图像处理与分析基础

第4讲

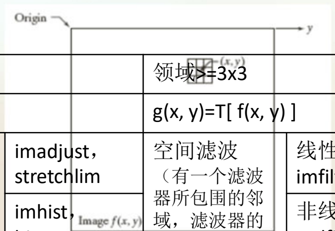
1、复习：灰度变换、直方图处理
2、空间滤波：非线性滤波
3、综合练习1
4、时域和频域基本概念

主讲：王成

图像处理与分析基础

像素的空间领域
灰度变换、空间滤波

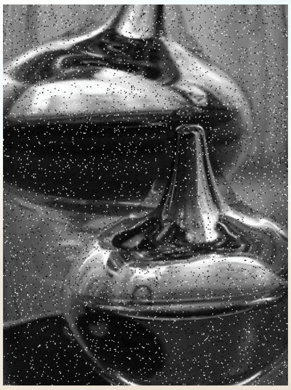
- $g(x, y)=T[f(x, y)]$
  - T 是在点 (x, y) 的一个指定领域上定义的对图像 f 进行处理的算子。
  - 当领域大小为1x1时，上式可简化为：$s=T(r)$



领域=1x1		领域>=3x3	
s=T(r)		g(x, y)=T[f(x, y)]	
灰度变换	imadjust，stretchlim	空间滤波（有一个滤波器所包围的邻域，滤波器的中心滑过整幅图像）	线性（计算乘积和）imfilter，fspecial
	imhist，histeq，adepthisteq		非线性 ordfilter2，medfilter2

图像处理与分析基础

思考：



这幅图上有很多噪声点，分析一下这些噪声的特点，看看是否能用已知的办法去除，效果如何。

图像处理与分析基础

非线性空间滤波

排序滤波器（非线性空间滤波器）
Order-statistic Filter / Rank Filter

- g=ordfilter2(f, order, domain)
- domain是由0或1组成的m*n模板，在排序时不使用0所对应的像素。如：
- g=ordfilter2(f, 1, ones(m,n))
- 是指对m*n领域中的所有像素都进入排序，1表示mn个样本的排序集合中的第一个样本值（第0个百分位），这样构成的滤波器称为最小滤波器。
- 最大滤波器：g=ordfilter2(f, m*n, ones(m,n))
- **中值滤波器**是对应第50百分位的滤波器：
- g=ordfilter2(f, (m*n+1)/2, ones(m,n))

中值滤波器 Median Filter

- 中值滤波器是降低"椒盐噪声"（salt-pepper noise）的有效工具。
- g=medfilter2(f, [m n], padopt)
- [m n]默认是[3 3]，padopt是边界填充选项
- g=medfilter2(f) 表示3X3邻域并用0来填充边界

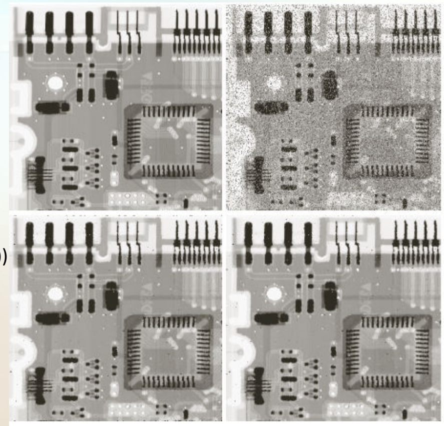
选项	含义
‘zero’	默认值
‘symmetric'	在f边界上以镜面反射方式扩展
‘indexed'	表示若f是double类则用1填充，否则用0填充

- 在图像中增加椒盐噪声：
- fn=imnoise(f, ‘salt & pepper’, 0.2);
- 上述0.2是指出现黑点白点的概率为0.2。

实验：中值滤波（p54例2.12）

实验内容：
1.对f0219.tif加椒盐噪声→fn
2.用中值滤波处理
3.比较边界用或不用symmetric

相关函数：
g=ordfilter2(f, (m*n+1)/2, ones(m,n))
g=medfilter2(f, [m n], padopt)
fn=imnoise(f, 'salt & pepper', 0.2);
g=medfilter2(f)
num=numel(f)



a b
c d

FIGURE 2.19 Median filtering: (a) X-ray image. (b) Image corrupted by salt-and-pepper noise. (c) Result of median filtering with `medfilt2` using the default settings. (d) Result of median filtering using the `'symmetric'` option. Note the improvement in border behavior between (d) and (c). (Original image courtesy of Lixi, Inc.)

图像处理与分析基础

讨论

- 使用均值滤波或Gaussian滤波是否能够较好地去除椒盐噪声？请测试。

本章常用函数

图像处理与分析基础

图像读入和显示、灰度调整相关函数

- f=imread('filename');
- figure, imshow(f);
- imwrite(f, 'filename.jpg', 'quality', q)

- g = imadjust(f,[low_in high_in],[low_out high_out],gamma)
- Low_High=stretchlim(f, tol)
- g=imadjust(f,stretchlim(f),[ ]);
- g=im2unit8(mat2gray(log(1+double(f)))

图像处理与分析基础

直方图相关函数

- 直方图：h=imhist(f, b)
- 归一化直方图：hnorm=imhist(f)./numel(f);
- 用条形图绘制直方图:bar(horz, z, width)
- 直方图均衡：g=histeq(f, nlev)
- 直方图匹配（规定化）g=histeq(f, hspect)
- 自适应直方图均衡：
- g = adapthisteq(f, param1, val1, param2, val2, ...)

图像处理与分析基础

坐标轴的绘制

- axis([hornmin hornmax vertmin vertmax])
- 如：axis([0 255 0 60000])
- set(gca,’xtick’,0:50:255)
- set(gca,’ytick’, 0:20000:60000)

- 自动设定取值范围与刻度标记: ylim(‘auto’)   xlim(‘auto’)
- 认为规定取值范围：ylim([ymin ymax])   xlim([xmin xmax])

- x=linspace(0,1,256);
- plot(x,y)
- 保留当前图形和轴的属性：hold on

- 添加轴的标记和文字：
- xlabel('text string','fontsize',size)
- ylabel('text string','fontsize’,size)
- text(xloc,yloc,'text string', 'fontsize',size)
- title('titlestring')

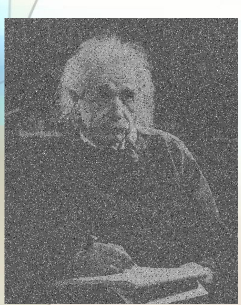
空间滤波

- g=imfilter(f, w, filtering_mode, boundary_options, size_options)
- 例：g=imfilter(f, w, 'replicate');
- 执行卷积的两种方法：
- g=imfilter(f, w, 'conv', 'replicate');
- g=imfilter(f, rot90(w,2), 'replicate');
- 滤波模板 w=fspecial('type',parameter)

- 排序滤波器：g=ordfilter2(f, order, domain)
- domain为mxn的全1阵，order为[1 m*n]中某一位置上的值

- 中值滤波：
- g=ordfilter2(f, (m*n+1)/2, ones(m,n))
- g=medfilt2(f, [m n], padopt)

课内练习1：



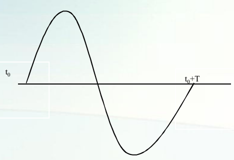
1. 左图含有10%的椒盐噪声，请对该图像进行噪声滤除并进行合适的增强，并画出滤波前后和增强前后的直方图
2. 完成实验报告并提交。

- 实验报告的内容应该包括：
  - 实验目的和内容
  - 实验方法：具体采用什么方法解决什么问题
  - 实验结果：应该与方法相对应
  - 讨论：包括方法的探究，方法的不同效果，结论等

时域和频域

图像处理与分析基础

正弦波的作用

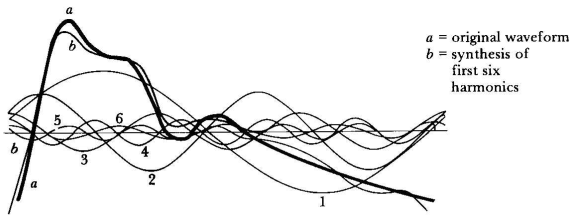


- 振幅A， 初相位φ， 频率f
  正弦波表达为：$A\sin(2\pi ft+\phi)$
- 设 $f_0=\frac{1}{T}$ ，将 $A\sin(2\pi f_0 t+\phi)$ 称为基波 f_0 或基频
  而 $A\sin(2\pi m f_0 t+\phi_m)$ 为基波的m次谐波
- 对任意**周期函数** $x(t)$ 总可以表达为：

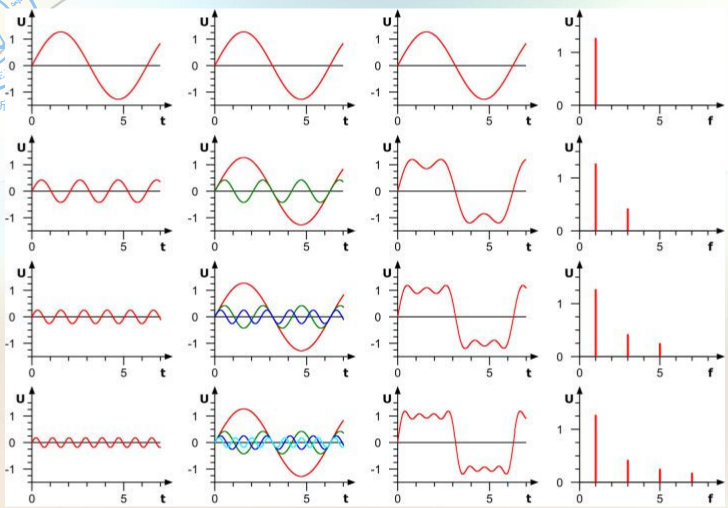
$$x(t)=A_0+\sum_{m=1}^{\infty}A_m\sin(2\pi m f_0 t+\varphi_m)$$

- 即，表示为不同频率，不同振幅和不同位相的正弦波的叠加。
- 称为$x(t)$的富利埃(Fourier)级数展开式 。

动脉血压波形和谐波



Harmonic	Amplitude (%)
1	100
2	63.2
3	29.6
4	22.2
5	14.8
6	11.8



- 根据欧拉（Euler)公式 : $e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi$
- $\cos\varphi = \frac{e^{-j\varphi}+e^{-j\varphi}}{2}$, $\quad sin\varphi = \frac{e^{-j\varphi}-e^{-j\varphi}}{2j}$
- Fourier 级数的复指数形式:
- $f_T(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{+\infty}\left[c_n e^{j\omega_n t} + c_{-n}e^{-j\omega_n t}\right] = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n e^{j\omega_n t}$
- 或写成:
- $f_T(t) = \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}\left[\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f_T(\tau)e^{-j\omega_n\tau}d\tau\right]e^{j\omega_n t}$
- 对非周期函数$f(t)$都可以看作$f_T(t)$当$T \to +\infty$时转化而来
- $f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)e^{-j\omega\tau}d\tau\right]e^{j\omega t}\,d\omega$

一维连续傅里叶变换

- 若f(x)为一维连续实函数，则它的傅里叶变换可定义为:

$$\boxed{F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j2\pi ux}dx}$$

- 傅里叶逆变换定义如下:

$$f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{j2\pi ux}du$$

图像处理与分析基础

离散傅立叶变换(DFT)

- 对离散信号，有离散傅立叶变换和离散傅立叶反变换
- DFT：

$$X(m)=\sum_{k=0}^{N-1}x(k)e^{-j\frac{2\pi mk}{N}};$$

m=0，1，┈，N/2
其中N是偶数，为总共采样点数。

- IDFT： $$x(k)=\frac{1}{N}\sum_{m=0}^{N-1}X(m)e^{j\frac{2\pi mk}{N}};$$

k=0，1，┈，N - 1

图像处理与分析基础

快速傅立叶变换
(Fast Fourier Transform, FFT)

- FFT是计算DFT的一个高效算法，运算结果是相同的，但FFT的运算速度要快很多倍。

下图左边是正弦信号和经FFT计算得到的频谱，图右是淹没在噪声中的正弦信号和它的频谱。

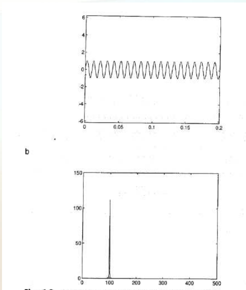


Fig. 6.9 (a) 100-Hz sine wave; (b) fast Fourier transform of 100-Hz sine wave.

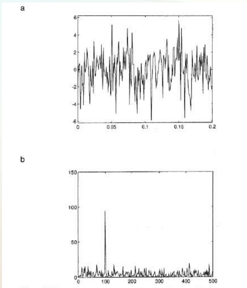


Fig. 6.10 (a) 100-Hz sine wave corrupted with noise; (b) fast Fourier transform of noisy 100-Hz sine wave.

信号的频谱

- 当利用FFT对时间级数*x(t)*进行变换时，我们得到一个复数函数*X(m)*，称*X(m)*为线性频谱，它包括实部和虚部两部分。
- 因为幅值的平方与功率成正比，所以将线性频谱的平方称为功率谱。功率谱可表示为X(m)的实部平方和虚部平方之和：

$$P(m)=\frac{|X(m)|^2}{N}=\frac{X(m)\widetilde{X}(m)}{N}=\frac{X_r^2+X_i^2}{N}$$

图像处理与分析基础

振幅谱、功率谱、相位谱和功率密度谱

- 使用FFT算法可计算信号的频谱。频谱式由实部和虚部组成的复数，即
- 信号的振幅谱，功率谱，相位谱和功率谱密度

$$X_m = U_m + iV_m \qquad m = 1, \cdots\cdots \frac{N}{2}$$

$$A_m = |X_m| = \sqrt{U_m^{\ 2} + V_m^{\ 2}}$$

$$P_m = |X_m|^2 = U_m^{\ 2} + V_m^{\ 2}$$

$$\Phi_m = arctg\frac{V_m}{U_m} \qquad PSD_m = \frac{P_m}{N}$$

图像处理与分析基础

图像的频域表示

二维离散傅里叶变换

图像处理与分析基础

- $f(x,y)$表示一幅大小为$M\times N$像素的数字图像，其二维傅里叶变换(DFT)为：

$$F(u,v)=\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\mathrm{e}^{-j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}$$

- 其离散傅里叶反变换（IDFT）的形式为：

$$f(x,y)=\frac{1}{MN}\sum_{u=0}^{M-1}\sum_{v=0}^{N-1} F(u,v)\mathrm{e}^{j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}$$

- 对于MatLab，F(1,1)和f(1,1)分别对应于数学量$F(0,0)$和$f(0,0)$， $F(0,0)$即频率域原点的值称为直流分量，它等于$f(0,0)$平均值的MN倍。

$F(u,v)$的性质

图像处理与分析基础

- $F(u,v)$是复数，令$R(u,v)$和$I(u,v)$分别表示$F(u,v)$的实部和虚部，则有：

$$|F(u,v)|=[R^2(u,v)+I^2(u,v)]^{1/2}$$

- 变换的相角定义为：

$$\varphi(u,v)=\arctan\left[\frac{I(u,v)}{R(u,v)}\right]$$

- 用极坐标表示：
- $F(u,v)=|F(u,v)|\mathrm{e}^{-j\varphi(u,v)}$
- 功率谱定义为：
- $P(u,v)=|F(u,v)|^2=R^2(u,v)+I^2(u,v)$
- 频谱关于原点对称：$|F(u,v)|=|F(-u,-v)|$
- DFT在u、v方向上是无穷周期的，周期由M和N决定：
- $F(u,v)=F(u+k_1M,v+k_2N)$

观察二维频谱和相位谱

- f=imread('f0303.tif');
- 观察F的复数矩阵
- 观察Fc和phi图像

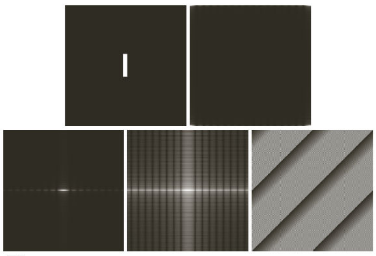


FIGURE 3.3 (a) Image. (b) Fourier spectrum. (c) Centered spectrum. (d) Spectrum visually enhanced by a log transformation. (e) Phase angle image.

- F=fft2(f);
- S=abs(F);
- Fc=fftshift(F);
- S2=log(1+abs(Fc));
- imshow(S2, [ ])

- F=ifftshift(Fc);
- phi=atan2(imag(F),real(F));
- phi=angle(F);
- F=S.*exp(i*phi);