二维信号进行特征识别；改善各种成象仪器的成象质量，消除由于系统或元件本身的象差、离焦、大气扰动、成象仪器与物体之间相对运动所造成的图象模糊；处理综合孔径雷达收集的大量数据等等。光学信息处理装置有时也称作“相干光模拟计算机”。近几年来，发展迅速，每年召开一次国际专业会议报导“光计算”领域的研究成果。

然而，利用透镜进行傅里叶变换的功能仅能处理空间平移不变的点扩展函数的问题，实际上遇到的大量问题的点扩展函数是空间平移可变的，这时傅里叶变换就无能为力了。为此，我们进行了关于光学一般性变换的理论研究，取得了初步的结果。根据该理论，利用光学系统不仅可以实现傅里叶变换，并且原则上可以实现诸如 Mellin 变换、Walsh 变换等更一般性的变换。具体地说，处理结果包括：(1)提出和讨论了采用多个位相型空间调制器实现一般线性变换的可能性；(2)提出和讨论了为实现给定变换设计位相型空间调制器系统的方法；(3)提出和讨论了给定变换求相应逆变换的方法。这些理论问题的进展可用于扩大现有光学信息处理系统的能力。

我们进行了与部分理论有关的实验工作(即给定变换求相应逆变换)。从理论上讲，任一个光学变换系统及其逆变换系统应构成完整的成象系统。在实验上，以单个位相型空间调制器为例，较好地验证了理论结果。

非线性光学变换实现图象的假色编码

中国科学院物理研究所　张洪钧　戴建华　张家驯

在图象信息处理领域中，非线性变换有重要应用。过去，非线性变换只能由电子计算机实现。光学处理系统一般只能实现线性变换。近几年来，出现了半色调预处理方法，使光学处理在非线性变换方面取得了很大进展。半色调方法在印刷工业中已有上百年历史，它能把一个连续色调图象变成由黑白线条阵(一维)或点阵(二维)组成的两个色调(二进制)的图象。这与通信论中的脉宽调制十分类似。显然，只要半色调线阵或点阵的周期足够小，满足抽样定理，就不会丢失图象的任何信息。半色调预处理是经过原始图象对极高γ胶片进行翻拍来完成的，只是在图象与胶片之间放进一个特殊的半色调屏(一维阶梯形周期密度分布的屏)，通过控制曝光量来控制密度限幅高低，使得最后得到的半色调照片的线宽 b 是原始图象的密度函数：

$$b\leqslant D_s^{-1}\left(\log_{10}\frac{I_{in}(x)}{I_c}\right)$$

其中 D_s 是半色调屏的密度分布，I_{in} 是原始图象的光强分布，I_c 是限幅光强值。上式可见，b 决定于所设计半色调屏 D_s 分布和对胶片所取限幅值 I_c。

经过预处理后的半色调照片作为输入片，进一步在光学处理系统中进行处理。半色调照片的局部振幅透过率为

$$t(x)=1-\operatorname{rect}\left(\frac{x}{b}\right)\circledast\left[\frac{1}{a}\operatorname{comb}\left(\frac{x}{a}\right)\right]$$

其中 $\circledast$ 为卷积符号，a 为半色调屏的周期，经透镜傅里叶变换，其空间频谱为：

$$\begin{aligned}\mathscr{F}[t(x)]&=\left(\frac{1}{\lambda F}\right)[\delta(f_x)-b\sin c(bf_x)\operatorname{comb}(af_x)]\\&=\left(\frac{1}{\lambda F}\right)\left[\delta(f_x)-\frac{b}{a}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\delta\left(f_x-\frac{n}{a}\right)\sin c\left(n\frac{b}{a}\right)\right]\end{aligned}$$

其中 λ 为光波波长，F 为透镜焦长。只要满足抽样定理，图象信息集中在各衍射级

$$f_x=0,\ \pm\frac{1}{a},\ \pm\frac{2}{a},\ \cdots,$$

等附近小区域内，而不互相重迭。用狭缝可取出所需衍射级

$$\mathscr{F}[t(x)]_{n\neq0}=\left(\frac{1}{\lambda F}\right)\delta\left(f_x-\frac{n}{a}\right)\left(\frac{b}{a}\right)\operatorname{sinc}\left(\frac{nb}{a}\right)。$$

再经傅里叶逆变换得到输出图象强度 $I_n(b)$:

$$I_n(b)=\left(\frac{1}{\lambda^2F^2}\right)^2\left(\frac{1}{n\pi}\right)^2\sin^2\left(\frac{\pi bn}{a}\right)$$

处理图象的强度 $I_n(b)$ 随变量 b 以正弦函数的平方而变化，并且对不同衍射级 n，其周期也发生变化，如果把线宽 b 值代入，最后得到:

$$I_n(b)=\left(\frac{1}{\lambda^2F^2}\right)^2\left(\frac{1}{n\pi}\right)^2\sin^2\left[\frac{\pi n}{a}D_s^{-1}\left(\log\frac{I_{in}(x)}{I_c}\right)\right]$$

显然第 n 级衍射级的输出 $I_n(b)$ 与输入 $I_{in}(x)$ 之间的关系是非线性关系。某些 b 值输出为极大，在输出图象中出现等密度线。

黑白图象的假色编码是在具有三原色光源的光学处理系统中实现的。不同衍射级给以不同原色波长，然后三种原色在输出图象中混合形成图象的假色编码。同一颜色表示原始图象中有相同密度等级。Goodman 在相干处理系统中实现假色编码，三原色光源由氩离子激光器和氦-氖激光器共同完成。我们采用非相干处理，利用白炽灯的多波长输出同样实现了黑白图象的假色编码，不但设备简单，便于推广应用，还克服了相干光系统的相干噪声，提高了信噪比，改善了图象质量。

图象的假色编码可以大大提高人眼视觉系统的识别能力。人眼对黑白图象只能识别 15～20 灰度等级，如果同一图象是彩色的，那么密度等级的识别能力可提高到成百上千。因此黑白图象的假色编码在 X 射线或 γ 射线透视照片、遥感图象，以及电子显微镜图象的处理中得到广泛应用。非相干处理方法的简便和象质优良将为各个领域的应用提供前景。

部分偏振的斑纹图样与相干背景之和的统计性质

中国科学院物理研究所　詹达三

在假定部分偏振的斑纹图样遵从圆复高斯统计的条件下，我们对部分偏振的斑纹图样与恒定的偏振相干背景迭加时的统计性质作了讨论。求出合强度的概率密度分布 $P_I(I)$ 为:

$$P_I(I)=\begin{cases}\dfrac{4I}{\langle I_N\rangle^2(1-P^2)}\exp\left\{-\dfrac{2I(1-P)+2I_s+2P(I_{s2}-I_{s1})}{\langle I_N\rangle(1-P^2)}\right\}\\ \quad\times\displaystyle\sum_{i=0}^{\infty}\sum_{j=0}^{\infty}\frac{1}{i!\,j!\,\Gamma(i+j+2)}\left[\frac{I_{s2}I}{\frac{1}{4}\langle I_N\rangle^2(1-P)^2}\right]^i\left[\frac{I_{s1}I}{\frac{1}{4}\langle I_N\rangle^2(1+P)^2}\right]^j\\ \quad\times{}_1F_1\left(i+1;j+i+2;-\dfrac{4PI}{\langle I_N\rangle(1-P^2)}\right),\quad(I\geqslant0)\\ 0\quad(I<0)\end{cases}\tag{1}$$

其中 I_s 是相干背景的强度，$\langle I_N\rangle$ 是部分偏振的斑纹图样的平均强度，P 为其偏振度，而 I_{s1} 和 I_{s2} 分别是对部分偏振的斑纹图的场的相干矩阵为对角化的新坐标系中的相干背景的两个分强度，它们不但与相干背景的偏振性质有关，而且也和斑纹图样的偏振性质有关。此时分布的 n 阶矩为

$$\langle I^n\rangle=n!\sum_{r=0}^{n}\lambda_1^{n-r}\lambda_2^r\,{}_1F_1\left(-n+r;\,1;\,\frac{-I_{s1}}{\lambda_1}\right){}_1F_1\left(-r;\,1;\,-\frac{I_{s2}}{\lambda_2}\right)。\tag{2}$$

如果斑纹图样的偏振度 $P=0$ 时，则(1)式化为:

$$P_I(I)=\begin{cases}2\sqrt{\dfrac{I}{I_s\langle I_N\rangle^2}}\,I_1\left(4\dfrac{\sqrt{I_sI}}{\langle I_N\rangle}\right)\exp\left\{-\dfrac{2(I+I_s)}{\langle I_N\rangle}\right\},\quad(I\geqslant0)\\ 0\quad(I<0)。\end{cases}\tag{3}$$