

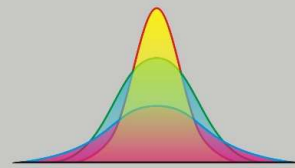
大话成像之

数字成像系统 32讲

SNR 与 Raw Denoise

Ming Yan

imaging algorithm engineer



在 raw domain 降噪的几个好处：

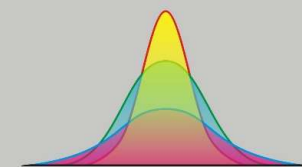
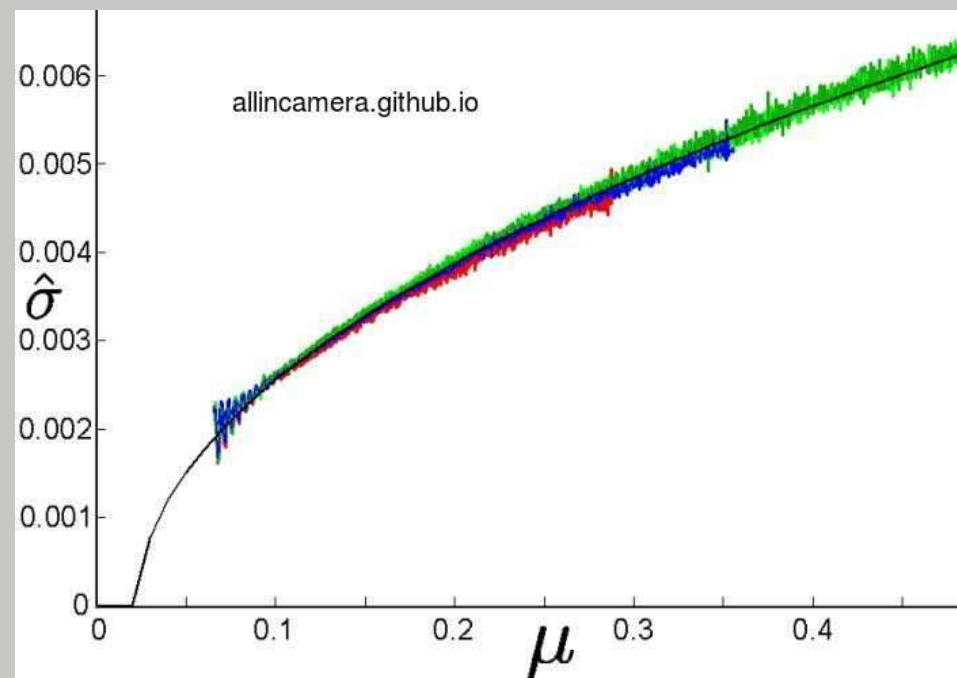
Raw domain 噪声特性

$$y = \alpha p_i + n_i, p_i \sim P(x), n_i \sim N(0, \sigma^2)$$

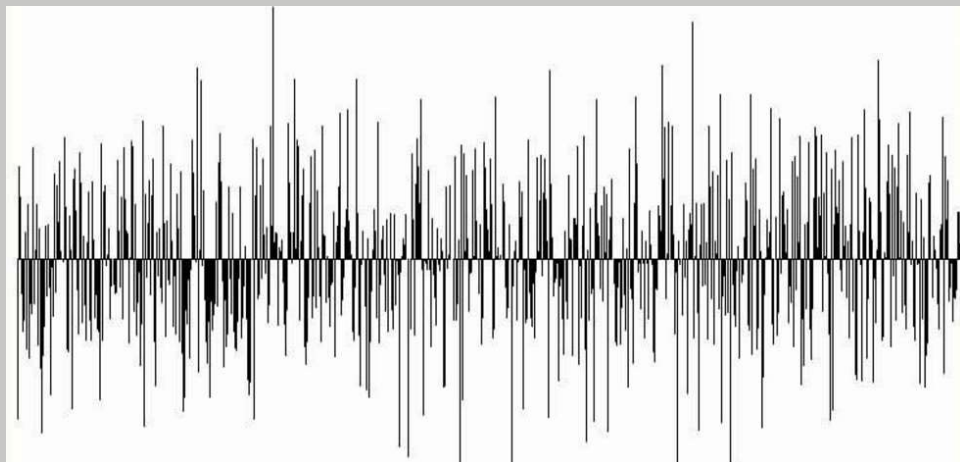
y 是总噪声， α 是量化参数， p_i 是泊松噪声， n_i 是高斯噪声， x 是信号。 p_i 是信号相关的， n_i 是信号不相关的。

泊松噪声：

$$f(k; \lambda) = \Pr(X = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$



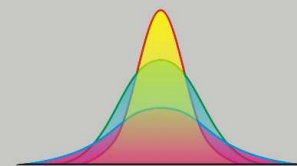
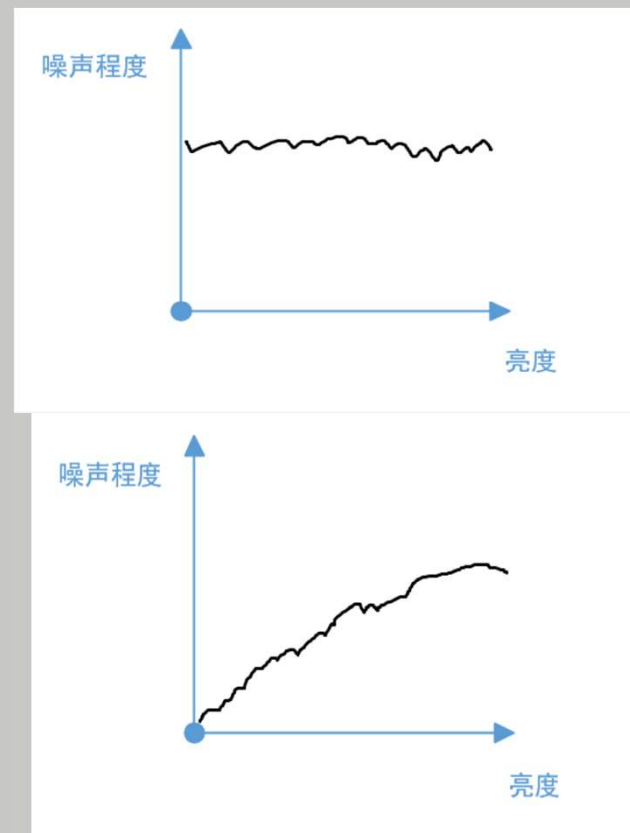
高斯噪声：

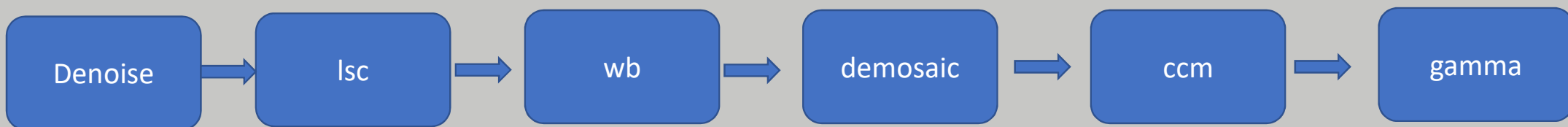


并不局限于用高斯泊松模型：

$$y = \text{sqrt}(a * x^2 + b)$$

x 是信号，a 和b 是参数

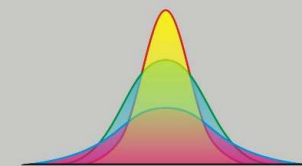
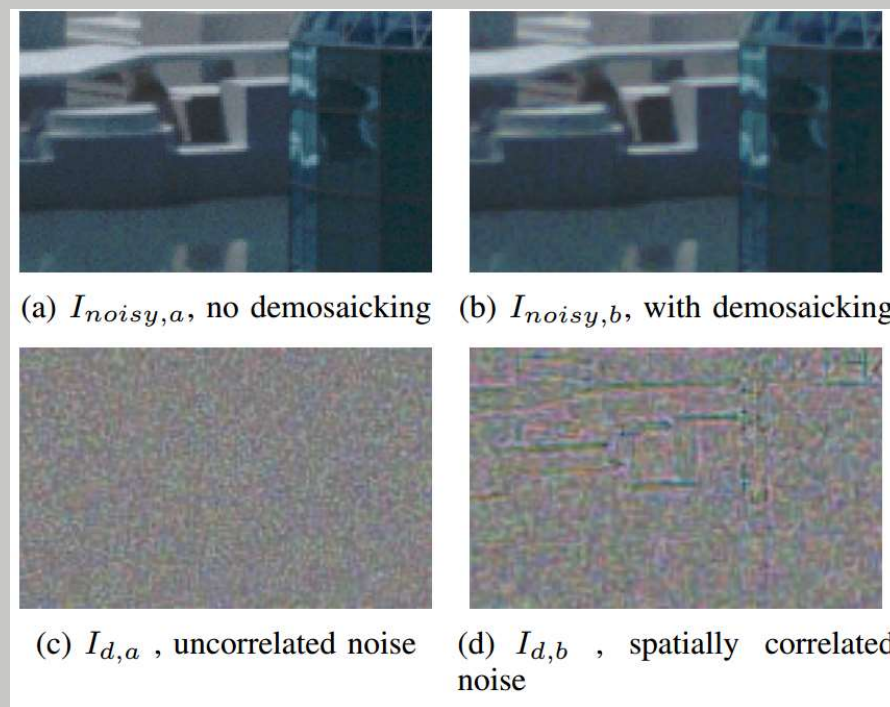


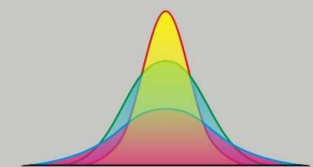


demosaic 后的噪声：

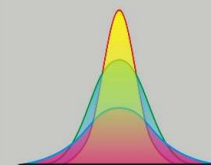
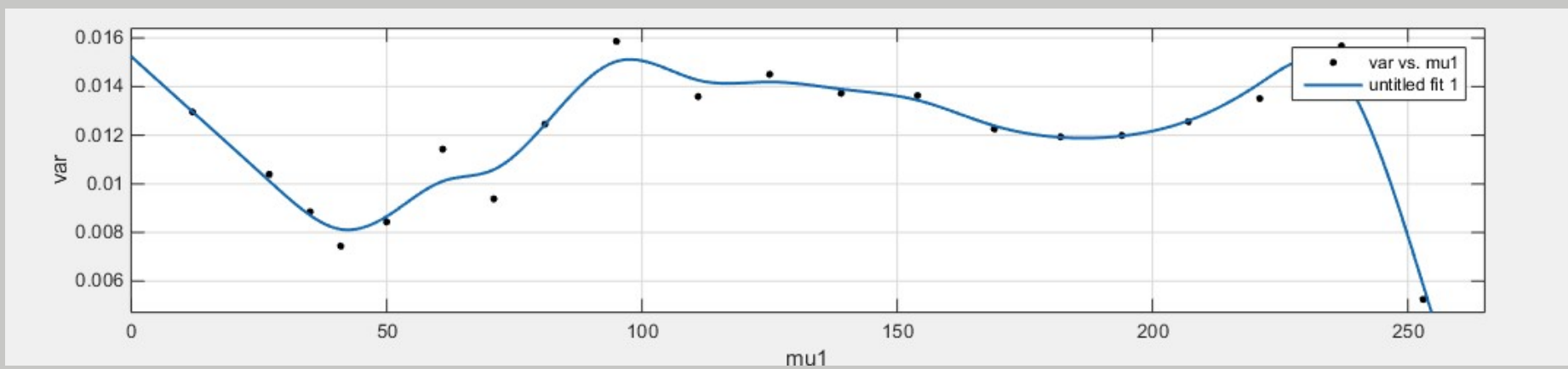
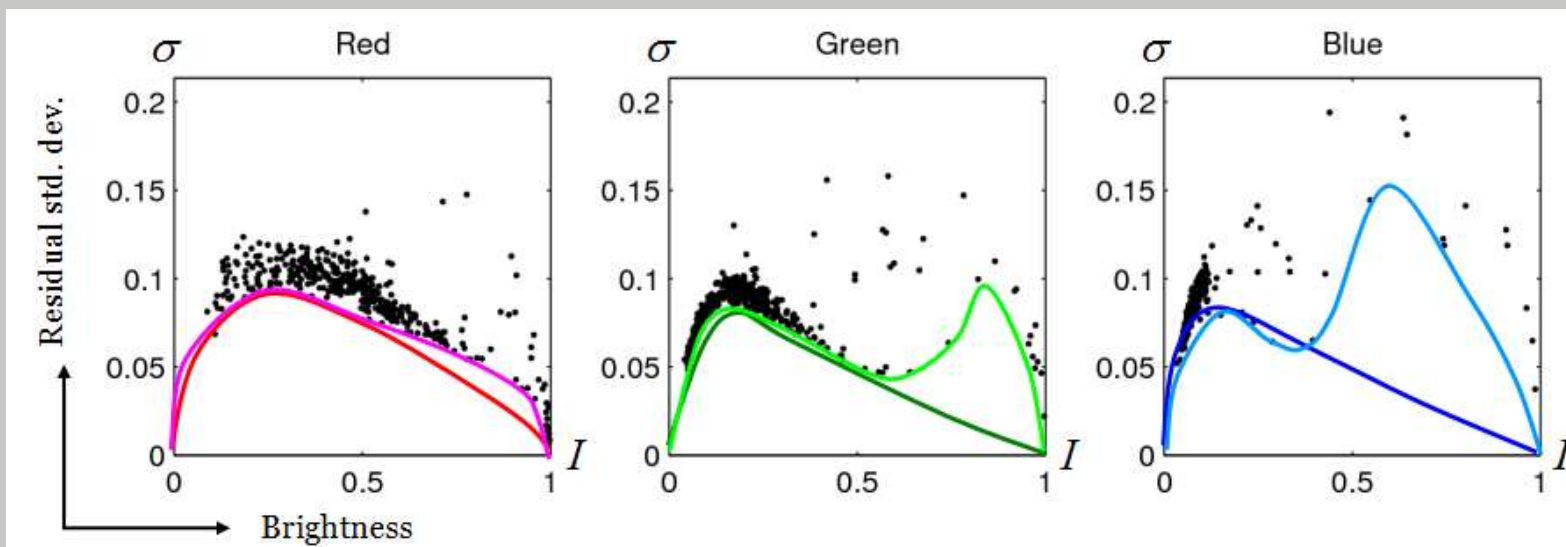
结构化噪声

在demosaic时，不同的边缘强度插值的方向以及插值的方式都会不一样，进而会导致噪声的程度和形态与当前像素所处的结构等有关系。



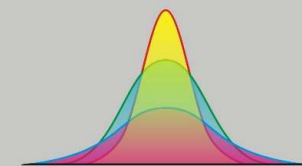


gamma 后最终输出图像：



根据raw domain 的特性得到的raw denoise的相关启发

- (1) raw domain的噪声不是单纯的高斯噪声，而是和亮度有关系的。
- (2) 在raw domain 进行一定程度的降噪，对于图像质量会有很大的提高，比如上图中的结构性噪声。
- (3) 在raw domain 设计降噪算法会稍微容易一些。参考noise profile，在不同的亮度进行不同强度的降噪，或者把噪声归一化，有利于保护细节。
- (4) noise profile 并不是单纯用在denoise 这一个模块上，还可以用在时域降噪、demosaic 等模块上。
- (5) 注：实际使用时并不一定要在raw domain降噪，很多ISP 也都是以Y UV domain降噪为主体的。



降噪的评价标准：

PSNR：（峰值信噪比 Peak Signal to Noise Ratio）

SNR：（信噪比 SIGNAL-NOISE RATIO）

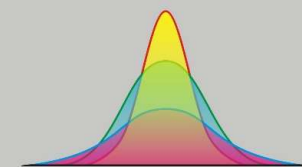
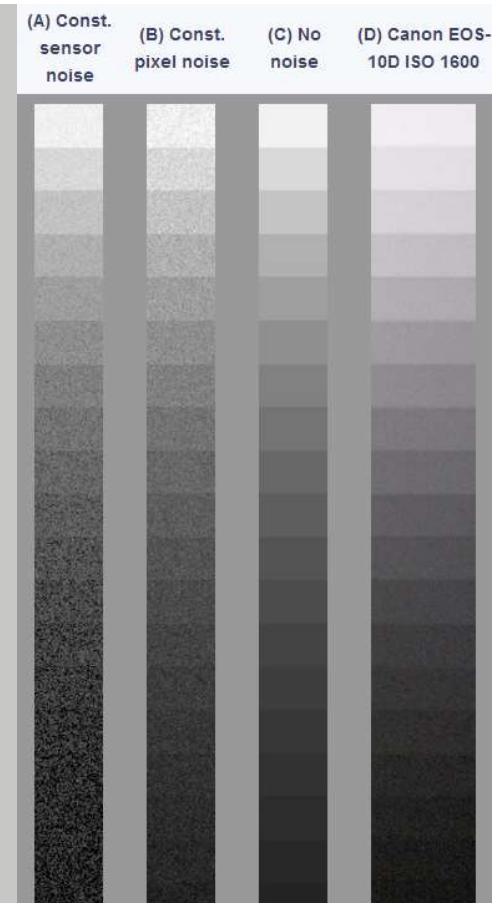
$$\text{SNR (dB)} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} (f(x, y))^2}{\sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2} \right]$$

snr 的标准是：dB 越高，降噪程度越好。

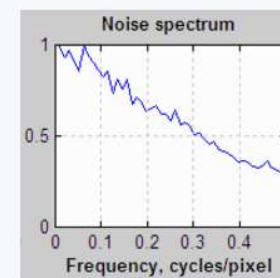
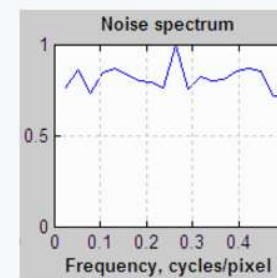
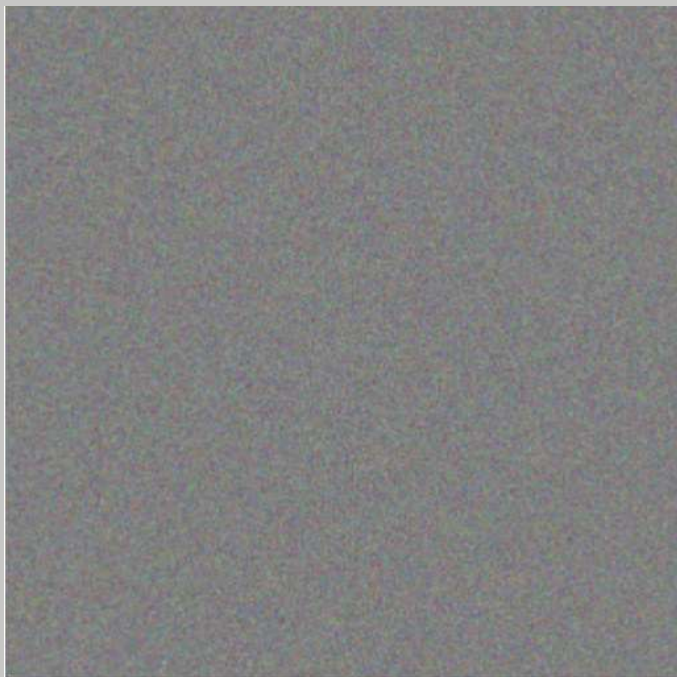
一般会出现两种问题：

(1) snr 好并不能代表真实的视觉噪声，有些同样的snr，但是视觉表现出来就不同：visual noise

(2) snr 好并不能代表最终图像质量好，有时会过度涂抹；snr虽高，但是图像质量并不好。



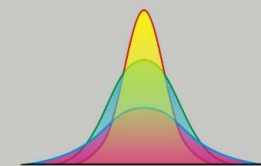
visual noise (ISO 15739 noise)



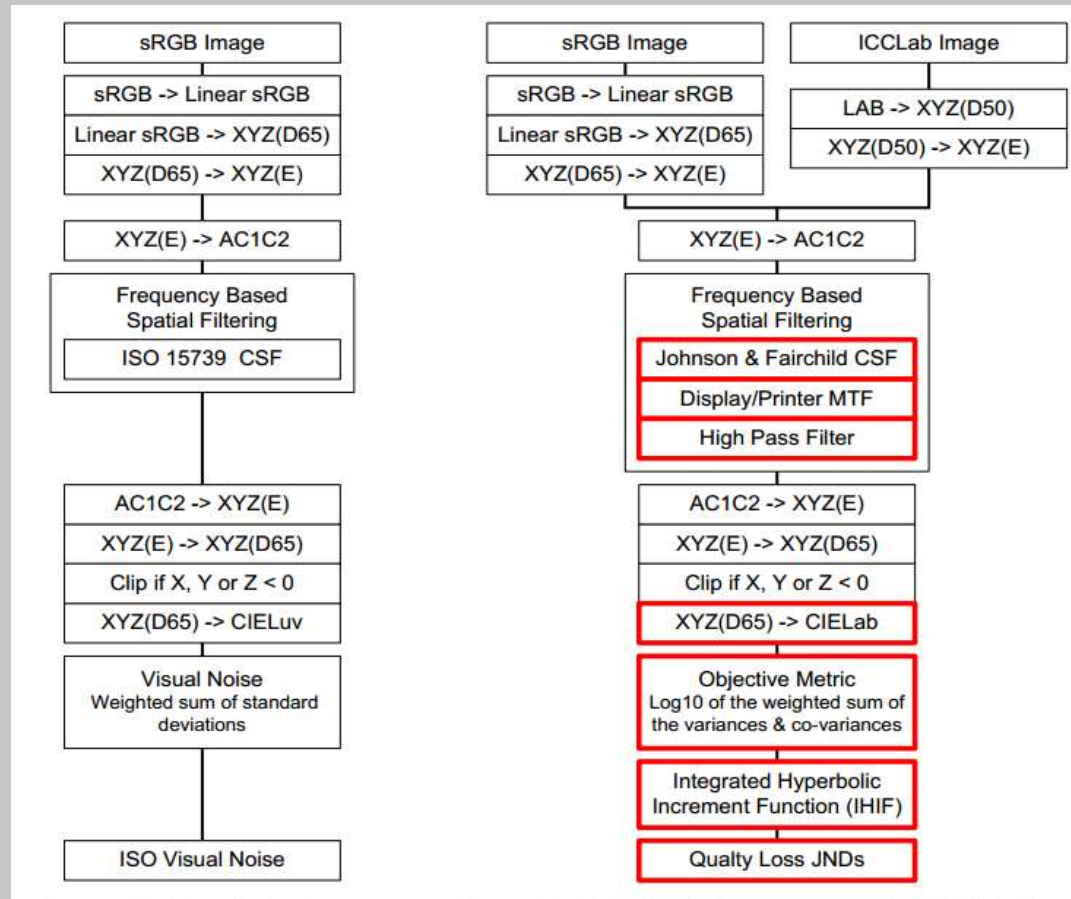
White noise, enlarged 2X (nearest neighbor) Blurred noise, enlarged 2X (nearest neighbor)

同样的方差，完全不同的视觉效果

结论：因为不同频率噪声对人眼的视觉影响完全不一样，并且人眼对彩噪和亮度噪声的感觉也完全不一样

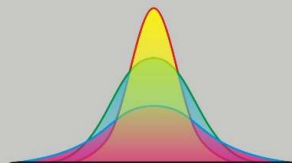


visual noise (ISO 15739 noise)



ISO 15739

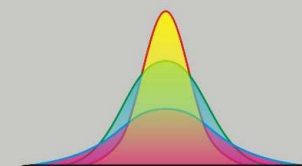
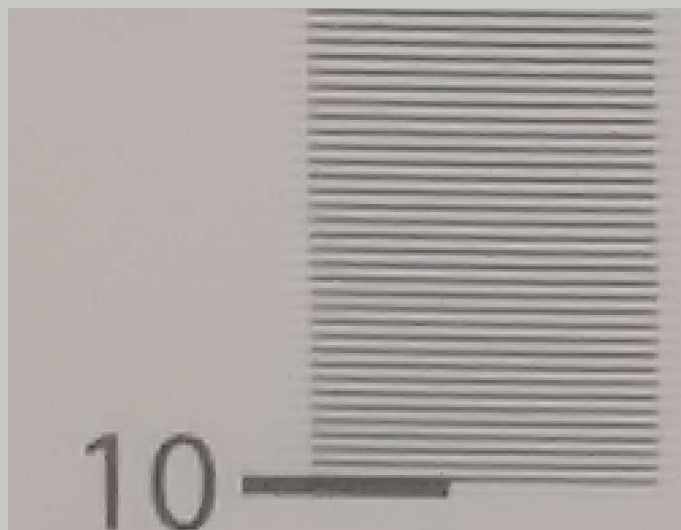
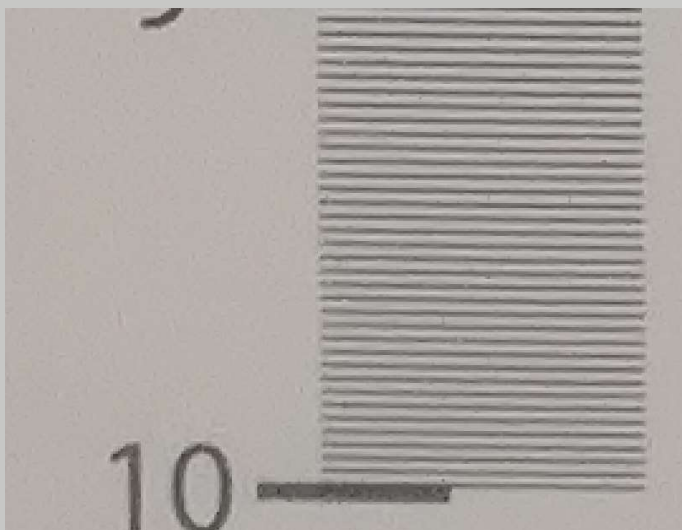
CPIQ



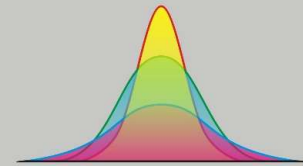
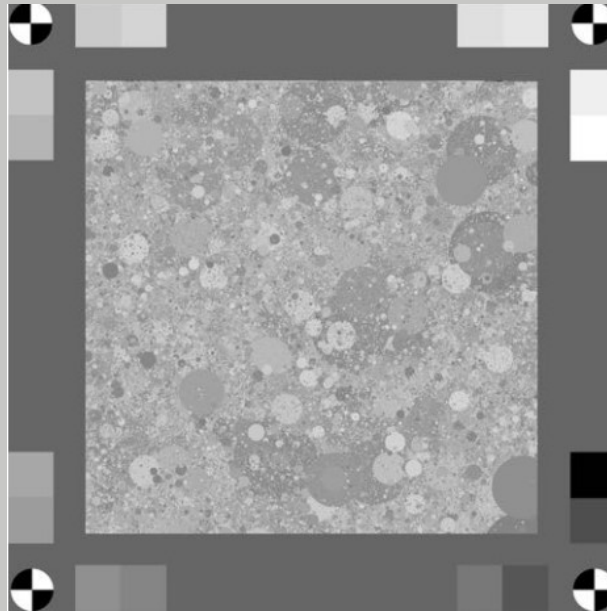
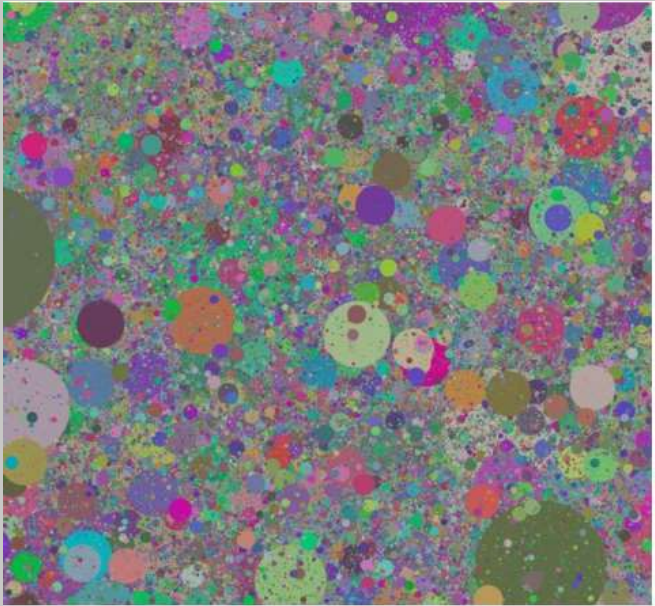
$$\log_{10} \left[1 + w_1 \cdot \sigma^2(L^*) + w_2 \cdot \sigma^2(a^*) + w_3 \cdot \sigma^2(b^*) + w_4 \cdot \sigma^2(L^* a^*) + w_5 \cdot \sigma^2(L^* b^*) + w_6 \cdot \sigma^2(a^* b^*) \right]$$

中低频被过度模糊：

降噪时除了 snr 还需考虑锐度 细节等指标

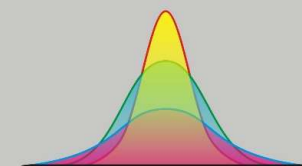
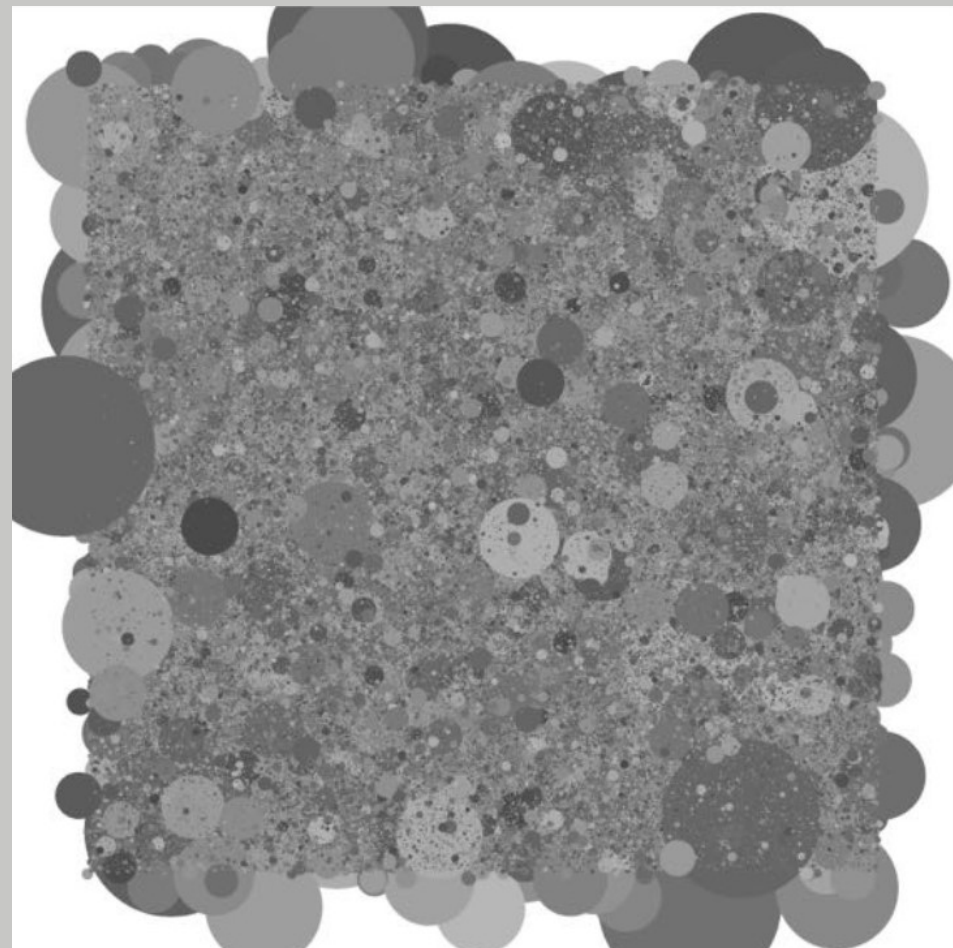
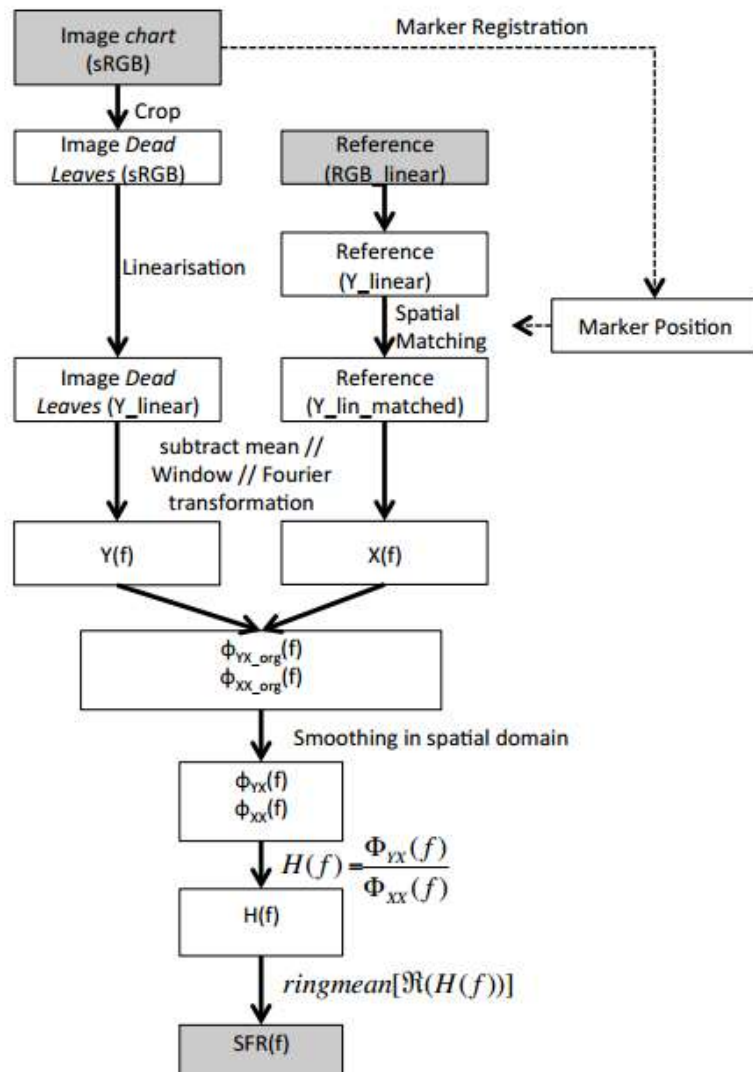


降噪时要关注中低频的噪声。



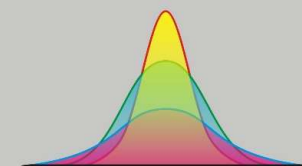
Dead Leaves charts are designed to catch problems like this one: a crop of an image from an early 8 megapixel camera phone that had sharp edges (from strong software sharpening; the lens wasn't great), but had severe texture loss





THANKS

本课程由 Ming Yan 提供



大话成像之 数字成像系统 32 讲

内容目录

1. 数字成像系统介绍
2. CMOS image sensor基础
3. 光学基础
4. 颜色科学基础
5. ISP 信号处理基础
6. 3A概述
7. 黑电平与线性化
8. Green Imbalance
9. 坏点消除
10. Vignetting与Color shading
11. SNR 与Raw Denoise
12. Dynamic Range与Tone Mapping
13. MTF与Demosaic
14. 色彩空间与色彩重建
15. Color Correction Matrix与3D LUT
16. Gamma与对比度增强
17. Sharpening
18. Color Space Conversion
19. 空域去噪
20. 时域去噪
21. Color Aberrance Correction and Depurple
22. ISP 的统计信息
23. 自动曝光
24. 自动白平衡
25. 自动对焦
26. 闪光灯
27. HDR
28. Exif 和DNG
29. Encoder
30. 图像防抖
31. 图像质量评价工具与方法
32. 画质调优

