南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

数字图像与视频处理

吴聪

第2章 图像增强

- **2.1 引言**
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- 2.5 图像的同态滤波
- 2.6 基于Retinex理论的图像增强
- 2.7 彩色增强
- 2.8 MATLAB编程实例

2.1 引言

在图像的形成、存储、传输等过程中，由于多种因素的影响，会导致图像质量的下降。

对比度下降

2.1 引言

改善降质图像（退化图像）的方法:

- 图像增强：不考虑图像降质的原因，并不要求改善后的图像去逼近原始图像，而是根据一定的要求将图像中感兴趣的部分加以处理或突出有用的图像特征（如边缘、轮廓、对比度等），抑制不需要的信息，以改善图像的主观视觉效果或便于后续的图像分析和识别。
- 图像复原：针对图像降质的具体原因，设法补偿降质因素，从而使改善后的图像尽可能地逼近原始图像。

图像增强算法分类

（1）空间域法：是在空间域内直接对图像的像素值进行运算操作。空间域法又分为点运算处理法和邻域运算处理法。

- 点运算处理法：是指直接对图像的各像素点逐一进行灰度变换的处理方法。例如，图像的灰度变换、直方图修正等都采用点运算处理法。
- 邻域运算处理法：是对图像像素的某一邻域进行处理的方法。例如，图像平滑、图像锐化等都采用邻域运算处理法。

（2）频率域法：在频率域上对图像的变换系数进行处理，增强感兴趣的频率分量，然后再进行反变换到空间域，得到增强后的图像。常用的方法包括低通滤波、高通滤波以及同态滤波等。

图像增强算法分类

- 图像增强
  - 空域法(图像域)
    - 点运算处理
      - 灰度变换
      - 直方图修正
    - 邻域运算处理
      - 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
    - 高通滤波
    - 同态滤波

第2章 图像增强

- 2.1 引言
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- 2.5 图像的同态滤波
- 2.6 彩色增强
- 2.7 MATALAB编程实例

2.2.1 灰度的线性变换

假定原图像$f(x,y)$ 的灰度范围为［a,b］，变换后图像$g(x,y)$的灰度范围扩为［c,d］，则采用线性变换：

$$g(x,y)=\frac{d-c}{b-a}[f(x,y)-a]+c$$

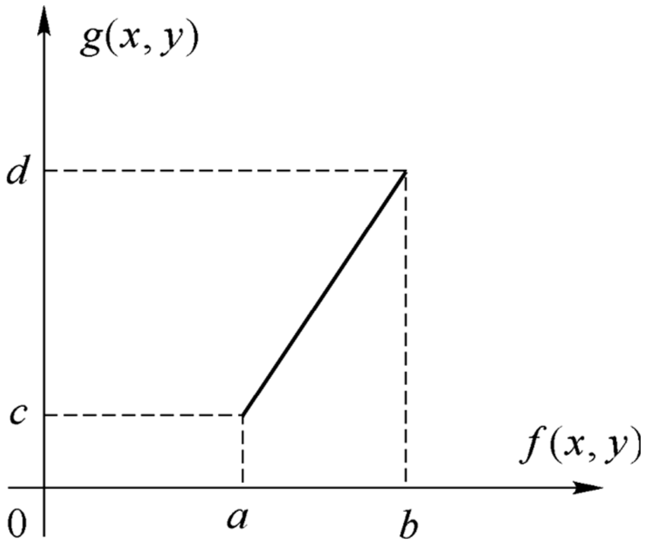


图2-2 灰度的线性变换

(a)原图像

(b)变换后的图像

2.2.1 灰度的线性变换

若图像灰度在［$0,M_f$］范围内，其中大部分像素的灰度级分布在区间［a,b］，很小部分的灰度级超出了此区间，为改善增强的效果，可令

$$g(x,y)=\begin{cases} c & 0\le f(x,y)\le a \\ \dfrac{d-c}{b-a}[f(x,y)-a]+c & a\le f(x,y)\le b \\ d & b\le f(x,y)\le M_f \end{cases}$$

2.2.1 灰度的线性变换

为了突出感兴趣的目标或灰度区间，相对抑制那些不感兴趣的灰度区域，可采用分段线性变换，如常用的三段线性变换法。

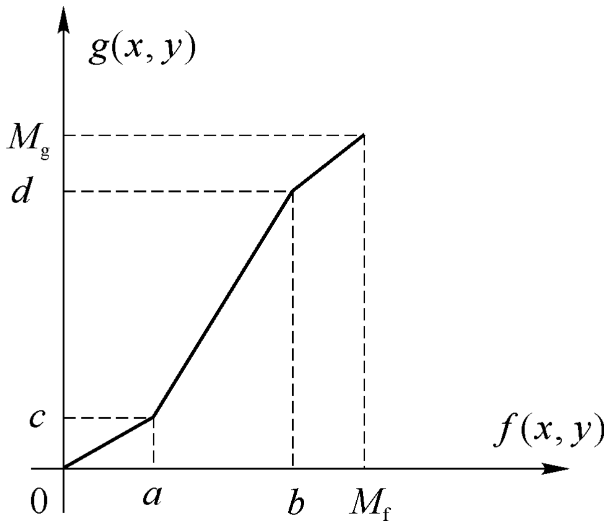


图2-4 分段线性变换

$$
g(x,y)=\begin{cases} \dfrac{c}{a}f(x,y) & 0\le f(x,y)<a \\ \dfrac{d-c}{b-a}[f(x,y)-a]+c & a\le f(x,y)<b \\ \dfrac{M_g-d}{M_f-b}[f(x,y)-b]+d & b\le f(x,y)<M_f \end{cases}
$$

2.2.2 灰度的非线性变换

- 采用非线性变换函数（例如对数函数、幂指数函数等）

- 对数变换式 $g(x,y)=a+\dfrac{\ln[(x,y)+1]}{b\cdot\ln c}$

  a、***b***、***c***是调整曲线的位置和形状的参数。

- 指数变换式 $g(x,y)=b^{c[f(x,y)-a]}-1$

  a、***b***、***c*** 是调整曲线的位置和形状的参数。

2.2.3 直方图修正

1. 直方图的概念

如果将图像中像素亮度（灰度级）看成是一个随机变量，则其分布情况就反映了图像的统计特性。灰度直方图是灰度级的函数，它表示图像中具有某种灰度级的像素的个数，反映了图像中每种灰度级出现的概率，如图**2-10**所示。

2. 直方图的概念

1	2	3	4	5	6
6	4	3	1	2	1
1	6	6	4	1	6
3	4	5	6	6	6
1	4	6	6	2	4
1	3	6	4	6	6

图像的灰度级表示

灰度级	1	2	3	4	5	6
出现频率	7	4	3	7	2	13

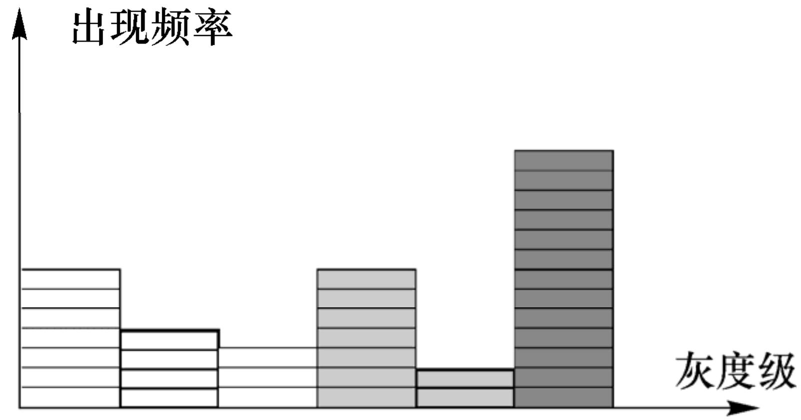


图2-10 图像的灰度直方图

2. 灰度直方图的定义

设图像总像素个数为n，共有L级灰度，r_k为图像的第k级灰度值，并且具有灰度级r_k的像素数为n_k，则：

$$p(r_k)=\frac{n_k}{n} \quad (k=0,1,2,\cdots L-1)$$

3. 直方图的性质

（1）直方图是一幅图像中各像素灰度值出现的频数的统计结果，它只反映该图像中不同灰度值出现的次数，而未反映某一灰度值像素所在的位置。

（2）任一幅图像，都能唯一地确定出一幅与它对应的直方图，但不同的图像，可能有相同的直方图。

（3）如果一幅图像由两个不连续的区域组成，并且每个区域的直方图已知，则整幅图像的直方图是这两个区域的直方图之和。

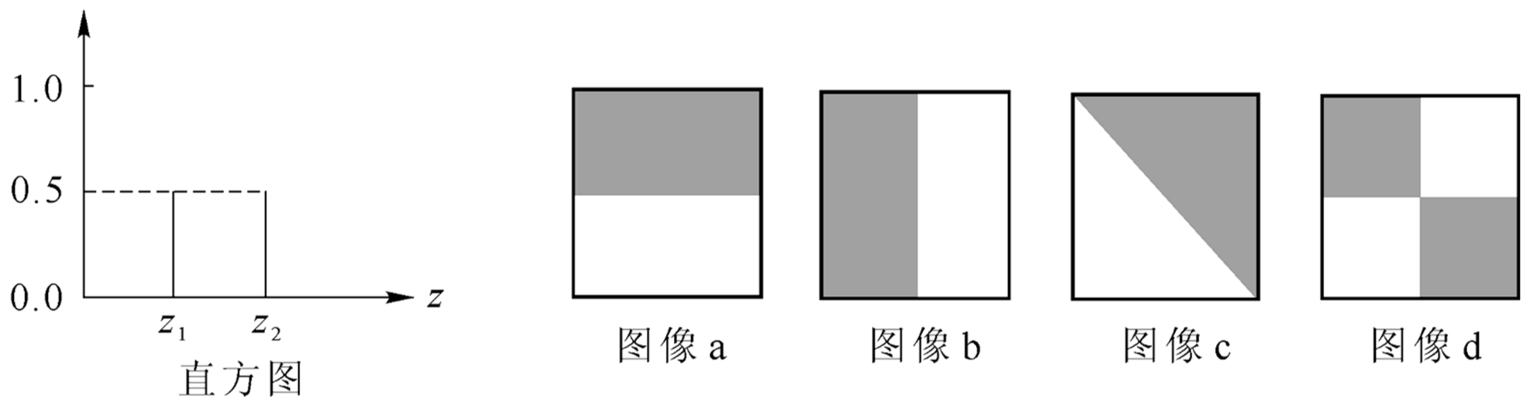


图2-11 图像与直方图间的多对一关系

4. 直方图均衡化

- 直方图均衡化：将原图像的直方图通过变换函数修正为均匀的直方图，从而增加像素灰度值的动态范围，达到增强图像整体对比度的效果。
- 直方图均衡化后，图像的直方图是平直的，即各灰度级具有相同的出现频数，那么由于灰度级具有均匀的概率分布，图像看起来就更清晰了。

直方图均衡化方法

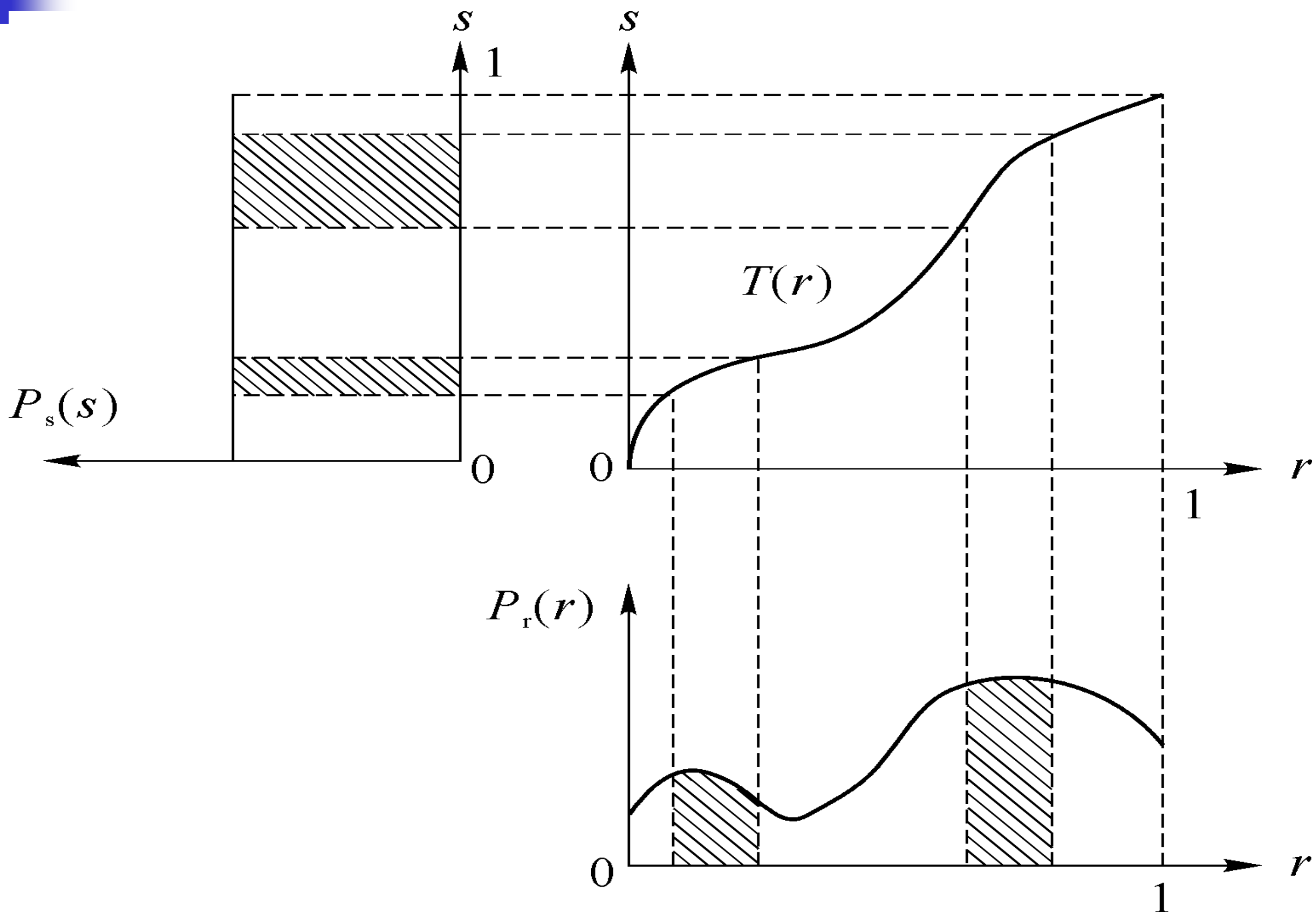
用累计分布函数(Cumulative Distribution Function, CDF) 作为灰度变换函数$s=T(r)$, 从而将原始图像的关于灰度 r 的分布直方图，转换为关于灰度 s 的均匀分布。

为使变换后的灰度仍保持从黑到白的单一变化顺序，且变换范围与原先一致，以避免整体变亮或变暗。必须规定：

（1）在$0 \le r \le 1$中，$T(r)$是单调递增函数，且$0 \le T(r) \le 1$；

（2）反变换$r = T^{-1}(s)$，$T^{-1}(s)$也为单调递增函数，$0 \le s \le 1$。

直方图均衡化方法



例2-1 给定一幅图像的灰度级概率密度函数为

$$P_r(r)=\begin{cases}-2r+2 & 0\le r\le 1\\ 0 & \text{其他}\end{cases}$$

求其直方图的均衡化，计算出变换函数**T(r)**。

解： 为使其变换为一幅灰度级均匀分布的图像，即直方图均匀化处理，必须求出变换函数**T(r)**。由式（**2-12**）得

$$s=T(r)=\int_0^r P_r(x)dx=\int_0^{\mathrm{r}}(\text{-}2x+2)\mathrm{d}x=-r^2+2r$$

均衡化前后的直方图如图**2-14**所示。

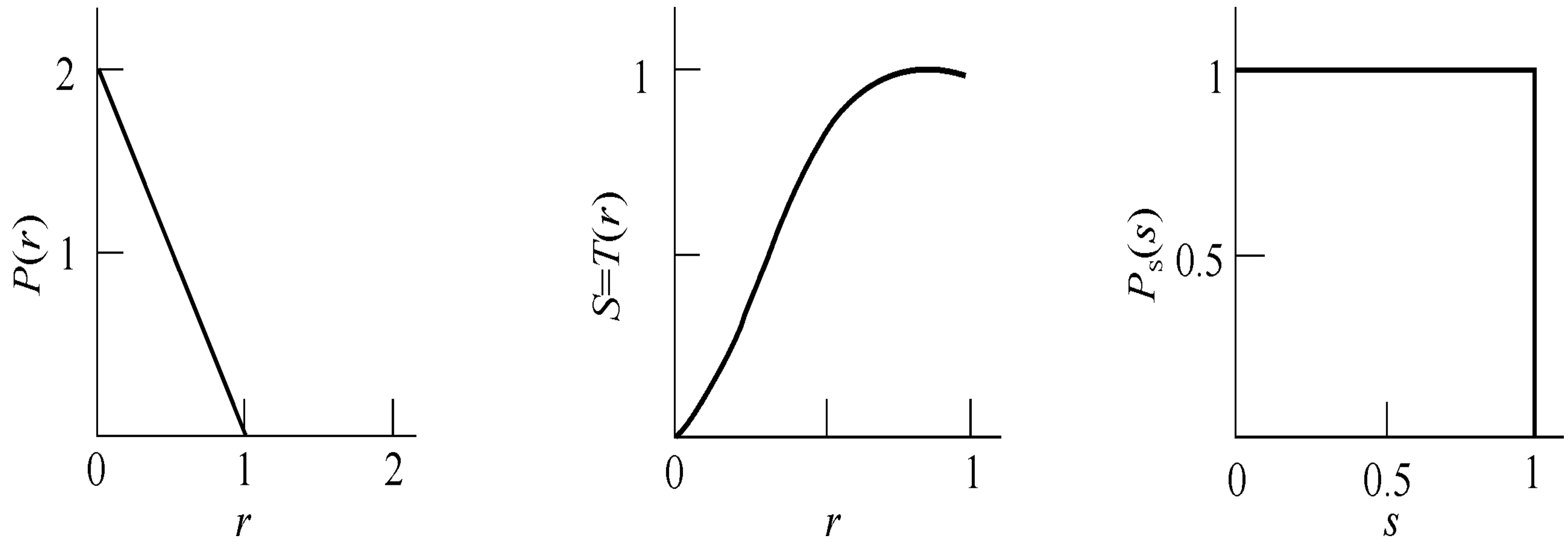


图2-14 将非均匀概率密度函数变换成均匀概率密度函数

对于离散图像，假定数字图像中的总像素为n，灰度级总数为L个，第k个灰度级的值为r_k，图像中具有灰度级r_k的像素数目为n_k，则该图像中灰度级r_k像素出现的概率（或称为频数）为

$$p_r(r_k)=\frac{n_k}{n} \quad (0\le r_k\le 1; k=0,1,\dots,L-1)$$

对其进行直方图均衡化处理的变换函数为

$$s_k=T(r_k)=\sum_{j=0}^{k}p_r(r_j)=\sum_{j=0}^{k}\frac{n_j}{n}$$

相应的逆变换函数为 $$r_k=T^{-1}(s_k) \quad (0\le s_k\le 1)$$

直方图均衡化的实现步骤

- **1.** 统计原始图像的直方图：

$$p_r(r_k)=\frac{n_k}{n}$$

其中，r_k 是归一化的输入图像灰度级。

- **2.** 计算直方图累积分布曲线

$$s_k=T(r_k)=\sum_{j=0}^{k}p_r(r_j)=\sum_{j=0}^{k}\frac{n_j}{n}$$

- **3.** 用累积分布函数作变换函数进行图像灰度变换：根据计算得到的累积分布函数，建立输入图像与输出图像灰度级之间的对应关系，即重新定位累计分布函数 s_k（与归一化灰度等级 r_k 比较，寻找最接近的一个作为原灰度级**k**变换后的新灰度级）。

2.2.4 直方图规定化

- 假设$P_r(r)$是原始图像灰度分布的概率密度函数，$P_z(z)$ 是希望得到的图像的灰度分布概率密度函数。将灰度直方图从$P_r(r)$ 变换到$P_z(z)$ 的处理，称为直方图规定化处理。如何建立$P_r(r)$ 和$P_z(z)$ 之间的联系是直方图规定化处理的关键。

直方图规定化的步骤

首先对原始图像进行直方图均衡化处理，则有

$$s = T(r) = \int_0^r P_r(x)dx$$

假定已经得到了所希望的图像，并且它的概率密度函数是 $\boldsymbol{P_z(z)}$，对这幅图像也做均衡化处理，即

$$u = G(z) = \int_0^z P_z(x)dx$$

其反变换函数为 $z = G^{-1}(u)$

因为对于两幅图像（这两幅图像只是灰度分布概率密度不同）同样做了均衡化处理，所以，$\boldsymbol{P_s(s) = P_u(u) = 1}$。

直方图规定化的步骤

这样，如果用从原始图像中得到的均匀灰度级s代替式(2-18)中的u，即

$$z = G^{-1}(u) = G^{-1}(s)$$

则得到的灰度级z便是所希望的规定化后的图像的灰度级。

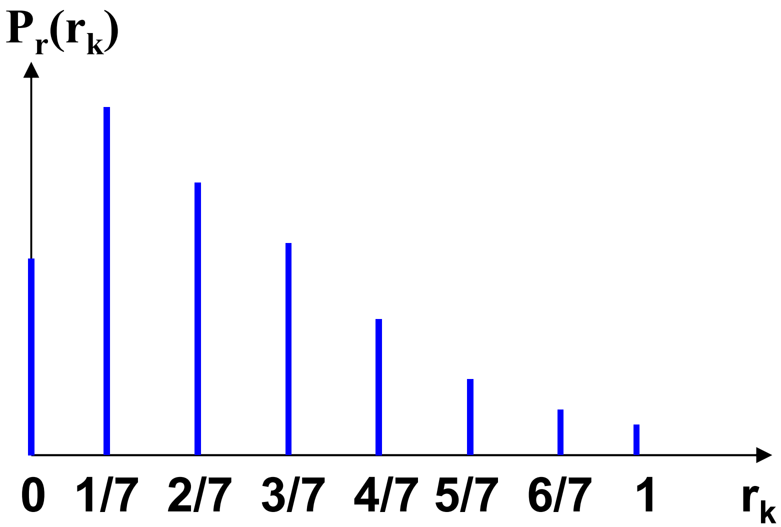
根据以上思路，可以总结出直方图规定化处理的步骤如下。

（1）对原图像进行直方图均衡化处理。

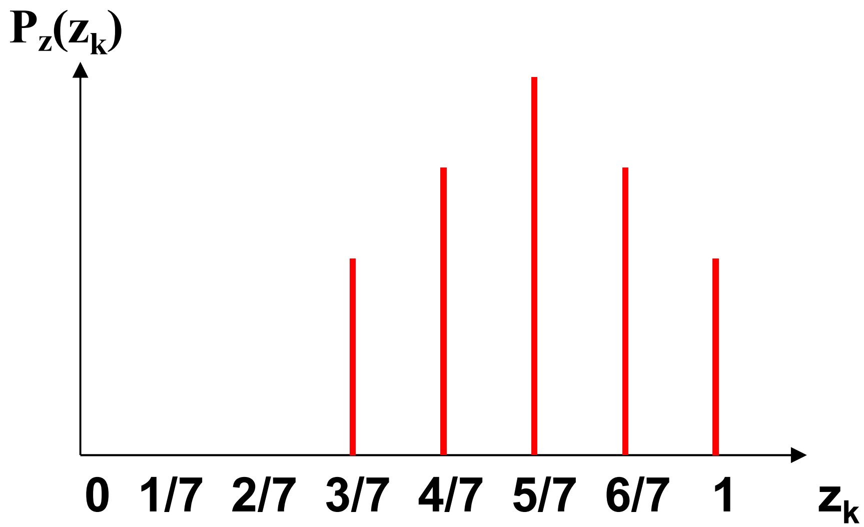
（2）规定希望的灰度概率密度函数$P_z(z)$，并用式（2-17）求得变换函数G(z)。

（3） 将步骤（1）中所得到的灰度级s用到逆变换函数

$$z = G^{-1}(s) = G^{-1}\left[T(r)\right]$$



a原始直方图



b用户希望得到的直方图

我们需要获得从直方图a变换到直方图b的一个映射

首先，将直方图a均衡化，得到均匀化灰度级s_k

然后，将直方图b也均衡化，得到均匀化灰度级u_k

将直方图a和b均衡化后，所得到的 2 个均匀化的直方图对应一幅图像，则 $s_k=u_k$.

直方图规定化的步骤

1. 对原始直方图$p_r(r_k)$进行均衡化。

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} p_r(r_j)$$

2. 对希望的直方图$p_z(z_k)$进行均衡化。

$$u_k = G(z_k) = \sum_{j=0}^{k} p_z(z_j)$$

3. 用s_k与u_k理论上相等的关系，通过公式：

$u_k = s_k = G^{-1}(z_k)$，得到s_k与z_k的对应关系。

4. 利用步骤1所得到的s_k与r_k的对应关系，和步骤3所得到的s_k与z_k的对应关系，可以得到r_k与z_k的对应关系，即得到了z_k所对应的像素数目。

5. 根据步骤4中所得到的像素数目除以总像素数目得到进行规定化直方图处理后图像的直方图。

第2章 图像增强

2.3 图像平滑与去噪

2.3.1 模板操作和卷积运算

模板操作实现了一种邻域运算，即某个像素点的运算结果不仅与本像素灰度有关，而且与其邻域点的值有关。模板操作的数学含义是卷积（或互相关）运算。

常用的模板有：

$$H_1 = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad H_2 = \frac{1}{8}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad H_3 = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

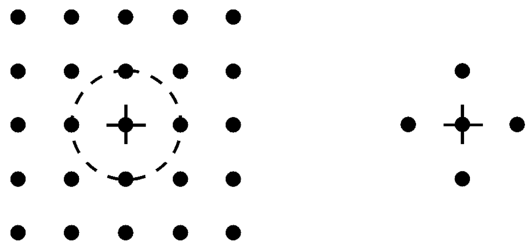
2.3.2 邻域平均法

邻域平均法是一种局部空间域处理的算法。

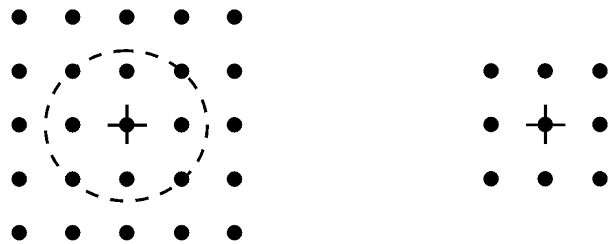
基本思想：用邻域像素灰度的平均值代替每个像素的灰度值。假定有一幅$N \times N$像素的图像$f(x,y)$，平滑处理后得到一幅图像$g(x,y)$：

$$g(x,y)=\frac{1}{M}\sum_{(i,j)\in S} f(i,j)$$

式中，$x,y=0，1,2,\ldots,N-1$；S是以点(x,y)为中心的邻域的集合，但不包括点(x,y)；M是集合内坐标点的总数。



（a）4邻域



（b）8邻域

- 邻域平均法
  - 优点：算法简单，计算速度快。
  - 缺点：在降低噪声的同时容易模糊图像边沿和细节处。
- 改进：采用**阈值法**

$$g(x,y)=\begin{cases}\dfrac{1}{M}\sum\limits_{(m,n)\in S}f(m,n) & 若\left|f(x,y)-\dfrac{1}{M}\sum\limits_{(m,n)\in S}f(m,n)\right|>T\\ f(x,y) & 其它\end{cases}$$

式中T是一个非负阈值，当一些点和它们邻值的差值小于T时，保留这些点的像素灰度值。

(a) 原始图像

(b) 邻域平均后的结果

图2-20 采用邻域平均法的效果

2.3.3 中值滤波

中值滤波是对一个滑动窗口内的诸像素灰度值排序，用中值代替窗口中心像素的原来灰度值，因此它是一种非线性的图像平滑法。

在一定的条件下，中值滤波可以克服线性滤波器所带来的图像细节模糊，而且对滤除脉冲干扰及图像椒盐噪声非常有效；但是，对一些细节多，特别是点、线、尖顶细节较多的图像则不宜采用中值滤波的方法。中值滤波的作用是在保护图像边缘的同时，去除噪声。

2.3.3 中值滤波

- 中值滤波的依据：噪声以孤立点的形式出现，这些点对应的像素数很少，而图像则是由像素数较多、面积较大的块构成。中值滤波的目的就是要把这些孤立的点去除掉。
- 中值滤波方法：选一个含有奇数点的窗口W，将这个窗口在图像上移动，把该窗口中所含的像素点按灰度值进行升（或降）序排列，取位于中间的灰度值，来代替该点的灰度值。将原图像中所有的像素点都执行上述操作后就得到中值滤波的结果图像。

例：有一个序列为{0, 3, 4, 0, 7}，当窗口m＝5时，试求出采用中值滤波的结果。

解：该序列重新排列后为{0, 0, 3, 4, 7}则中值滤波的结果

$$M\{0,0,3,4,7\}=3$$

2.3.5 频率域低通滤波

- 图像的平滑除了在空间域中进行外，也可以在频率域中进行。
- 卷积理论是频率域技术的基础。
- 设函数$f(x, y)$与算子$h(x, y)$的卷积结果是$g(x, y)$，即$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$，那么根据卷积定理，在频率域有：

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

  - 其中$G(u, v)$，$H(u, v)$，$F(u, v)$分别是$g(x, y)$，$h(x, y)$，$f(x, y)$的傅立叶(或其它)变换
  - $H(u, v)$是传递函数

2.3.5 频率域低通滤波

- 由于噪声主要集中在高频部分，为去除噪声改善图像质量，可采用低通滤波器***H*(u,v)**，来抑制***F*(u,v)**的高频分量，滤波得到***G*(u,v)**，然后再进行傅立叶反变换获得滤波图像，就可达到平滑图像的目的。

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

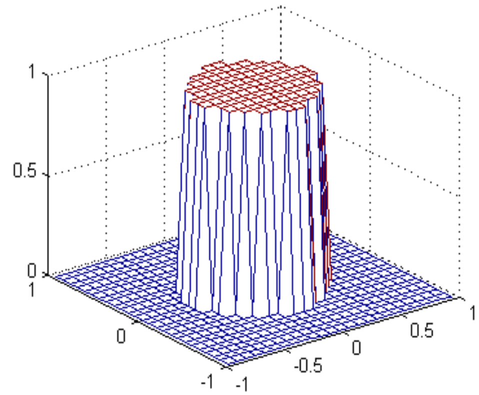
$$g(x,y) = \mathcal{T}^{-1}\left[H(u,v)F(u,v)\right]$$

1. 理想低通滤波器（ILPF）

- 设傅立叶平面上理想低通滤波器离开原点的截止频率为D_0，则理想低通滤波器（ILPF）的传递函数为：

$$H(u,v)=\begin{cases}1 & D(u,v)\le D_0\\ 0 & D(u,v)>D_0\end{cases}$$

其中$D(u,v)=\sqrt{u^2+v^2}$

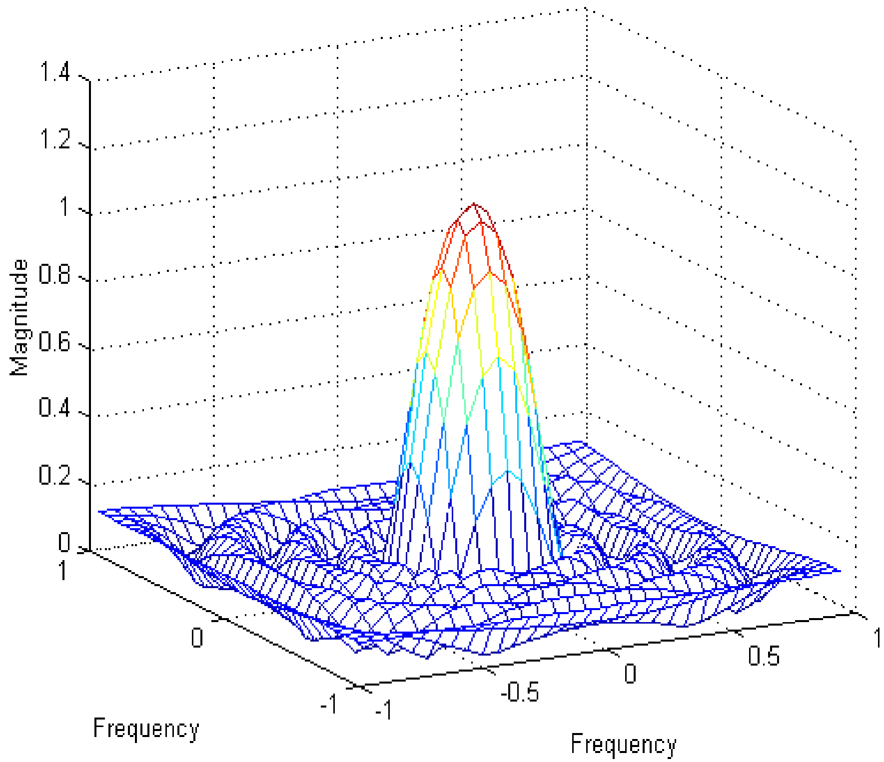


- 含义：<u>以D_0为半径的圆内所有频率分量无损的通过，圆外的所有频率分量完全衰减。</u>
- 由于高频成分包含有大量的边缘信息，因此，采用该滤波器在去噪声的同时将会导致边缘信息损失而使图像边模糊。

2. Butterworth低通滤波器

***n*阶Butterworth滤波器的传递函数为：**

$$H(u,v)=\frac{1}{1+[\frac{D(u,v)}{D_0}]^{2n}}$$



2. Butterworth低通滤波器

它的特性是连续性衰减，而不象理想滤波器那样陡峭变化，即明显的不连续性。因此采用该滤波器滤波在抑制噪声的同时，图像边缘的模糊程度大大减小，没有振铃效应产生；但计算量大于理想低通滤波器。

3. 高斯低通滤波器

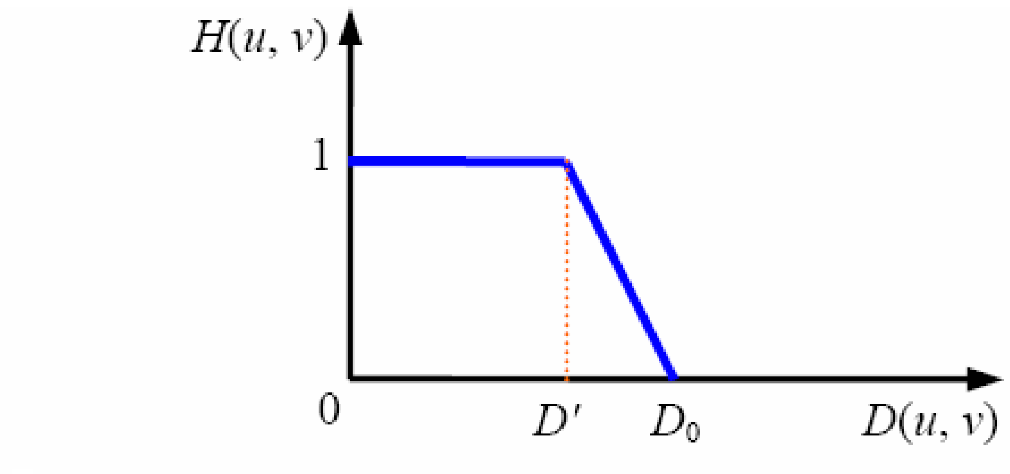
Gauss滤波器的传递函数为：

$$H(u,v)=e^{-D^2(u,v)/2\sigma^2}$$

高斯低通滤波器的傅立叶反变换也是高斯的，这意味着反变换后高斯滤波器将没有振铃现象产生。

4. 梯形低通滤波器

$$H(u,v)=\begin{cases}1 & \text{如} \quad D(u,v)\le D' \\ \dfrac{D(u,v)-D_0}{D'-D_0} & \text{如} \quad D'<D(u,v)<D_0 \\ 0 & \text{如} \quad D(u,v)>D_0\end{cases}$$



梯形低通滤波器转移函数的剖面示意图

第2章 图像增强

- 2.1 引言
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- 2.5 图像的同态滤波
- 2.6 基于Retinex理论的图像增强
- 2.7 彩色增强
- 2.8 MATLAB编程实例

2.4.1 梯度运算（算子）

对于图像 ***f*(*x*,*y*)**，在 点(***x*,*y***) 处的梯度定义为一个矢量：

$$G[f(x,y)] = \begin{pmatrix} f_x' \\ f_y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{pmatrix}$$

- 梯度的两个重要性质是：
- （1） 梯度的方向在函数***f*(*x*, *y*)**最大变化率的方向上。
- （2） 梯度的幅度用**|*G*[*f*(*x*, *y*)]|**表示, 并由下式算出：

$$|G[f(x,y)]| = \sqrt{f_x'^2 + f_y'^2} = \sqrt{(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x})^2 + (\frac{\partial f(x,y)}{\partial y})^2}$$

对于数字图像而言，有两种二维离散梯度的计算方法：

- 水平垂直差分法

$$|G[f(i,j)]| = |f(i,j) - f(i+1,j)| + |f(i,j) - f(i,j+1)|$$

- 罗伯茨梯度法(Roberts Gradient)：交叉差分法

$$|G[f(i,j)]| = |f(i,j) - f(i+1,j+1)| + |f(i+1,j) - f(i,j+1)|$$

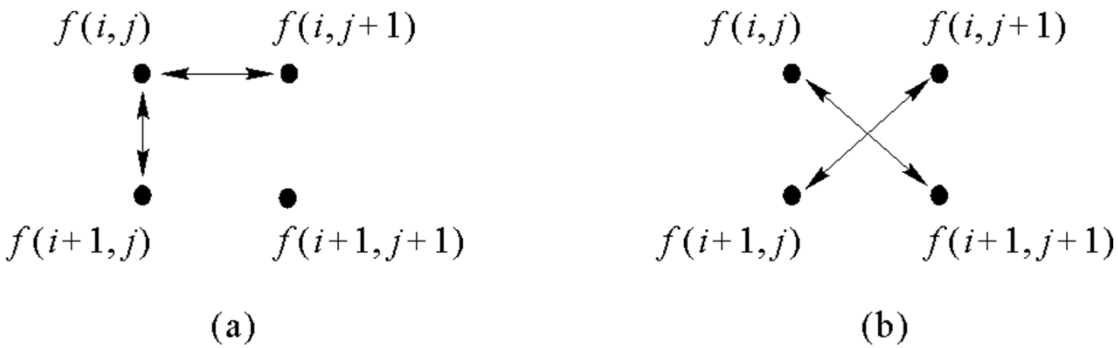


图2-32　求梯度的两种差分算法

由梯度的计算可知:

① 在灰度变化平缓的区域其梯度值较小,

② 图像中灰度变化较大的边缘区域其梯度值大,

③ 而在灰度均匀区域其梯度值为零。

注意:以上两种梯度近似算法在图像的最后一行和最后一列的各像素的梯度无法求得,一般就用前一行和前一列的梯度值近似代替。

2.4.2 Sobel算子

- 采用梯度运算对图像进行锐化处理，同时会使噪声、条纹等得到增强，**Sobel**算子则在一定程度上克服了这个问题。
- **Soble算子所用的3×3像素窗口如图2-30所示。**

$f(i-1, j-1)$	$f(i-1, j)$	$f(i-1, j+1)$
$f(i, j-1)$	$f(i, j)$	$f(i, j+1)$
$f(i+1, j-1)$	$f(i+1, j)$	$f(i+1, j+1)$

图2-34 Soble算子所用的3×3像素窗口

- 锐化后图像 ***f*(*i*, *j*)** 的灰度值为：$g=\sqrt{G_x^2+G_y^2}$

可简化为：$g=|G_x|+|G_y|$

其中：

$$G_x=[f(i+1,j-1)+2f(i+1,j)+f(i+1,j+1)]-[f(i-1,j-1)+2f(i-1,j)+f(i-1,j-1)]$$

$$G_y=[f(i-1,j+1)+2f(i,j+1)+f(i+1,j+1)]-[f(i-1,j-1)+2f(i,j-1)+f(i+1,j-1)]$$

2.4.3 Laplacian算子

拉普拉斯运算也是偏导数运算的线性组合运算。

***f*(*x*,*y*)的拉普拉斯运算定义为：**

二阶微分算子

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

2.4.3 Laplacian算子

对数字图像来讲，***f*(*x*, *y*)**的二阶偏导数可表示为

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} &= \nabla_x f(i+1,j) - \nabla_x f(i,j) \\ &= [f(i+1,j) - f(i,j)] - [f(i,j) - f(i-1,j)] \\ &= f(i+1,j) + f(i-1,j) - 2f(i,j)\end{aligned}$$

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} = f(i,j+1) + f(i,j-1) - 2f(i,j)$$

为此，拉普拉斯算子$\nabla^2 f$为

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

$$= f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1) - 4f(i, j)$$

0	**1**	**0**
1	**-4**	**1**
0	**1**	**0**

拉普拉斯算子模板

可见，数字图像在（***i, j***）点的拉普拉斯算子，可以由（***i, j***）点灰度值减去该点邻域平均灰度值来求得。

2.4.4 频率域高通滤波

- 图像中的边缘或线条等细节部分与图像频谱的高频分量相对应。
- 采用高通滤波使图像的边缘或线条等细节变得清楚，实现图像的锐化。
- 频率域高通滤波的实现，有3种常见的滤波器：

1. 理想高通滤波器
2. 巴特沃斯高通滤波器
3. 高斯高通滤波器

理想高通滤波器

$$H(u,v)=\begin{cases}0 & D(u,v)\le D_0\\ 1 & D(u,v)>D_0\end{cases}$$

巴特沃斯高通滤波器

$$H(u,v)=\frac{1}{1+\left[\mathrm{D}_0/D(u,v)\right]^{2n}}$$

高斯高通滤波器

$$H(u,v)=1-e^{-D^2(u,v)/2D_0^2}$$

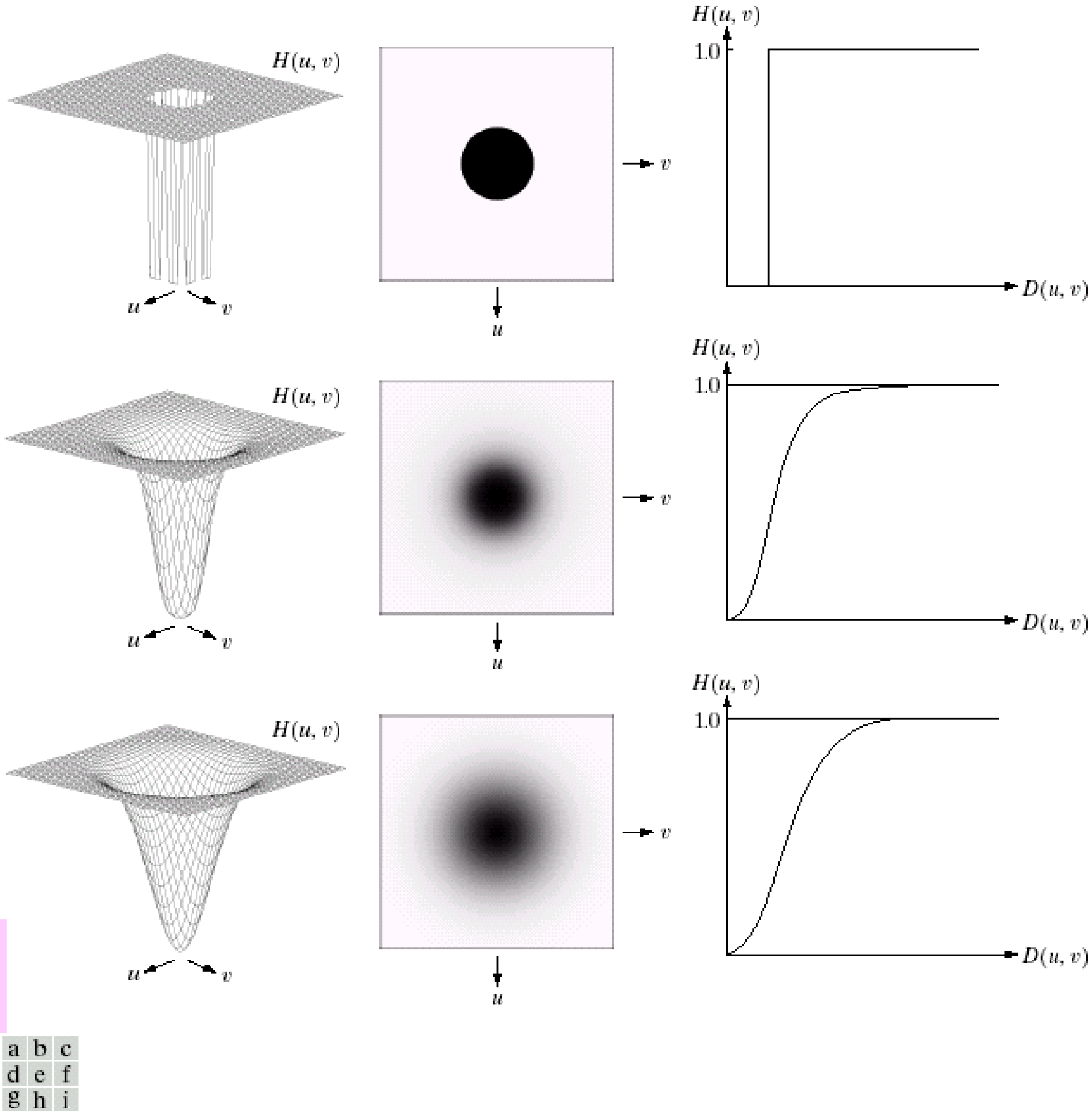


FIGURE 4.22 Top row: Perspective plot, image representation, and cross section of a typical ideal highpass filter. Middle and bottom rows: The same sequence for typical Butterworth and Gaussian highpass filters.

第2章 图像增强

- 2.1 引言
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- **2.5 图像的同态滤波**
- 2.6 基于Retinex理论的图像增强
- 2.7 彩色增强
- 2.8 MATLAB编程实例

2.5 图像的同态滤波

- 拍摄到的图像是光源照射到物体上后的反射特性的记录。图像可被表示为照度分量***i*(*x*,*y*)**和反射分量***r*(*x*,*y*)**的乘积。

$$f(x,y)=i(x,y)r(x,y)$$

- 由于光源照射的不均匀性总是渐变的，所以照度分量的频谱处于低频处；而反射分量的变化相对而言较为剧烈，因此，可粗略的看成高频。为使图像中景物更为清晰，应尽量抑制前者，而增强后者。

- 同态滤波是一种在频域中同时将图像亮度范围进行压缩和将图像对比度进行增强的方法。

2.5 图像的同态滤波

- 成像模型（照度和反射）：$f(x, y) = i(x, y)\, r(x, y)$

（1）两边取对数： $\ln f(x,y) = \ln i(x,y) + \ln r(x,y)$

（2）两边取傅立叶变换：$F(u,v) = I(u,v) + R(u,v)$

（3）用一频域函数 **$H(u, v)$**处理 **$F(u, v)$**：

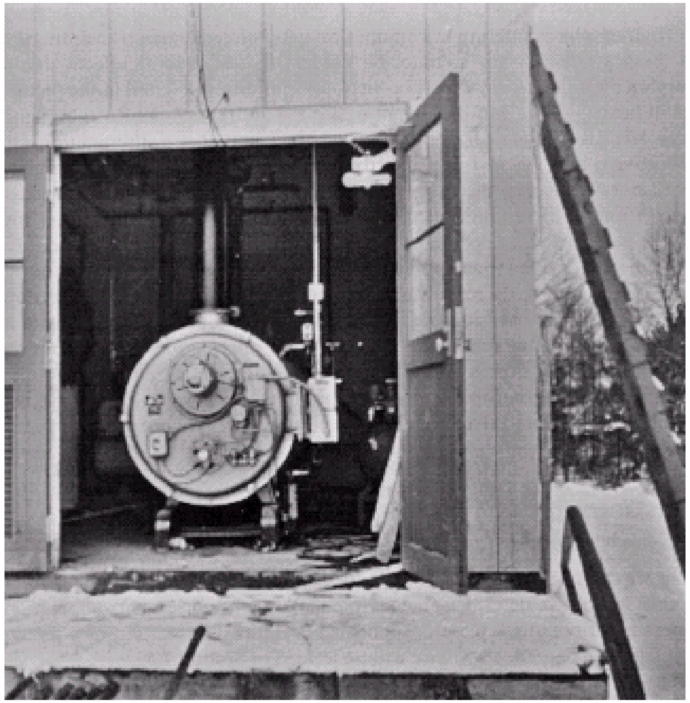
$$H(u,v)F(u,v) = H(u,v)I(u,v) + H(u,v)R(u,v)$$

（4）反变换到空域： $h_f(x,y) = h_i(x,y) + h_r(x,y)$

（5）两边取指数：

$$g(x,y) = e^{|h_f(x,y)|} = e^{|h_i(x,y)|} \bullet e^{|h_r(x,y)|}$$

2.5 图像的同态滤波



$H_L = 0.5; H_H = 2.0$

窗内细节变得清晰；
窗外的灰度得到平衡

第2章 图像增强

- 2.1 引言
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- 2.5 图像的同态滤波
- **2.6 基于Retinex理论的图像增强**
- 2.7 彩色增强
- 2.8 MATLAB编程实例

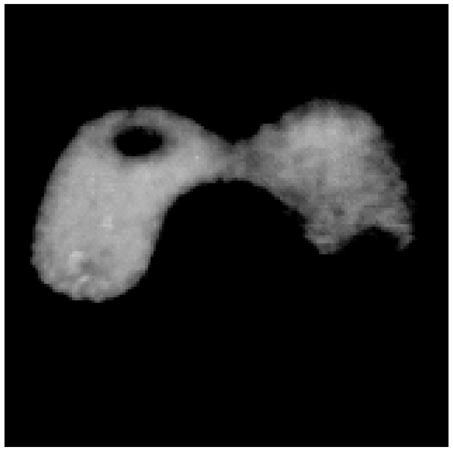
第2章 图像增强

- 2.1 引言
- 2.2 图像的灰度变换
- 2.3 图像平滑与去噪
- 2.4 图像锐化
- 2.5 图像的同态滤波
- 2.6 基于Retinex理论的图像增强
- **2.7 彩色增强**
- 2.8 MATLAB编程实例

2.7 彩色增强

2.7.1 伪彩色增强

- 伪彩色（**Pseudo color**）增强是针对灰度图像提出的，其目的是把离散灰度图像的不同灰度级按照线性或者非线性关系映射成不同的颜色，得到一幅彩色图像，以改善图像的视觉效果，提高图像内容的可辨识度，使得图像的细节更加突出，目标更容易识别。



（a）灰度图像

（b）伪彩色图像

2.7.1 伪彩色增强

1．灰度分层法

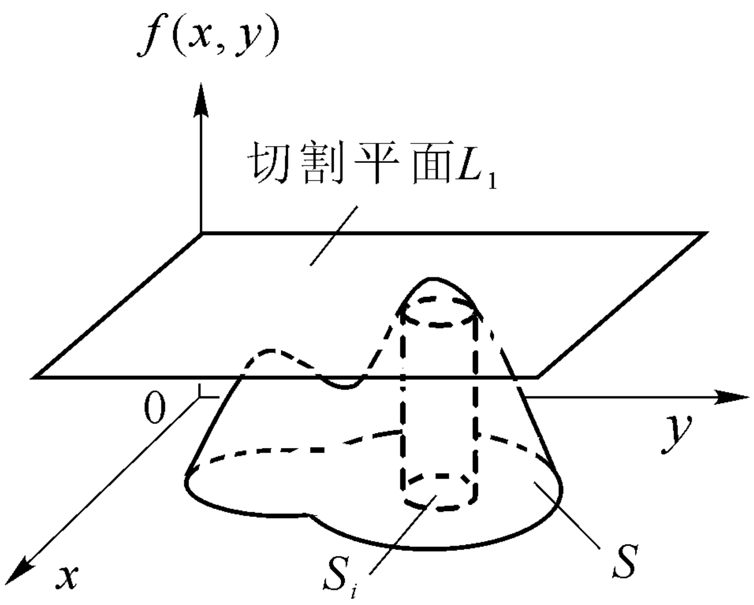


图2-47 灰度分层的切割示意图

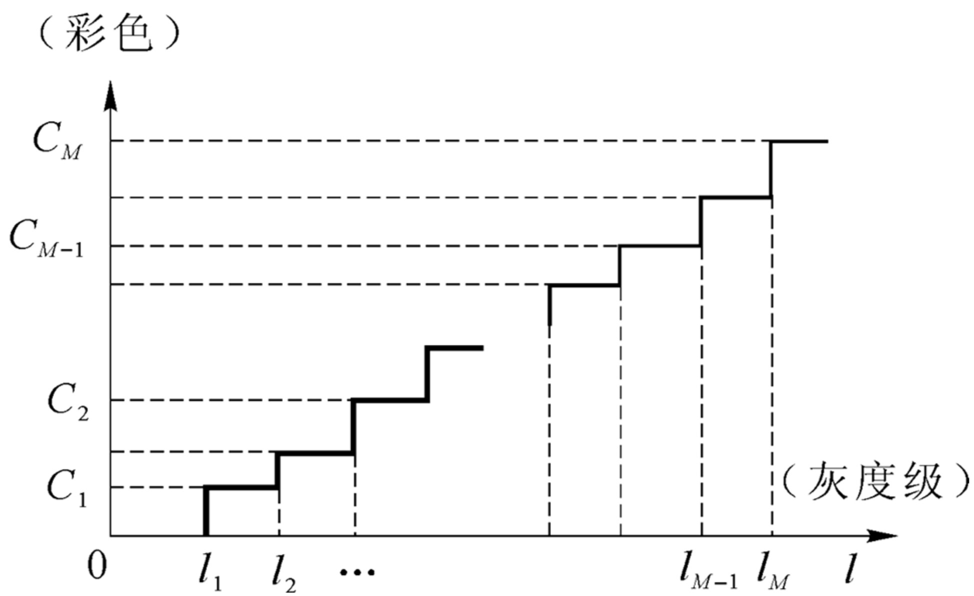


图2-48　多灰度分层的切割示意图

2.7.1 伪彩色增强

2. 灰度级彩色变换

- 将黑白图像变换为具有多种颜色渐变的连续彩色图像。
- 其方法是对输入像素的灰度级执行三个独立的变换，然后，将三个变换结果分别送入彩色电视监视器的红、绿、蓝通道，输出合成图像的彩色内容受变换函数特性调制。

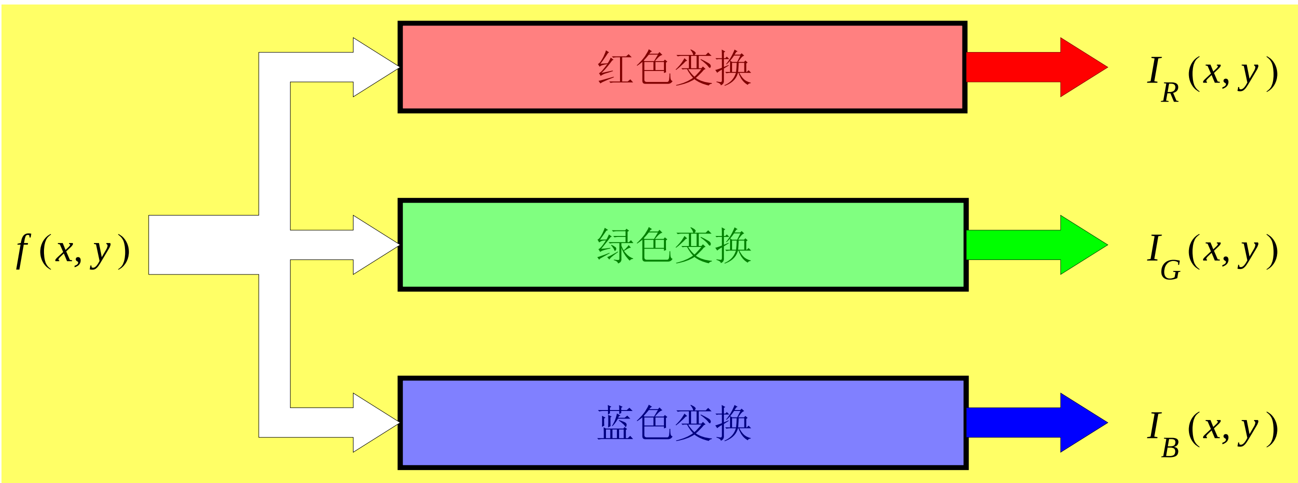


图2-49 灰度级彩色变换原理

2.7.1 伪彩色增强

3．频率域滤波法

对原来灰度图像中的不同频率分量（可分别借助低通，带通/带阻，高通滤波器获得）赋予不同的颜色。

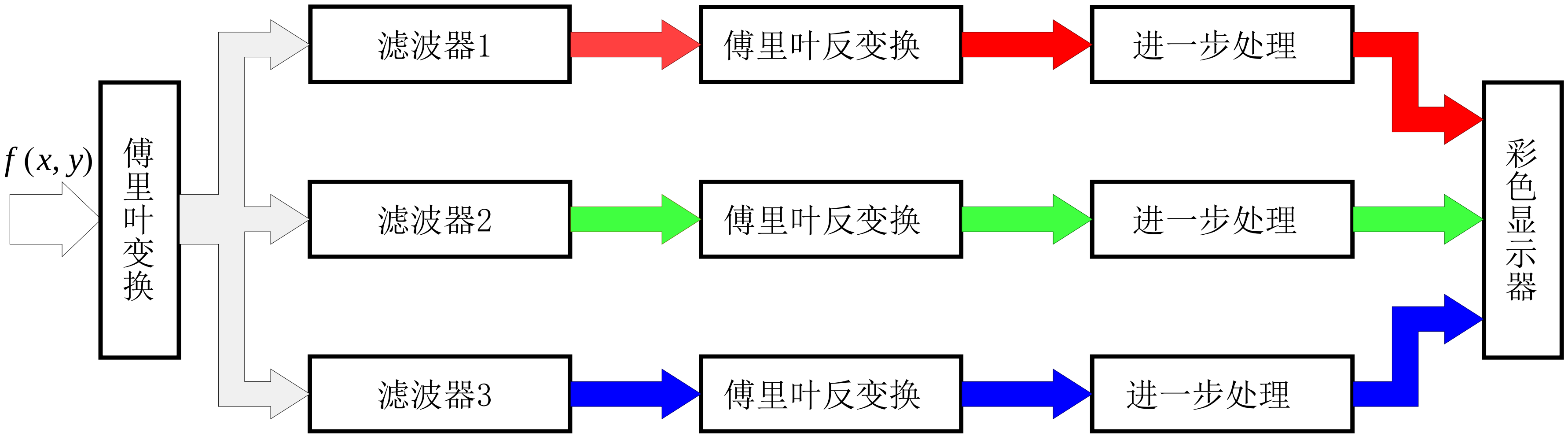


图2-50 频率域伪彩色增强处理