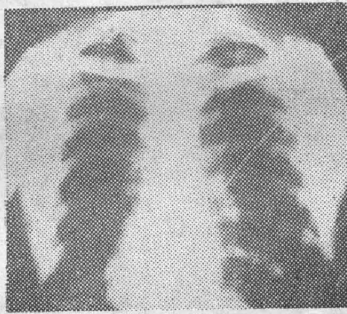


Fig. 8 Original image

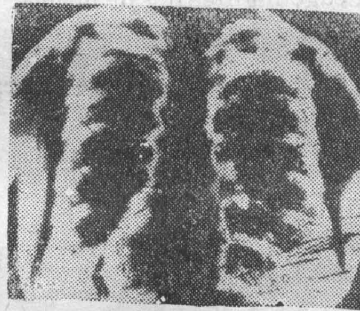


Fig. 9 Image heightened edge by white-light processor

由实验原理和结果可见, 这种用白光信息处理系统实现像边缘增强的方法具有边缘准确、鲜明、噪音低, 可处理较大的图像、得到二维边缘增强、方法简便等优点, 的确优于以往的各种方法。

### 参 考 文 献

- [1] 于美文等;《光学全息及信息处理》, (国防工业出版社, 北京, 1984), 211, 251, 257。
- [2] F. T. S. Yu 等;《光学学报》, 1981, 1, No. 1 (Jan), 13.
- [3] O. Bryngdahl; *J. O. S. A.*, 1970, 60 No. 12 (Dec), 1698.

## **A new method for realizing image edge enhancement in a white-light processor**

ZHANG YONGLIN AND PAN XIAOHONG

*(Department of Physics, Jinan University, Guangzhou)*

(Received 30 October 1986; revised 29 December 1986)

### **Abstract**

A new method for realizing image edge enhancement in a white-light processor is presented. Compared with conventional method, its primary advantages include elimination of coherent noise and obtaining accurate edges in a simple process of two dimensional edge hightening of images.

**Key Words:** white-light processor; image edge enhancement.