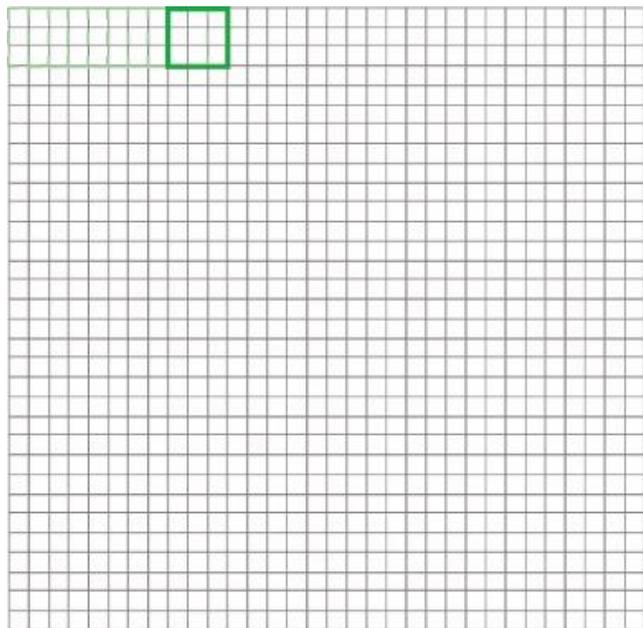
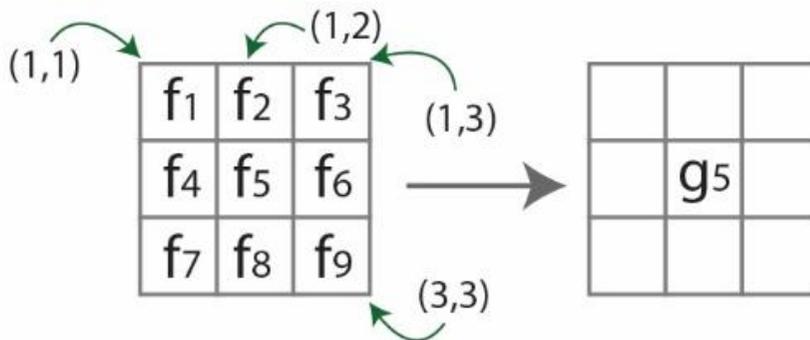


ВВЕДЕНИЕ

$g(x, y) = T[f(x, y)]$ – общий вид пространственного преобразования

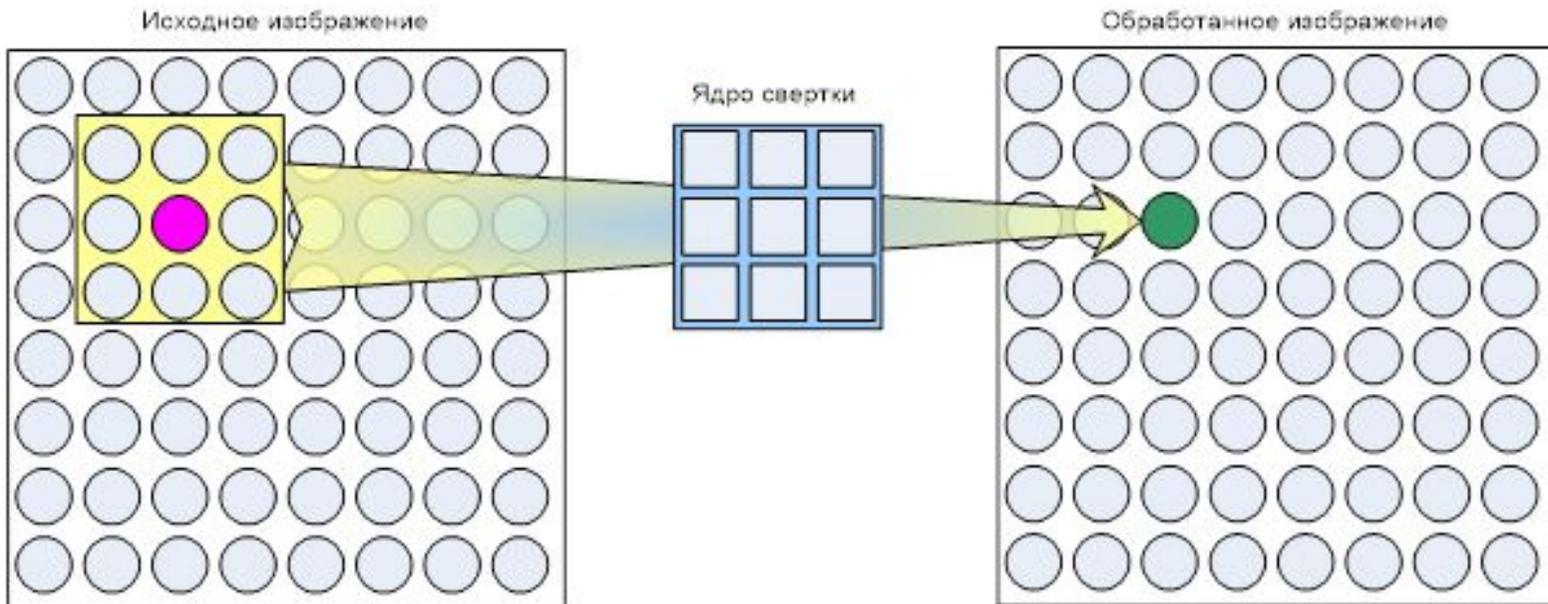


$f(x, y)$



$$g(x_5, y_5) = T[f(x_1, y_1) + f(x_1, y_2) + \dots + f(x_3, y_3)]$$

ВВЕДЕНИЕ



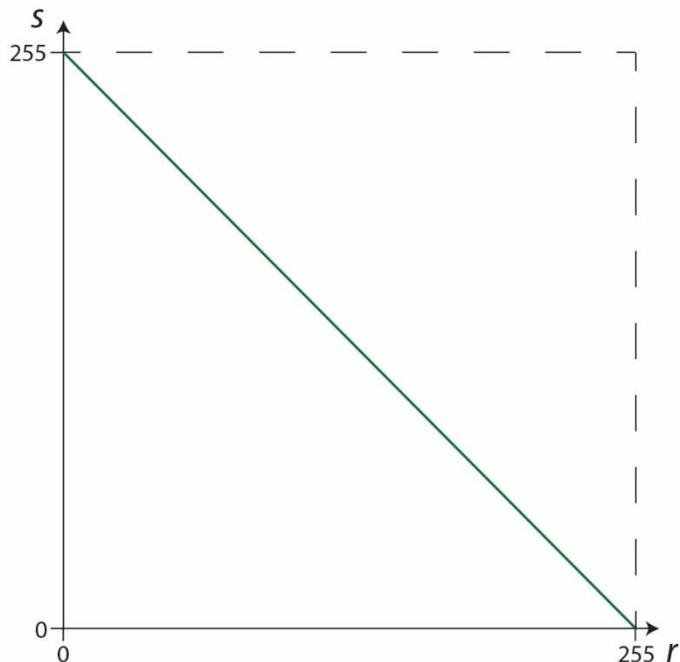
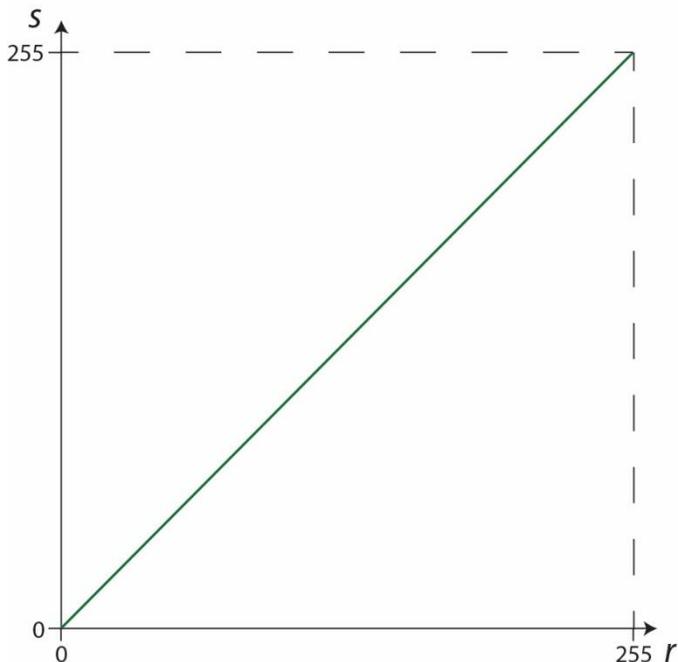
Общий принцип фильтрации изображений

$$g(x, y) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L f(x_{ij}, y_{ij}) \omega_{ij} \quad \text{— линейная фильтрация}$$

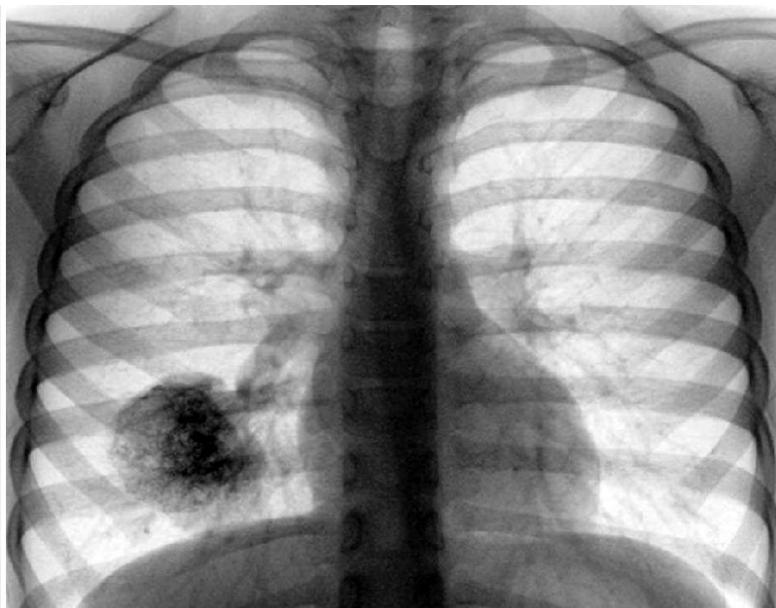
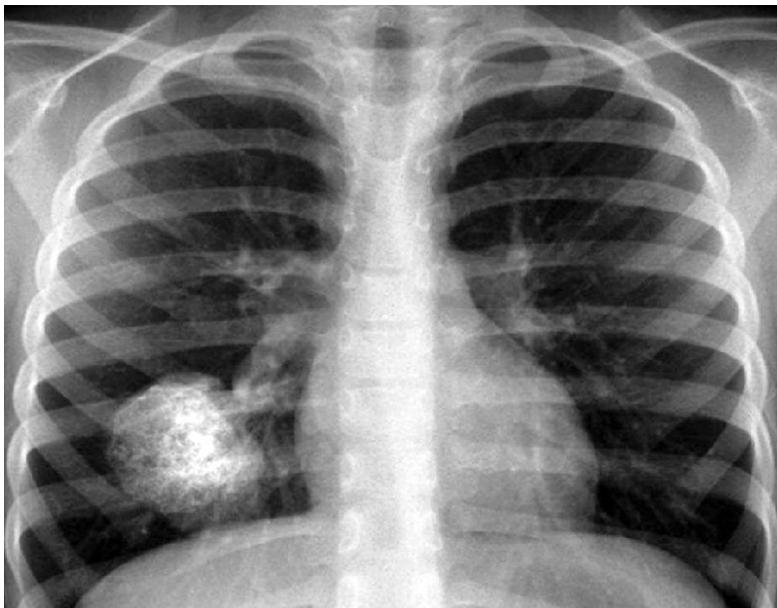
ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Градационное преобразование (функция отображения, функция преобразования интенсивности) – частый случай фильтрации при единичном размере окна фильтра $K = 1, L = 1$.

$s = T(r)$ – запись градационного преобразования

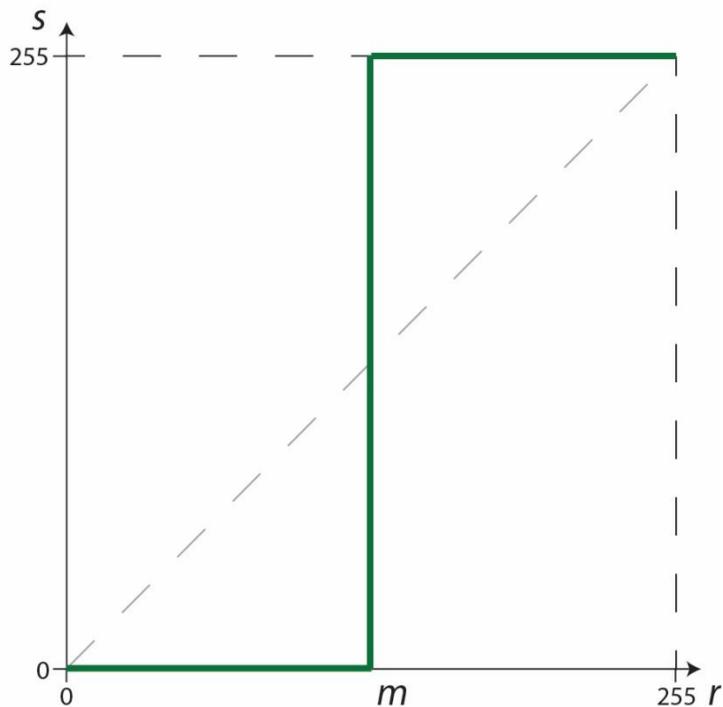
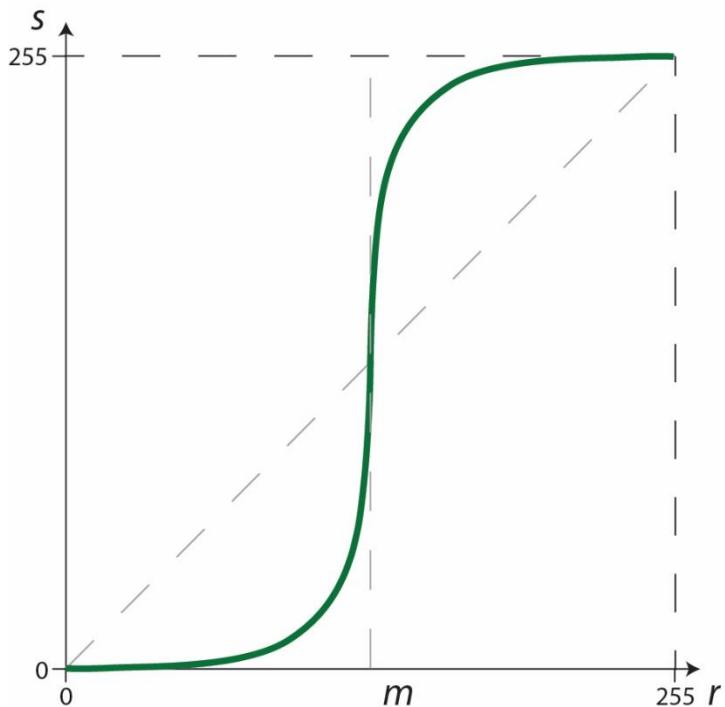


ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

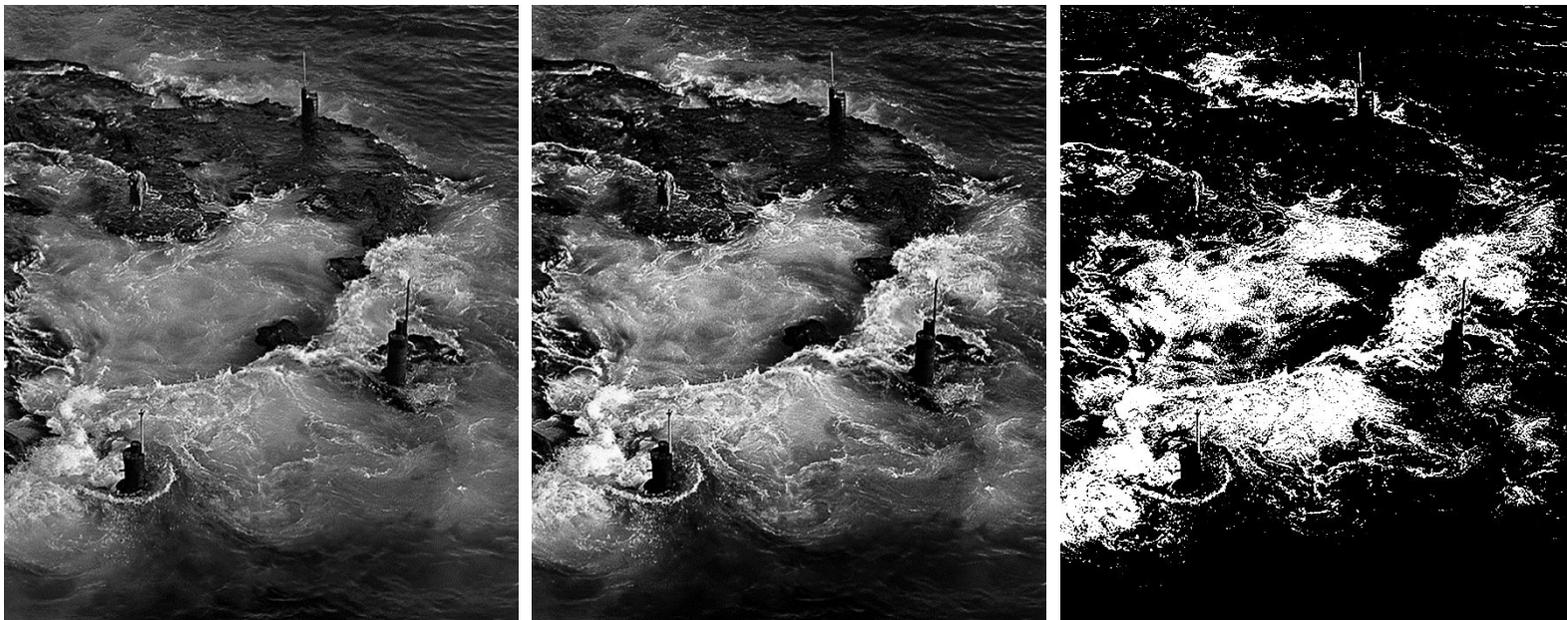


Пример использования негативного преобразования в медицине

ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

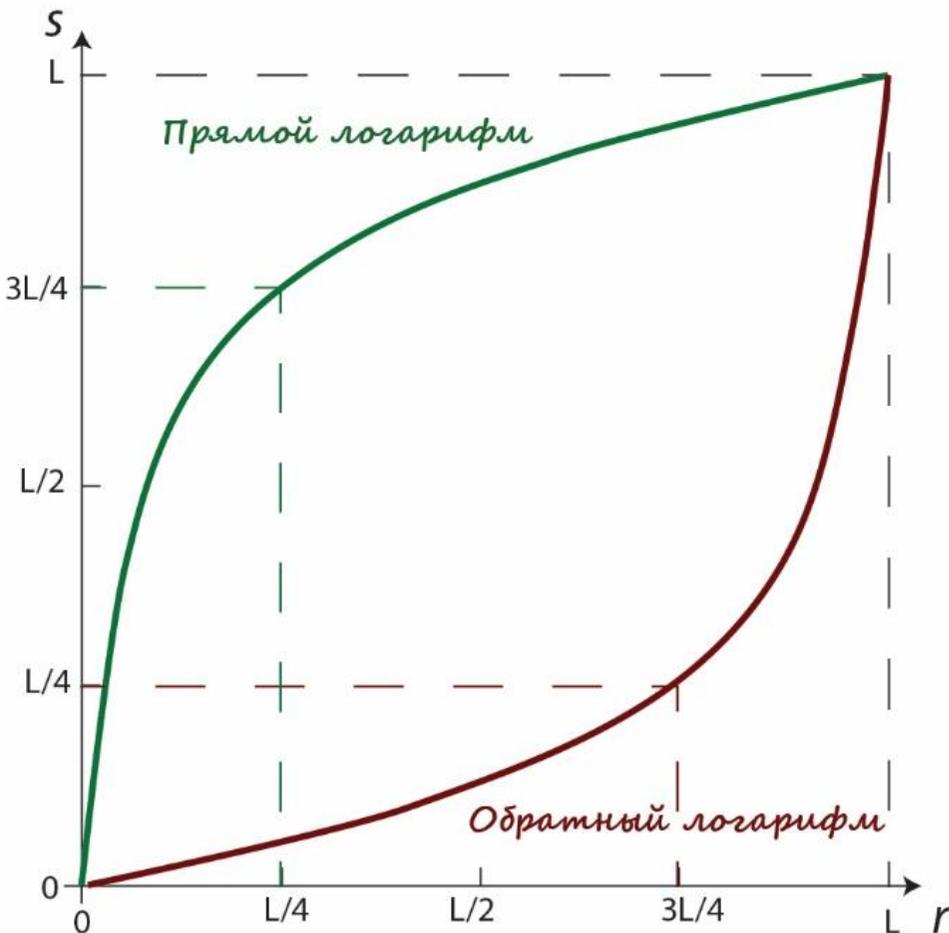


ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



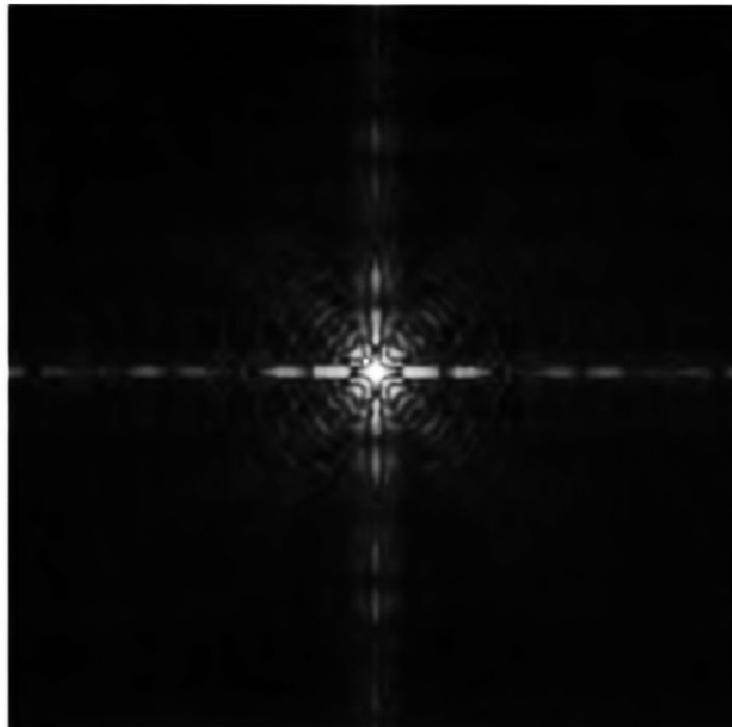
*Пример использования усиления контрастности
и порогового преобразования*

ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



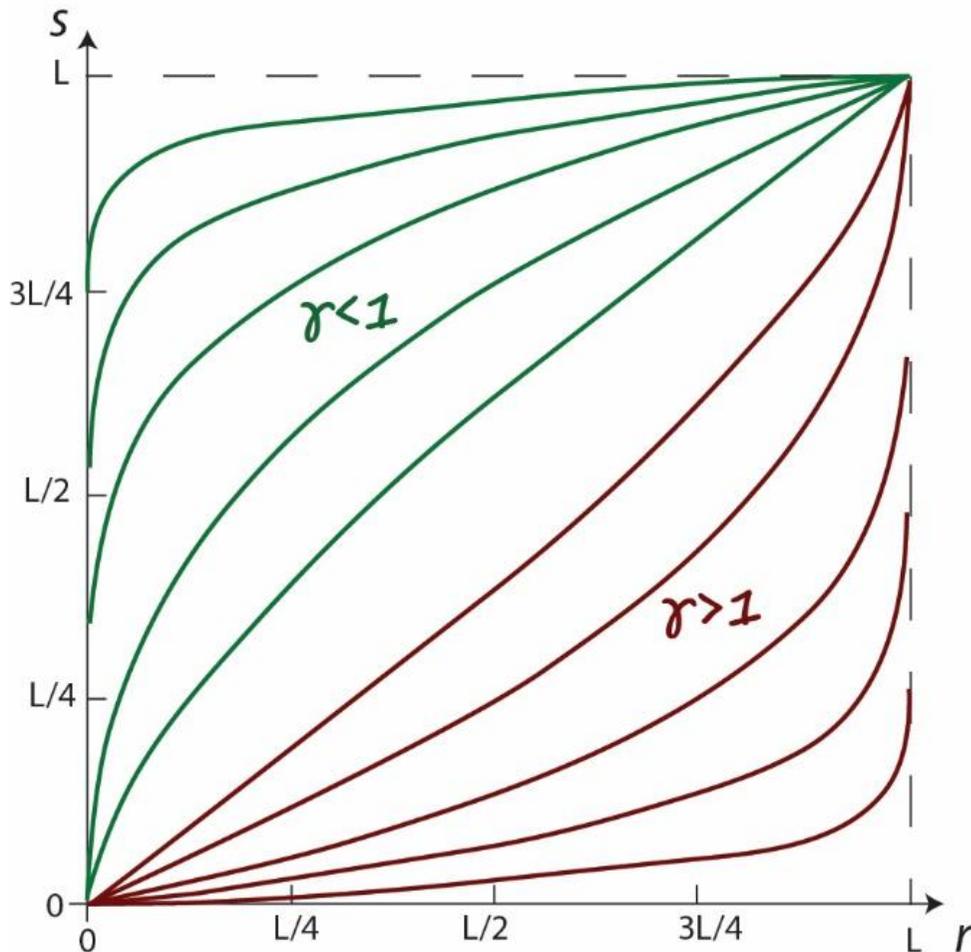
$$s = c \log(1 + r)$$

ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



*Пример использования логарифмического преобразования
на примере Фурье-спектра*

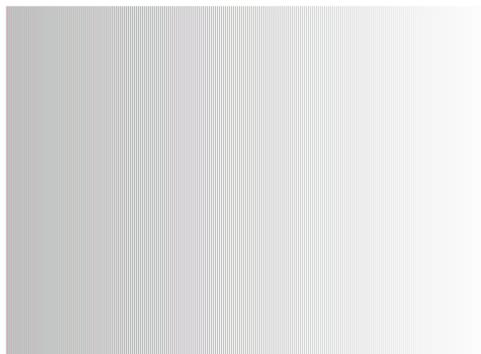
ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



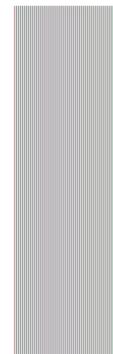
$$s = c(r + 1)^\gamma$$

ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Оригинальное изображение



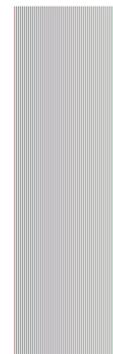
Изра:



Монитор



Гамма-
коррекция

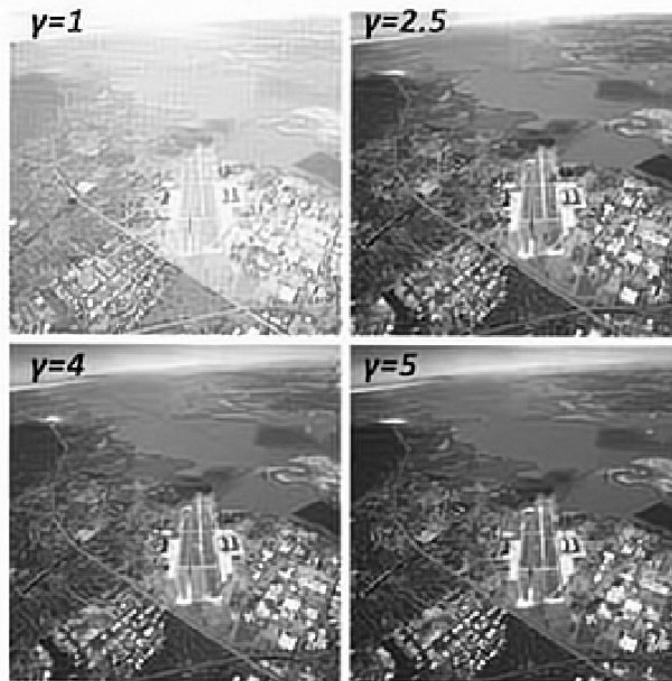
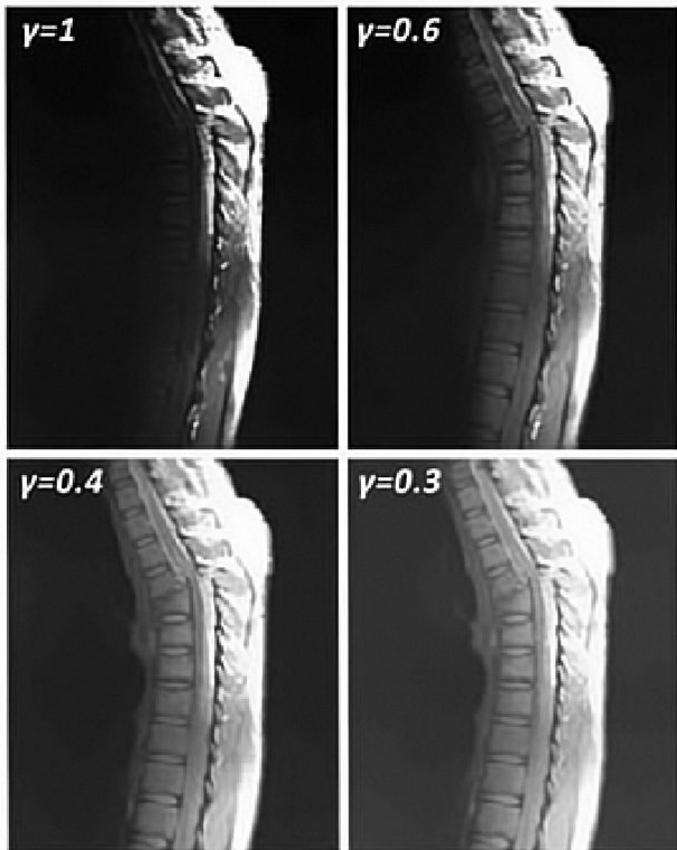


Монитор



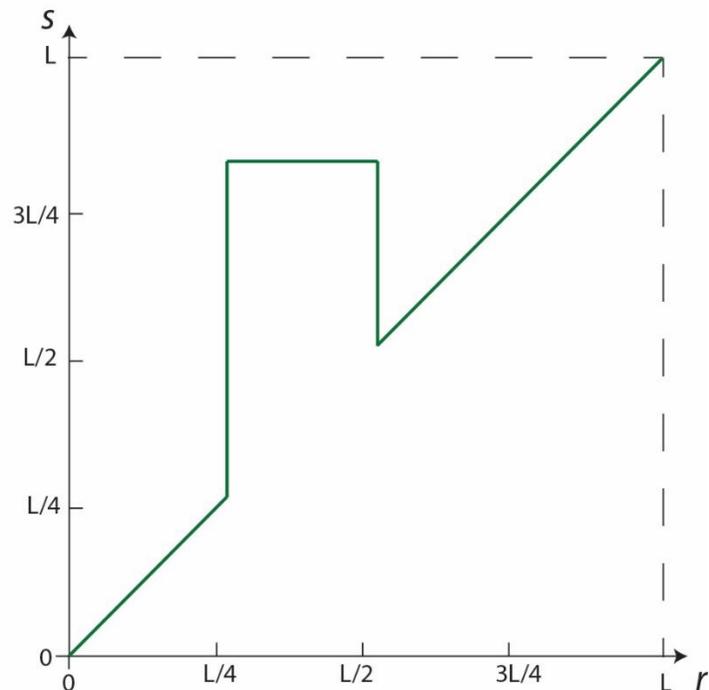
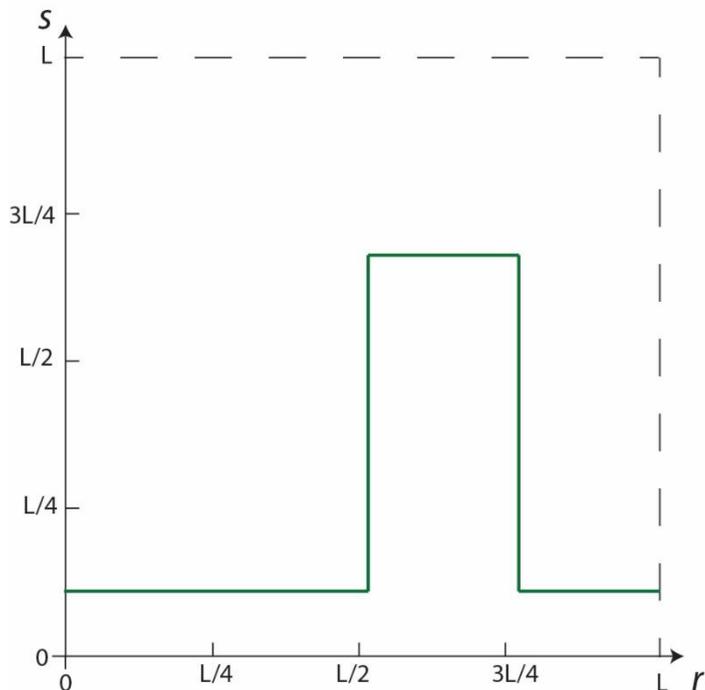
Пример использования гамма-коррекции для ЭЛТ

ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



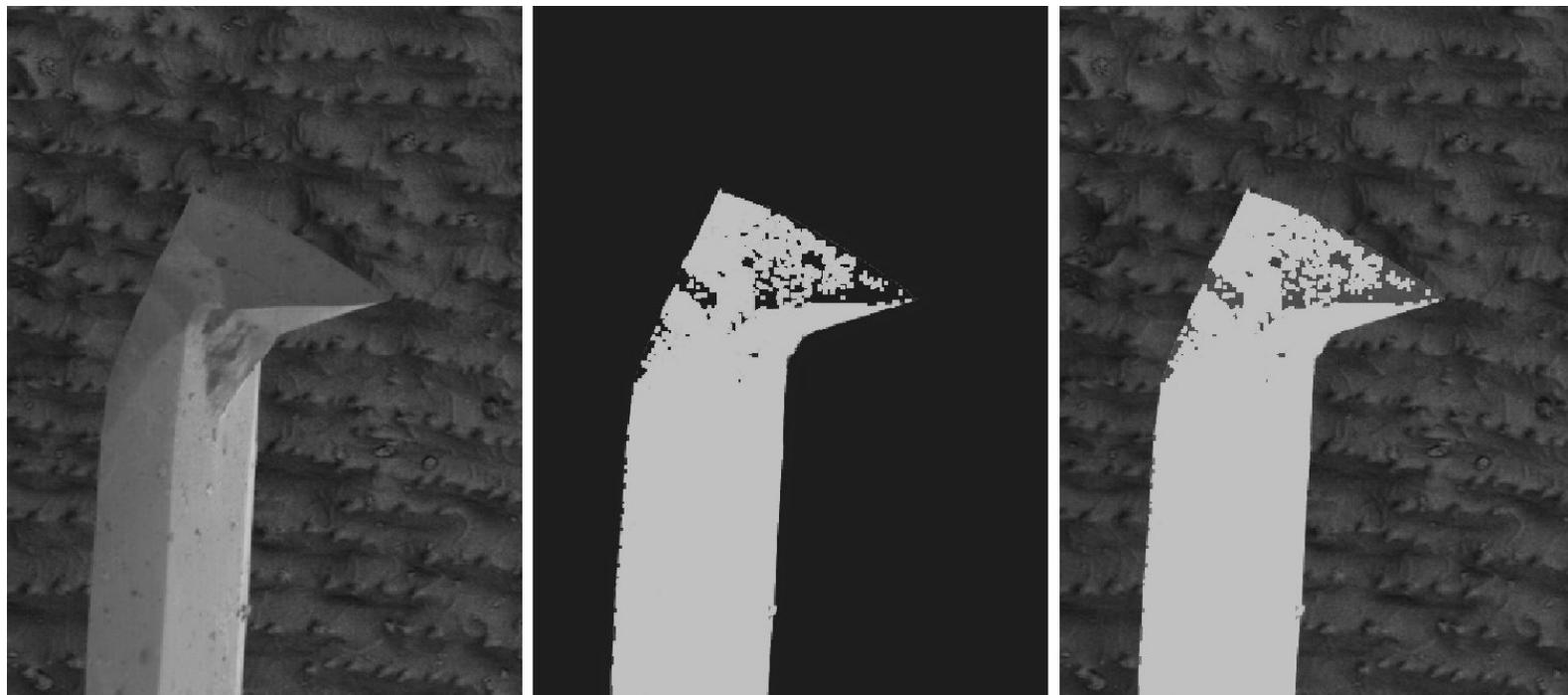
Пример использования гамма-коррекции для улучшения контрастности

КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



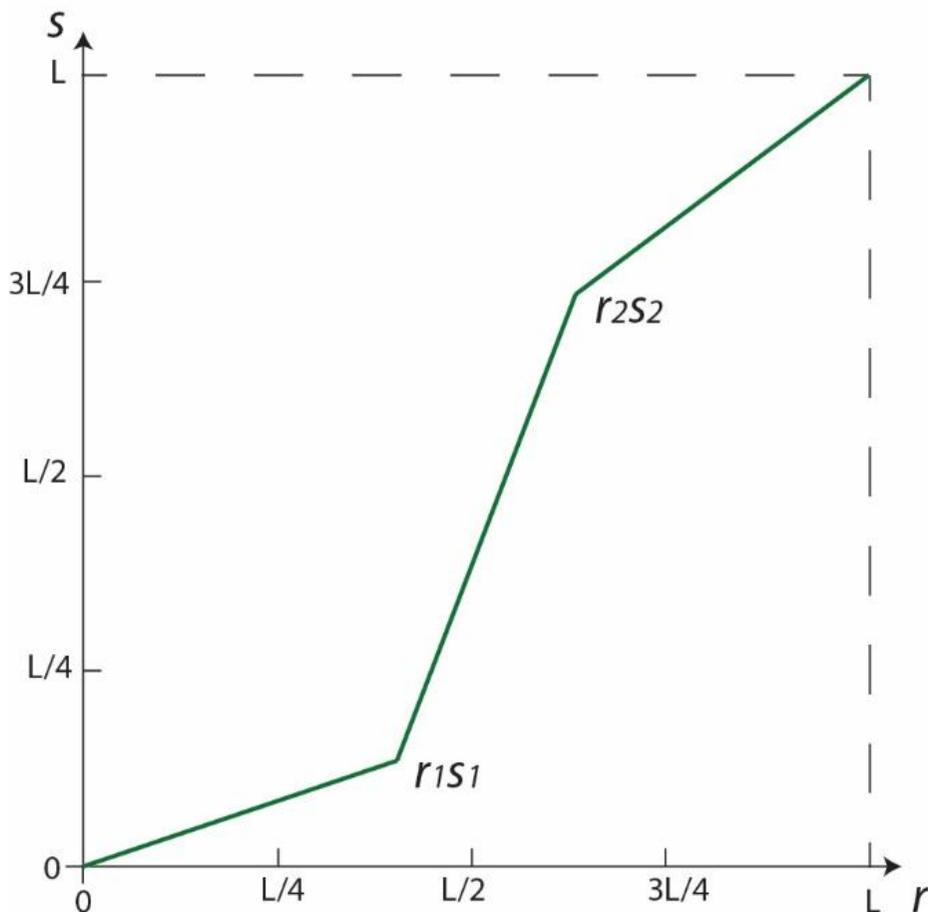
*Примеры кусочно-линейных функций преобразования:
выделение диапазона яркостей на изображении*

КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

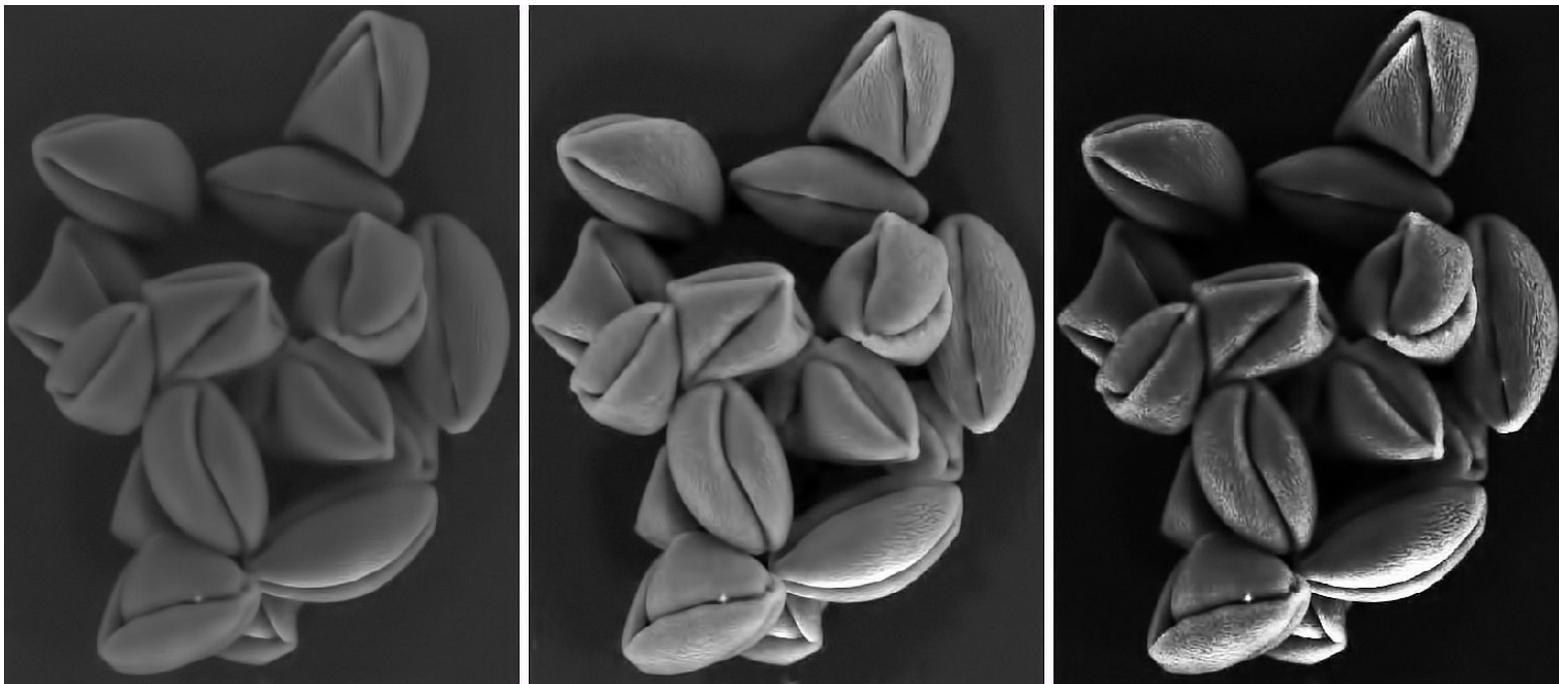


*Примеры использования кусочно-линейных функций преобразования
в задачах электронной микроскопии*

КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



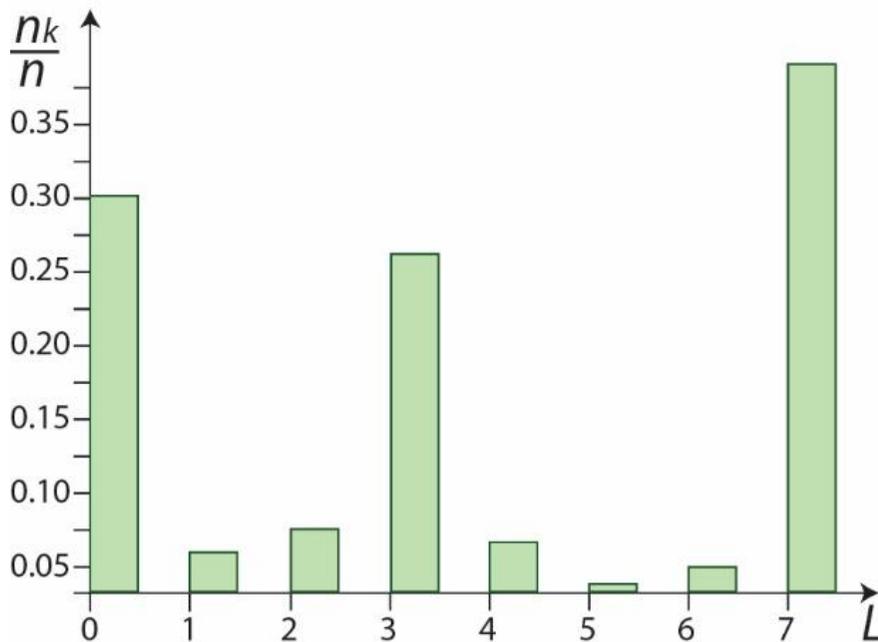
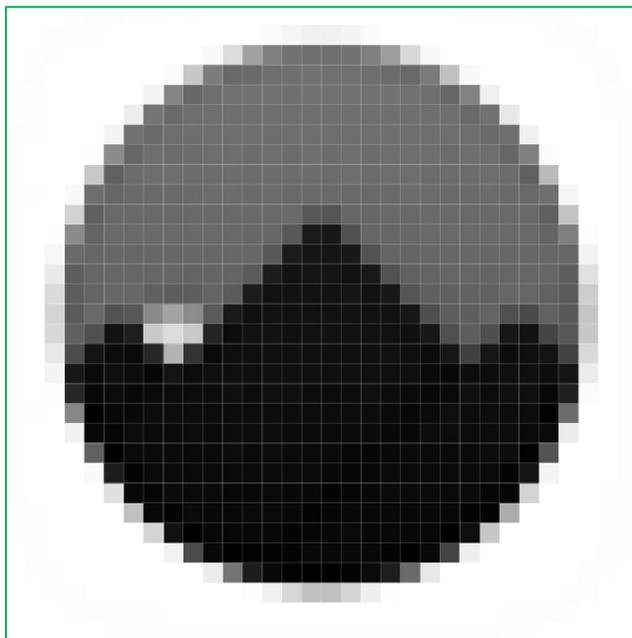
КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ



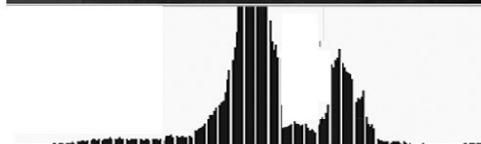
*Примеры кусочно-линейных функций преобразования:
усиление контрастности*

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Гистограммой цифрового изображения с уровнями яркости в диапазоне L называется дискретная функция $h(r_k) = n_k$, где r_k есть k -ый уровень яркости, n_k – число пикселей на изображении, имеющих яркость r_k .



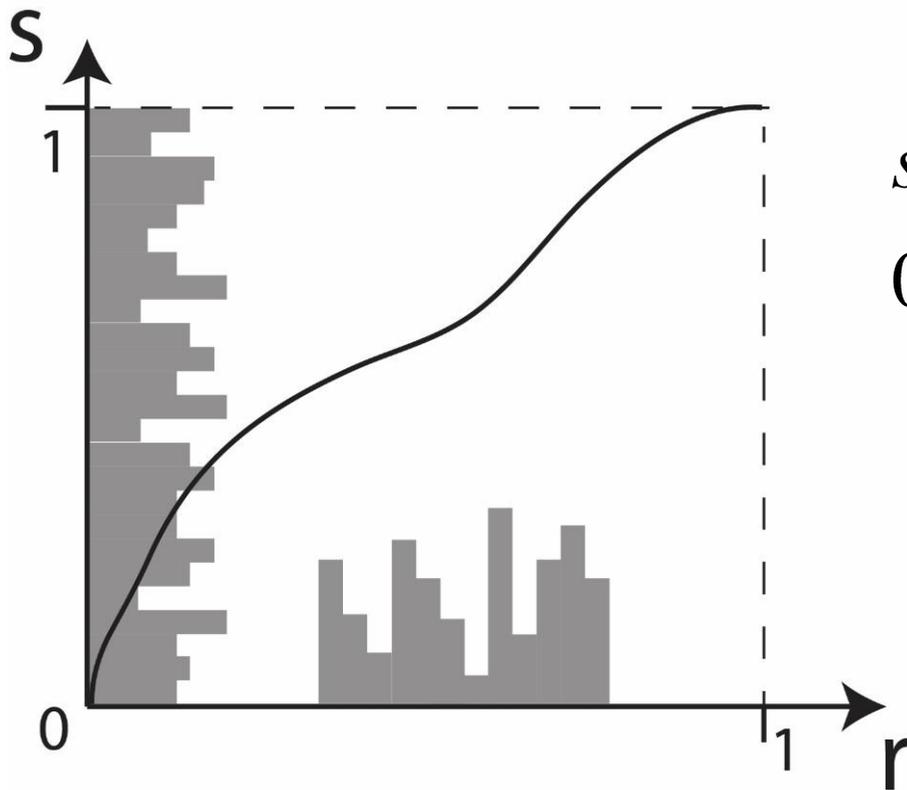
ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ



Примеры гистограмм изображений

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Эквализация гистограммы



$$s = T(r),$$

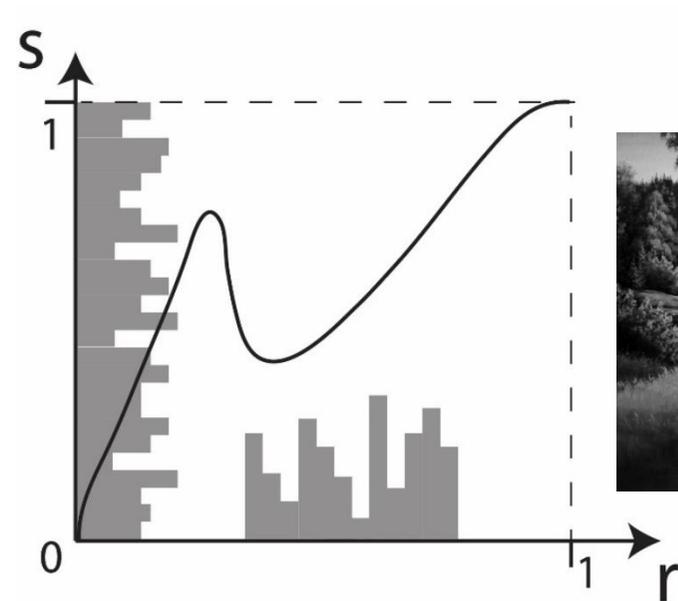
$$0 \leq r \leq 1$$

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Эквализация гистограммы

Ограничения на функцию $T(r)$:

1. $T(r)$ – однозначная и монотонно возрастающая на интервале от 0 до 1;
1. $0 \leq T(r) \leq 1$ при $0 \leq r \leq 1$.



ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Эквализация гистограммы

$$p_s(s)ds = p_r(r)dr \quad \text{– закон сохранения вероятностей}$$

$$p_s(s) = p_r(r) \frac{dr}{ds} \quad \text{– плотность распределения выходного сигнала}$$

$$p_s(s) = 1 \quad \text{– условие эквализации гистограммы}$$

$$p_r(r) \frac{dr}{ds} = 1 \quad \rightarrow \quad p_r(r) = \frac{ds}{dr} = T'(r)$$

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Эквализация гистограммы

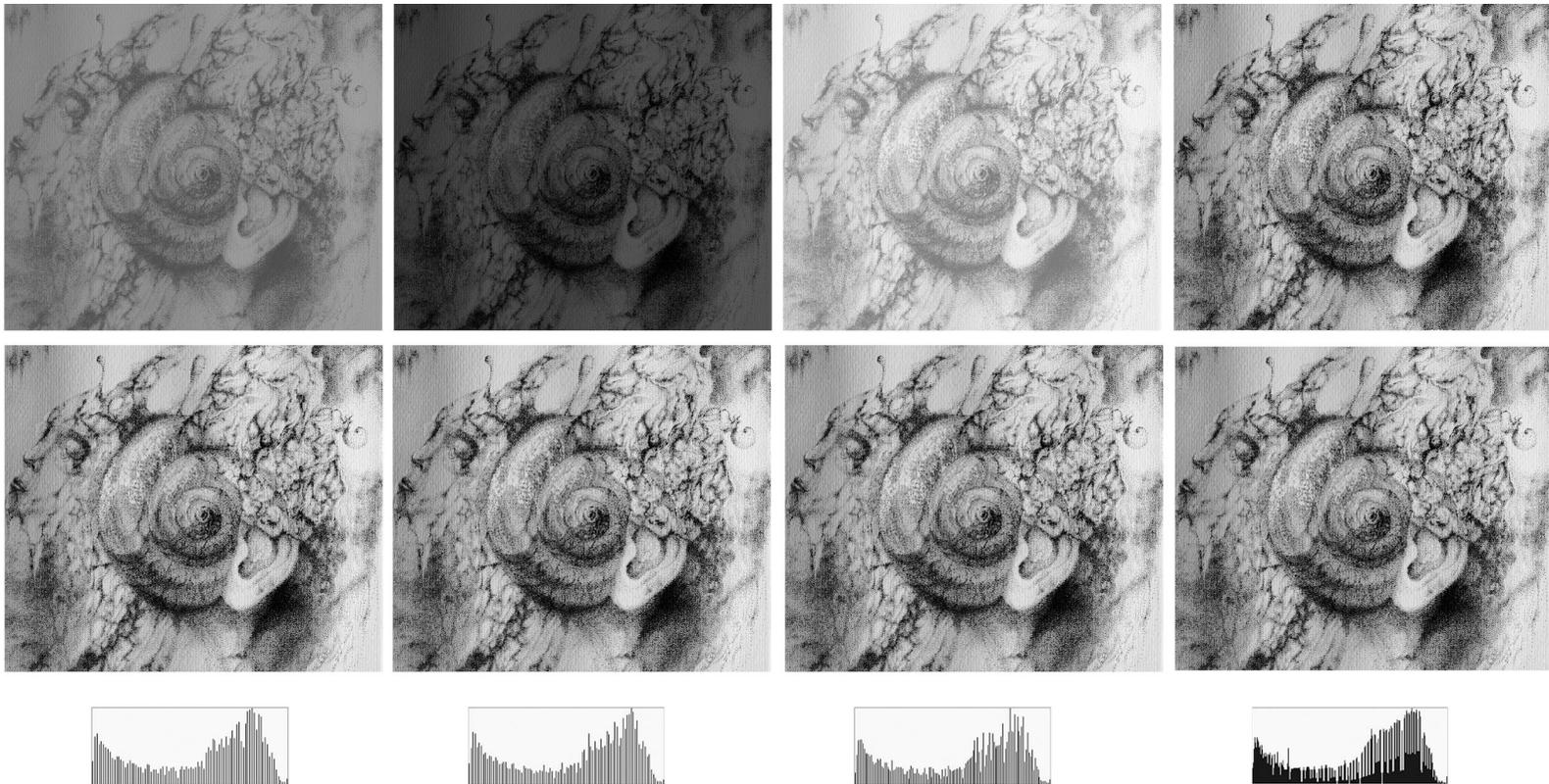
$$T(r) = \int_0^1 p_r(w)dw \quad \text{– итоговое выражение для преобразования } T(r)$$

Дискретный случай для выражения $T(r)$:

$$T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}, \quad k = 0, 1, 2 \dots L$$

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

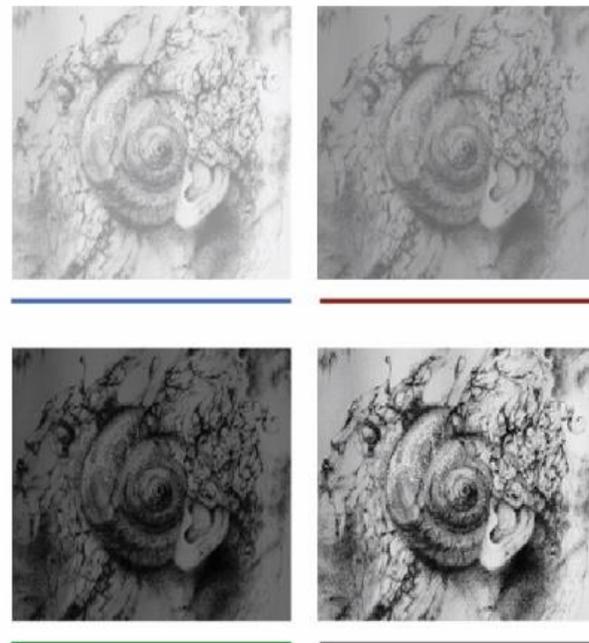
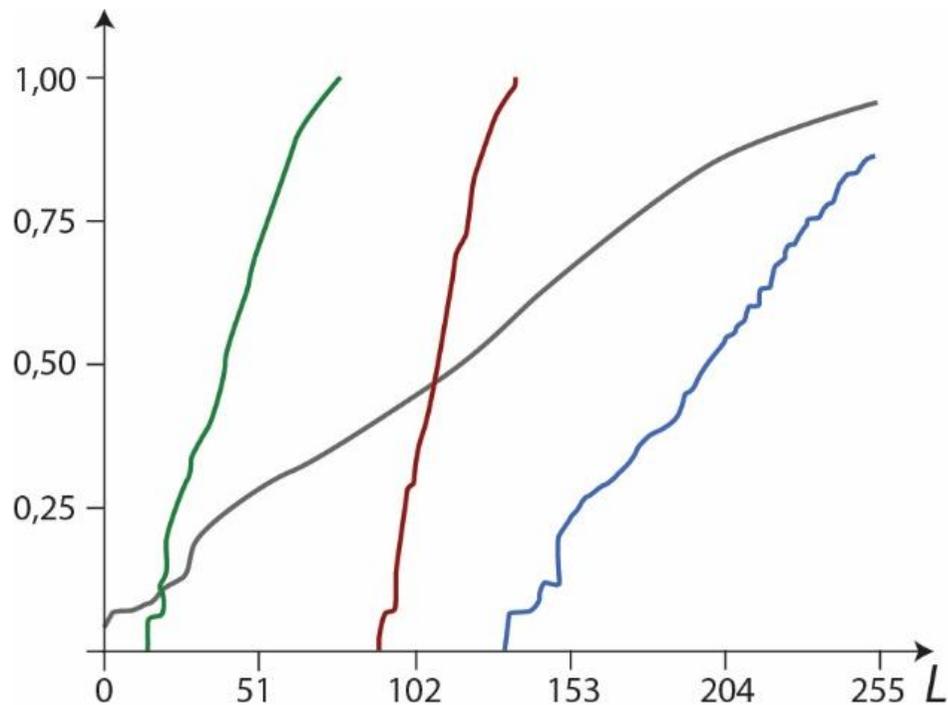
Эквализация гистограммы



Примеры эквализации гистограмм

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Эквализация гистограммы



Примеры эквализации гистограмм: функции преобразования

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Приведение гистограммы

$p_r(r)$, $p_z(z)$ — плотности распределения элементов входного и выходного изображений.

$$z = f(r) = ?$$

$p_z(z)dz = p_r(r)dr$ — закон сохранения вероятностей

$$\int_0^z p_z(z)dz = F_z = F_r = \int_0^r p_r(r)dr$$

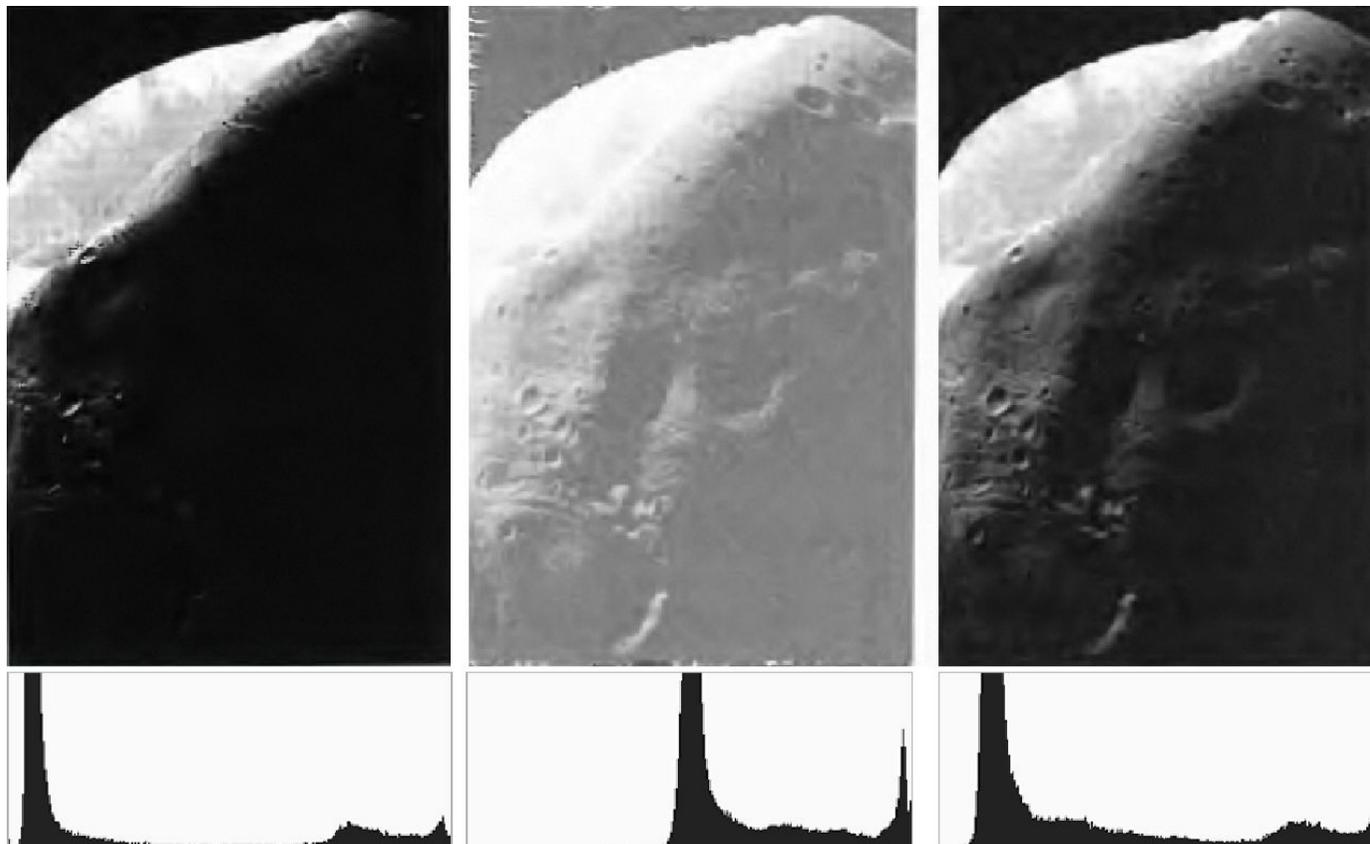
$$F_z(f(r)) = F_r(r)$$

$$f(r) = F_z^{-1}(F_r(r))$$

Дискретный случай: $F_k = \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$, $F_z = \sum_{j=0}^k p_z(z_j)$, $k = 0, 1, 2, \dots, L$

ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ

Приведение гистограммы



Пример эквализации и приведения гистограммы

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Сглаживающие пространственные фильтры

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$g(x, y) = \frac{1}{KL} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L f(x_{ij}, y_{ij})$$

$$\frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-K/2}^{K/2} \sum_{t=-L/2}^{L/2} f(x+s, y+t)w(s, t)}{\sum_{s=-K/2}^{K/2} \sum_{t=-L/2}^{L/2} w(s, t)}$$

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Сглаживающие пространственные фильтры

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ



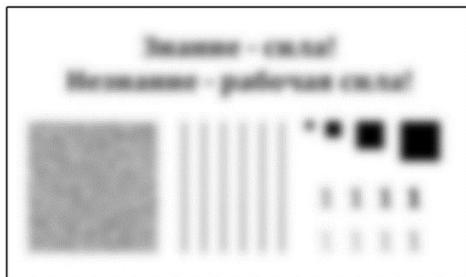
РАЗМЕР ФИЛЬТРА 3*3



РАЗМЕР ФИЛЬТРА 5*5



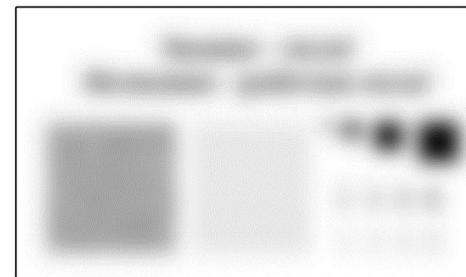
РАЗМЕР ФИЛЬТРА 9*9



РАЗМЕР ФИЛЬТРА 15*15



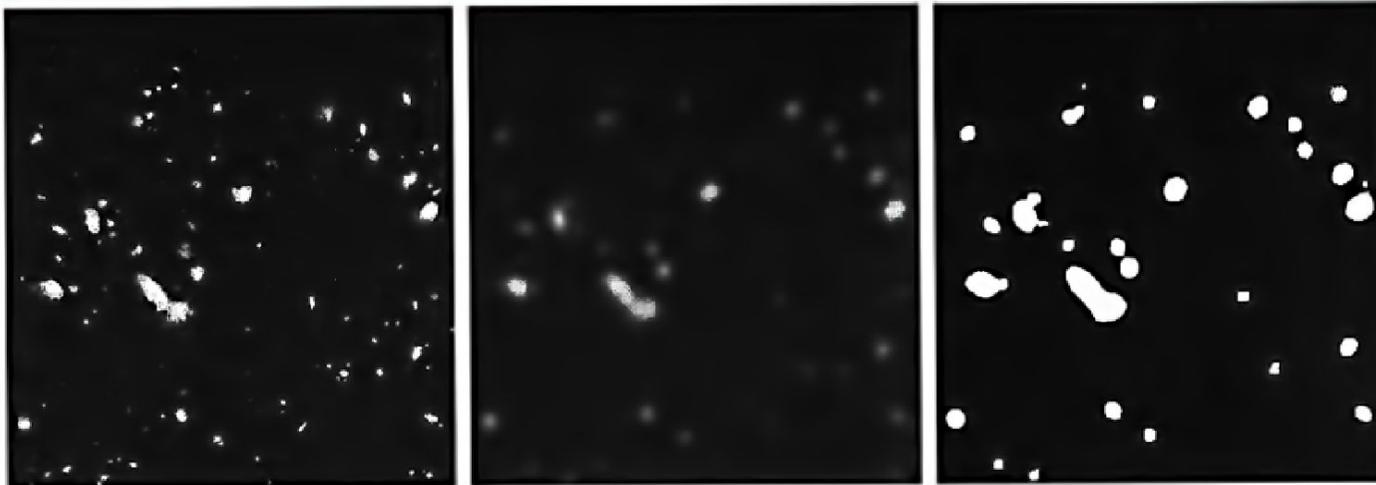
РАЗМЕР ФИЛЬТРА 21*21



Пример действия сглаживающего линейного фильтра

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

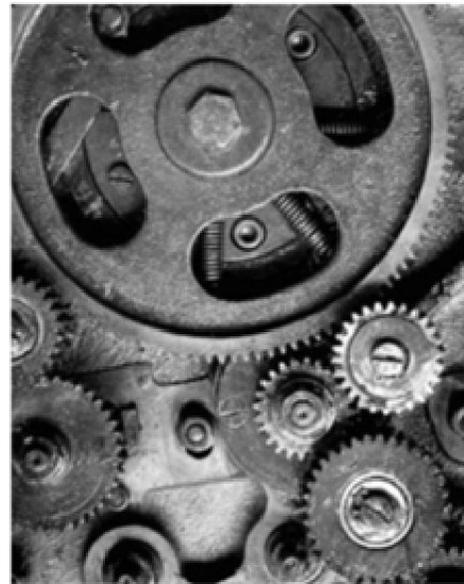
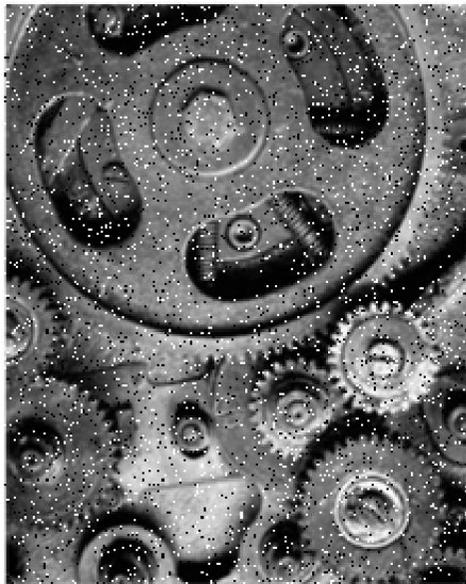
Сглаживающие пространственные фильтры



*Пример действия сглаживающего линейного фильтра
для задачи обнаружения галактик*

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

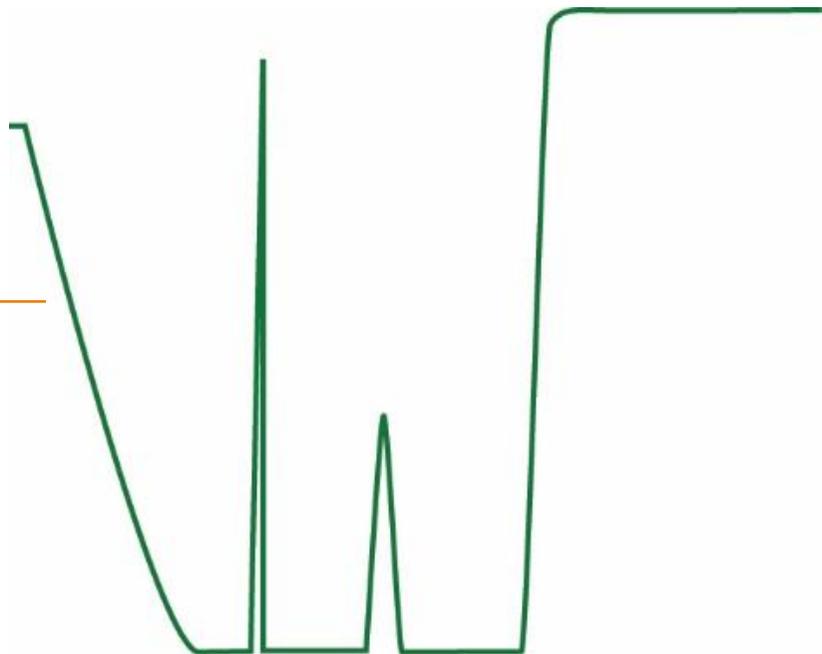
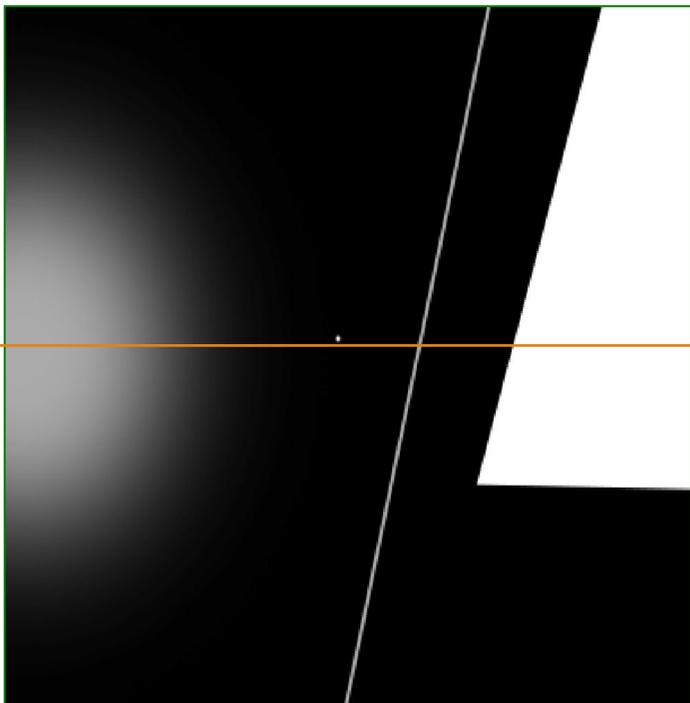
Сглаживающие пространственные фильтры



Пример действия медианного фильтра

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

Профиль
яркости



Строка
изображения

5	5	4	3	2	1	0	0	0	6	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	7	7	7	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Первая
производная

-1	-1	-1	-1	-1	0	0	6	-6	0	0	0	1	2	-2	-1	0	0	0	7	0	0	0
----	----	----	----	----	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---

Вторая
производная

0	0	0	0	1	0	6	-12	6	0	0	1	1	-4	1	1	0	0	7	-7	0
---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad \text{– лапласиан}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y) \quad \text{– дискретное представление лапласиана}$$

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

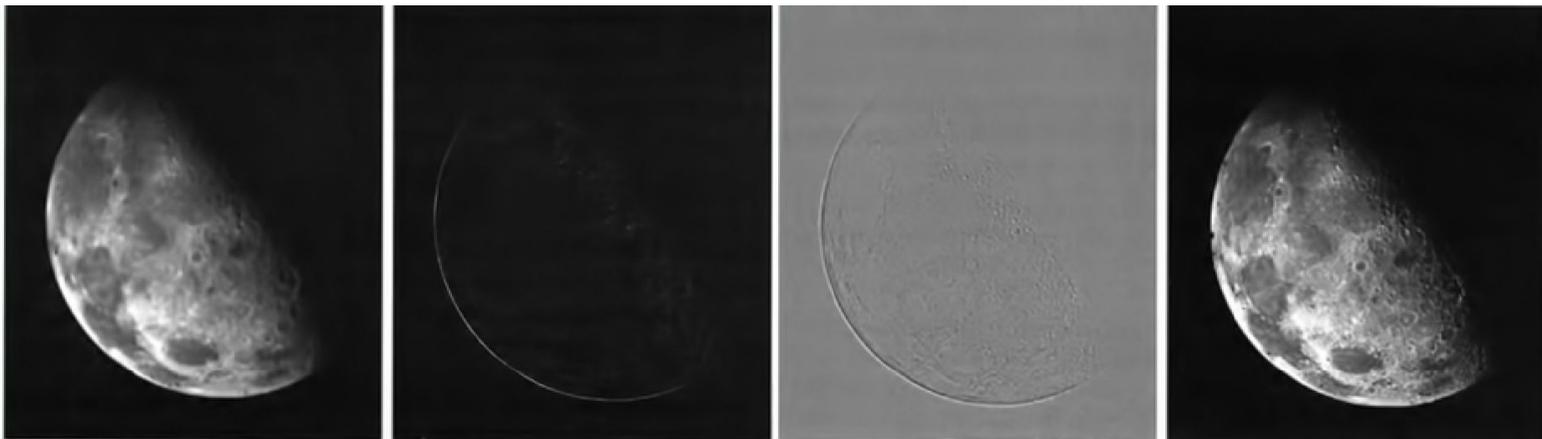
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Маски фильтров, используемые для реализации лапласиана

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



*Исходное изображение Луны; Лапласиан с диагональными членами;
Градационная коррекция для устранения отрицательных значений;
Итоговое изображение, представляющее собой сумму первого и второго.*

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{– градиент в точке } (x,y)$$

$$\nabla f \approx \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \quad \text{– модуль градиента в точке } (x,y) \\ \text{(первая производная)}$$

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

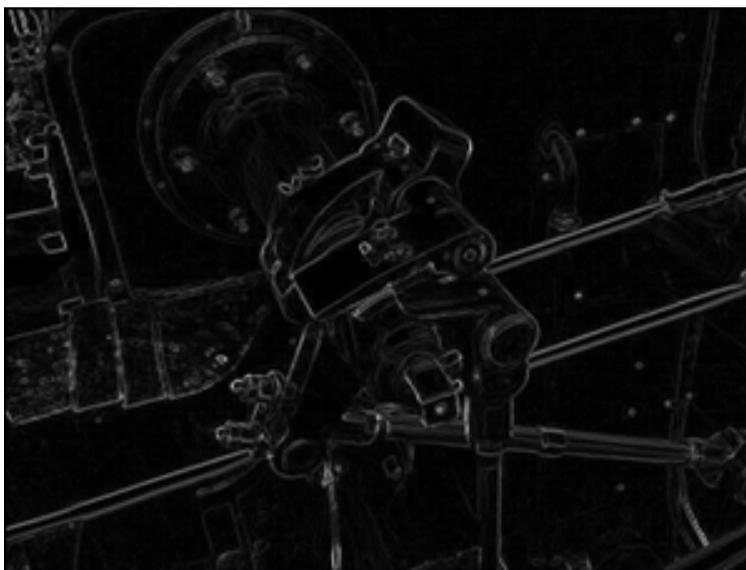
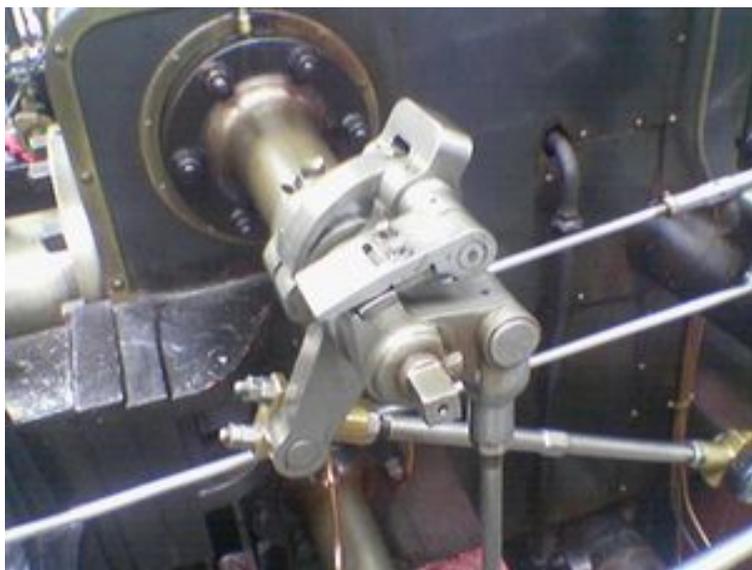
$$\nabla f \approx |f(x+1, y+1) - f(x, y)| + |f(x, y+1) - f(x+1, y)|$$

$$\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| = \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & -1 \\ \hline 1 & 0 \\ \hline \end{array} \quad \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| = \begin{array}{|c|c|} \hline -1 & 0 \\ \hline 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Перекрестный градиентный оператор Робертса

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



Пример использования оператора Робертса

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости

$$\nabla f \approx \left| \begin{array}{l} (f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)) - \\ - (f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)) \end{array} \right| +$$

$$+ \left| \begin{array}{l} (f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)) - \\ - (f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)) \end{array} \right|$$

$$\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -2 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -2 & 0 & 2 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Оператор Собеля

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



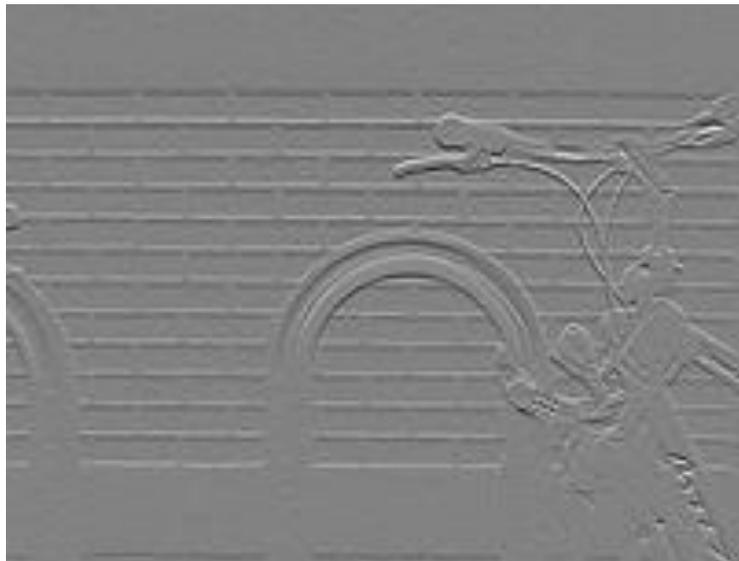
Пример использования оператора Собеля

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



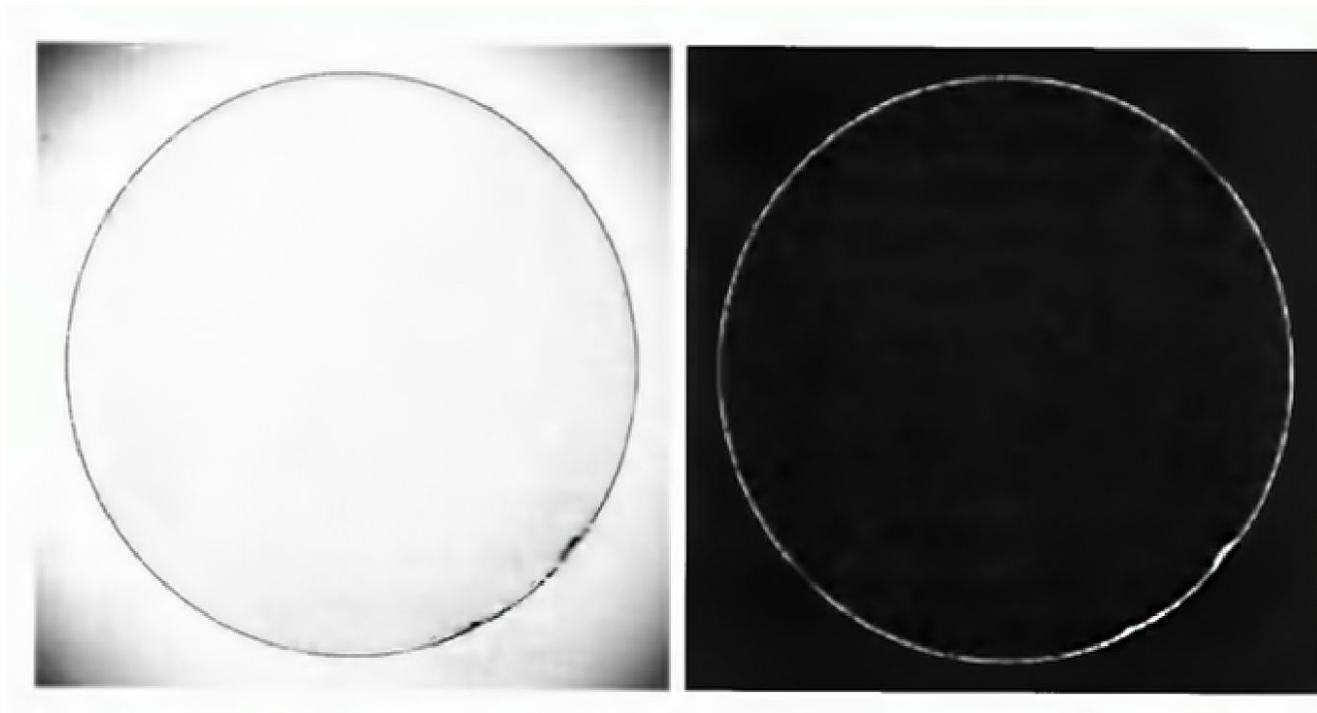
*Пример использования
горизонтальной составляющей
оператора Собеля*



*Пример использования
вертикальной составляющей
оператора Собеля*

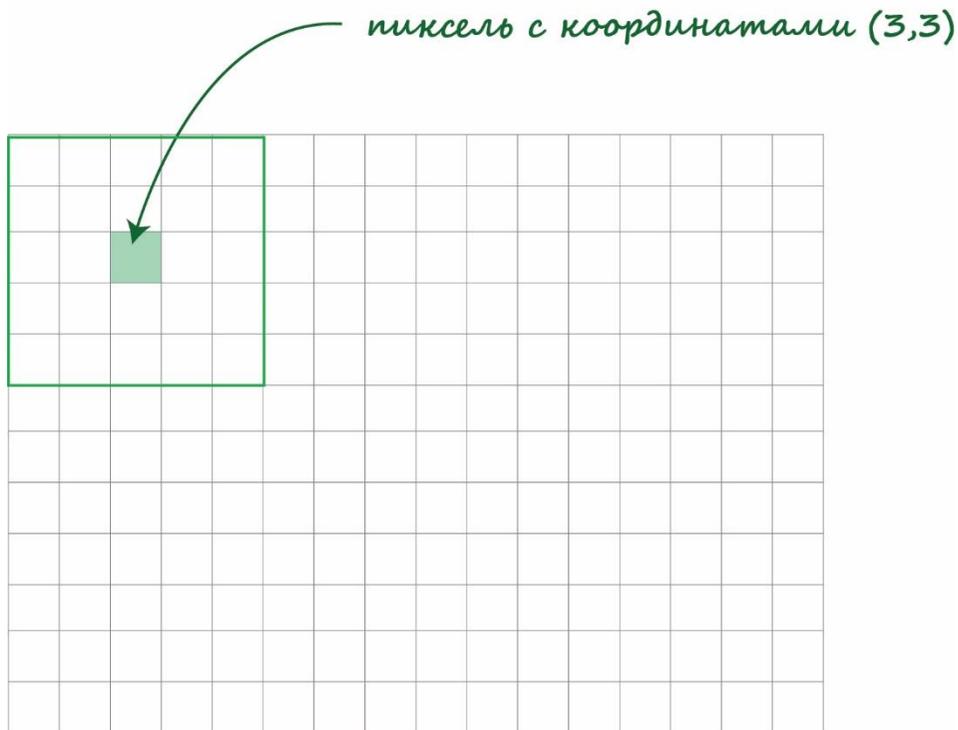
ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Фильтры повышения резкости



Пример использования оператора Собеля в задачах автоматизированного контроля качества

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ



Работа фильтра на границе изображения

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

L_1	L_2	AND	OR	NOT	XOR
0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

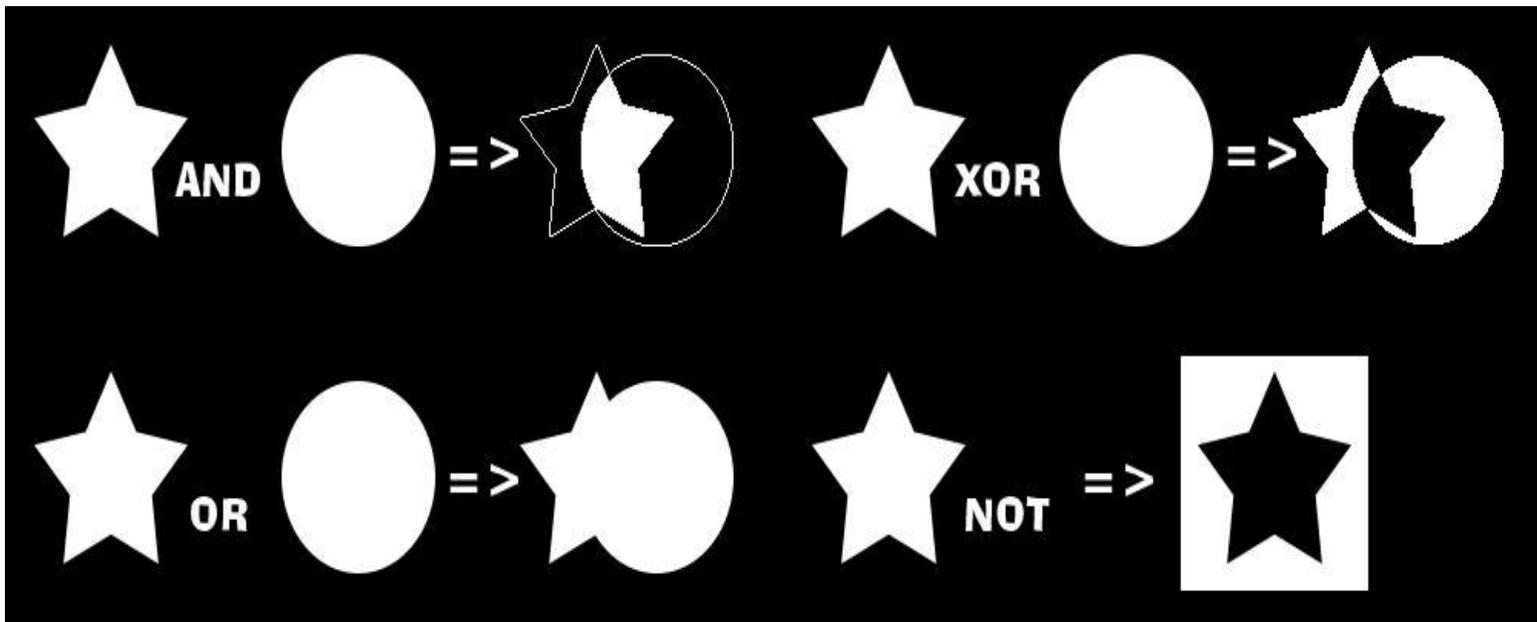
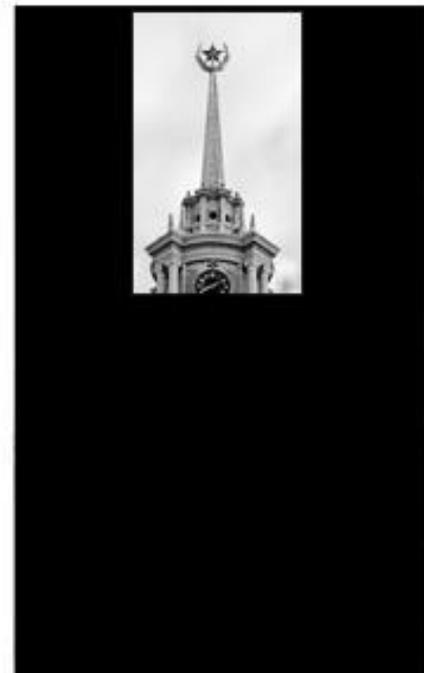
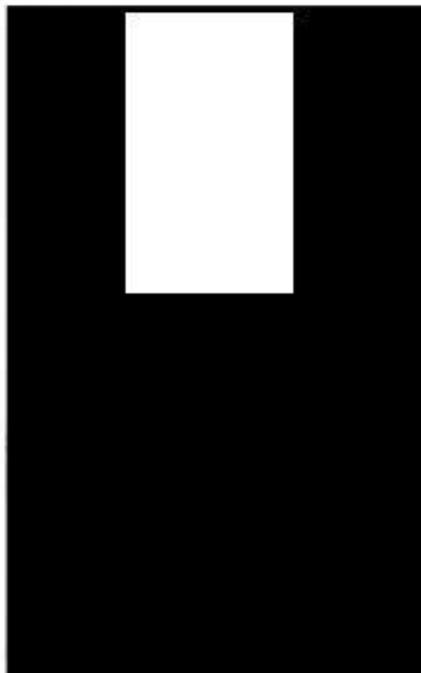


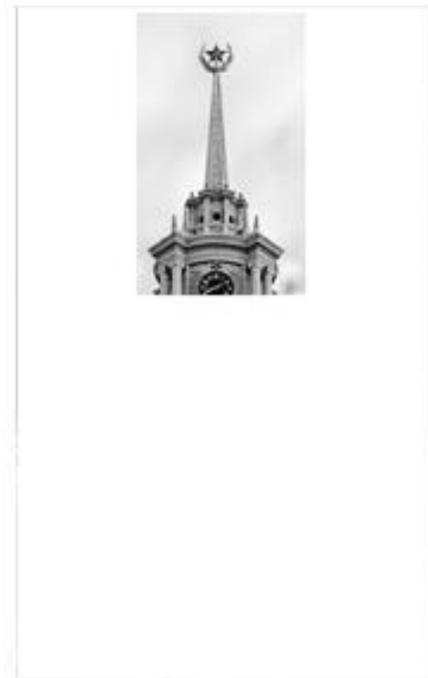
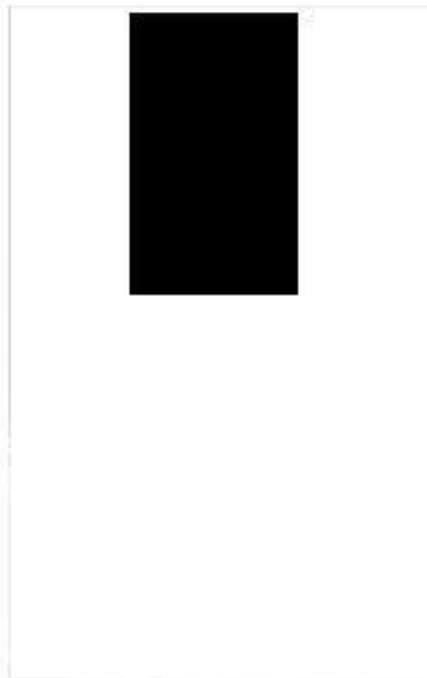
Иллюстрация логических операций над изображениями

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ



Пример использования операции AND

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ



Пример использования операции OR

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

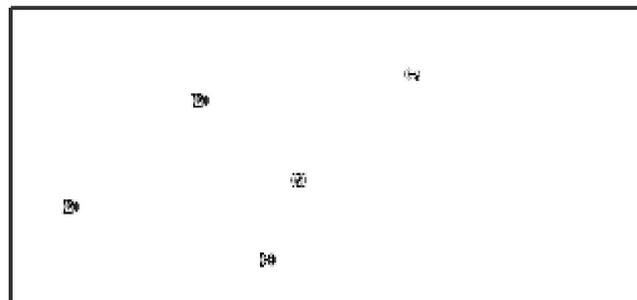


Пример использования операции NOT

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

Все логические операции (за исключением операции отрицания) выполняются над двумя изображениями, одно из которых является исходным, а второе в большинстве случаев – или специально сгенерированной маской, или обработанным исходным изображением. Несомненным плюсом логических операций является возможность их параллельного (в т.ч. аппаратного) выполнения.

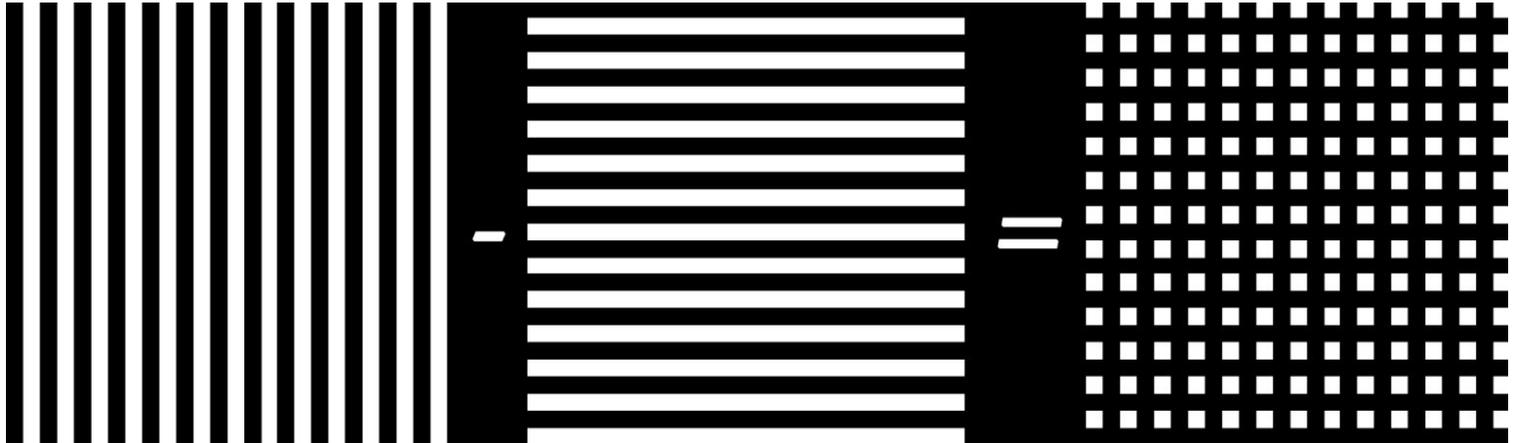
Все логические операции (за исключением операции отрицания) выполняются над двумя изображениями, одно из которых является исходным, а второе в большинстве случаев – или специально сгенерированной маской, или обработанным исходным изображением. Несомненным плюсом логических операций является возможность их параллельного (в т.ч. аппаратного) выполнения.



Пример использования операции XOR

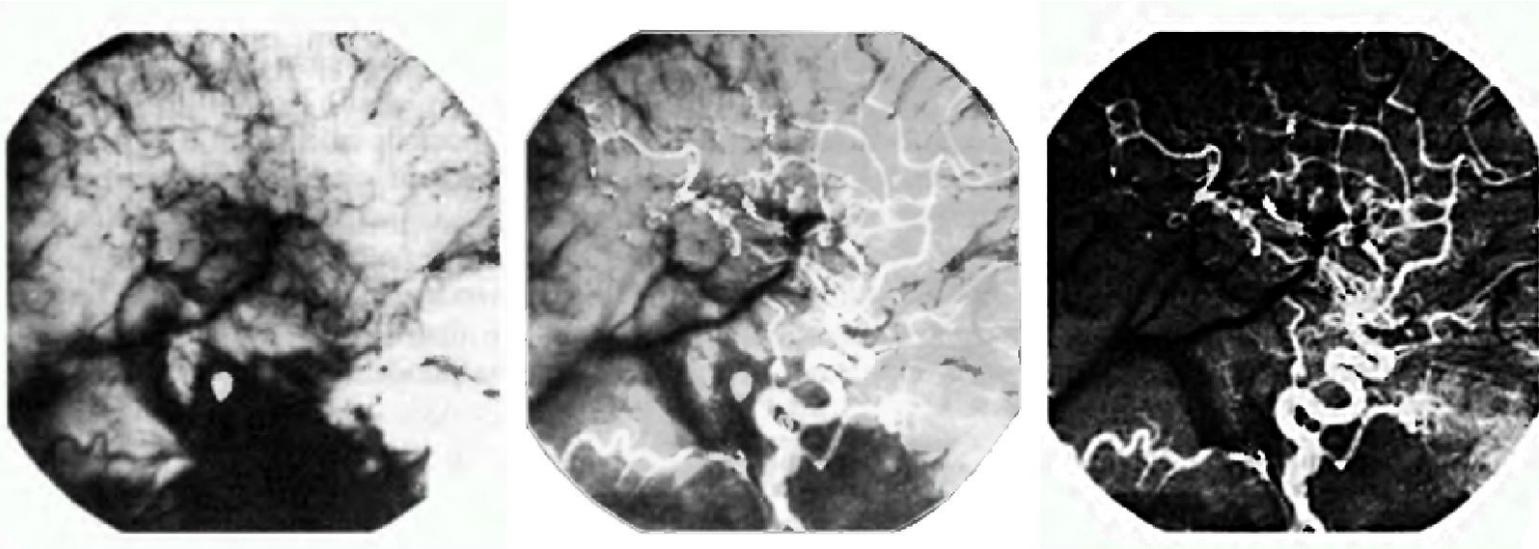
АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$ – вычитание изображений



Пример использования операции вычитания

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ



*Пример использования операции вычитания
в задачах обработки медицинских изображений*

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

$\eta(x, y)$ – модель случайного шума

$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$ – модель зашумленного изображения

$\bar{g}(x, y) = f(x, y) + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_i(x, y)$ – подавление шума за счет усреднения изображений

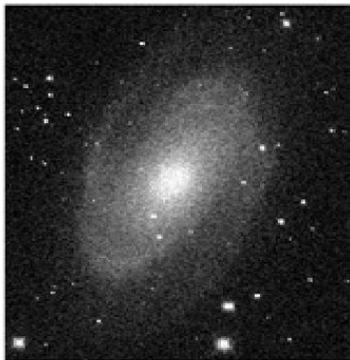
$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i(x, y)$ – итоговое изображение

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

Итоговый снимок



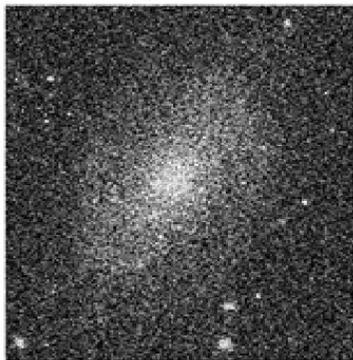
$K=128$



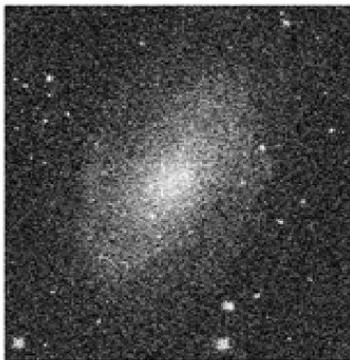
$K=64$



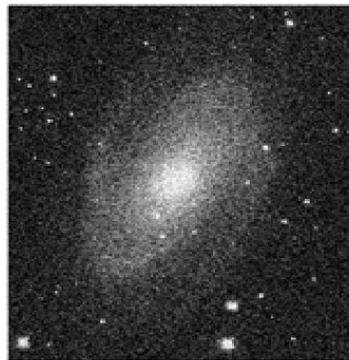
**Исходное
изображение**



$K=8$



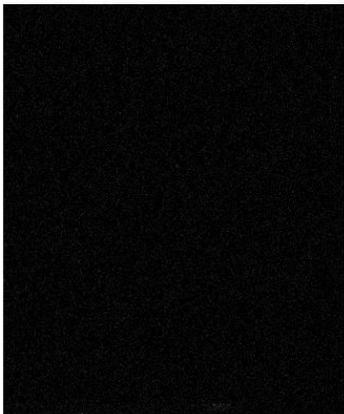
$K=32$



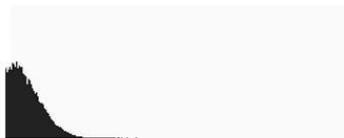
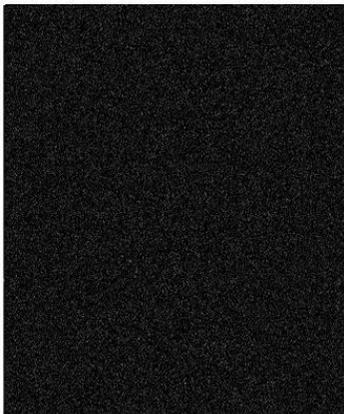
Пример использования операции сложения в астрономии

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

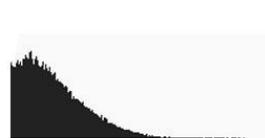
K=128



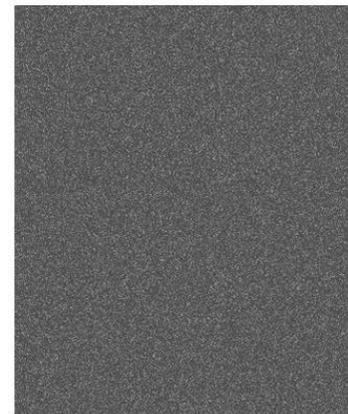
K=64



K=32

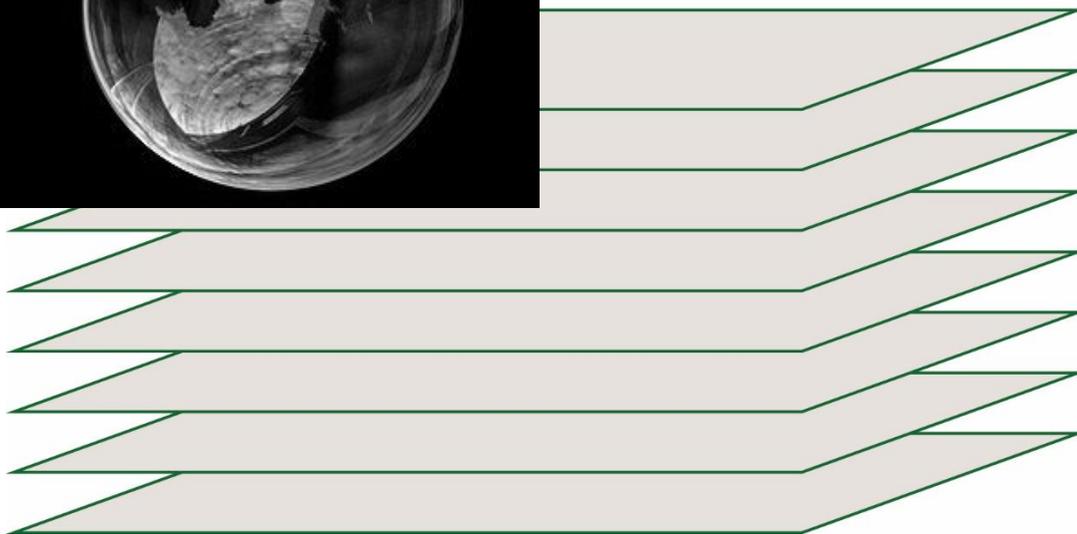
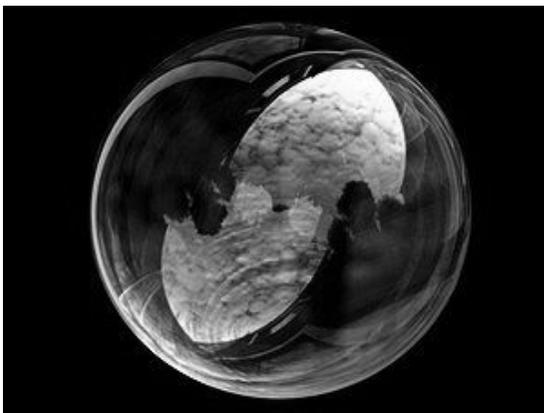


K=8



Гистограммы фрагментов полученных изображений

ВЫРЕЗАНИЕ БИТОВЫХ ПЛОСКОСТЕЙ

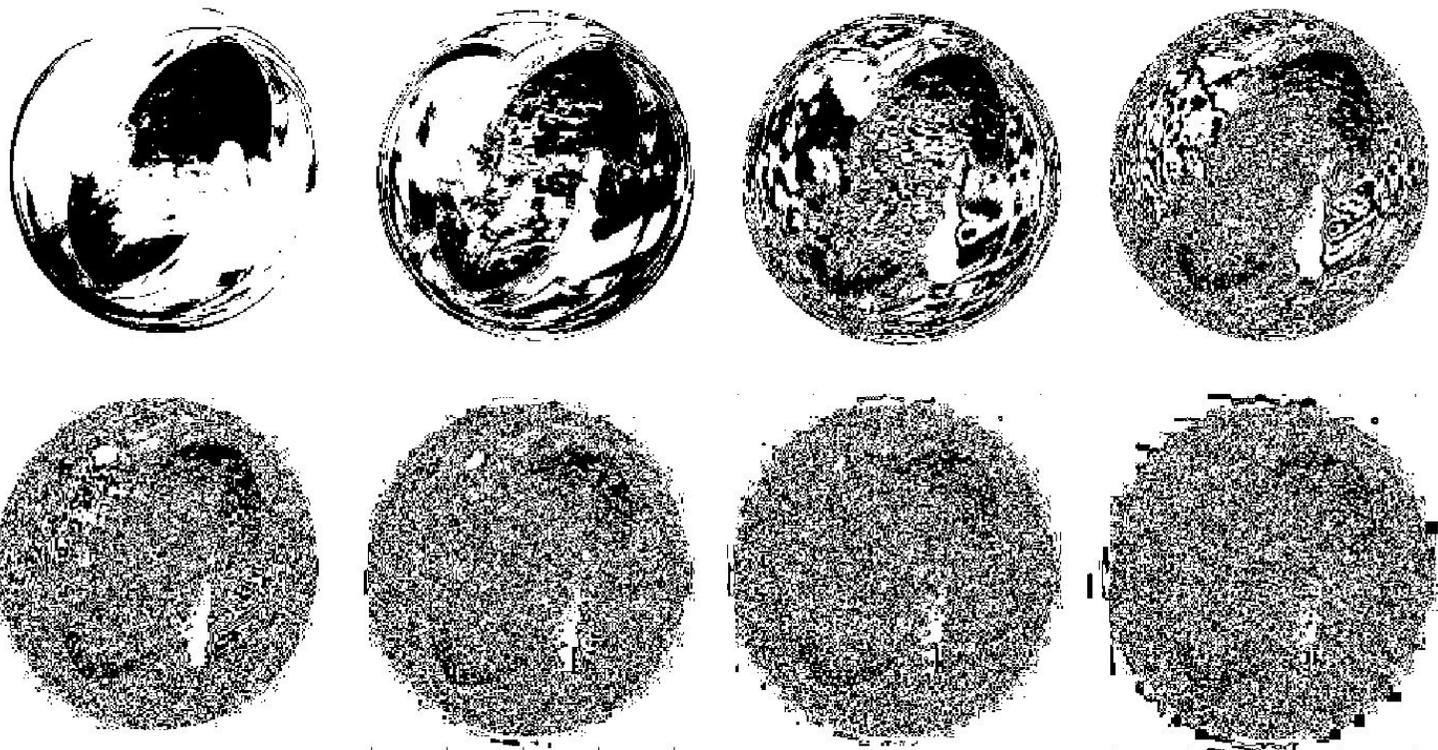


*7 битовая плоскость
(наиболее значимая)*

*0 битовая плоскость
(наименее значимая)*

*Представление 8-битового изображения
в виде набора битовых плоскостей*

ВЫРЕЗАНИЕ БИТОВЫХ ПЛОСКОСТЕЙ



*Представление 8-битового изображения
в виде набора битовых плоскостей*