

Обнаружение разрывов в яркости изображения

Обнаружение перепадов

$$f'_x = \frac{\partial f}{\partial x} \quad f'_y = \frac{\partial f}{\partial y}$$

Для обнаружения перепадов яркости
можно использовать дискретные
аналоги производных градиента



Оператор Робертса

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



Оператор Превитта

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

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

Оператор Собеля

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

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



Робертса



Превитт



Собея

Градиент

$$|\nabla f(x, y)| = \sqrt{(f'_x(x, y))^2 + (f'_y(x, y))^2}$$

Приближенное представление:

$$|\nabla f| = |f'_x| + |f'_y|$$

Направление градиента

$$\alpha(x, y) = \arctan \left(\frac{f'_y}{f'_x} \right)$$

Выделение контуров




Метод Марра-Хилдрета

Предложен Марром и Хилдрет в 1980 году.

Основные идеи:

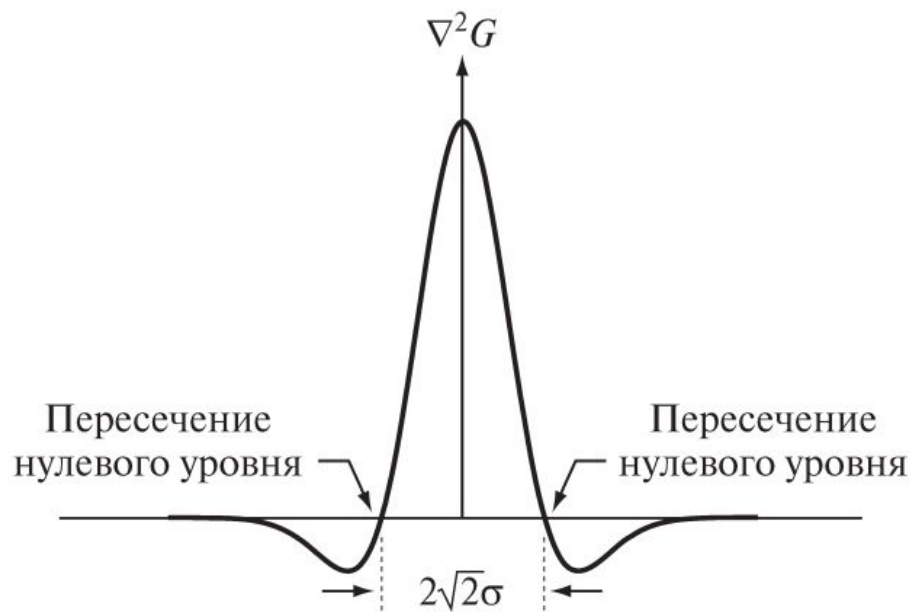
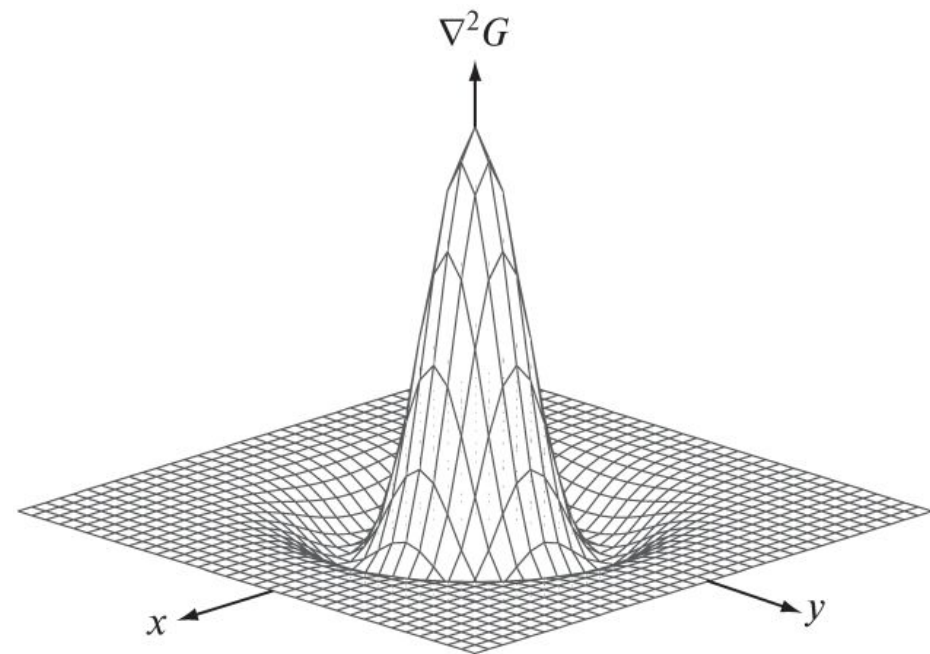
1. Учёт свойств масштаба изображения
2. Для более точного определения контура используется точка пересечения второй производной с нулём


$$W(x, y) = \nabla^2 G(x, y)$$

Оператор Лапласа $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$

Гауссов импульс $G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$

$$W(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right)$$



После применения ЛГ изображения имеют светлую кайму (со стороны более тёмной области) и темную кайму (со стороны более светлой области).

Точки контура - точки, в которых $g(x, y)$ меняет знак.



Разность Гауссиан

$$\Delta G(x, y) = C \cdot \left(\frac{1}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}} \right)$$

Аппроксимация ЛГ



Детектор Кэнни

Предпосылки

- Низкая частота ошибок
- Хорошая локализация контурных точек



Метод Кэнни

Этапы:

1. Фильтрация с гауссианом
2. Модуль и направление градиента
3. Подавление немаксимальных точек
4. Пороговая обработка с целью уменьшения числа ложных точек

Этап 1

Маска размером $(2k+1) \times (2k+1)$

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(i - (k+1))^2 + (j - (k+1))^2}{2\sigma^2}\right); 1 \leq i, j \leq (2k+1)$$

$$g(x, y) = f(x, y) * H(x, y)$$

Этап 2

$$M(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$

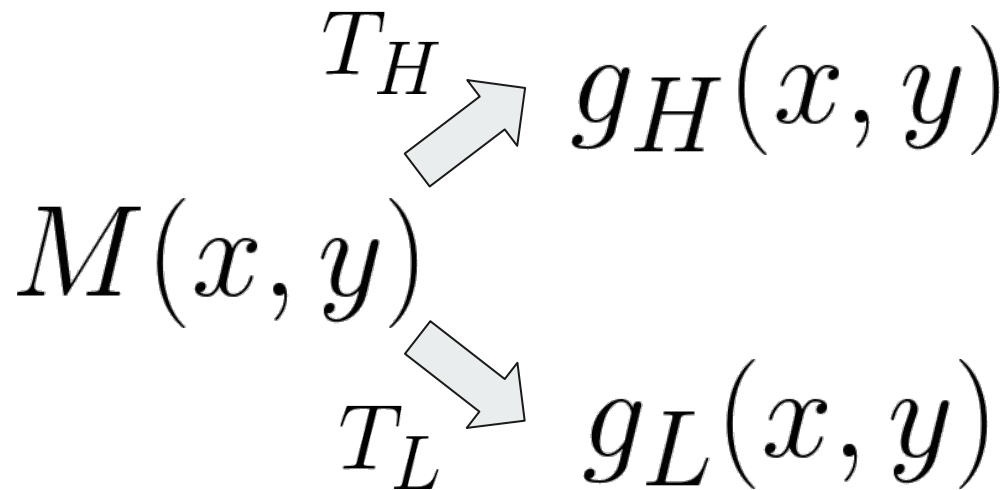
$$\alpha(x, y) = \arctan (g_x / g_y)$$

Этап 3

Non-maximum
suppression

$$\begin{bmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 3 & \cdot & 3 \\ 2 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

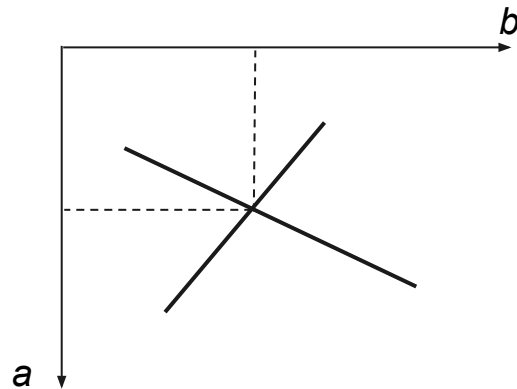
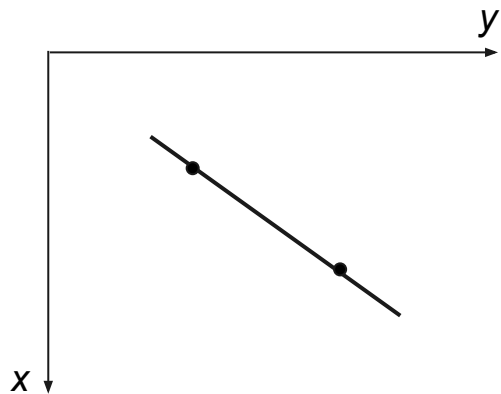
Этап 4



Сильные точки
контура

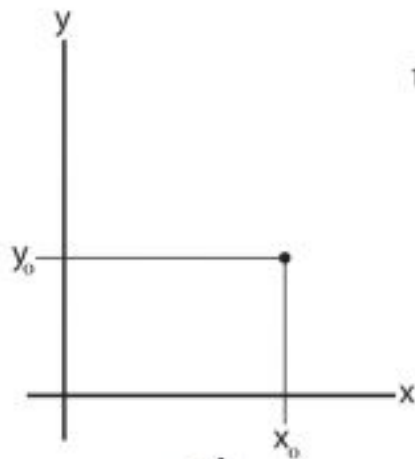
Слабые точки
контура

Преобразование Хафа

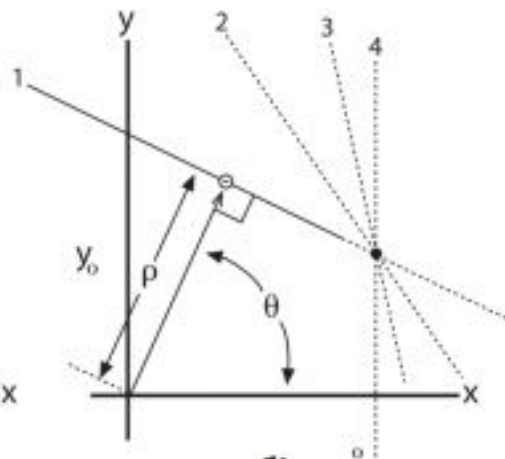


Преобразование Хафа

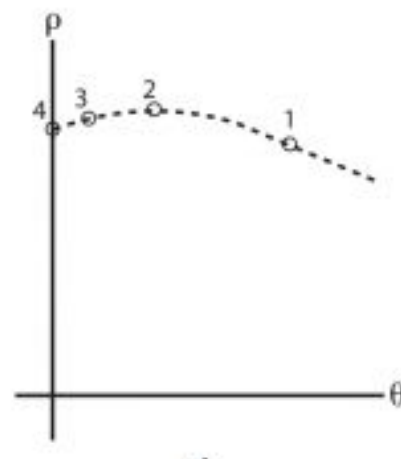
$$x \cos \varphi + y \sin \varphi = \rho$$



а)

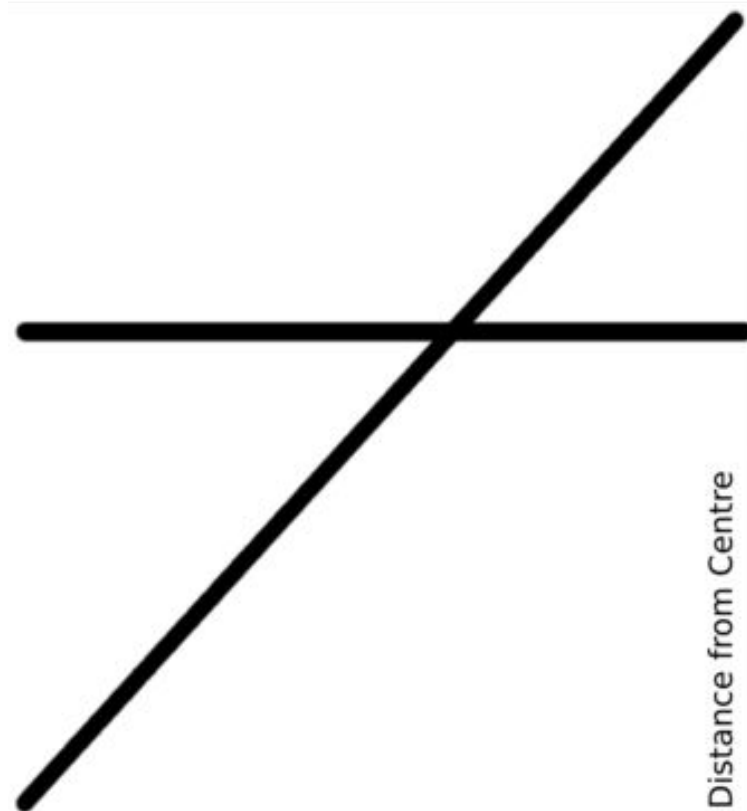


б)



в)

Input Image



Rendering of Transform Results



