

# ЛЕКЦИЯ 8. КОНТРАСТИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, СЖАТИЕ

Демидов Д.В.

Обработка аудиовизуальной информации.  
Бакалавры, 6 семестр. Магистры, 9 семестр

# План лекции

2

- Глобальное контрастирование
  - ▣ Методы улучшения изображений с помощью оператора.
  - ▣ Автоматические методы улучшения изображений.
  - ▣ Степенные и логарифмические преобразования передаточной функции яркости.
  - ▣ Эквализация гистограммы
- Адаптивное контрастирование
- Улучшение резкости
  - ▣ АРЕХ-метод

3

## Контрастирование

Линейное преобразование функции яркости

Степенное преобразование функции яркости

Логарифмическое преобразование функции яркости

# Слабый контраст

4

- Предположим, что минимальная и максимальная яркости исходного изображения равны  $f_{min}$  и  $f_{max}$  соответственно.
- Если эти параметры или один из них существенно отличаются от граничных значений яркостного диапазона, то визуализированная картина выглядит либо как темная, либо как ненасыщенная, неудобная, утомляющая при наблюдении.

# Линейное контрастирование

5

- При линейном контрастировании используется линейное поэлементное преобразование вида:

$$g(n, m) = a \cdot f(n, m) + b$$

- Параметры преобразования  $a$  и  $b$  определяются желаемыми значениями минимальной  $g_{min}$  и максимальной  $g_{max}$  выходной яркости.

$$a = \frac{g_{max} - g_{min}}{f_{max} - f_{min}} \quad b = \frac{g_{min} f_{max} - g_{max} f_{min}}{f_{max} - f_{min}}$$

$$g = \frac{f - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} (g_{max} - g_{min}) + g_{min}$$

# Линейное контрастирование

6



# Линейное контрастирование

7



# Степенные преобразования

8

- Одним из наиболее часто применяемых в обработке изображений является преобразование, называемое гамма-коррекцией:

$$g(n, m) = c \left( f(n, m) + f_0 \right)^\gamma$$

- где  $c, f_0, \gamma$  – неотрицательные константы.
- При этом функция яркости должна быть нормирована: значения должны лежать в интервале  $[0; 1]$ .
- После преобразования можно снова свести к  $[0..255]$



# Степенные преобразования

9



$$c = 1, f_0 = 0, \gamma = 0.5$$

# Логарифмические преобразования

10

- Строится гистограмма изображения и оценивается математическое ожидание - среднее, минимальное, максимальное значения сигнала. Вычисляются:

- Положительный диапазон

$$PositiveRange = \max(2, f_{\max} - mean)$$

- Отрицательный диапазон

$$NegativeRange = \max(2, mean - f_{\min})$$

- и два коэффициента преобразования:

$$PositiveAlpha = \frac{2^{L-1}}{\ln(PositiveRange)}$$

$$NegativeAlpha = \frac{2^{L-1}}{\ln(NegativeRange)}$$

# Логарифмические преобразования

11

- Для всех отсчетов изображения вычисляется разность яркости и среднего значения сигнала:

$$f' = f(n, m) - mean$$

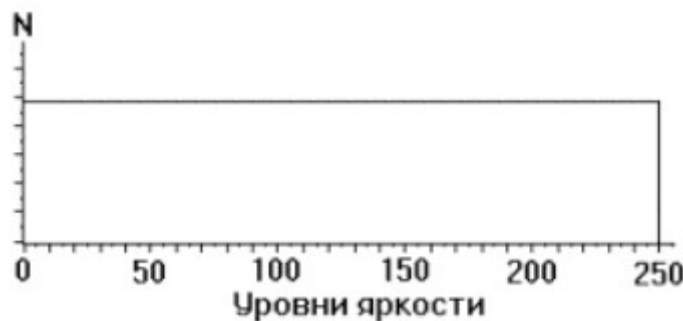
- На основании этого значения формируется выходное изображение:

$$g(n, m) = \begin{cases} mean + \lceil PositiveAlpha \cdot \ln(f') \rceil & f' \geq 1 \\ mean - \lceil NegativeAlpha \cdot \ln(|f'|) \rceil & f' \leq -1 \\ mean & otherwise \end{cases}$$

# Эквализация гистограммы

12

- Главной задачей эквализации гистограмм, является преобразование, в котором все уровни яркости приобретут примерно одинаковую частоту, а гистограмма яркостей будет близка к равномерному закону распределения:



- Средний уровень яркости, к которому следует стремиться:

$$n_0 = \frac{N \cdot M}{2^L} = \frac{N \cdot M}{256}$$

# Эквализация гистограммы (2)

13

- Расстояние  $\Delta g_i$  между уровнями  $g_i$  и  $g_{i+1}$  различно, но в среднем число пикселей на каждом уровне одинаковое и равно  $n_0$ .
- Допустим  $N=M=512$ , тогда  $J=256$  и  $n_0=1024$ . Например,

Уровень яркости	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество пикселей	188	347	544	315	700	3012	435	230	505

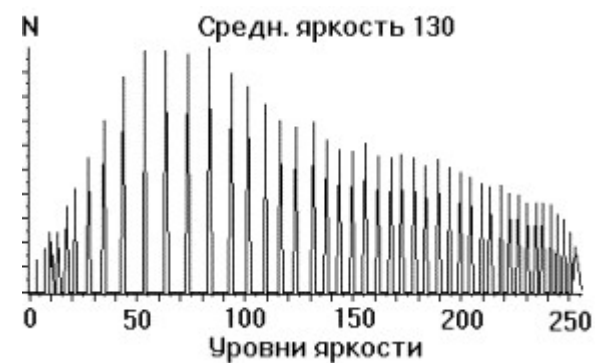
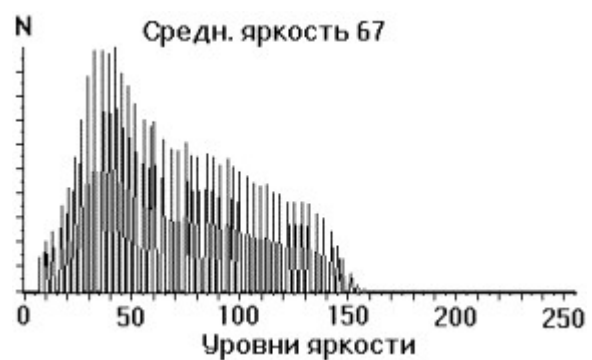
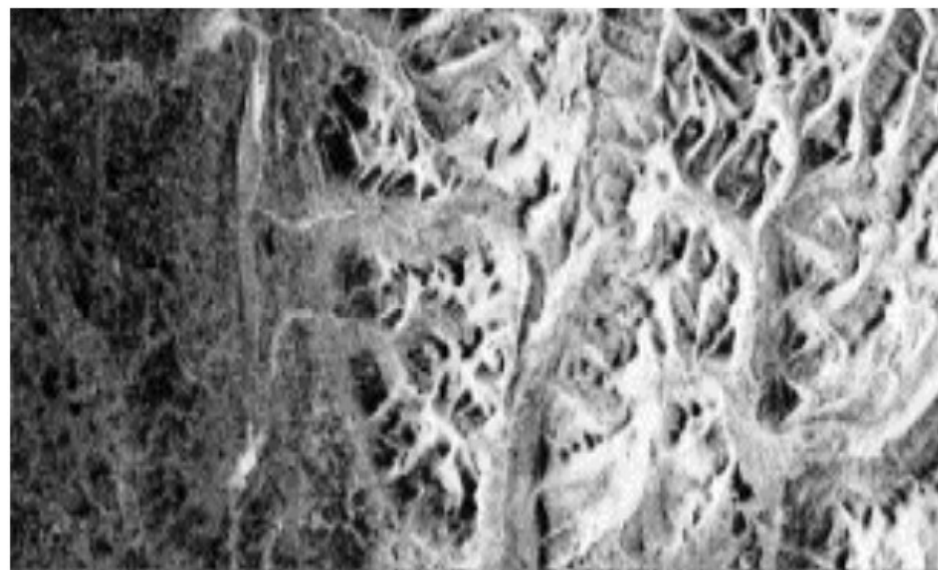
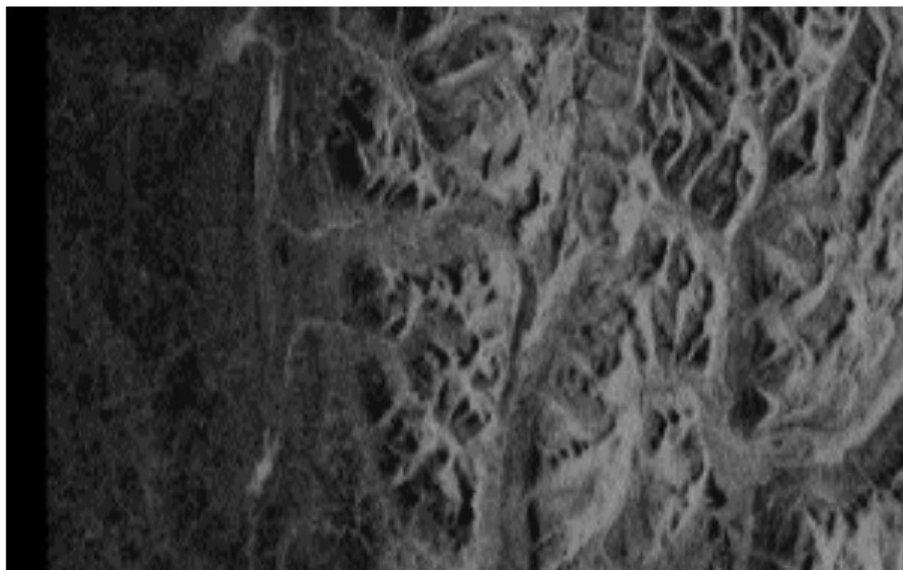
1079  $\approx n_0$       1015  $\approx n_0$       3012  $\approx 3n_0$       1170  $\approx n_0$

Количество пикселей	1079	1015	3012	0	0	1170			
Новый уровень яркости	0	1	2	3	4	5	6	7	8

- Рассмотренные процедуры выполняются для всех уровней яркости.

# Эквализация гистограммы (3)

14

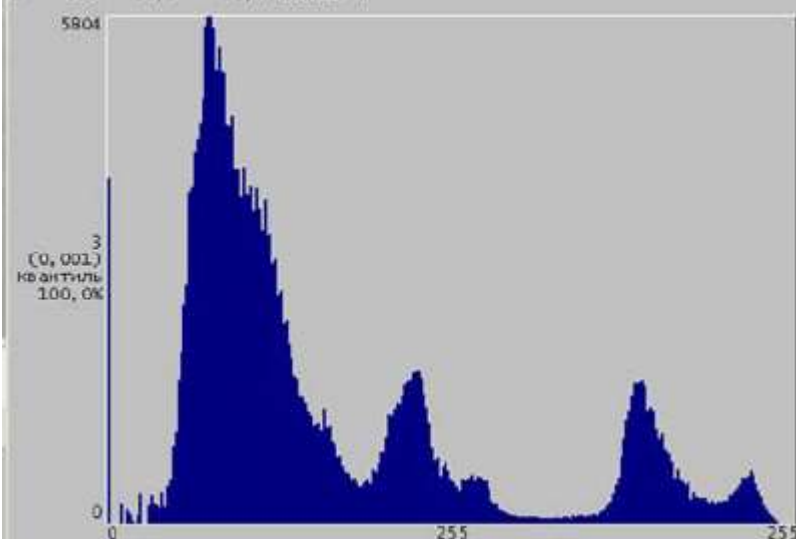


# Эквализация гистограммы (4)

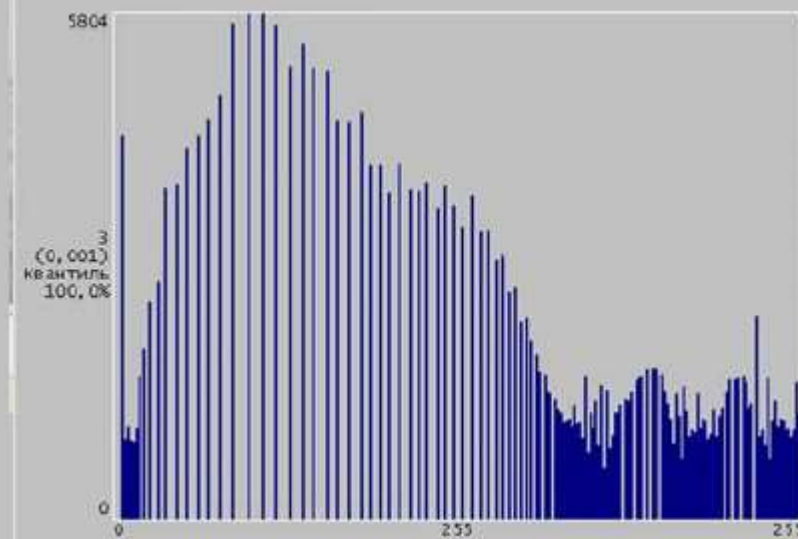
15



Мин. Макс. Среднее СКО учтено Пропущено  
0 255 80,9 58,7 280016 0



Мин. Макс. Среднее СКО учтено Пропущено  
3 255 128 73 280016 0



16

# Адаптивное контрастирование

Локальный контраст

Локальная статистика

Нелинейное усиление локального контраста

Определение нового значения яркости



# Локальный контраст в окрестности

17

- Пусть
  - ▣  $W$  – окрестность размером  $[n*m]$  с центром в точке  $(i, j)$
  - ▣  $L(i, j)$  – интенсивность изображения в точке  $(i, j)$
  - ▣  $H(L(i, j))$  – нормированное значение гистограммы яркости в рамках  $W$
- Момент 2-го порядка  $L(i, j)$  относительно среднего значения  $L$  в окрестности  $W$  (дисперсия):

$$\sigma^2(L) = \mu_2(L) = \sum_{(i,j) \in W} \left( L(i, j) - \bar{L} \right)^2 H(L(i, j))$$

- Нормированная мера локального контраста:

$$C(i, j) = 1 - \frac{1}{1 + k \cdot \sigma^2(L)}$$

- ▣ Где  $k=0.8$  – коэффициент нормирования, причём
- ▣  $C(i, j) = 0$  при равномерной яркости в окрестности  $W$
- ▣  $C(i, j) \rightarrow 1$  при высокой дисперсии

# Локальная статистика окрестности

18

- $\varepsilon$  – энтропия,
- $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение,
- $H_s$  – характеристика локальной скользящей окрестности

■ Например, функция протяженности гистограммы:

$$H_s(W(i, j)) = \frac{L_{\max}(W(i, j)) - L_{\min}(W(i, j))}{H_{\max}(W(i, j))}$$

- Где  $L_{\max}$ ,  $L_{\min}$  - максимальное и минимальное значения яркостей элементов скользящей окрестности  $W$ ;
- $H_{\max}$  - максимальное значение гистограммы уровней яркости элементов окрестности  $W$ .

# Нелинейное преобразование локального контраста

19

- Преобразование локального контраста нелинейной монотонной функцией  $F(C(i,j))$  с учётом характеристики окрестности  $W$ :

$$C^*(i,j) = F(C(i,j)) = C(i,j)^\alpha$$

- Где

$$\alpha = \alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) \frac{H_s(W(i,j)) - H_{s\min}(W(i,j))}{H_{s\max}(W(i,j)) - H_{s\min}(W(i,j))}$$

- $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$  — заданная область значений показателя степенной функции

# Определение нового значения яркости

20

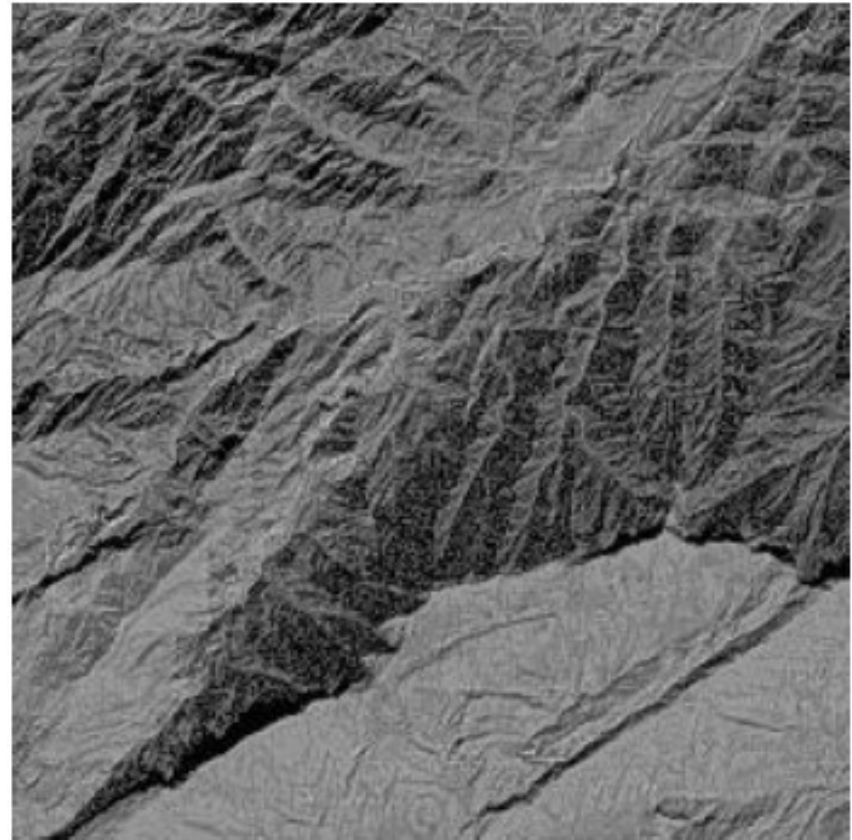
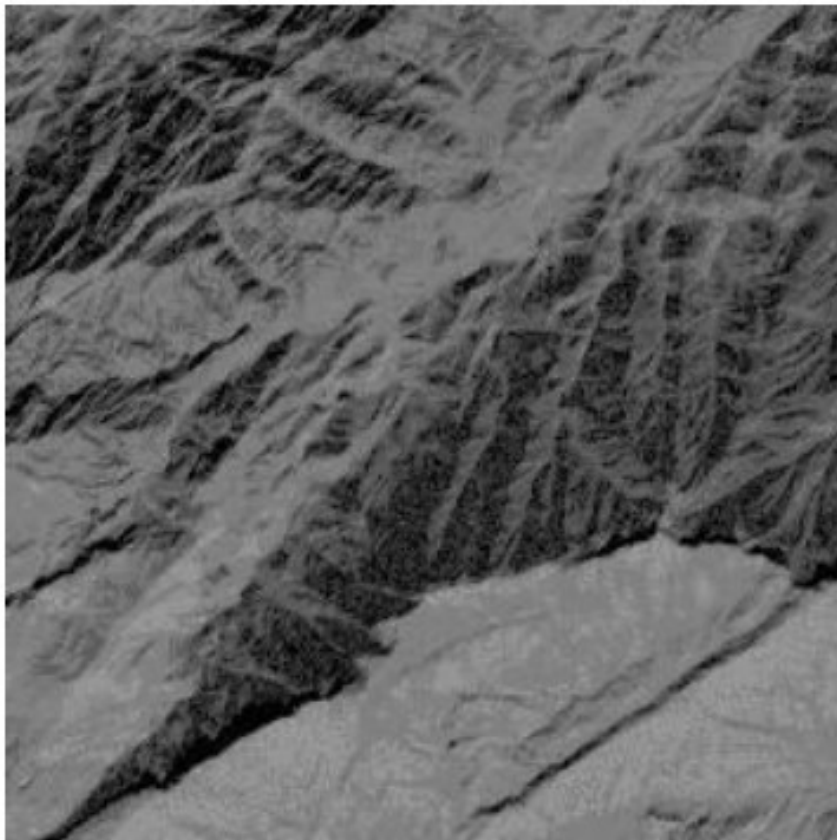
- Определение нового значения яркости  $L^*(i, j)$  на основе нового локального контраста  $C^*(i, j)$ :

$$L^*(i, j) = \bar{L}(i, j) + \sqrt{\frac{C^*(i, j) \cdot n \cdot m}{1 - C^*(i, j)} - \sum_{(i, j) \in W_2 - W_1} (L(i, j) - \bar{L}(i, j))^2 H(L(i, j))}$$

- Ограничения метода:
  - Изображения не должны содержать большого числа импульсных выбросов. Иначе это приводит к неправильному вычислению функции протяженности гистограммы.
  - Изображения не должны содержать темные или светлые области большой площади. Иначе это приведёт к неэффективному увеличению контраста.
  - Если изображение не отвечает выше перечисленным требованиям, то нужно провести его фильтрацию или градационную коррекцию.

# Пример адаптивного контрастирования

21



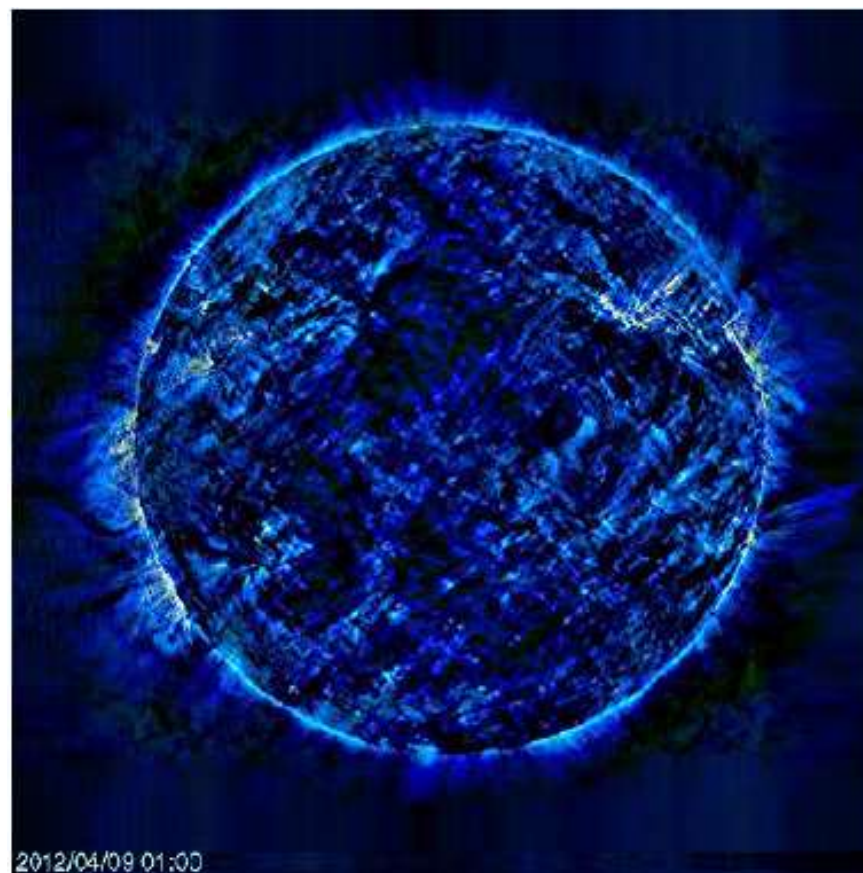
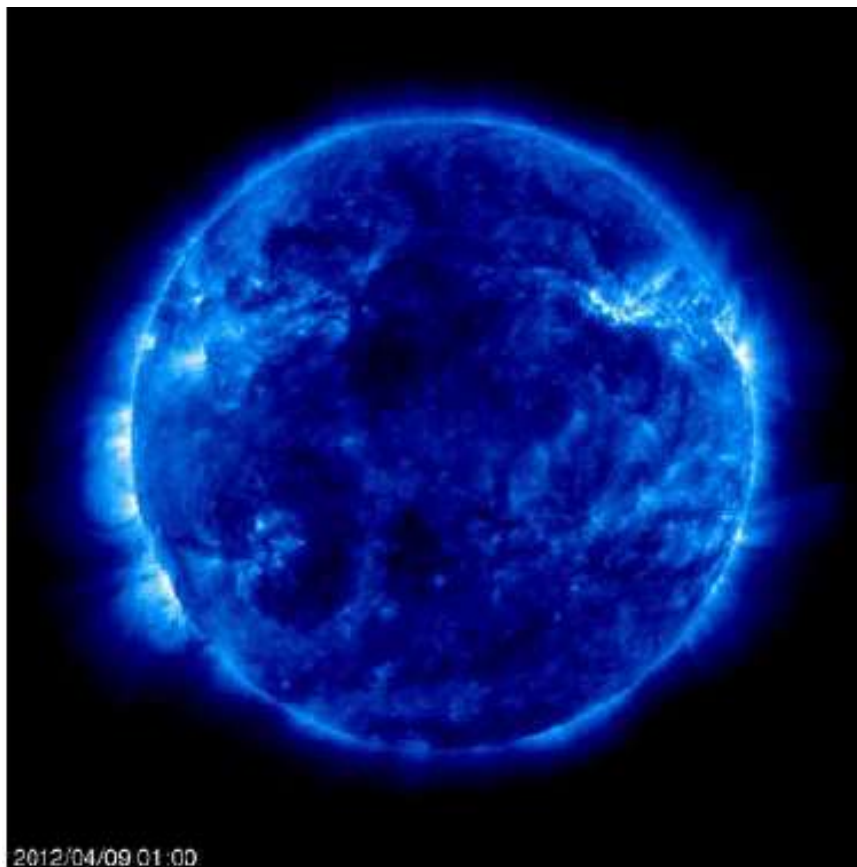
# SVD-контрастирование

22

- Факторизация Singular Value Decomposition
- Восстановление слабоконтрастных изображений на основе сингулярного разложения матрицы исходных данных, использующего логарифмическое преобразование сингулярных чисел совместно с процедурой фильтрации аддитивных помех

# Пример SVD-контрастирования

23





# Пример SVD-контрастирования

24





# Что почитать

25

- В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
- В.А. Лебедев, Адаптивное контрастирование изображений
- И.М.Журавель, Краткий курс теории обработки изображений, 1999 [Электронный ресурс]  
<http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>

26

## Улучшение резкости

APEX-метод

# Улучшение резкости изображений

27

- Carasso A.S. et al. - APEX method and real-time blind deconvolution of scanning electron microscope imagery



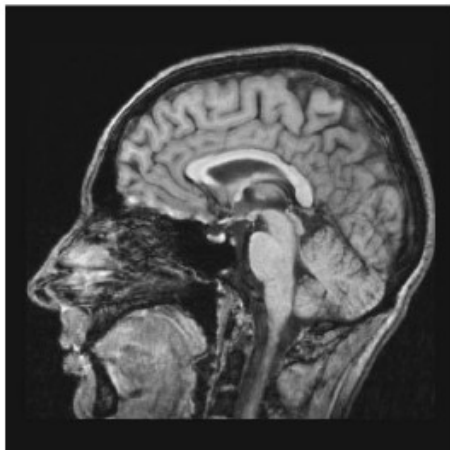
Adobe Acrobat  
Document



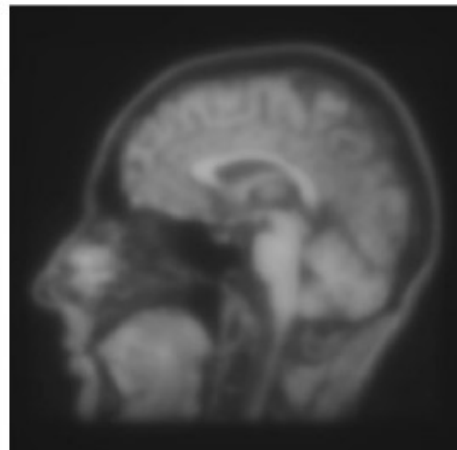
# АРЕХ-метод

28

А



В



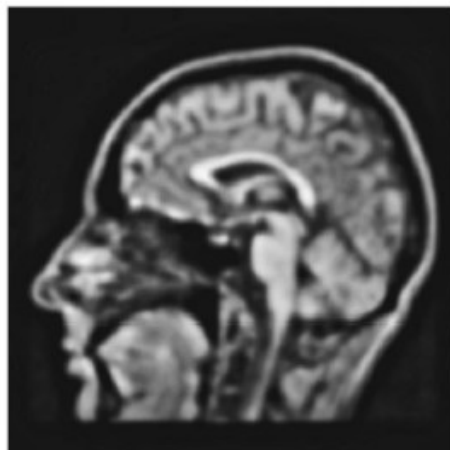
А



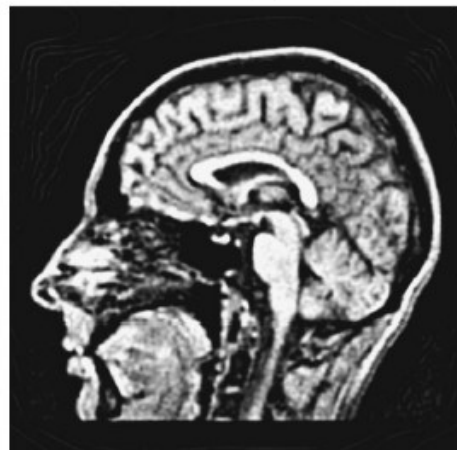
В



С



Д



С



Д





# Сжатие изображений

Без потери информации

С потерей информации

# Формат GIF

31

- Graphics Interchange Format – формат для обмена изображениями
- LZW-компрессия без потери качества
  - ▣ Lempel–Ziv–Welch
    - <https://en.wikipedia.org/wiki/Lempel%E2%80%93Ziv%E2%80%93Welch>
- Индексированная палитра из 256 цветов
- Один цвет может быть объявлен прозрачным
- Нет полупрозрачности (альфа-канала)
- Есть поддержка анимации: покадровое хранение с указанием времени показа.

# Формат PNG

32

- Portable Network Graphics – растровый формат хранения графической информации
  - ▣ Полутон 16 бит;
  - ▣ 8-битная палитра для 24-битных цветов;
  - ▣ Полноцветное изображение с глубиной 48 бит.
- Сжатие по алгоритму DEFLATE без потерь
  - ▣ Deflate <https://en.wikipedia.org/wiki/DEFLATE>
- Создан на замену простого проприетарного GIF и сложного TIFF
- Поддержка альфа-канала
- Поддержка гамма-коррекции: хранение коэффициента предискажения
- Нет анимации



# TIFF

33

- Tagged Image File Format – формат хранения растровых графических изображений:
  - ▣ Двухцветные
  - ▣ Полутоновые
  - ▣ Индексированная палитра
  - ▣ RGB, CMYK, YCbCr, CIE Lab
  - ▣ На канал 8, 16, 32, 64 бита
- Сжимает без потерь. Но может и с потерями:
  - ▣ Без потерь: RLE, LZW, LZ77, ZIP
    - LZ77, LZ78 [https://en.wikipedia.org/wiki/LZ77\\_and\\_LZ78](https://en.wikipedia.org/wiki/LZ77_and_LZ78)
    - RLE [https://en.wikipedia.org/wiki/Run-length\\_encoding](https://en.wikipedia.org/wiki/Run-length_encoding)
  - ▣ С потерями: используется JPEG внутри TIFF

# Формат JPEG

34

- Joint Photographic Experts Group – растровый графический формат
  - ▣ JPEG-LS – сжимает без потерь
  - ▣ JPEG – сжимает с потерями на основе DCT
    - DCT
      - [https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete\\_cosine\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform)
  - ▣ JPEG2000 – сжимает с потерями на основе вэйвлетов
- Конвертация RGB → YCbCr

# Что почитать

35

- Lempel–Ziv–Welch  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Lempel%E2%80%93Ziv%E2%80%93Welch>
- Deflate <https://en.wikipedia.org/wiki/DEFLATE>
- LZ77, LZ78  
[https://en.wikipedia.org/wiki/LZ77 and LZ78](https://en.wikipedia.org/wiki/LZ77_and_LZ78)
- DCT  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete cosine transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform)
- RLE [https://en.wikipedia.org/wiki/Run-length encoding](https://en.wikipedia.org/wiki/Run-length_encoding)
- Борисова И. Цифровые методы обработки информации. ISBN: 978-5-7782-2448-3