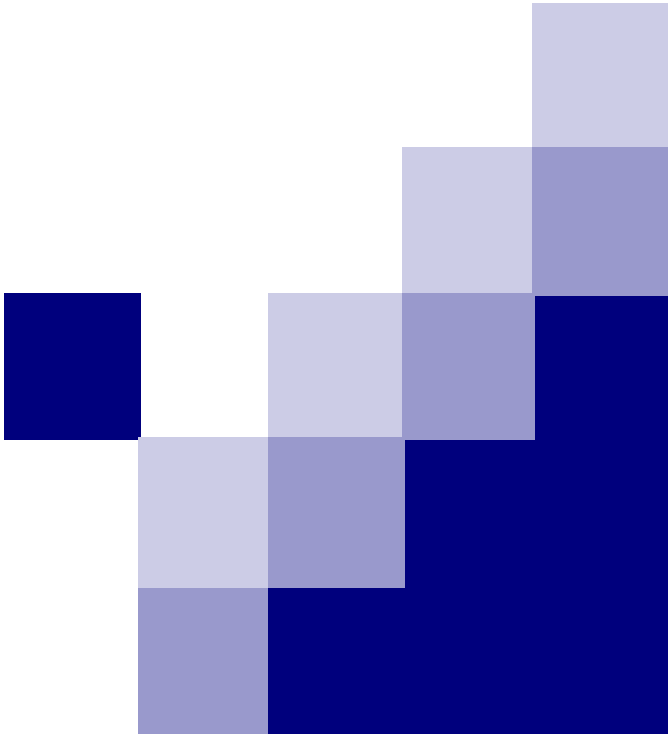




Компьютерная Графика

Обработка изображений

Геометрические преобразования

■ Преобразование сдвига

- замена – новый пиксел заменяет старый
- исключающее ИЛИ

■ Преобразование масштабирования

- целочисленное (zoom)
- произвольное (transfocation)

■ Преобразование поворота

$$X_n = X \cos \varphi - Y \sin \varphi, \quad Y_n = X \sin \varphi + Y \cos \varphi$$

$$X = X_n \cos \varphi + Y_n \sin \varphi, \quad Y = -X_n \sin \varphi + Y_n \cos \varphi$$

Алгоритм масштабирования

```
#define Max 13 // размер исходного массива
#define Min 7  // размер результирующего массива
char  isx[Max]; // исходный массив пикселей
char  rez[Min]; // результирующий массив пикселей
int    ist;      // целая часть приращения индекса большего
                // массива при смещении на 1 по меньшему
float rst;       // дробная часть приращения индекса большего
                // массива при смещении на 1 по меньшему
int    iwr;      // индекс записи
int    ird;      // целая часть индекса чтения
float rrd;       // дробная часть индекса чтения
void main (void) {
    ist= (int)(Max / Min);
    rst= (float)(Max - ist*Min)/(float)Min;
    ird= 0;  rrd= 0.0;
    for (iwr=0; iwr < Min; iwr++) {
        ird= ird + ist; // накопление целой части индекса;
        rrd= rrd + rst; // накопление дробной части индекса;
        if (rrd >= 1.0) {rrd=rrd-1.0; ird=ird+1;}
        rez[iwr]= rez[ird-1];
    }
}
```

Алгоритм масштабирования 2

```
#define Max 13 // размер исходного массива
#define Min 7  // размер результирующего массива
char  isx[Max]; // исходный массив пикселов
char  rez[Min]; // результирующий массив пикселов
int    ist;     // целая часть приращения индекса большего
              // массива при смещении на 1 по меньшему
int    rst;     // остаток от приращения индекса
              // меньшего массива
int    iwr;     // индекс записи
int    ird;     // целая часть индекса чтения
int    rrd;     // остаток индекса чтения
void main (void) {
    ist= (int)(Max / Min);
    rst= Max - ist*Min;
    ird= 0;  rrd= 0.0;
    for (iwr=0; iwr < Min; iwr++) {
        ird= ird + ist; // накопление целой части индекса;
        rrd= rrd + rst; // накопление дробной части индекса;
        if (rrd >= Min) {rrd= rrd - Min;  ird= ird + 1; }
        rez[iwr]= rez[ird-1];
    }
}
```

Проблемы

■ Шум

- шум в плохо освещенных областях
- баланс чувствительность (ISO) / шум
- выпавшие пиксели



■ Разрешение: больше мегапикселей – лучше?

- требуется качественная оптика
- увеличивается шум



■ Обработка в камере

- подчеркивание резкости приводит к артефактам

■ RAW vs. compressed

- размер или качество

■ Blooming

- заряд перетекает в соседние ячейки

■ Артефакты цвета

- шумы от байеровских шаблонов
- баланс белого



Фильтрация изображений

$$P = \{p_{ij}\}, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}$$

$$p'_{ij} = f(p_{ij}), \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}$$

$$p'_{ij} = k \cdot p_{ij} + C, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}$$

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)

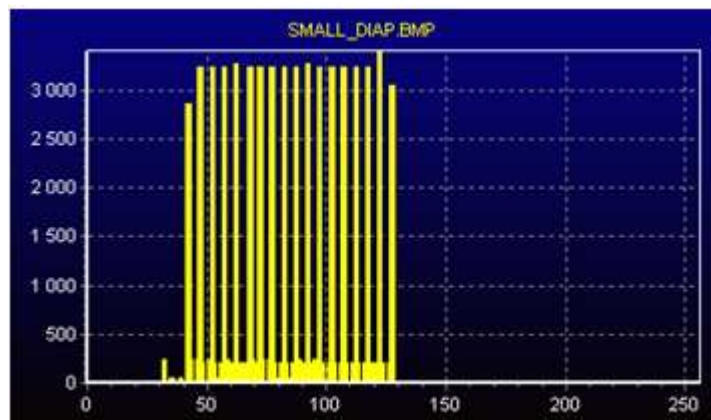
Коррекция - к каждому пикселю применяется преобразование яркостей, компенсирующий нежелательный эффект:

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

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

Линейная коррекция

Компенсация узкого диапазона яркостей – линейное растяжение:



$$f^{-1}(y) = (y - y_{\min}) * \frac{(255 - 0)}{(y_{\max} - y_{\min})}$$

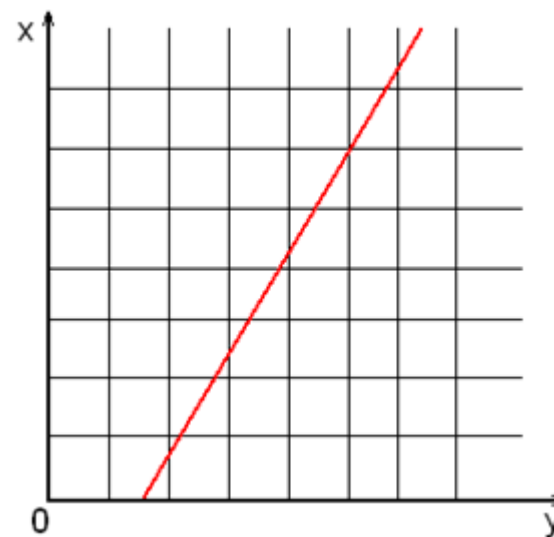
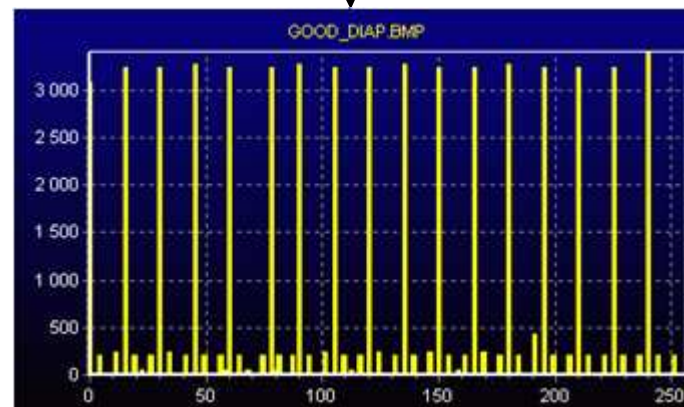
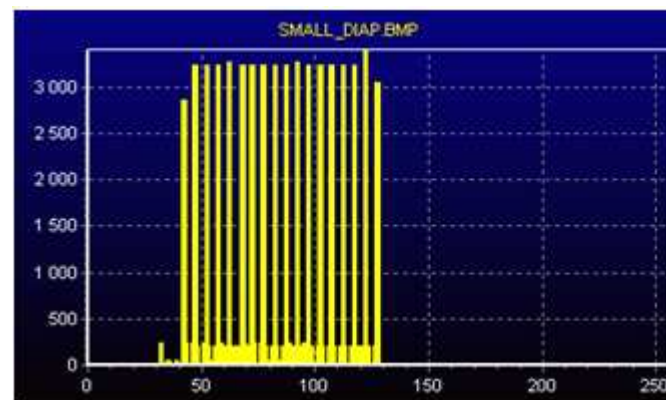


График функции $f^{-1}(y)$

Линейная коррекция

Компенсация узкого диапазона яркостей – линейное растяжение:



Линейная коррекция

Линейное растяжение – «как AutoContrast в Photoshop»



Линейная коррекция

Линейная коррекция помогает не всегда!



Нелинейная коррекция

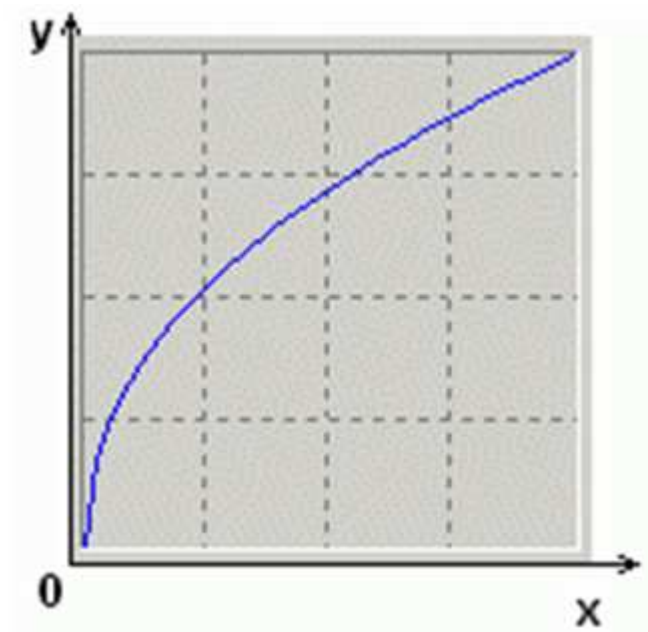


График функции $f^{-1}(y)$

Нелинейная коррекция

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

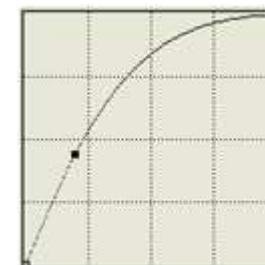
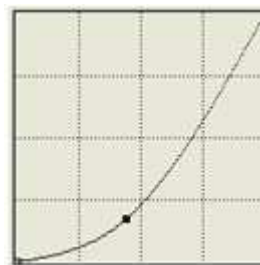
$$y = c \cdot \log(1 + x)$$

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

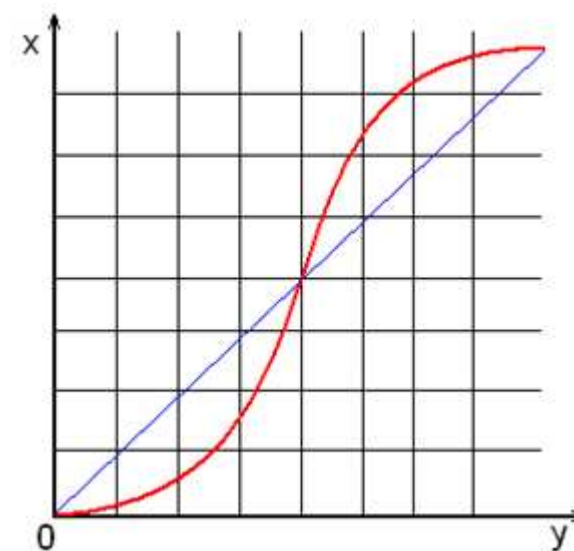
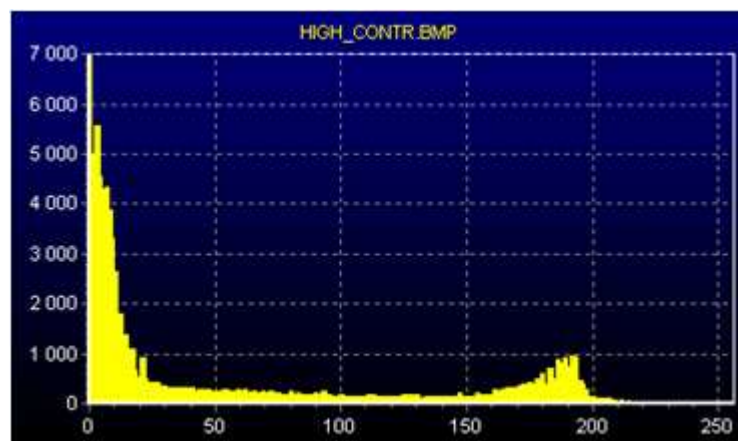
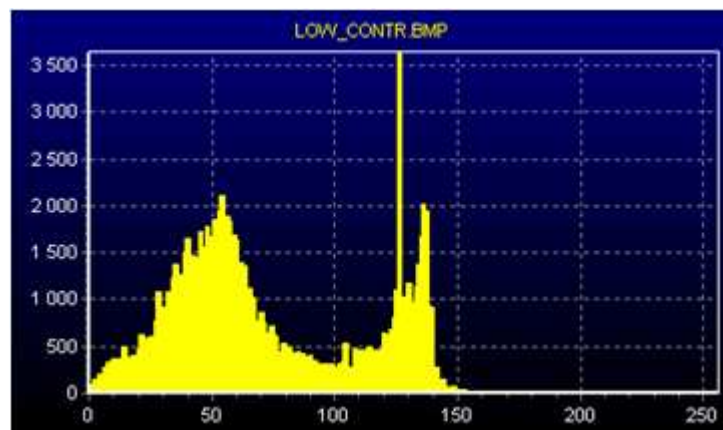
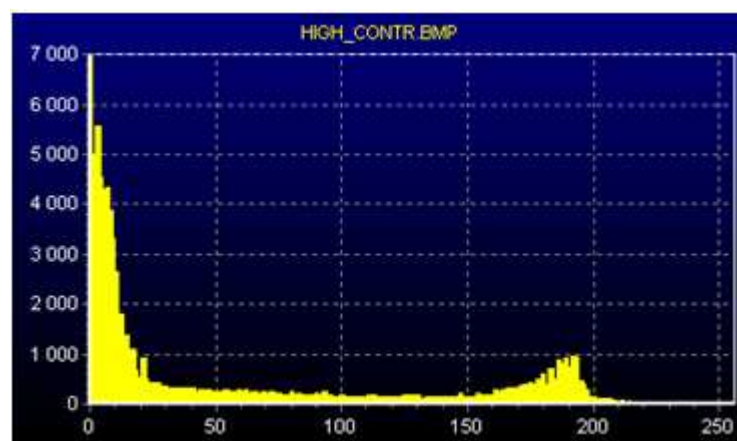
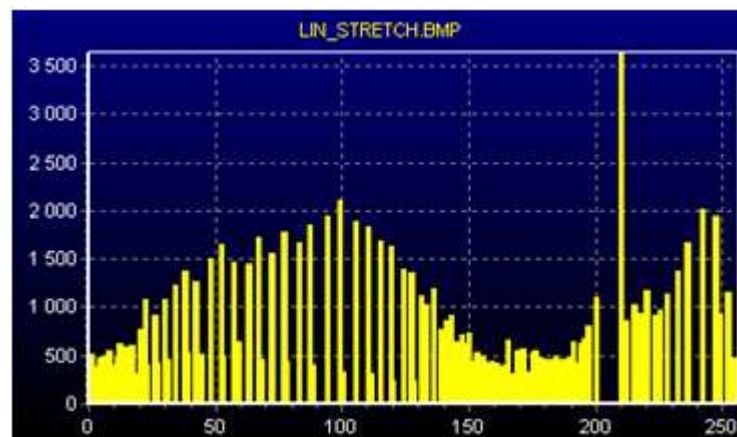


График функции $f^{-1}(y)$

Сравнение линейной и нелинейной коррекции



Баланс белого (цветовой баланс)

- Когда мы смотрим на картинку на экране или бумаге, глаз адаптируется к освещению комнаты, а не к изображению
- Если цветовой баланс не выровнен, изображение кажется неестественным

Неправильный баланс



Правильный баланс



Коррекция с опорным цветом

■ Предположение

- Пользователь указывает цвет вручную;

■ Источник:

- «Серые карточки»
- Априорные знания – «облака – белые»

■ Метод

- Преобразовать по каждому из каналов цвета по формуле:

$$R * \frac{R_{dst}}{R_{src}}; \quad G * \frac{G_{dst}}{G_{src}}; \quad B * \frac{B_{dst}}{B_{src}};$$



Коррекция с опорным цветом

- Примеры:



«Серый мир»

- Предположение:

- Сумма всех цветов на изображении естественной сцены дает серый цвет;

- Метод:

- Посчитать средние яркости по всем каналам:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum R(x, y); \quad \bar{G} = \frac{1}{N} \sum G(x, y); \quad \bar{B} = \frac{1}{N} \sum B(x, y); \quad Avg = \frac{\bar{R} + \bar{G} + \bar{B}}{3};$$

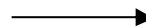
- Масштабировать яркости пикселей по следующим коэффициентам:

$$R' = R \cdot \frac{Avg}{\bar{R}}; \quad G' = G \cdot \frac{Avg}{\bar{G}}; \quad B' = B \cdot \frac{Avg}{\bar{B}};$$

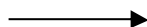
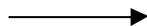
«Серый мир» - примеры



«Серый мир» - примеры



«Серый мир» - примеры



«Идеальный отражатель»

■ Предположение:

- Наиболее яркие области изображения относятся к бликам на поверхностях, модель отражения которых такова, что цвет блика = цвету освещения; (дихроматическая модель)

■ Метод

- Обнаружить максимумы по каждому из каналов:

$$R_{\max}, G_{\max}, B_{\max}$$

- Масштабировать яркости пикселов:

$$R * \frac{255}{R_{\max}}; \quad B * \frac{255}{B_{\max}}; \quad G * \frac{255}{G_{\max}};$$

Цветовая коррекция изображений

■ Растяжение контрастности (“autolevels”)

- Идея – растянуть интенсивности по каждому из каналов на весь диапазон;

■ Метод:

- Найти минимум, максимум по каждому из каналов:

$$R_{\min}, R_{\max}, G_{\min}, G_{\max}, B_{\min}, B_{\max}$$

- Преобразовать интенсивности:

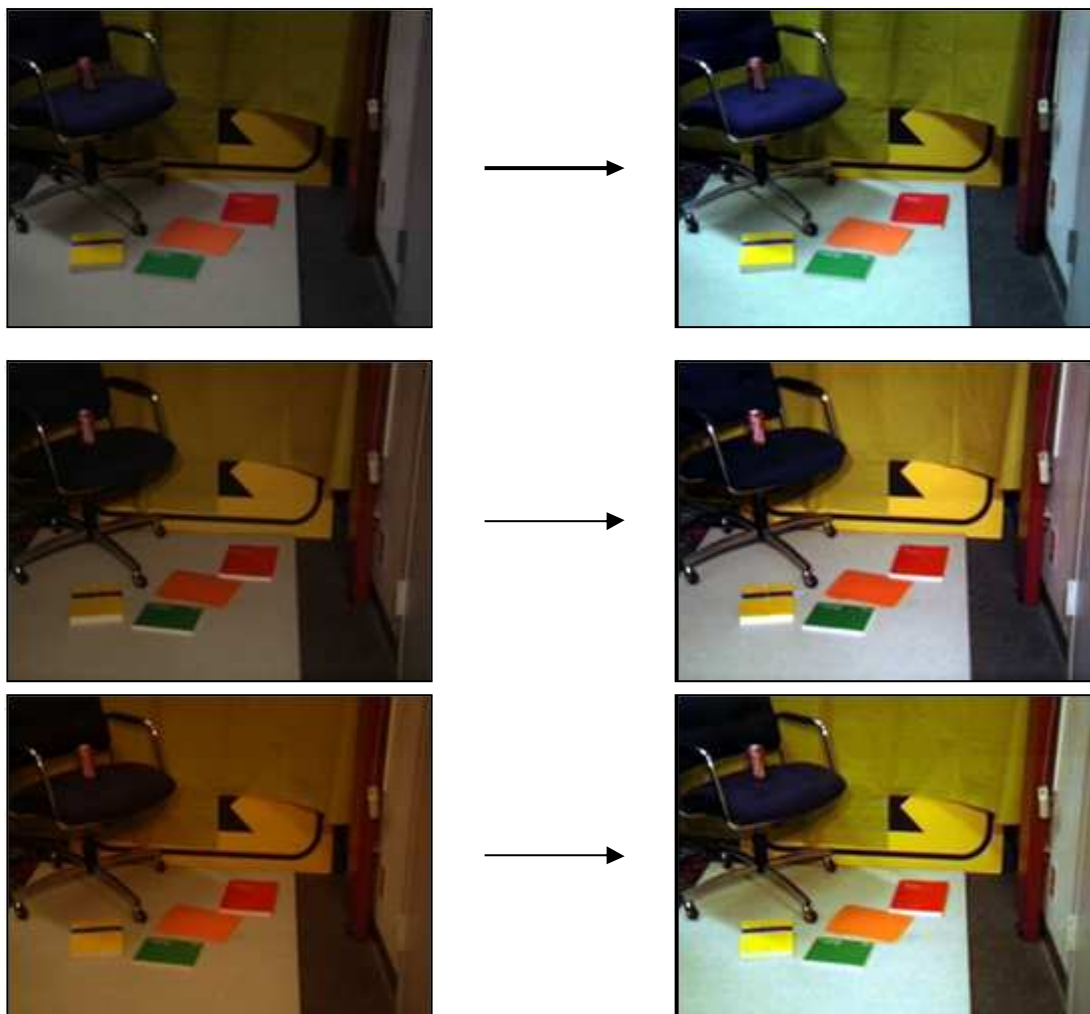
$$(R - R_{\min}) * \frac{(255 - 0)}{(R_{\max} - R_{\min})}; \quad (G - G_{\min}) * \frac{(255 - 0)}{(G_{\max} - G_{\min})};$$

$$(B - B_{\min}) * \frac{(255 - 0)}{(B_{\max} - B_{\min})};$$

Растяжение контрастности всех каналов ("autolevels")



Растяжение контрастности (“autolevels”)



Фильтр. Двумерная свертка.

$$p'_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=k_{\min}}^{k_{\max}} \sum_{l=l_{\min}}^{l_{\max}} h_{kl} \cdot p_{i-k, j-l},$$

$$i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$$

Размазывание изображения



$$H = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Увеличение резкости



$$H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Тиснение



$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Акварельный эффект



$$H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Подчеркивание краев

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

График
функции

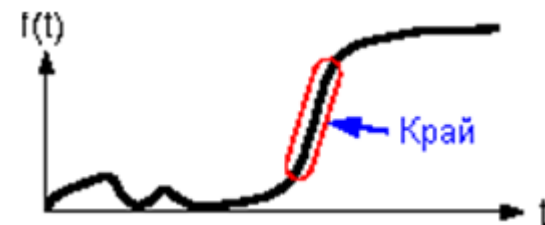


График
производной

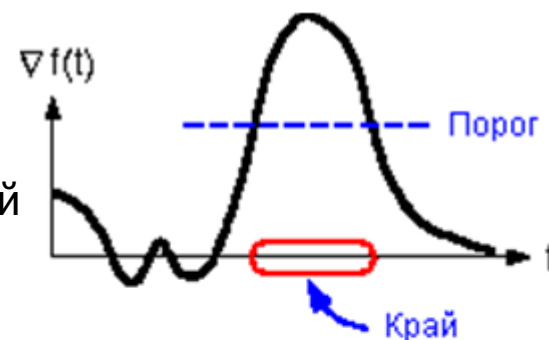
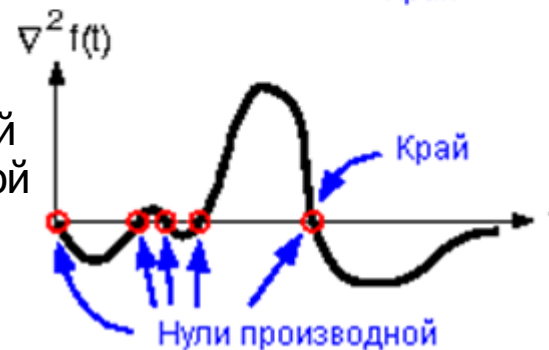


График 2ой
производной



Подчеркивание краев

Известно, что наибольшее изменение функции происходит в направлении ее градиента. Величина изменения измеряется абсолютной величиной градиента.

$$\nabla I(x, y) = \left(\frac{\partial I}{\partial x}(x, y), \frac{\partial I}{\partial y}(x, y) \right);$$

$$|\nabla I(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial x}(x, y) \right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}(x, y) \right)^2}$$

Часто используется приближенное вычисление градиента:

$$|\nabla I(x, y)| \cong \left| \frac{\partial I}{\partial x}(x, y) \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y}(x, y) \right|$$

Подчеркивание краев

Семейство методов основано на приближенном вычислении градиента, анализе его направления и абсолютной величины. Свертка по функциям:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Робертса

Превитт

Собеля

Математический смысл – приближенное вычисление производных по направлению.

Подчеркивание контуров

Собель



$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Превитт



$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Робертс



Математическая морфология

- Математическая морфология предназначена для исследования структуры некоторых множеств однотипных объектов.
- Морфология применяется при распознавании образов, кодировании изображения и других областях занимающихся обработкой изображений.

Структурные элементы

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

a) BOX(3,5)

	1	1	1	
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
	1	1	1	

b) DISK(5)

	1	1	1	
1				1
1				1
1				1
	1	1	1	

c) RING(5)

1	1		
1	1		
1	1	1	1
1	1	1	1

d)

1	1	1	1	1	1
1		1	1		1
1		1	1		1
1		1	1		1

e)

1
1
1
1

f)

Базовые операции

■ Перенос

$$S_b = \{s + b : s \in S\}$$

■ Расширение

$$B \oplus S = \bigcup_{b \in B} S_b$$

■ Сужение

$$B - S = \{b : b + s \in B, \forall s \in S\}$$

Производные операции

- Заккрытие

$$B \bullet S = (B \oplus S) - S$$

- Открытие

$$B \circ S = (B - S) \oplus S$$

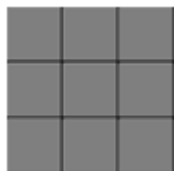
- Внутренняя граница

$$B \setminus (B - S)$$

- Внешняя граница

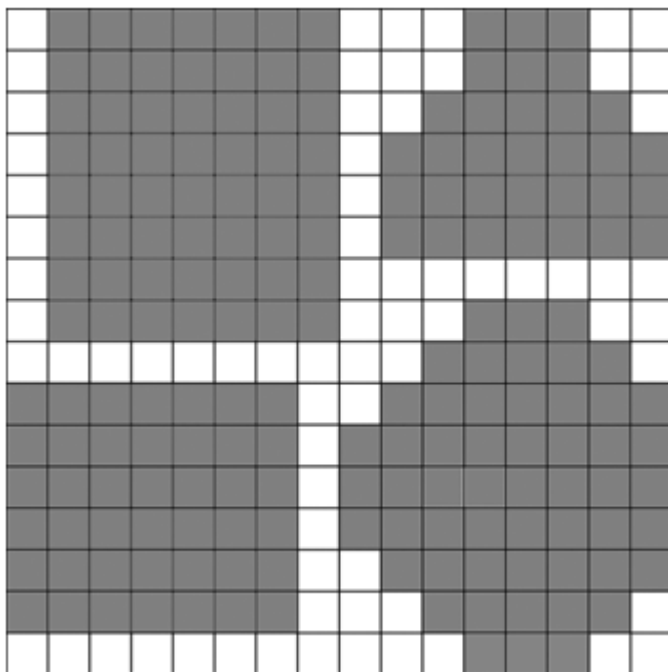
$$(B \oplus S) \setminus B$$

Примеры.

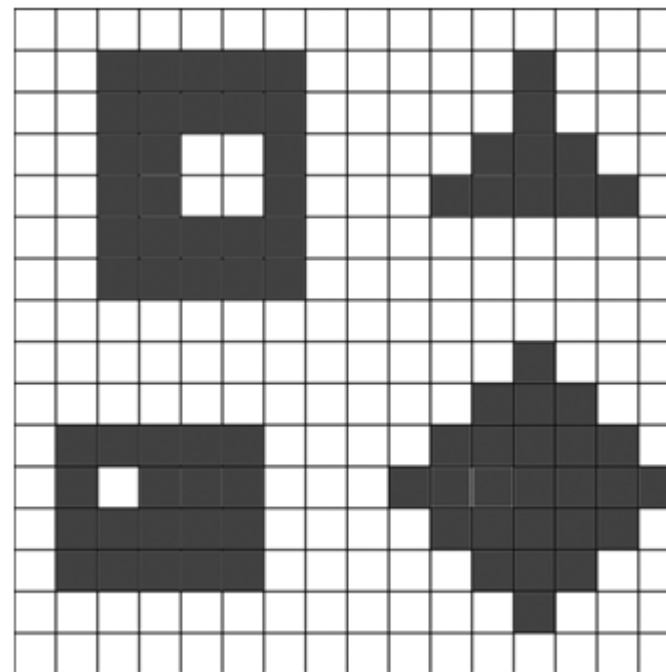


Структурный
элемент

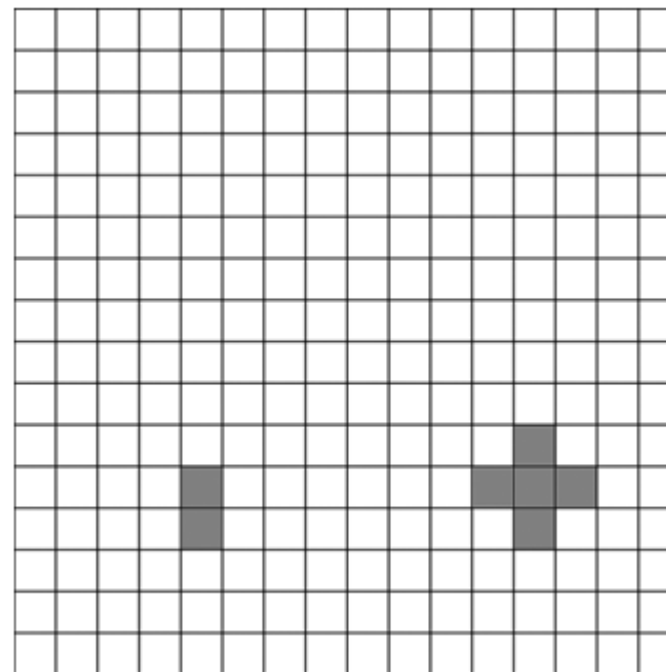
Раширение



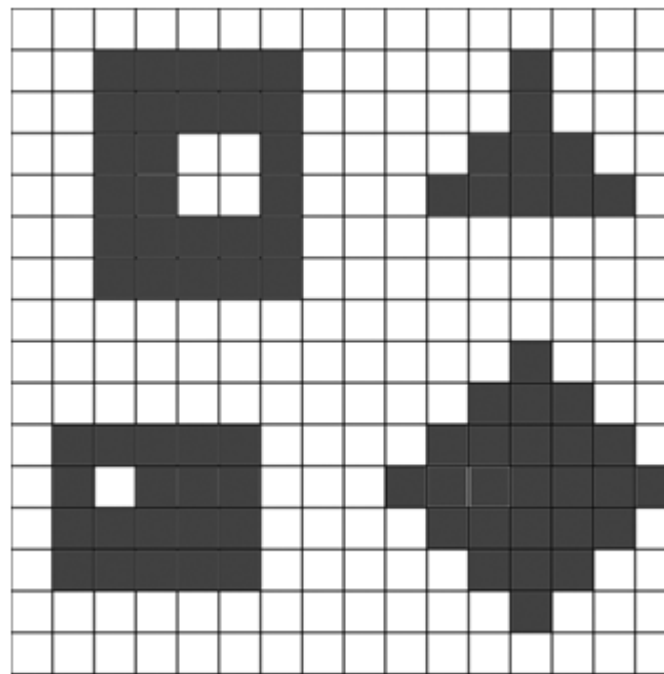
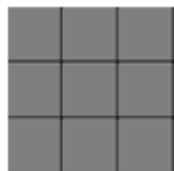
Исходное
изображение



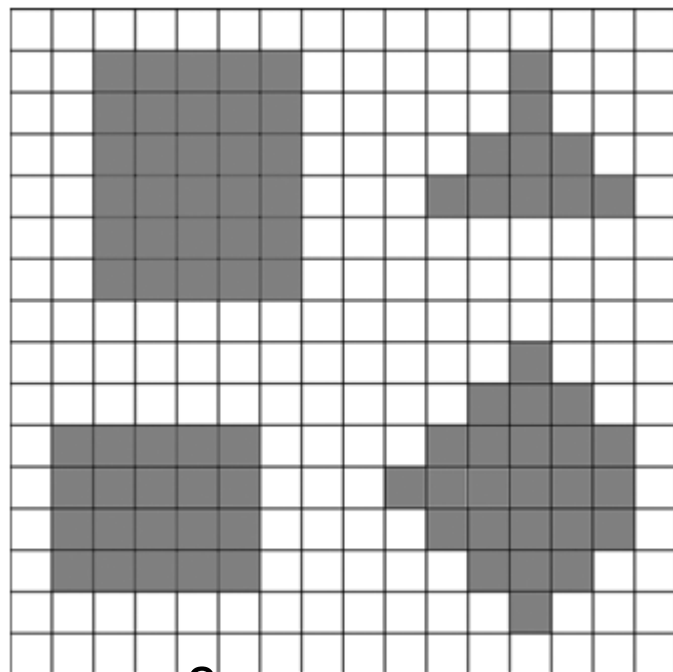
Сужение



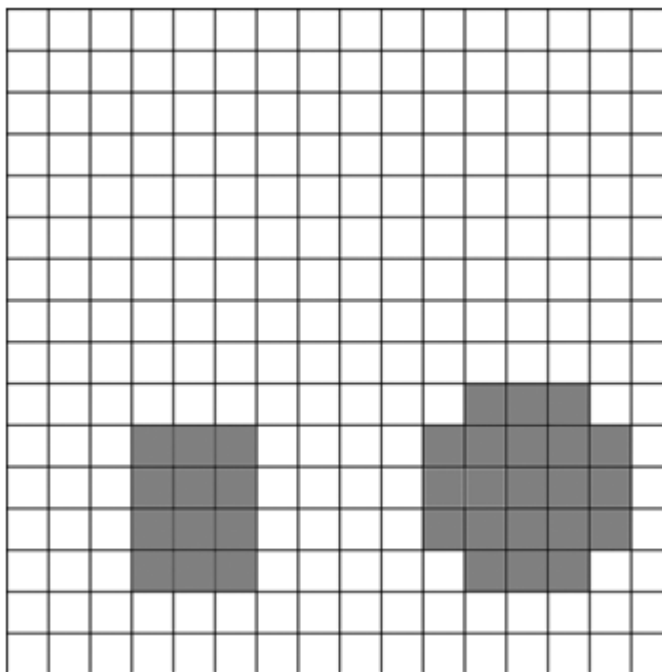
Примеры.



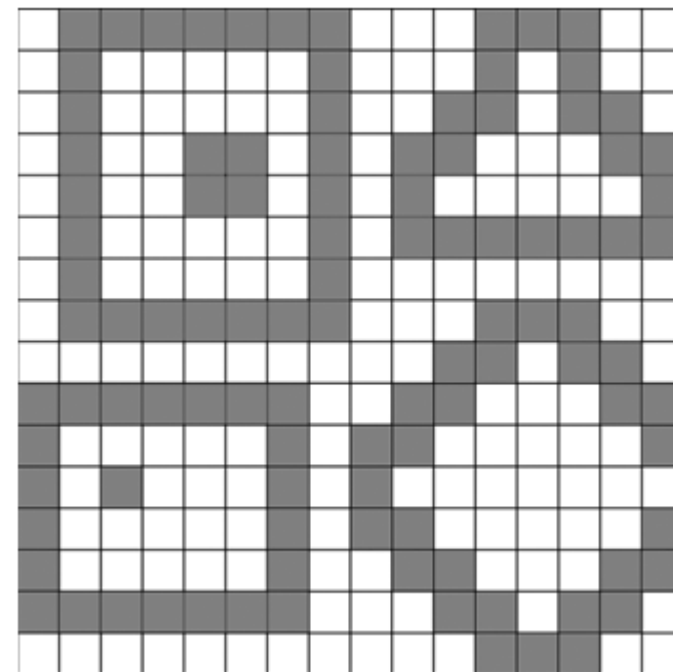
Исходное
изображение



Закрытие



Открытие



Внешняя граница