数字图像处理

Digital Image Processing

信息工程学院

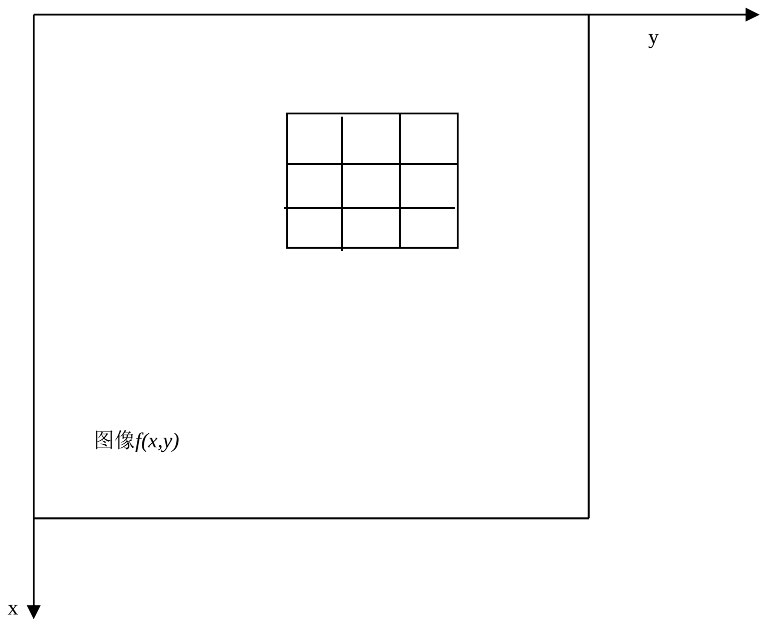
School of Information Engineering

5.3　空间滤波增强

黄朝兵　主讲

1. 基本概念

- 空间域滤波增强采用模板处理方法对图像进行滤波，去除图像噪声或增强图像的细节。



2. 空间域平滑滤波器

分析：任何一幅原始图像，在其获取和传输等过程中，会受到各种噪声的干扰，使图像模糊，对图像分析不利。

- 为了抑制噪声改善图像质量所进行的处理称图像平滑或去噪。

方法分类：

（1）局部平滑法

（2）超限像素平滑法

（3）空间低通滤波法

2. 空间域平滑滤波器

（1）局部平滑法

- 局部平滑法是一种直接在空间域上进行平滑处理的技术。
- 相邻像素间存在很高的空间相关性，而噪声则是统计独立的。
- 因此，可用邻域内各像素的灰度平均值代替该像素原来的灰度值，实现图像的平滑。

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

$$g(m,n)=\frac{1}{9}\sum_{i\in Z}\sum_{j\in Z} f(m+i,n+j)$$

2. 空间域平滑滤波器

【定理】设图像中的噪声是随机不相关的加性噪声，窗口内各点噪声是独立同分布的，经过上述平滑后，信号与噪声的方差比可望提高 N 倍。

即平滑后图像灰度的方差变为原来的 $1/N$。

（a）原图

（b）被高斯噪声污染图像

（c）10幅噪声图像平均后的结果

2. 空间域平滑滤波器

（2）超限像素平滑法

对邻域平均法稍加改进，可导出超限像素平滑法。

它是将$f(x,y)$和邻域平均$g(x,y)$的差的绝对值与选定的阈值进行比较，根据比较结果决定点（x, y）的最后灰度$g'(x, y)$。其表达式为：

$$g'(x,y)=\begin{cases} g(x,y), & \text{当}\left|f(x,y)-g(x,y)\right|>T \\ f(x,y), & \text{当}\left|f(x,y)-g(x,y)\right|\le T \end{cases}$$

- 这种算法对对保护仅有微小灰度差的细节及纹理也有效。
- 可见随着邻域增大，去噪能力增强，但模糊程度也大。

2. 空间域平滑滤波器

（3）空间低通滤波法

邻域平均法可看做一个掩模作用于图像*f* (*x,y*)的低通空间滤波，掩模就是一个滤波器，它的响应为*h*(*i,j*)，于是滤波输出的数字图像*g*(*x,y*)用离散卷积表示为：

$$g(x,y)=\frac{1}{N}\sum_{i=-M}^{M}\sum_{j=-M}^{M}f(x+i,y+j)h(i,j)$$

$$H_1=\frac{1}{9}\begin{pmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{pmatrix}\qquad H_2=\frac{1}{10}\begin{pmatrix}1&1&1\\1&2&1\\1&1&1\end{pmatrix}\qquad H_3=\frac{1}{16}\begin{pmatrix}1&2&1\\2&4&2\\1&2&1\end{pmatrix}$$

$$H_5=\frac{1}{2}\begin{pmatrix}0&\frac{1}{4}&0\\\frac{1}{4}&1&\frac{1}{4}\\0&\frac{1}{4}&0\end{pmatrix}\qquad H_4=\frac{1}{8}\begin{pmatrix}1&1&1\\1&0&1\\1&1&1\end{pmatrix}$$

3. 空间域锐化滤波器

定义：

- 图像锐化就是增强图像的边缘或轮廓。
- 图像平滑通过积分过程使得图像边缘模糊。
- 图像锐化则通过微分而使图像边缘突出、清晰。

3. 空间域锐化滤波器

（1）梯度锐化法

梯度定义为

$$grad(x,y)=\begin{bmatrix} f_x' \\ f_y' \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{bmatrix}$$

$$\mathrm{grad}(x,y)=\sqrt{f_x'^2+f_y'^2}=\sqrt{\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)^2}$$

$$\theta=\arctan(f_y'/f_x')=\arctan\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\Big/\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)$$

3. 空间域锐化滤波器

对于离散图像处理而言，一阶偏导数采用一阶差分近似表示

$$f_x' = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$f_y' = f(x, y+1) - f(x, y)$$

简化梯度的计算：

$$\text{grad}(x, y) = \max(|f_x'|, |f_y'|)$$

$$\text{grad}(x, y) = |f_x'| + |f_y'|$$

3. 空间域锐化滤波器

其他梯度计算方法--常用1阶边缘检测算子

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(a) Roberts

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(b) Prewitt

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

(c) Sobel

Roberts算子的差分计算式：

$$f_x' = f(x+1, y+1) - f(x, y)$$

$$f_y' = f(x+1, y) - f(x, y+1)$$

3. 空间域锐化滤波器

（2）拉普拉斯（Laplacian）算子

- **定义**

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

$$\nabla^2 f = \Delta_x^2 f(x,y) + \Delta_y^2 f(x,y)$$

$$\Delta_x^2 f(x,y) = f(x+1,y) + f(x-1,y) - 2f(x,y)$$

$$\Delta_y^2 f(x,y) = f(x,y+1) + f(x,y-1) - 2f(x,y)$$

$$\nabla^2 f = f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)$$

3. 空间域锐化滤波器

$$\nabla^2 f = f(x+1,y)+f(x-1,y)+f(x,y+1)+f(x,y-1)-4f(x,y)$$

相当于模板

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3. 空间域锐化滤波器

（3）低频分量消减法

- 定义：图像锐化就是要增强图像频谱中的高频部分，就相当于从原图像中减去它的低频分量
- 方法一：

$$g(x,y)=f(x,y)-\overline{f}(x,y)$$

其中， $\overline{f}(x,y)$ 为平滑低频图像

武汉理工大学 Wuhan University of Technology

3. 空间域锐化滤波器

方法二：对原图像进行加权，然后减去低通成分

$$g(x,y) = Kf(x,y) - f_{Lp}(x,y)$$

当k=1时，方法二等同于方法一，则滤波模板为：

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} - \frac{1}{8}\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{8}\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$


谢 谢
THANK YOU