处理技术分类

- 图像增强
  - 空域法（图像域）
    - 点处理
      - 灰度变换
      - 直方图修正
    - 邻域(模板)处理
      - 图像平滑
      - 图像锐化
    - 彩色增强
      - 伪彩色增强
      - 假彩色增强
      - 真彩色增强
  - 频域法（变换域）
    - 低通滤波法
    - 高通锐化法
    - 同态增析法

空域法：对像素值处理　　频域法：在某种变换域内进行操作

灰度直方图

[图像中各灰度级出现频数分布的统计图表]

$P(S_k)=\frac{n_k}{n}$　总像素数 n，第k级灰度值 S_k，S_k的像素数 n_k

直方图的映射变换（点处理）

式：$S=T(r)$　对每个像素的灰度作变换.

直方图均衡化

对于归一化后的 r, s.　$s=T(r)=\int_0^r p(r)\,dr$ 连续

$$s_k=T(r_k)=\sum_{i=0}^{k}P_r(r_i)=\sum_{i=0}^{k}\frac{n_i}{N}$$

原始图像灰度级s_k	0	1	2	3	4	5	6	7
原始图像各灰度级的像素n_k	790	1023	850	656	329	245	122	81
计算原始直方图$p(s_k)=n_k/n$	0.19	0.25	0.21	0.16	0.08	0.06	0.03	0.02
计算原始累计直方图tk	0.19	0.44	0.65	0.81	0.89	0.95	0.98	1.00
取整tk=int[(L-1)tk+0.5]	1	3	5	6	6	7	7	7
确定映射对应关系(sk→tk)	0→1	1→3	2→5	3，4→6		5，6，7→7		
统计新直方图各灰度级象素		790		1023		850	985	448
变换后直方图		0.19		0.25		0.21	0.24	0.11

$t_k\cdot(L-1)$ 后四舍五入为映射的灰度级

直方图规定化

1. 对原始图像直方图均衡化
2. 对规定 — —. — — — -
3. SML规则

原始图像灰度级	0	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7
原始图像各灰度级的像素	790	1023	850	656	329	245	122	81
计算原始直方图	0.19	0.25	0.21	0.16	0.08	0.06	0.03	0.02
算原始累计直方图	0.19	0.44	0.65	0.81	0.89	0.95	0.98	1.00
规定直方图	0	0	0	0.15	0.20	0.30	0.20	0.15
算规定累计直方图	0	0	0	0.15	0.35	0.65	0.85	1.00
SML映射	3	4	5	6	6	7	7	7
确定映射对应关系	0→3	1 →4	2 →5	3，4 →6		5，6，7 →7		
变换后直方图	0	0	0	0.19	0.25	0.21	0.24	0.11

对每一原始图像灰度级的累计频率.

找规定直方图的累计频率中与之差距最小的灰度级，即为映射.

以灰度级0为例，0.19与0.15差距最小，故 0→3.

图像平滑

目的：去除或衰减图像中噪声和假轮廓

方法如下.

(一) 空域平滑法

(1) 4-邻域平均　　$M = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(2) 8-邻域　　$M = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

(3) 加权平均法模板　　$M = \frac{1}{5}\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$　$M = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$　$M = \frac{1}{10}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

以上都算模板法，将模板从第2行第2列开始滑动.(忽略边界)

平滑模板：系数和=1. 对常数图像处理后无变化。平均亮度不变。

(4) 多幅图像平均法：对同一景物重复采集M次相加取平均

$\sigma^2 \to \sigma^2/M$　　$\sigma \to \sigma/M$

(二) 频域平滑法

图像→低频 噪声边缘→高频

巴特沃斯低通滤波器 $H(u,v)=\dfrac{1}{1+[D(u,v)/D_0]^{2n}}$

(三) 中值滤波

实质是用局部中值代替局部平均值

举例

已知原图像块$f(x,y)$（包含点噪声）$f(x,y)=\begin{bmatrix}1&1&2&2\\1&1&9&2\\1&5&2&2\\1&1&2&2\end{bmatrix}$

1. 加权平均法：用模板M_1处理，结果为$g_1(x,y)$:

$$M_1=\frac{1}{5}\begin{bmatrix}0&1&0\\1&1&1\\0&1&0\end{bmatrix}\qquad f(x,y)=\begin{bmatrix}1&1&2&2\\1&3&3&2\\1&2&4&2\\1&1&2&2\end{bmatrix}$$

2. 中值滤波法：用模板M_2处理，结果为$g_2(x,y)$:

$$M_2=\begin{bmatrix}0&1&0\\1&1&1\\0&1&0\end{bmatrix}\qquad f(x,y)=\begin{bmatrix}1&1&2&2\\1&1&2&2\\1&1&2&2\\1&1&2&2\end{bmatrix}$$

适合消除脉冲及点噪声

图像锐化

目的：加重目标物轮廓，模糊→清晰

可通过空域微分、高通滤波

(一) 空域锐化法

$g(x)=f(x)-\dfrac{d^2f(x)}{dx^2}$ (一维)

(1) Laplacian 锐化

① 连续图像 $\nabla^2 f=\dfrac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 f}{\partial y^2}$ $g(x,y)=f(x,y)-\alpha\nabla^2 f$

② 数字图像

二阶微分 $f(m+1,n)+f(m-1,n)-2f(m,n)$

$f(m,n+1)+f(m,n-1)-2f(m,n)$

$$g(m,n)=f(m,n)-\alpha[f(m+1,n)+f(m-1,n)+f(m,n+1)+f(m,n-1)-4f(m,n)]$$

(2) 模板法

① Laplacian 模板

$$M_1 = \begin{bmatrix} 0, & -\alpha, & 0 \\ -\alpha, & 1+4\alpha, & 0 \\ 0, & -\alpha, & 0 \end{bmatrix} \qquad M_2 = \begin{bmatrix} -\alpha, & -\alpha, & -\alpha \\ -\alpha, & 1+8\alpha, & -\alpha \\ -\alpha, & -\alpha, & -\alpha \end{bmatrix}$$

4-邻域　　　　8-邻域

②其他

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{2}\begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 6 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix}$$

模板(掩模矩阵)法

3. 处理方法：用模板对原图像从第**2**行第**2**列开始逐渐移法计算（图像四周边界一般不处理）。

4. 锐化模板特点

（**1**）模板内系数有正有负，表示差分运算；

（**2**）模板内系数之和**1**

① 对常数图像$f(m, n) \equiv c$，处理前后不变；

② 对一般图像，处理前后平均亮度不变。

5. 锐化实质

锐化图像$g(m,n)$=原图$f(m,n)$+加重的边缘(α*微分)

5平滑对照

(二)频域锐化法

理想高通滤波器

巴特沃斯 ……　$H(u,v) = \dfrac{1}{1+[D_0/D(u,v)]^{2n}}$

总结：先平滑后锐化　　仅用原图像处理

同态滤波

入射光占据低频段，反射光占据高频段

为使图像清晰，可压缩 $i(x,y)$ 范围，增强 $r(x,y)$

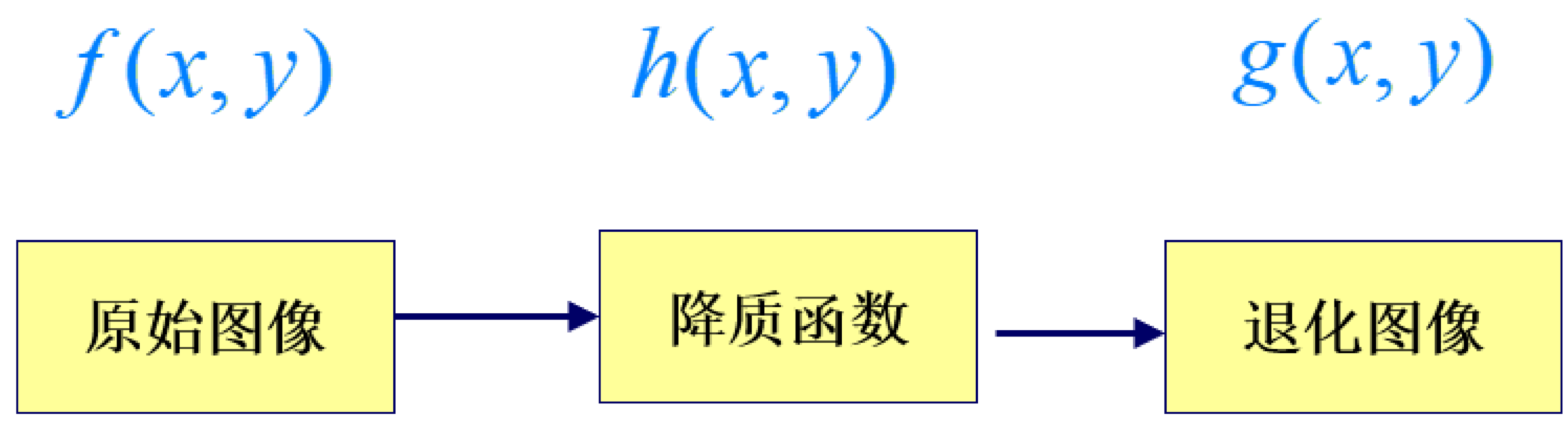
图像复原（Shit 中 Shit）

技术分类：给定模型 —— 无约束、有约束

根据域 —— 频域、空域

1. n种退化模型

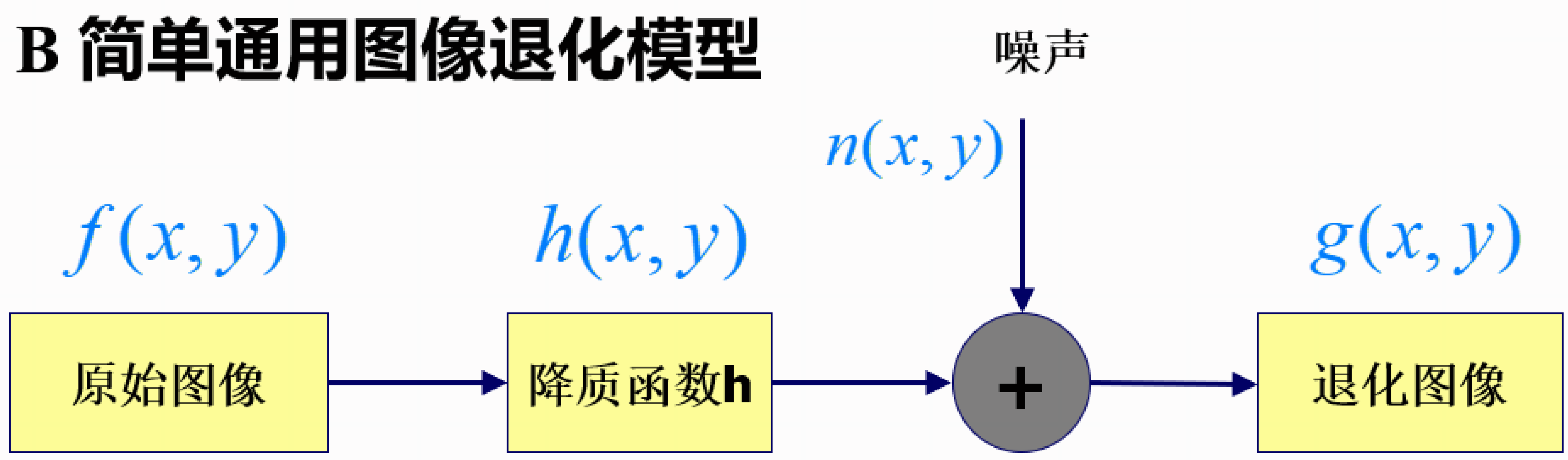
A 不考虑噪声的图像退化模型



$$g(x,y)=f(x,y)*h(x,y)=\sum_{i=0}^{A-1}\sum_{j=0}^{B-1}f(i,j)h(m-i,n-j)$$

图像的退化由系统特性引起

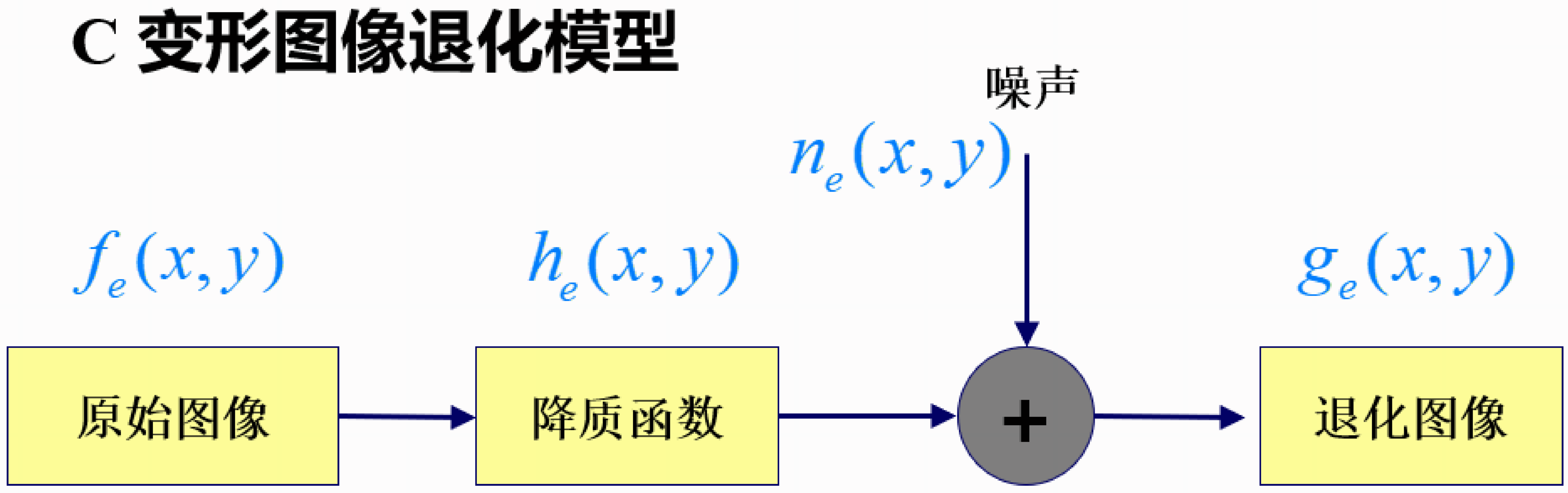
B 简单通用图像退化模型



$$g(x,y)=f(x,y)*h(x,y)+n(x,y)$$

图像的退化由系统特性和噪声两部分引起

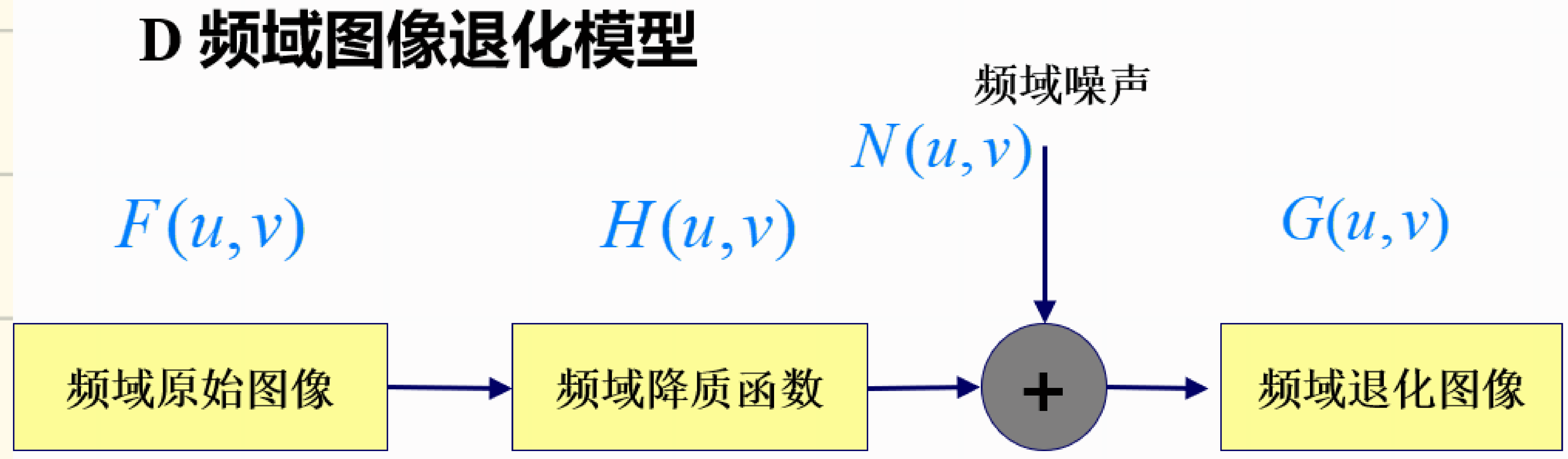
C 变形图像退化模型



$$g_e(x,y)=f_e(x,y)*h_e(x,y)+n_e(x,y)$$

图像的退化由系统特性和噪声两部分引起

D 频域图像退化模型



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

图像的退化由系统特性和噪声两部分引起

2. 无约束恢复

(1) 无约束

已知 $[g]=[h][f]+[n]$

目标：$\min \|g-h\hat{f}\|^2 \rightarrow \min J[\hat{f}]$

$$\frac{\partial J[\hat{f}]}{\partial[\hat{f}]} = -2[h]^T([g]-[h][\hat{f}])=0$$

$$[\hat{f}]=[h]^{-1}[g]$$

(2) 逆滤波法

2. **逆滤波法**

A. **图像复原的逆滤波法**

$g(x,y)$ 退化图像 → 恢复传递函数P → 复原图像 $\hat{f}(x,y)$

复原通过设计复原滤波器（逆滤波）来实现。

B. 逆滤波法的特点

将频域退化模型 $G(u,v)=F(u,v)H(u,v)+N(u,v)$

代入逆滤波器，则 $\hat{F}(u,v)=F(u,v)+\dfrac{N(u,v)}{H(u,v)}$

（**1**）存在问题

上式包含了我们希望得到的***F*(*u*,*v*)**,但同时又加上一项由噪声带来的项***N*(*u*,*v*)/*H*(*u*,*v*)**,但***H*(*u*,*v*)**较小或→**0**处具有噪声放大作用，这些***H*(*u*,*v*)**较小的点上噪声起主要作用；

B. 逆滤波法的特点

（2）使用逆滤波器时的注意事项

① 忽略***H*(*u*,*v*)=0**的点（奇异点）。

比如可令此处的 $\hat{F}(u,v)=G(u,v)$

的邻域均值，对复原结果不会产生太大影响；

② 当***H*(*u*,*v*)**非常小时，***N*(*u*,*v*)/*H*(*u*,*v*)**对复原结果起主导作用，而多数实际应用系统中，***H*(*u*,*v*)**离开原点衰减很快，故复原应局限于离远点不太远的有限区域进行。

B. 逆滤波法的特点

（**3**）一种改进方法时取恢复滤波器***P*(*u*,*v*)**为

$$P(u,v)=\begin{cases} k & ; \quad 如|H(u,v)|\le d \\ \dfrac{1}{H(u,v)} & ; \quad else \end{cases}$$

其中***k***和***d***均小于**1**的常数，且***d***选得较小为好。

5. 有约束恢复

1. 基本原理

A. 问题提出：令[Q]为[f]的线性算子，寻找一个最优估计

使 $J[\hat{f}]=\left\|[Q][\hat{f}]\right\|^2$

在约束条件$\left\|[g]-[h][\hat{f}]\right\|^2=\|n\|^2$ 的条件下为最小。

1. **基本原理**

B. **求解 ：**

这类最小化问题，可用Lagrange算子来处理，准则函数为

$$J([\hat{f}])=\left\|[Q][\hat{f}]\right\|^2+\alpha\left\{\left\|[g]-[h][\hat{f}]\right\|^2-\|n\|^2\right\}$$

同理，令 $\frac{\partial J}{\partial[\hat{f}]}=2[Q^T][Q][\hat{f}]-2\alpha[h]^T\{[g]-[h][\hat{f}]\}=0$

可得： $[\hat{f}]=\{[h]^T[h]+r[Q^T][Q]\}^{-1}[h]^T[g]$

上式中， $r=1/\alpha$

适当选择这一常数，使约束条件满足，便能求得最佳估计

5.3 有约束恢复

2. 维纳滤波法

A. **设R_f和R_n分别为原始图像f和噪声n的相关矩阵，即，**

$$R_f=E\{ff^T\}\qquad R_n=E\{nn^T\}$$

这里由概率论知识可知，R_f和R_n中各元素分别是[f]和[n]这两个多维随机向量中各分量间的自相关函数，其FT是随机向量的功率谱密度。

2. 维纳滤波法

B. 选择Q满足如下关系

$Q^TQ=R_f^{-1}R_n$ **其FT为信噪（功率谱）比。**

该式代入 $[\hat{f}]=\{[h]^T[h]+r[Q^T][Q]\}^{-1}[h]^T[g]$

可得 $\hat{f}=[h^Th+rR_f^{-1}R_n]^{-1}h^Tg$

将上式中各矩阵的元素进行FT，即 $\hat{f}_e\leftrightarrow\hat{F}$，$h_e\leftrightarrow H$，

$h_e^T\leftrightarrow H^*$，$g_e\leftrightarrow G$，$R_f^{-1}\leftrightarrow 1/S_f$，$R_n\leftrightarrow S_n$

这里S_f和S_n分别是f_e和n_e的谱函数,则上式变为：

维纳滤波器

$$\hat{F}(u,v)=\left[\frac{H^*(u,v)}{|H(u,v)|^2+r\left[S_n(u,v)/S_f(u,v)\right]}\right]G(u,v)=\left[\frac{1}{H}\frac{H^2}{H^2+r(S_n/S_f)}\right]G$$

噪声功率谱　原始图像功率谱

上式中，$M=N$，$u,v=0,1,2,\cdots,N-1$；

$r=1/\alpha$（α为Lagrange乘子）；

$$|H(u,v)|^2=H^*(u,v)H(u,v)$$