

两幅图象微小差异信息的增强和检测

田志伟 吴惠桢

(杭州大学物理系)

提要: 本文描述一种利用黑白正、负片密合检测两幅图象之间微小差异的方法。由于采用假彩色增强技术,从而克服黑白正、负片密合处理时存在强直流分量致使差异信息不明显的缺点,实现了拷贝片的反差系统 $\gamma = +1$, 所得 $H-D$ 曲线的线性区域动态范围较大。

Enhancement and detection of difference-information between two photographs

Tian Zhiwei, Wu Huizhen

(Department of Physics, Hangzhou University, Hangzhou)

Abstract: By utilizing the black-white synthetic PN (positive-negative) photograph for detection of difference-information between two photographs, the difference-information which is always immersed in the strong dc component after the processing will now be selected and appeared due to the pseudo-colour enhancement. As we make $\gamma = +1$ for the copy from the negative photograph, a wider dynamic range of H-D curve is provided.

引言

自从 D. Gabor^[1] 等第一次提出用复振幅相加或相减对光学图象进行综合处理以来, 光学图象差别检测已提出过好几种方法^[2~4], 都各有其优缺点。我们在这里采取一种用两张黑白的正、负片密合的方法来检测图象的差异。为了抑制直流分量, 增强差异的信息, 我们用胶片反差系数 $\gamma = 1$ 拷贝图片以实现光强相除, 并且采用了灵敏度高、色饱和度好的相位调制密度假彩色编码的方法^[5,6], 达到了预期的效果。

原理

设有两张图象具有微小差异的负片 N_1 与 N_2 , 其光强度透射率分别为

$$\tau_1 = c_1 I_1^{-\gamma_1}(x, y) \quad (1)$$

$$\tau_2 = c_2 I_2^{-\gamma_2}(x, y) \quad (2)$$

式中 c_1 与 c_2 为常数, γ_1 为反差系数, $I_1(x, y)$ 与 $I_2(x, y)$ 为两图象各自的光强度信息分布函数。

选用合适的感光胶片, 控制曝光量和显影条件, 使拷贝片的反差系数 $\gamma_2 = 1$; 将负片

收稿日期: 1986年4月21日。

N_2 拷贝成正片 P_2 , 则其光强透射率为

$$\tau_2 = c_2' I_2^{\gamma_2}(x, y) = c_2' I_2^{\gamma_2}(x, y) \quad (3)$$

式中 c_2' 为常数。

将负片 N_1 与正片 P_2 按相同的影象特征进行叠合对位, 得密合片的光强透射率为

$$\tau = c_1 c_2' \left[\frac{I_2(x, y)}{I_1(x, y)} \right]^{\gamma_2} \quad (4)$$

$$\text{令 } \Delta(x, y) = \frac{I_2(x, y) - I_1(x, y)}{I_1(x, y)}$$

为两图象之间的差异信息, 则(4)式可表示为

$$\tau = c_1 c_2' [1 + \Delta(x, y)]^{\gamma_2} \quad (5)$$

式(5)等效于完成了光强 $I_2(x, y)$ 和光强 $I_1(x, y)$ 之间求商的运算^[2, 4]。

在两张图象上的信息相同处, Δ 为零, 光强透射率 τ 为常数 $c_1 c_2'$; 在两者有差异之处 $I_2(x, y) \neq I_1(x, y)$, 光强透射率 τ 决定于差异信息 Δ 的强弱。由于式(5)中包含有相同信息的直流分量, 其对比度是很低的。

若将所得密合片 $N_1 - P_2$ 再用空间频率为 ξ_0 的一维正弦光栅进行调制处理, 其调制图象的密度分布为

$$D'(x, y) = \frac{1}{2} D(x, y) [1 + \sin(2\pi\xi_0 x)] + D_0 \quad (6)$$

式中 $D(x, y)$ 为从密合片 $N_1 - P_2$ 获得的图象密度分布, D_0 为灰雾密度。经漂白处理后图象变成为位相型, 其位相起伏正比于漂白前的图象密度。对波长为 λ 的垂直入射的照明光束, 其振幅透射率为

$$t(x, y, \lambda) = \exp \left\{ j \frac{\alpha\pi}{\lambda} D(x, y) \times [1 + \sin(2\pi\xi_0 x)] \right\} \quad (7)$$

式中 α 为比例因子, 由感光材料的参数及显影、漂白等工艺条件所决定。

将此位相型调制片置于白光照明的 $4f$ 系统的输入平面, 设白光点光源的光谱功率分布为 $A^2(\lambda)$, 则经过滤波后, 在输出平面得到的光强分布为

$$I(x_i, y_i) = \int A^2(\lambda) J_m^2 \left[\frac{\alpha\pi}{\lambda} D(x_i, y_i) \right] d\lambda \quad (8)$$

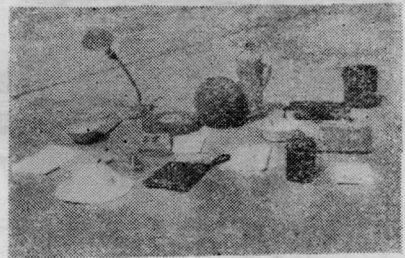
即得到了随密度 $D(x_i, y_i)$ 变化的假彩色输出, 对密度差异具有较高的灵敏度, 而且色彩丰富。为了抑制密合片中相同信息产生的直流分量, 以突出差异信息, 我们在频谱面上选择较高级次的衍射级 $n = +2$ 级, 使直流分量的密度所对应的透过光强基本为零。

实验与实验结果

实验过程包括下述四个主要部份:

1. 制备含有差异信息的成对图象

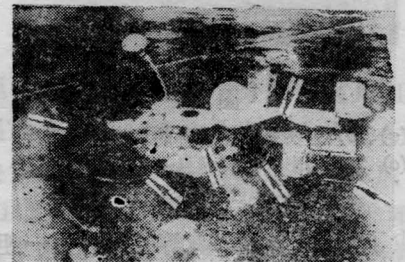
制备两组照片, 一组为两张杂物的黑白照片, 如图 1(a) 及 (b) 所示, 其中一张比另一



(a)



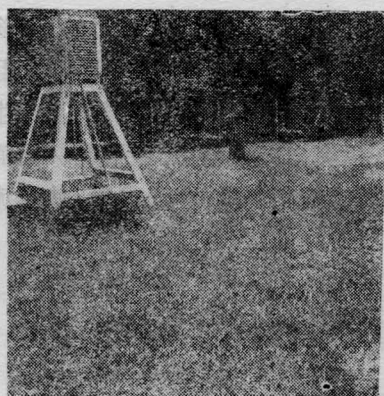
(b)



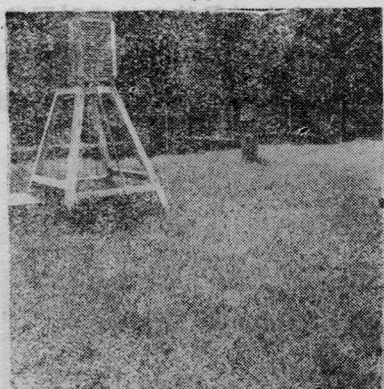
(c)

图 1

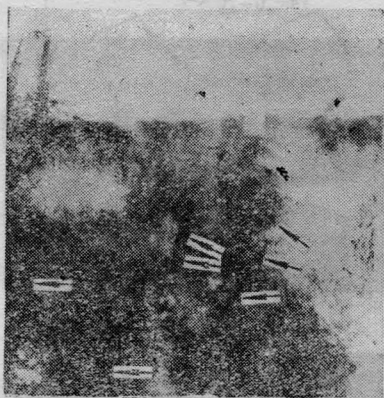
(a)、(b) 为两张略有差异的黑白照片;
(c) 为被检出的差异信息——箭头所示的帽子、书籍、碗等(原图为彩色)



(a)



(b)



(c)

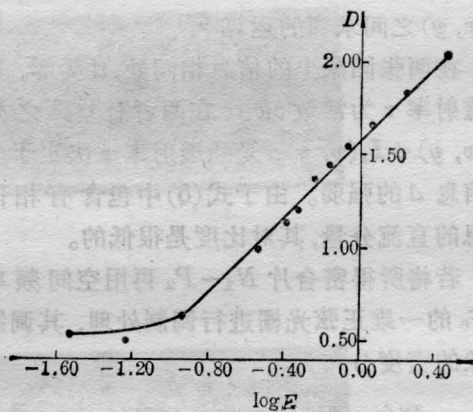
图 2

(a)、(b) 为两张略有差异的草坪黑白照片；
(c) 为被检出的差异信息——箭头所示的
脚印(原图为彩色)

张中少了帽子、书籍、碗等物品；另一组是在草坪上所记录的微小差异信息，即在草地上留下的痕迹——两次记录时间间隔内所留下的脚印，如图 2(a) 及 (b)。

2. 反差系数 $\gamma_2=1$ 的获得

是否能获得 $\gamma_2=1$ 是本实验成败的关键，我们选用普通低反差胶片——“公元”全色胶片和各种软调、中调及高反差显影液配方进行试验。对于每一种配方各做成一块具有 12 个密度等级的灰阶板，然后用光学显微密度计测出每片各级光密度值，并与所对应的曝光量的对数值作成 $H-D$ 曲线，求得反差系数进行佳选。实验中曝光光强为 $58 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，曝光时间为 $0.5 \sim 5.0 \text{ s}$ ，采用高反差显影液显影。表 1 列出了佳选片有关数据，描出的曲线如图 3 所示。

图 3 $H-D$ 曲线

按照线性区域密度与曝光量关系式

$$D = \gamma \log E - D_0 \quad (9)$$

式中反差系数 γ 应是 $H-D$ 曲线直线部分的斜率：

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\Delta D}{\Delta(\log E)} \\ &= \frac{2.04 - 0.64}{0.46 - (-0.96)} = 0.986 \\ &\approx 0.99 \end{aligned}$$

近似为 1；由图可见，此时线性区域的动态范围较大。

按上述条件，将曝光量控制在曲线的线性区中部，把负片 N_2 拷贝成正片 P_2 。

再将 P_2 与 N_1 叠合对准(因为不需要在暗室内进行，这种对位是比较容易实现的)，然后将它们密合胶结固定，即可看见相同部分的信息基本消失成为模糊背景，而差异信

表 1

密度和曝光量	灰 阶 编 号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D	0.54	0.50	0.64	1.00	1.14	1.20	1.36	1.44	1.54	1.66	1.84	2.04
$\log E$	-1.53	-1.24	-0.96	-0.54	-0.39	-0.33	-0.24	-0.16	-0.06	0.06	0.24	0.46

息仍被保留,但对比度甚低。

3. 突出与增强差异信息

将所得密合片再用正弦光栅(20线对/mm)或Ronchi光栅(500线对/in)调制复印到全息干板上,并漂白制成位相型调制片,置于 $4f$ 系统的输入平面上(我们采用的全息干板为天津-I型全息干板,显影液及漂白液分别为D-19及R-10)。为了抑制直流分量,选择的衍射级次应使相同信息部位的光强透射率为极小值。我们在频谱面开一条狭缝只让 $n=+2$ 级通过。这样所得到的结果,相同信息的区域基本上是“白”色的,而含有差异信息的地方则出现明显的彩色。图1(c)中明显地出现了假彩色的帽子、书籍、碗等物品;图2(c)显示了假彩色的脚印(所显示脚印的形状和照片摄制方位、光线照射角度等有关)。

$4f$ 系统以12V、100W溴钨灯为白光光源,傅里叶透镜的焦距为 $f=600\text{mm}$ 。

讨 论

本方法对实验设备无特殊要求,也不需要昂贵或特殊的材料与器件;所得 $H-D$ 曲线 $\gamma=1$ 的线性区域动态范围较大,使得处理比较容易。

注意在记录两张原始图象时,拍摄、冲洗

条件应尽可能一致,反差系数 γ_1 应相同,光密度不要超出 $H-D$ 曲线的线性区域;特别是在将 N_2 拷贝成正片 P_2 时的反差系数 γ_2 应等于1。因为从式(3)及式(5)可知(设我们能使 N_1 与 N_2 的 γ_1 相等),由于 $\gamma_2 \neq 1$,差异信息 Δ 将变为

$$\Delta = \frac{I_2^\gamma - I_1}{I_1}$$

这样便会产生误码现象,即当 $I_2=I_1$ (或 $I_2 \approx I_1$)时, $\Delta \neq 0$,出现“伪”信息;当 $I_2 \neq I_1$ 时, Δ 有可能为零或近似为零,发生“漏”信息。这也许就是图1左侧及中间两本被风翻动过的书(可由人造革拎包拎圈已移位看出)等出现“伪”信息,锥体等却只显示出部份信息的缘故。

作者对李正直教授与我们进行的有益讨论,以及施永强、朱又迈、林秀英等在实验工作中所给予的热情支持表示深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] D. Gabor et al.; *Phys. Lett.*, 1965, **18**, No. 2, 116.
- [2] J. F. Ebersole; *Opt. Eng.*, 1975, **14**, No. 5, 436.
- [3] S. R. Dashiell, A. W. Lohmann; *Opt. Commun.*, 1973, **8**, No. 2, 100.
- [4] 闫守邕等;“实用遥感图象光学处理方法”,科学出版社,1981, p. 38.
- [5] 郭履容等;《光学学报》,1984, **4**, No. 2, 145.
- [6] 田志伟,吴惠楨;《科技通报》,1986, **2**, No. 2, 9.