

---

# Оценка качества дискретного изображения





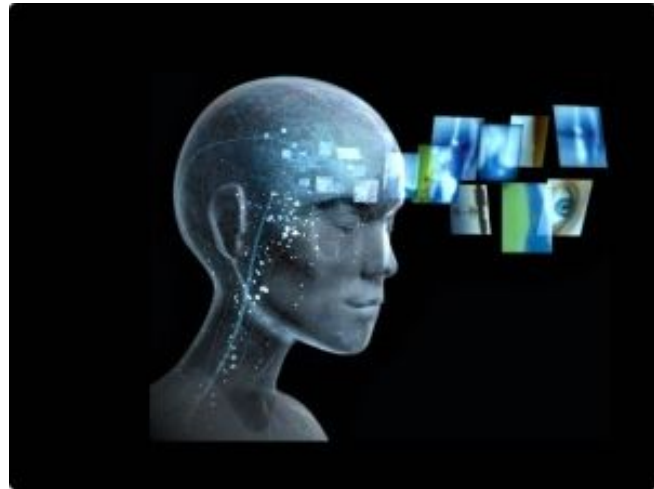
## Качество - это?

- 1) Характеристика изображения и определяется его свойствами
  - а) Субъективная
  - б) Объективная (форма, яркость, ширина спектра)
- 2) Мера близости двух изображений

# Критерий визуального восприятия

Базируется на результатах  
экспертизы

“-” Отсутствуют  
количественные оценки





## Среднеквадратичный критерий

$$f(n_1, n_2) \text{ vs } g(n_1, n_2)$$

$$\varepsilon^2 = E\{(f - g)\}^2$$



## Среднеквадратичный критерий

$$\text{SKO} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - g(x, y))^2$$



## Критерий максимальной ошибки

$$\varepsilon_{max} = \max_{(x,y)} |f(x, y) - g(x, y)|$$



## Соотношение сигнал/шум

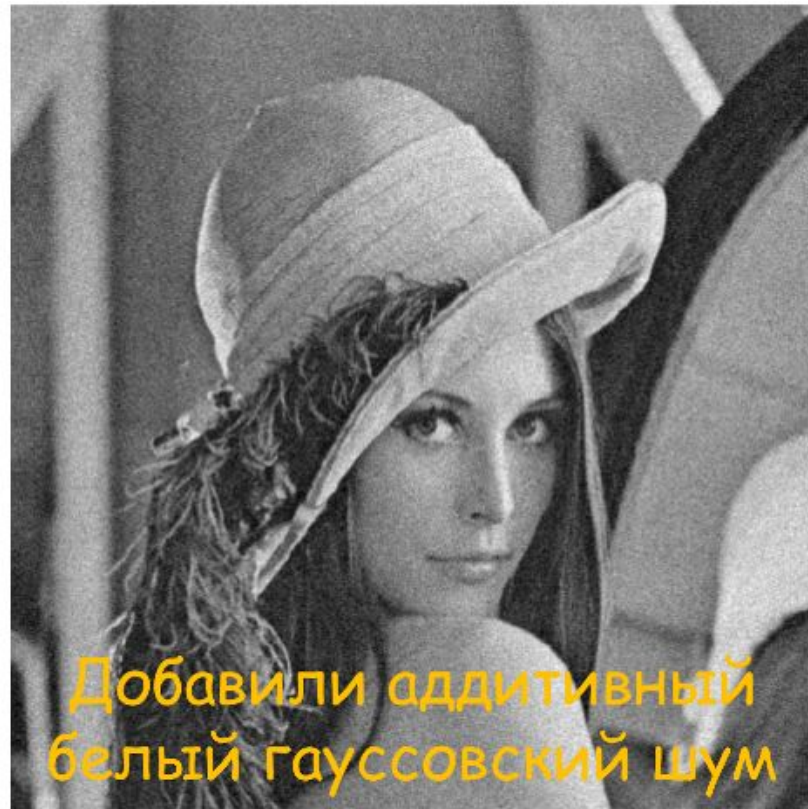
$$\text{PSNR} = 20 \log_{10} \frac{255}{\sqrt{\text{SKO}}}$$



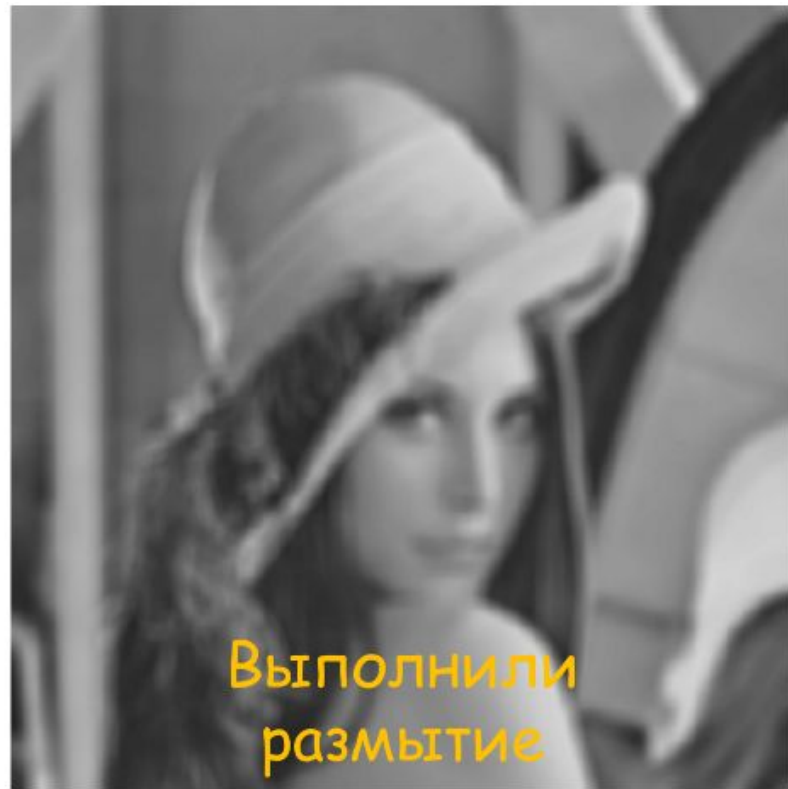
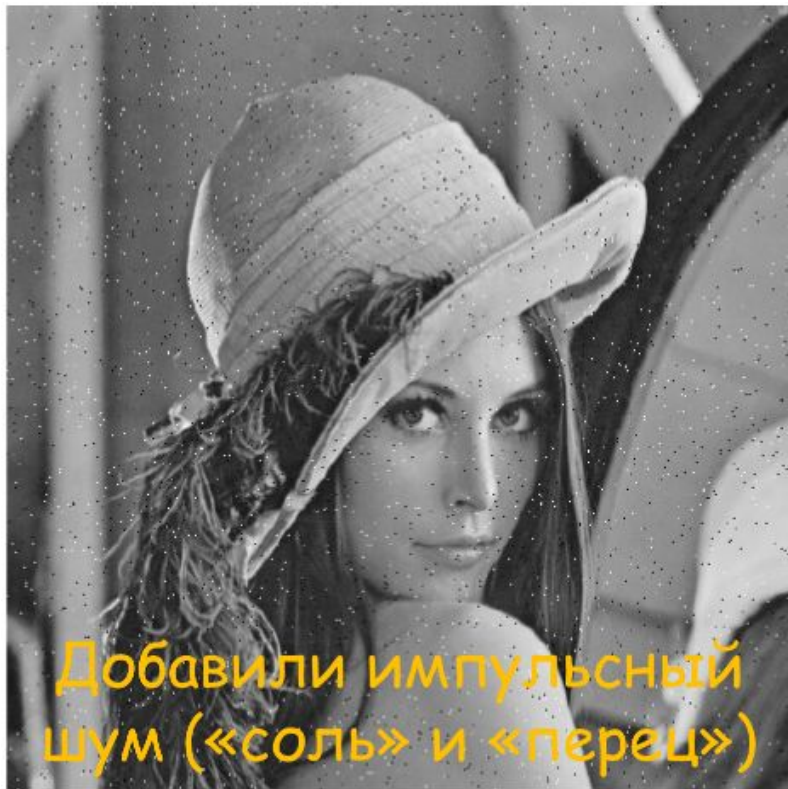
# Пример



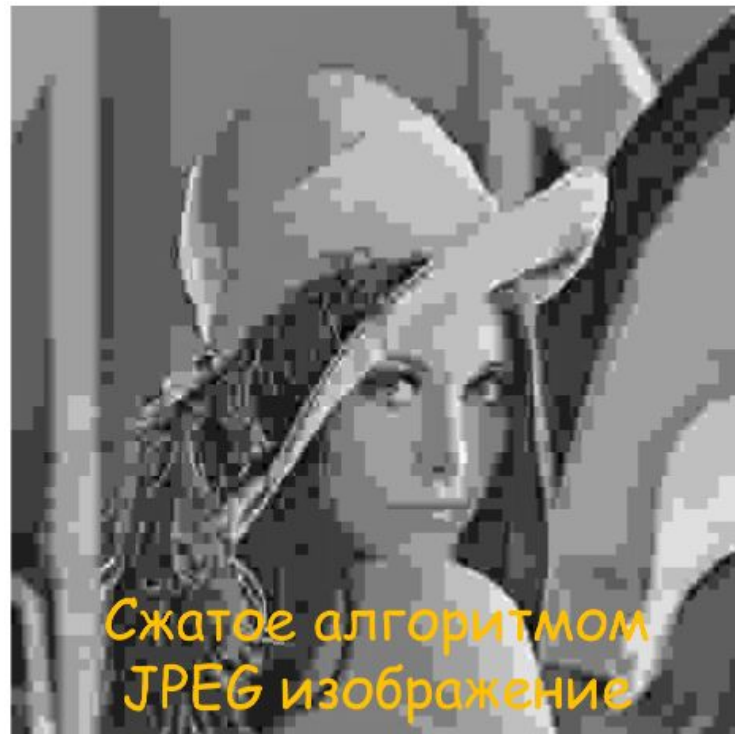
$MSE = 225$ ,  $PSNR = 25\text{дБ}$



$MSE = 225$ ,  $PSNR = 25\text{дБ}$



$MSE = 215$ ,  $PSNR = 25\text{дБ}$



# Вывод

MSE и PSNR не учитывают особенности человеческого восприятия.  
Следовательно, не отражают реальный уровень искажения.

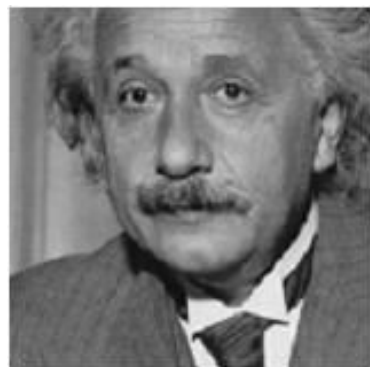




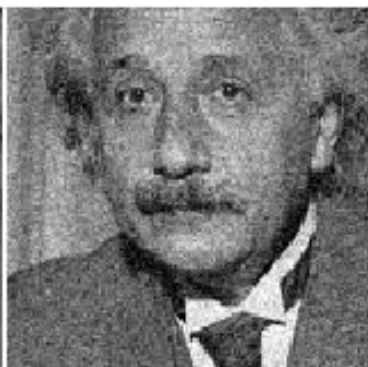
# SSIM

$$\text{SSIM}(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}$$

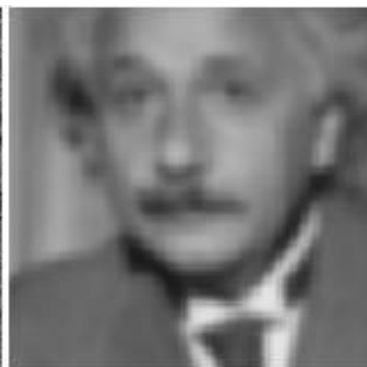
$$\text{SSIM}(x, y) \in [-1; 1]$$



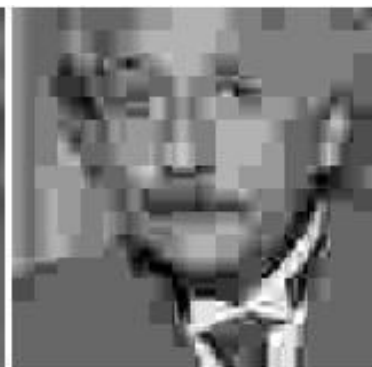
(a)  $MSE=0$ ,  $SSIM=1$



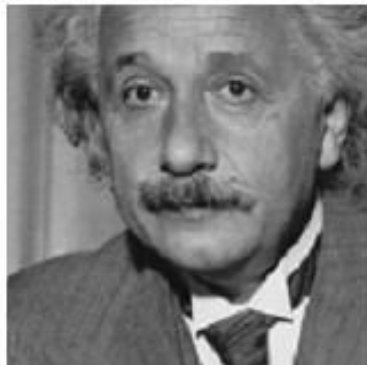
(b)  $MSE=309$ ,  $SSIM=0.576$



(c)  $MSE=308$ ,  $SSIM=0.641$



(d)  $MSE=309$ ,  $SSIM=0.580$



(e)  $MSE=871$ ,  $SSIM=0.404$

---

# Восстановление и реконструкция изображений



## Цитата

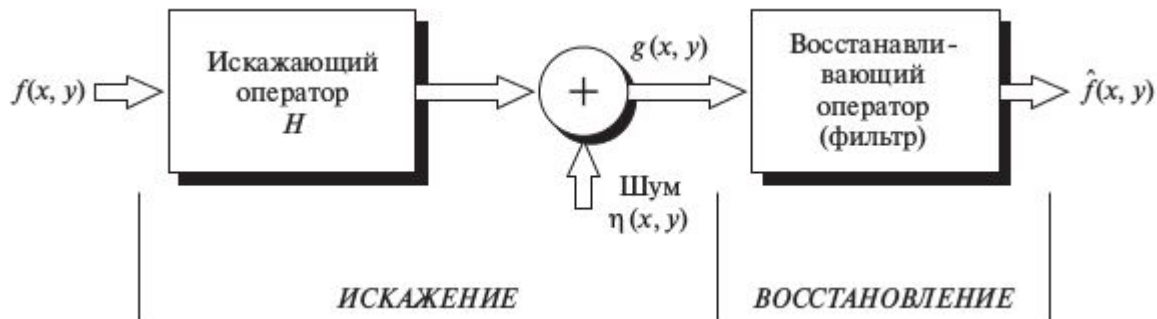
*Вещи, которые мы созерцаем, сами по себе не таковы, как мы их созерцаем...*

*Каковы предметы сами по себе и обособленно от восприимчивости нашей чувственности, нам совершенно неизвестно. Мы не знаем ничего, кроме свойственного нам способа воспринимать их.*

*Иммануил Кант*



# Модель процесса искажения/восстановления





## Модель процесса искажения/восстановления

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + \eta(x, y)$$

$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v) + N(u, v)$$

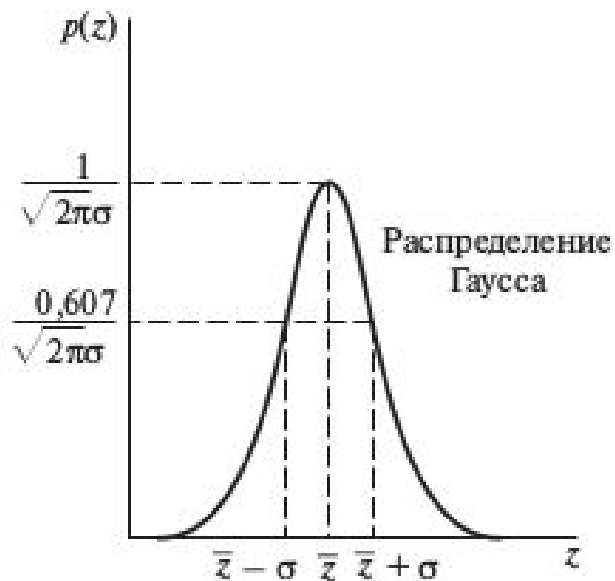
# Модели шума

Источники шума?

- Процесс фиксации изображения
- Процесс передачи изображения

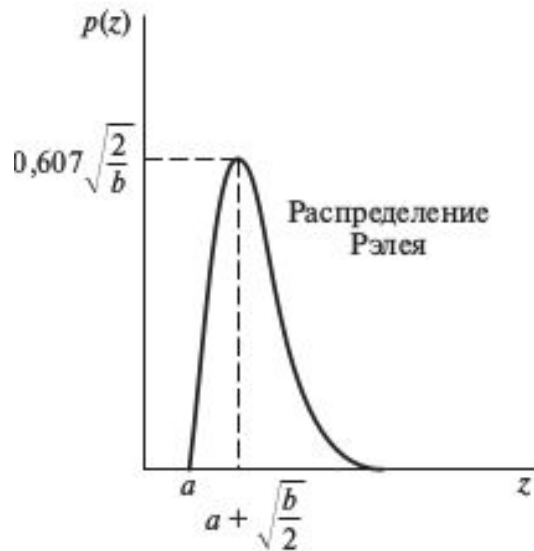


# Гауссов шум



$$p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

# Шум Релея



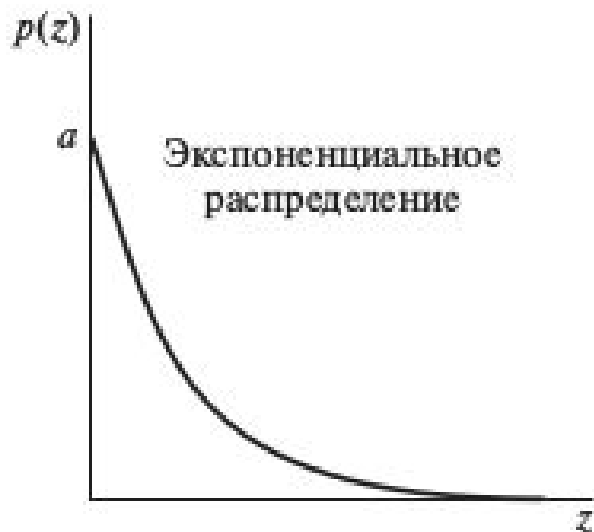
$$p(t) = \begin{cases} \frac{2}{b}(t - a)e^{-\frac{(t-a)^2}{b}} & t \geq a \\ 0 & t < a \end{cases}$$

# Шум Эрланга



$$p(t) = \begin{cases} \frac{a^b t^{b-1}}{(b-1)!} e^{-at} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

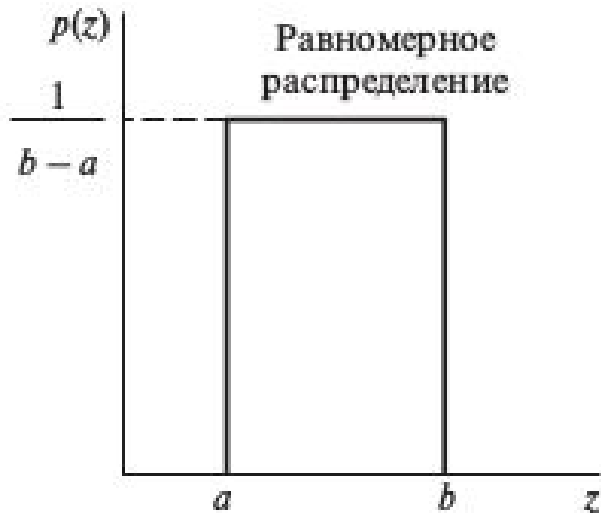
# Экспоненциальный шум



$$p(t) = \begin{cases} ae^{-at} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

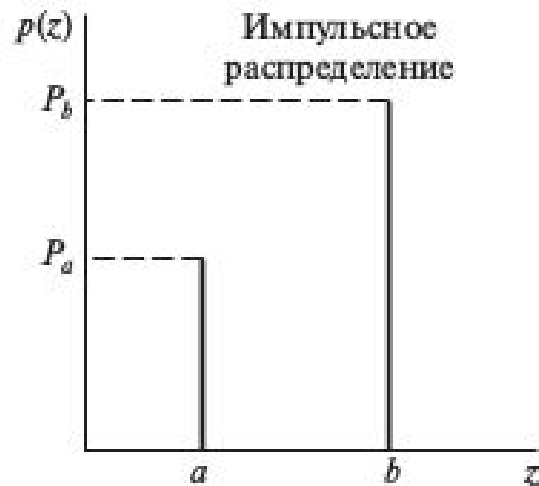


# Равномерный шум



$$p(t) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq t \leq b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

# Импульсный шум

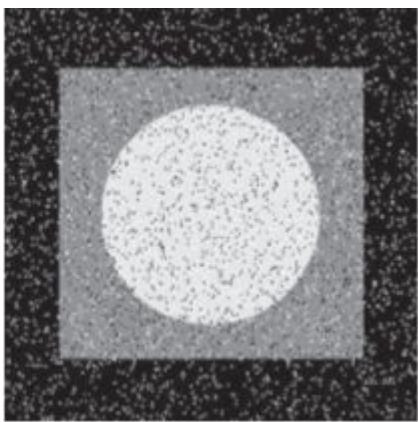
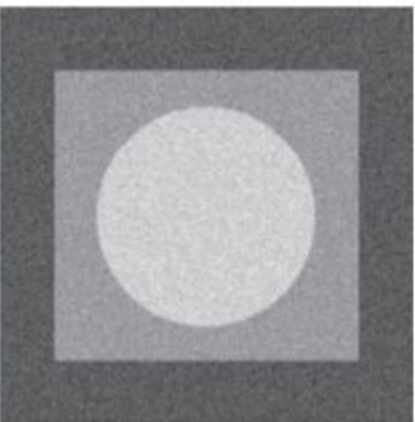
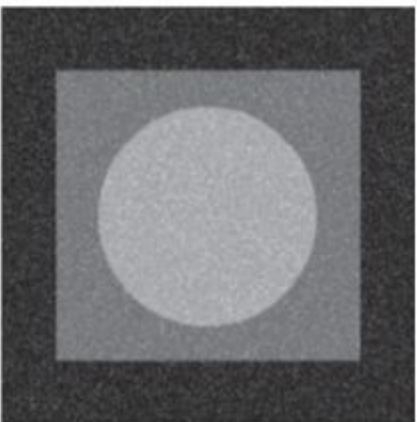
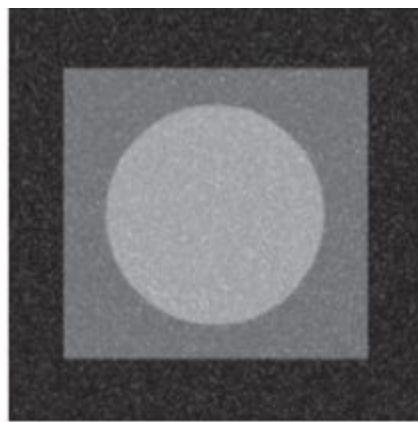
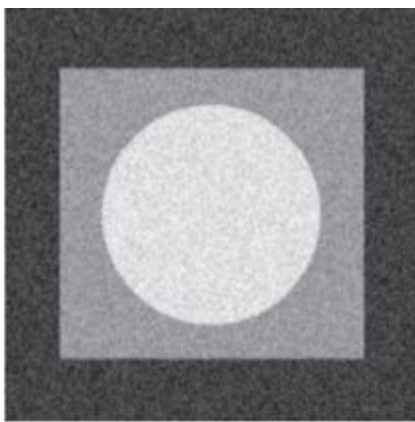
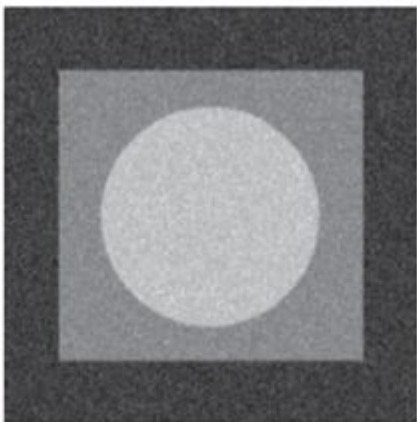


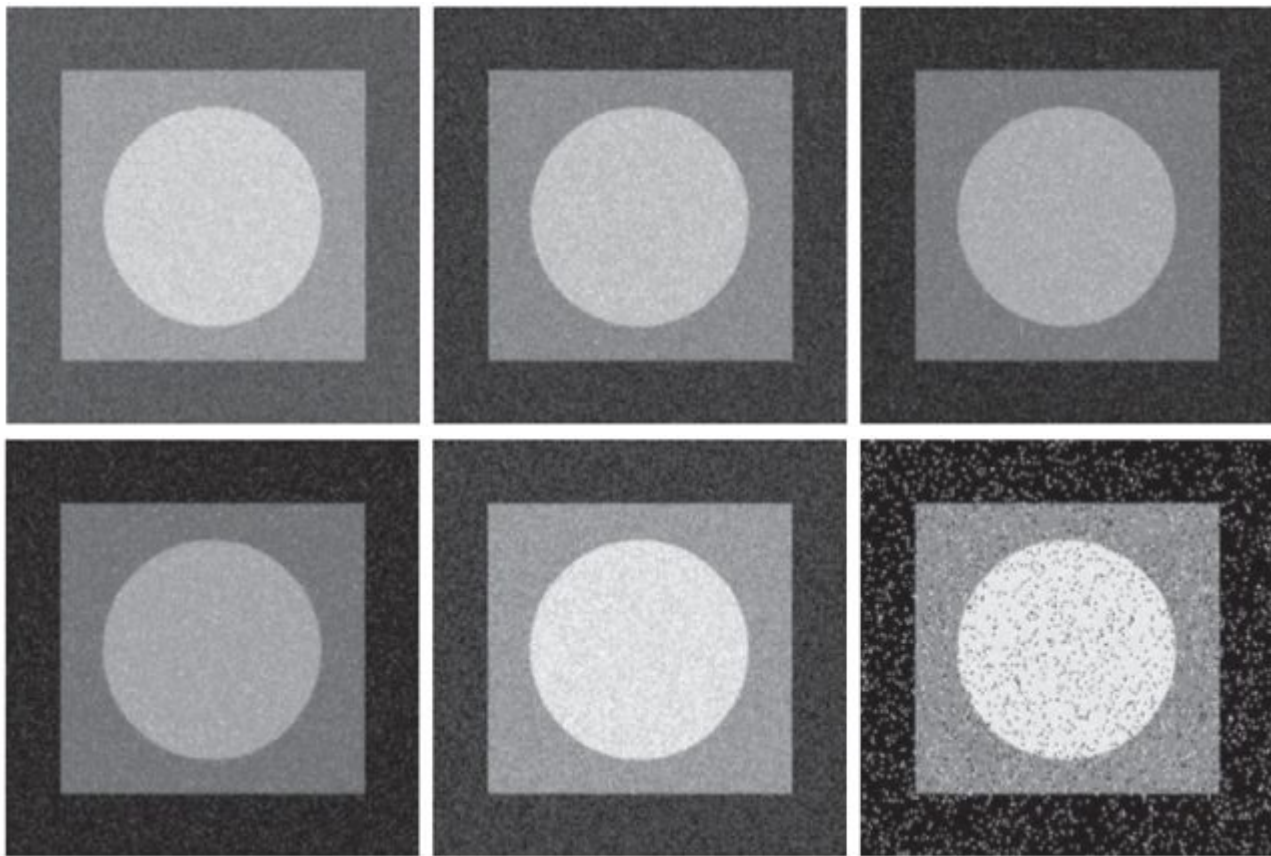
$$p(t) = \begin{cases} P_a & t = a \\ P_b & t = b \\ 1 - P_a - P_b & otherwise \end{cases}$$

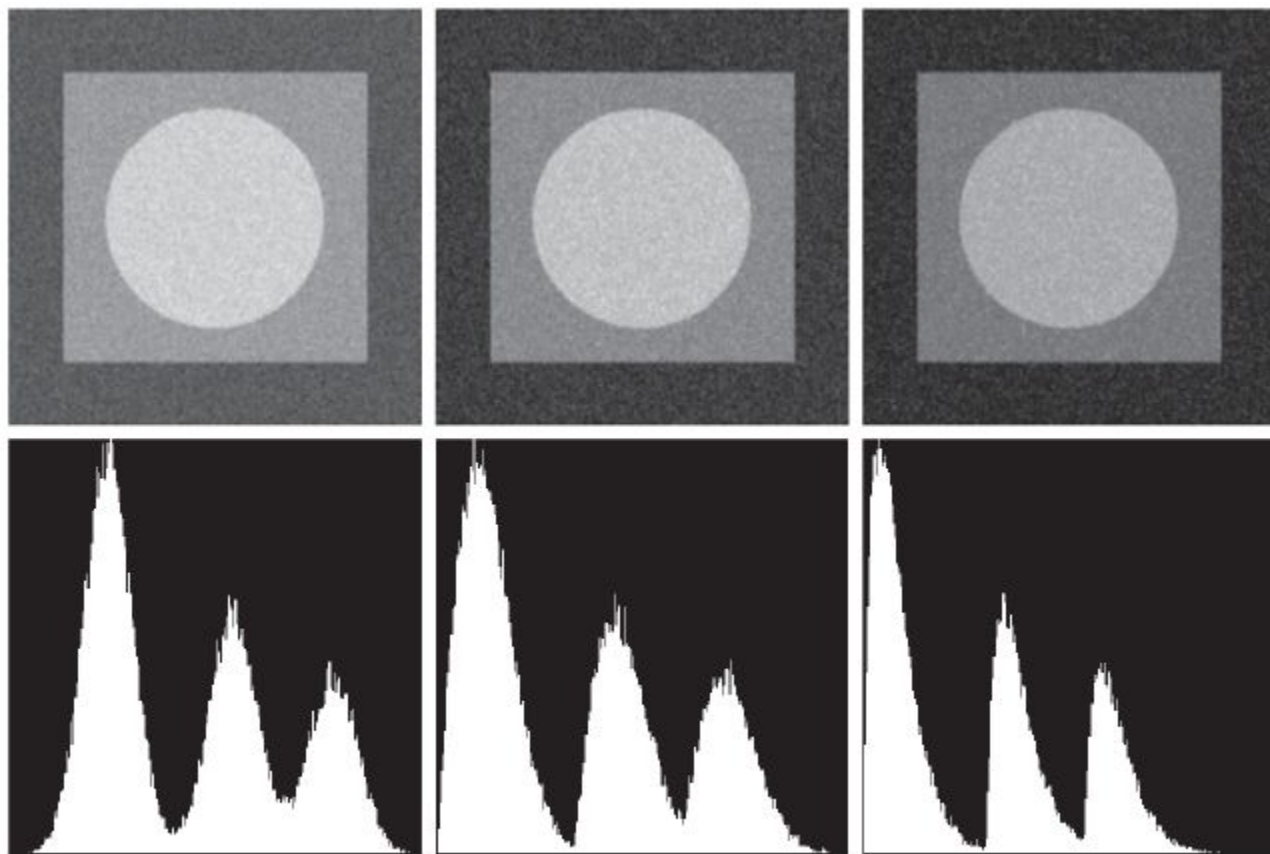
$$p(t) = P_a \delta(t - a) + P_b \delta(t - b) + (1 - P_s) \delta(t)$$

# Пример





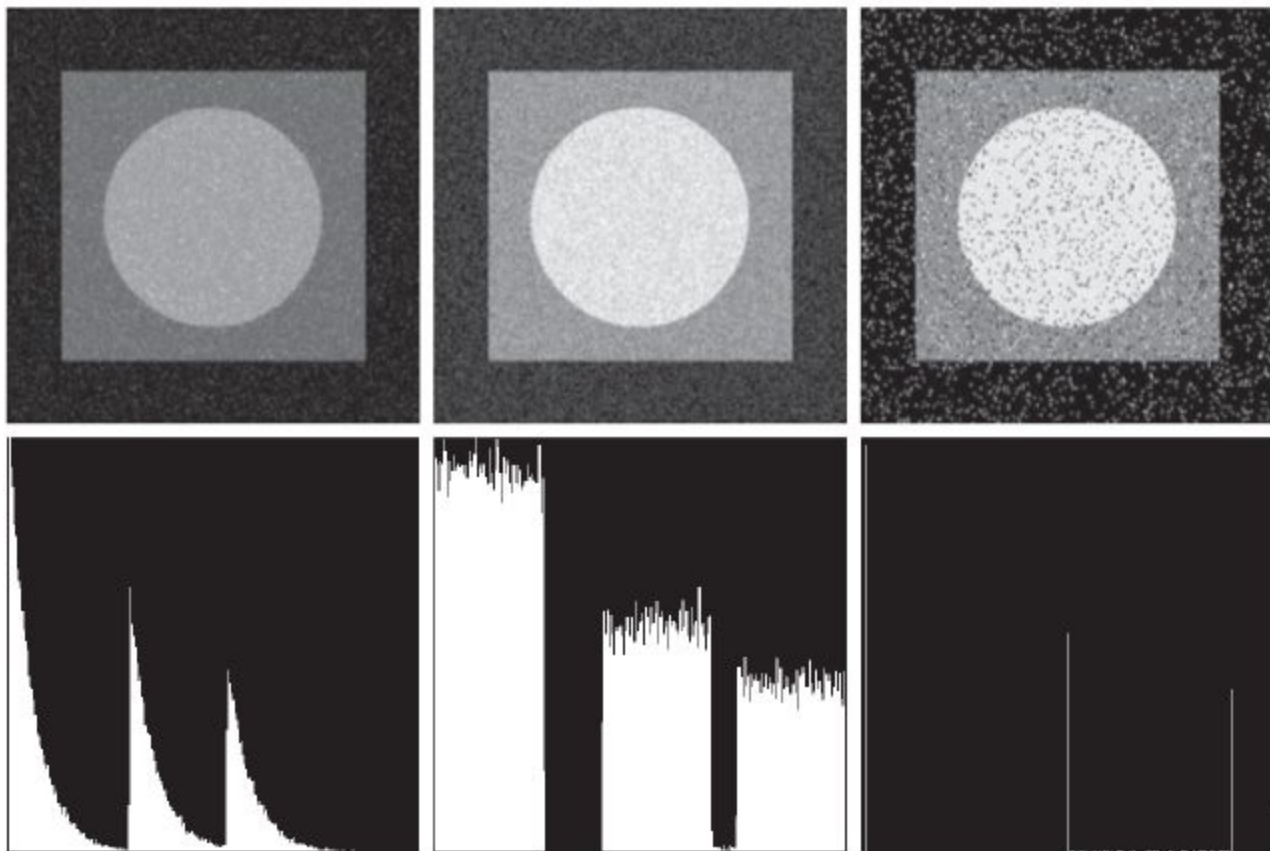




Гауссов шум

Рэлеевский шум

Гамма-шум



Экспоненциальный шум

Равномерный шум

Импульсный шум

# Периодический шум



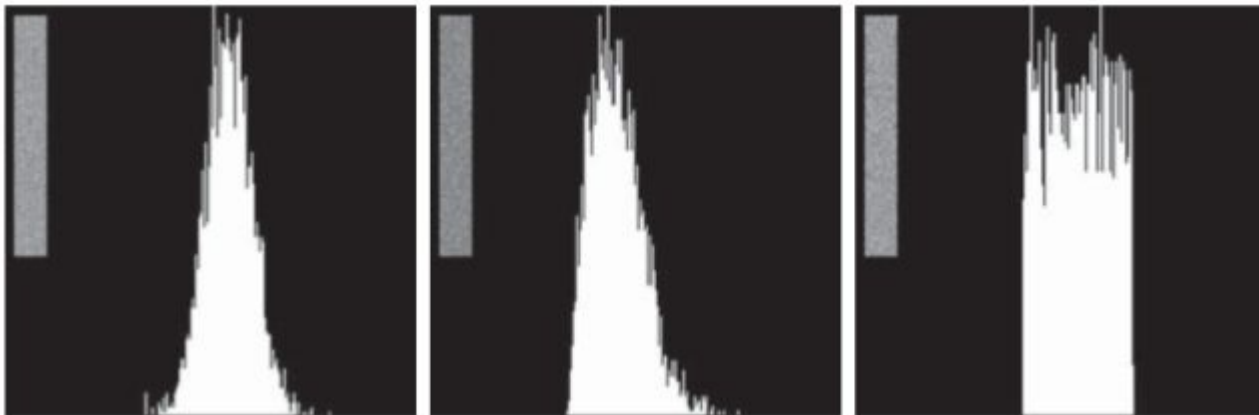




## Периодический шум

$$r(x, y) = A \sin \left[ \frac{2\pi u_0}{M}(x + B_x) + \frac{2\pi v_0}{N}(y + B_y) \right]$$

# Построение оценок для параметров шума





## Подавление шумов

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$$



# Усредняющие фильтры



## Среднеарифметический фильтр

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s, t) \in S_{xy}} g(s, t)$$



## Среднегеометрический фильтр

$$\hat{f}(x, y) = \left( \prod_{(s, t) \in S_{xy}} g(s, t) \right)^{\frac{1}{mn}}$$



## Среднегармонический фильтр

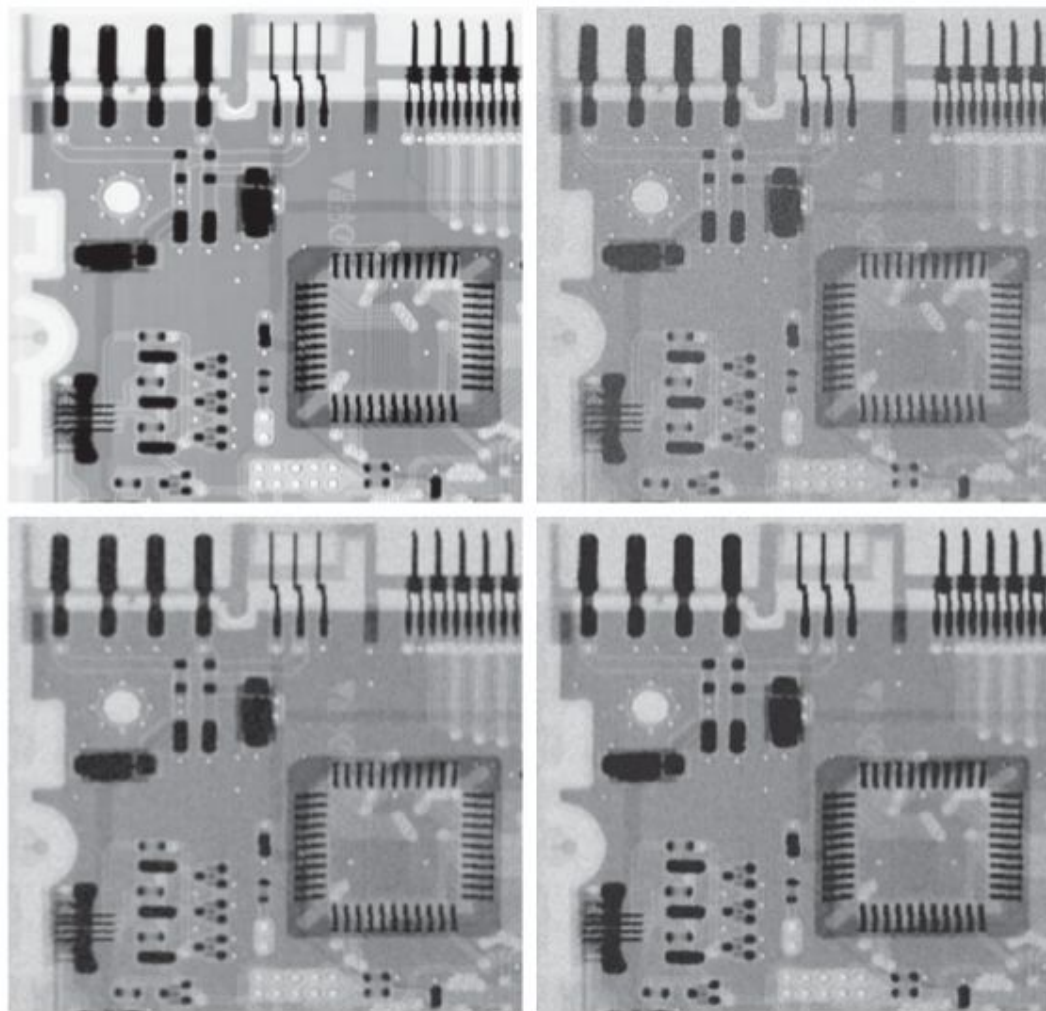
$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s,t)}}$$

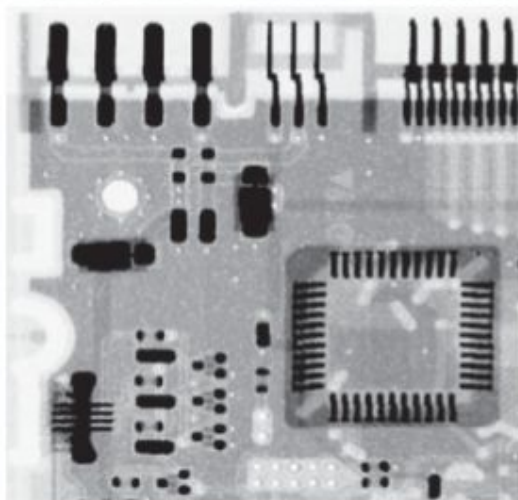
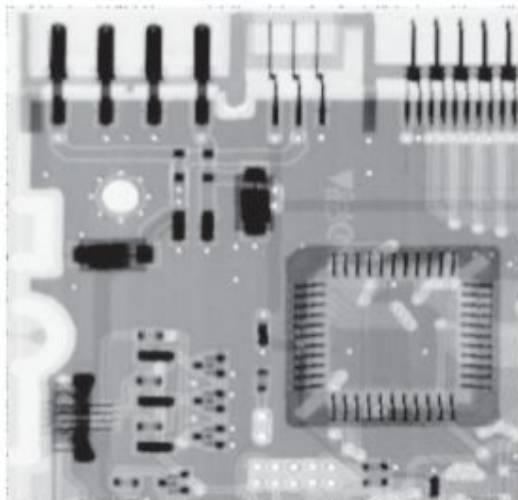
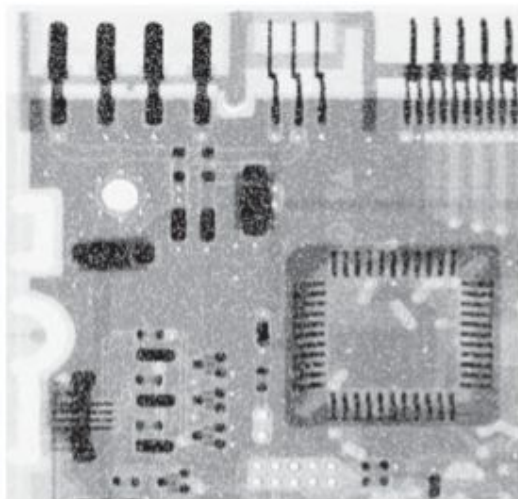
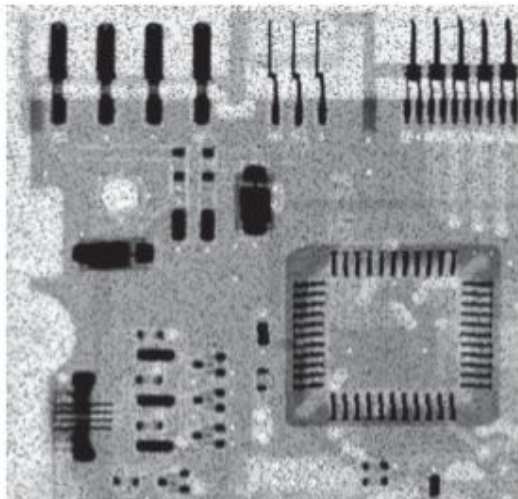


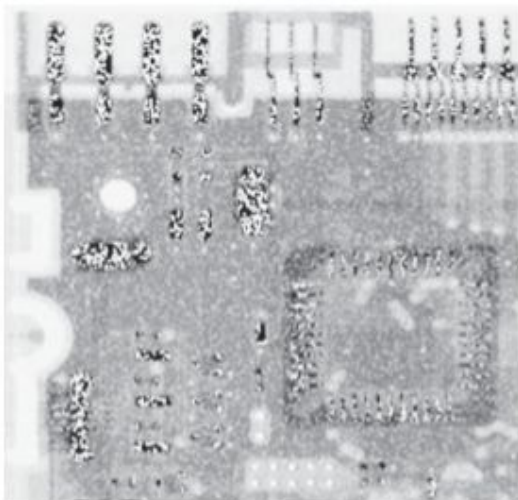
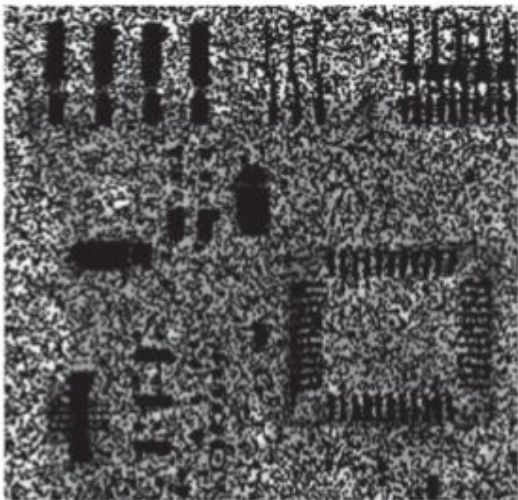
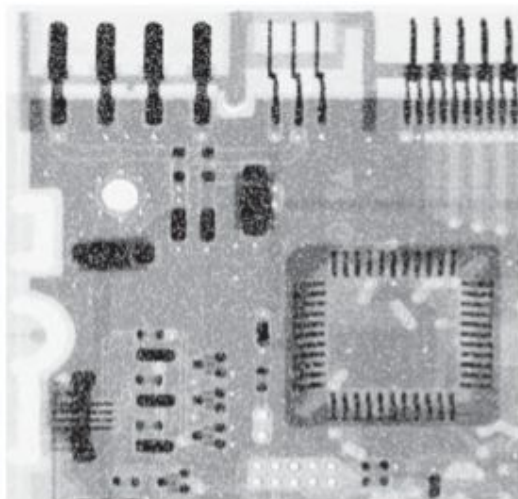
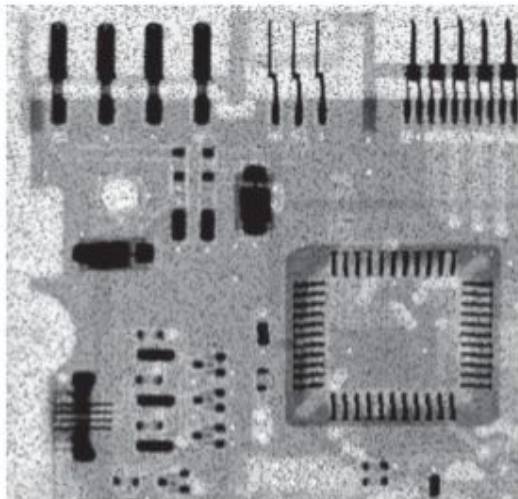
## СреднеКонтрГармонический фильтр

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum g(s, t)^{Q+1}}{\sum g(s, t)^Q}$$











# **Фильтры, основанные на порядковых статистиках**



## Медианный фильтр

$$\hat{f}(x, y) = \text{med}_{(s, t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$$



## Фильтр максимума/минимума

$$\hat{f}(x, y) = \min_{(s, t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \max_{(s, t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$$



## Фильтр средней точки

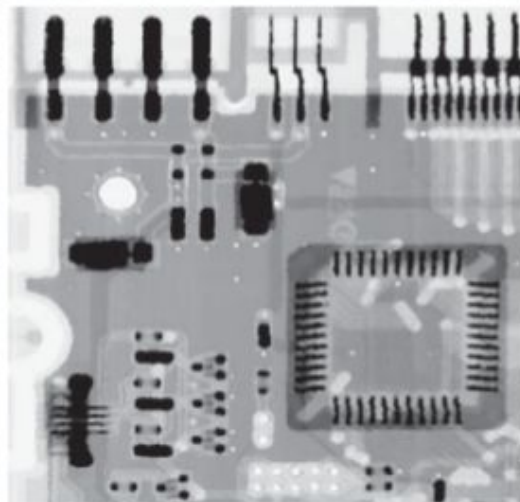
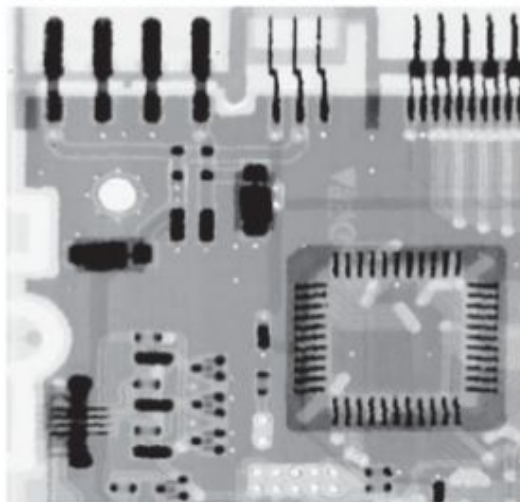
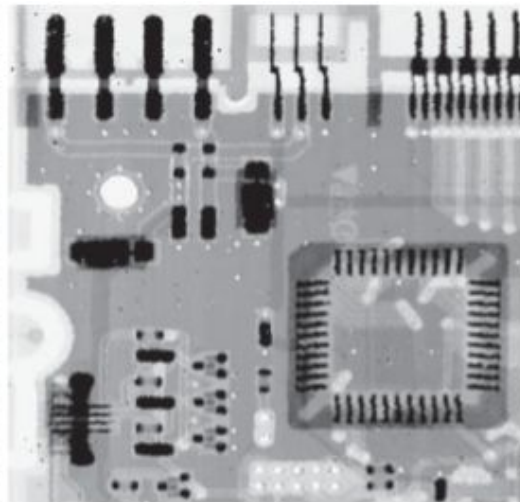
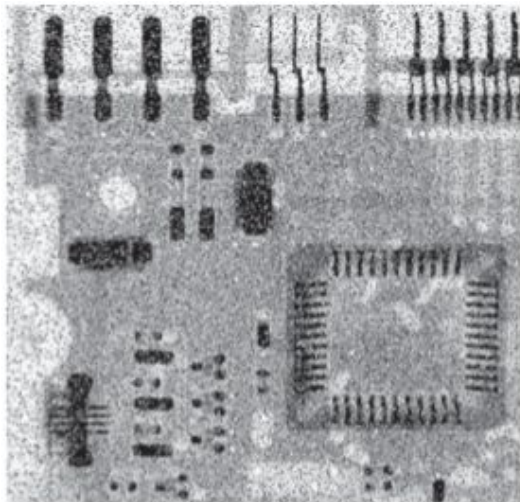
$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left[ \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} + \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} \right]$$

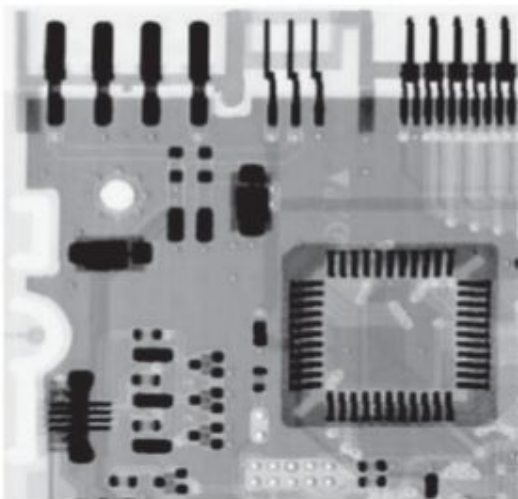
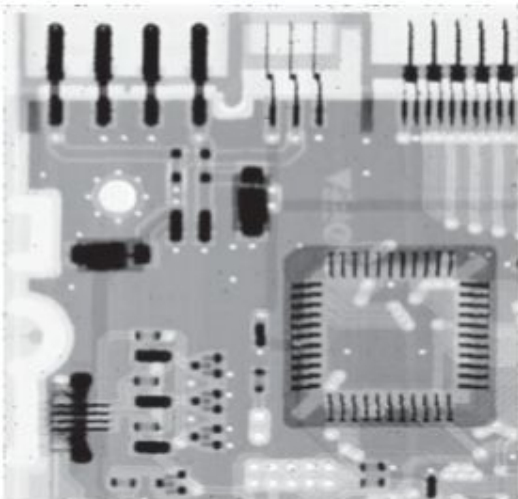
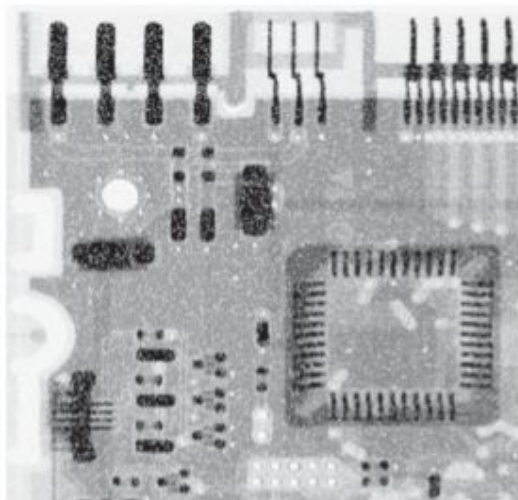
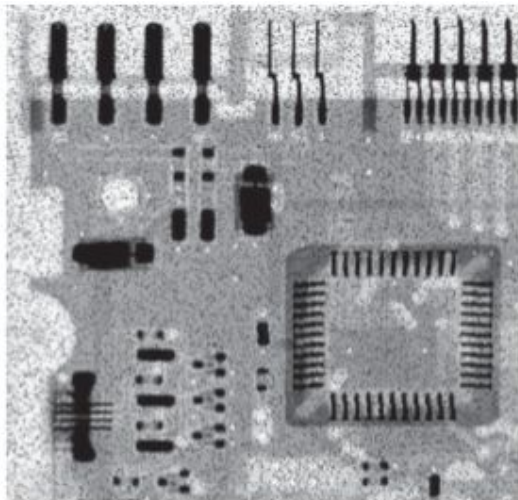


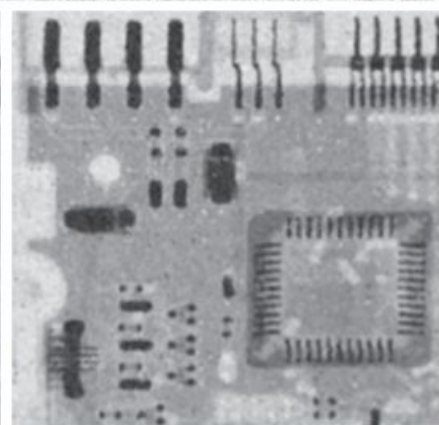
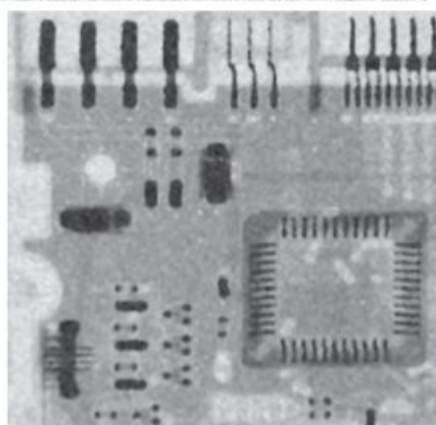
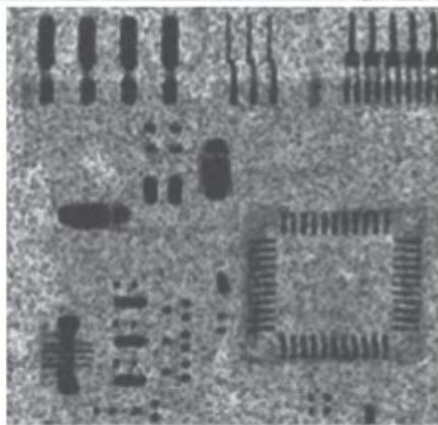
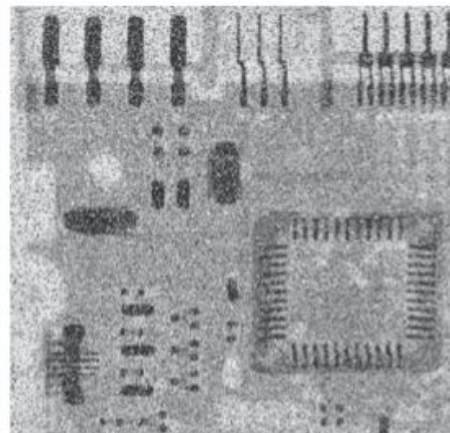
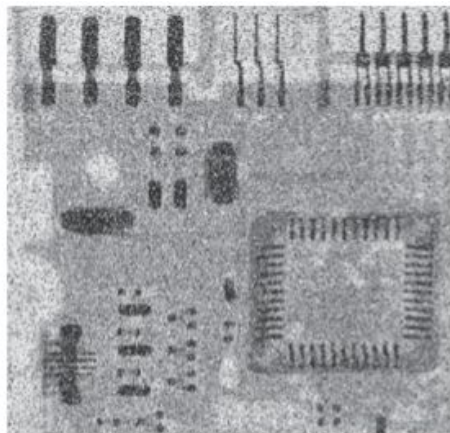
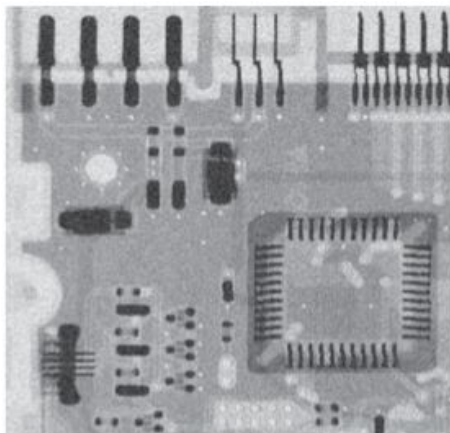
## Фильтр усечения

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(s, t) \in S_{xy}} g_r(s, t)$$










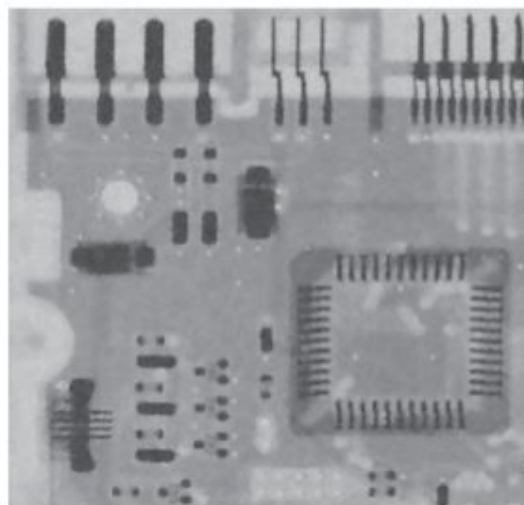
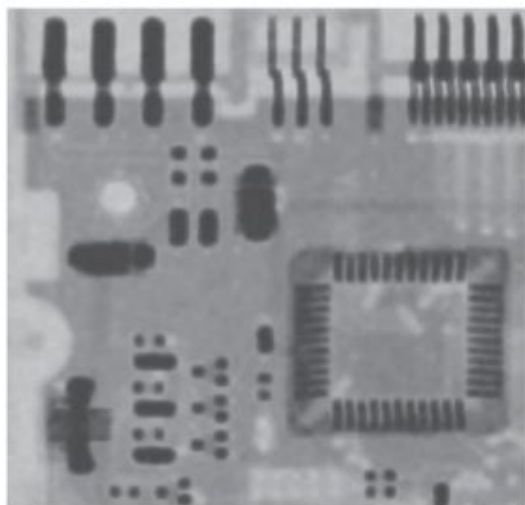
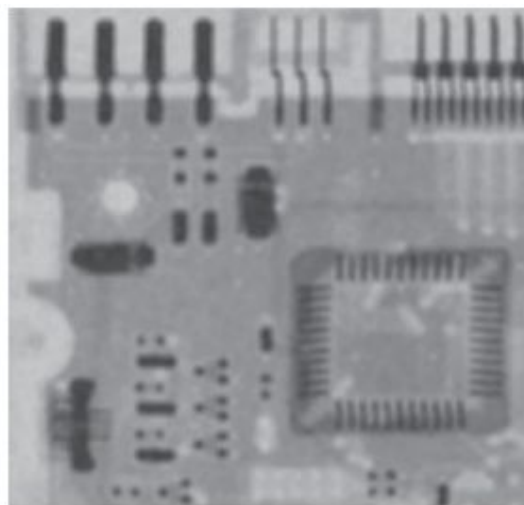
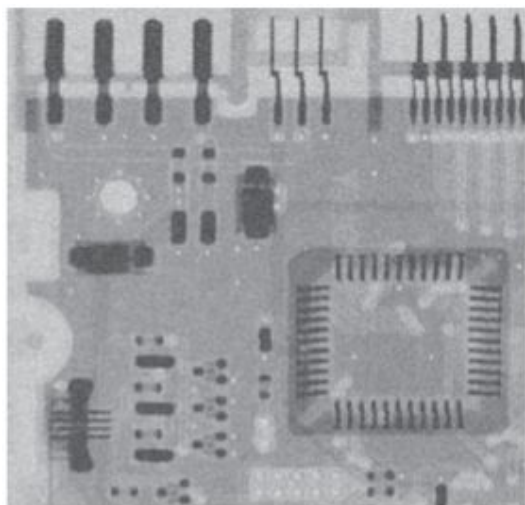


# Адаптивные фильтры



## Адаптивный локальный фильтр подавления шума

$$\hat{f}(x, y) = \begin{cases} g(x, y) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(x, y) - m_L] & \sigma_L^2 \geq \sigma_{\eta}^2 \\ m_L & \sigma_L^2 < \sigma_{\eta}^2 \end{cases}$$



# Адаптивный медианный фильтр

