

## 第一章

1. 数字图像处理：把利用计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等的理论、方法和技术称为数字图像处理。一般地，图像处理是用计算机和实时硬件实现的，因此也称之为计算机图像处理。

2. 数字图像处理的目的：

提高图像的视感质量，以达到赏心悦目的目的。

提取图像中所包含的某些特征或特殊信息，以便于计算机分析。

对图像数据进行变换、编码和压缩，以便于图像的存储和传输。

## 第二章

1. 空间分辨率是指图像中可分辨的最小细节

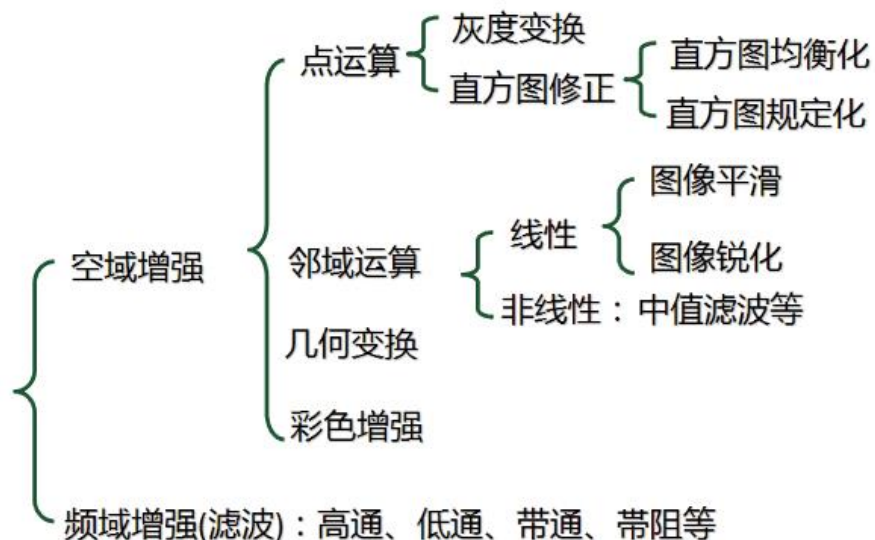
2. 灰度级分辨率是指在灰度级别中可分辨的最小变化。黑白只有 2 个灰度级

3. 像素的邻域：4-邻域、8-邻域、对角邻域

4. 邻接类型：4-邻接、8-邻接、m-邻接

## 第三章 空间域图像增强

### 图像增强



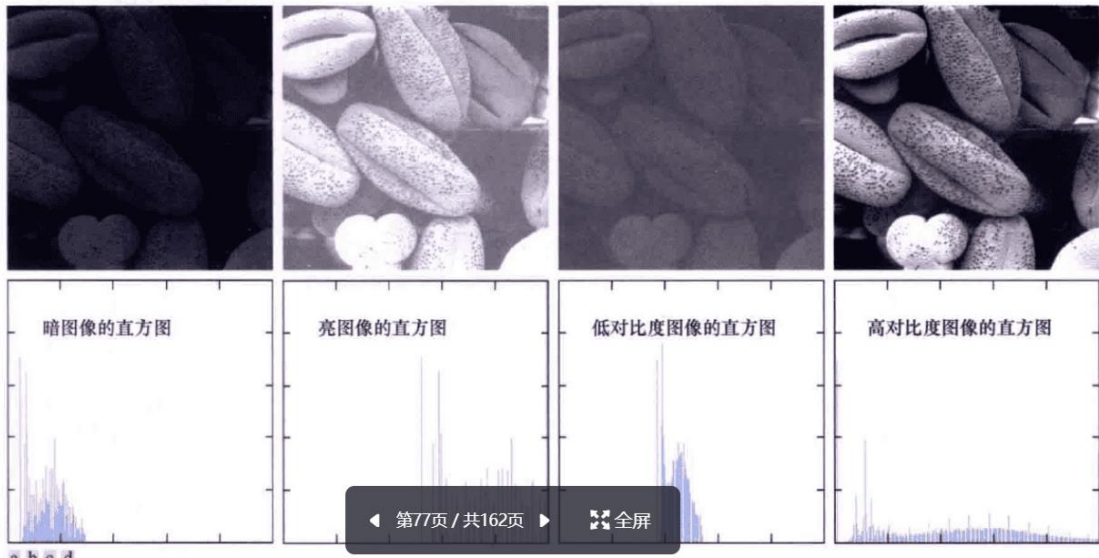
1. 灰度插值：最近邻插值、双线性插值、双三次插值

空域变换-灰度插值-图像处理中内插方法的选择

内插方法的选择除了考虑图像的现实要求及计算量，还要考虑内插结果对分析的影响

当纹理信息为主要信息时，最邻近采样将严重改变原图像的纹理信息

但灰度信息为主要信息时，双线性内插及三次卷积插值将减少图像异质性，增加图像同质性，其中，双线性内插方法使这种变化更明显



例 假定有一幅总像素为 $N=64 \times 64$ 的图像，灰度级数为8，各灰度级分布列于表中。对其均衡化计算过程如下：

序号	运算	步骤和结果							
1	列出原图灰度级 $r_k, k=0, 1, \dots, 7$	0	1	2	3	4	5	6	7
2	统计原图各灰度级像素数 $n_k$	790	1023	850	656	329	245	122	81
3	计算原始直方图各概率： $p_k = n_k / N$	0.19	0.25	0.21	0.16	0.08	0.06	0.03	0.02
4	计算累计直方图： $S_k = \sum p_k$	0.19	0.44	0.65	0.81	0.89	0.95	0.98	1
5	取整 $S_k = \text{int}\{(L-1)S_k + 0.5\}$	1	3	5	6	6	7	7	7
6	确定映射对应关系： $r_k \rightarrow S_k$	0 $\rightarrow$ 1	1 $\rightarrow$ 3	2 $\rightarrow$ 5	3, 4 $\rightarrow$ 6	5, 6, 7 $\rightarrow$ 7			
7	统计新直方图各灰度级像素 $n'_k$		790		1023	850	985	448	
8	用 $p'_k(s_k) = n'_k / N$ 计算新直方图		0.19		0.25	0.21	0.24	0.11	

普通的图像灰度级为0-255，这里简化为0-7

## 直方图的应用

用于判断图像量化是否恰当

用于确定图像二值化的阈值

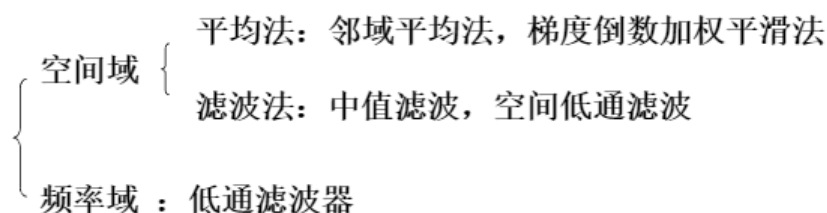
物体部分的灰度值比其他部分灰度值大时，可利用直方图统计图像中物体的面积

$$A = n \sum_{i \geq T} v_i$$

计算图像信息量H（熵）

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log_2 P_i$$

图像平滑：减少或消去噪声



### ➤ 均值滤波的优缺点总结：

#### ◆ 优点：

- 实现简单；
- 对高斯白噪声很有效

#### ◇ 缺点：

- 随着滤波窗口的增大，会使图像边缘模糊，而图像的边缘往往是一类有效的信息；
- 对椒盐噪声效果不好

## 中值滤波器

Median filter

➤ 依靠n\*n的模板对图像进行中值平滑处理  
利用区域的中值进行平滑

➤ 进行中值滤波的目的：

让与周围像素灰度值相差较大的像素改  
取与周围灰度值接近的值

→ 消除孤立噪声能力强，

→ 不是简单取均值，产生模糊较少，保持细节

中值滤波器的消噪效果，与模板尺寸、参与运算的像素数、模板排列形状均有密

切关系。

锐化滤波器：

一阶微分滤波器：梯度算子

二阶微分滤波器：拉普拉斯算子

## 第四章 频率域图像增强

1.

滤除高频、保留低频:消除噪声、平滑

滤除低频、保留高频:获得边缘、增强

2.频域增强与空域增强的关系：图像频谱给出图像全局的特性，所以频域增强不是对逐个像素进行空域增强中无论使用点操作还是模板操作，每次都只是基于图像中部分像素进行的。

3.在频域中进行增强的操作主要步骤：

- ① 计算所需增强图像的傅里叶变换
- ② 与一个根据需要设计的滤波器函数相乘
- ③ 再将获得的结果进行傅里叶反变换--得到增强的图像

4.傅里叶变换的性质：

可分离性、平移性、线性性、周期性、共轭对称性、旋转不变性、比例性质、平均值性质

5.频率域：

- |            |                     |
|------------|---------------------|
| 1) 理想低通滤波器 | 2) Butterworth低通滤波器 |
| 3) 高斯低通滤波器 | 4) 梯形低通滤波器          |
- 巴特沃思
- 

5. 振铃效果--理想低通滤波器的一种特性：由于高频成分包含大量的边缘信息，因此采用这个滤波器在去噪声的同时将会导致边缘信息损失，而使图像边缘模糊，并且会产生振铃效应。

6.巴特沃斯低通滤波器：

- 连续衰减，而不象理想滤波器那样陡峭和明显的不连续性。
- 因此采用该滤波器滤波在抑制图像噪声的同时，图像边缘的模糊程度大大减小，**没有振铃效应产生**，这是过滤器在低频和高频之间的平滑过渡的结果。
- 低通滤波是一个以牺牲图像清晰度为代价来减少干扰效果的修饰过程，且计算量大于理想低通滤波器。

- 理想低通有明显振铃，即图像的边缘有抖动的现象。
- **BLPF**效果交好，但计算复杂，其有点使少量低频通过，**H渐变**，振铃不明显。
- 高斯低通效果比**BLPF**差些，振铃现象也不明显。
- 梯形低通会产生微振铃效果但计算简单，故常使用。

## 第五章 空间复原

### 1.图像复原与图像增强：

#### “图像复原”和“图像增强”的联系

##### ■ 共通点：

最终目的是**改善给定图像质量**，有一定交叉领域。

##### ■ 区别点：

- 增强是一个主观过程，复原是一个客观过程。
- 图像增强被认为是一种对比度拉伸，其主要基于**提供给观看者喜欢的图像**。
- 图像复原有明确的、客观的、统一的评价标准，以便对结果作出最佳估计。



图像增强



图像复原

40

逆滤波对于没有被噪声污染的图像很有效，但是实际应用中，噪声通常无法计算，因此通常忽略加性噪声，而当噪声存在时，该算法就**对噪声有放大作用**，如果对一幅有噪声的图像进行恢复，噪声可能占据了整个恢复结果。



## 两种有约束复原方法总结

### ■ 评价标准

维纳滤波：图像统计平均意义下最优

最小平方：在最大平滑准则下最优

### ■ 应用场景

维纳滤波：图像和噪声都属于随机过程，且已知噪声和未退化图像功率谱或用常数替代（该值不易找到）

最小平方：以像素间平滑准则为基础，只需要知道噪声的均值和方差或者迭代选择标量参数 $c$

65

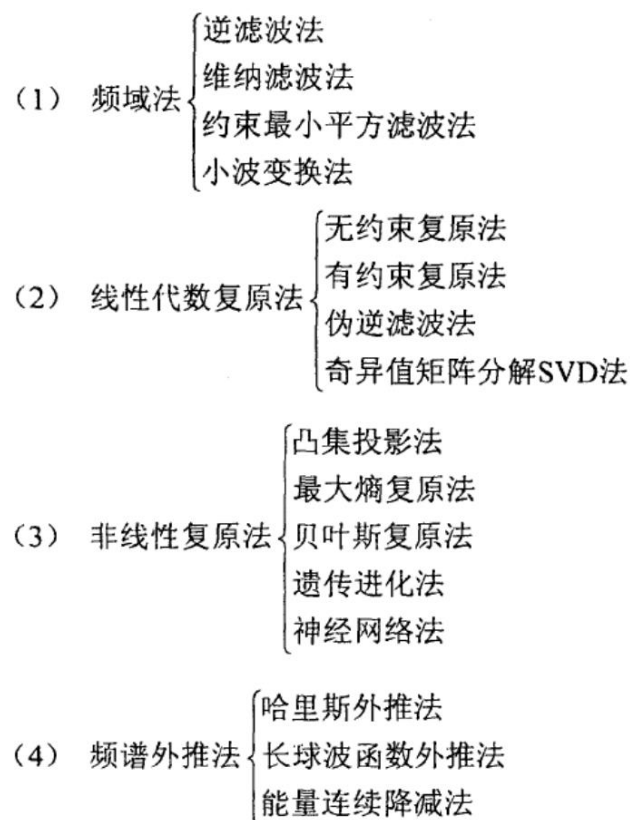
常用的图像相似度测量参数有：

- 平均绝对误差 (MAE)
- 均方误差 (MSE)
- 归一化均方误差 (NMSE)
- 信噪比 (SNR)
- 峰值信噪比 (PSNR) 等。

灰度平均梯度值方法：

灰度平均梯度值方法是分别将图像长度和宽度方向上的相邻像素灰度值做差后求平方和，再求均方根值，它能较好地反映图像的对比度和纹理变化特征，其值越大表示图像越清晰，图像质量越好。

一般图像越清晰，轮廓越鲜明，则每一像素附近的灰度值变化越大，LS值就越大。



## 第七章 图像分割

**定义：**把图像分成各具**特性**的互不重叠的区域，并提取出感兴趣**目标**的技术和过程。

可以是灰度、颜色、纹理等

对应单个区域和多个区域

**分割算法基于灰度值的两个基本特性：不连续性和相似性。**

**不连续性——区域之间**

**相似性——区域内部**

**基于区域之间灰度不连续性的一类分割方法：**基于边缘的分割方法，先提取区域边界，再确定边界限定的区域。

如：边缘检测分割法、Hough变换等。

**基于区域内部灰度相似性的一类分割方法：**区域分割方法，确定每个像素的归属区域，从而形成一个区域图。

如：阈值分割法，区域生长、分裂合并、形态学分割等。

- (1) **有效性**: 对各种分割问题有效的准则, 能将感兴趣的域或目标分割出来。
- (2) **整体性**: 即能得到感兴趣区域的封闭边界, 该边界无断点和离散点。
- (3) **精确性**: 得到的边界与实际期望的区域边界很贴近。
- (4) **稳定性**: 分割结果受噪声影响很小。

阈值化分割算法主要有两个步骤:

- 1) 确定合适的分割阈值
- 2) 将每个像素值与分割阈值比较以划分像素归属。

阈值法分类

阈值类型	适用情况
全局阈值	图像中目标和背景有明显差别, 而且这种差别在图像中的任何位置都几乎相同。
局部阈值	目标和背景的对比度随着位置的不同可能有较大变化(比如光照不均)。
单阈值	图像中只有单个目标和单个背景的情况, 或者只对图像进行简单的划分。
多阈值	图像中存在多个目标或多个背景的情形, 或者对图像进行多个层次的划分。
直接阈值	对比度较大的图像, 也就是图像中在区域内部灰度基本一致, 而不同区域之间灰度有较大的差异。
间接阈值	图像中的目标和背景差别不是很大, 如果不作处理直接选取阈值的话, 用这个阈值不能很好地分割图像。

> 阈值分割的特点

- 1) 对于物体与背景有较强对比的图像分割特别有效;
- 2) 计算简单;
- 3) 总能用封闭而且连通的边界定义不交叠的区域;
- 4) 可以推广到非灰度特征, 如果物体同背景的区别不在灰度值, 而是其它特征, 如纹理、颜色等, 可以先计算那种特征, 再转化为灰度图, 然后就可以利用阈值分割技术。



## ➤ 阈值选取方法

---

- 1、根据直方图谷点确定阈值
- 2、最优阈值（最小错误概率阈值）
- 3、最大类间方差阈值
- 4、 $P$ 参数法阈值

1.根据直方图谷点确定阈值：

**存在的缺点：**会受到噪声的干扰，最小值不是预期的阈值，而偏离期望的值。

### 2) 最优阈值的思想

分割的结果在错分概率准则下达到最优，因此称之为最优阈值或最小错误概率阈值。

### 3) 具体做法

- (1) 设定目标物和背景的概率及其灰度分布概率密度函数
- (2) 给定一个阈值 $t$ 下，求每类的分割错误概率
- (3) 求此阈值下总分割错误概率 $e(t)$
- (4) 由总分割错误概率 $e(t)$ 的极小值求解最优阈值 $T$

## 1、边缘的定义

图像中像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合。

### 边缘分割法原理

- 其基本思想是通过寻找图像中不同区域的边界，从而实现图像分割。
- 它是基于边界的一大类图像分割方法。

#### 1) 一阶微分算子检测边缘的基本思想：

检测图像一阶导数的峰值或者谷值确定边缘，可用一阶微分算子和图像卷积实现。

#### 2) 二阶微分算子检测边缘的基本思想：

检测图像二阶导数的零点确定边缘，可用二阶微分算子和图像卷积实现，并可通过二阶导数的正负判断像素在明区还是暗区。

## 2.一阶微分算子检测边缘:

梯度算子、Roberts、Prewitt（对角模板）、Sobel（对角模板）等算子

**好的检测算子需满足三个指标：**

**a) 高准确性：**多包含真边缘，少包含假边缘；

**b) 高精度度：**检测到的边缘应该在真正的边界上；

**c) 单像素宽：**选择性很高，只对边缘有唯一响应。

Canny 算子检测边缘的步骤：

- ① 用高斯滤波模板平滑图像
- ② 计算平滑后图像梯度的幅值和方向
- ③ 对梯度幅值应用非极大值抑制。
- ④ 用双阈值算法检测和连接边缘。

2.二阶微分算子检测边缘：主要有拉普拉斯算子和 LOG 算子。

3.拉普拉斯算子的特点：

- ① 它是二阶导数，对噪声非常敏感
- ② 拉普拉斯算子的幅值产生双边缘(最大负值和最大正值)。
- ③ 不能检测边缘的方向(无方向模板)

4.拉普拉斯算子的作用：

- ① 利用它的零交叉性质进行边缘预定位。
- ② 确定一个像素在边缘暗的一边还是亮的一边。

5.边缘连续的目的：边缘接续的目的是要把间断的边连接起来形成封闭的边界。

6.局部接续处理的原理：分析边缘检测结果中的每个点(x 的特性;在一个小的域(3x3 或 5x5)中把所有相似的点被连接，形成一个具有共同特性像素的边界。

7.模板匹配法检测边缘：根据目标特征，建立匹配模板，通过考察模板和原图像中各子区域的相似性确定是否是目标若相似，则认为该部分与模板相同，标记为目标。

8.曲面拟合法检测边缘：用一个平面或曲面去逼近图像中的局部灰度表面，然后用这个平面或曲面的梯度代替点的梯度，从而实现边缘检测，可减少噪声的干扰。

9.Hough 变换：利用一个空间和另一个空间的对偶关系，把原空间中的问题转换到它的对偶空间去求解，在对偶空间里问题变得相对简单。

10. Hough 变换检测直线的特点：

- ① 抗干扰能力强:在参数空间的累加计数是一个积分
- ② 鲁棒性好: 在真正待求的参数点处有非常明显的尖峰;
- ③ 自动闭合:由边界曲线的参数可得整个曲线。

**利用 Hough 变换可排除干扰并完成曲线补充和接续**