# Name Convention

1. 变量符号及含义

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 变化前 | 线性位置不变系统 退化函数 | 噪声 | 变化后 |
| 空域 |  |  |  |  |
| 频域 |  |  |  |  |
| 复原 | 原图像的估计 |  |  |  |

1. 常用词汇

* 图像退化image degradation：degradation 的过程在这里被建模为，退化函数作用于原图像，并加上一个加性噪声，得到最终的退化图像（degraded image）:
* 图像复原image restoration 图像重构 image reconstruction，建立模型，在空域或频域剥离噪声，获得退化函数点扩散函数，得到一个很接近原图像的恢复图像

# 图像恢复模型基础：噪声模型

## 噪声模型

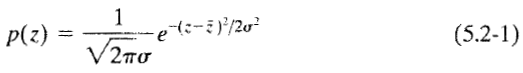
### 空间特性

需要研究空间特性的噪声中排除了空间周期噪声，这类噪声我们可以转到频域进行处理。而且这里假设，噪声独立于空间坐标，每个坐标点上噪声强度概率都是一样的。

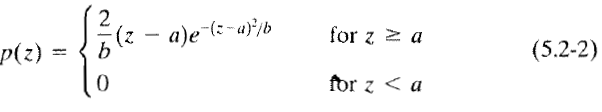
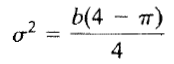
这样的噪声方便我们用直方图统计和pdf来描述。

几种典型的噪声pdf：

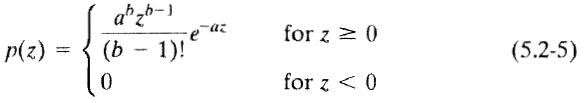
#### 高斯噪声



#### 瑞利噪声

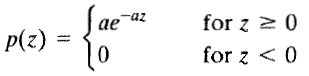
mean and variance

#### 爱尔兰（gamma）噪声



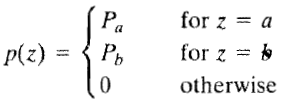


#### 指数噪声



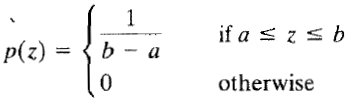


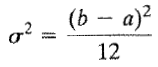
#### 椒盐（脉冲）噪声



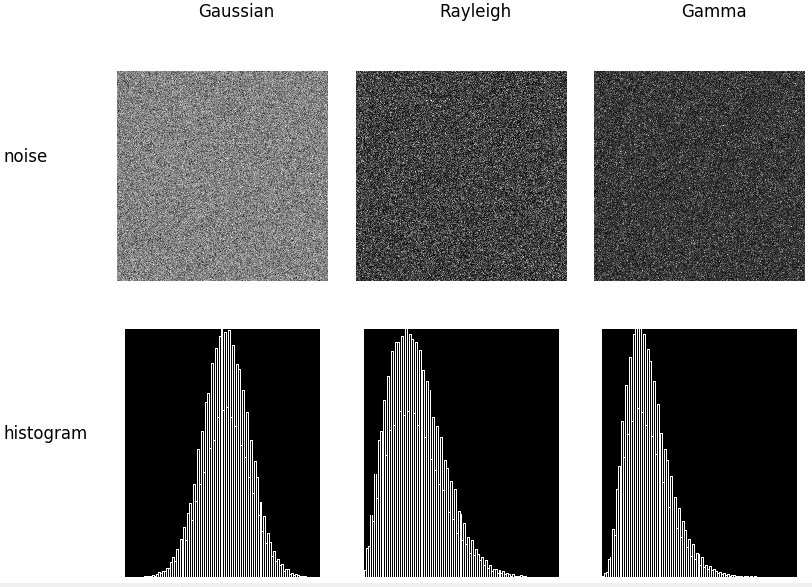
For 8bit image, black (pepper) noise means I=0, white (salt) noise means I=255

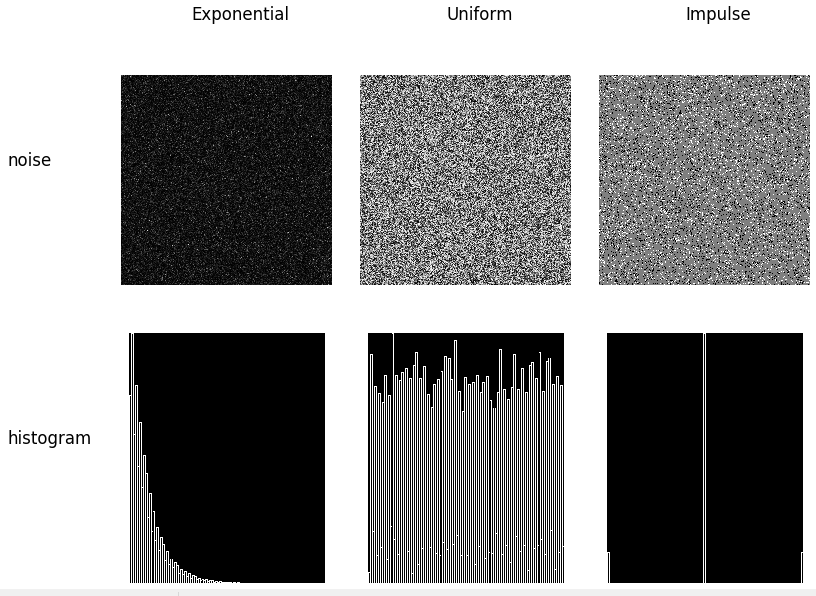
#### 平均噪声





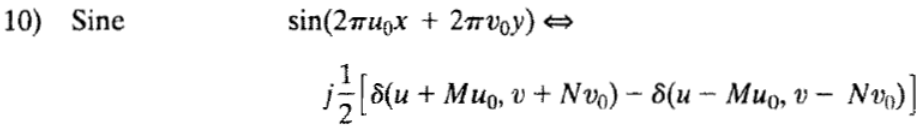
#### Overview





### 频域特性

空间周期噪声，这类噪声我们可以转到频域进行处理，参见table 4-3, 10, 空域正弦函数，在频域对应的是两个亮点对。



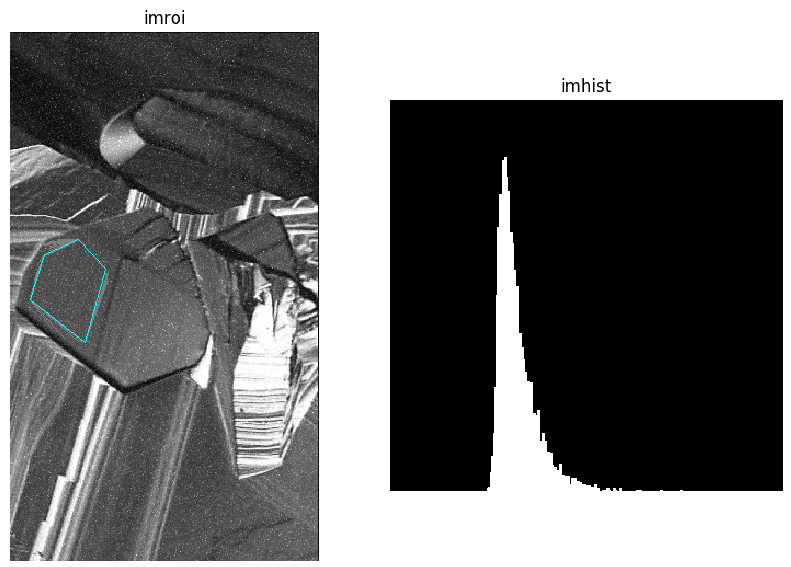
另外，提下“白噪声”的概念，这个词借鉴于光学，白光是以相等的比例混合可见光谱中的所有波长/频率，这样的光在频域为一个常数，所以称之为“白噪声”。

Note，在时间系列的信号与系统中还可能会听到“高斯白噪声”（White Gaussian Noise）的说法，这个要在综合时域，空域，频域来理解：白噪声是指时域变到空域，噪声频谱是均匀分布的；高斯噪声指，在时域和空间幅值上来看，是满足高斯分布的。参考https://www.cnblogs.com/YoungHit/archive/2012/03/09/2388230.html.

### 噪声参数的估计

* 非周期性噪声

1. 可以参考传感器参数，
2. 没有传感器参数的话， one simple way to study the characters of system noise is, to capture a set of images of “flat” environments. 比如，光学传感成像体系中，只要**对一个均匀照明条件下的灰色单色平板成像**，就可以用来研究噪声的空间特性；
3. 没有这种deliberated acquired image的话，还可以在退化的image中选取**一个图像特征较少的的一小块背景区域**来估计PDF参数。Estimate the parameter of PDF from small patches of reasonably constant background intensity. 如下例：



在图中，选取一个灰度值相对恒定的区域，图像特征的灰度值相近，可以理解为噪声占据主导地位，这里我们可以近视这个PDF为一个指数噪声。

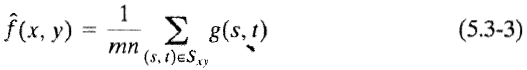
* 周期性噪声，通常通过检测图像的傅里叶谱来估计。

# 只存在噪声系统的复原 Restoration in the presence of noising only

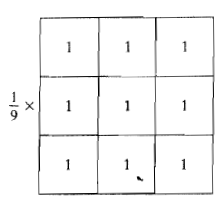
标题是指，degradation的过程中，系统是一个完美的记录系统，只有Noise影响到原图，这样退化公式简化为，复原的过程也变得简单，只要减去噪声。这样我们可以用空间滤波过滤噪声，延伸第3章的内容：

## 均值滤波器Mean Filters

### Arithmetic Mean Filters



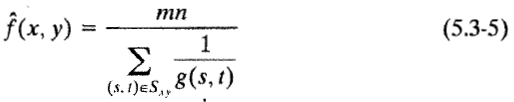
Box filter



### Geometric Mean Filters

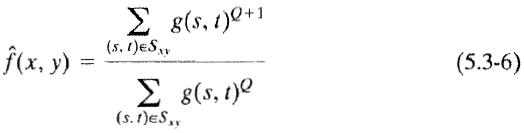


### Harmonic Mean Filters 谐波均值滤波器

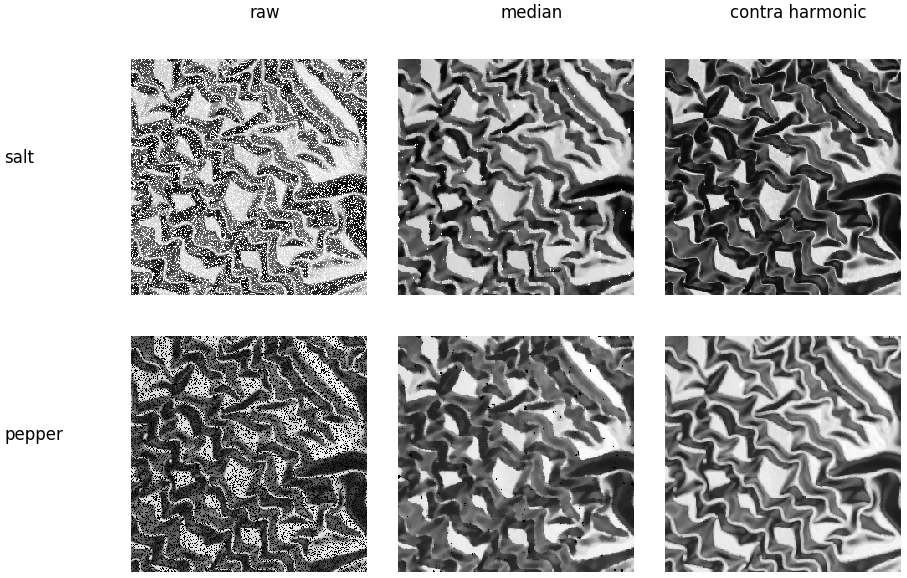


Works for salt noise, but failed for pepper noise. Works for Gaussian Noise

### Contra-harmonic Mean Filters 逆谐波均值滤波器



* Q > 0, good for pepper noise
* Q < 0, good for salt noise
* Q=0, Contra-harmonic Mean Filters = Arithmetic Mean Filters
* Q=-1, Contra-harmonic Mean Filters = Harmonic Mean Filters



Salt Median 5x5 Contra harmonic 3X3 Q=-5

Salt Median 5x5 Contra harmonic 3X3 Q=1.5

## 统计排序滤波器 Order-Statistic Filter

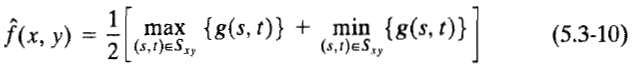
### 中值滤波器

M x M的中值滤波器只对于结构尺寸 <=M2/2的噪声有效。

另外还有max filter，min filter，甚至percentile filter

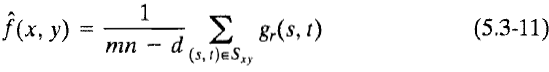
这些都是非线性的，不满足可加性

### 中点滤波器



Good for random distributed noise，like Gaussian & uniform noise

### 修正的均值滤波器 Alpha-trimmed mean filter



移除最高d/2和最低d/2的强度值之后，剩下的mn-d元素求均值。

* d=0， mean filter
* d=mn-1, median filter

Works for combined noise, like Gaussian and pepper&salt noise

## 自适应滤波器 adaptive filter

### 自适应局部降噪滤波器 adaptive, local noise reduction filter

约定四个变量：

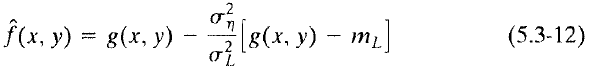
：degraded image在(x,y)的强度

：噪声在矩形窗口范围内的方差

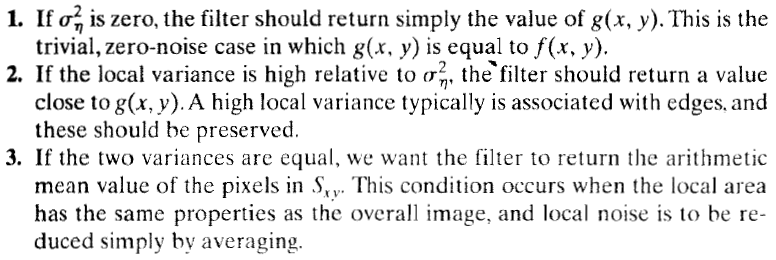
：矩形窗口范围内, g(x,y)像素的局部均值

：矩形窗口范围内, g(x,y)像素的局部方差

一般化为公式即为：

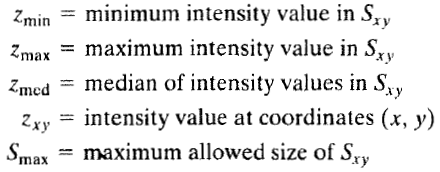


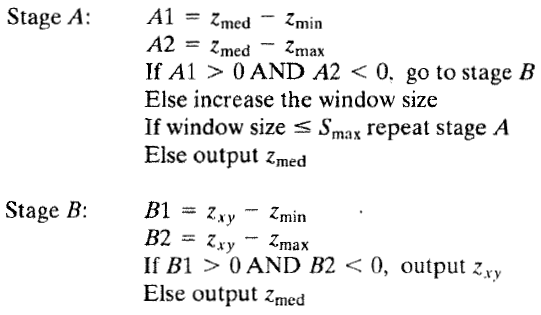
这个公式中，唯一需要我们确定的一点就是，这个参见“噪声参数的估计”。



1. =0, =
2. >>, =,保持原图中急剧变化的edge区域
3. ~=, =, 说明噪声方差决定了图像区域的方差，因此去区域的算术平均值。
4. />1, 噪声的表达掩盖了原图，这时我们使用 原始比率，举个例子/=9，减去9倍的噪声因子，图像很可能出现负值，而且这样我们就过度考虑的噪声，因此我们一般将/的最大值限定在1

### 自适中值滤波器 adaptive median filter

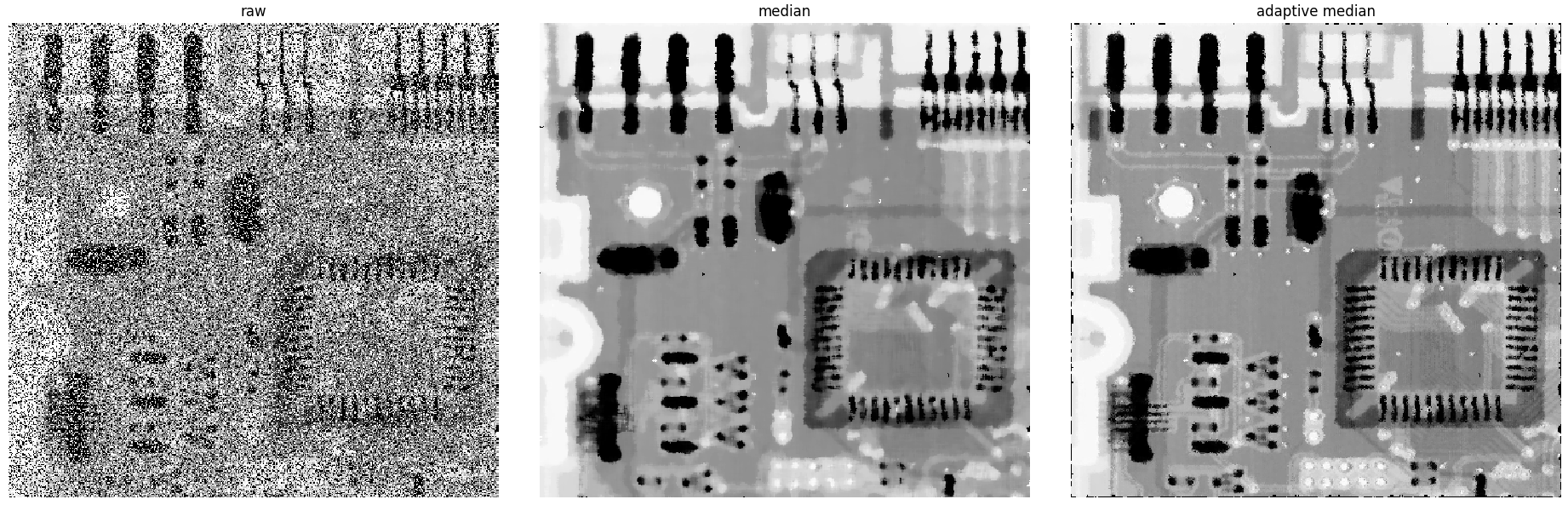




这个滤波器的目的只要有三个：

1. Remove pepper and salt noise
2. Smooth other noise not impulse
3. Reduce distortion of excessive thinning or thickening boundary in filtering

* A: 当< <,确定不是脉冲，进入B，
  + < <，则不是脉冲直接输出；#保留原特征
  + 否则，输出. # 是脉冲，中值滤波
* A: 当< <不满足, 即为=，或=；## 不确定是edge，还是脉冲
  + If  < Smax, repeat A ## 扩大size验证一下
  + Else return 



# 频域滤波消除周期噪声 Periodic Noise Reduction by Frequency Domain Filtering

参见第四章，频域滤波中的选择性滤波 selective filter

BPF BRF

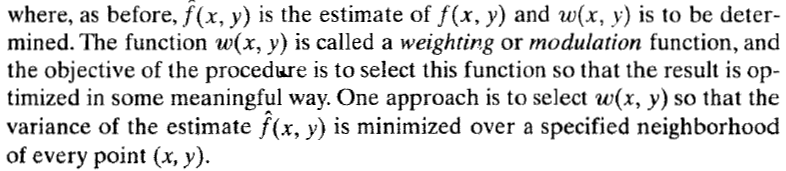
NPF, NRF

## 最优化陷波滤波 Optimum Notch Filtering



陷波滤波得到的噪声如果完全可信，那我们简单减去噪声即可，但实际上notch filter得到的只是一个噪声的估计，有些位置甚至其中还有一些原图中的信号，因此我们需要一个调制模型，去自适用地应用这个模拟出来的噪声信号。





一种最优化的目标就是，选出这个能使得在区域内的方差最小。

