

Цифровой анализ изображений

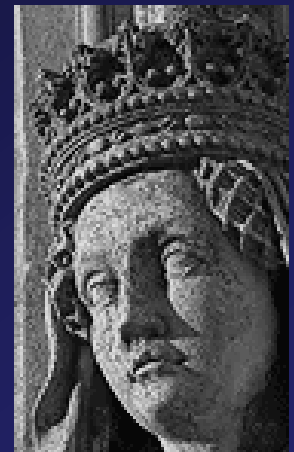
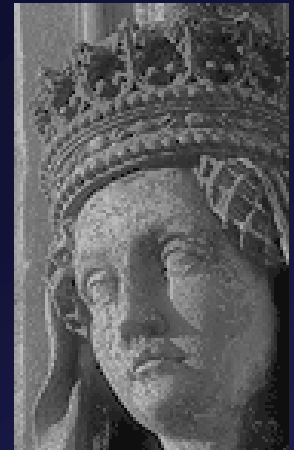
Лекция 7

Улучшение изображений

2

Контрастирование

- **Плохой контраст**— слабое освещение, узкий динамический диапазон яркости камеры.
- **Повышение контраста** подчеркивает особенности изображения. Эти особенности небольшие и имеют слабые вариации интенсивности
- **Увеличение общего контраста** изображения, делает светлые цвета светлее, а темные цвета темнее
- Чем больше контраст между частями изображения, тем больше повышение яркости.



Контрастирование

Под яркостной коррекцией обычно понимается изменение контраста изображений.

Контраст — сопоставление крайних значений. Под контрастированием понимают такое преобразование, при котором значительно улучшается восприятие границ объектов на изображении.

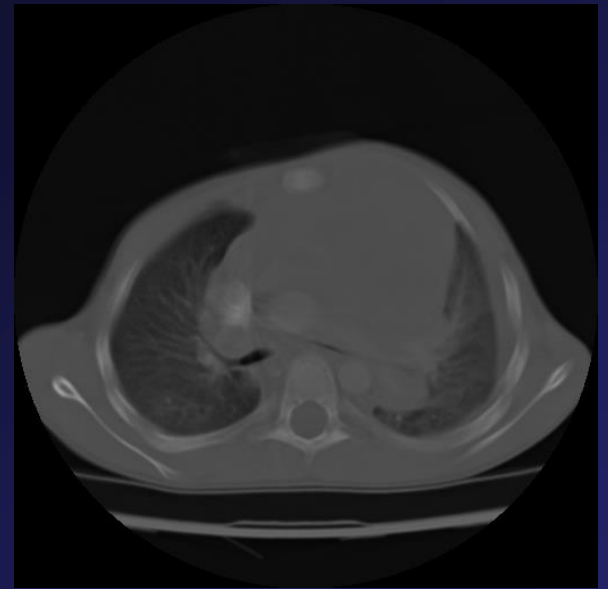
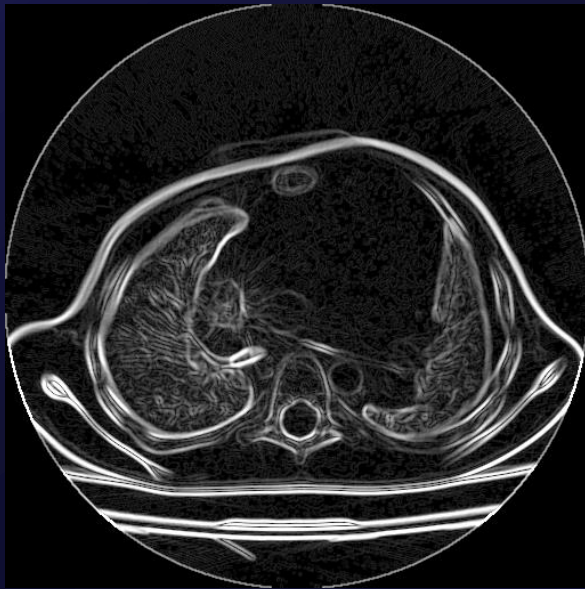
В настоящее время все методы контрастирования делятся на

- *методы преобразования гистограммы яркости,*
- *конволюционные,*
- *методом минимакса.*

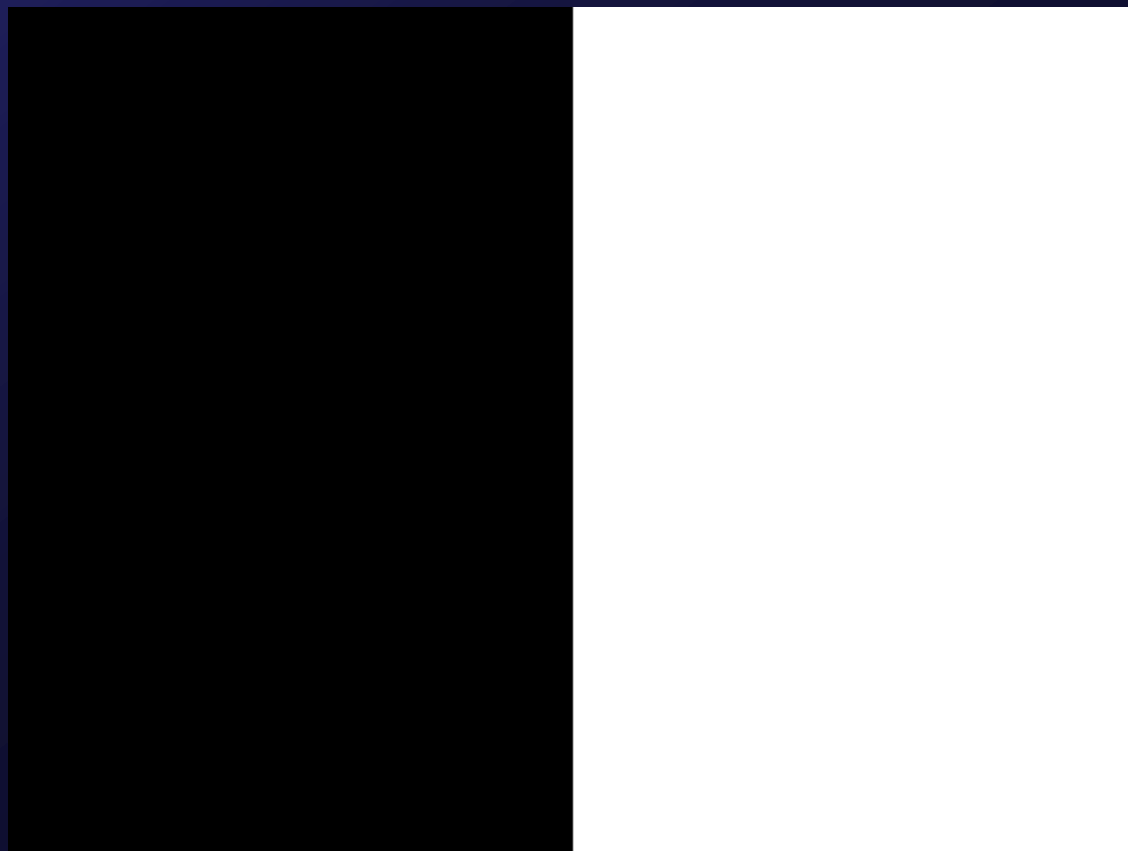
Наиболее простым и распространенным является методы на основе преобразования яркости

контур объекта

Край(edge) – резкое изменение яркости на изображении, часто соответствует границам объектов на изображении.



«край»

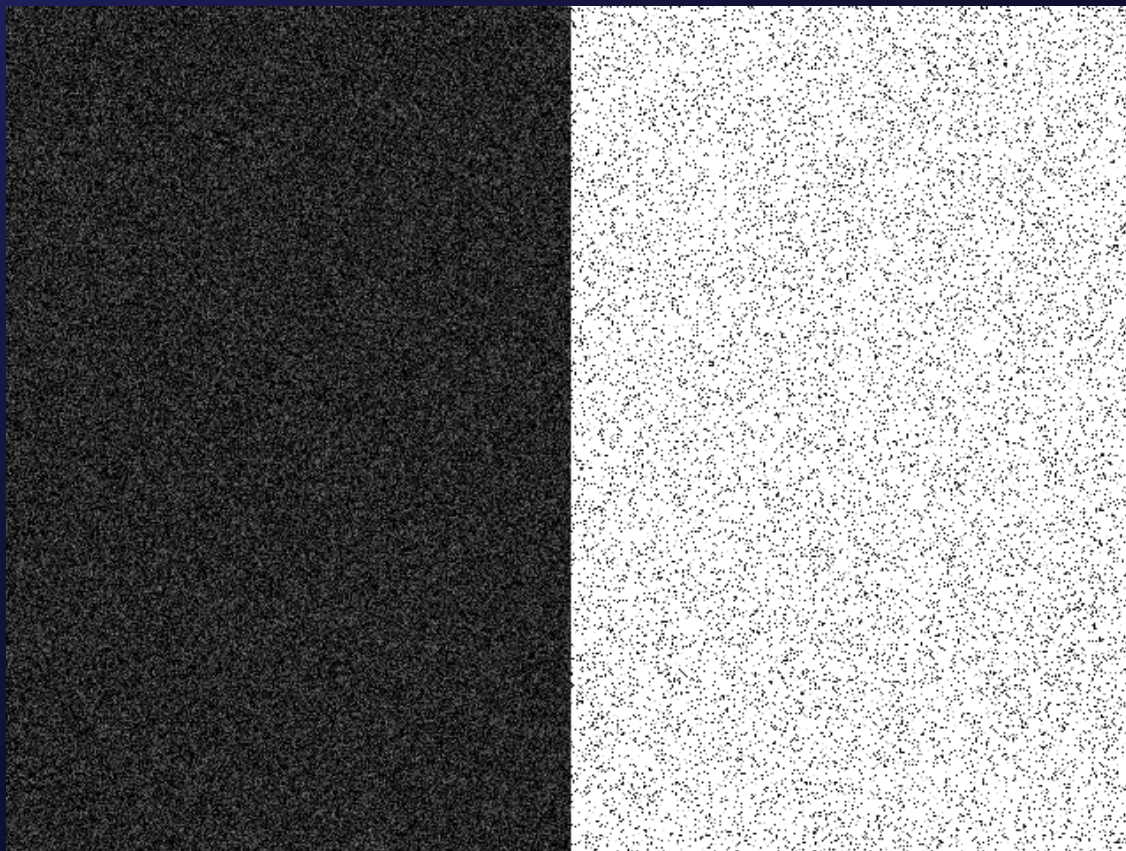


Легко выделяемый перепад

Нерезкий «край»

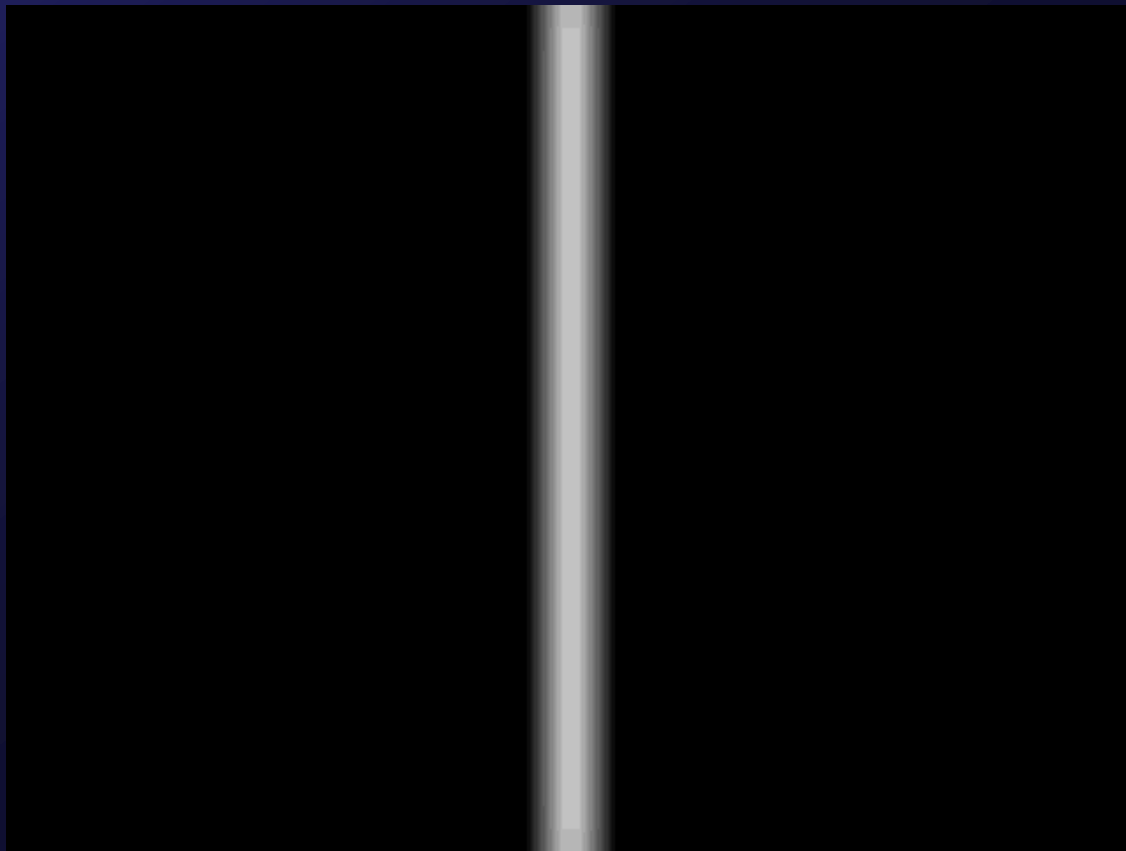


«край» среди шума



Шум: как шум влияет на актуальное положение края

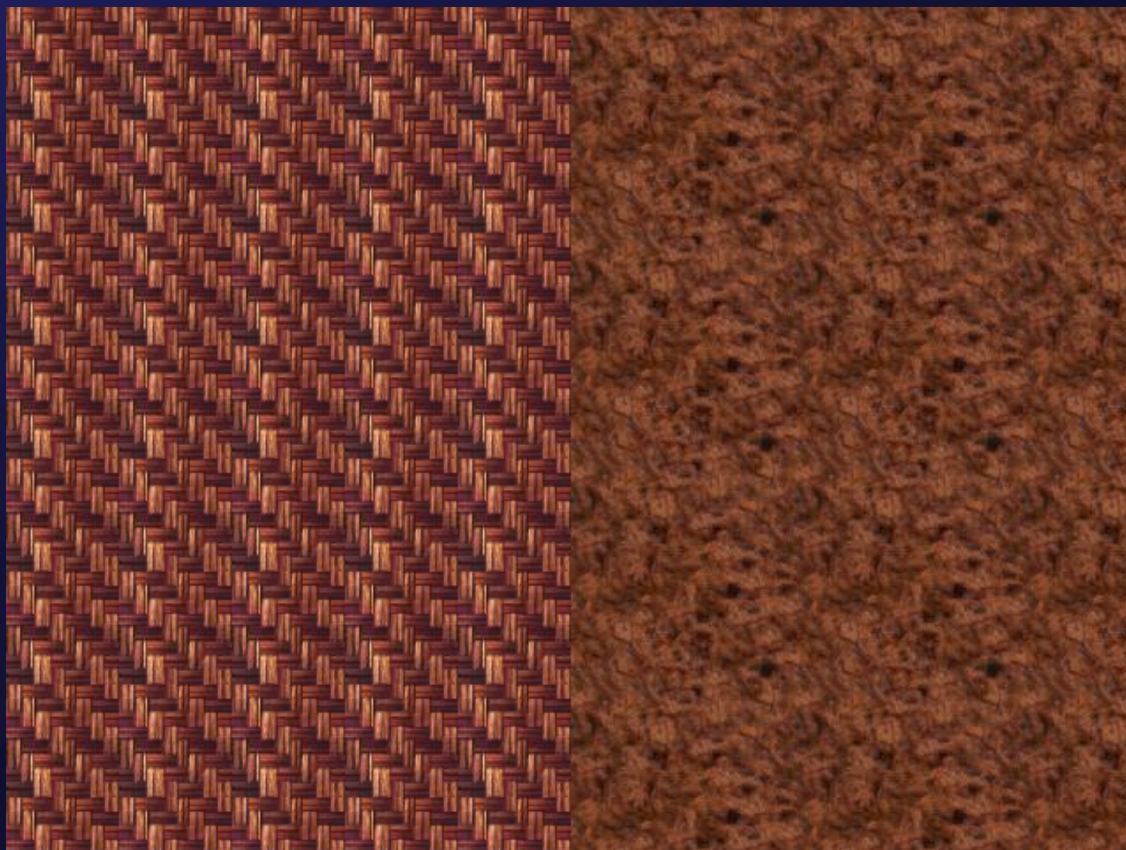
«край» разделения



Здесь край зависит от интерпретации изображения

Слайд 8

«край» среди текстур



Край между текстурами

Подчеркивание краев

Нас интересуют области
резкого изменения яркости –
нахождение таких областей
можно организовать на основе
анализа первой и второй
производной изображения.

График
функции

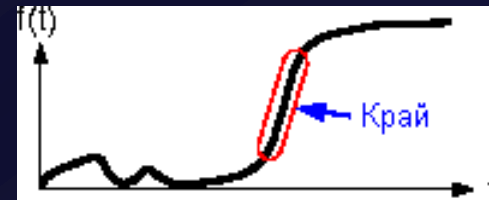


График
производной

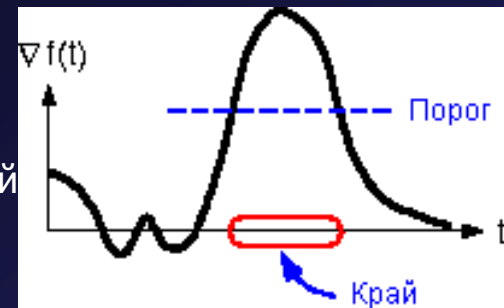
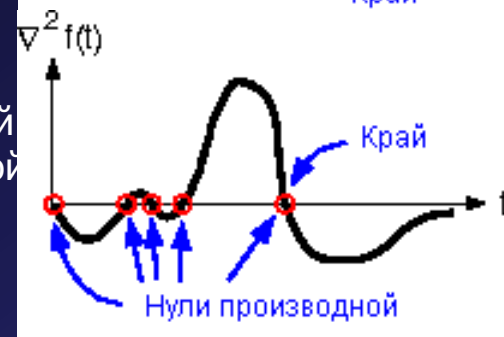


График 2ой
производной



Некоторые методы улучшения

- Изменение гистограммы
 - » функция Растяжения – глобальна по всему изображению
 - » Выравнивание гистограммы всего изображения
 - » Насыщение яркости
 - » адаптивное выравнивание гистограммы - локальный метод

Что такое гистограмма?

Гистограммы - представления распределения частот выбранных переменных.

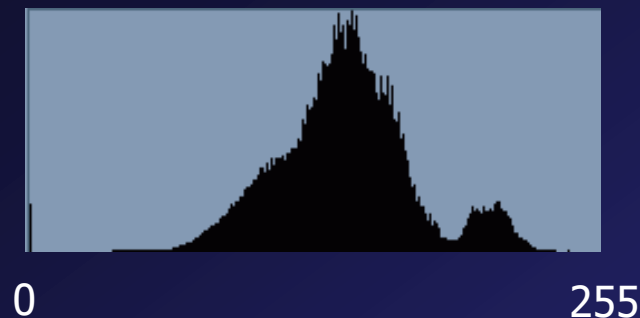
Каждому интервалу значений переменной соответствует некий счетчик (столбец гистограммы).

Значение счетчика (высота столбца) соответствует частоте попадания значения переменной в данный интервал.

Гистограмма – это график распределения тонов на изображении. На горизонтальной оси отображается шкала яркостей тонов от белого до черного, а на вертикальной оси указано число пикселей заданной яркости на изображении.

Что такое гистограмма?

Гистограмма – это график распределения тонов на изображении. На горизонтальной оси - шкала яркостей тонов от белого до черного, на вертикальной оси - число пикселей заданной яркости.



Изменение контраста изображения

Что может не устраивать в полученном изображении:

- Узкий или смещенный диапазон яркостей пикселей (тусклое или «пересвеченное» изображение)
- Концентрация яркостей вокруг определенных значений, неравномерное заполнение диапазона яркостей (узкий диапазон - тусклое изображение)

Коррекция - к изображению применяется преобразование яркостей, компенсирующий нежелательный эффект:

y – яркость пиксела на исходном изображении,
 x – яркость пиксела после коррекции.

$$f^{-1}(y) = x$$

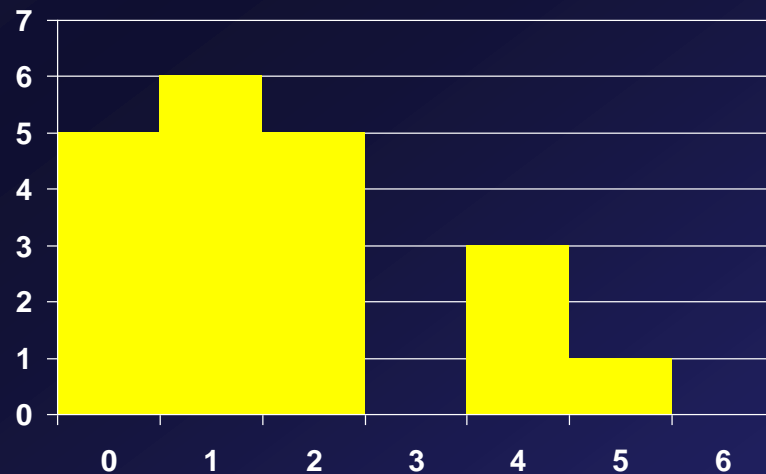
Гистограмма

Гистограмма показывает, сколько на изображении присутствует значений определенного уровня интенсивности. Появляется в изображении.

Например, 0 - черный, 255 - белый

0	1	1	2	4
2	1	0	0	2
5	2	0	0	4
1	1	2	4	1

изображение



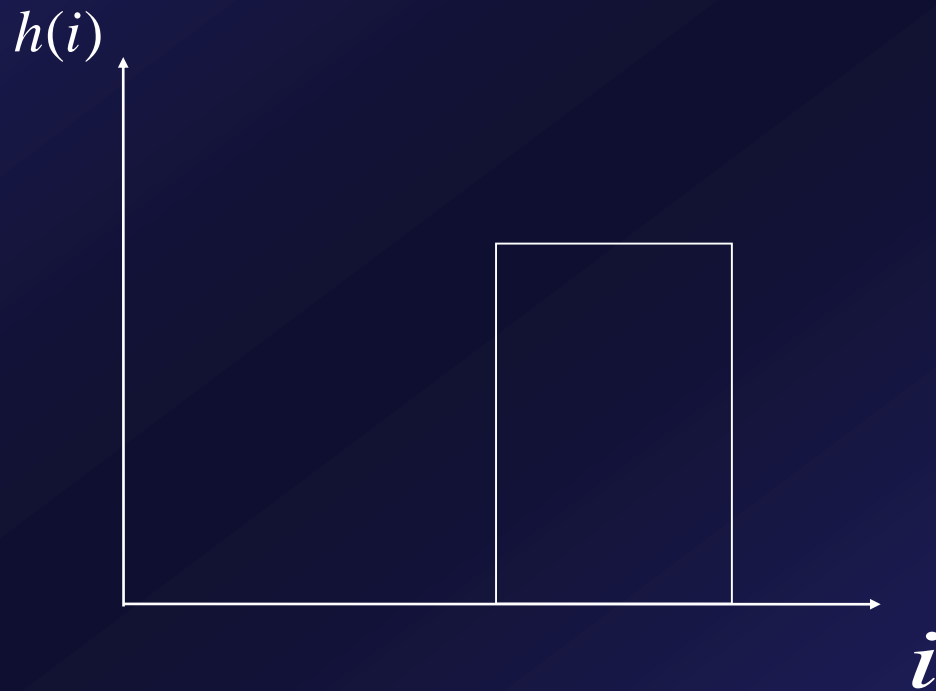
гистограммы

Коррекция гистограммы

В образе низкой контрастностью,
изображение имеет оттенков серого
Концентрированные в узкой полосе
Определить гистограмму уровня серого
изображения $h(i)$, где:

- » $h(i)$ = количество пикселей с уровнем = i
- » Для малой контрастности изображения, гистограмма будет сосредоточена в узкой полосе
- » Полный динамический диапазон яркости не используется

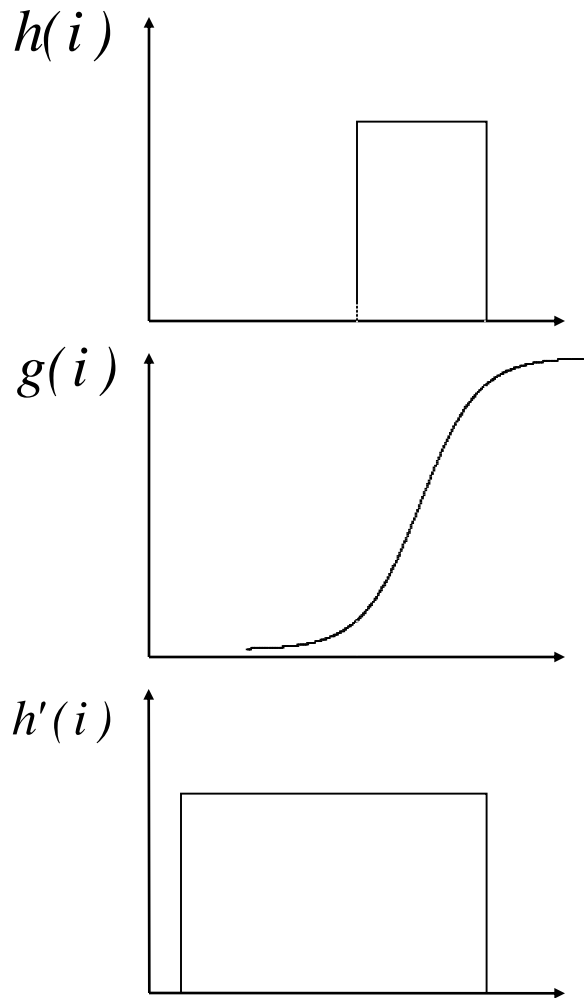
Коррекция гистограммы



Коррекция гистограммы

- Можно использовать сигмовидной кишки поиск, который отображает вклад в уровнях серого выходных
 - » Сигмовидной функция $g(i)$ контролирует отображение от входа до выхода пикселя
 - » Может быть легко реализована на аппаратном уровне для максимальной эффективности

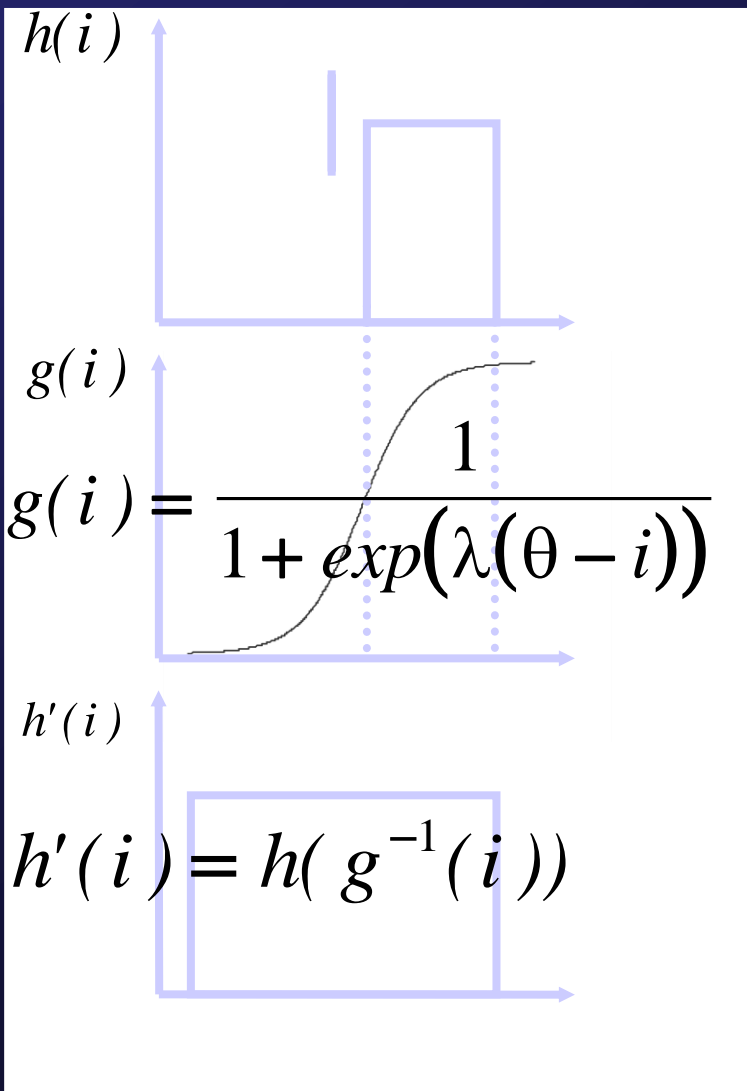
Коррекция гистограммы



$$h'(i) = h(g^{-1}(i))$$

$$g(i) = \frac{1}{1 + \exp(\lambda(\theta - i))}$$

Коррекция гистограммы



- θ контролирует положение максимального наклона
- λ контролирует наклон
- Проблема - необходимость определения оптимальных параметров сигмы для каждого изображения
 - » Лучший метод будет определить лучший отображающую функцию от данных изображения

Коррекция гистограммы

- алгоритм растяжения гистограммы определен в терминах преобразования $g(i)$, такого что для любого столбика - бина гистограммы h (i):

$$h'(i) = \sum_{j:i=g(j)} h(j) = \text{constant}$$

Выравнивание гистограммы

- Ограничения ($N \times N \times 8$ бит в изображении)
- Нет пересечения уровней после преобразования

$$\sum_i h'(i) = N^2$$

$$i_1 < i_2 \Rightarrow g(i_1) < g(i_2)$$

Выравнивание гистограммы

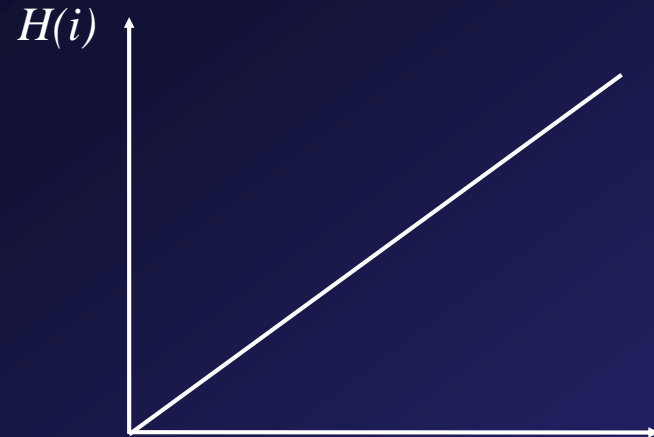
- An adaptive histogram equalisation algorithm can be defined in terms of the 'cumulative histogram' $H(i)$:

$H(i)$ = number of pixels with grey levels $\leq i$

$$H(i) = \sum_{j=0}^i h(j)$$

Коррекция гистограммы

- Поскольку $h(i)$ плоское, $H(i)$ должно расти:



Коррекция гистограммы

- Пусть реальная гистограмма и совокупная гистограмма обозначены как $h(I)$ и $H(I)$
- Пусть ожидаемая гистограмма и ожидаемая кумулятивная гистограмма обозначены $h'(i)$ и $H'(i)$
- Тогда преобразование $g(i)$ определяется

$$H'(g(i)) \approx \frac{N^2 g(i)}{255}$$
$$(H'(255) = N^2, H'(0) = 0)$$

Коррекция гистограммы

- Для $g(i)$ выполняется преобразование упорядочивания

$$i_1 < i_2 \Rightarrow g(i_1) < g(i_2)$$

$$H'(g(i)) = H(i) = \frac{N^2 g(i)}{255}$$

$$g(i) = \frac{255 H(i)}{N^2}$$

Коррекция гистограммы

- например, 32 x 32 битное изображение с уравниями яркости разбитыми на 3 бита

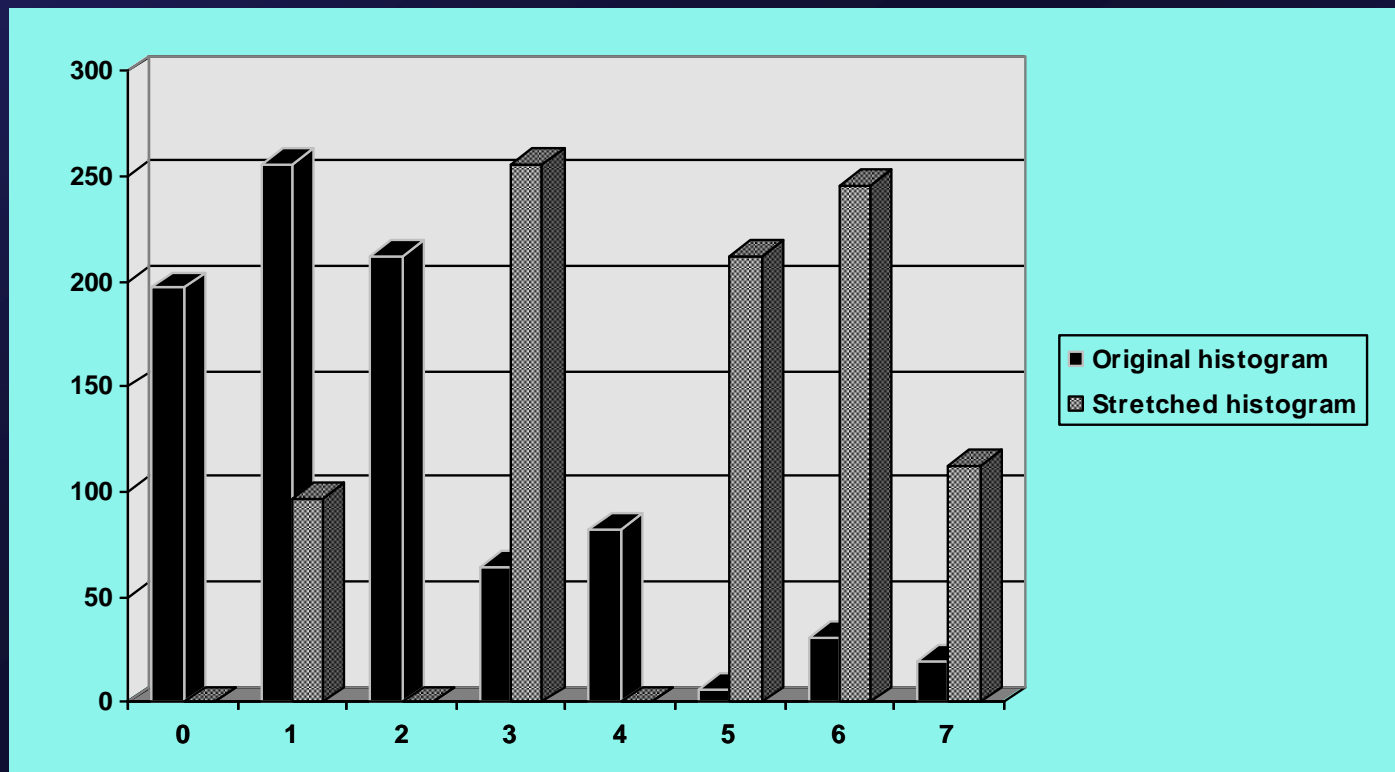
$$g(i) = \frac{7H(i)}{1024}$$

$$h'(i) = \sum_{j:i=g(j)} h(j)$$

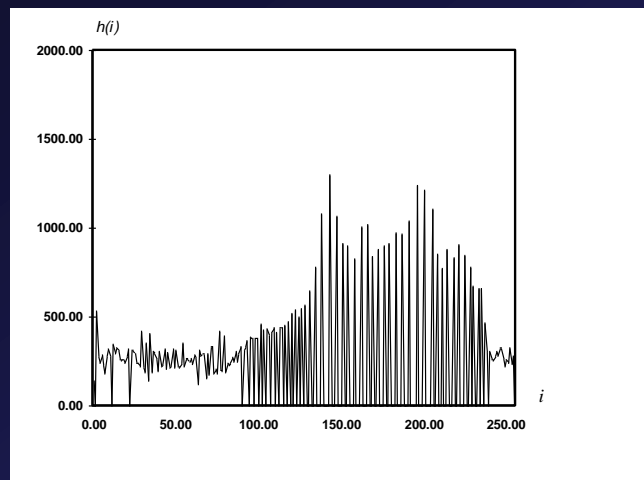
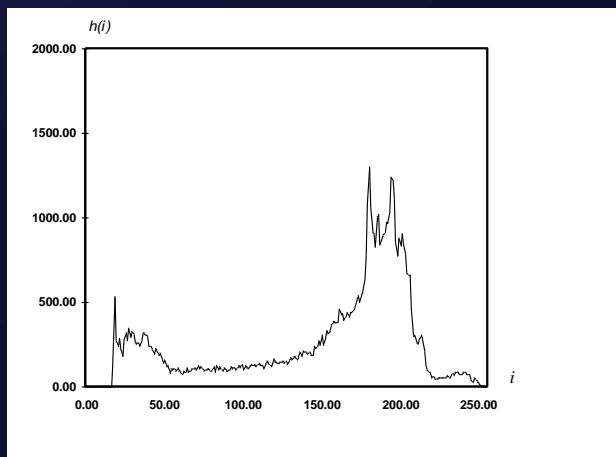
Коррекция гистограммы

i	$h(i)$	$H(i)$	$g(i)$	$h'(i)$
i	$h(i)$	$H(i)$	$g(i)$	$h'(i)$
0	197	197	1.35→1	-
1	256	453	3.10→3	197
2	212	665	4.55→5	-
3	164	829	5.67→6	256
4	82	911	6.23→6	-
5	62	993	6.65→7	212
6	31	1004	6.86→7	246
7	20	1024	7.0→7	113

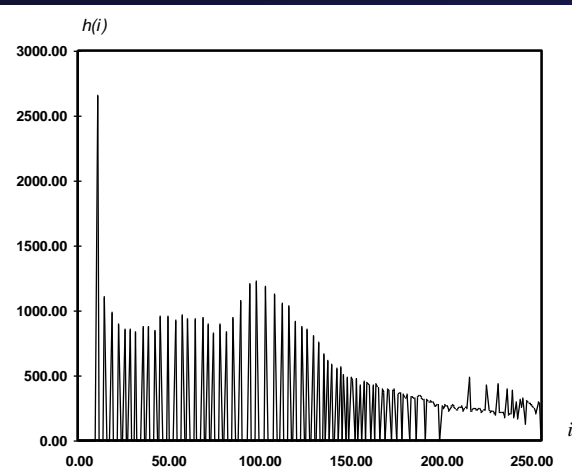
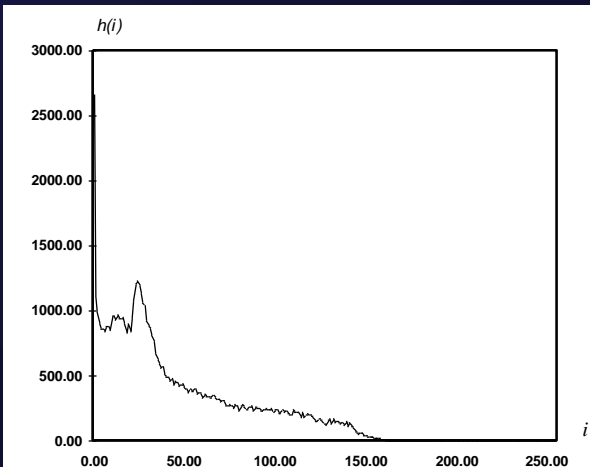
Коррекция гистограммы



Коррекция гистограммы

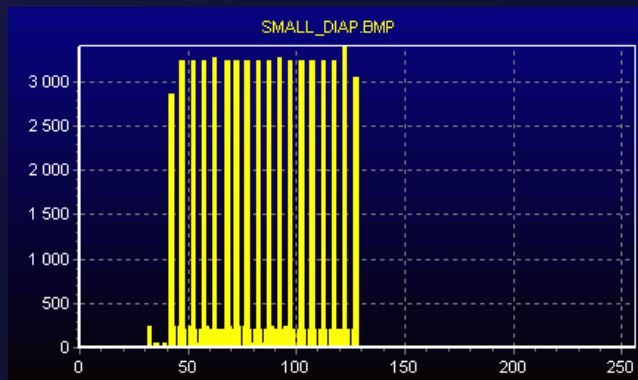


Коррекция гистограммы



Линейная коррекция

Компенсация узкого диапазона яркостей – линейное растяжение:



$$L^*(i, j) = R \left(\frac{L(i, j) - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} \right)$$

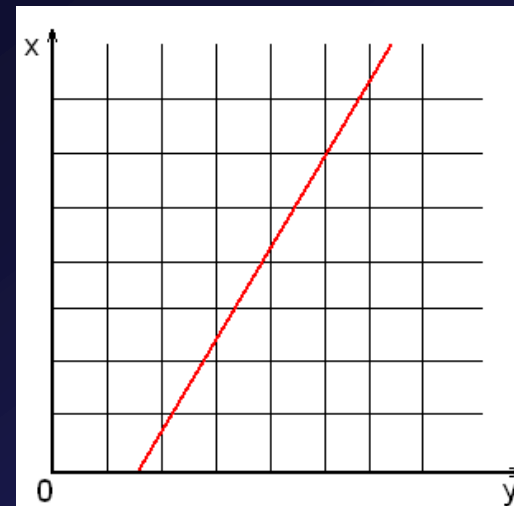
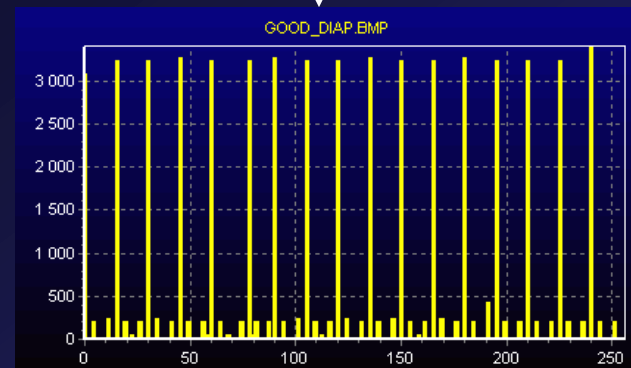
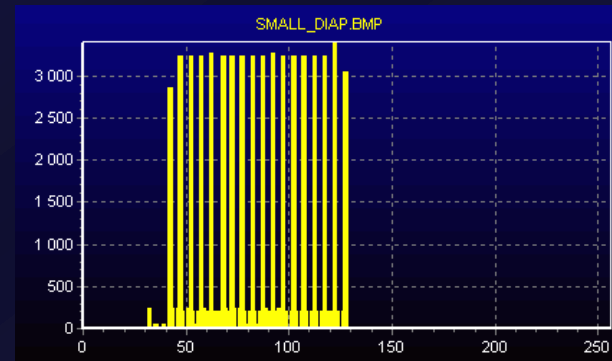


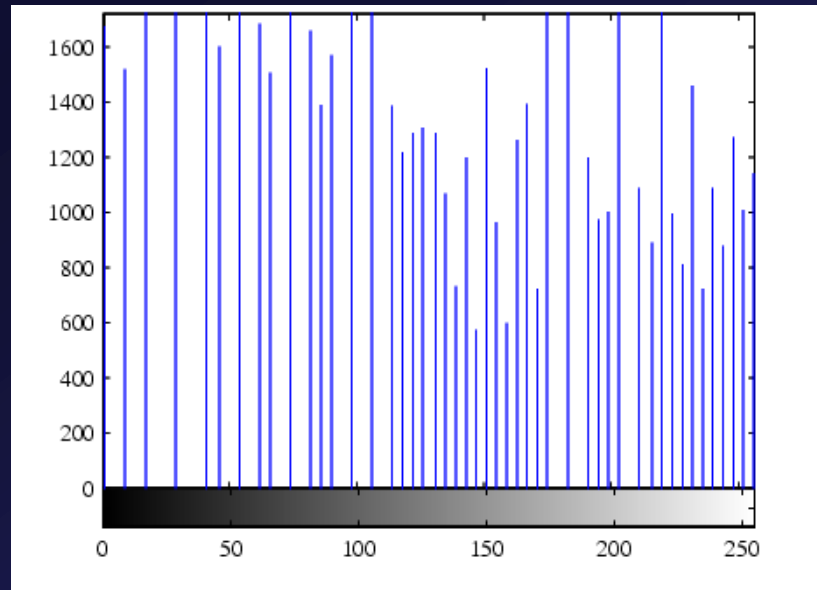
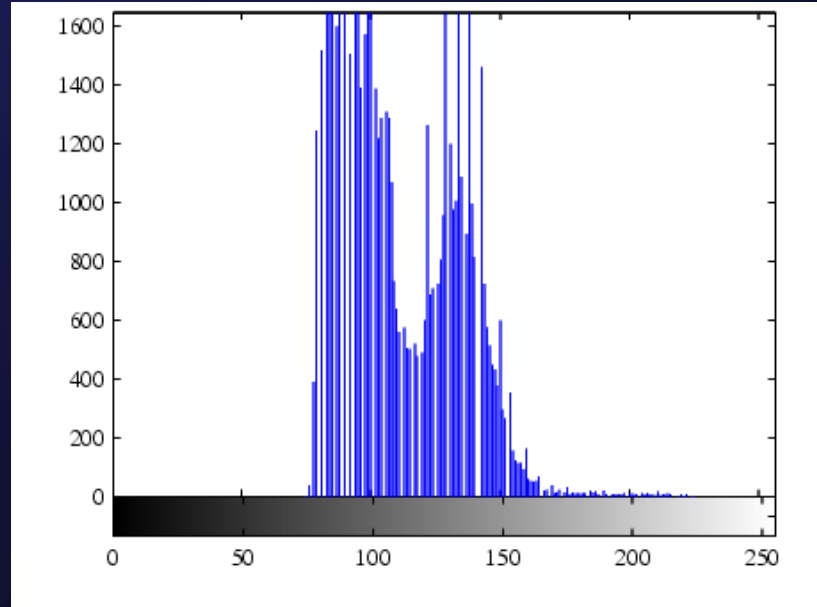
График функции $f^{-1}(y)$

Линейная коррекция

Компенсация узкого диапазона яркостей – линейное растяжение:

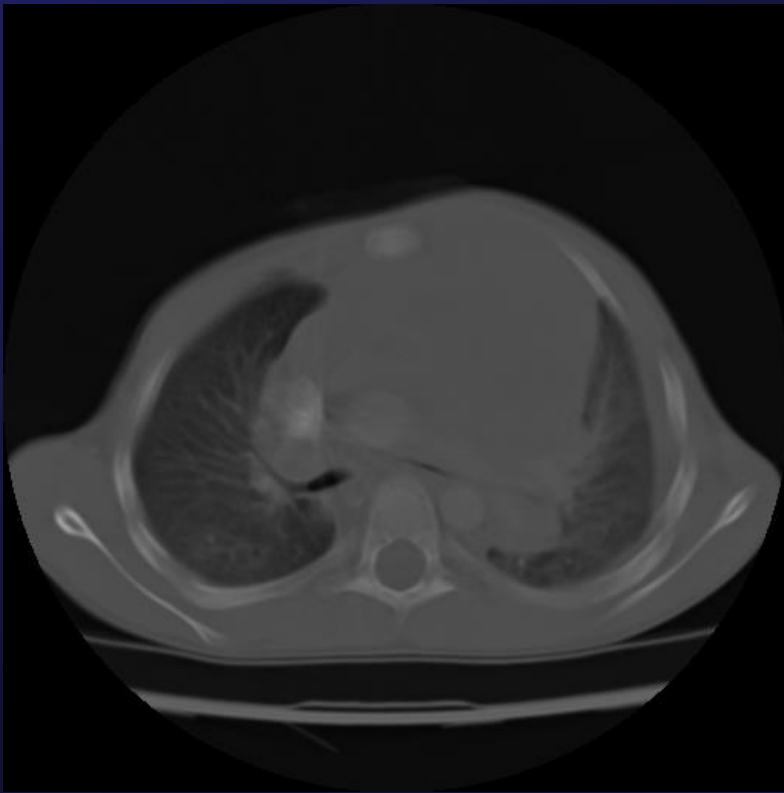


Histogram equalization II

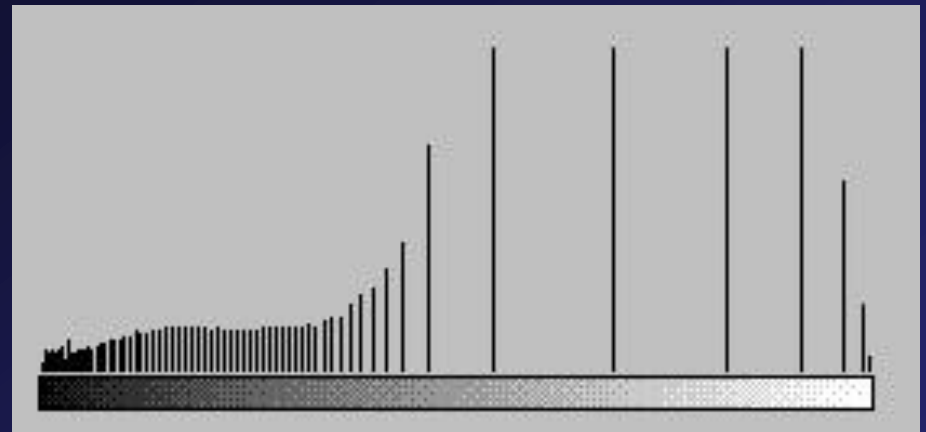
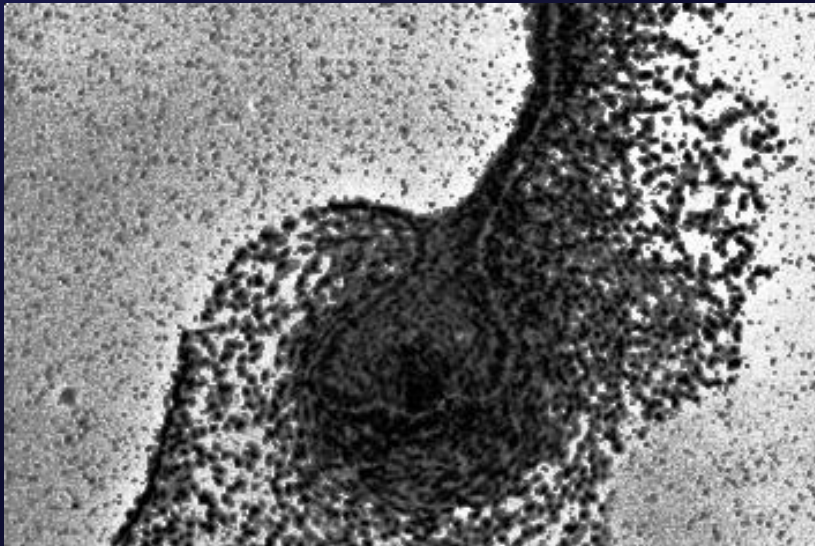
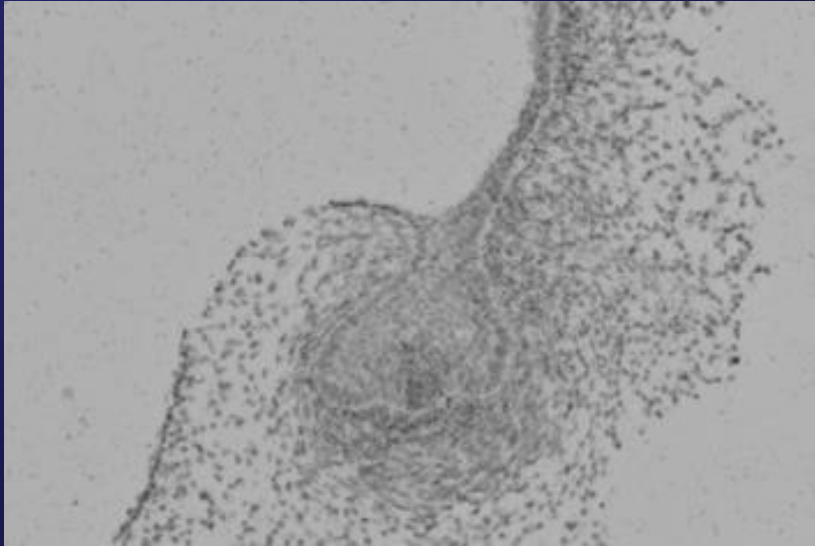


Линейная коррекция

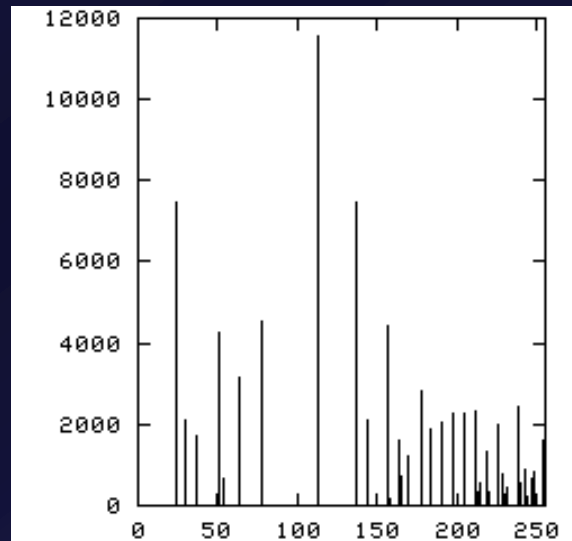
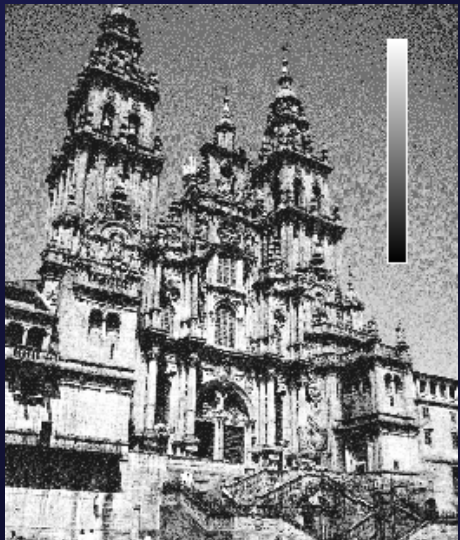
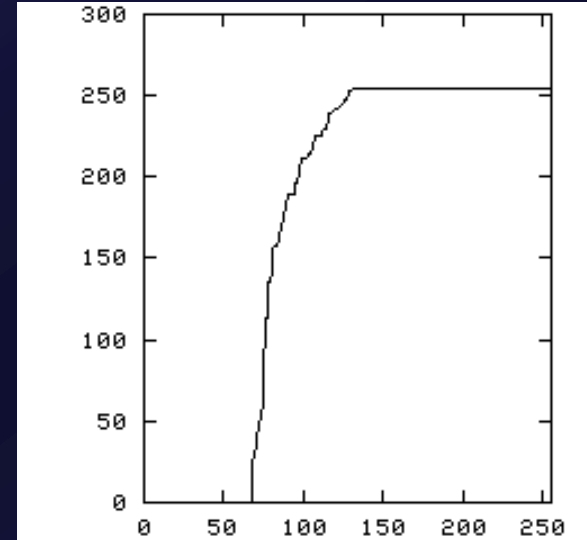
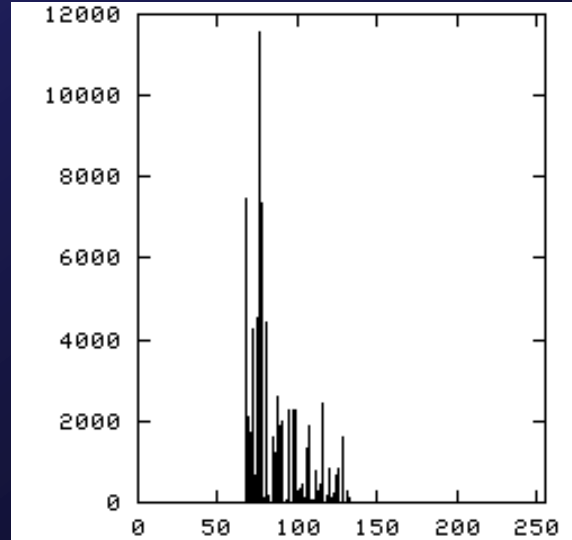
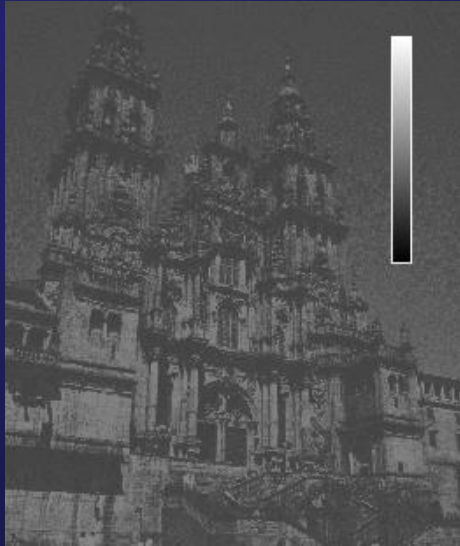
Линейное растяжение – «как AutoContrast в Photoshop»



Histogram equalization IV

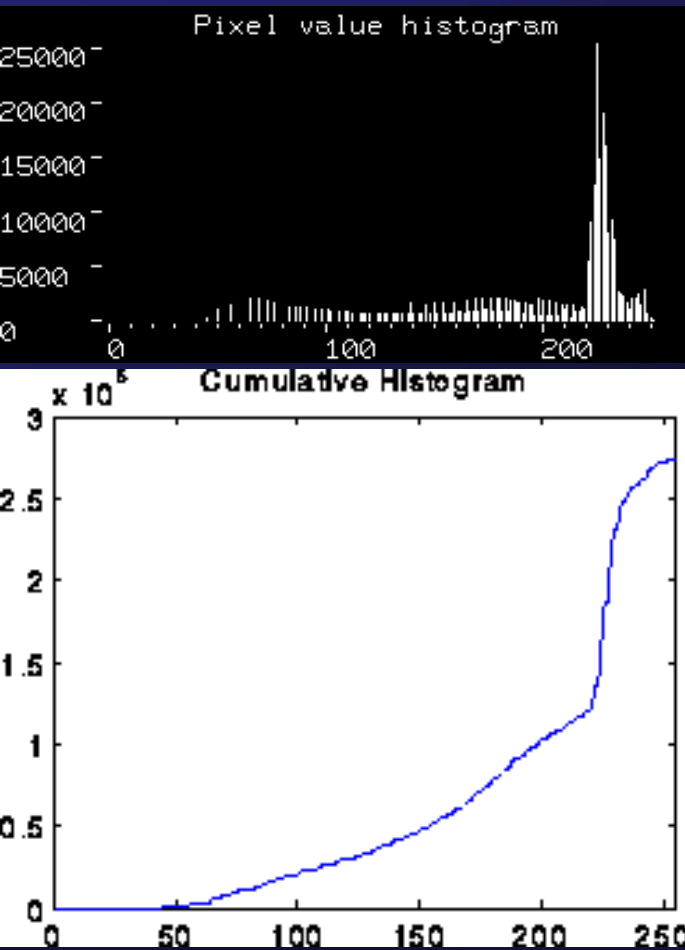


Histogram equalization V



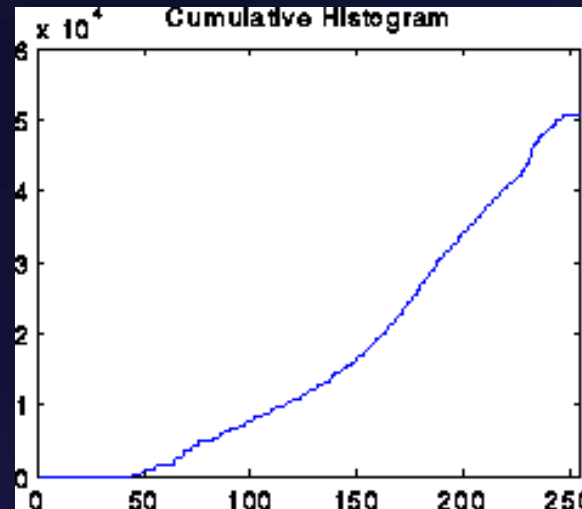
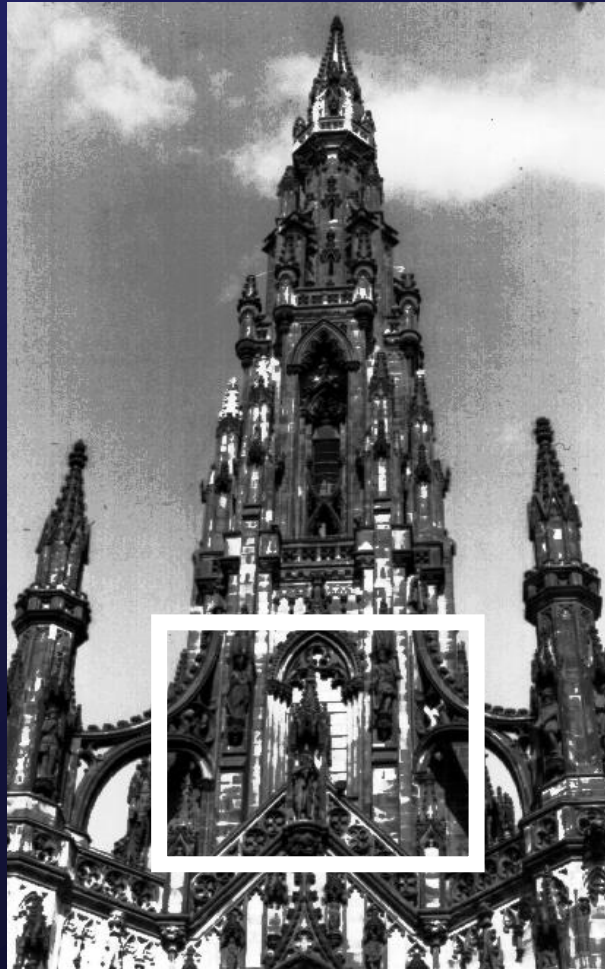
cumulative histogram

Histogram equalization VII

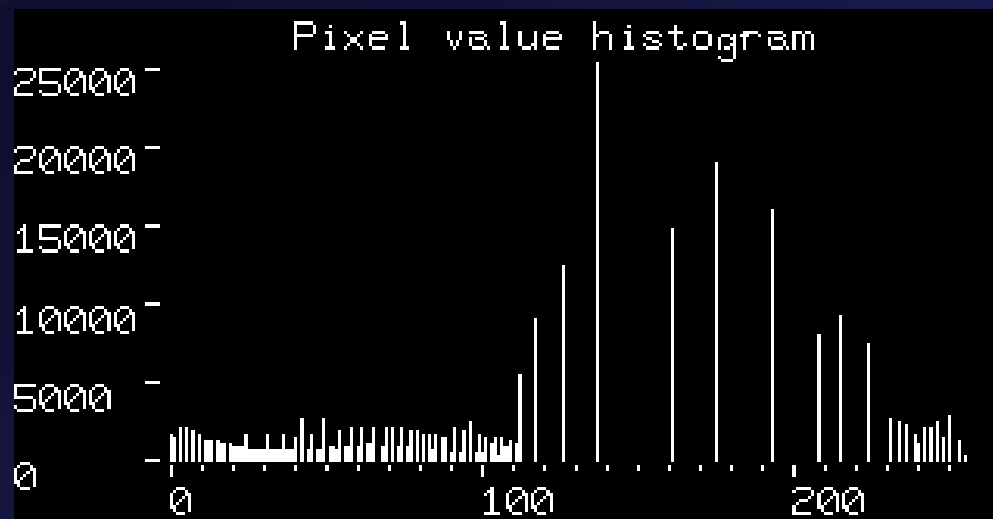
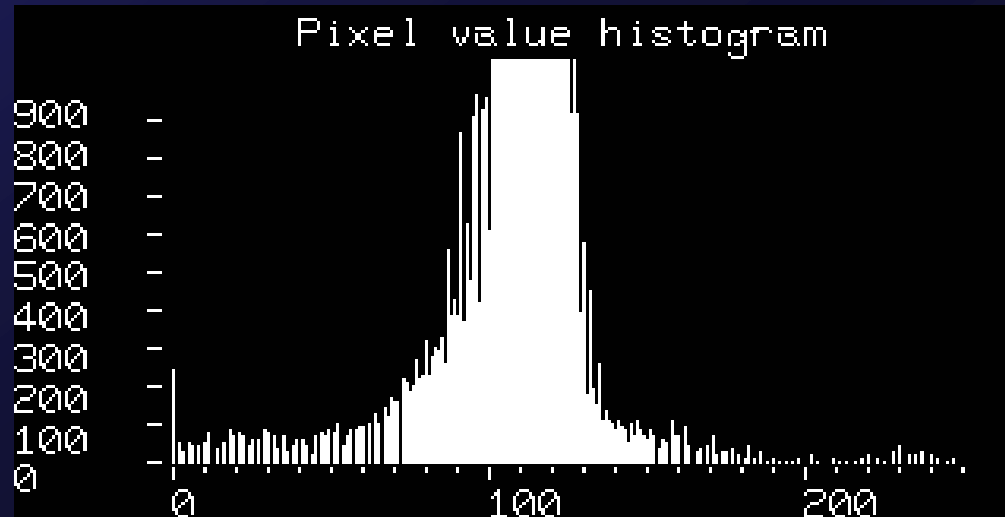


Histogram equalization VIII

histogram can be taken also on a part of the image



Histogram equalization VI



Линейная коррекция

Линейная коррекция помогает не всегда!

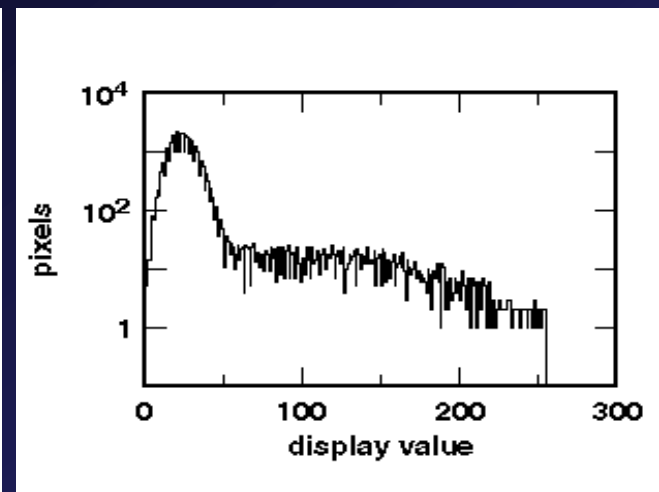
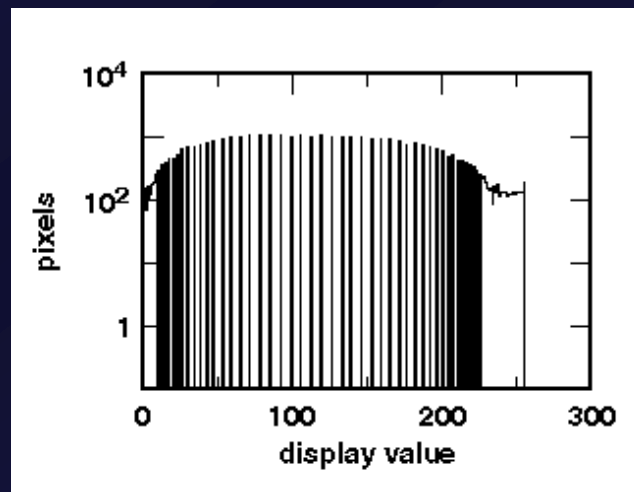
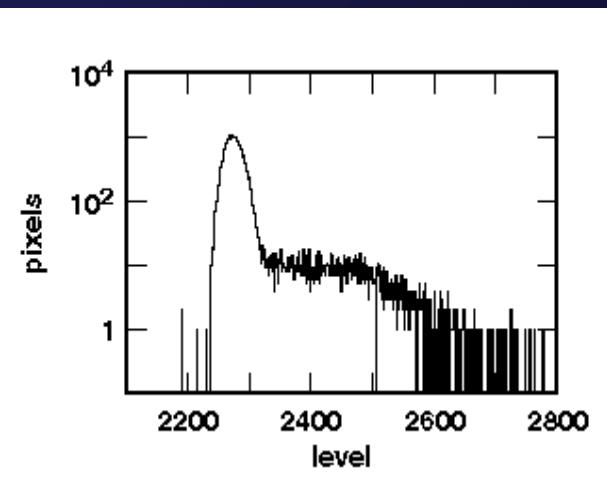
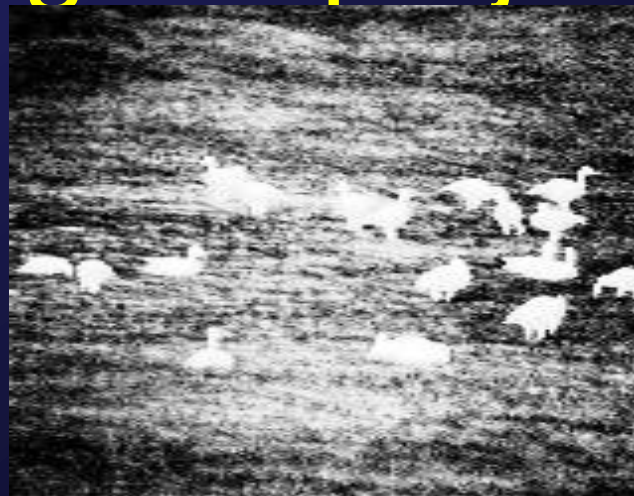


Проекция гистограммы

Histogram projection (HP)

По сути, гистограмма исходного сигнала "проецируется" в подобный вид отображения гистограммы.

Histogram projection II



HE

HP

Histogram projection III

используется уровень интенсивности: есть по крайней мере один пиксель с таким уровнем

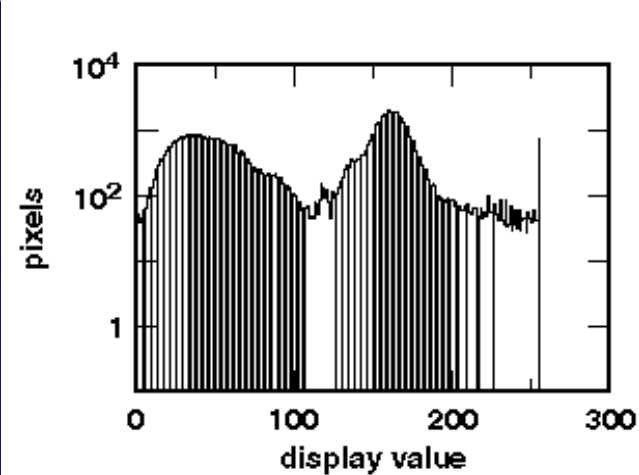
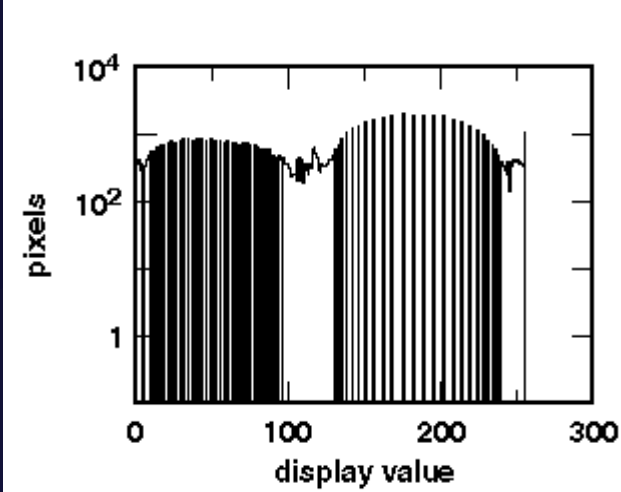
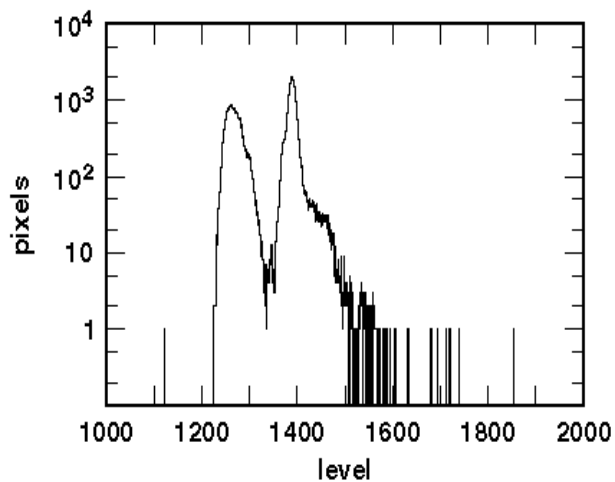
$B(k)$: доля занятых уровней интенсивности на уровне k или ниже

$B(k)$ изменяется от 0 до 1 дискретным однородным шагом $1/n$, где n число используемых уровней

НР преобразование:

$$s_k = 255 \cdot B(k).$$

Выравнивание гистограммы



HE

PE 50

Выравнивание

Алгоритм Выравнивания гистограммы вычисляет распределение не для полного гистограммы изображения, но для гистограммы определенными на плато (или насыщением значения).

Когда значение плато установлен в 1, то генерируется $B(k)$ и выполняется НР;

При установке над пиком гистограммы, мы генерируем $F(k)$ и так выполнять НЕ.

При промежуточных значениях, мы генерируем промежуточного распределения которую мы обозначим через $P(k)$.

РЕ Преобразование:

$$s_k = 255 \cdot P(k)$$

Спецификации гистограммы

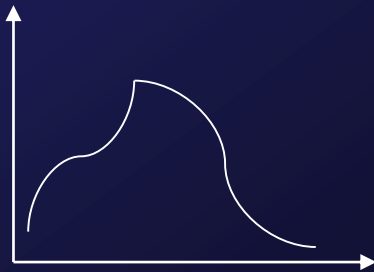
Histogram specification (HS)

Гистограмма изображения
трансформируется по функции
описания формы

Преобразование значения
интенсивности делается так, чтобы
гистограмма выходного изображения
примерно совпадала с указанной
гистограммой.

Histogram specification II

histogram₁



$$\xrightarrow{S^{-1} * T}$$

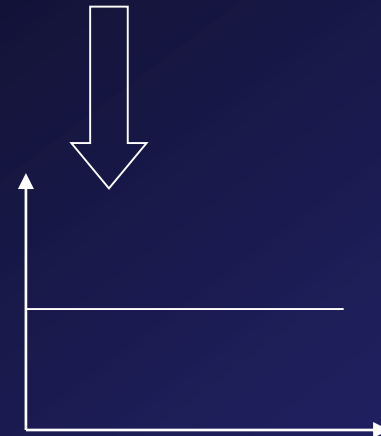
histogram₂



T



S



?

Растяжение контраста

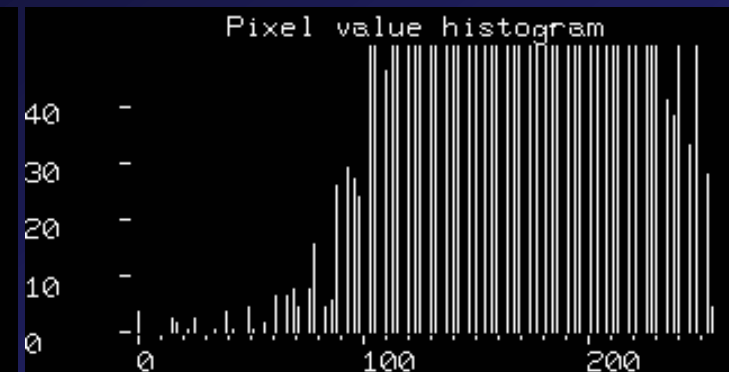
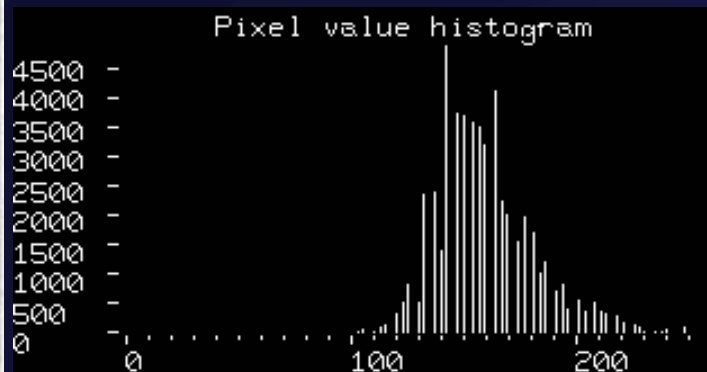
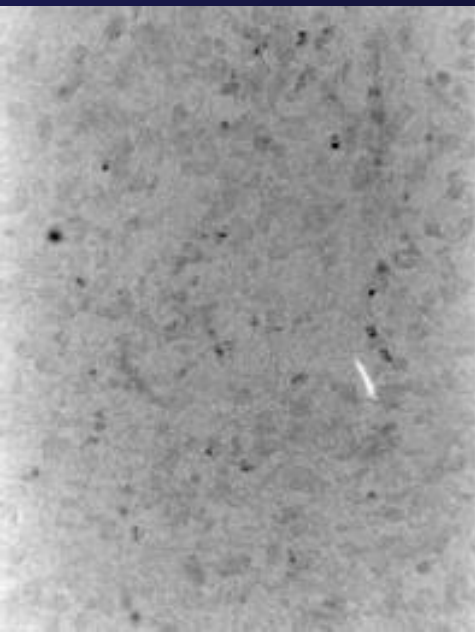
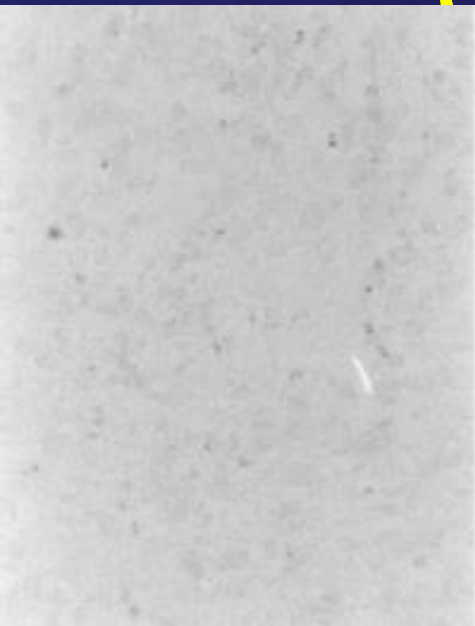
Contrast stretching (CS)

Для растяжения гистограммы в попытке используется имеющийся полный спектр уровней интенсивности.

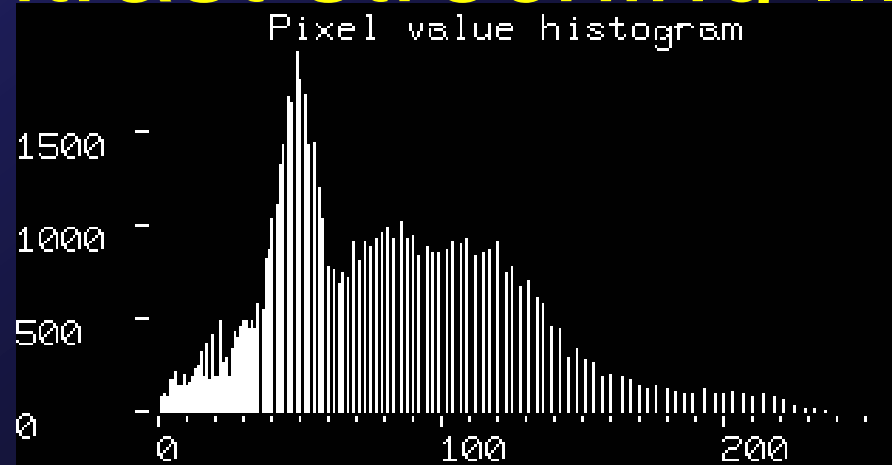
CS Преобразование :

$$s_k = 255 \cdot (r_k - \min) / (\max - \min)$$

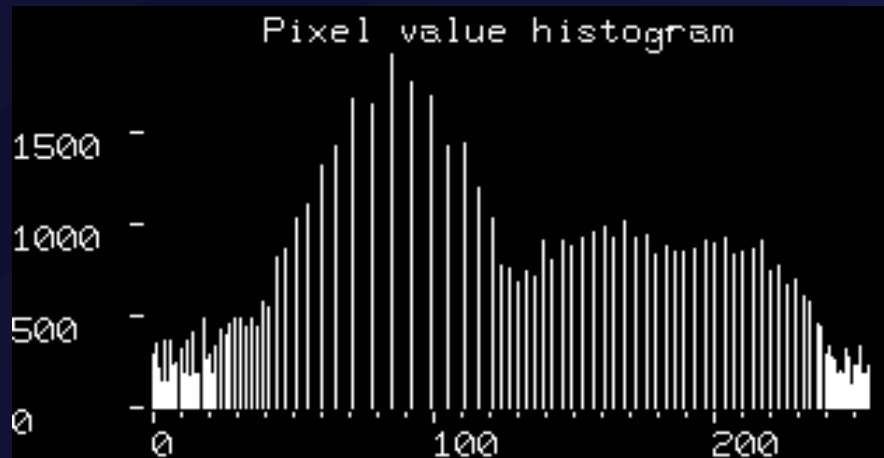
Contrast stretching II



Contrast stretching III



CS does not help here



HE

?

Contrast stretching IV

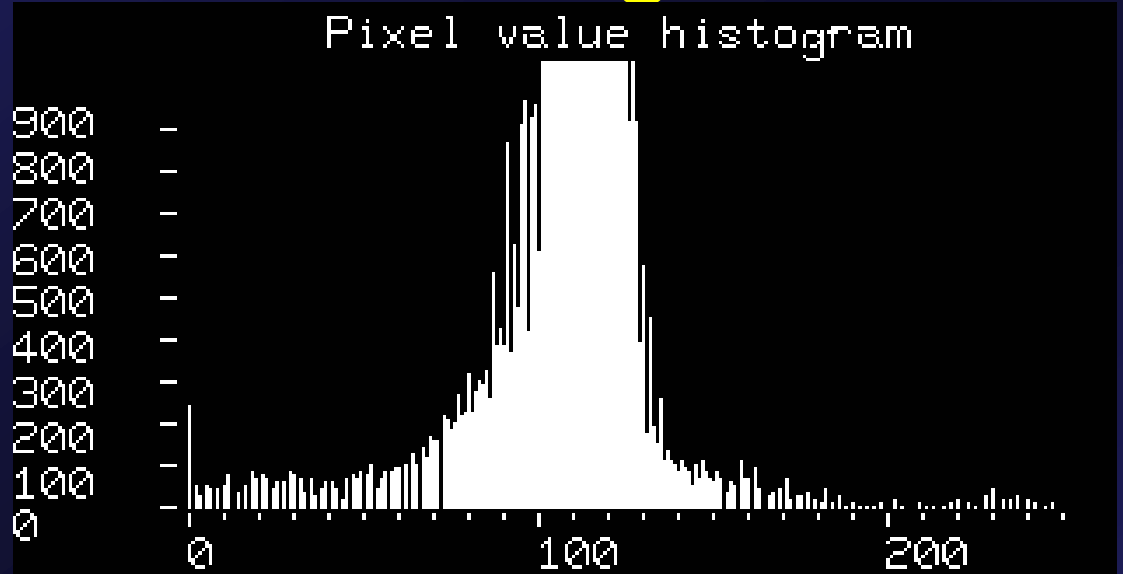


CS



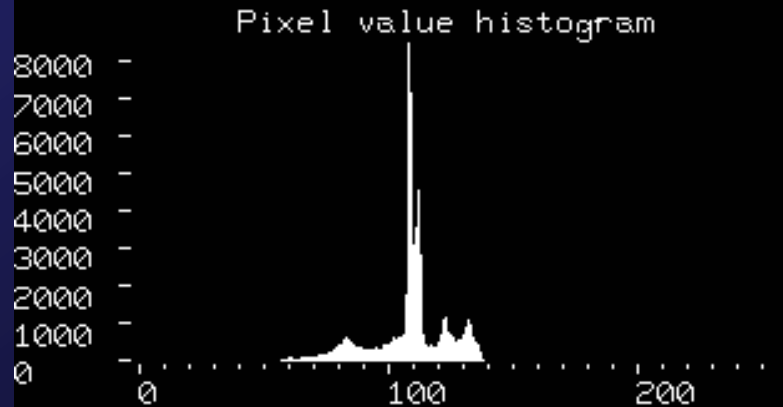
HE

Contrast stretching V

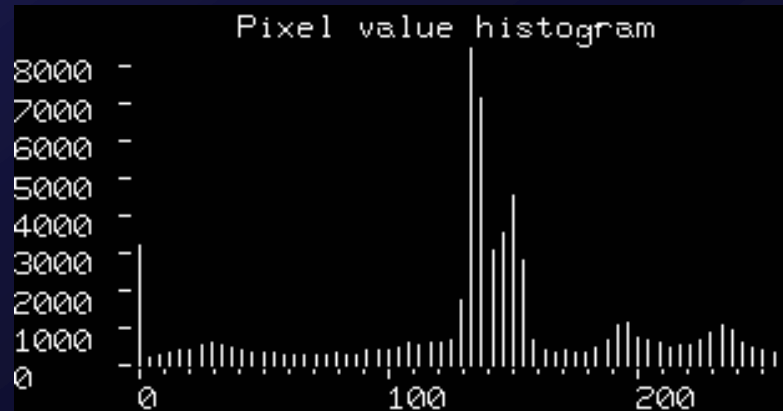


CS
1% - 99%

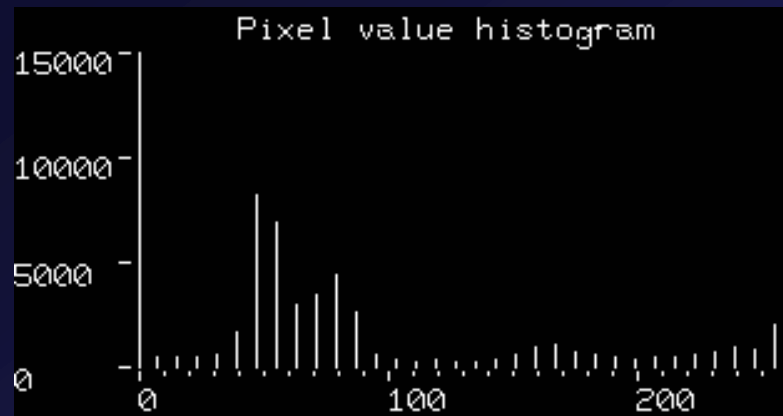
Contrast stretching VI



HE



CS
79, 136



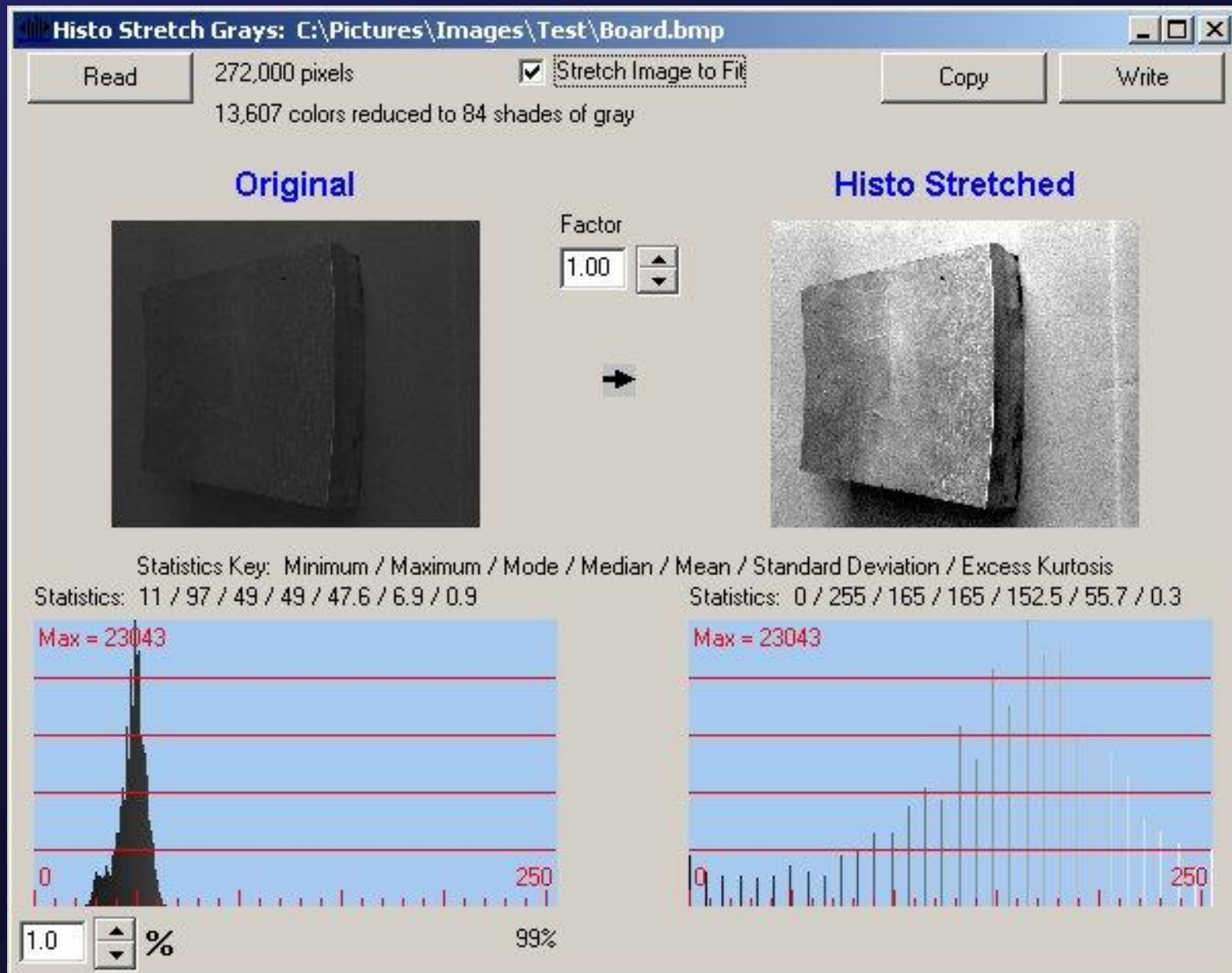
CS
Cutoff fraction: 0.8

Contrast stretching VIII

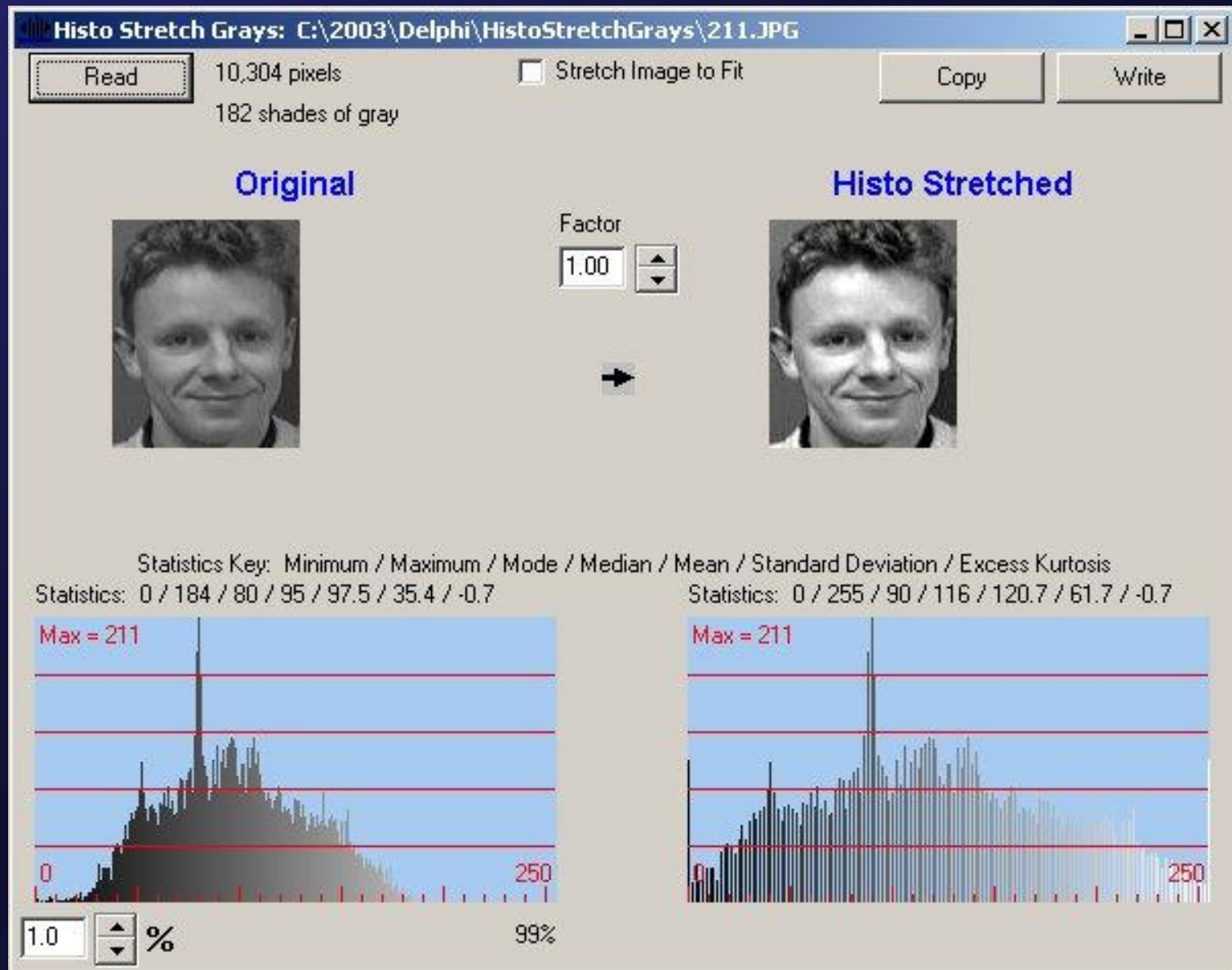
В более общем виде CS:

$$s_k = \begin{cases} 0, & \text{if } r_k < p_{\text{low}} \\ 255 \cdot (r_k - p_{\text{low}}) / (p_{\text{high}} - p_{\text{low}}), & \text{otherwise} \\ 255, & \text{if } r_k > p_{\text{high}} \end{cases}$$

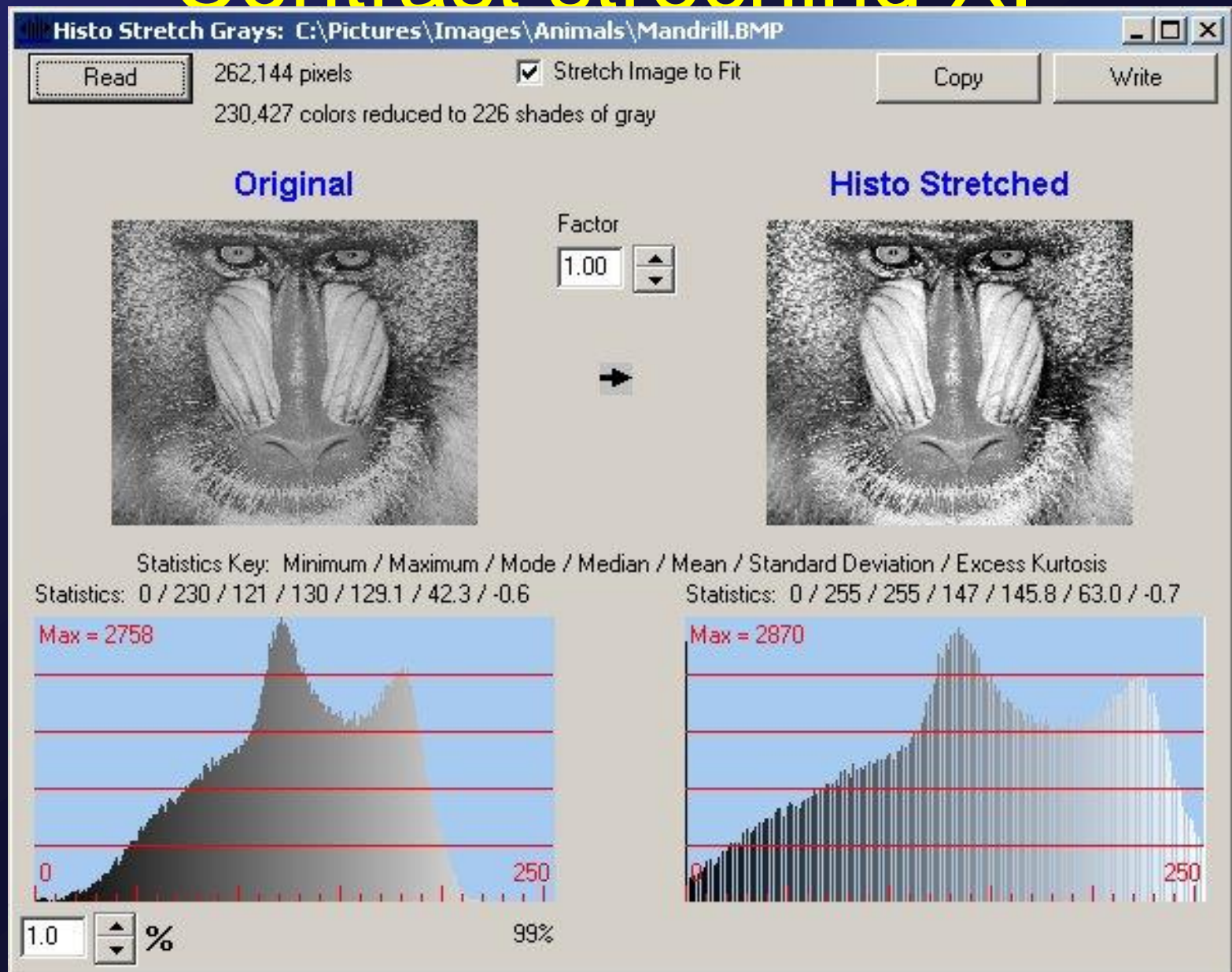
Contrast stretching IX



Contrast stretching X



Contrast stretching XI



Нелинейная коррекция

Нелинейная компенсация недостаточной контрастности

Часто применяемые функции:

- Гамма-коррекция
 - Изначальная цель – коррекция для правильного отображения на мониторе.

$$y = c \cdot x^\gamma$$

- Логарифмическая
 - Цель – сжатие динамического диапазона при визуализации данных

$$y = c \cdot \log(1 + x)$$

Нелинейная коррекция

- . Чтобы обеспечить нелинейное растяжение, используют модификацию выражения для линейной коррекции

$$L^*(i, j) = R \left(\frac{L(i, j) - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} \right)^{\alpha},$$

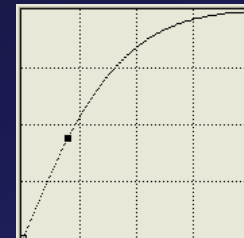
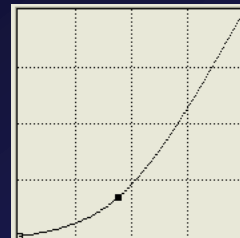
- где $\alpha > 0$.

Гамма-коррекция

Гамма-коррекция

- Изначальная цель – коррекция для правильного отображения на мониторе. Так называют преобразование вида:

$$y = c \cdot x^\gamma$$



Графики функции $f^{-1}(y)$

Нелинейная коррекция

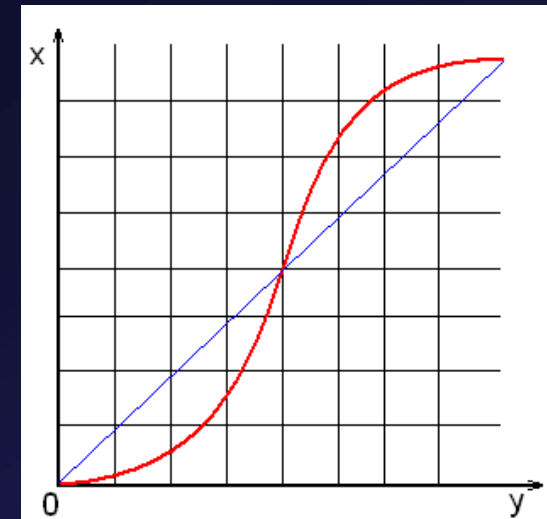
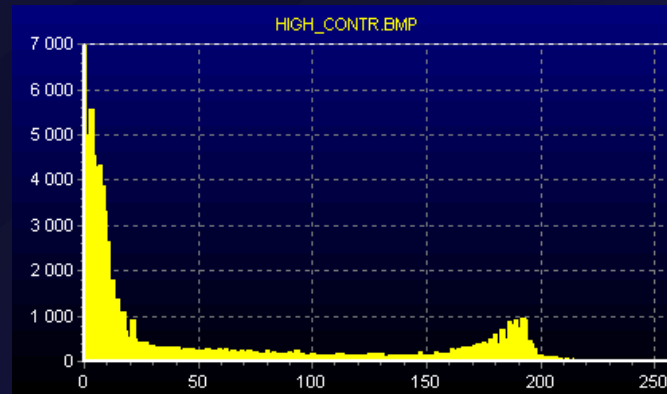
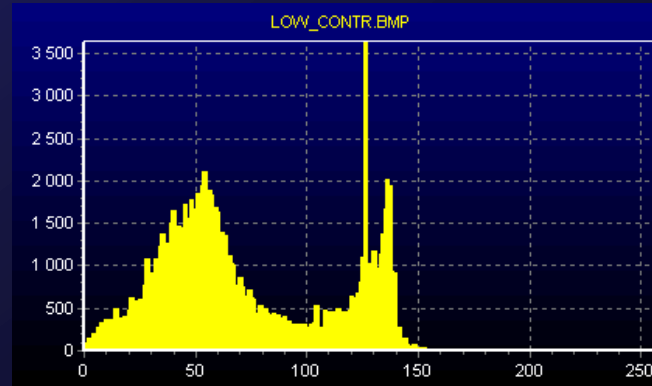


График функции $f^{-1}(y)$

Нелинейная коррекция

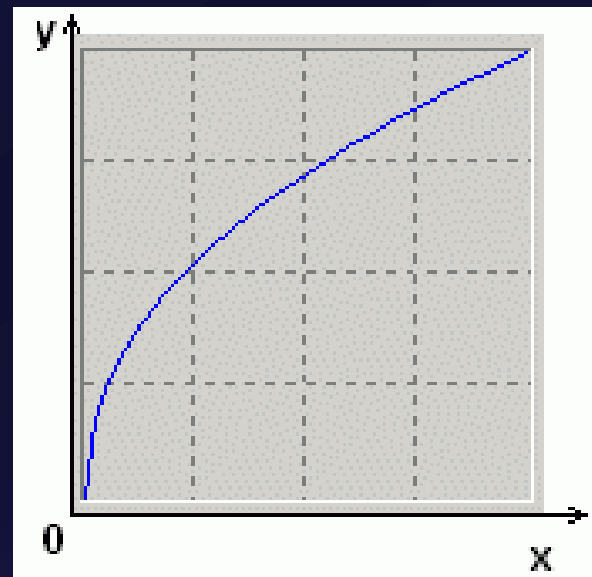
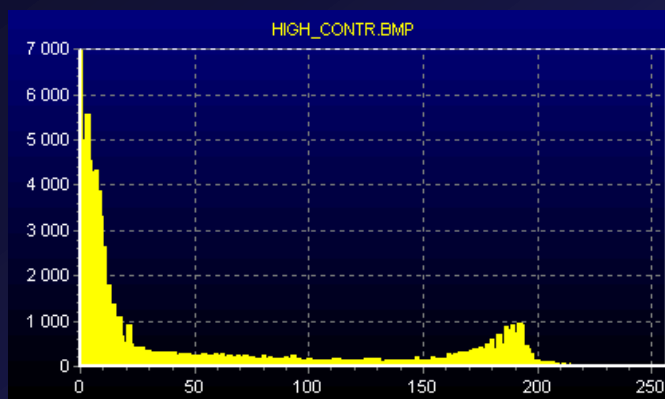
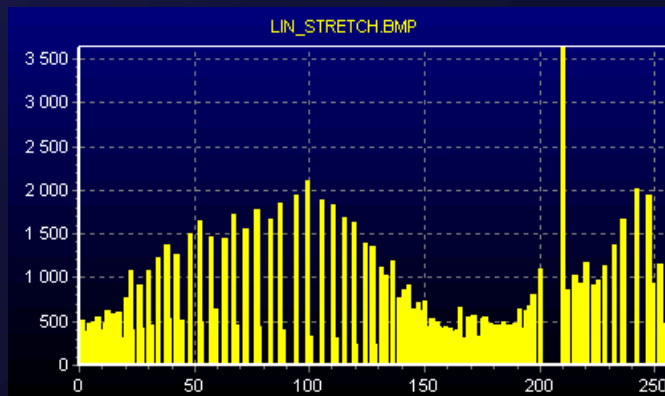
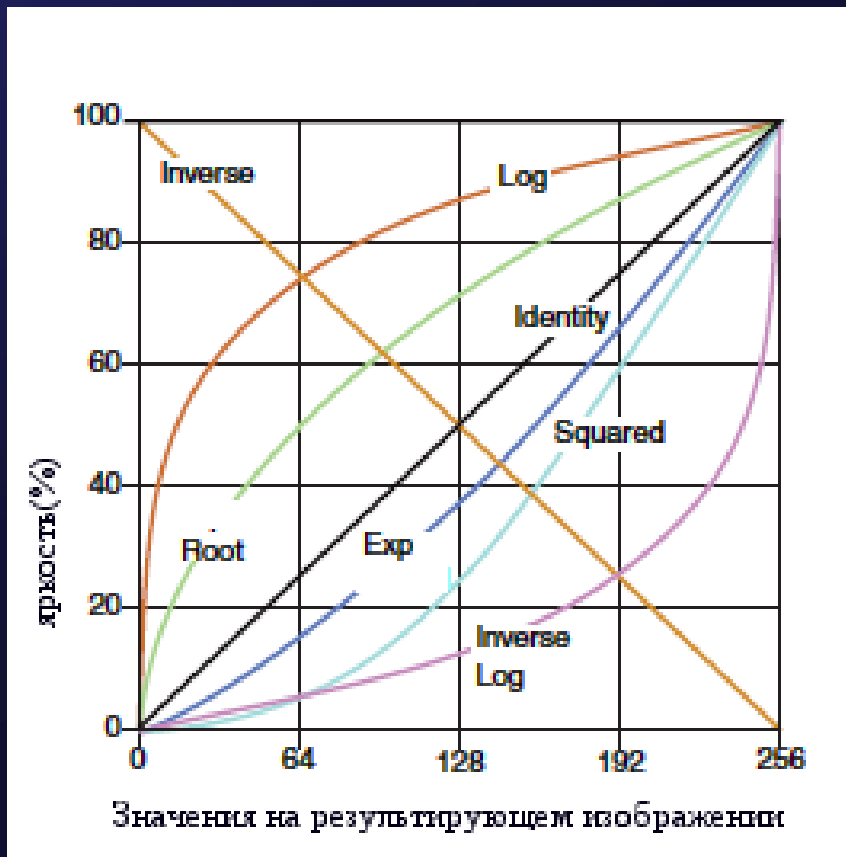


График функции $f^{-1}(y)$

Сравнение линейной и нелинейной коррекции

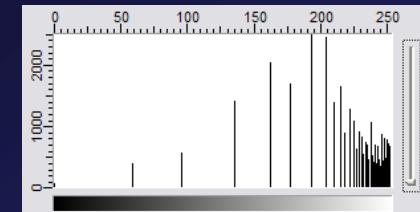
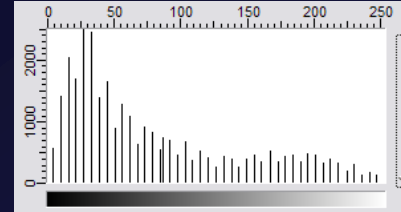
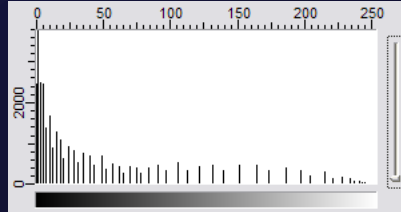
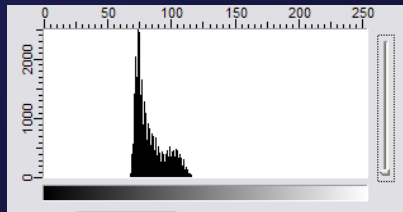
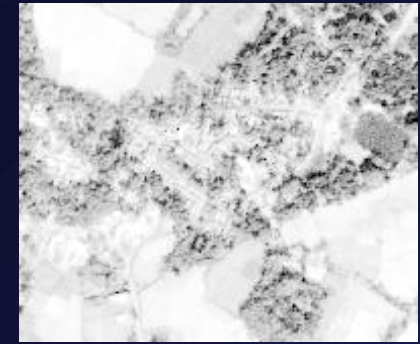


Контрастирование на основе преобразования яркости



- Графики наиболее типичных кривых задаваемых в таблицах преобразования яркости: inverse – инвертирование, log – логарифмирование гистограммы, Root – квадратный корень из значений яркости, Identity – линейное преобразование, exp – экспоненциальное преобразование, squared – квадратичное преобразование, inverse log – обратное логарифмирование.

Примеры контрастирования разными методами коррекции гистограмм



а)

б)

в)

г)

а) исходное изображение, б) логарифмическая коррекция гистограммы, в) линейная коррекция гистограммы (нормализация), г) экспоненциальная коррекция гистограммы.

Приложения

Исследования КТ легких

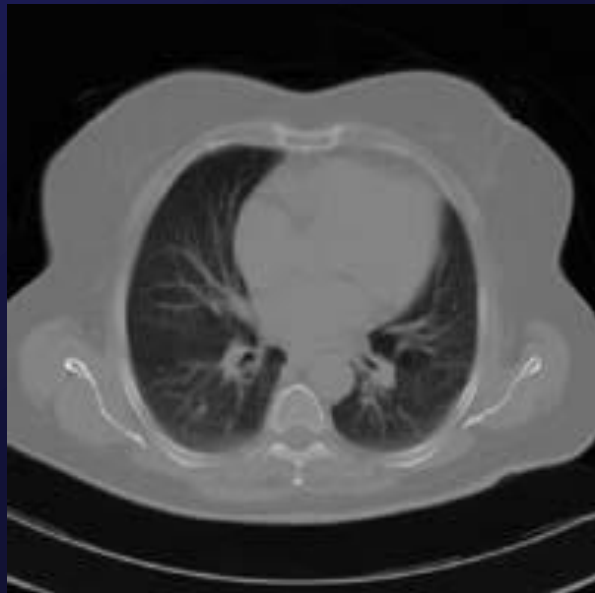
Выбор порога

нормализация

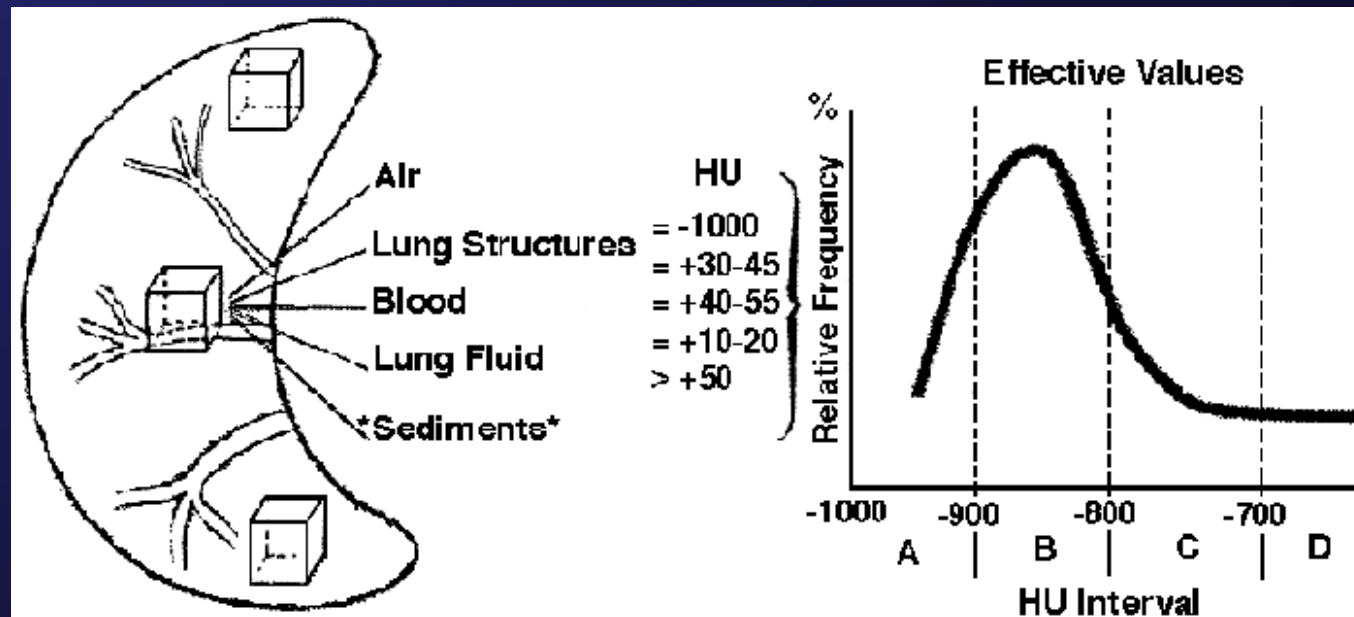
Нормализация изображений МРТ

Презентация высоких динамических
изображений (IR (ик), СТ)

CT lung studies



CT lung studies



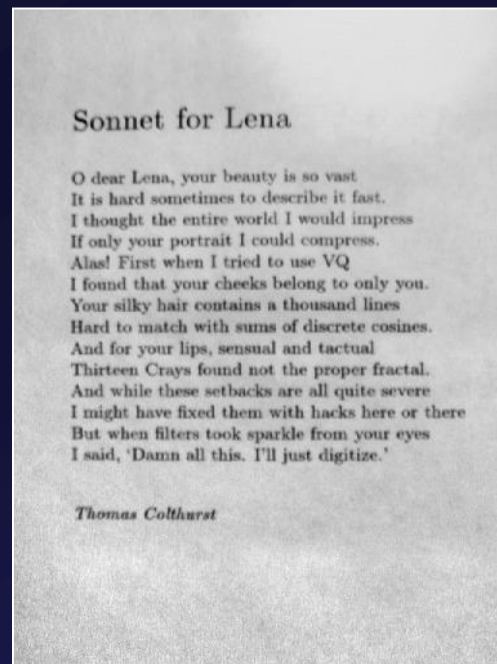
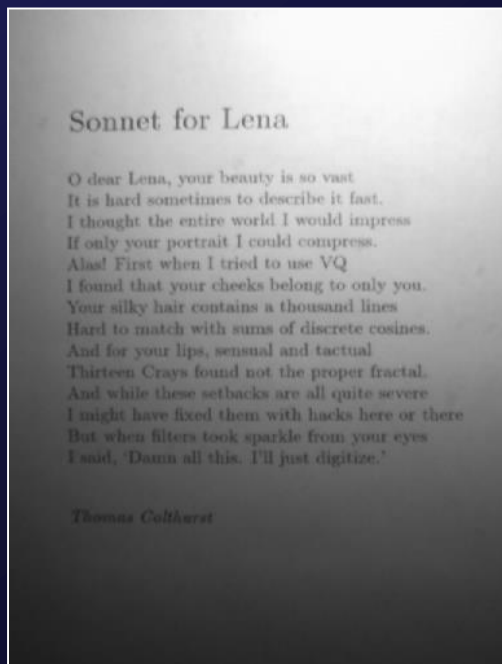
Frequency distribution of CT values as percentage (mean \pm SEM) at defines HU intervals in groups of healthy controls and patients with DFA, GLD, and a1-PID

HU interval	Control (n=6)	DFA (n=27)	GLD (n=27)	a1-PID (n=3)
A: less than -900	12.8 \pm 1.7	11.9 \pm 2.3	12.6 \pm 1.9	46.3 \pm 2.7a
B: -900 to -800	56.7 \pm 2.1	36.8 \pm 3.5b	42.5 \pm 2.9b	33.4 \pm 2.6a
C: -799 to -700	17.1 \pm 1.9	22.4 \pm 2.1	21.6 \pm 1.8	7.5 \pm 1.9a
D: greater than -699	14.4 \pm 0.6	28.9 \pm 2.4a	23.4 \pm 3.0a	10.8 \pm 1.5

ap<0.05 vs. control. bp<0.01 vs. control.

Компенсация разности освещения

Пример



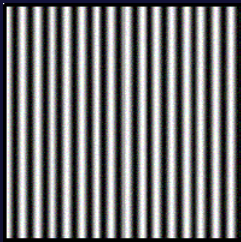
Компенсация разности освещения

Идея:

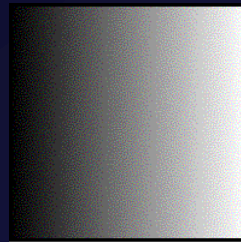
Формирование изображения:

$$I(i, j) = l(i, j) \cdot f(i, j)$$

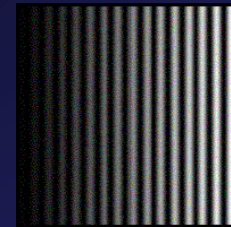
Плавные изменения яркости относятся к освещению, резкие - к объектам.



объект $f(i, j)$



освещение $l(i, j)$



Изображение
освещенного
объекта $I(i, j)$

Выравнивание освещения

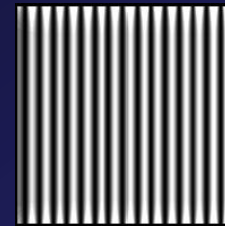
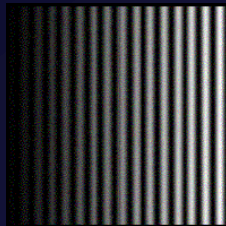
- Алгоритм

- » Получить приближенное изображение освещения путем низочастотной фильтрации

- » Восстановить изображение по формуле

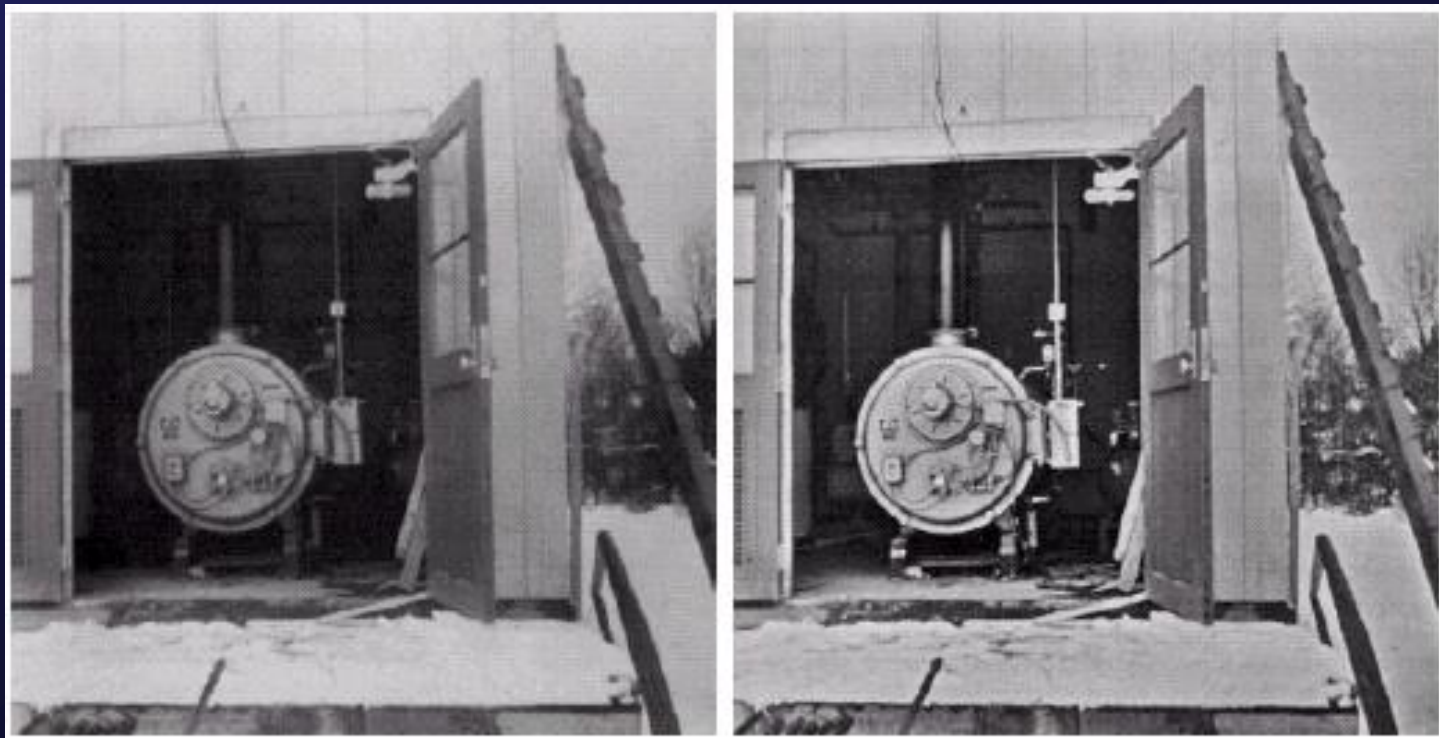
$$l'(i, j) = I(i, j) * G$$

$$f'(i, j) = \frac{I(i, j)}{l'(i, j)}$$



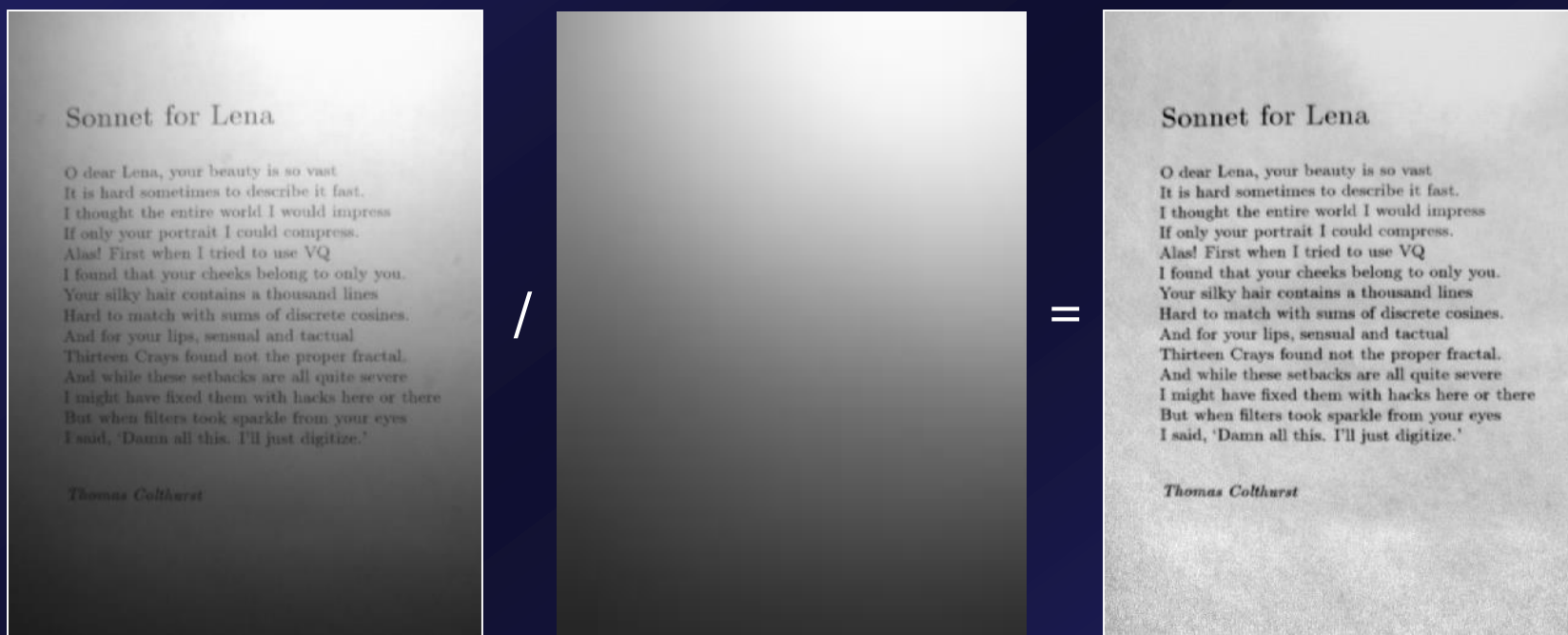
Выравнивание освещения

Пример



Компенсация разности освещения

Пример

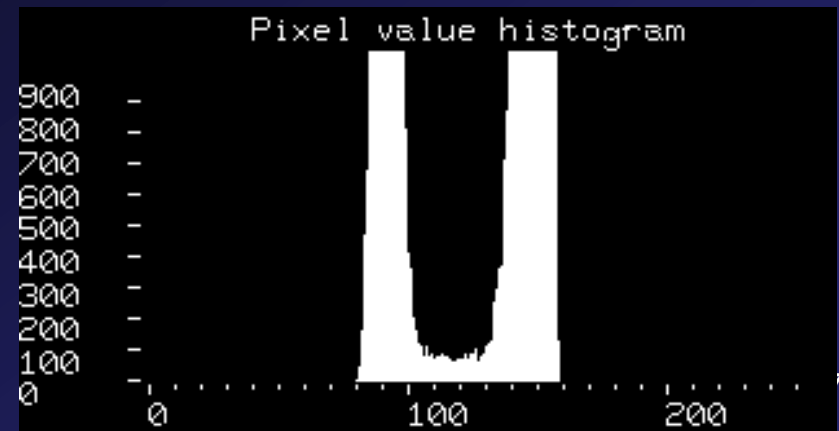
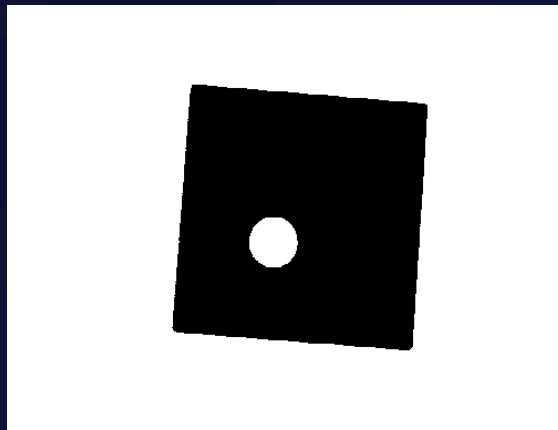
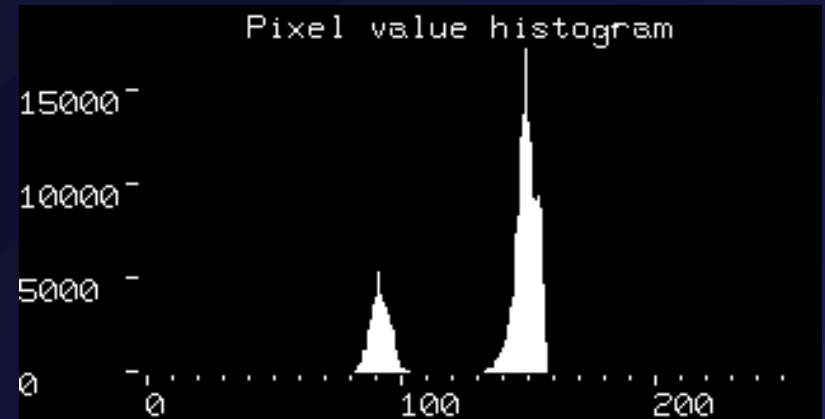
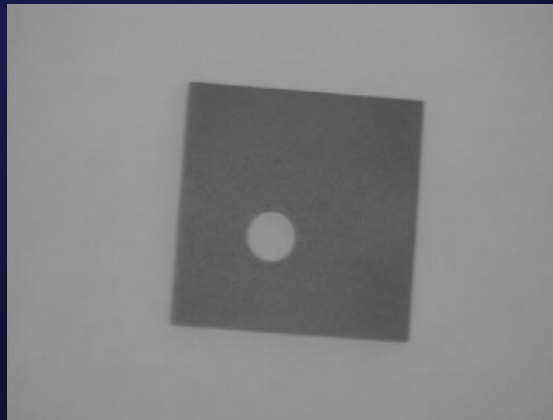


Gauss 14.7 пикселей

Thresholding

converting a greyscale image to a binary one

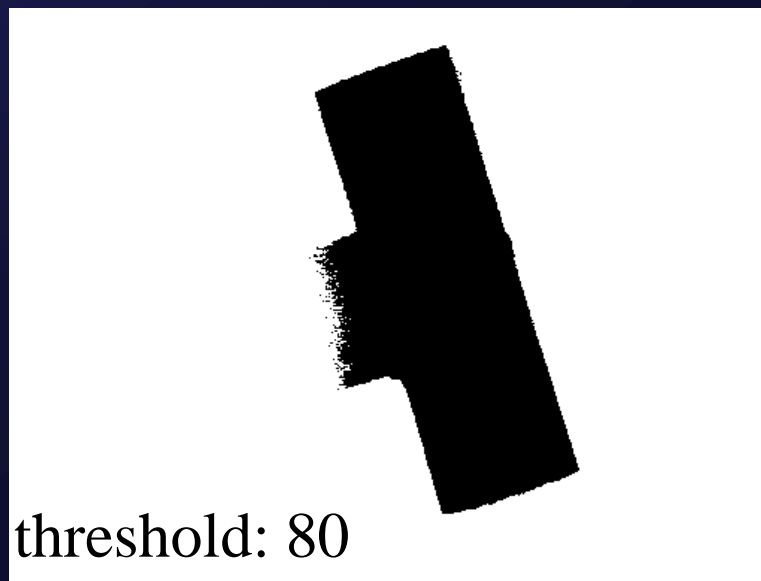
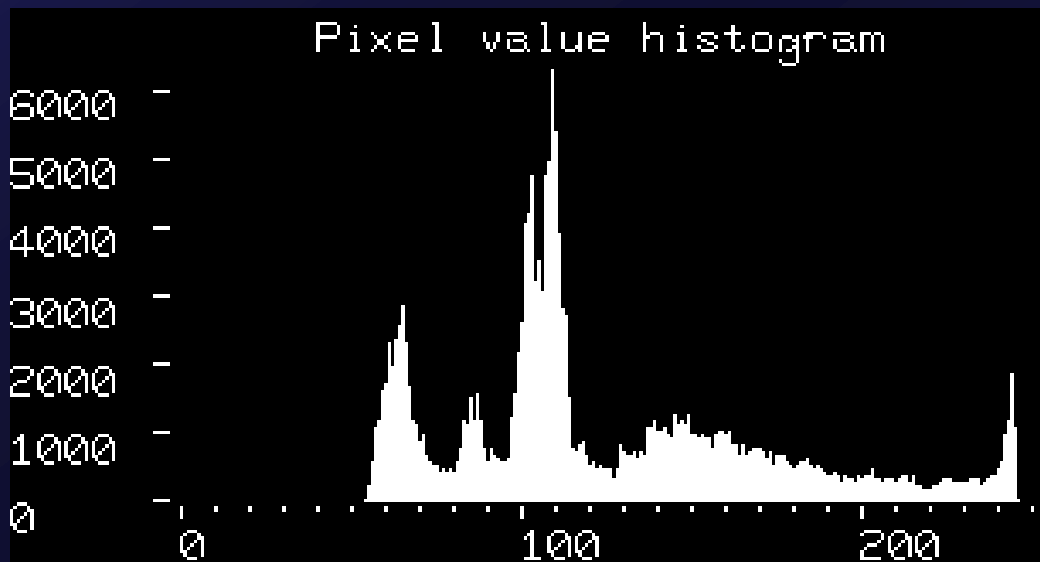
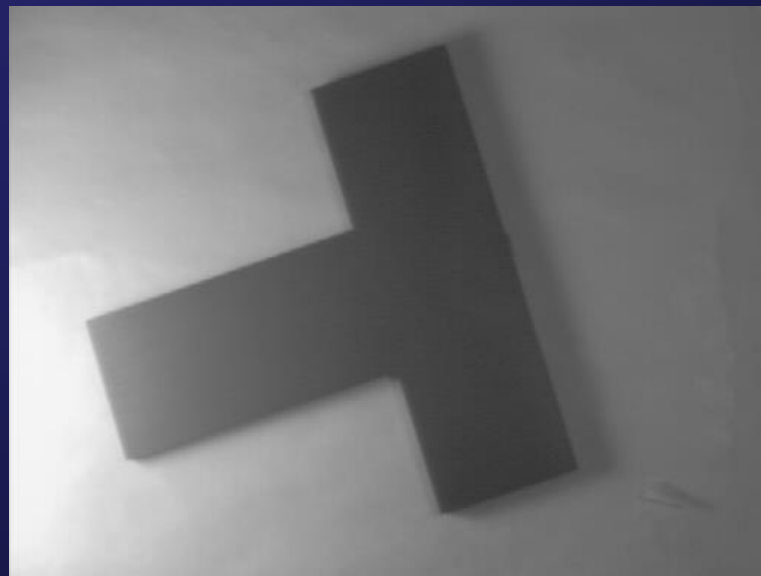
for example, when the histogram is bi-modal



threshold: 120

Бинаризация по порогу

Thresholding



Нормализация I

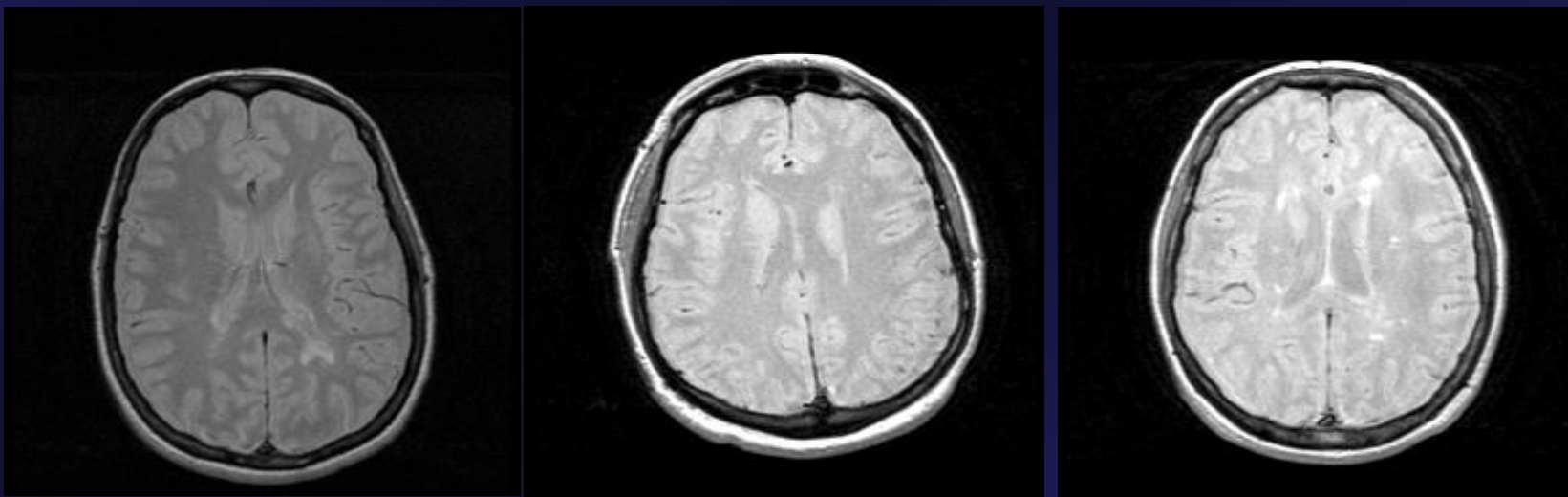
Когда кто-то хочет сравнить две или более изображений на конкретной основе, он сводит параметры к общему виду, к «стандартной» гистограмме. Это может быть особенно полезно, когда изображения получены при различных обстоятельствах. Выполняется нормировка, например, HE.

Нормализация II

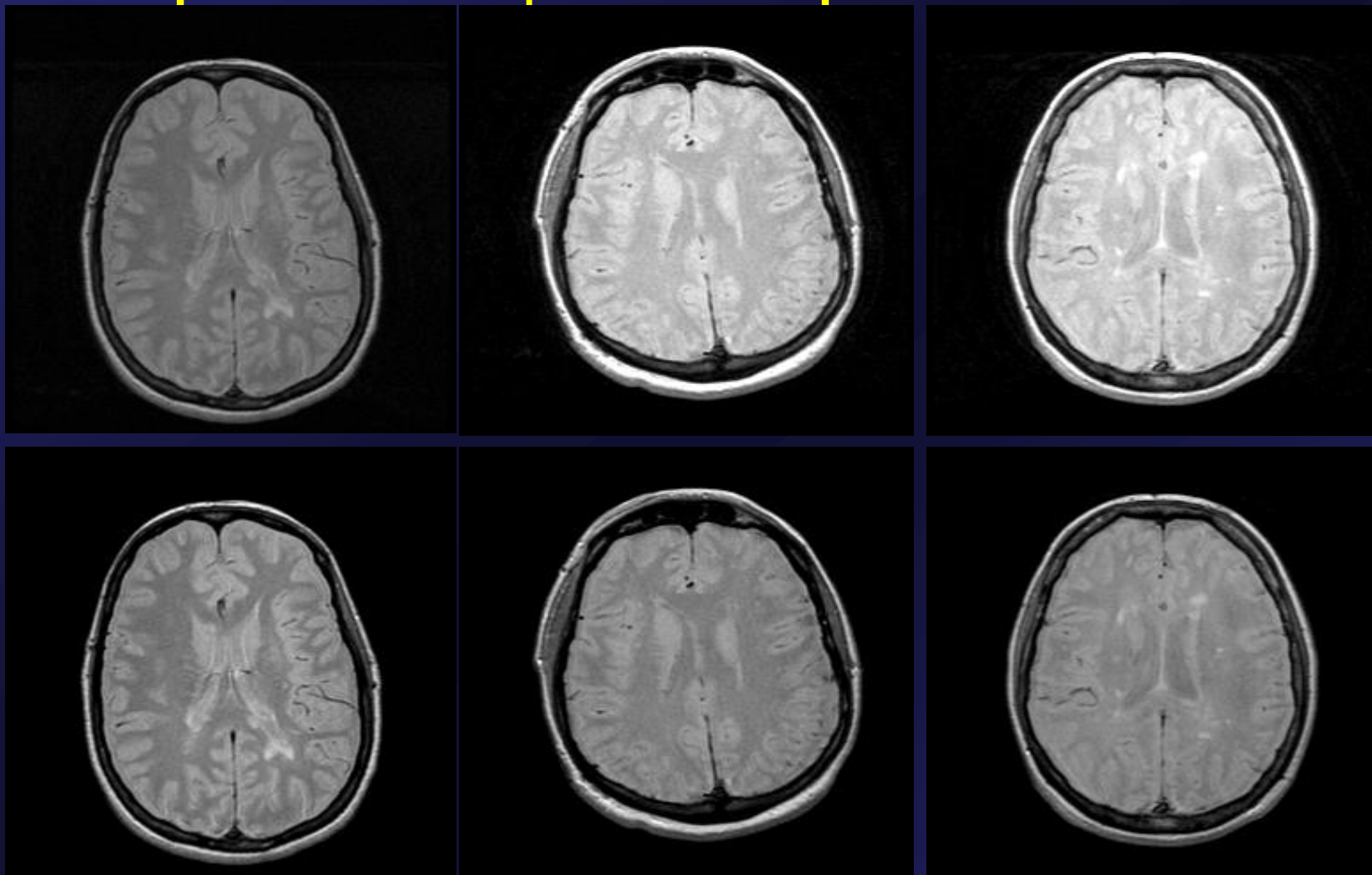
Сравнение гистограммы учитывает форму гистограммы исходного изображения и одно из которых подобрано.

Нормализация изображений МРТ

МРТ интенсивность не имеет фиксированные значения, даже в пределах одного протокола для того же региона тела, полученного в том же сканере для того же пациента.



Нормализация изображений МРТ



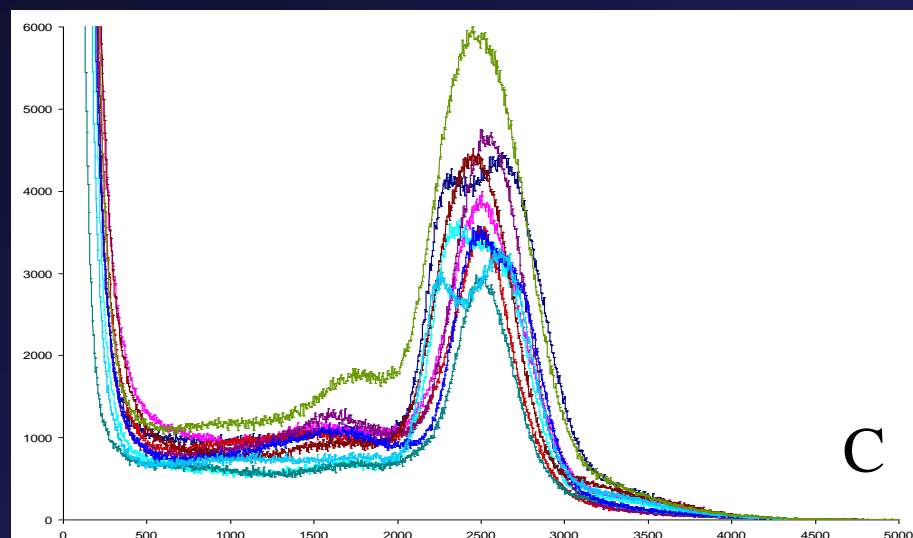
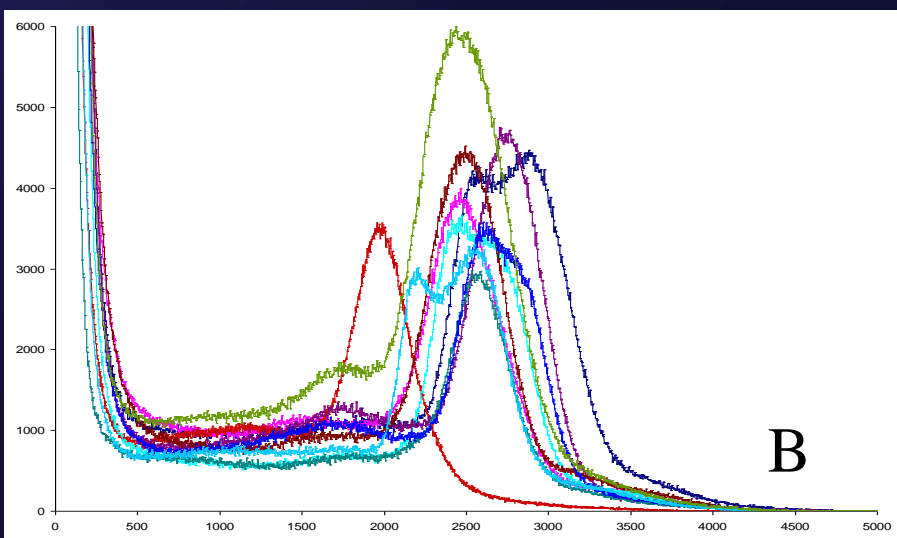
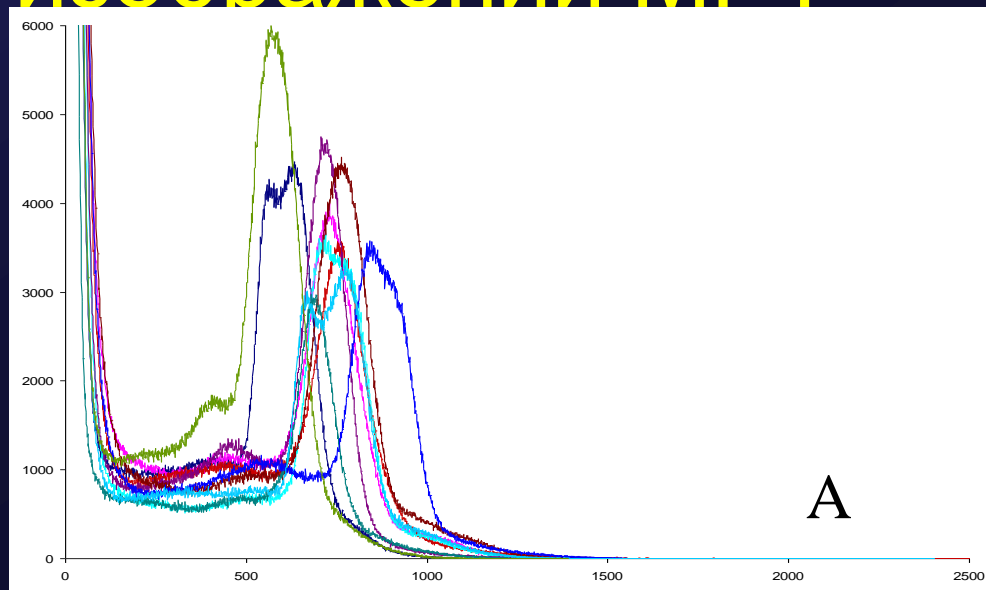
L. G. Nyúl, J. K.
Udupa

Нормализация изображений МРТ

А: Гистограммы 10 FSE PD
объема мозга изображений
больных рассеянным
склерозом.

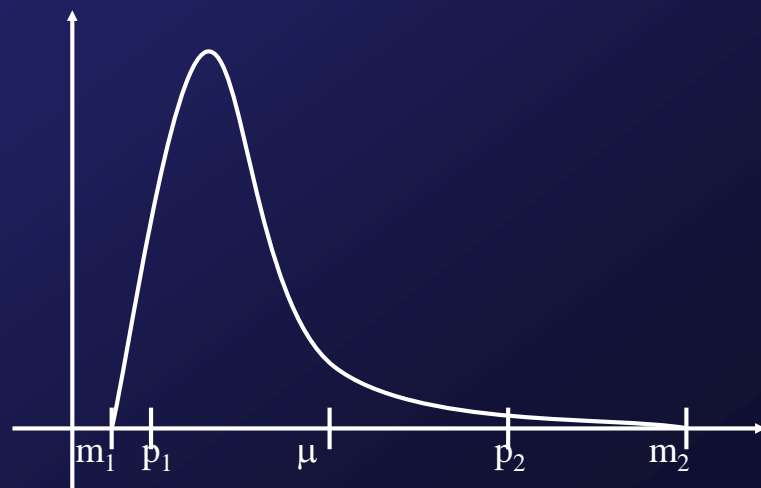
В: Те же гистограммы после
масштабирования.

С: Гистограммы после
окончательного
стандартизации.

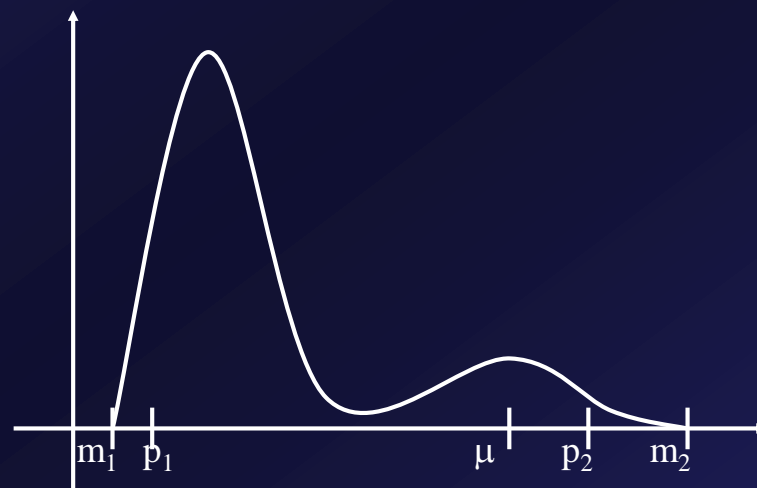


Нормализация изображений МРТ

unimodal



bimodal



Метод: превращения изображения гистограммы рядом с соответствиями

Определить местоположение ориентир μ_i и (пример: мода, медиана, Асимметрия, эксцесс).

Карта Интенсивности представляет стандартную шкала для каждой части изображения

и линейно определить μ' для μ_i в стандартной шкале.

Нормализация изображений МРТ

