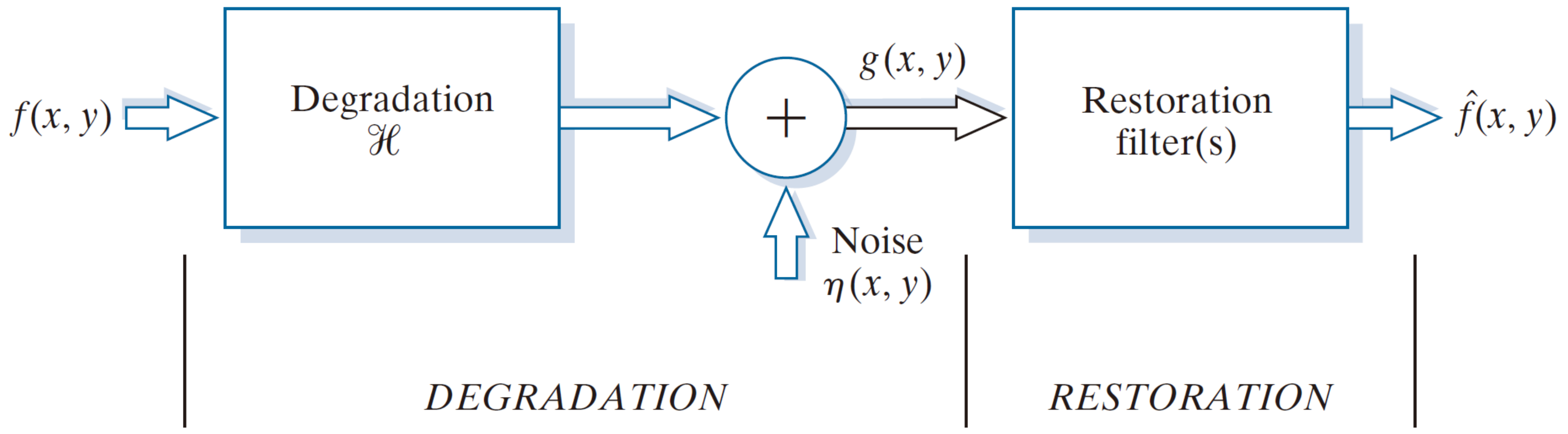
主要内容

- 图像退化/复原过程的模型
- 噪声模型
- 空间域滤波方法
- 频率域滤波方法
- 退化函数的估计
- 逆滤波
- 维纳滤波

5.5 线性 位置不变的退化

FIGURE 5.1
A model of the image degradation/restoration process.



$$\boxed{g(x,y) = \mathcal{H}[f(x,y)] + \eta(x,y)}$$

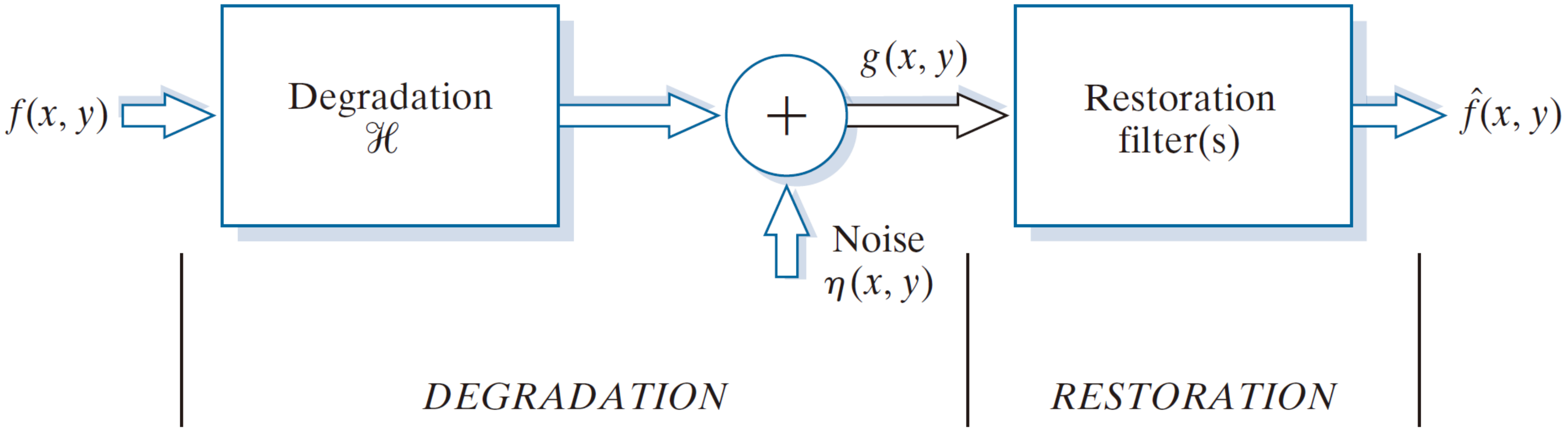
若系统$\mathcal{H}$是一个线性，位置不变的退化系统，那么退化图像可表示为

$$g(x,y) = f(x,y) \star h(x,y) + \eta(x,y)$$

$$G(u,v) = F(u,v)H(u,v) + N(u,v)$$

5.5 线性 位置不变的退化

FIGURE 5.1
A model of the image degradation/restoration process.



$$g(x,y) = \mathcal{H}[f(x,y)] + \eta(x,y)$$

$$\boxed{\eta(x,y) = 0}$$

$$g(x,y) = \mathcal{H}[f(x,y)]$$

- **线性系统**

$$\mathcal{H}[af_1(x,y) + bf_2(x,y)] = a\mathcal{H}[f_1(x,y)] + b\mathcal{H}[f_2(x,y)]$$

- **位置不变系统** $\mathcal{H}[f(x-\alpha, y-\beta)] = g(x-\alpha, y-\beta)$

5.5 线性 位置不变的退化

$$\boxed{g(x,y) = \mathcal{H}[f(x,y)]}$$

若 $\mathcal{H}$ 是线性位置不变系统

$$g(x,y) = f(x,y) \star h(x,y)$$

$$f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\delta(x-\alpha, y-\beta)\,d\alpha\,d\beta$$

$$g(x,y) = \mathcal{H}[f(x,y)] = \mathcal{H}\left[\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\delta(x-\alpha, y-\beta)\,d\alpha\,d\beta\right]$$

$$\boxed{\mathcal{H}[f_1(x,y) + f_2(x,y)] = \mathcal{H}[f_1(x,y)] + \mathcal{H}[f_2(x,y)]}$$

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{H}[f(\alpha,\beta)\delta(x-\alpha, y-\beta)]\,d\alpha\,d\beta$$

$$\boxed{\mathcal{H}[af_1(x,y)] = a\mathcal{H}[f_1(x,y)]}$$

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\mathcal{H}[\delta(x-\alpha, y-\beta)]\,d\alpha\,d\beta$$

若 $\mathcal{H}$ 是线性系统

$$\mathcal{H}[af_1(x,y) + bf_2(x,y)]$$
$$= a\mathcal{H}[f_1(x,y)] + b\mathcal{H}[f_2(x,y)]$$

5.5 线性 位置不变的退化

$$\mathcal{H}[\delta(x,y)] = h(x,y)$$

位置不变系统

$$\mathcal{H}[f(x-\alpha,y-\beta)] = g(x-\alpha,y-\beta)$$

$$\mathcal{H}[\delta(x-\alpha,y-\beta)] = h(x-\alpha,y-\beta)$$

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\mathcal{H}[\delta(x-\alpha,y-\beta)]d\alpha d\beta$$

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)h(x-\alpha,y-\beta)d\alpha d\beta$$

$$g(x,y) = f(x,y)\bigstar h(x,y)$$

$$\boxed{+\ \eta(x,y)}$$

$$g(x,y) = f(x,y)\bigstar h(x,y) + \eta(x,y) \xrightarrow{\text{卷积定理}} G(u,v) = F(u,v)H(u,v) + N(u,v)$$

5.5 线性 位置不变的退化

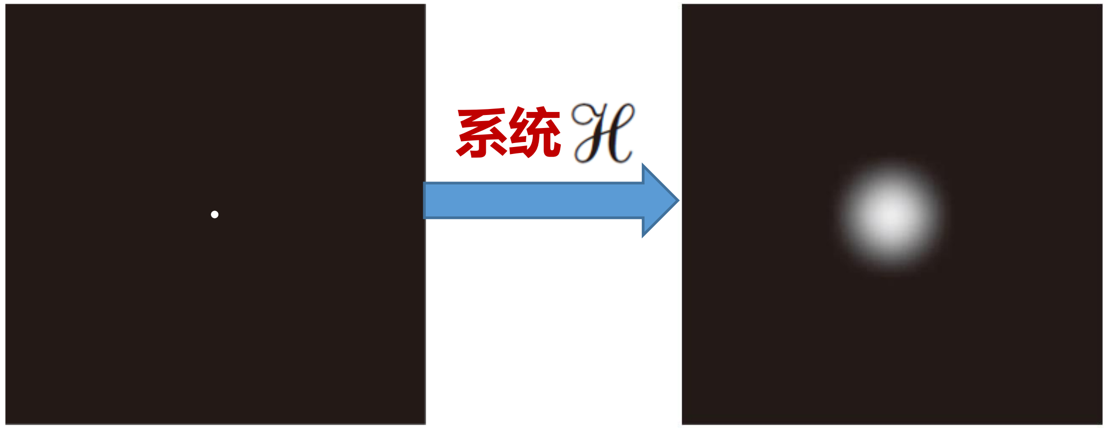
$$\mathcal{H}\left[\delta(x, y)\right] = h(x, y)$$

位置不变系统

$$\mathcal{H}\left[f(x-\alpha, y-\beta)\right] = g(x-\alpha, y-\beta)$$

$$\mathcal{H}\left[\delta(x-\alpha, y-\beta)\right] = h(x-\alpha, y-\beta)$$

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



点扩散函数
Point spread function, PSF

5.6 估计退化函数

$g(x,y) = f(x,y)\star h(x,y)$ **图像去卷积** $G(u,v) = F(u,v)H(u,v)$

How to acquire *H(u,v)*?

- **图像观察估计**

没有关于退化函数$\mathcal{H}$的任何知识

(1) 选取高对比度区域 $g_s(x,y)$

(2) 处理子图像，获得清晰图像 $\hat{f}_s(x,y)$

$$H_s(u,v) = \frac{G_s(u,v)}{\hat{F}_s(u,v)}$$

$g_s(x,y)$ $\hat{f}_s(x,y)$

5.6 估计退化函数

$$\mathcal{H}[\delta(x,y)] = h(x,y)$$

- **试验估计**

（1）与退化图像类似的图像可以通过各种系统设置得到

（2）使用相同系统对一个冲激（小亮点）成像，得到退化的冲激响应

一个冲激可由一个亮点来模拟，该点尽可能亮，以便将噪声的影响降低到可以忽略的程度

$$H(u,v) = \frac{G(u,v)}{F(u,v)}$$

$$H(u,v) = \frac{G(u,v)}{A}$$

5.6 估计退化函数

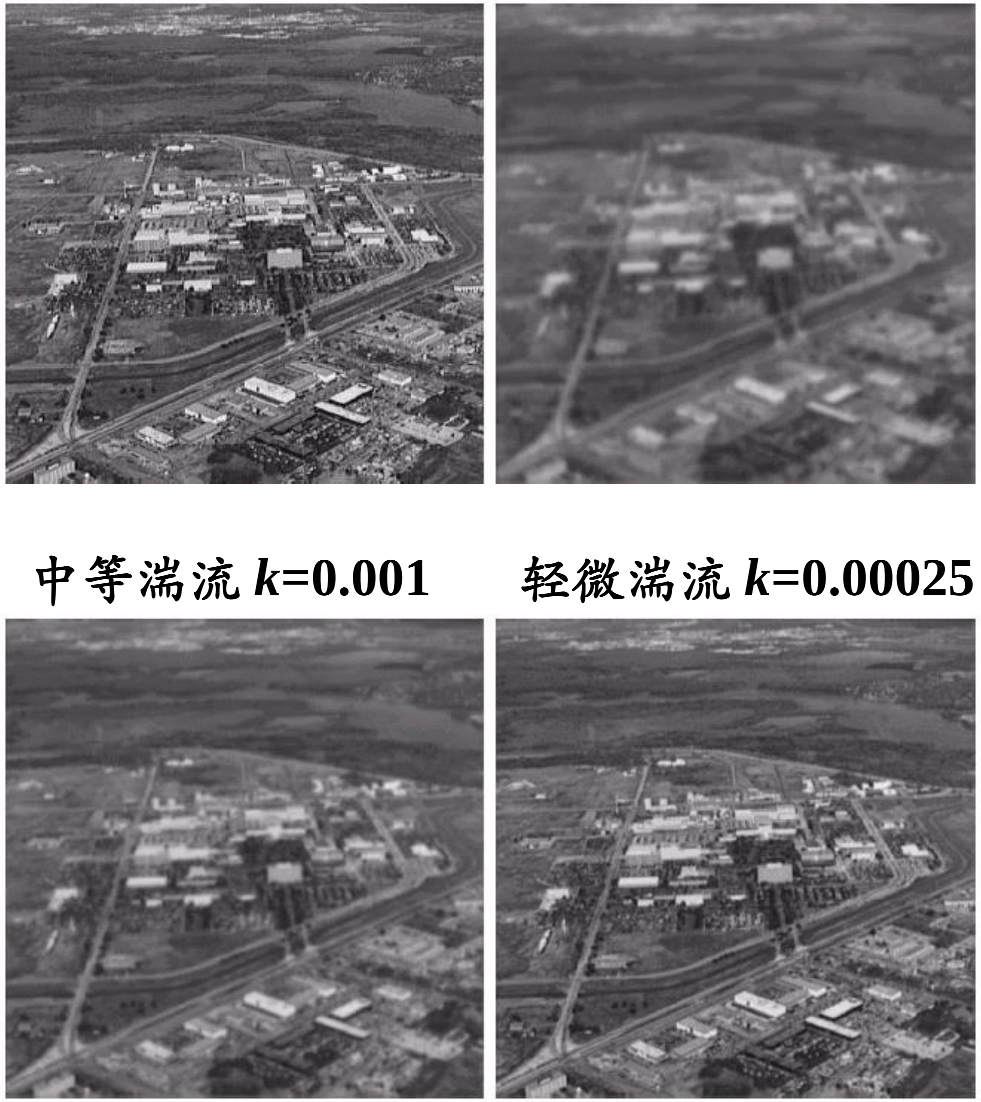
- **建模估计**

  □ 考虑引起退化的环境条件

基于大气湍流物理特性的退化模型

$$H(u,v)=e^{-k\left(u^2+v^2\right)^{5/6}}$$

k是与湍流性质有关的常数



5.6 估计退化函数

- **建模估计**

□ **从基本原理推导一个数学模型**

运动模糊

运动模糊是景物图象中的移动效果。它比较明显地出现在长时间暴光或场景内的物体快速移动的情形里。

均匀线性的运动模糊

图像获取时被图像与传感器之间的均匀线性运动模糊了

5.6 估计退化函数

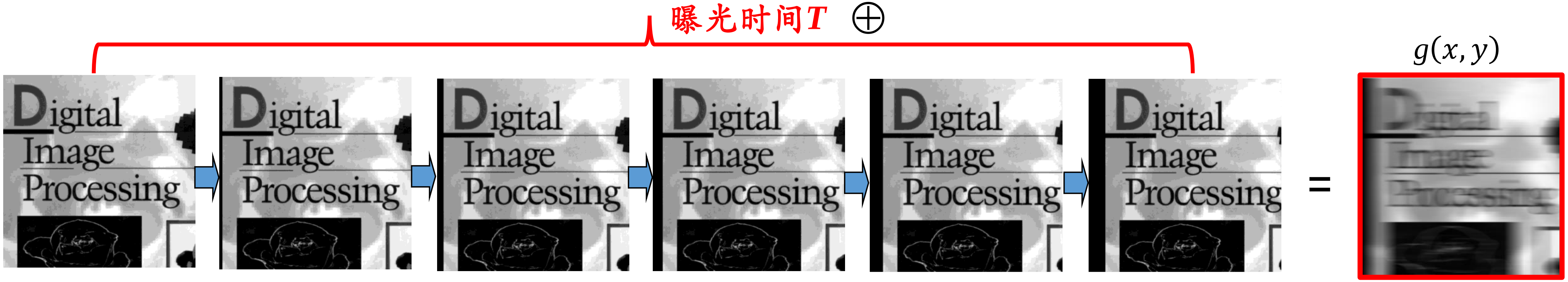
- **建模估计**

均匀线性的运动模糊

假设图像$f(x,y)$进行平面运动，$x_0(t)$和$y_0(t)$分别是在x和y方向上随时间变化的分量。

T为曝光时间

$$g(x,y)=\int_0^T f\left[x-x_0(t),y-y_0(t)\right]dt$$

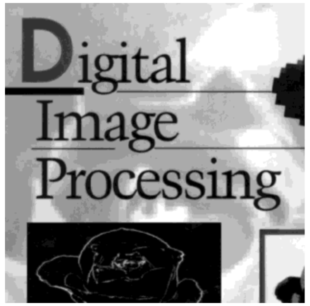


5.6 估计退化函数

- **建模估计**

均匀线性的运动模糊

$f(x,y)$



$g(x,y)$

假设图像$f(x,y)$进行平面运动，$x_0(t)$和$y_0(t)$分别是在x和y方向上随时间变化的分量。

T为曝光时间

$$g(x,y)=\int_0^T f\left[x-x_0(t),y-y_0(t)\right]dt$$

$$G(u,v)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} g(x,y)e^{-j2\pi(ux+vy)}dxdy = F(u,v)\underbrace{\boxed{\int_0^T e^{-j2\pi\left(ux_0(t)+vy_0(t)\right)}dt}}_{H(u,v)}$$

模糊图像 $g(x,y)$

理想图像 $f(x,y)$

• 建模估计

均匀线性的运动模糊

$$\boxed{H(u,v)=\int_0^T e^{-j2\pi\left(ux_0(t)+vy_0(t)\right)}dt}$$

$$G(u,v)=H(u,v)\ F(u,v)$$

模糊图像 $g(x,y)$　　理想图像 $f(x,y)$

若运动变量 $x_0(t)$ 和 $y_0(t)$ 已知，那么 $H(u,v)$ 确定

若图像只在x方向以给定的速度 $x_0(t)=at/T$ 做匀速直线运动。当$t=T$时，图像位移的总距离为a。

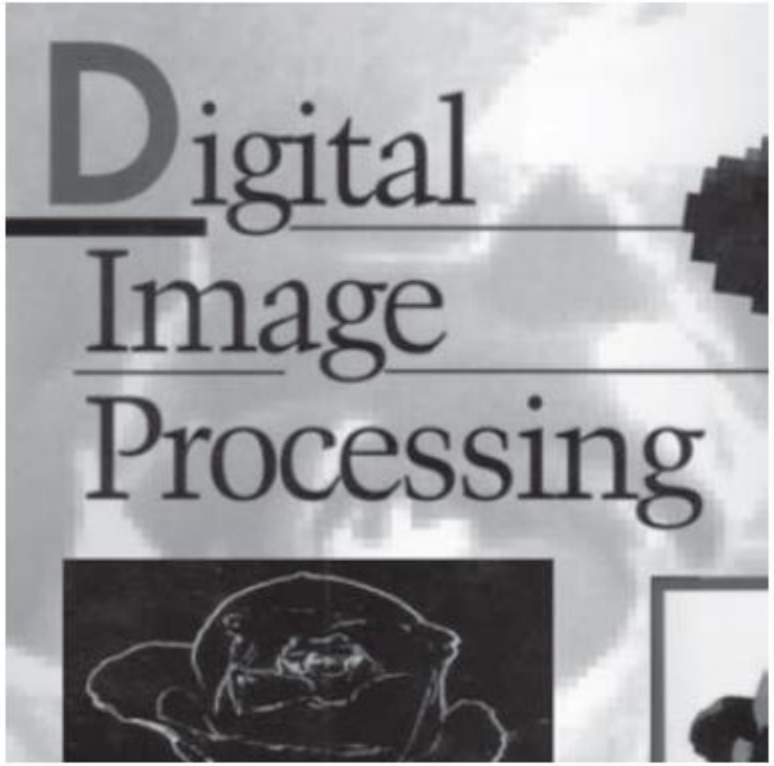
$$H(u,v)=\int_0^T e^{-j2\pi ux_0(t)}dt=\int_0^T e^{-j2\pi uat/T}dt=\frac{T}{\pi ua}\sin(\pi ua)e^{-j\pi ua}$$

$x_0(t)=at/T$　$y_0(t)=bt/T$ $\Rightarrow$

$$\boxed{H(u,v)=\frac{T}{\pi(ua+vb)}\sin[\pi(ua+vb)]e^{-j\pi(ua+vb)}}$$

5.6 估计退化函数

$$H(u,v)=\frac{T}{\pi(ua+vb)}\sin[\pi(ua+vb)]e^{-j\pi(ua+vb)}$$



$a=b=0.1$

$T=1$