

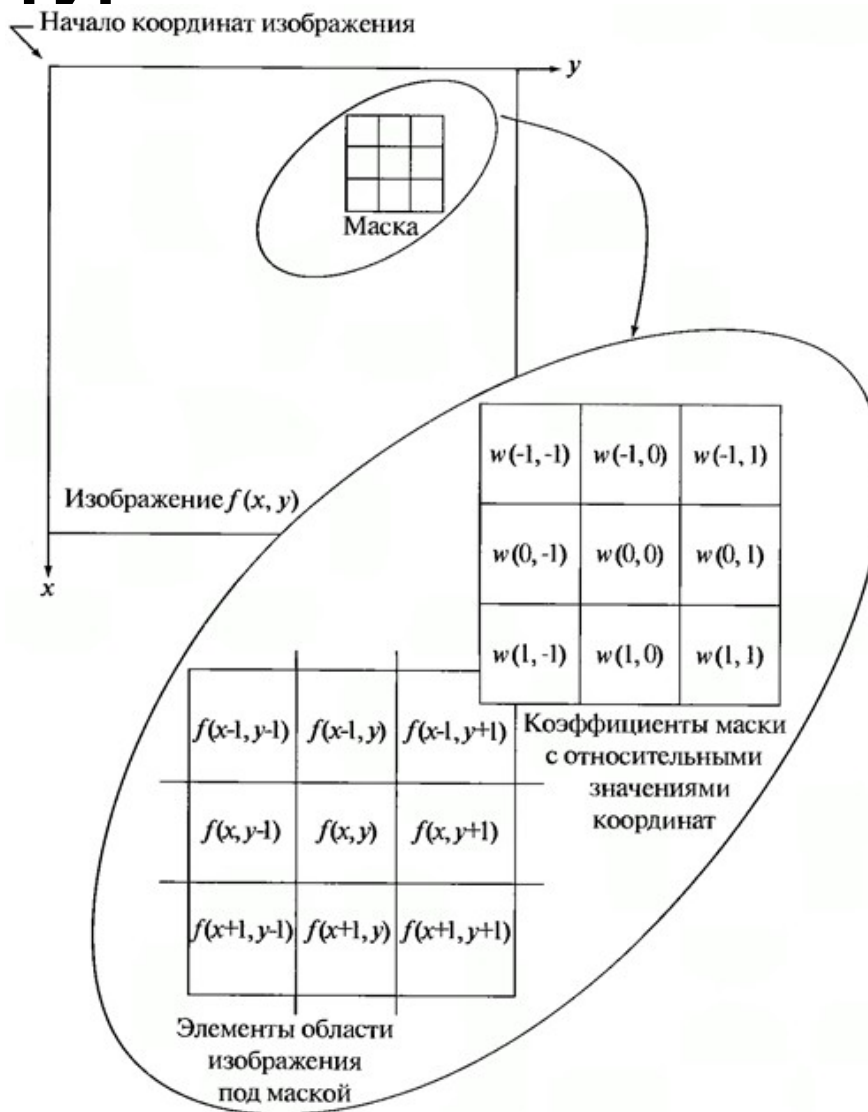
Методы выделения контуров на изображении

Методы, основанные на вычислении градиента

Большинство методов, которые применяются для выделения контуров изображений основаны на вычислении градиента изображения.

Наиболее известными операторами этого класса методов являются операторы Собеля, Прюитта и Робертса.

Схема пространственной фильтрации



Отклик линейной фильтрации

В случае линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Для маски 3x3 элемента отклик R линейной фильтрации в точке (x, y) изображения составит

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1) \quad (1)$$

Производные функции $f(x)$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x) \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x) \quad (3)$$

Градиент изображения, его модуль и направление

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{- градиент изображения } \mathbf{f(x,y)} \text{ в точке } (\mathbf{x,y}) \quad (4)$$

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \text{- модуль градиента изображения } \mathbf{f(x,y)} \text{ в точке } (\mathbf{x,y}) \quad (5)$$

$$\alpha(x,y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad \text{- угол между направлением вектора } \nabla \mathbf{f} \text{ в точке } (\mathbf{x,y}) \text{ и осью } \mathbf{x} \quad (6)$$

Направление контура

Отсюда легко найти направление контура в точке (x, y) , которое перпендикулярно направлению вектора градиента в этой точке. А вычислить градиент изображения можно, вычислив величины частных производных $\partial f / \partial x$ и $\partial f / \partial y$ для каждой точки.

Перекрестный оператор Робертса

| | | |
|-------|-------|-------|
| z_1 | z_2 | z_3 |
| z_4 | z_5 | z_6 |
| z_7 | z_8 | z_9 |

- окрестность 3x3 внутри изображения

$$G_x = (z_9 - z_5) \quad (7)$$

$$G_y = (z_8 - z_6) \quad (8)$$

| | |
|----|---|
| -1 | 0 |
| 0 | 1 |

| | |
|---|----|
| 0 | -1 |
| 1 | 0 |

- маски оператора Робертса

Оператор Превитта

| | | |
|-------|-------|-------|
| z_1 | z_2 | z_3 |
| z_4 | z_5 | z_6 |
| z_7 | z_8 | z_9 |

- окрестность 3x3 внутри изображения

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \quad (9)$$

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \quad (10)$$

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| | | |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -1 | 0 | 1 |
| -1 | 0 | 1 |

- маски оператора
Превитта

Оператор Собеля

| | | |
|-------|-------|-------|
| z_1 | z_2 | z_3 |
| z_4 | z_5 | z_6 |
| z_7 | z_8 | z_9 |

- окрестность 3x3 внутри изображения

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (11)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (12)$$

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |

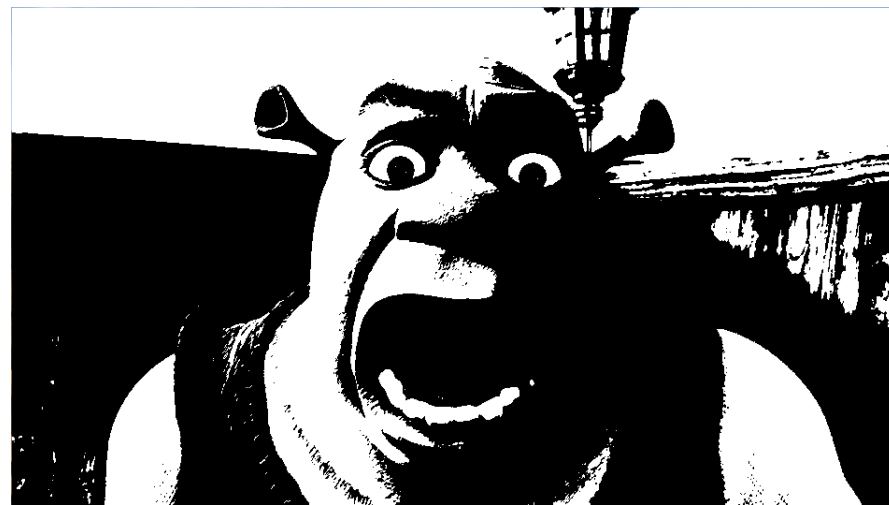
| | | |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

- маски оператора Собеля

Результаты обработки изображений



Исходное изображение



Метод Робертса

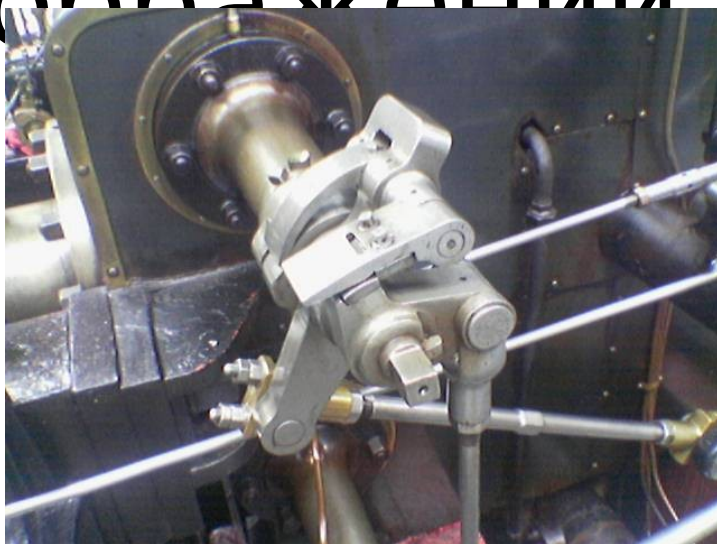


Метод Превитта

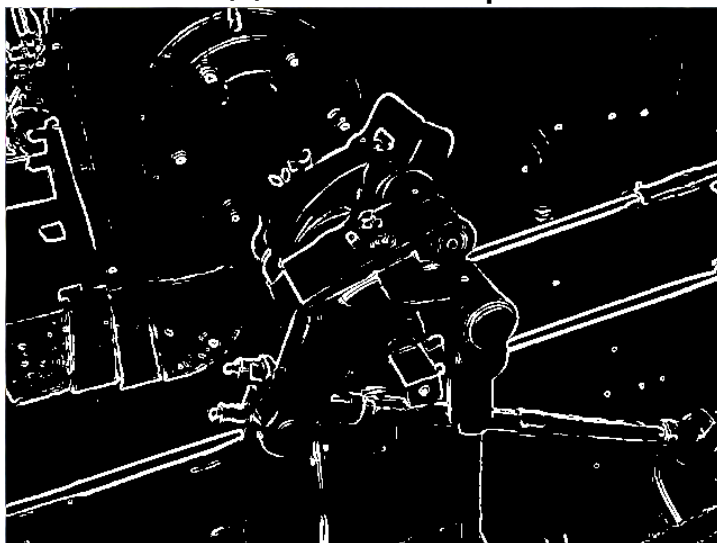


Метод Собеля

Результаты обработки изображений



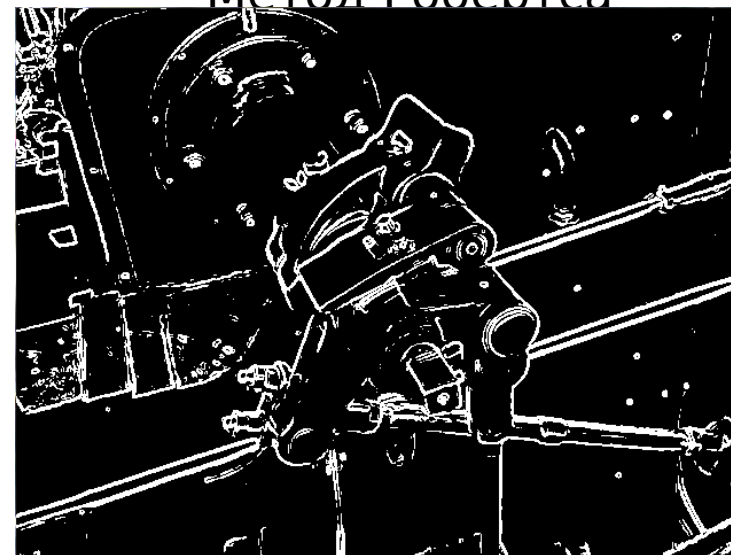
Исходное изображение



Метод Превитта



Метод Робертса



Метод Собеля

Результаты обработки изображений



Исходное изображение



Метод Робертса



Метод Превитта



Метод Собеля

Фильтр Канни(детектор)

Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума.

Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Они могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер в размытом изображении.

Угол направления вектора градиента округляется и может принимать такие значения: 0, 45, 90, 135.

Подавление немаксимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.

Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами.

Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

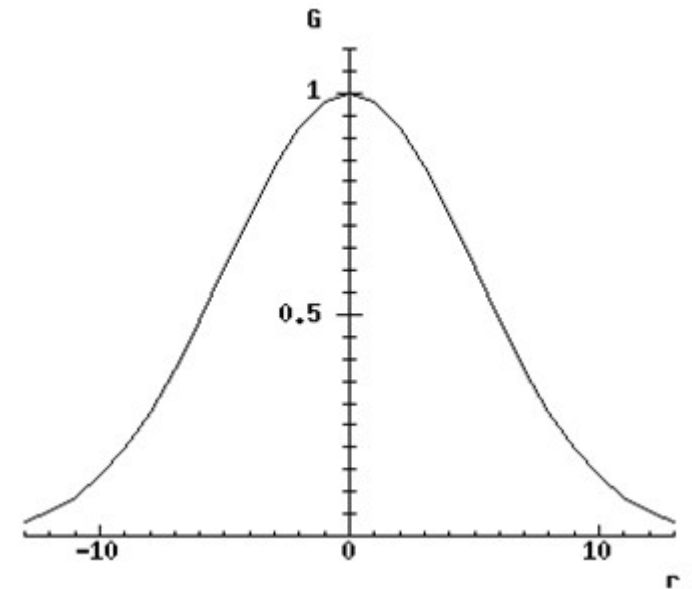
Методы, основанные на поиске нулей

Некоторые операторы выделения границ вместо работы с градиентом используют вторые производные яркости изображения. Это естественным образом определяет силу изменения градиента. Таким образом, в идеальном случае, выявления нулей второй производной позволит выявить локальные максимумы градиента.

Как правило, предварительно применяют предобработку изображения – фильтр размытия по Гауссу.

Фильтр Гаусса

$$y(m, n) = \frac{1}{2\pi r^2} \sum_{u, v} e^{\frac{-(u^2 + v^2)}{2r^2}} x(m + u, n + v)$$



Лапласиан

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8 | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

Методы, основанные на поиске нулей

$$\partial_v(L_v) = 0 \quad (13)$$

$$\partial_{vv}(L_v) \leq 0 \quad (14)$$

$$L_v^2 L_{vv} = L_x^2 L_{xx} + 2 L_x L_y L_{xy} + L_y^2 L_{yy} = 0 \quad (15)$$

$$L_v^3 L_{vvv} = L_x^3 L_{xxx} + 3 L_x^2 L_y L_{xxy} + 3 L_x L_y^2 L_{xyy} + L_y^3 L_{yyy} \leq 0 \quad (16)$$

где $L_x, L_y \dots L_{yyy}$ - частные производные, посчитанные на масштабном представлении L , полученном с помощью фильтрации исходного изображения фильтром Гаусса

Методы, основанные на поиске нулей

$$\begin{aligned}L_{xx}(x, y) &= L(x-1, y) - 2L(x, y) + L(x+1, y). \\L_{xy}(x, y) &= (L(x-1, y-1) - L(x-1, y+1) - L(x+1, y-1) + L(x+1, y+1))/4, \\L_{yy}(x, y) &= L(x, y-1) - 2L(x, y) + L(x, y+1).\end{aligned}\tag{17}$$

$$L_{xx} = [1 \quad -2 \quad 1] * L \quad \text{and} \quad L_{xy} = \begin{bmatrix} -1/4 & 0 & 1/4 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 0 & -1/4 \end{bmatrix} * L \quad \text{and} \quad L_{yy} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix} * L\tag{18}$$

Спасибо за внимание!