

Гистограмма изображения

Гистограммой с уровнями яркости в диапазоне $[0, L - 1]$ называется дискретная функция $h(r_k) = n_k$, где r_k – k -ый уровень яркости, n_k – число пикселей яркости r_k .

Нормализованная гистограмма

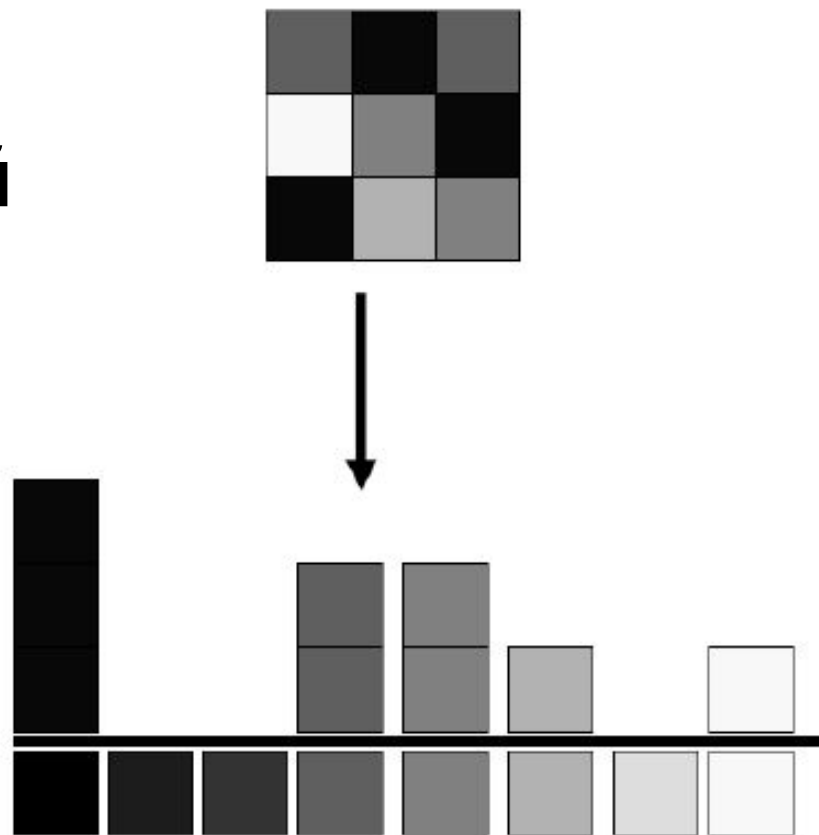
$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}, \quad k = 0, 1, \dots, L - 1.$$

$$\sum_{k=0}^{L-1} p(r_k) = 1.$$

Гистограмма изображения

```
initialize  $h(i) = 0$  for all  $i$   
for each pixel  $(i, j)$   
   $h(\text{pixel}(i, j)) ++;$ 
```

распределение яркостей
заранее неизвестно



Гистограмма изображения

input image

CUDA block 0	CUDA block 1	CUDA block 2

construct local histograms
using atomics

3	1	6	2				
---	---	---	---	--	--	--	--

block 0

0	5	2	1				
---	---	---	---	--	--	--	--

block 1

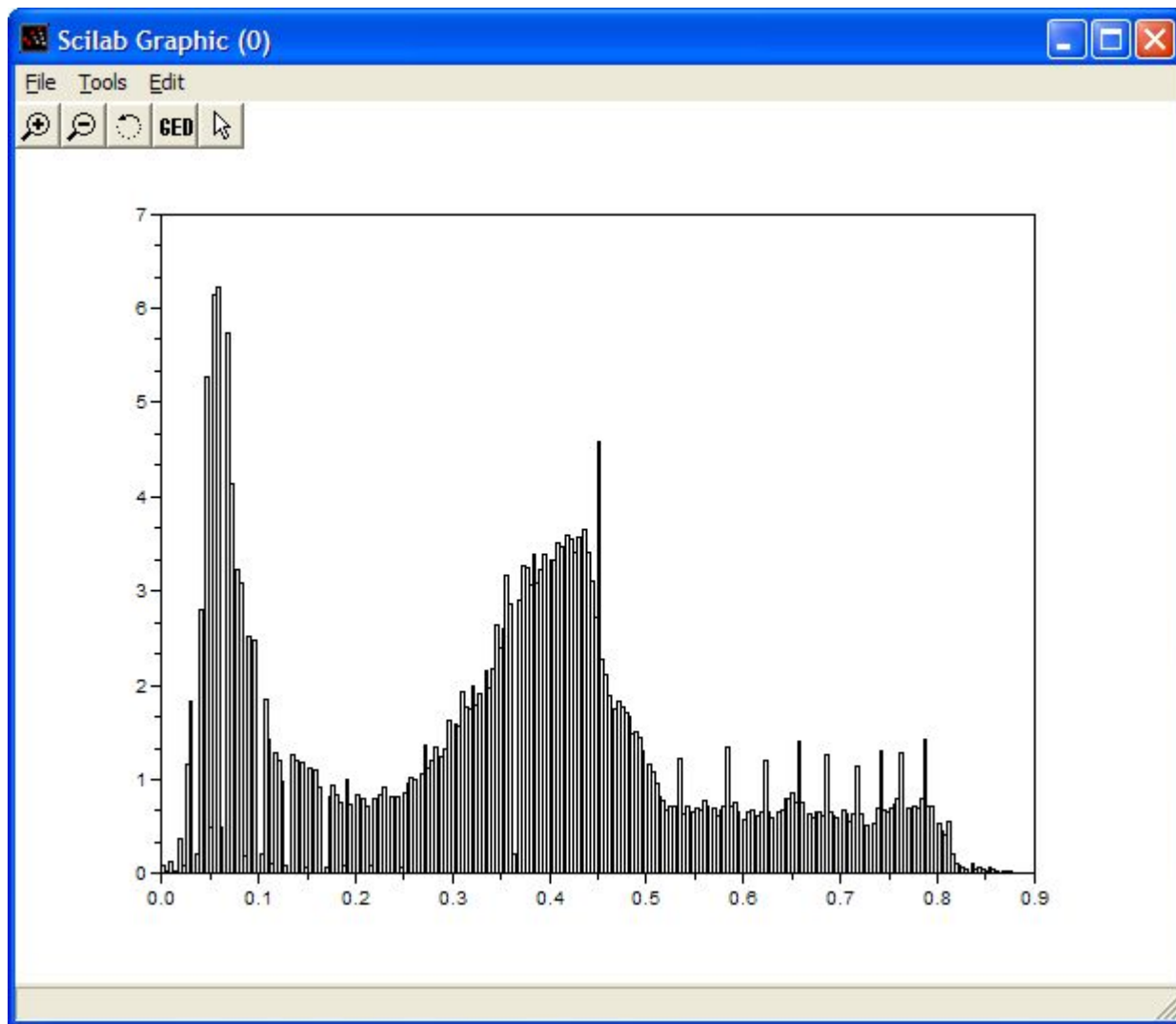
1	1	1	6				
---	---	---	---	--	--	--	--

block 2

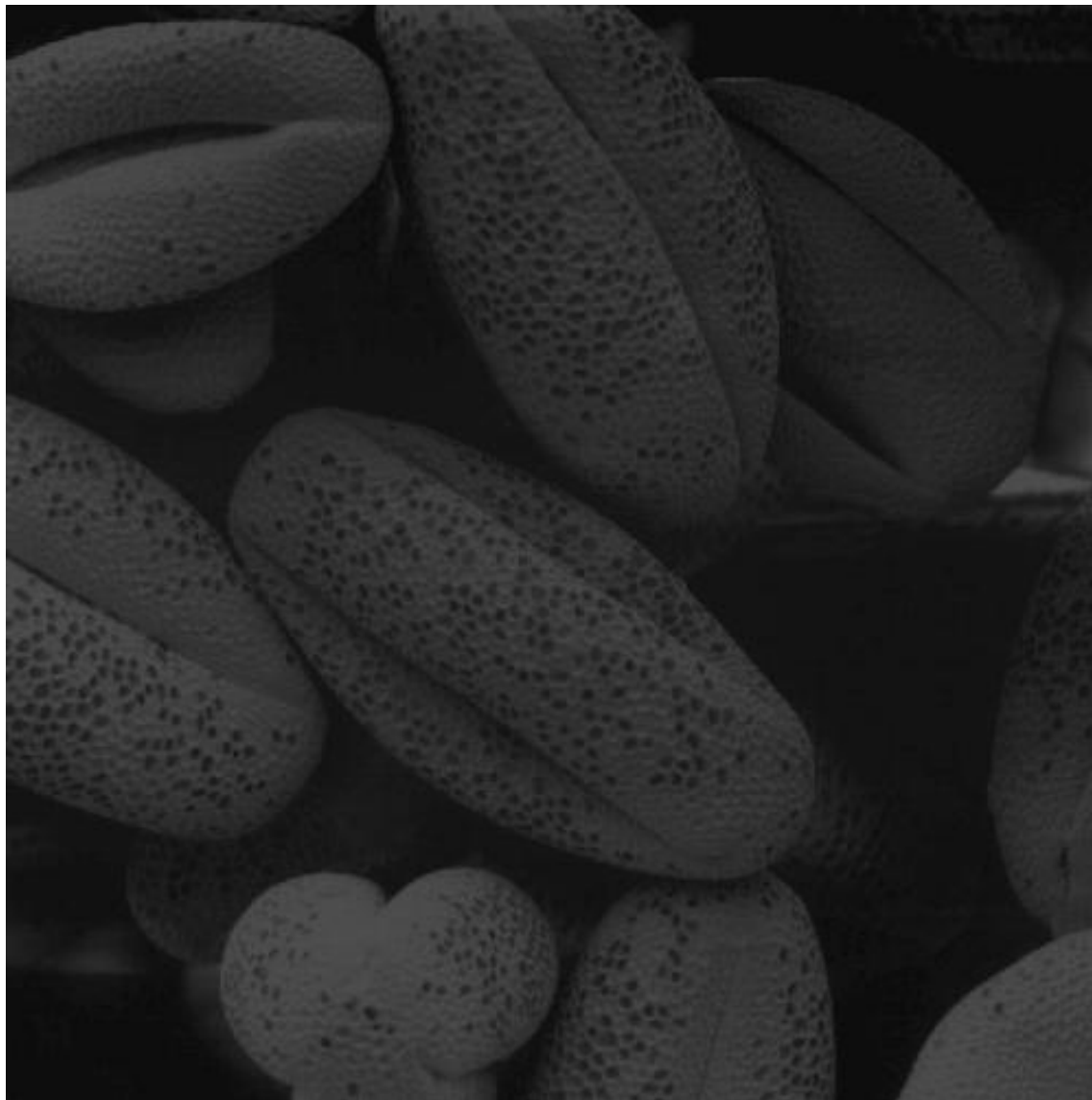
merge local histograms
for the final result

4	7	9	9				
---	---	---	---	--	--	--	--

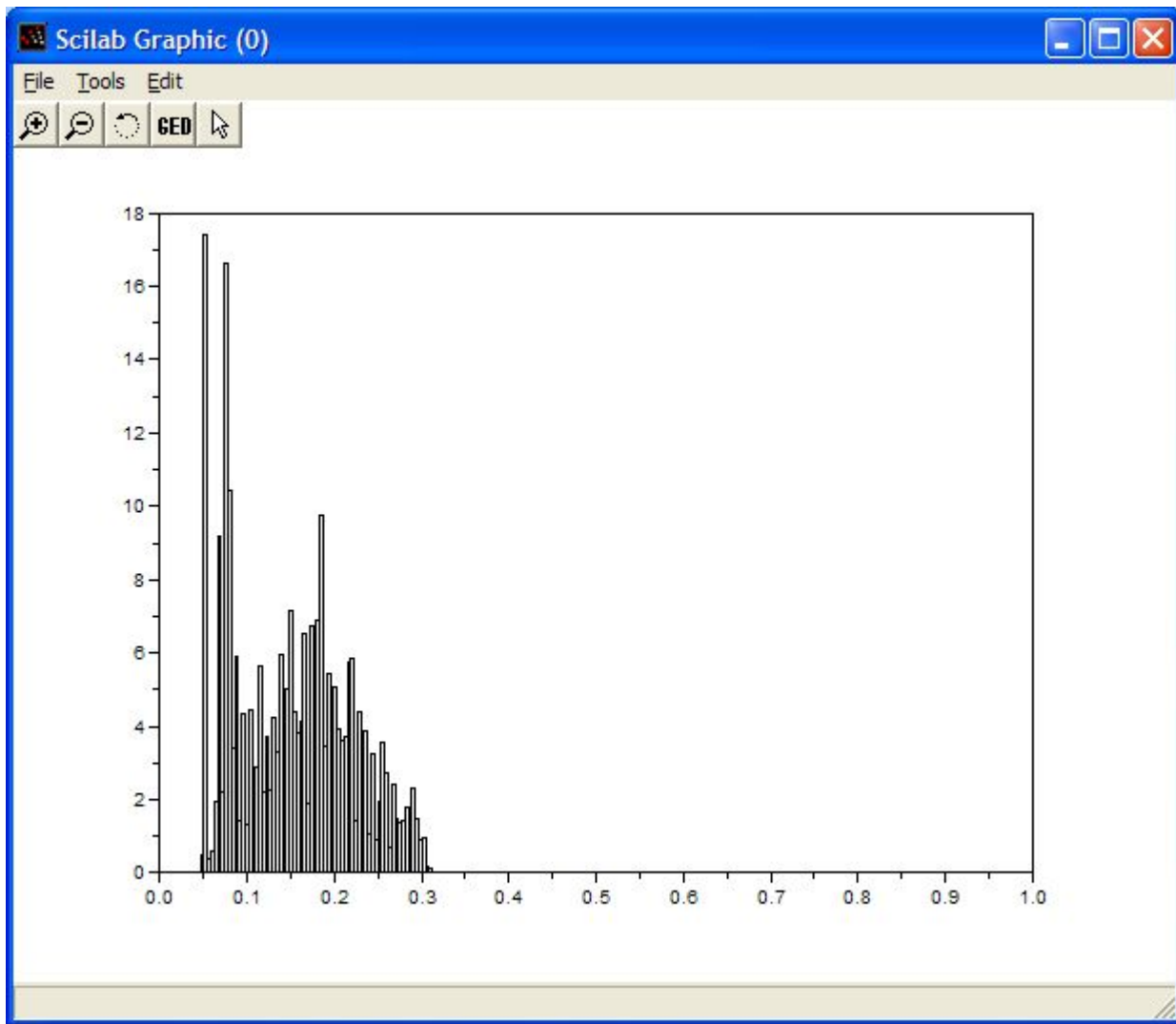
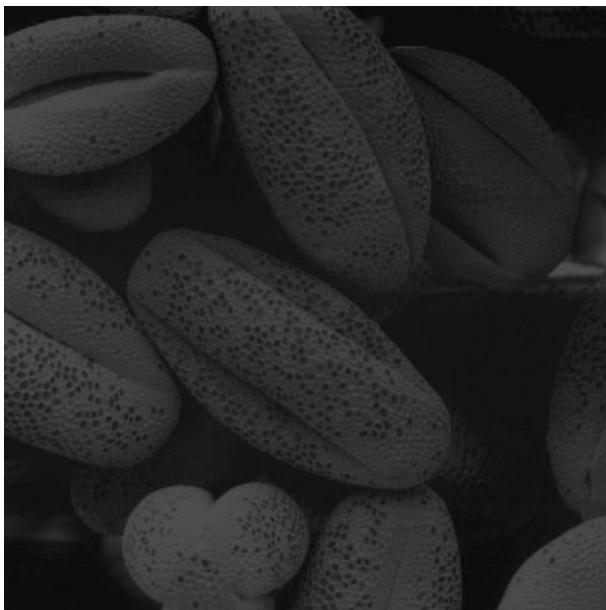
Примеры гистограмм



Примеры гистограмм



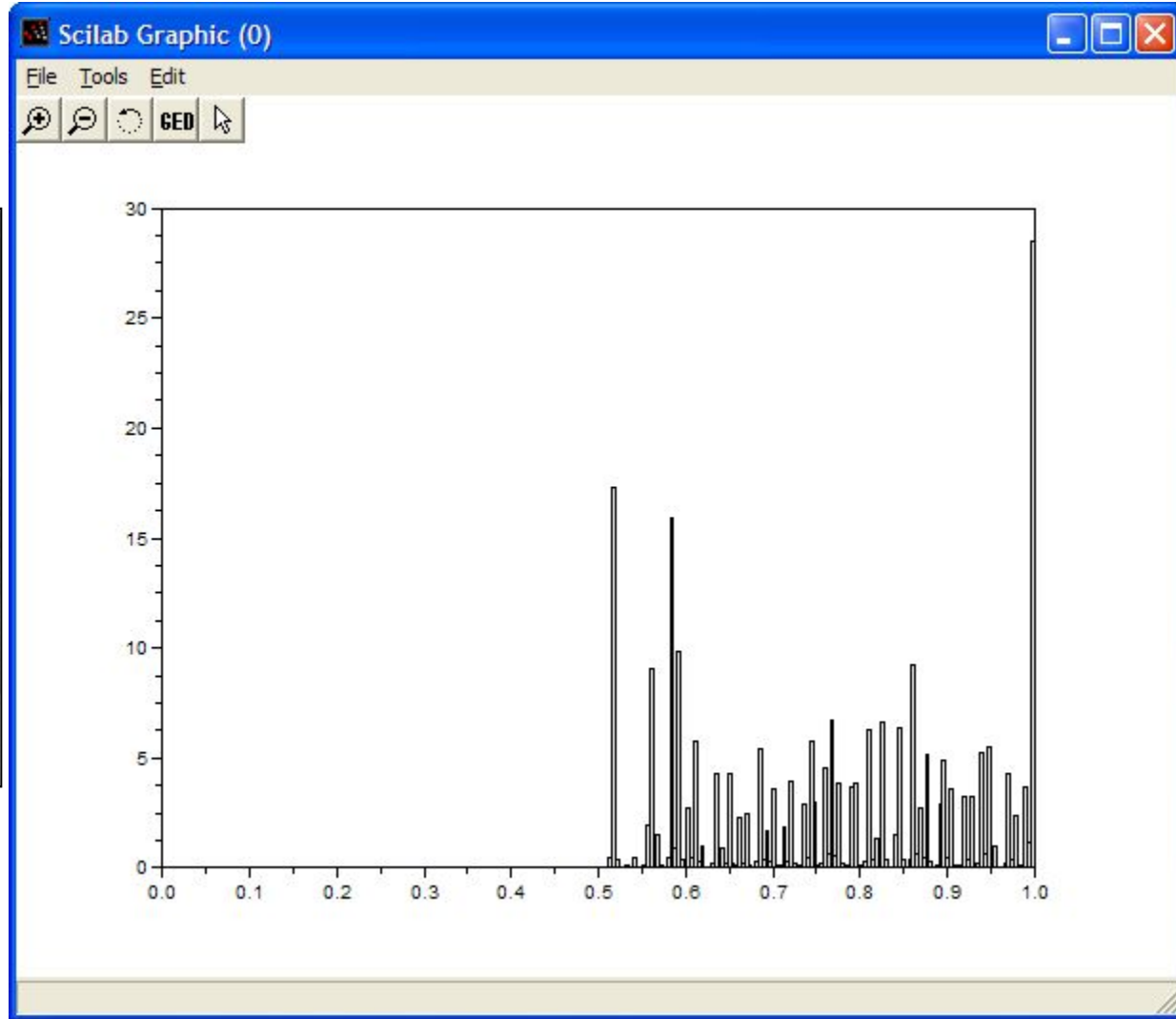
Примеры гистограмм



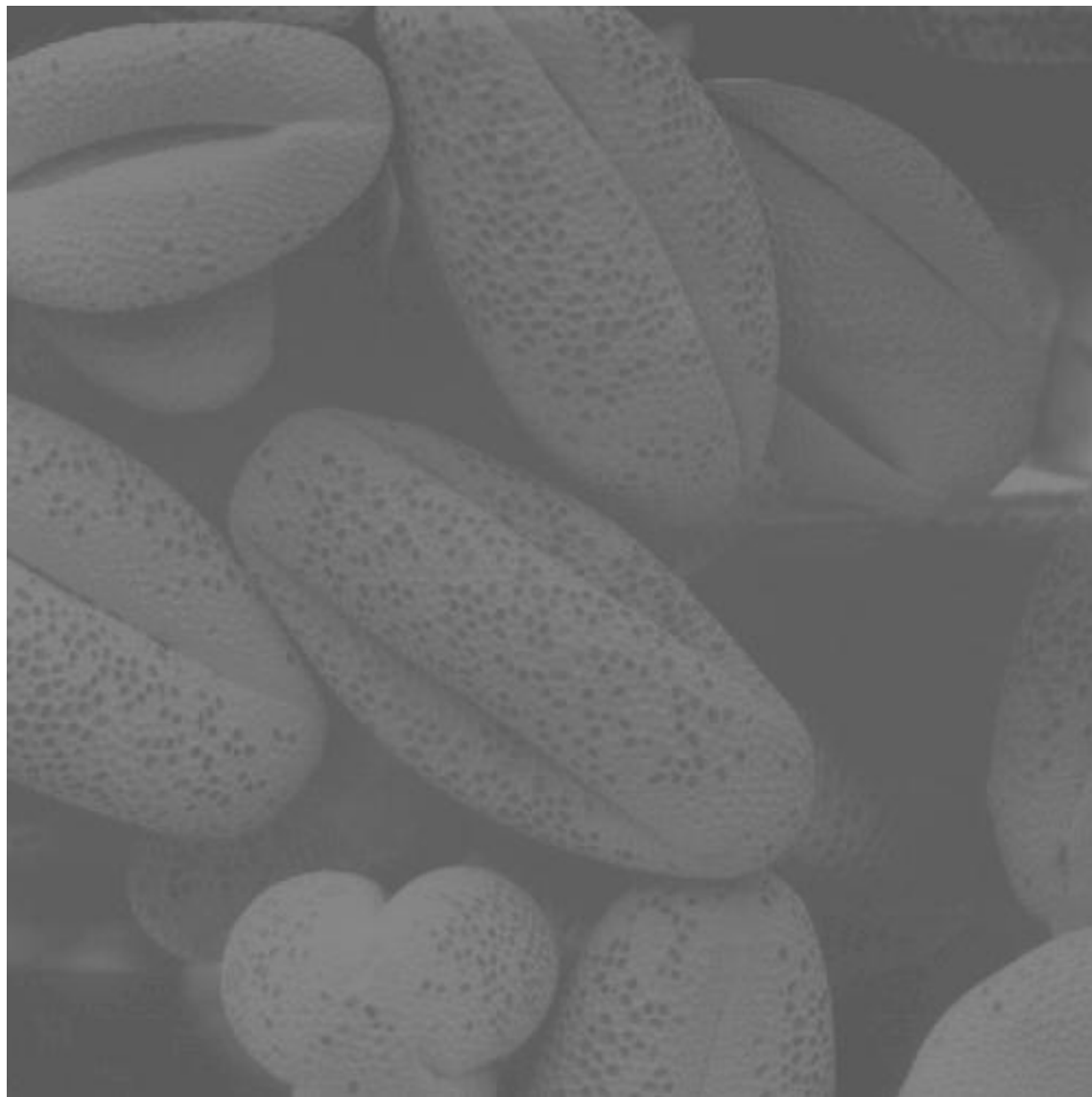
Примеры гистограмм



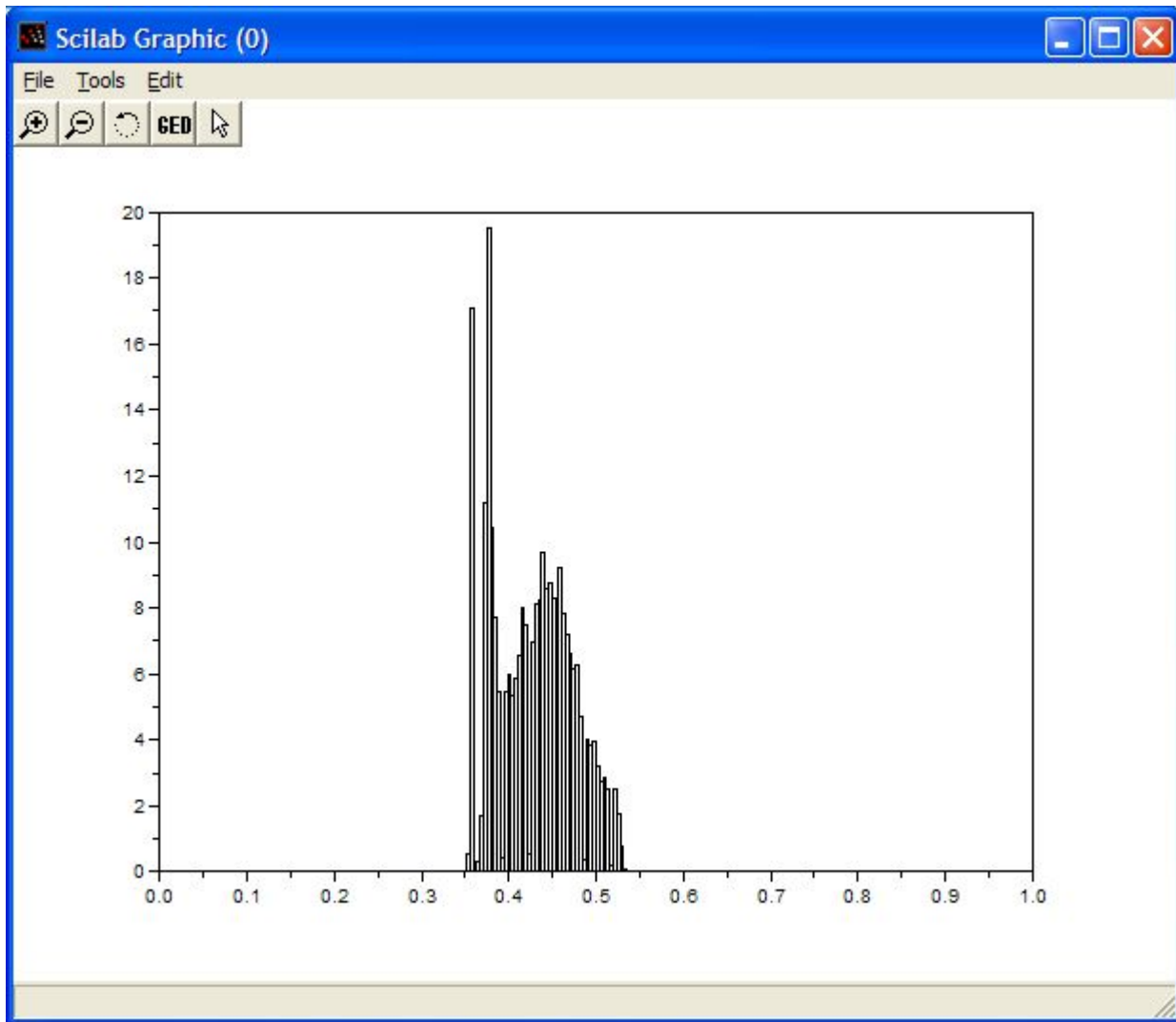
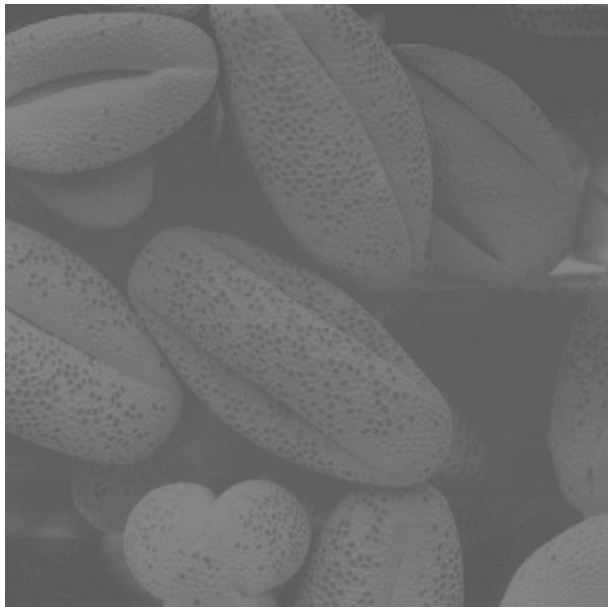
Примеры гистограмм



Примеры гистограмм



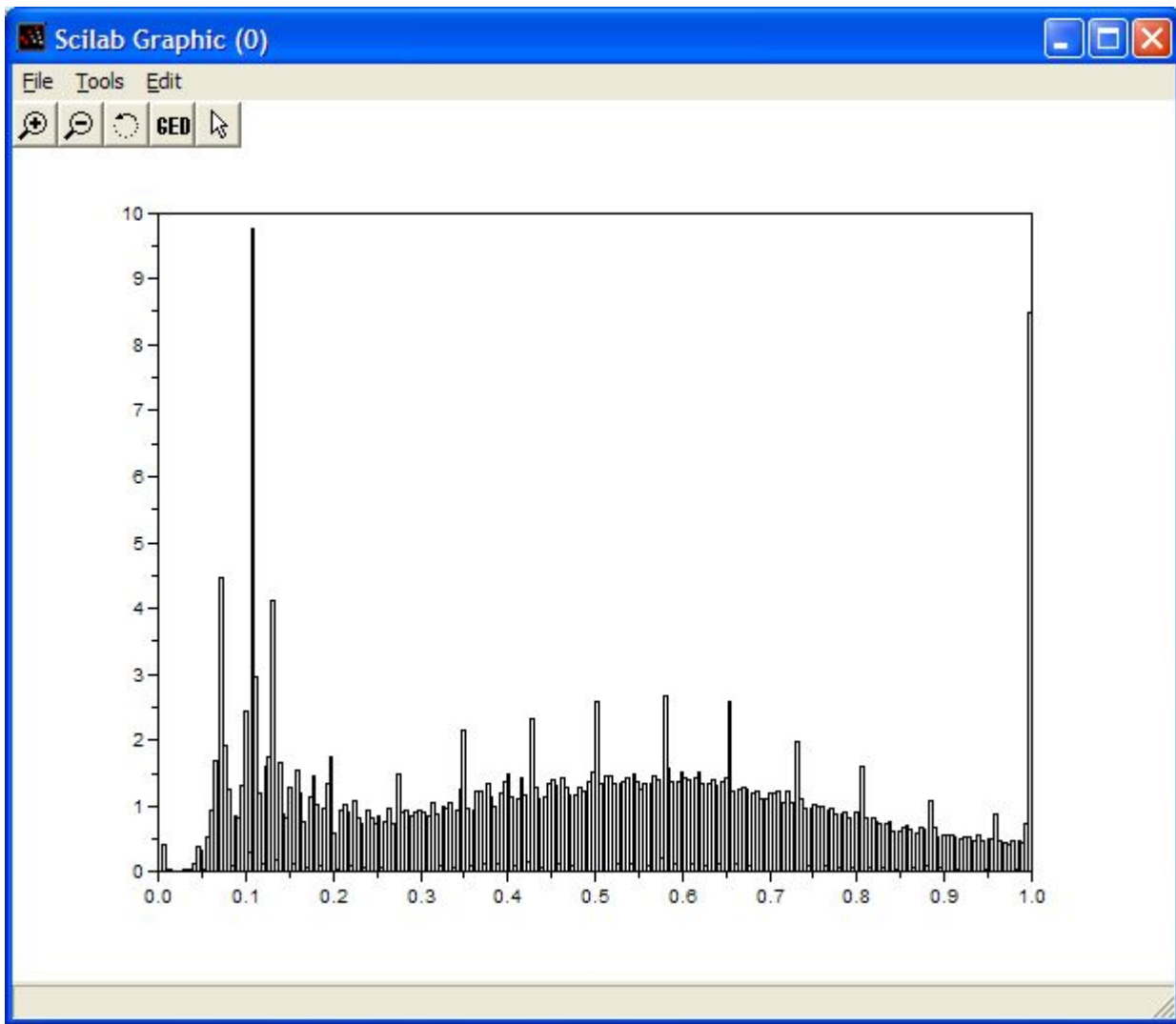
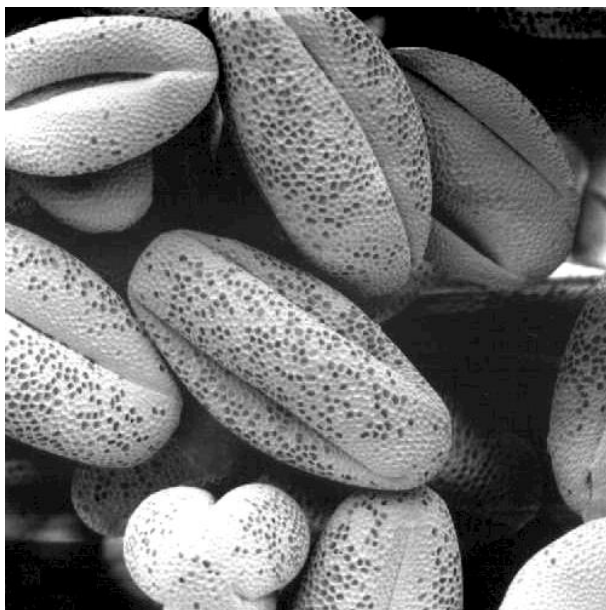
Примеры гистограмм



Примеры гистограмм



Примеры гистограмм



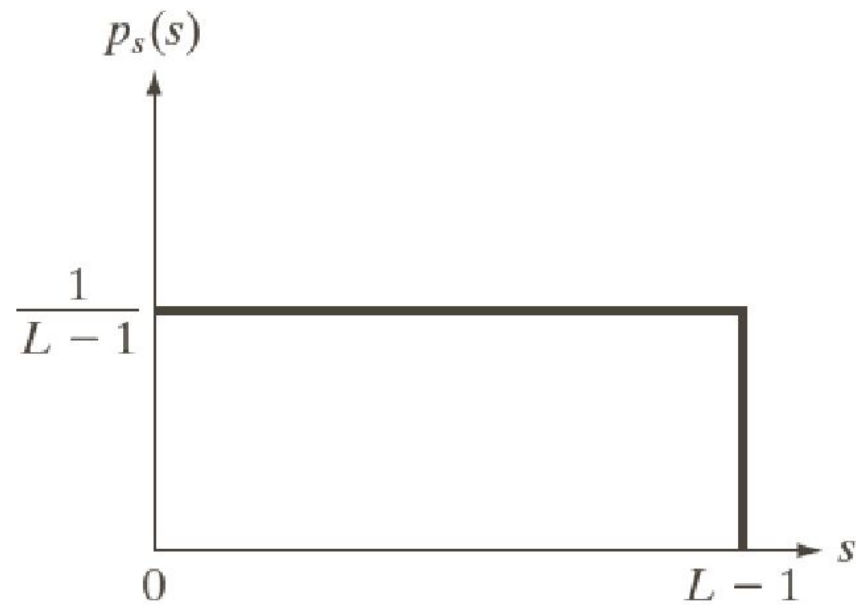
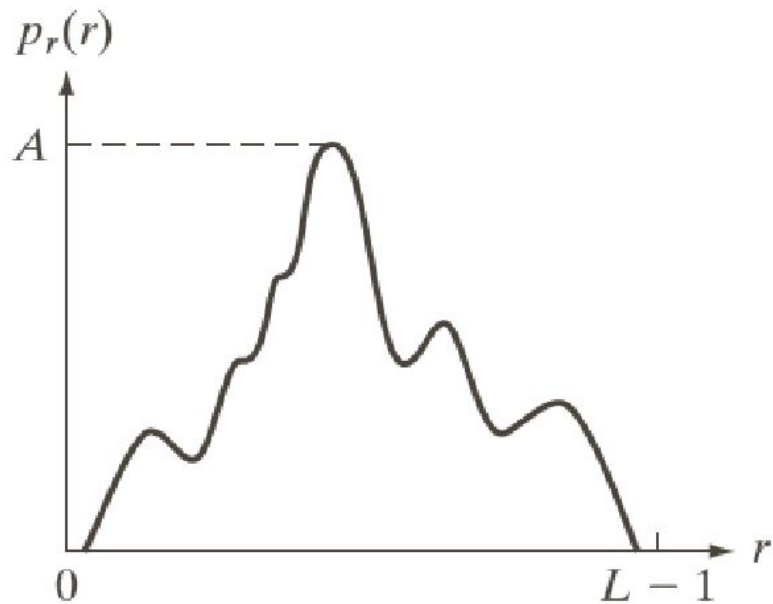
Contrast Stretching

We can fix images that have poor contrast by applying a pretty simple contrast specification

The interesting part is how do we decide on this transformation function?



Эквализация гистограммы



Эквализация гистограммы

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}, \quad k = 0, 1, \dots, L-1.$$

Эквилизация (линеаризация, растяжение) гистограммы

- r_k : исходная яркость
- s_k : получаемая яркость
- k : диапазон яркостей
- n_j : число точек яркости j
- n : общее число пикселей

$$\begin{aligned} s_k &= T(r_k) \\ &= \sum_{j=0}^k p(r_j) \\ &= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \end{aligned}$$

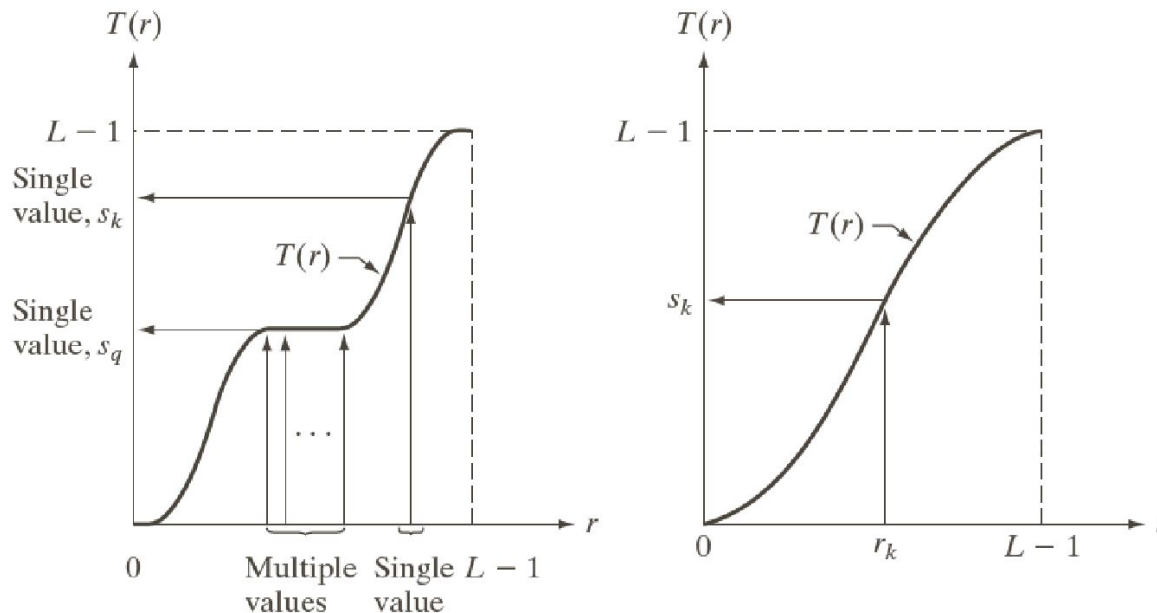
$$r_k = T^{-1}(s_k), \quad k = 0, 1, \dots, L-1.$$

Функция эквализации

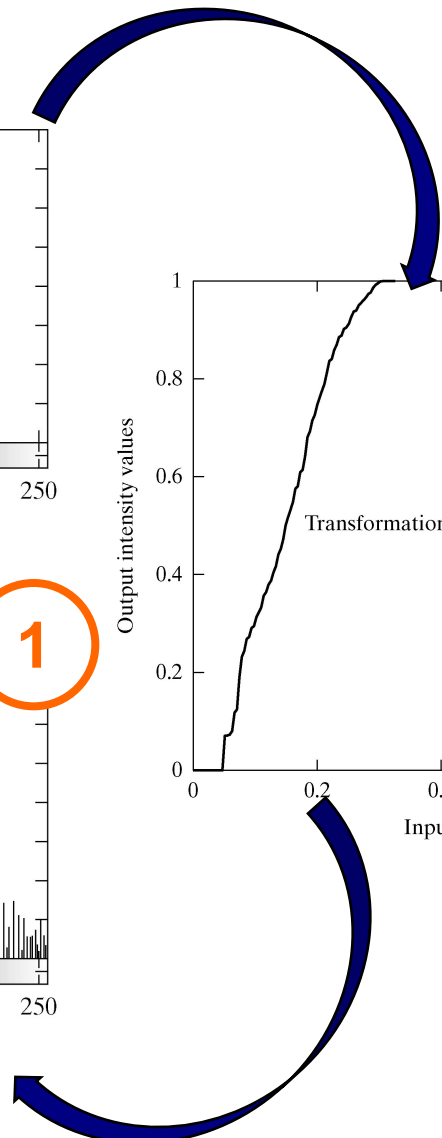
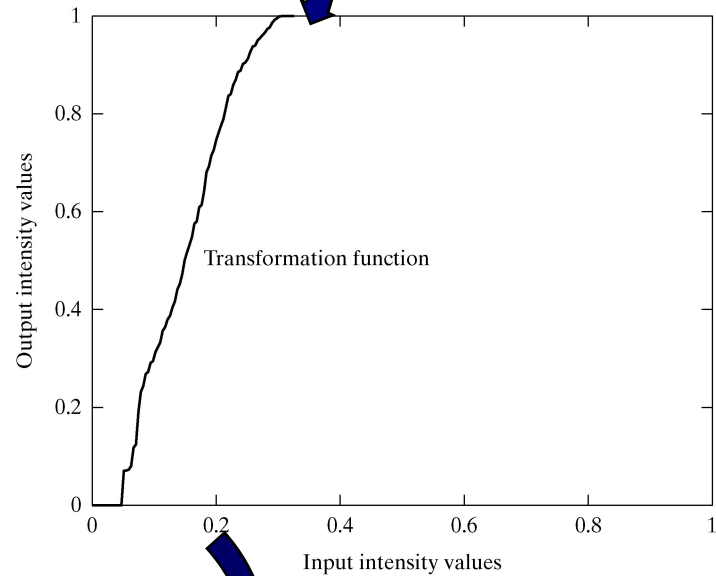
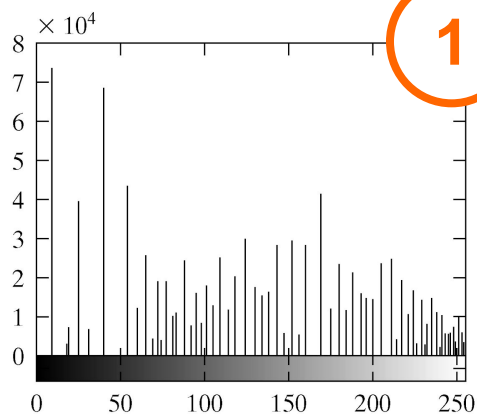
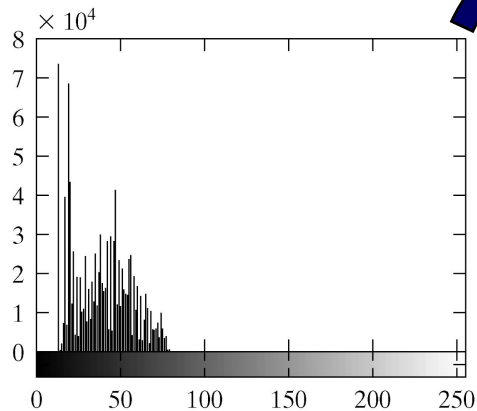
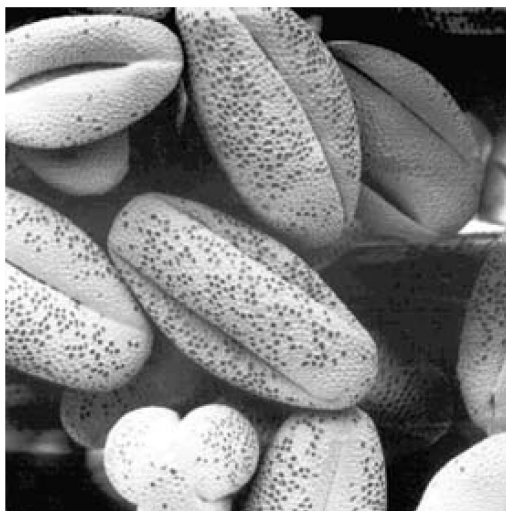
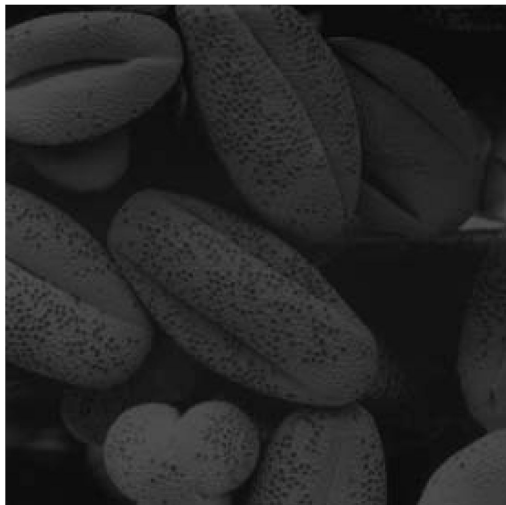
(а) $T(r_k)$ – монотонно возрастающая функция на отрезке $[0, L - 1]$

(а') $T(r_k)$ – строго монотонно возрастающая функция

(б) $0 \leq T(r_k) \leq L - 1$ на отрезке $[0, L - 1]$

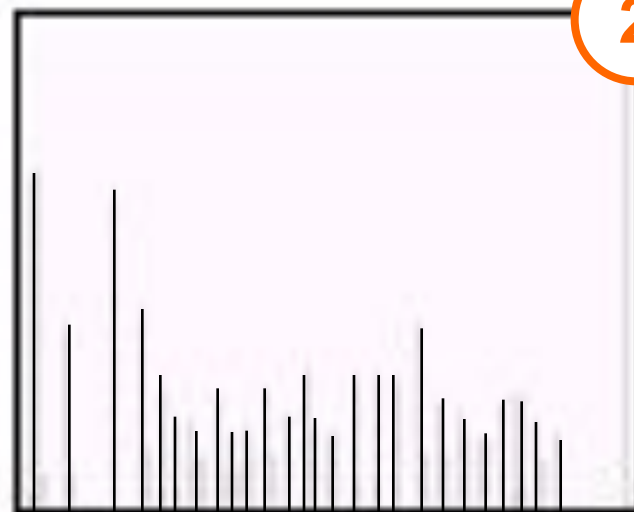
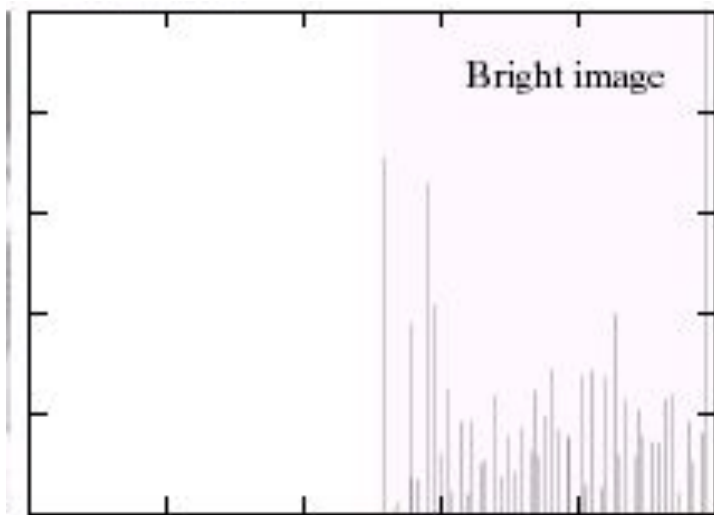


Пример эквализации

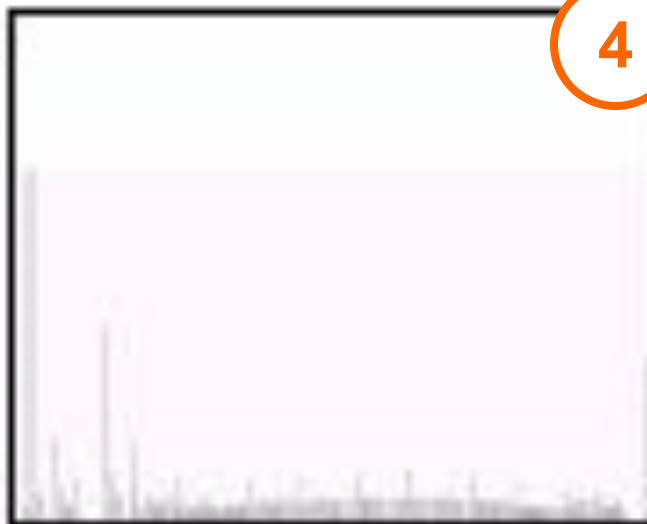
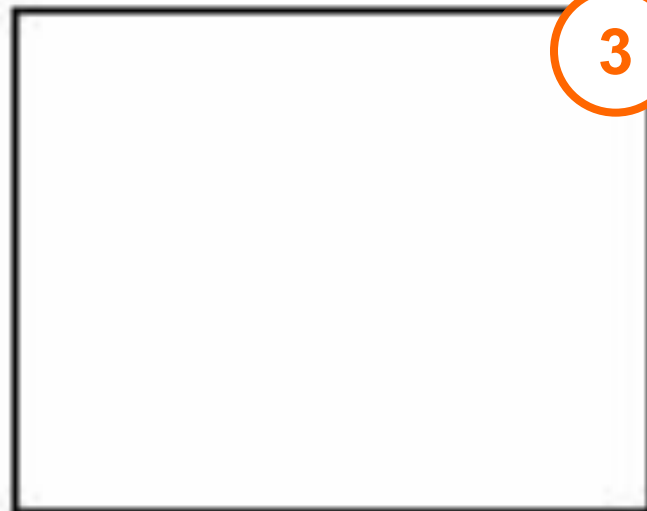
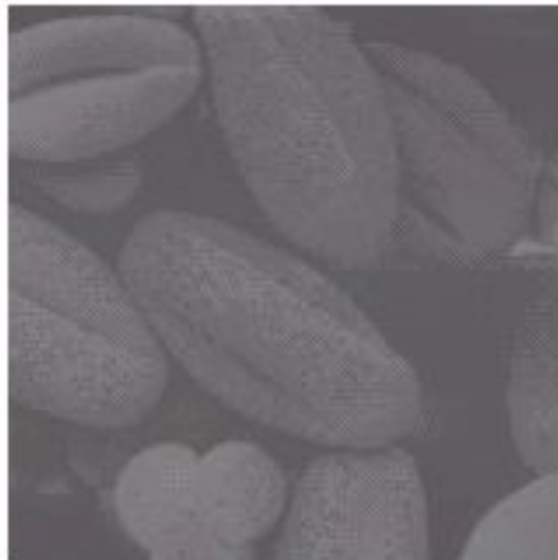


Пример эквализации

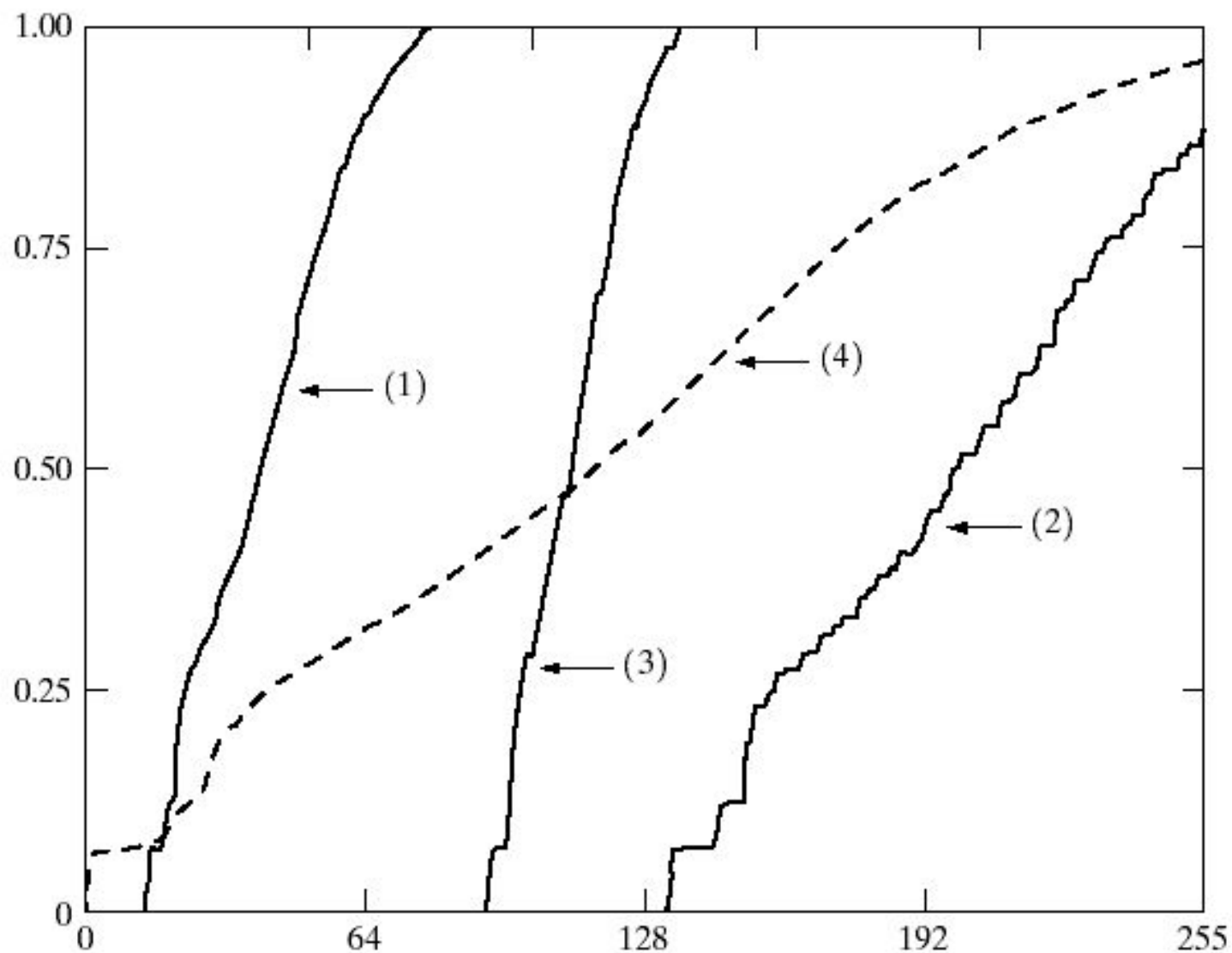
2

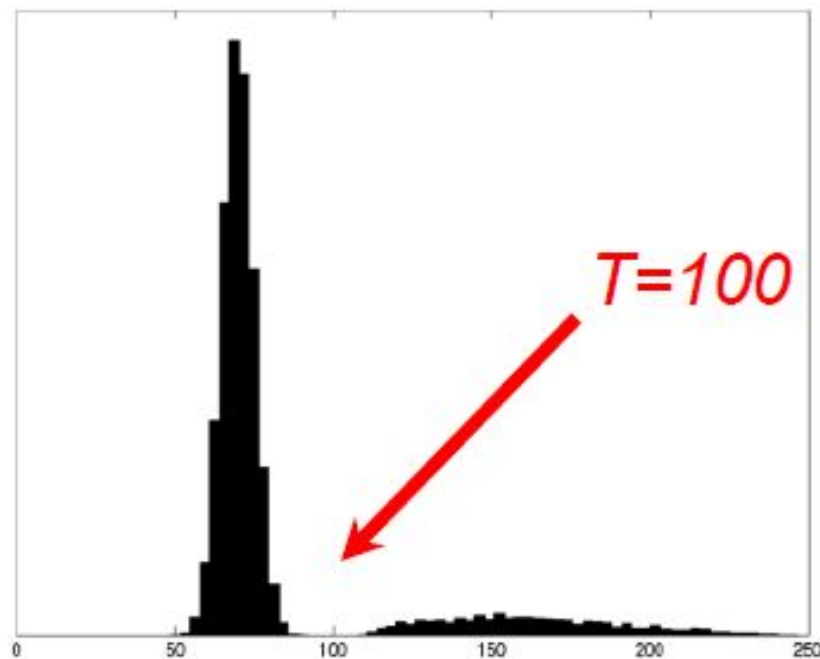
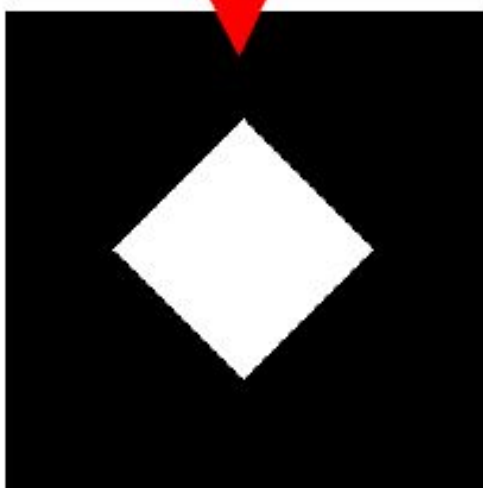
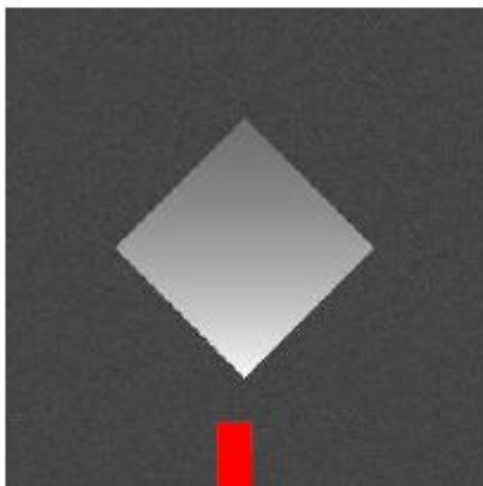


Пример эквализации



Функции эквализации

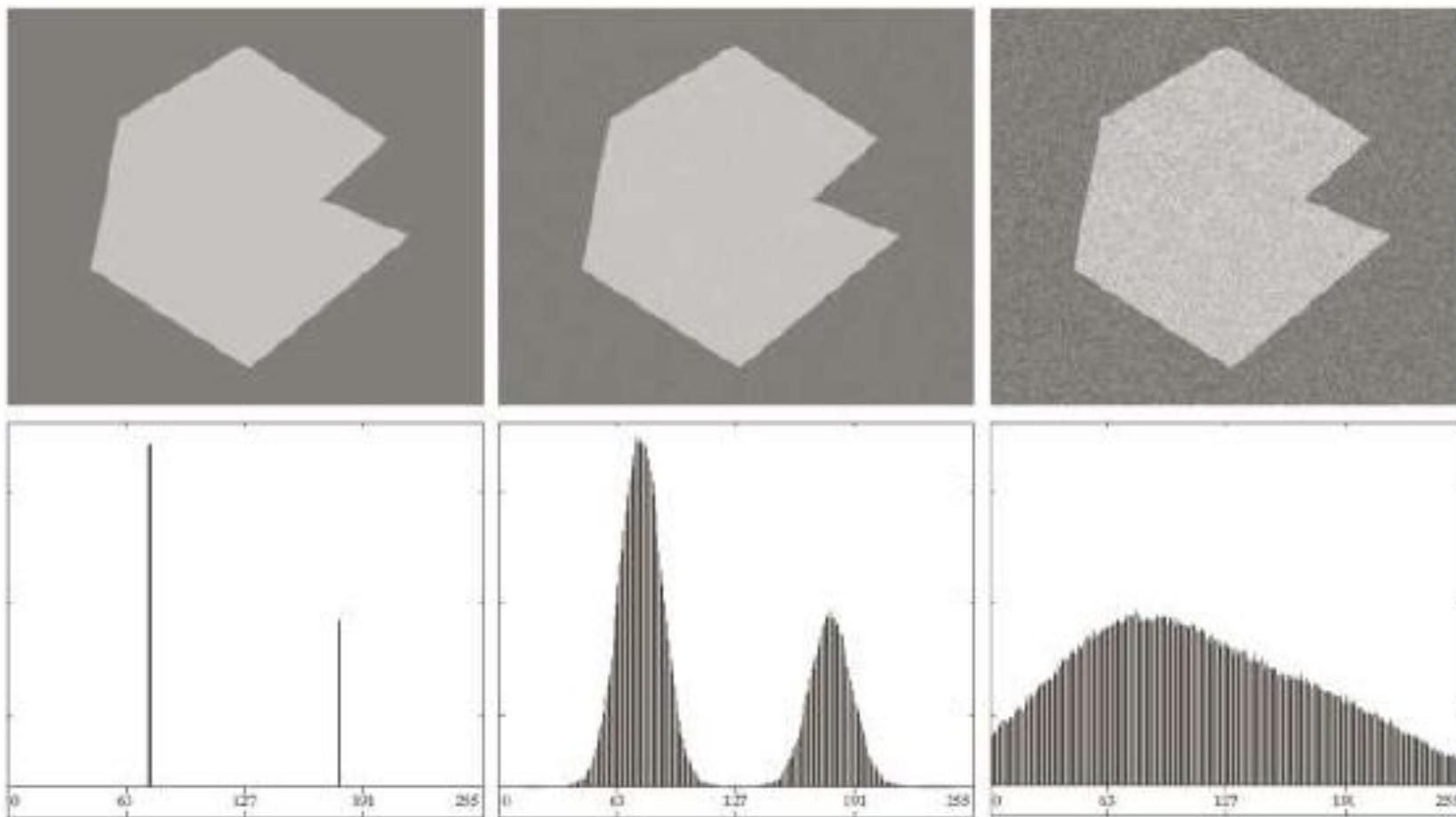




Histogram

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

Отображение шума на гистограмме

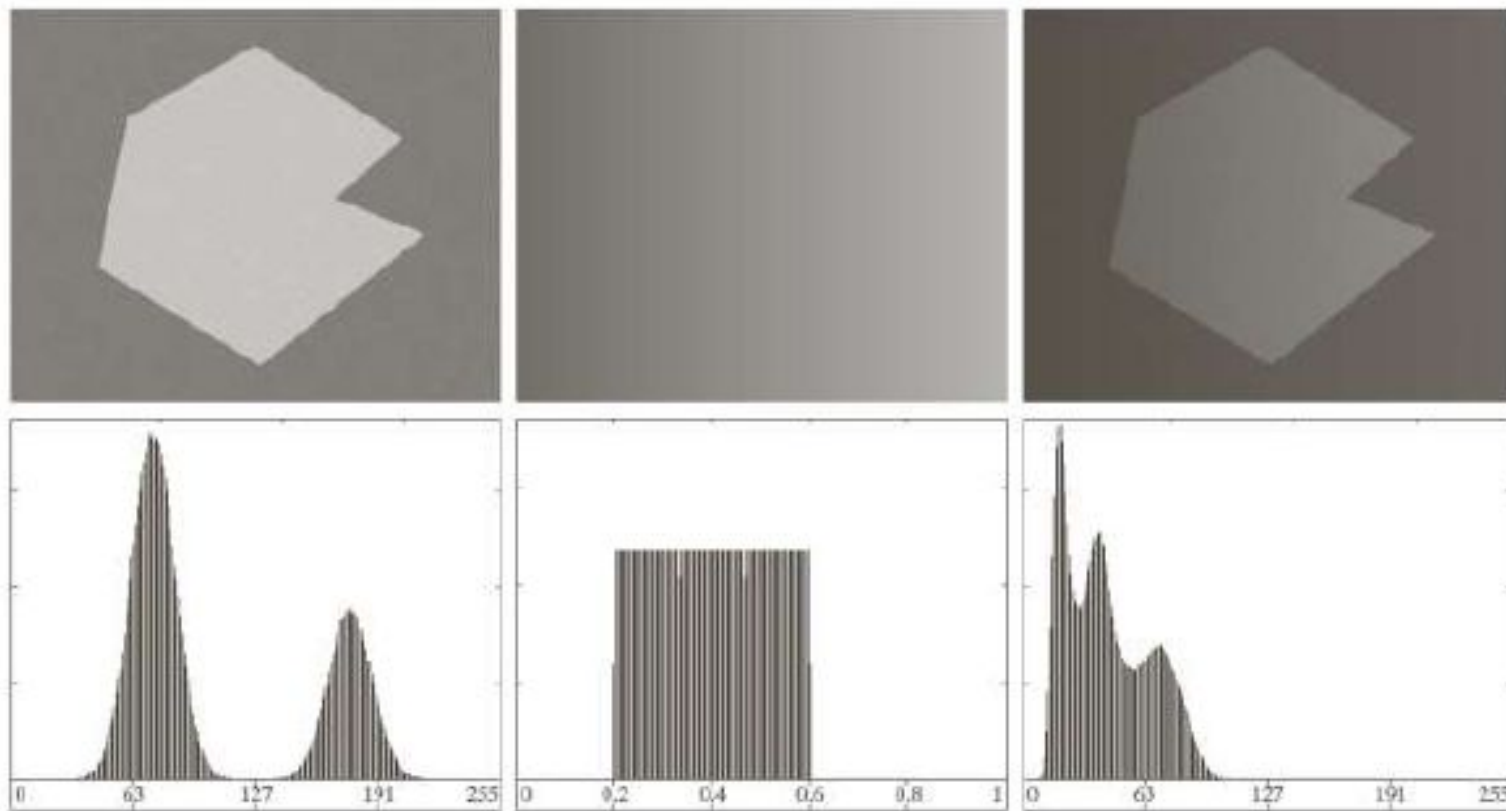


No noise

With noise

More noise

Отображение освещения на гистограмме



f
Original
image

\times

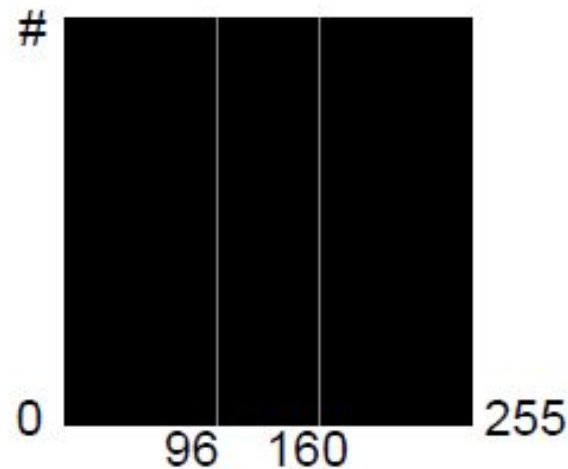
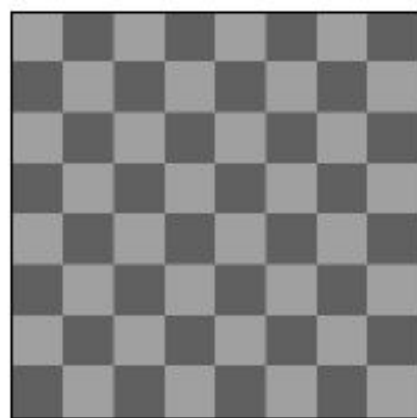
g
Illumination
image

$=$

h
Final
image

Histogram of Pixel Intensity Distribution

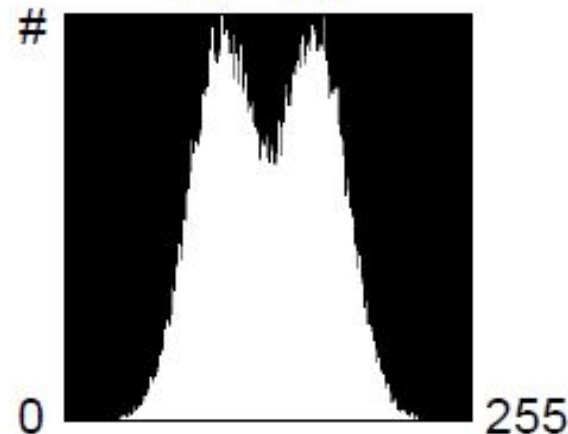
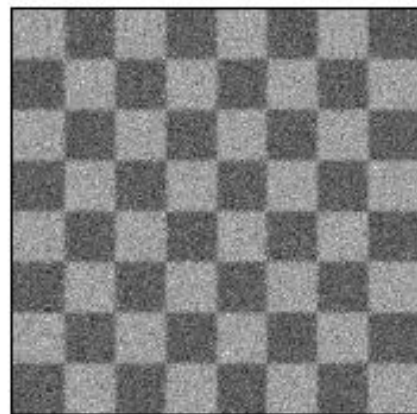
Histogram: Distribution of intensity values $p(v)$
(count #pixels for each intensity level)



Checkerboard with values 96 and 160.

Histogram:

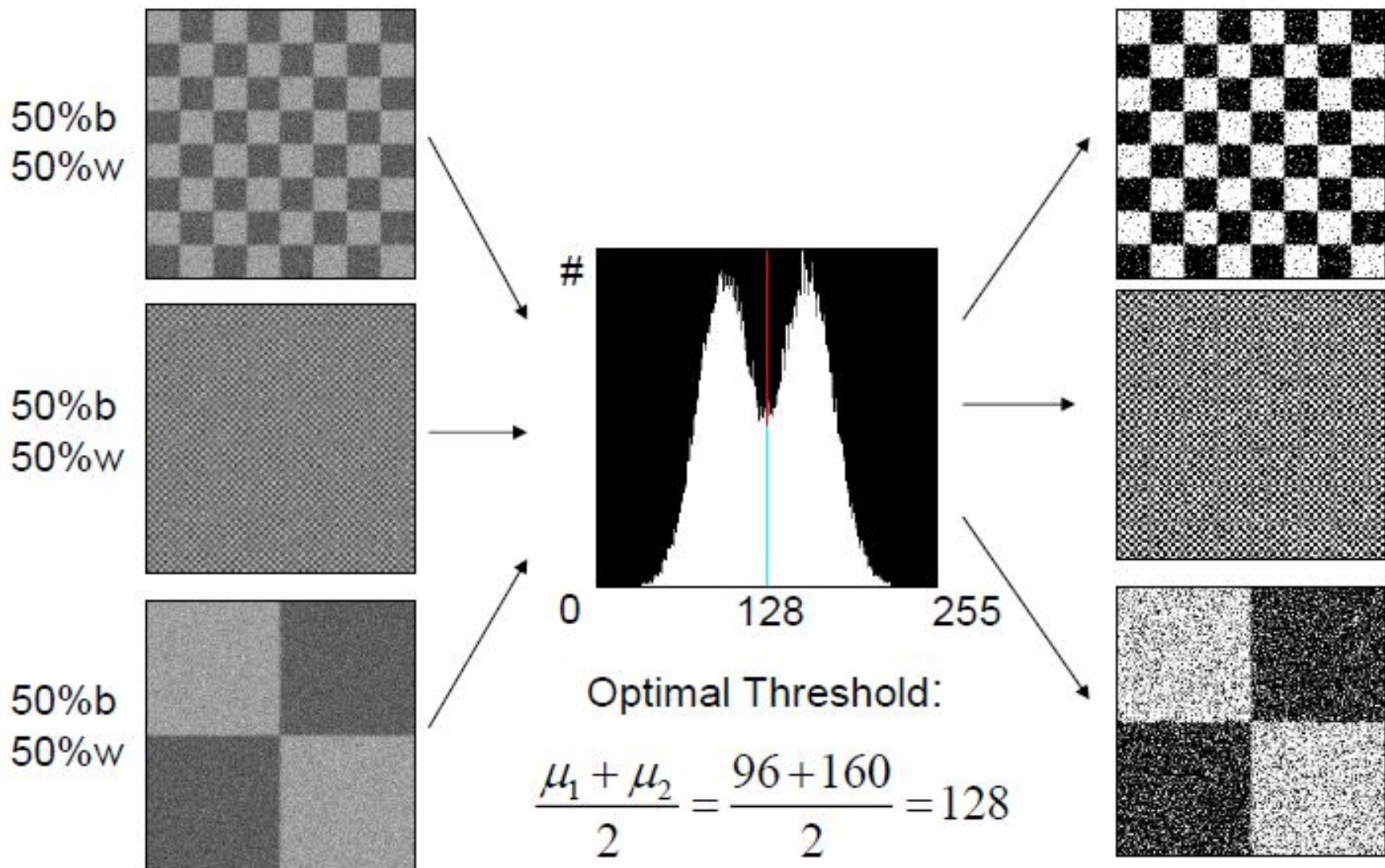
- horizontal: intensity
- vertical: # pixels



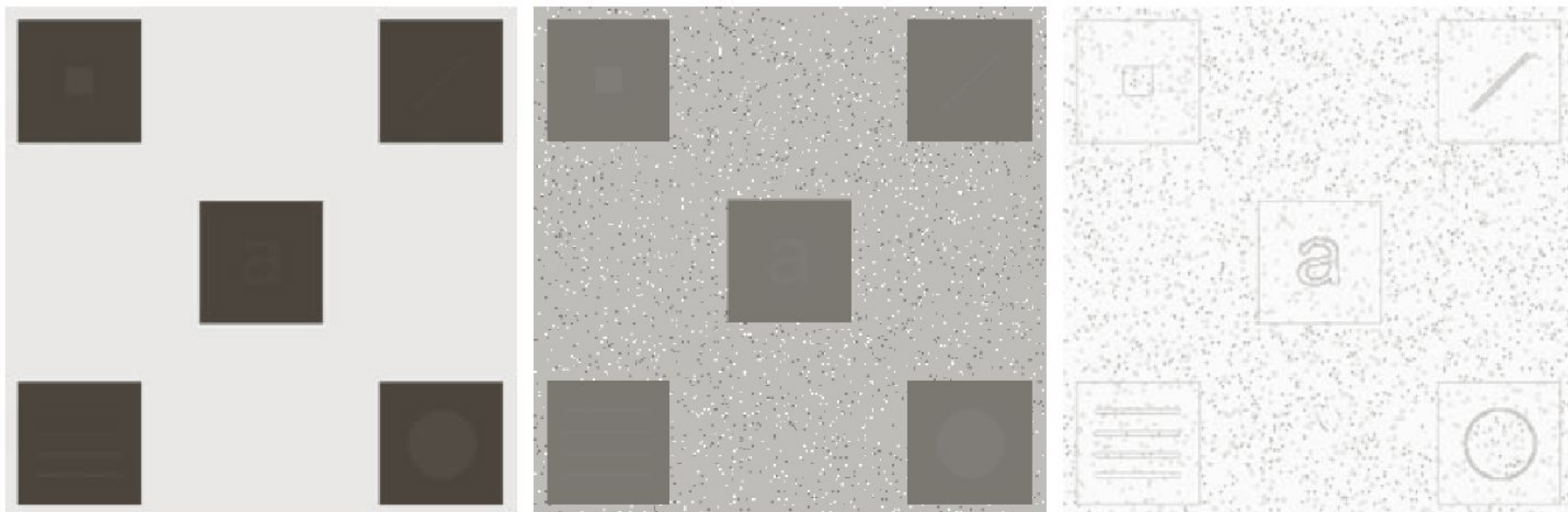
Checkerboard with additive Gaussian noise (sigma 20).

Regions: 50%b,50%w

Classification by Thresholding



Локальная гистограммная обработка



Гистограммные статистики

$$\mu_n(r) = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^n p(r_i)$$

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i) \quad \mu_2(r) = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^2 p(r_i)$$

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

$$\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m]^2$$

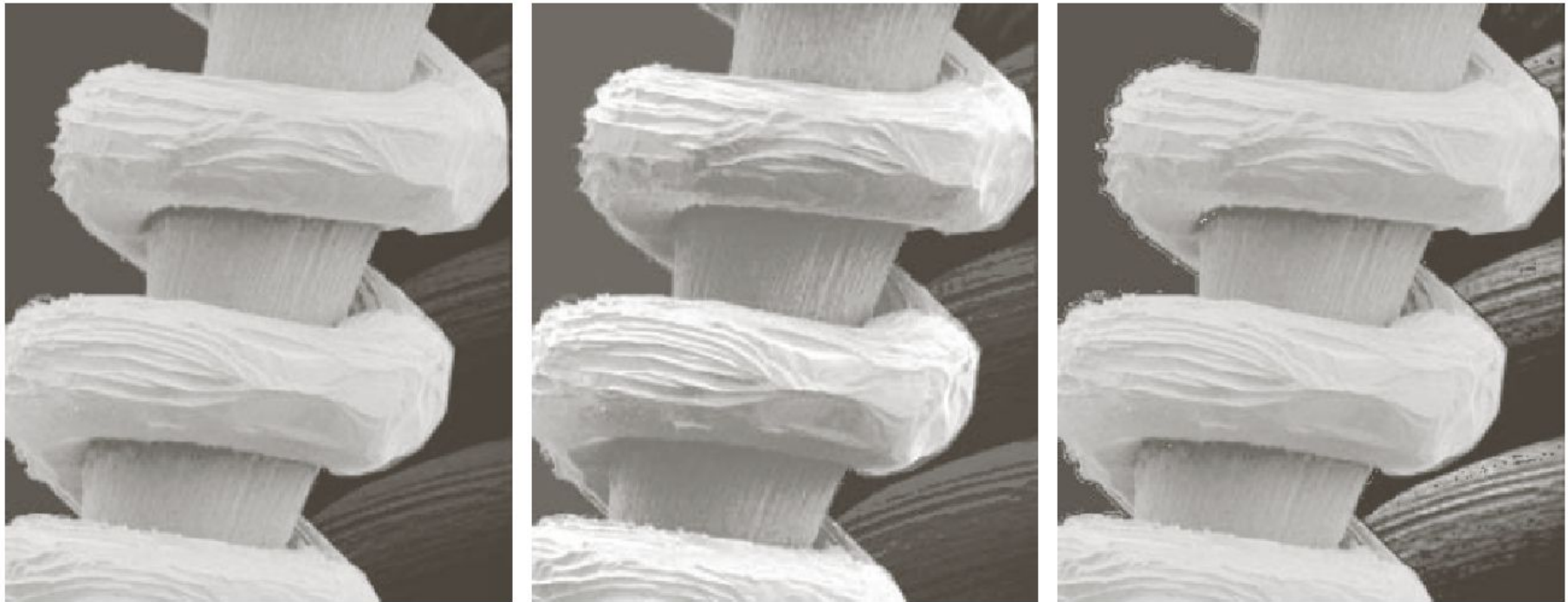
Локальные среднее и дисперсия

$$m_{S_{xy}} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p_{S_{xy}}(r_i)$$

$$\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m_{S_{xy}})^2 p_{S_{xy}}(r_i)$$

Еще пример локальной гистограммной обработки

$$g(x,y) = \begin{cases} E \cdot f(x,y) & \text{если } m_{S_{xy}} \leq k_0 M_G \text{ и } k_1 D_G \leq \sigma_{S_{xy}} \leq k_2 D_G \\ f(x,y) & \text{в противном случае} \end{cases}$$



a b c

FIGURE 3.27 (a) SEM image of a tungsten filament magnified approximately 130 \times . (b) Result of global histogram equalization. (c) Image enhanced using local histogram