



ЛЕКЦИЯ 9. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ. КОНТРАСТИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Демидов Д.В.

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

План лекции

2

- Структурный анализ
 - ▣ Язык PDL
- Контрастирование
 - ▣ Глобальное контрастирование
 - ▣ Адаптивное контрастирование
- Улучшение резкости
 - ▣ APeX-метод

3

Структурный анализ

Picture Description Language

Структурные методы анализа

4

- Структурные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура состоит из регулярно или почти регулярно повторяющейся совокупности хорошо разделяемых примитивов (**микротекстуры**), которые расположены согласно некоторому правилу размещения и иерархически объединяются в пространственные упорядоченные структуры (**макротекстуры**).
- Под структурным описанием понимают текстуру как множество примитивных **текстелов**, расположенных в некотором регулярном или повторяющемся порядке.
- Для описания текстуры структурными методами необходимо определить примитивы и правила их объединения. Структурные методы хорошо подходят для анализа регулярных текстур, состоящих из простых регулярных примитивов.

Структурные методы анализа(2)

5

- Как только элементы текстуры идентифицированы, возможно применение двух основных подходов к анализу текстуры.
 - ▣ При первом подходе вычисляют статистические признаки извлеченных элементов текстуры и используют их как элементарные текстурные признаки.
 - ▣ При втором подходе необходимо выделить принцип расположения примитивов, который описывает текстуру. Последний подход может включать в себя геометрический или синтаксические методы анализа текстуры, например анализ диаграмм полигонов Вороного.

Picture Description Language

6

- Основная идея: строго специфицировать алгебру описания произвольных графических изображений на основе конечного множества графических примитивов и грамматики, порождающей (распознающей) все нужные изображения и только их.

Примитивы

7

- **Примитивы** — терминальные символы грамматики описания изображений — выбираются в зависимости от предметной области.
- Любой терминал определяется как объект с двумя выделенными точками — точкой начала (tail) и точкой конца (head).
- Любое изображение может быть представлено графом его примитивов, каждый из которых задается своим списком атрибутов:

PRIMITIVECLASS = (<NAME>, <спецификация tail>, <спецификация head>, <атрибут-1>, <атрибут-2>, ...<атрибут-N>)

- Допускается использование «пустых» (невидимых) примитивов, которые могут использоваться для связи отдельных фрагментов изображения или спецификации геометрических отношений между ними.
- Примитив λ (**null point**): хвост (tail) и голова (head) совпадают. Этот примитив представляет в графе помеченный узел (node).

Синтаксис языка PDL

8

□ Правила грамматики:

- ▣ $S \rightarrow p \mid (S \Theta S) \mid (\sim S) \mid (\neg S) \mid T(\omega) S \mid S\iota$
- ▣ $\Theta \rightarrow + \mid \times \mid - \mid * \mid \sim$
- ▣ p – примитивы
- ▣ $\{+, \times, -, *\}$ – бинарные операторы конкатенации
- ▣ $\{\sim, \neg, T(\omega)\}$ – унарные операторы
- ▣ ι – пометки в графе.

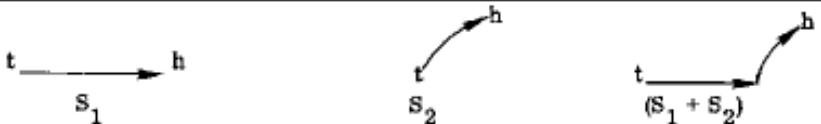
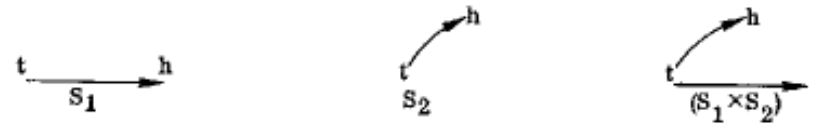
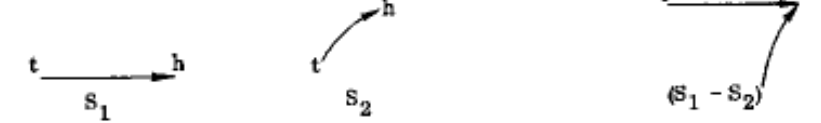
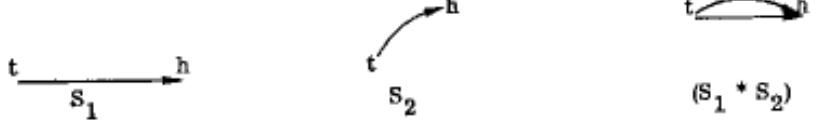
Операторы PDL

9

- Все бинарные операторы конкатенации определяются следующим образом:
 - ▣ $\text{Tail} ((S1 \ \theta \ S2)) = \text{Tail} (S1)$
 - ▣ $\text{Head} ((S1 \ \theta \ S2)) = \text{Head} (S2)$
 - ▣ Где $\theta \in \{+, \times, *, \sim\}$
- Унарные операторы:
 - ▣ $T(\omega)$ – используется для аффинных преобразований примитивов и/или классов примитивов;
 - ▣ « ι » – для присваивания меток объектам в графе изображения.

Семантика PDL

10

№	Оператор	Семантика оператора
1.	$(S_1 + S_2)$	
2.	$(S_1 \times S_2)$	
3.	$(S_1 - S_2)$	
4.	$(S_1 * S_2)$	
5.	$(S_1 \sim S_2)$	$\equiv (S_1 + (\sim S_2))$ для бинарного оператора « \sim »
6.	$(\sim S_2)$	<p>Tail $((\sim S)) = \text{Head } (S)$</p> <p>Head $((\sim S)) = \text{Tail } (S)$</p>
7.	$(\neg S)$	<p>Head $(\neg S) = \text{Head } (S)$</p> <p>Tail $(\neg S) = \text{Tail } (S)$</p>

Эквивалентность структур в PDL

11

- Эквивалентность структур $S1$ и $S2$ определяется следующим образом:
 - ▣ $S1$ слабо эквивалентен $S2$ ($S1 \equiv_w S2$), если существует изоморфизм между графами $S1$ и $S2$ такой, что их соответствующие дуги имеют одинаковые имена.
 - ▣ $S1$ эквивалентен $S2$ ($S1 \equiv S2$), если
 - $S1 \equiv_w S2$ и дополнительно
 - $\text{Tail}(S1) = \text{Tail}(S2)$ и
 - $\text{Head}(S1) = \text{Head}(S2)$.

Алгебраические свойства операторов в PDL

12

- Ассоциативность бинарных операторов
 - ▣ $((S1 + S2) + S3) \equiv (S1 + (S2 + S3))$
 - ▣ $((S1 \times S2) \times S3) \equiv (S1 \times (S2 \times S3))$
 - ▣ $((S1 - S2) - S3) \equiv (S1 - (S2 - S3))$
 - ▣ $((S1 * S2) * S3) \equiv (S1 * (S2 * S3))$
- Коммутативность оператора $*$
 - ▣ $(S1 * S2) \equiv (S2 * S1)$
- Слабая коммутативность операторов \times и $-$
 - ▣ $(S1 \times S2) \equiv_w (S2 \times S1)$
 - ▣ $(S1 - S2) \equiv_w (S2 - S1)$

Алгебраические свойства операторов в PDL (2)

13

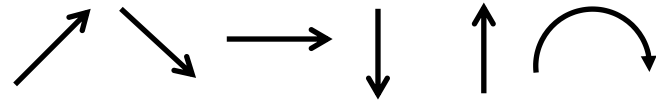
- Стандартные правила булевой алгебры для оператора \sim
 - $(\sim(S1 + S2)) \equiv ((\sim S2) + (\sim S1))$
 - $(\sim(S1 * S2)) \equiv ((\sim S2) * (\sim S1))$
- Правило де Моргана для оператора \sim по отношению к операторам \times и $-$
 - $(\sim(S1 \times S2)) \equiv ((\sim S2) - (\sim S1))$
 - $(\sim(S1 - S2)) \equiv ((\sim S2) \times (\sim S1))$
- Правила преобразования «пустых» примитивов
 - $(S \theta \lambda) \equiv (\lambda \theta S), \theta \in \{+, \times, -, *\}$
 - $(S \varphi \lambda) \equiv S, \varphi \in \{+, \times, -\}$
 - $(\sim \lambda) \equiv \lambda$
 - $(\lambda \theta \lambda) = \lambda$

Примеры описаний на PDL

14

- Определим 6 терминальных символов (примитивов)

- $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$:



- «Дом с круглой крышей»:

- $H \rightarrow ((p_6 * p_3) * ((p_4 + p_3) + p_5))$

- «Дом с треугольной крышей»:

- $H \rightarrow (((p_1 + p_2) * p_3) * ((p_4 + p_3) + p_5))$

- Класс «дом»:

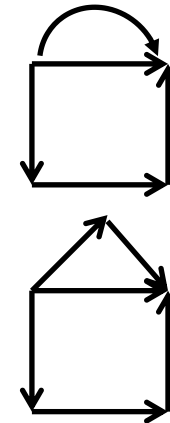
- $H \rightarrow (R * B)$

- $R \rightarrow R_1 \mid R_2$

- $R_1 \rightarrow ((p_1 + p_2) * p_3)$

- $R_2 \rightarrow (p_6 * p_3)$

- $B \rightarrow ((p_4 + p_3) + p_5)$



Общая схема распознавания изображений, описанных на PDL

15



- ❑ Блок формирования терминальных PDL-цепочек обеспечивает символическое представление изображений. В зависимости от типа грамматики распознавания изображений этот блок реализуется конечным автоматом, МП-автоматом или распознавателем расширенных сетей переходов Вудса.
- ❑ В случае успешного распознавания формируется дерево грамматического разбора входной PDL-строки.

Контрастирование

Линейное преобразование функции яркости

Степенное преобразование функции яркости

Логарифмическое преобразование функции яркости

Слабый контраст

17

- 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

18

- 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.

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

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

- Если нужно получить диапазон $[0..255]$, то:

$$g = \frac{f - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} * 255$$

Линейное контрастирование

19



Линейное контрастирование

20



Линейное контрастирование

21

при сѣмъ тронцѣ введѣнскѣ цркви : въ тѣмъ поглаголю
Единѣнствѣ есѣхъ : въ лѣто ѿ сотворѣнїа міра : 303
ѿ ржтѣва же по плоти бѣа слова : ѿ ѿчѣ : индикт
бѣ : мѣа генварѣа въ а дѣнь : на празникѣ есѣ
по плоти обрѣзанїа гдѣа бѣа и спѣа нашегѣо и
хѣа . и пѣамѣа нѣже ко стѣхѣ Оца нашегѣ
бѣа велїкагѣа : архїепкѣа кесарїи каппадокїи
совершенѣаже бѣа : того же лѣта : мѣа мѣрта
въ еі дѣнь : на пѣамѣа стѣхѣ мѣченикѣа агѣпѣа
тїмона и ромїла : и нѣже есѣ нѣмн . есѣ кнїгѣ

при сѣмъ тронцѣ введѣнскѣ цркви : въ тѣмъ поглаголю
Единѣнствѣ есѣхъ : въ лѣто ѿ сотворѣнїа міра : 303
ѿ ржтѣва же по плоти бѣа слова : ѿ ѿчѣ : индикт
бѣ : мѣа генварѣа въ а дѣнь : на празникѣ есѣ
по плоти обрѣзанїа гдѣа бѣа и спѣа нашегѣо и
хѣа . и пѣамѣа нѣже ко стѣхѣ Оца нашегѣ
бѣа велїкагѣа : архїепкѣа кесарїи каппадокїи
совершенѣаже бѣа : того же лѣта : мѣа мѣрта
въ еі дѣнь : на пѣамѣа стѣхѣ мѣченикѣа агѣпѣа
тїмона и ромїла : и нѣже есѣ нѣмн . есѣ кнїгѣ

Степенные преобразования

22

- 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, γ — 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

23



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

Степенные преобразования

24

при еѣ трѡнцѡ кведѣнскѡ цркви ѡ кѣтѣпограф
ѣднѡвѣрцевѣх ѡ кѣ лѣто ѡ сотворѣнїа мїра 7353
ѡ ржѣва же по плоти бѣа слова 7354 ѡ индикт
вї ѡ мѣа генварѣа кѣ а дѣнѣ ѡ на прѣзденство бѣ
по плоти обрѣзанїа гдѣ бѣа ѡ спѣа нашегѡ іс
ха ѡ ѡ пѣмѣтѣ ѡ же во стѣхѣх ѡца нашегѡ
васїлїа велїкагѡ ѡ архїепсѣпа кесарїн каппадокїнскїа
ѡ окершенїа же вѣстѣ ѡ тогѡ же лѣта ѡ мѣа мѣрта
кѣ еї дѣнѣ ѡ на пѣмѣтѣ стѣхѣх мѣченикѣх агѣпѣа
тїмона ѡ ромїла ѡ ѡ ѡ же сѣх ѡ нїмн ѡ сѣх кнїгѣ

[illegible]

$$c = 1, f_0 = 0, \gamma = 0.75$$

Логарифмические преобразования

25

- Вычисляются
 - ▣ математическое ожидание (среднее) $mean$,
 - ▣ минимальное значение яркости f_{\min} ,
 - ▣ максимальное значения яркости f_{\max} .
- Вычисляются два коэффициента преобразования:

$$PositiveAlpha = \frac{2^{L-1}}{\ln(\max(2, f_{\max} - mean))}$$

$$NegativeAlpha = \frac{2^{L-1}}{\ln(\max(2, mean - f_{\min}))}$$

Логарифмические преобразования

26

- Для всех отсчётов (пикселей) изображения вычисляется разность яркости и среднего значения сигнала:

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

- На основании этого значения формируется выходное изображение:

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

Пример логарифмического преобразования

27

[illegible]

при еѣ трѡнцѣ въведеніи въ цркви ѡбѣтъ по
единѡвѣрцевъ ѡбѣтъ ѡ сотвореніи міра ѡ
ѡржѣтвѣ же по плоти бѣа слово ѡ ѡмнѣ
бѣ ѡ мѣа гевварѣ въ а дѣнь ѡ на празничѣ
по плоти ѡбѣзаніи гдѣ бѣа ѡ спѣа нашего
ха ѡ ѡ пѣмѣтъ ѡ же ко стѣхъ ѡца нашего
бѣа мѣа велікаго ѡ архіепска кесаріи каппадокии
совершенѣ же бѣа ѡ того же мѣа ѡ мѣа
въ еѣ дѣнь ѡ на пѣмѣтъ стѣхъ мѣченикѣ агѣа
тѣмона ѡ ромѣа ѡ ѡ ѡ же съ ѡмнѣ ѡ кнѣ

$$L = 6$$

Эквализация гистограммы

Эквализация гистограммы

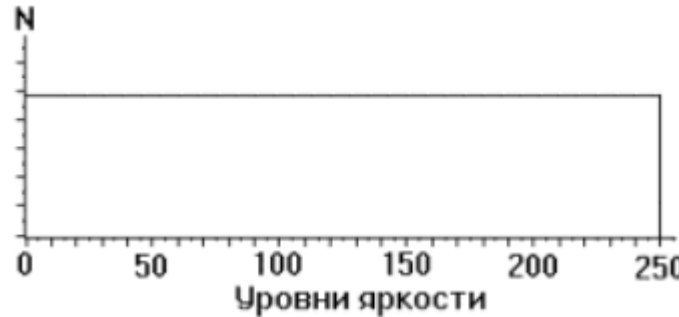
29

- Эквализация — процедура выравнивания гистограммы изображения путем изменения яркости отдельных пикселей.
- Гистограмма произвольного изображения представляет собой график, отображающий в виде пиков количество пикселей в изображении с определенной яркостью
- Как правило, для некоторого изображения гистограмма представляет собой множество пиков, неравномерно распределенных по графику.

Эквализация гистограммы

30

- 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)

31

- Расстояние Δg_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,

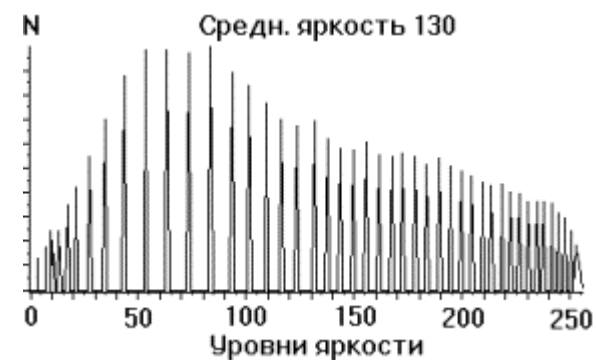
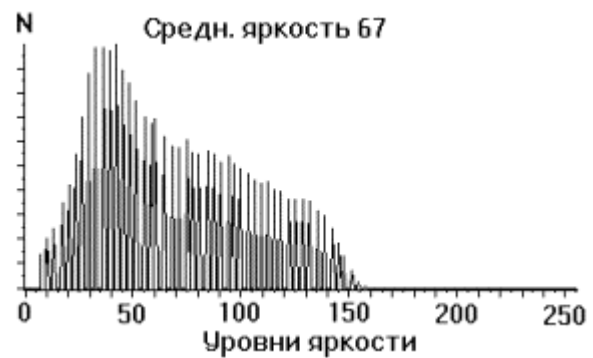
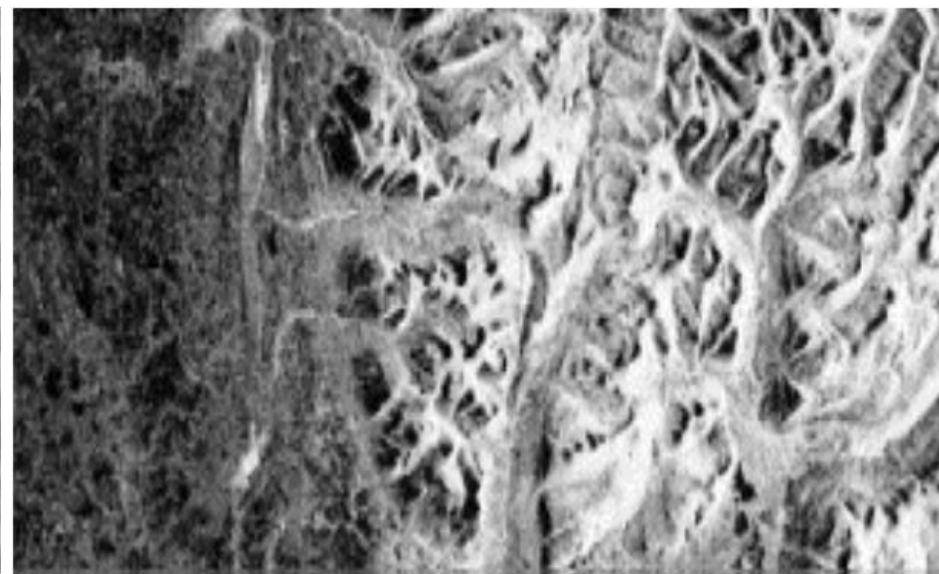
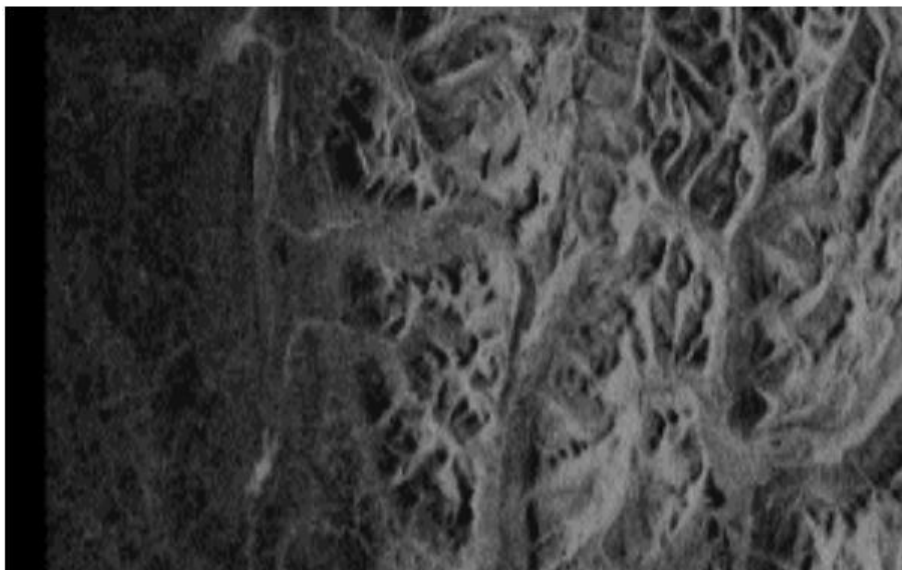
Уровень яркости	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество пикселей	188	347	544	315	700	3012	435	230	505

	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.

Пример эквализации

32



33

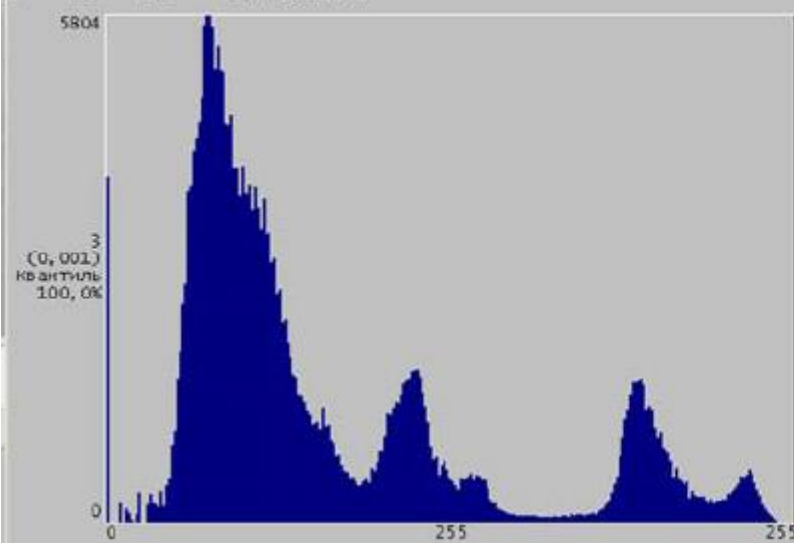
при сѣмъ трѣнцѣ кведѣнскѣ цркви ѿ вхъ тѣмъ пограбѣ
ѣдиновѣрцевъ ѿ вхъ лѣтъ ѿ сотворѣнїа мїра 7353
ѿ ржѣтва же по плоти бгѣ слова 7504 ѿ индикт.
ѿ мѣа генварѣ вхъ ѿ дѣнь ѿ напразднество ѿ
по плоти обрѣзанїа гдѣ бгѣ ѿ спса нашегѣ ѿ
ха . ѿ памѣть ѿ же во стѣхъ оца нашегѣ
васїїа велїкагѣ ѿ архїєпискѣпа кесарїи каппадокїнскїа
совершенѣ же бысть ѿ того же лѣта ѿ мѣа мѣрта
вхъ ѿ дѣнь ѿ на памѣть стѣхъ мученикѣ агѣпѣ
тїмона ѿ ромїла ѿ ѿ же съ нїми . съ кнїгѣ

Пример эквализации

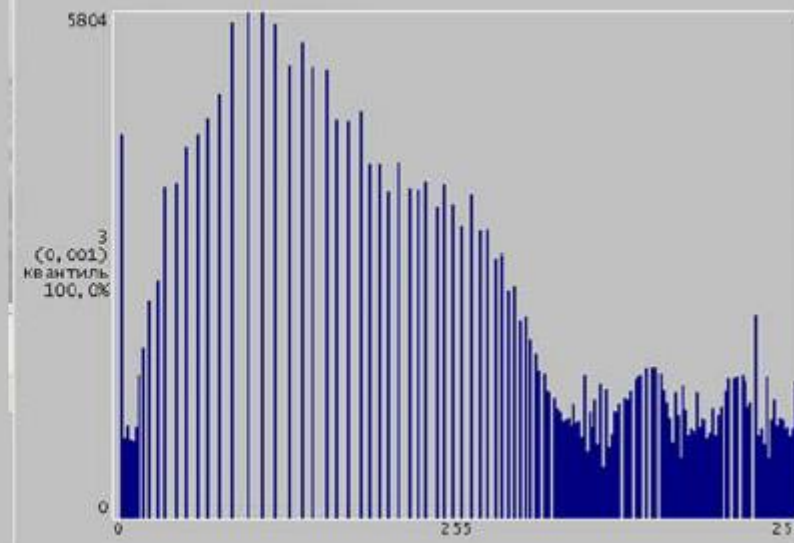
34



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



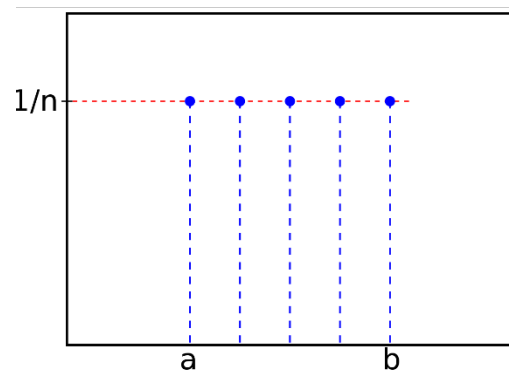
Мин. Макс. Среднее СКО Учтено Пропущено
3 255 128 73 280016 0



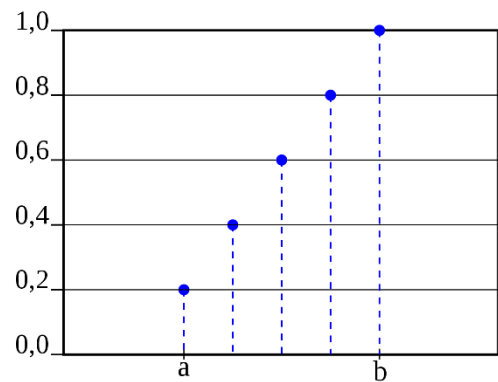
Функция вероятности и функция распределения вероятности

35

- Цель эквализации — приблизить распределение интенсивностей к равномерному.
- PMF — вероятность (частота) каждого числа в наборе данных.
- CDF — функция, которая вычисляет совокупную сумму всех значений, рассчитанных в PMF.



Функция вероятности
Probability mass function



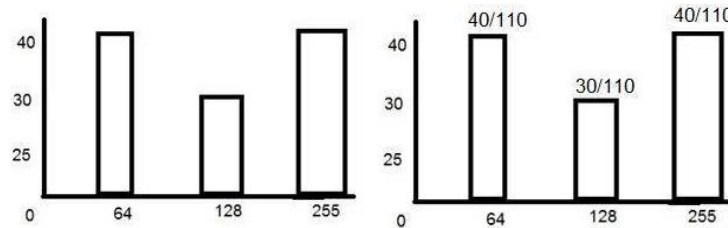
Функция распределения
Cumulative distribution function

Дискретное равномерное распределение

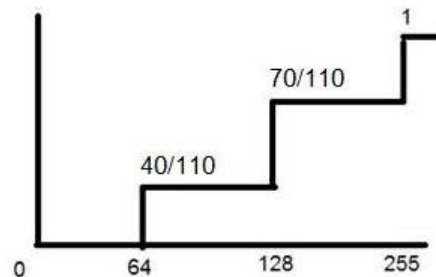
Вычисление PMF и CDF

36

- PMF можно получить из гистограммы, которая в нашем случае показывает частоту значений уровня серого для изображения с 8 битами на пиксель. Чтобы это сделать, мы просто делим частоту каждого вхождения на суммарное число пикселей (нормализуем в диапазон $[0, 1]$).



- Для получения CDF мы просто последовательно складываем значения PMF.
- Таким образом, получаем монотонно возрастающую функцию, что является необходимым условием выравнивания гистограммы.



Эквализация гистограммы (II)

37

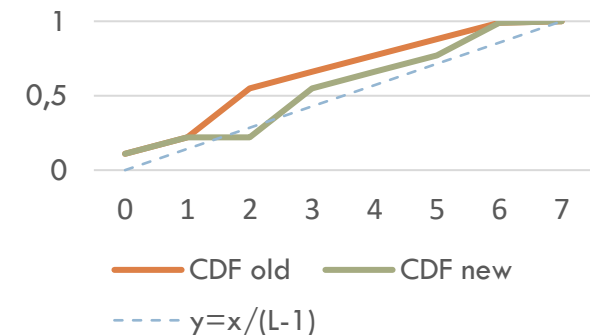
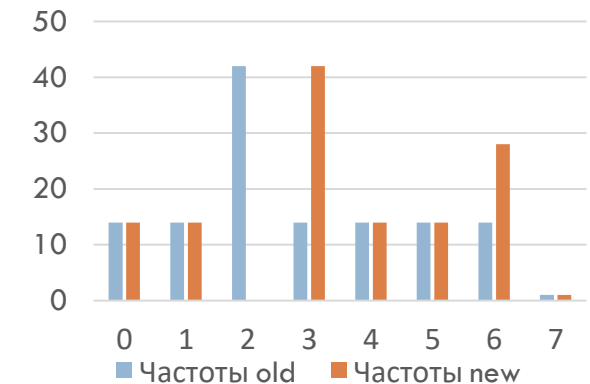
- Предположим, что изображение, имеет 8 уровней интенсивности. Тогда, построив гистограмму, пусть наша функция распределения (CDF) приняла следующий вид (L — число градаций интенсивности):

Частоты	14	14	42	14	14	14	14	1
Значение уровня интенсивности	0	1	2	3	4	5	6	7
CDF	0,11	0,22	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1
CDF * (L-1)	0	1	3	4	5	6	6	7

- Пропущена интенсивность 2, а интенсивности 5 и 6 переходят в одну и ту же — в 6. На графике CDF приблизилась к прямой линии.

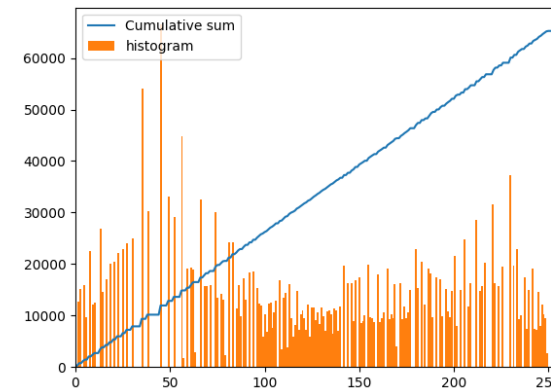
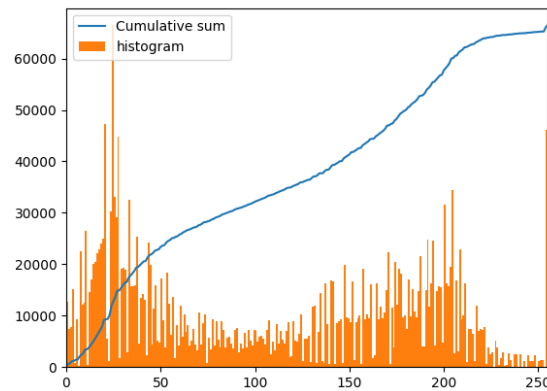
Частоты	14	14	0	42	14	14	28	1
Значение уровня интенсивности	0	1	2	3	4	5	6	7
CDF	0,11	0,22	0,22	0,55	0,66	0,77	0,99	1

- Для преобразования изображения интенсивность исходного пикселя используется как индекс для массива, содержащего новые уровни интенсивности (т.е. значения, записанные в строке CDF*(L-1))



Мост

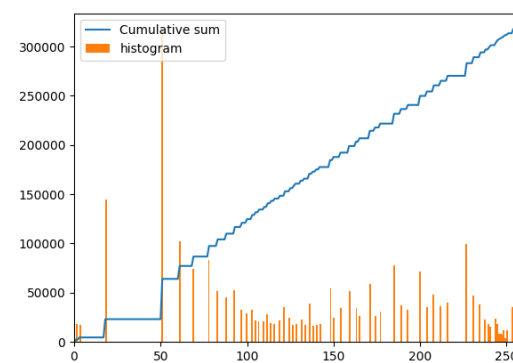
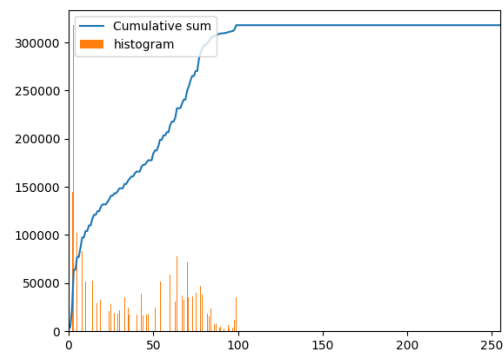
38



- Гистограммы после эквализации имеют своеобразные заметные разрывы.
- Это связано с тем, что динамический диапазон выходного изображения шире диапазона исходного.

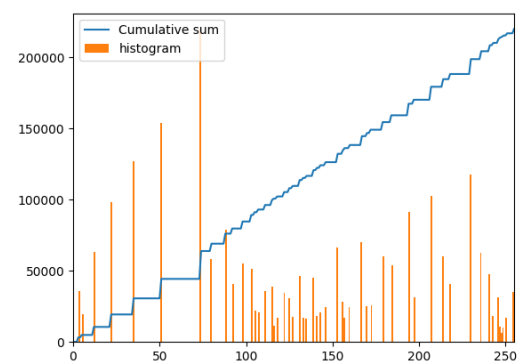
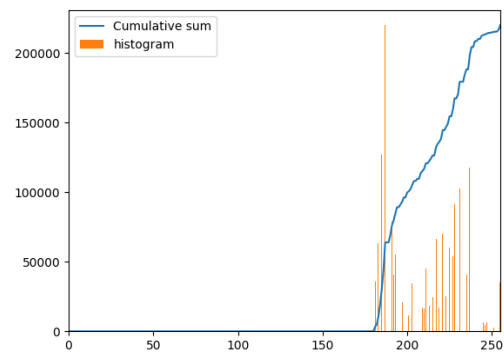
Мост (тёмное изображение)

39



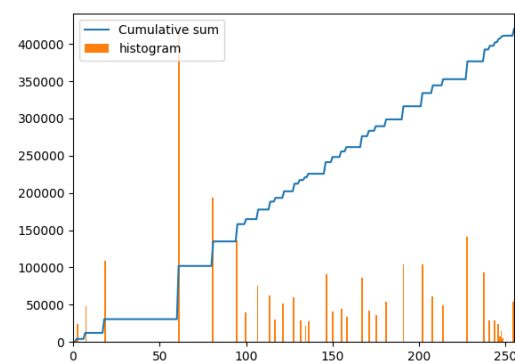
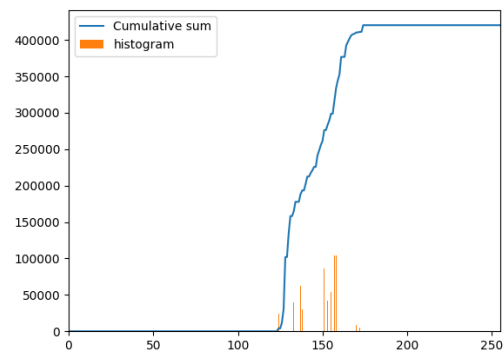
Мост (светлое изображение)

40



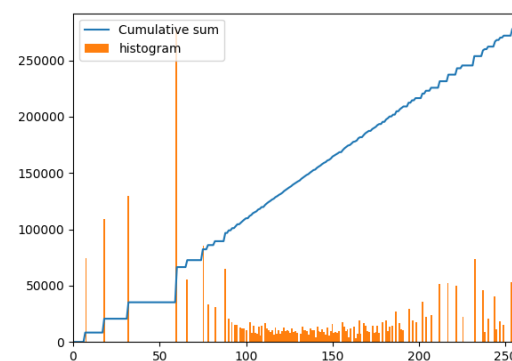
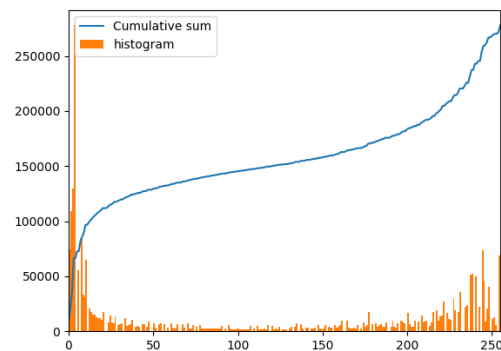
Мост (низкоконтрастное изображение)

41



Мост (высококонтрастное изображение)

42



Эквализация гистограммы для цветных изображений

43

- ❑ Не применяйте эквализацию к каналам RGB. В некоторых редких случаях это позволяет добиться успеха, но в большинстве случаев цвета получаются неестественными и холодными.
- ❑ В цветовом пространстве HSI есть отдельный канал интенсивности. Именно к этому каналу и стоит применять эквализацию.



Адаптивное контрастирование

Локальный контраст

Локальная статистика

Нелинейное усиление локального контраста

Определение нового значения яркости

Локальный контраст в окрестности

45

- 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):

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

- 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

46

- ε — энтропия,
- σ — 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

47

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

- Где

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

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

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

Определение нового значения яркости

48

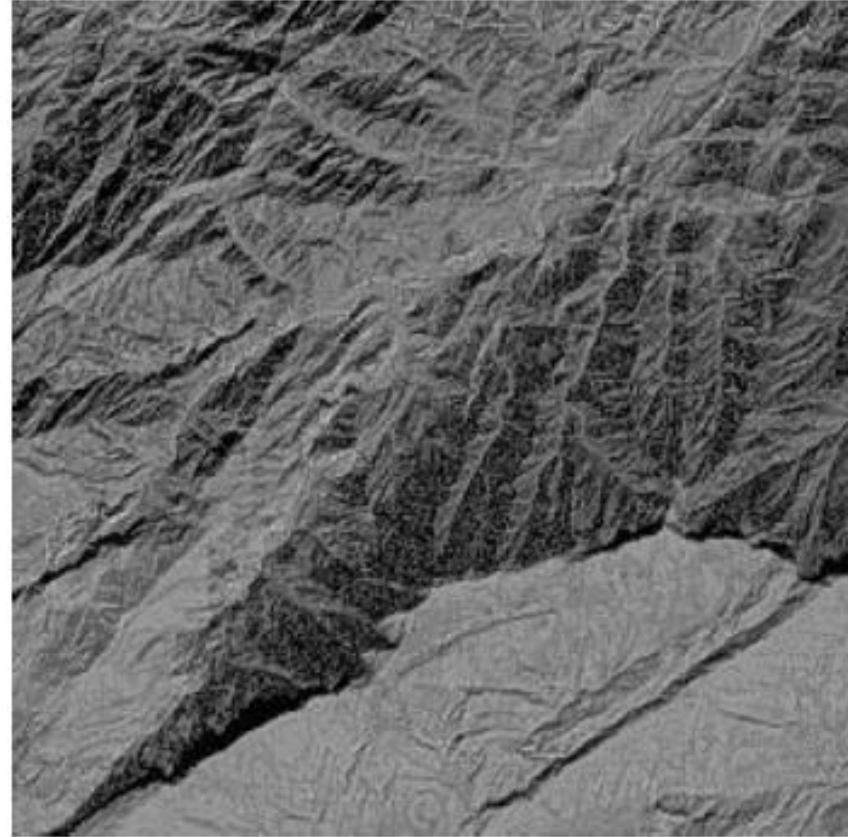
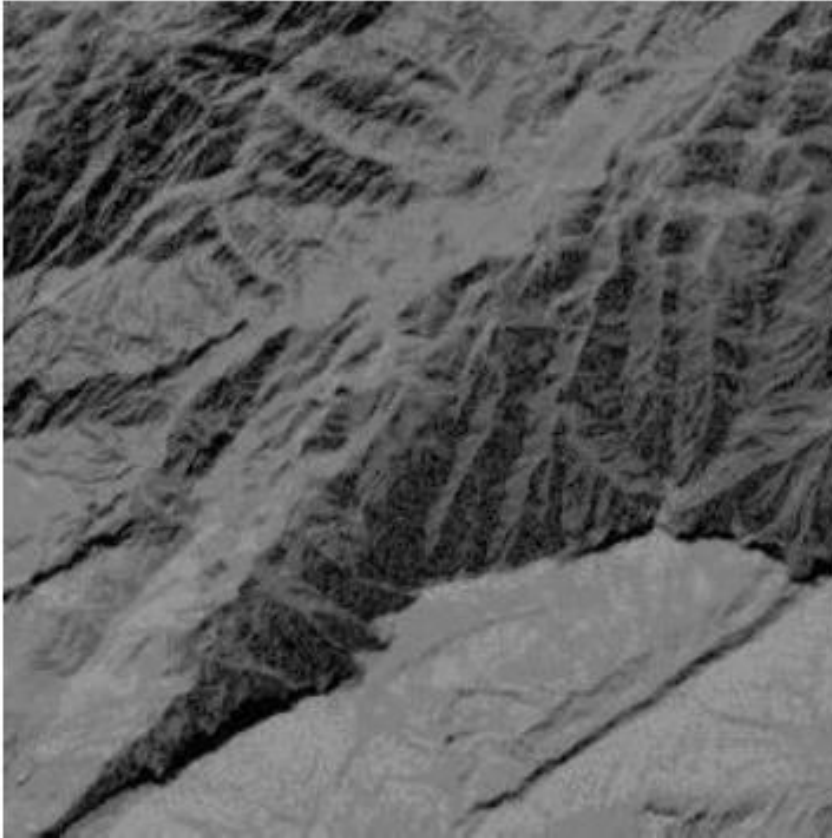
- Определение нового значения яркости $L^*(i, j)$ на основе нового локального контраста $C^*(i, j)$:

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

- 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

49



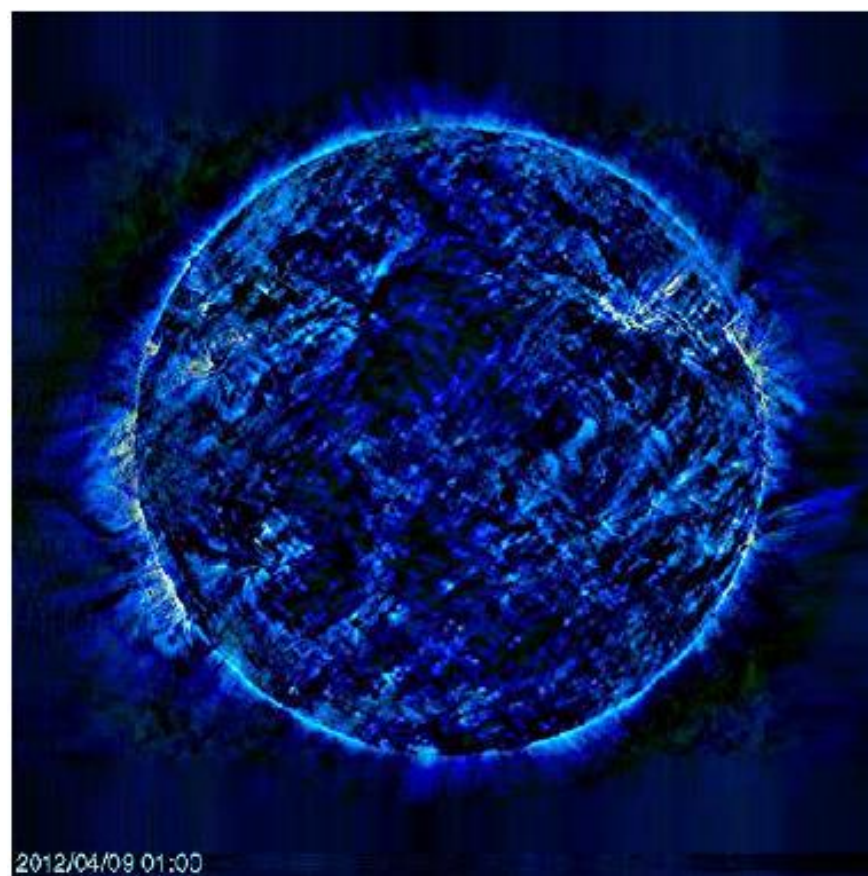
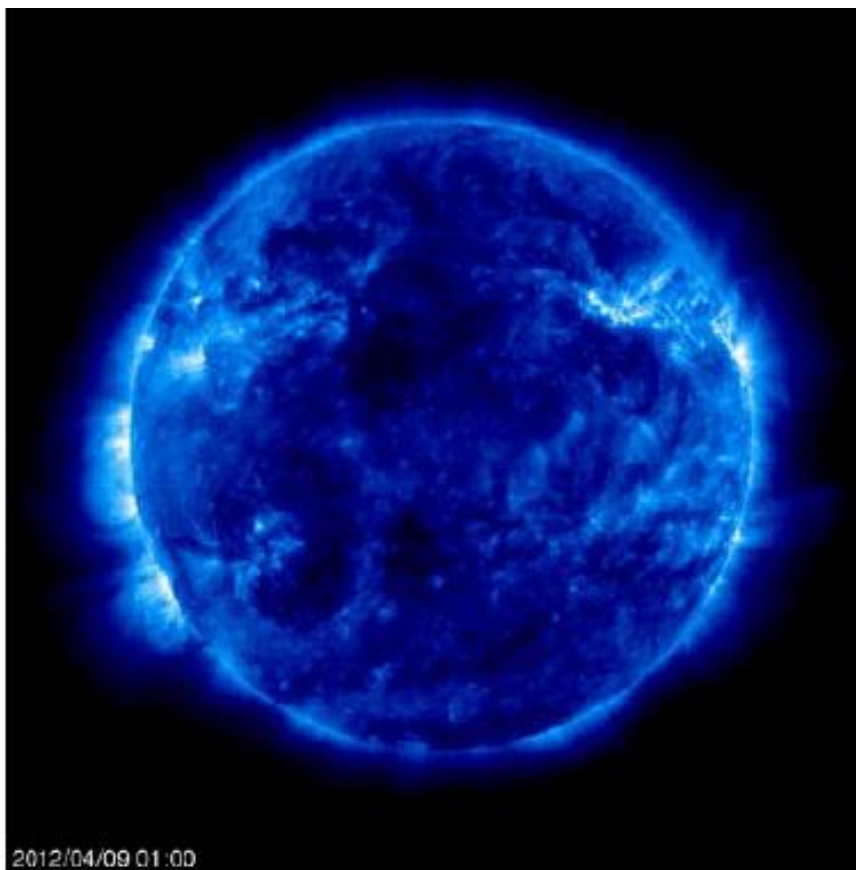
SVD-контрастирование

50

- 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

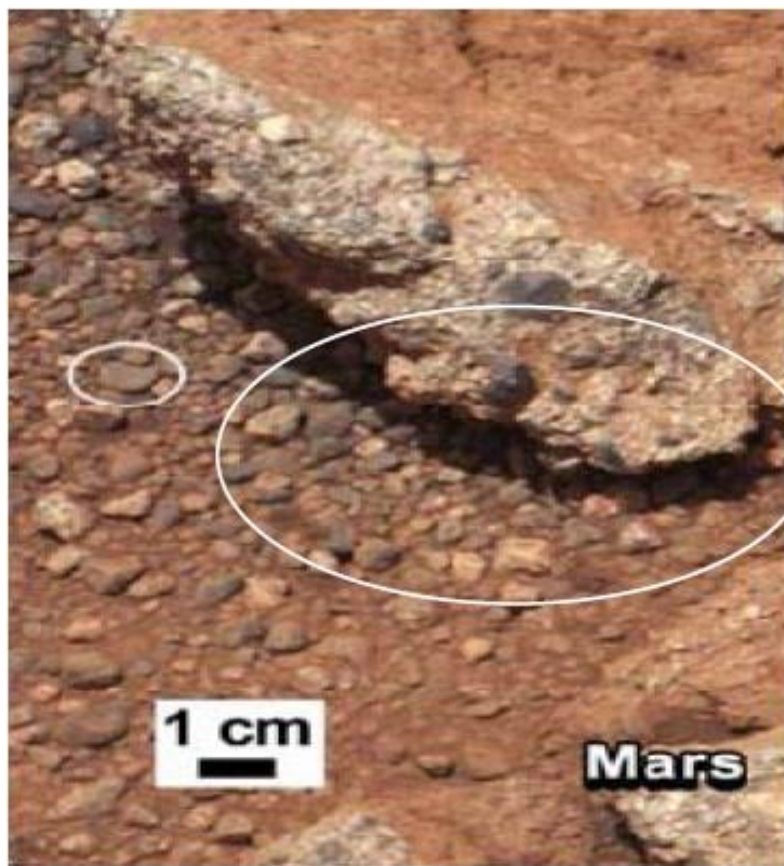
Пример SVD-контрастирования

51



Пример SVD-контрастирования

52



Улучшение резкости

APEX-метод

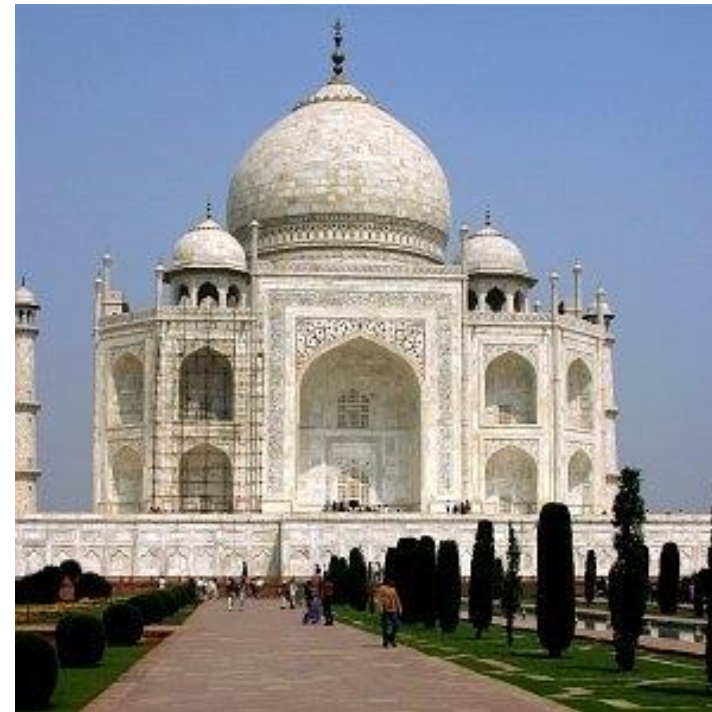
Улучшение резкости изображений

54

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

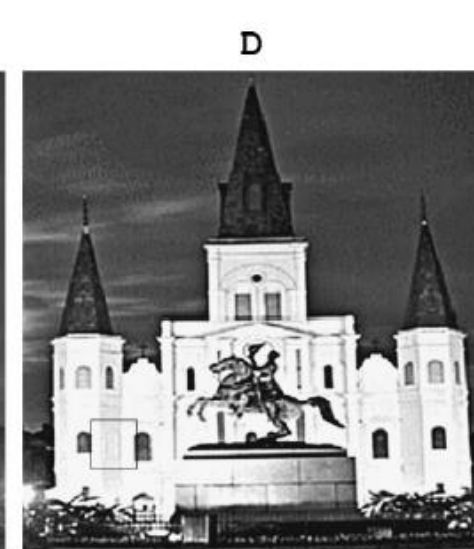
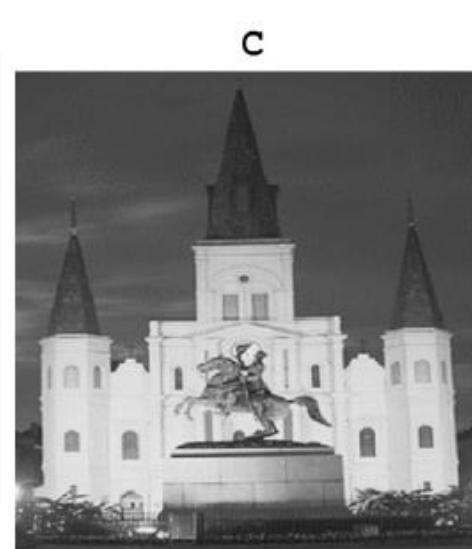
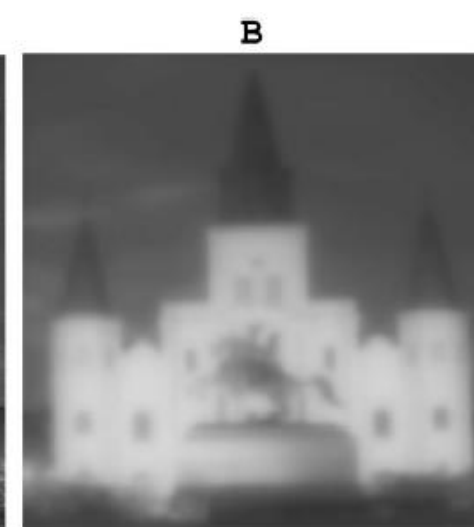
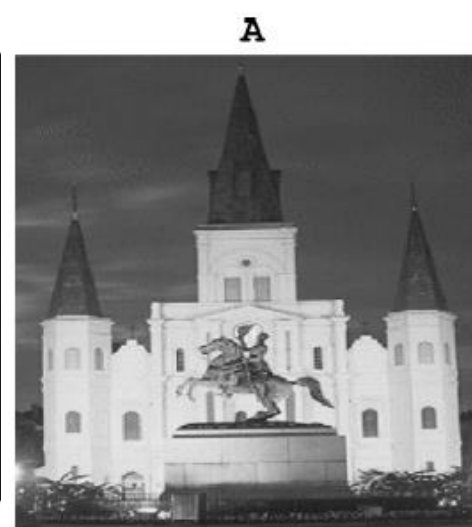
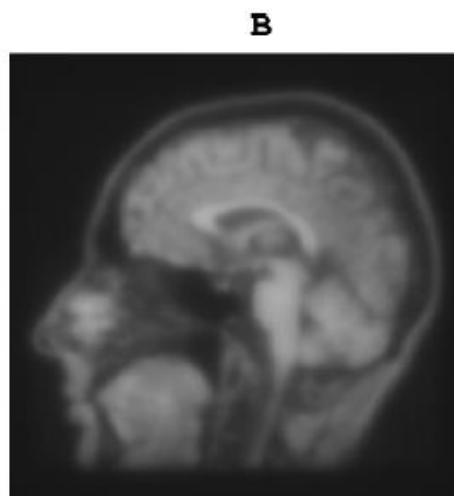
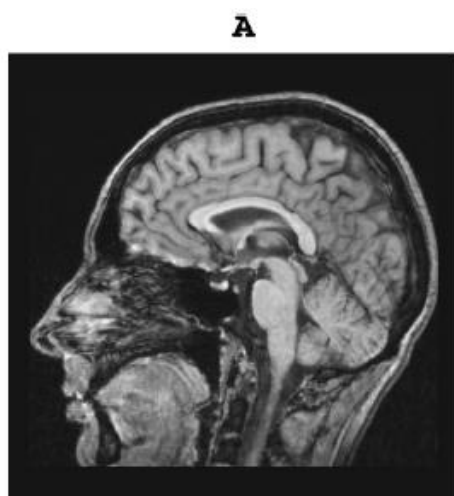


Adobe Acrobat
Document



АРЕХ-метод

55



Что почитать

56

- Shaw A. A Formal Picture Description Scheme as a Basis // Information and control 14, 9–52 (1969)
- Хорошевский В. Ф. Об одном методе семантической интерпретации паттернов данных на основе структурного подхода : препринт WP7/2012/08 [Текст] / В. Ф. Хорошевский; НИУ «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012.
- Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. — 192 с.
- Рубис, Визильтер et al. Морфологическая фильтрация изображений на основе взаимного контрастирования '2016.
- Kumar et al. Image Contrast Enhancement using DWT-SVD based Masking Technique '2017.
- Дмитриев, Бауков. Разработка алгоритма улучшения контраста видеоизображений '2023
- Борисова И. Цифровые методы обработки информации. ISBN: 978-5-7782-2448-3
- Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Москва: Техносфера, 2012. — 1104 с.
- Журавель И.М. Краткий курс теории обработки изображений, 1999 [Электронный ресурс]
<http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>