图象的光学微分处理

Abstract: This paper presents the principle, method and experimental results in developing differential filter and image differential processing by means of optical transformation technique and coherent optical correlation method, and offers our considerations of stroke-classification of chinese characters and picking up Chinese characters to be realized by optical partial differential and optical image correlation technique.

光学图象的微分处理是突出图象的边缘轮廓的方法。人的眼睛对于图象边缘轮廓比较敏感。我们在制作微分滤波器时，使用观察杨氏条纹的移动来选择光学薄膜的厚度，以实现 $\delta(x, y)$ 的 π 相位延迟。

一般的光学图象可用二元函数 $f(x, y)$ 来表示。按照二元函数偏微分的定义，函数 $f(x, y)$ 的一阶偏微分可表示为：

$$\frac{\partial f}{\partial x}=\lim_{h\to 0}\frac{f(x+h, y)-f(x, y)}{h}$$

因为狄拉克 δ 函数 $\delta(x, y)$ 与任一函数 $f(x, y)$ 的互相关有下述的关系：

$$f(x, y)*\delta(x+\Delta x, y+\Delta y)$$
$$=f(x+\Delta x, y+\Delta y)$$

式中符号 $*$ 是表示相关运算。

所以，

$$\frac{\partial f}{\partial x}=\lim_{h\to 0}\frac{1}{h}f(x, y)*[\delta(x+h, y)-\delta(x, y)]$$

同理，可以得到：

$$\frac{\partial f}{\partial y}=\lim_{h\to 0}\frac{1}{h}f(x, y)*[\delta(x, y+h)-\delta(x, y)]$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}=\lim_{h\to 0}\frac{1}{h}f(x, y)*[\delta(x+h, y)+\delta(x, y+h)-2\delta(x, y)]$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}=\lim_{h\to 0}\frac{1}{h^2}f(x, y)*[\delta(x+h, y+h)-\delta(x, y+h)-\delta(x+h, y)+\delta(x, y)]$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}=\lim_{h\to 0}\frac{1}{h^2}f(x, y)*[\delta(x+h, y)+\delta(x-h, y)+\delta(x, y+h)+\delta(x, y-h)-4\delta(x, y)]$$

利用图1所示的光路制作微分滤波器和进行图象的微分处理。

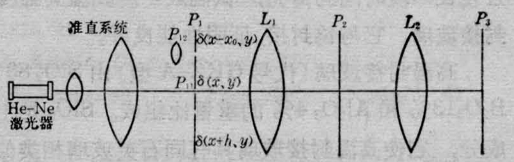


图1 图象光学微分处理的光路图

图中 L_1、L_2 是傅里叶变换透镜，P_1 是输入平面，P_2 是频谱面，P_3 是输出平面。在 P_1 平面上的 P_{12} 是参考点源 $\delta(x-x_0, y)$。

按前所述，对于函数 $f(x, y)$ 的一阶偏微分 $\frac{\partial f}{\partial x}$ 所希望的脉冲响应是由二部分组成，即：

$$\delta(x+h, y)-\delta(x, y)$$

对于一阶偏微分 $\partial f/\partial x$ 所希望的空间滤波器可以用两次曝光技术产生。第一次曝光由位于 P_{11} 处的点光源 $\delta(x+h, y)$ 与参考光源 $\delta(x-x_0, y)$ 发出的参考波在 P_2 平面上的干涉进行，第二次曝光由位于 P_{11} 处点光源 $\delta(x, y)$ 与参考光源 $\delta(x-x_0, y)$ 发出的参考波在 P_2 平面上的干涉进行。

在 $\delta(x, y)$ 前加入光学透明薄膜，通过在频谱面 P_2 上观察杨氏条纹的移动（与没有加入薄膜前比较）来选择光学薄膜的厚度以实现 $\delta(x, y)$ 的 π 的相位延迟。δ 函数由透镜聚焦平面波的焦点来近似。这样，在 P_2 平面制作得 $\partial f/\partial x$ 的滤波器。这滤波器的振幅透过率是：

$$T(f_x, f_y)=4+\mathscr{T}[\delta(x+h, y)-\delta(x, y)]e^{i2\pi f_x x_0}+\mathscr{T}^*[\delta(x+h, y)-\delta(x, y)]e^{-i2f_x x_0}$$

式中 $\mathscr{T}$ 表示傅里叶变换，$\mathscr{T}^*[\ ]$ 表示函数 $\mathscr{T}[\ ]$ 的共轭。

用类似的方法，通过多次曝光技术在 P_2 平面上可制得 $\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$ 的空间

滤波器。

在进行图象的微分处理时，把制得的微分滤波器放回 P_2 平面制作时的位置，把要进行微分处理的图象 $f(x, y)$ 放在 P_1 平面的 P_{11} 位置(把 P_1 平面中参考源 $\delta(x-x_0, y)$ 取消)，进行空间滤波处理，则在输出平面 P_3 上产生的再生象的振幅分布是：(采用反射坐标)

$$\begin{aligned}&\mathscr{T}^{-1}[4F(f_x, f_y)]+\mathscr{T}^{-1}[F(f_x, f_y)\mathscr{T}[\delta(x\\&\quad+h, y)-\delta(x, y)]e^{i2\pi f_x x_0}\\&\quad+\mathscr{T}^{-1}[F(f_x, f_y)\mathscr{T}^*[\delta(x+h, y)\\&\quad-\delta(x, y)]e^{-i2\pi f_x x_0}]\\&=4f(x_3, y_3)+f(x_3, y_3)\circledast[\delta(x_3+h, y_3)\\&\quad-\delta(x_3, y_3)]\circledast\delta(x_3+x_0, y_3)\\&\quad+f(x_3, y_3)*[\delta(x_3+h, y_3)\\&\quad-\delta(x_3, y_3)]\circledast\delta(x_3-x_0, y_3)\end{aligned}$$

式中 $F(fx, fy)$ 是 $f(x, y)$ 的傅里叶变换，$\mathscr{T}^{-1}[\ \ ]$ 表示逆傅里叶变换，$\circledast$ 表示卷积运算。

式中的第三项：

$$\begin{aligned}&f(x_3, y_3)*[\delta(x_3+h, y_3)\\&\quad-\delta(x_3, y_3)]\circledast\delta(x_3-x_0, y_3)\end{aligned}$$

就是图象 $f(x, y)$ 的一阶偏微分 $\frac{\partial f}{\partial x}$。它呈现在输出平面 P_3 的相关项的位置上。

按同样方法，当在 P_2 平面分别放置制得的 $\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$ 的空间滤波器时，图象 $f(x, y)$ 经过空间滤波处理，在输出平面 P_3 的相关项的位置上，可分别得到图象的 $\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}$、$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$。

图 2 和图 3 分别是一阶偏微分滤波器的照片和图象的一阶偏微分 $\frac{\partial f}{\partial x}$ 的结果。

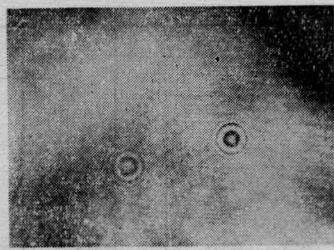
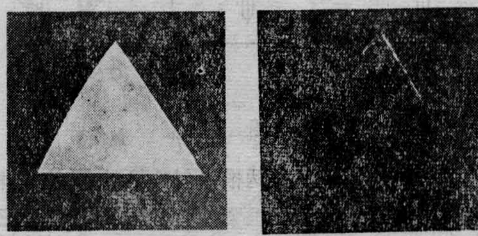


图 2　一阶偏微分滤波器的照片



(a) 被微分图象　　(b) 对图象(a)沿水平方向作一阶偏微分的结果

图 3　图象的一阶偏微分 $\partial f/\partial x$ 的结果

从图 3 可见，对于一阶偏微分，与微分方向平行的直线都不出现，利用这一特性，可对汉字进行笔划分类，结合光学图象的相关处理技术，可进而实现汉字检索。

(中国科学院广州电子技术研究所　杨世宁　赵大军　邬国辉　叶关君　黄世锋　廖　挺　谭明业

1980 年 1 月 29 日收稿)

一种精确的光学复位装置

Abstract: A mechanical instrument of high reposition accuracy is reported. It has simple structure and can be made easily. The accuracy of reposition is up to the order of a few microns. It is an efficient tool for optical information processing in the reposition of complex spatial filters.

特征识别、空间滤波、相干光无损检验等工作中复空间滤波器和全息图复位问题是一非常重要的问题，致使有些工作必须原位显影来解决，然而原位显影虽然能做到滤波器位置的严格复位，但必须增加额外显影设备；另一方面，在有些实验中，必须对银盐片乳胶特性曲线严格控制，这就要求对显影液的温度、流速、显影时间、停显快慢等严格控制，因此增加了原位显影装置的复杂性，甚至不可能。本文介绍的复位装置，是靠机械设计的合理性来保证的，装底片的不锈钢架可以方便地取出放上，均能保证复