

Методы фильтрации контуров изображений



Определени е

Выделение границ — выделение точек изображения, в которых присутствует неоднородность (резко меняется яркость)



Классификация

- Методы первого порядка (градиентные):

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

- Методы второго порядка:

$$\Delta f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

- Согласованные:

$$F_{gauss}(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Свёртка

$$a_{\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}}$$

интегральная операция получения новой функции по двум исходным.

$$(f * g)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{\mathbb{R}^n} f(y)g(x - y)dy = \int_{\mathbb{R}^n} f(x - y)g(y)dy$$

Дискретная свёртка

Одномерный
случай
 n

$$N(x) = \sum_{i=0}^n K(i)A(x - i)$$

Двумерный
случай

$$N(x, y) = \sum_{i=-l}^l \sum_{j=-l}^l K(i, j)A(x - i, y - j)$$

*A – исходная функция.
свёртки.*

K – функция

Дискретная свёртка

Исходное изображение

Матрица свертки

Полученное изображение

	X_1	X_2	X_3	
	X_4	X_0	X_5	
	X_6	X_7	X_8	

*

m_1	m_2	m_3
m_4	m_0	m_5
m_6	m_7	m_8

=

		y		



Влияющие пиксели



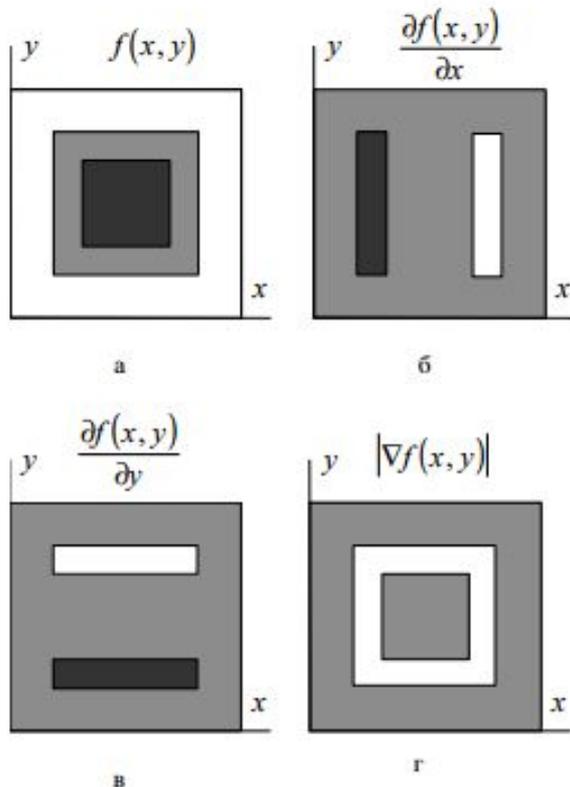
Зависимый пиксель

Поиск градиентов

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

Поиск

ГРАДИЕНТ



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

Операторы

- Оператор Собеля (Sobel)
- Оператор Прюитта (Prewitt)
- Оператор Робертса (Roberts)
- Оператор Лапласа (Laplace)

- Детектор границ Кэнни (Canny)

Оператор Собеля

$$\frac{\partial}{\partial x} \approx \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \approx \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Оператор Собеля

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A$$

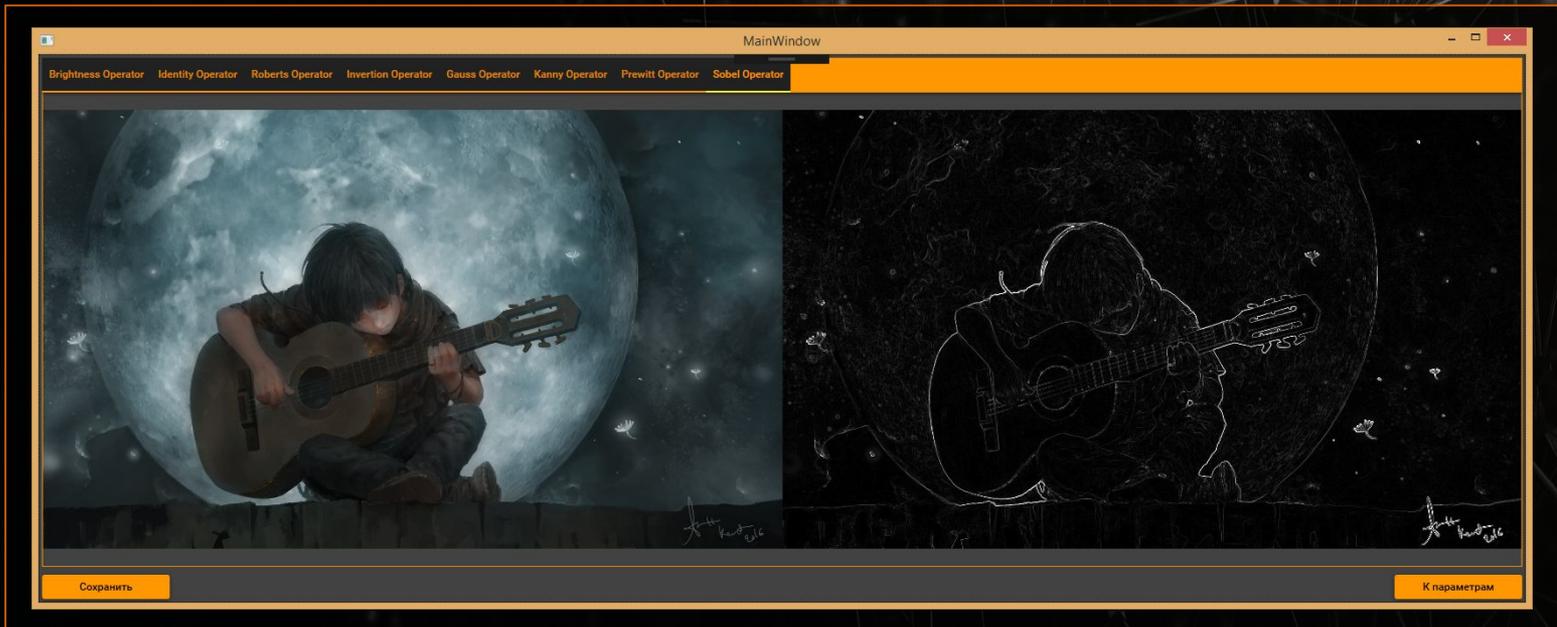
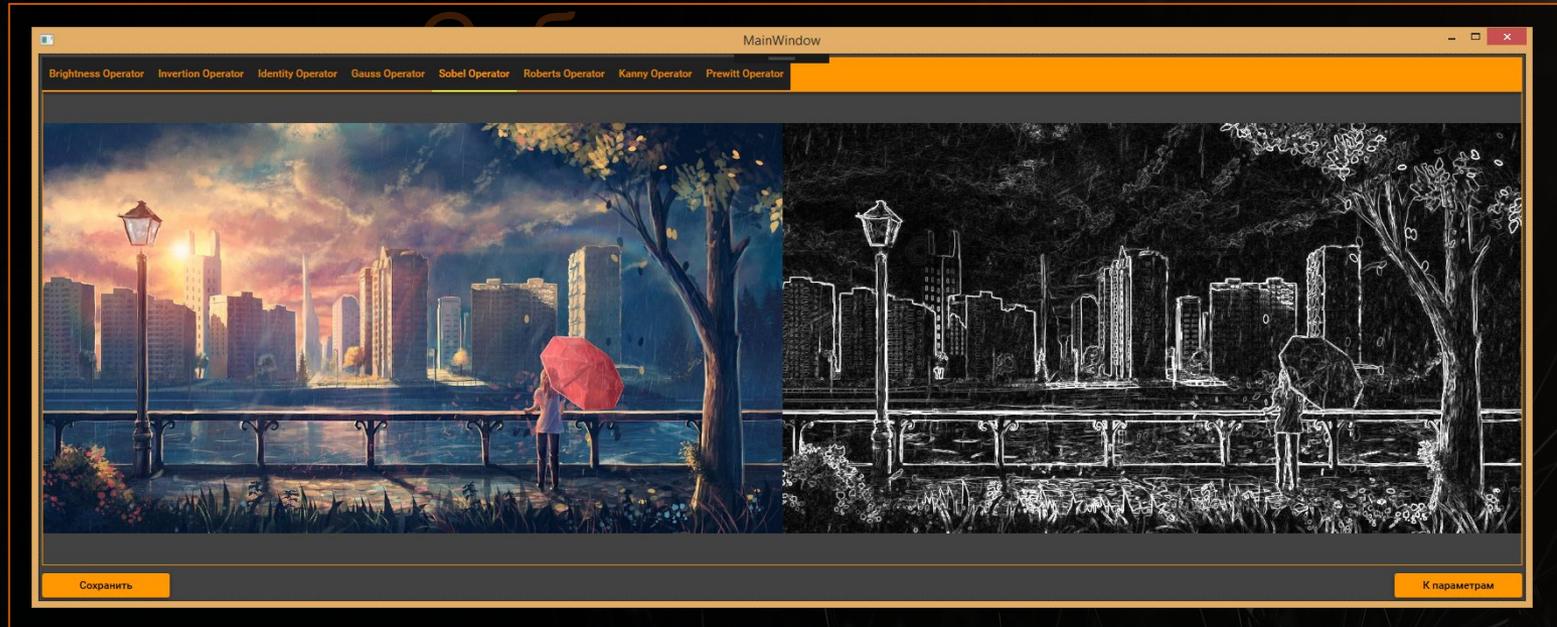
G_x, G_y – проекции вектора градиента

$$\alpha = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

α – угол вектора градиента.

G – длина градиента

Оператор

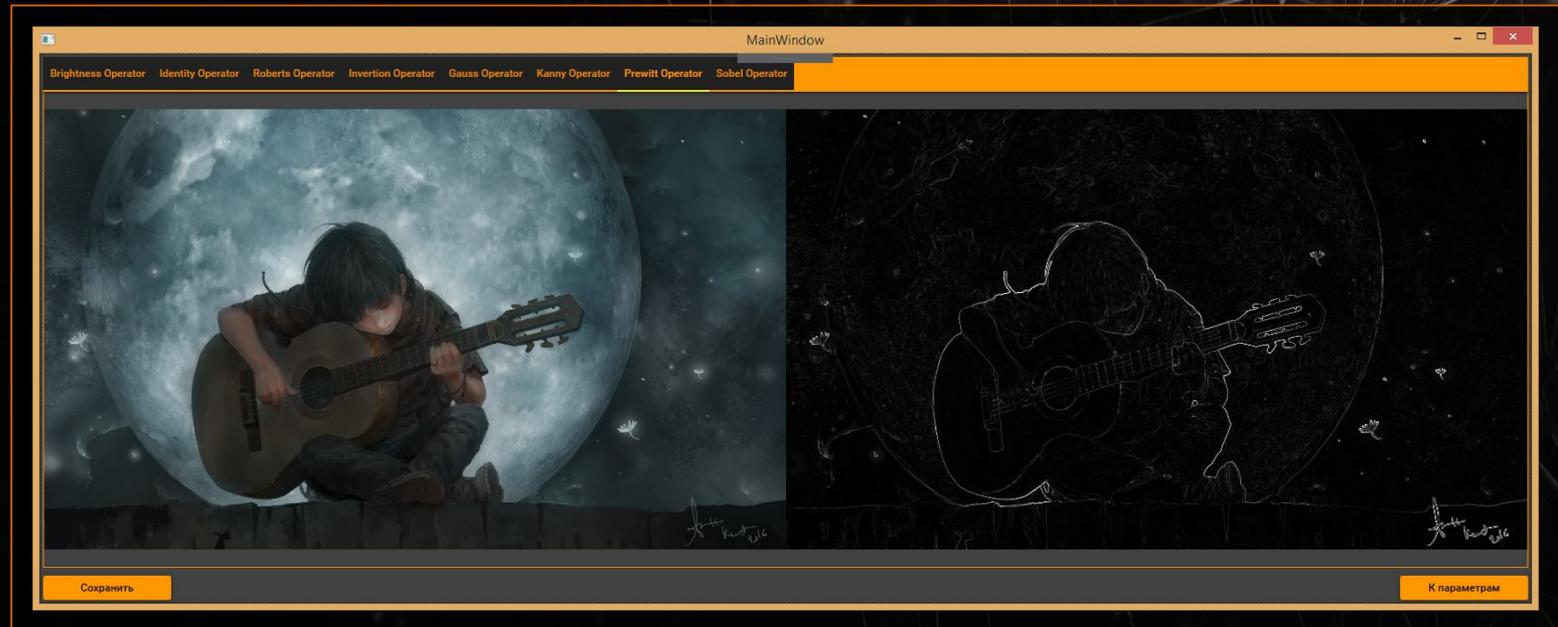
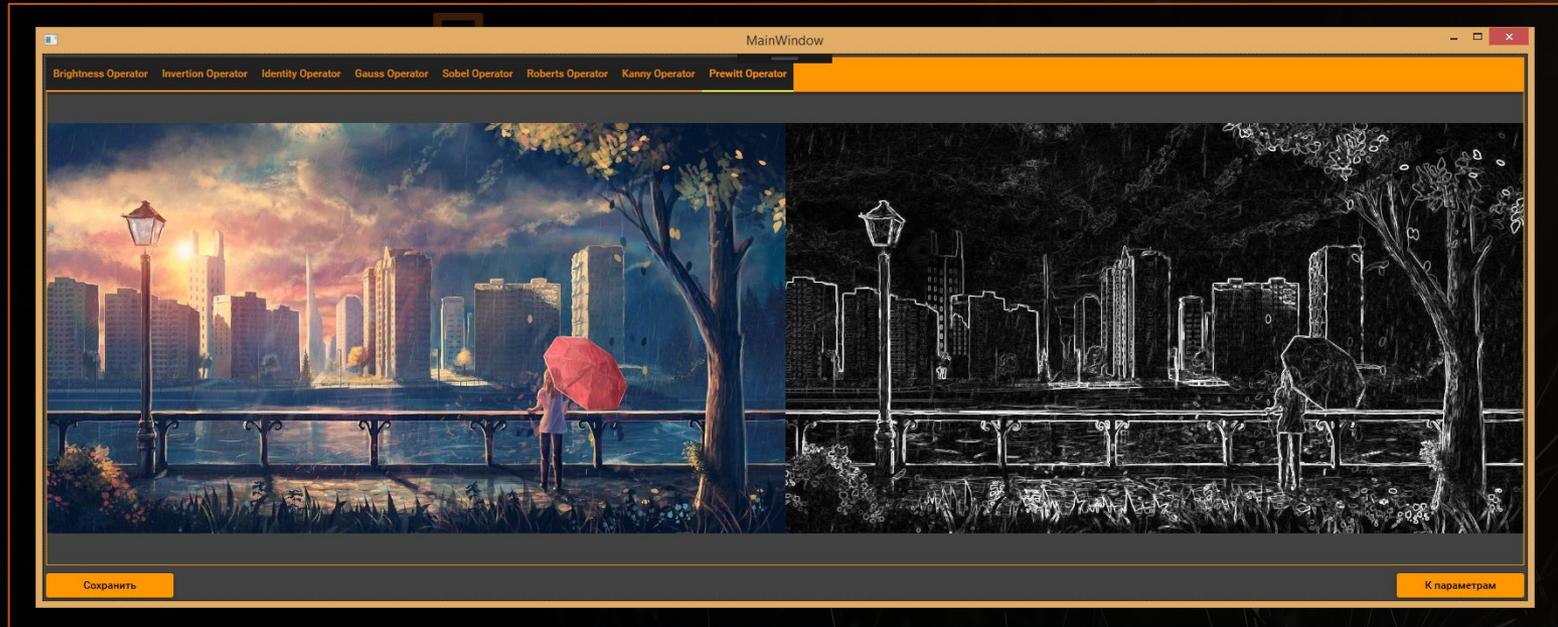


Оператор Прюитта

$$\frac{\partial}{\partial x} \approx \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \approx \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Оператор

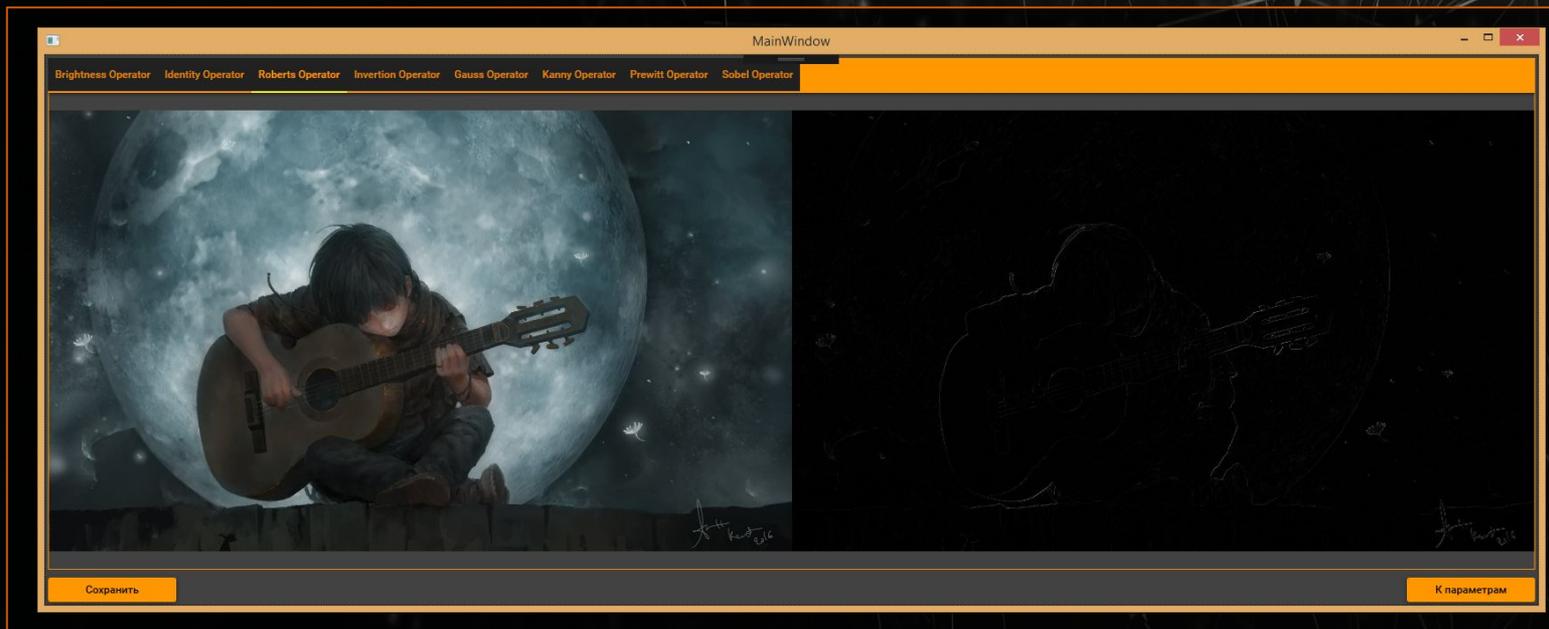
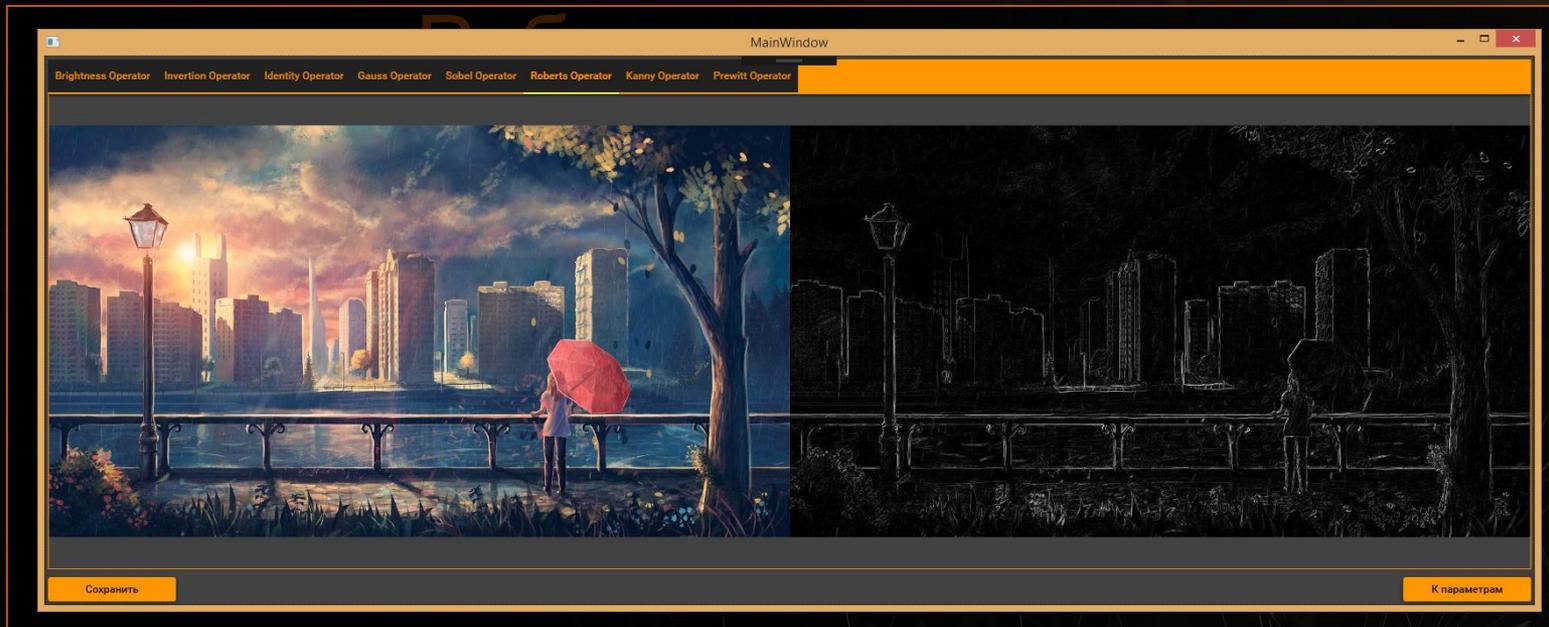


Оператор Робертса

$$\frac{\partial}{\partial x} \approx \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \approx \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Оператор



Оператор Лапласа

$$\Delta f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

Дискретный оператор Лапласа

- Одномерный:

$$D^1_x = [1 \quad -2 \quad 1]$$

- Двумерный:

$$D^2_{xy} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Двумерный с диагоналями:

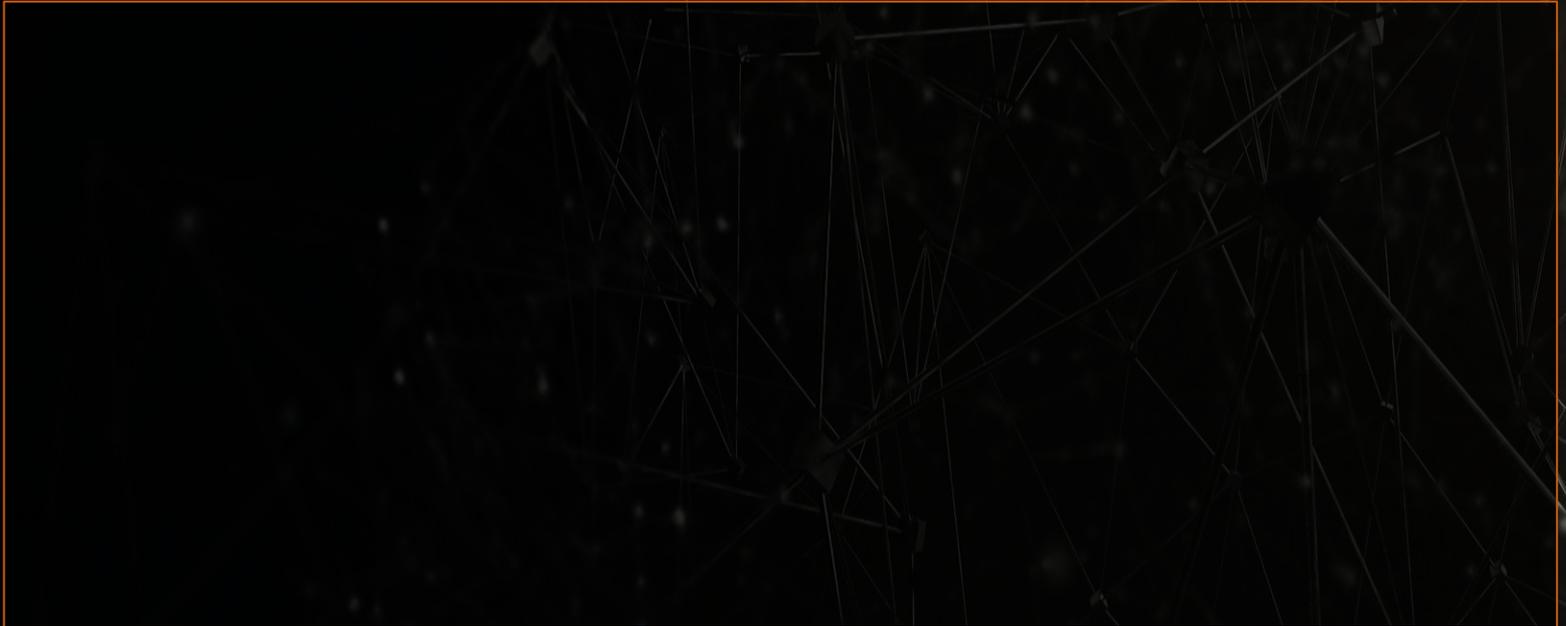
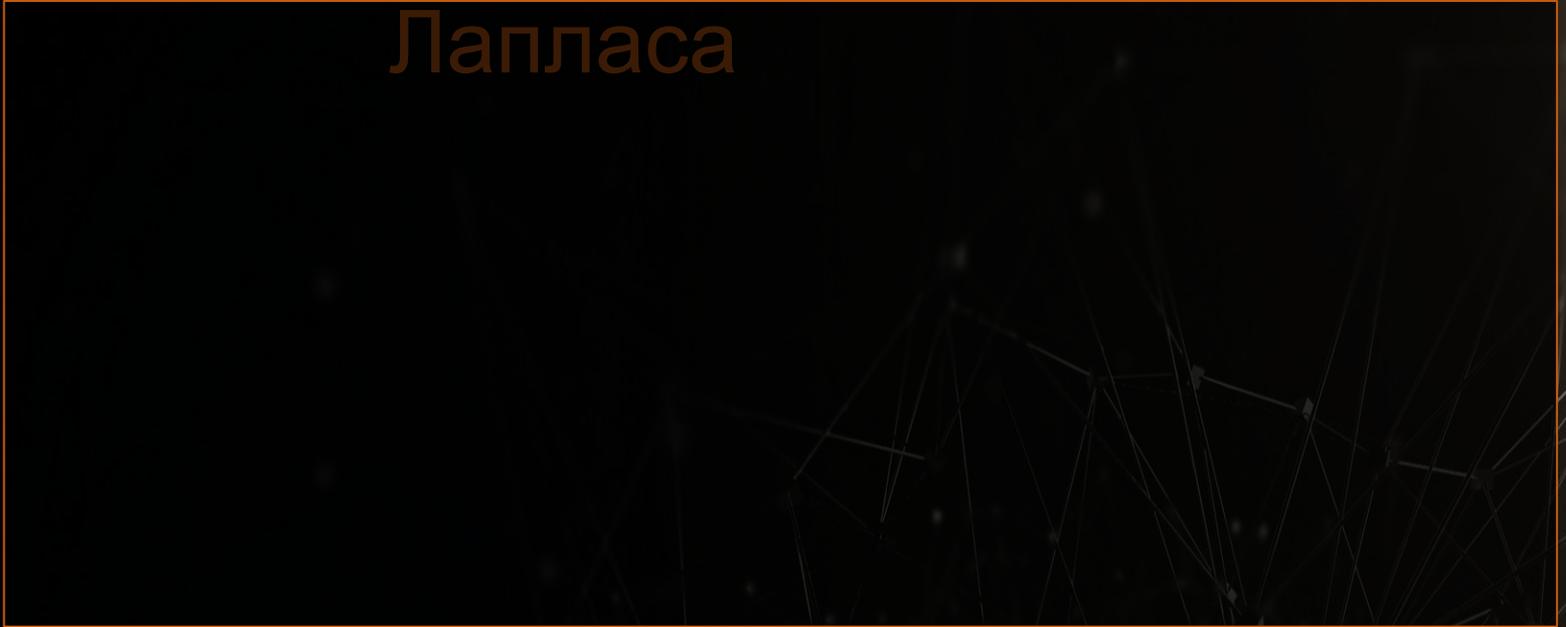
$$D^2_{xy} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Двумерный оператор Лапласа

$$D^2_{xy} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Оператор

Лапласа



Оператор Лапласа с диагоналями

$$D^2_{xy} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Оператор Лапласа с

диагоналями



Детектор границ Кэнни

Сглаживание
Поиск градиентов
Подавление не-максимумов
Двойная пороговая фильтрация
Трассировка области
неоднозначности

Детектор границ

Кэнни Сглаживани
е

$$F_{gauss}(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right)$$

σ – дисперсия случайной величины (\sim радиусу размытия),
 i, j – смещения относительно выделенного пикселя.

Детектор границ

Кэнни Сглаживани
е

$$\frac{1}{155} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\sigma = 1.4$$

Детектор границ

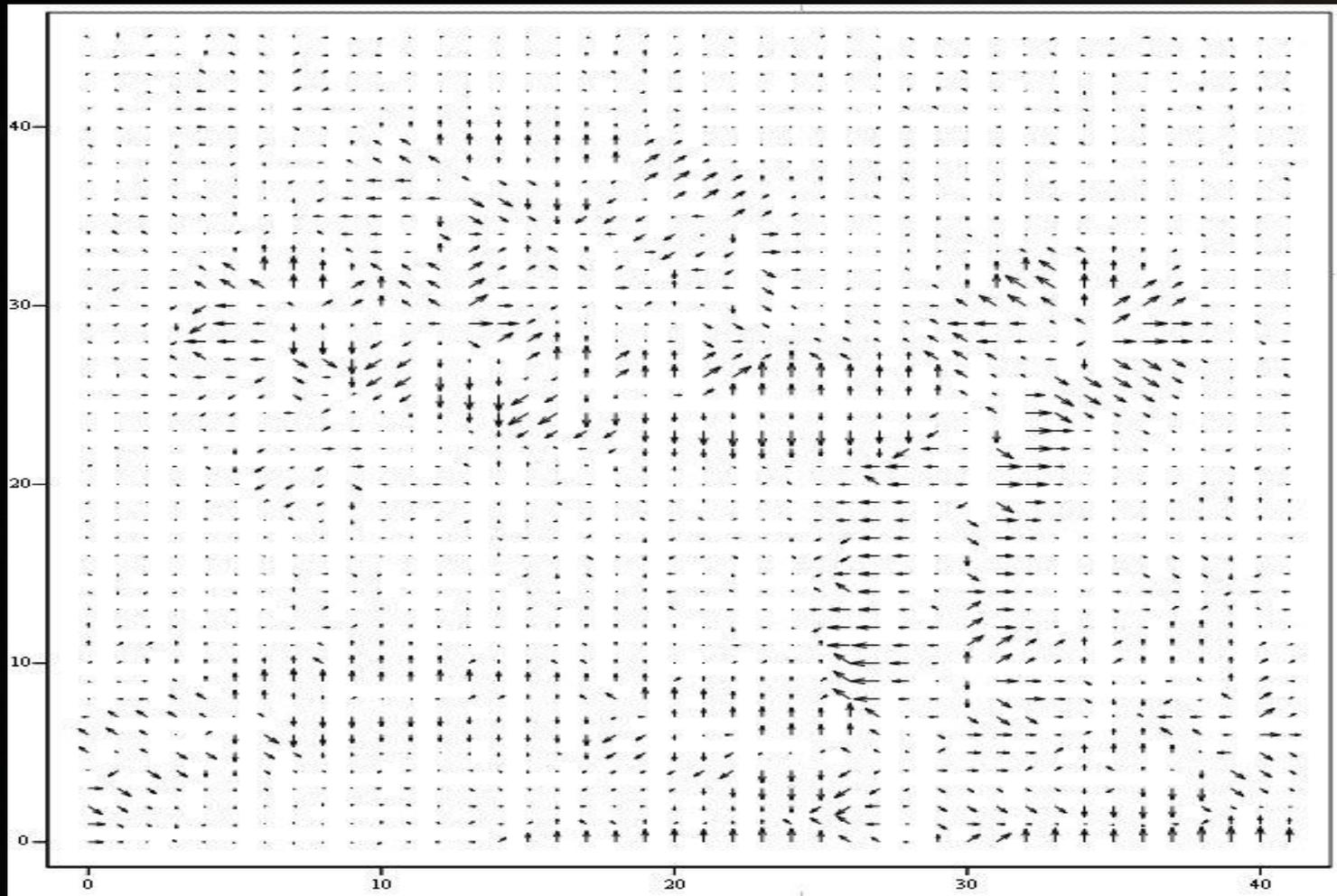
Кэнни

Поиск
градиентов

$$\alpha = \arctan \left(\frac{G_y^2}{G_x^2} \right) \sim \frac{\pi}{4} \quad G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Детектор границ Кэнни

Поиск
градиентов



*Векторы градиентов в координатах матрицы
изображения*

Детектор границ

Кэнни

Подавление не-
максимумов
Не подавляется в
случаях:

- $\alpha = 0^\circ$ или $\alpha = 180^\circ$:

$$\nabla f(x, y - 1) < \nabla f(x, y) > \nabla f(x, y + 1)$$

- $\alpha = 90^\circ$ или $\alpha = 270^\circ$:

$$\nabla f(x - 1, y) < \nabla f(x, y) > \nabla f(x + 1, y)$$

- $\alpha = 45^\circ$ или $\alpha = 225^\circ$:

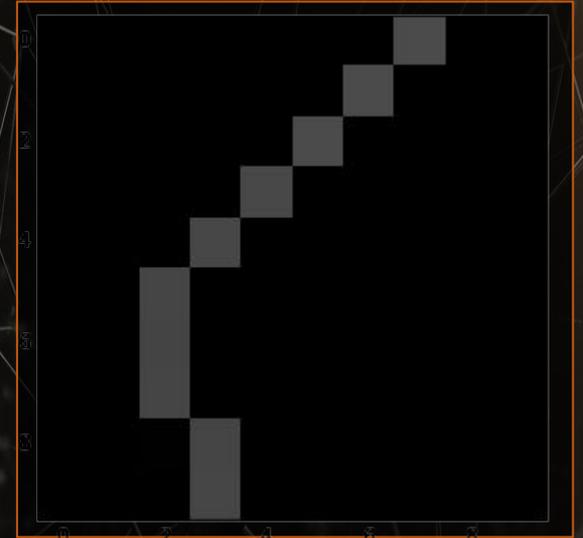
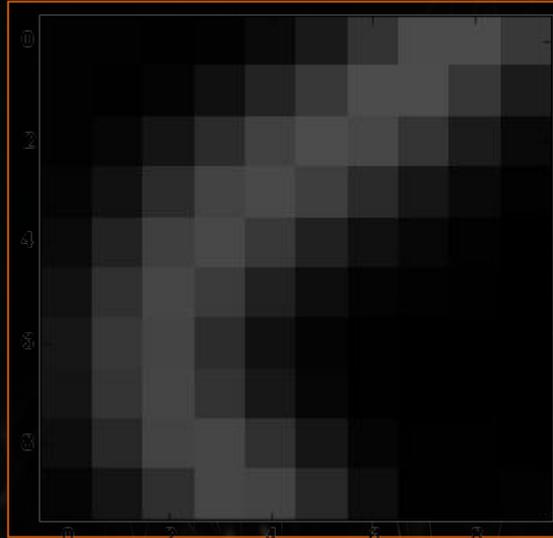
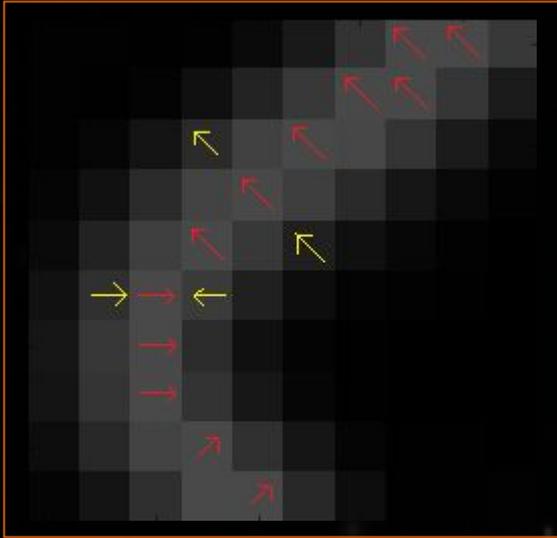
$$\nabla f(x - 1, y + 1) < \nabla f(x, y) > \nabla f(x + 1, y - 1)$$

- $\alpha = 135^\circ$ или $\alpha = 315^\circ$:

$$\nabla f(x + 1, y + 1) < \nabla f(x, y) > \nabla f(x - 1, y - 1)$$

Детектор границ

Кэнни
управление не-
максимумов



Детектор границ

Кэнни Двойная пороговая
фильтрация

$$A(x, y) \geq TopThreshold \Rightarrow A(x, y) = 255$$

$$A(x, y) \leq LowThreshold \Rightarrow A(x, y) = 0$$

$$LowThreshold < A(x, y) < TopThreshold \Rightarrow A(x, y) = bufI$$

$A(x, y)$ – яркость пикселя на матрице изображения,

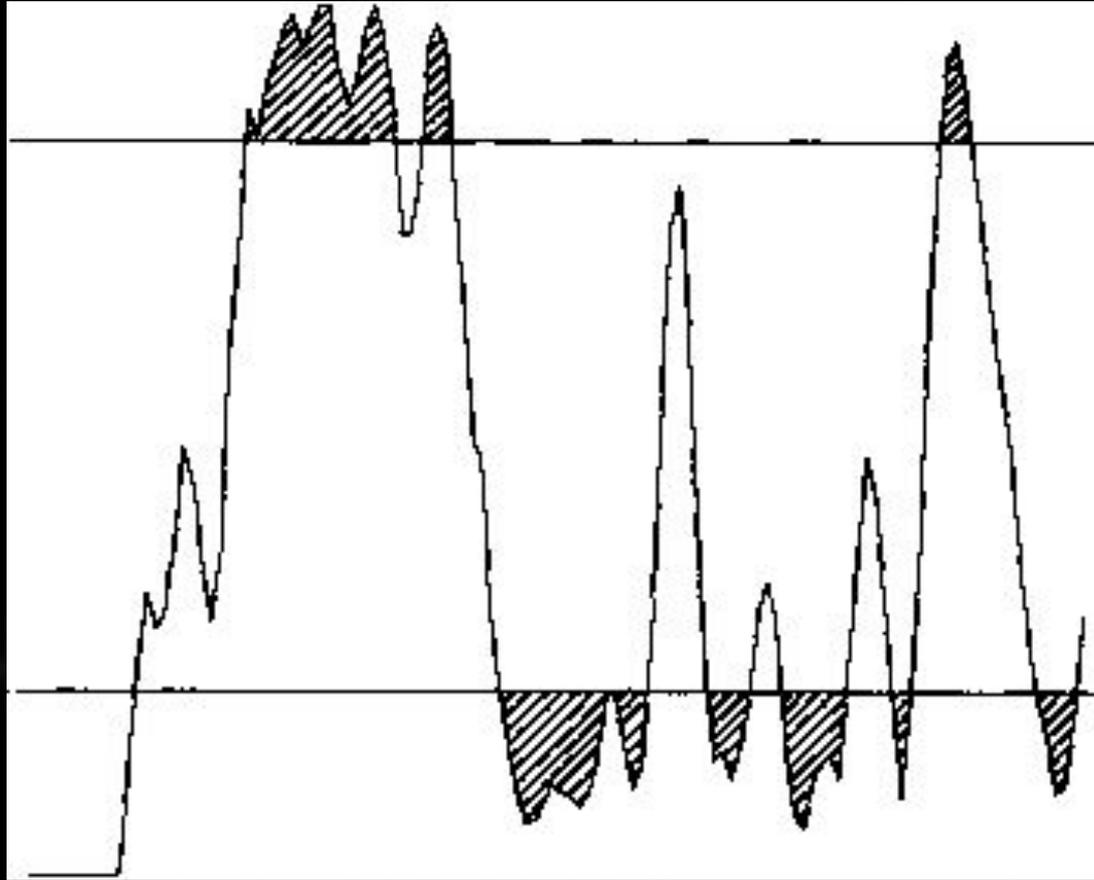
$bufI$ – временное значение яркости,

$TopThreshold$ – значение верхнего порога,

$LowThreshold$ – значение нижнего порога

Детектор границ Кэнни

Двойная пороговая
фильтрация



Детектор границ

КЭННИ рассировка области
неоднозначности

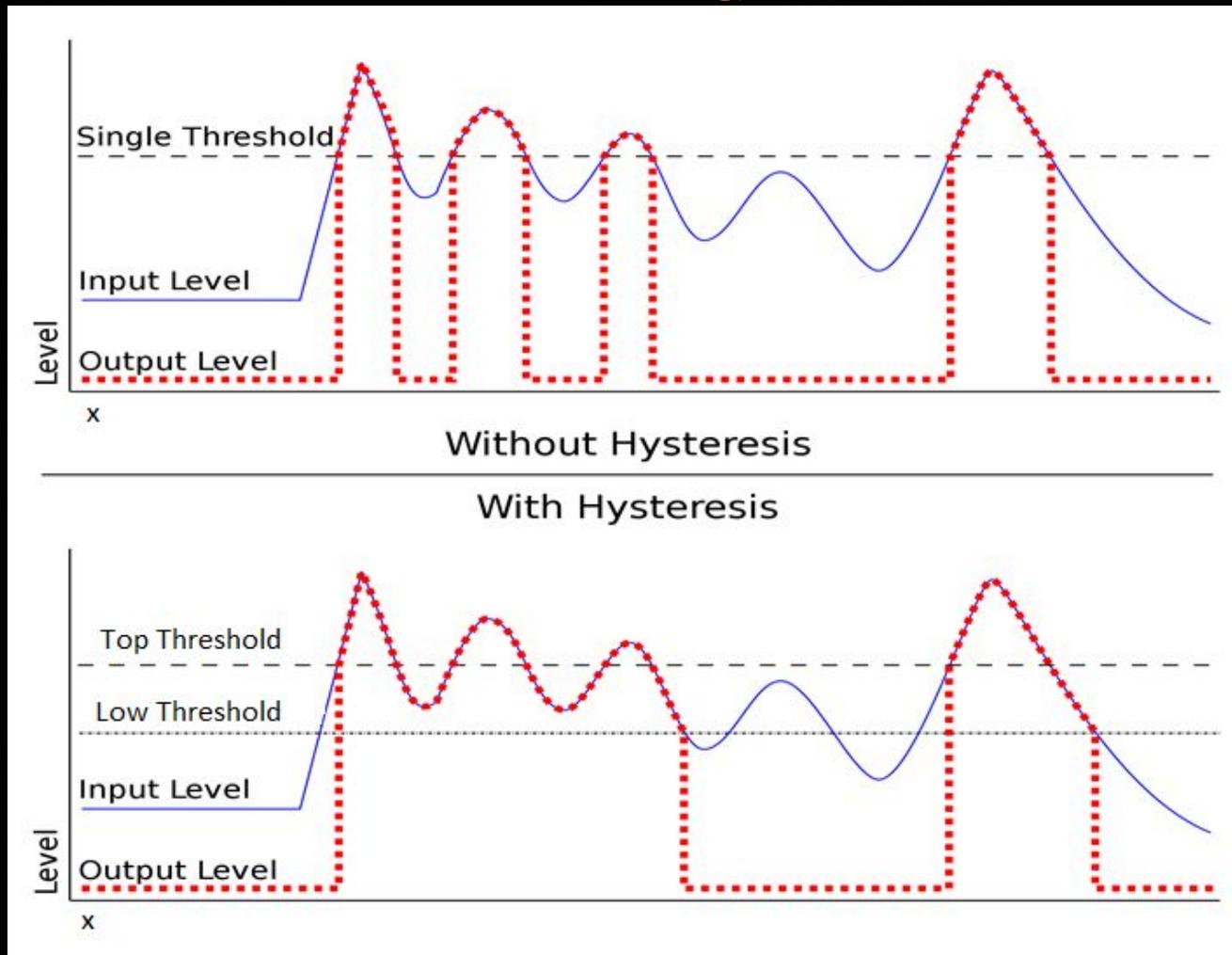
$$\left\{ \begin{array}{l} A(x, y) = buf1 \\ A(x + k, y + k) = 255 \\ \alpha(x, y) = \alpha(x + k, y + k) \end{array} \right\} \Rightarrow A(x, y) = 255,$$

$$k = \{-1, 0, 1\}$$

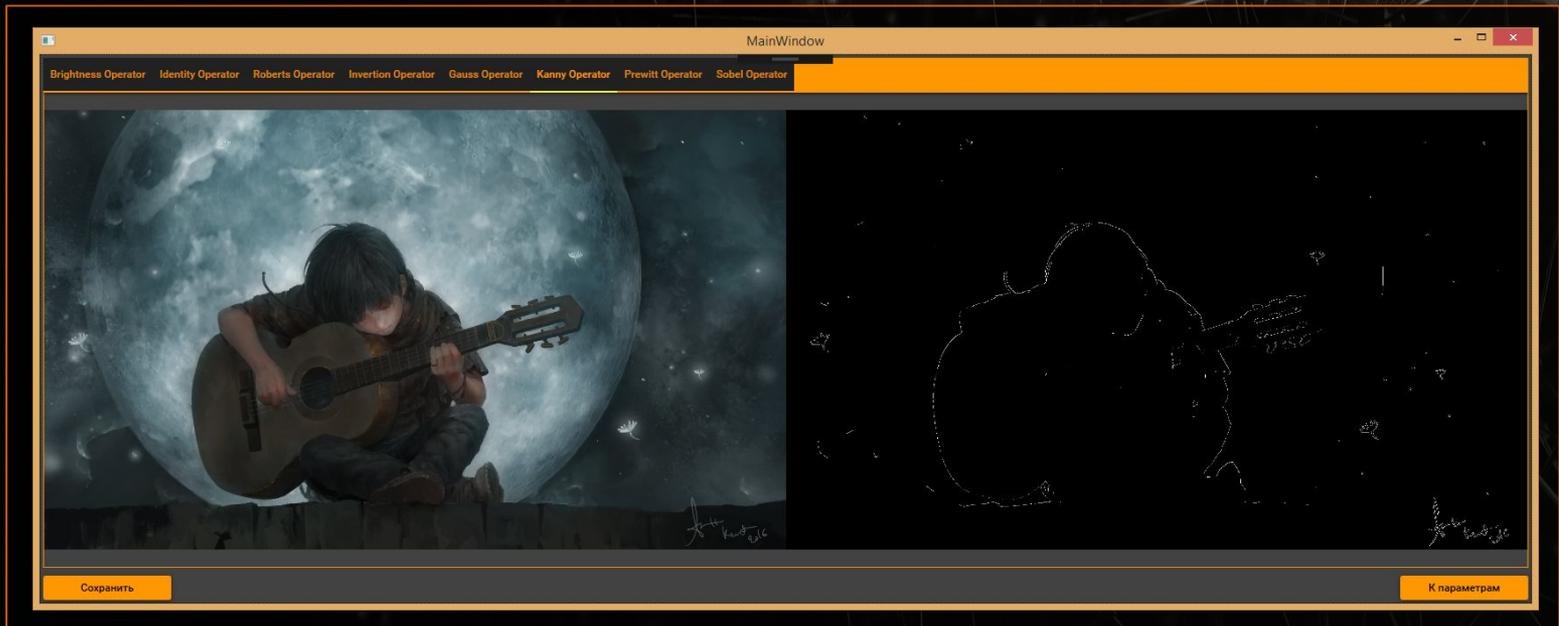
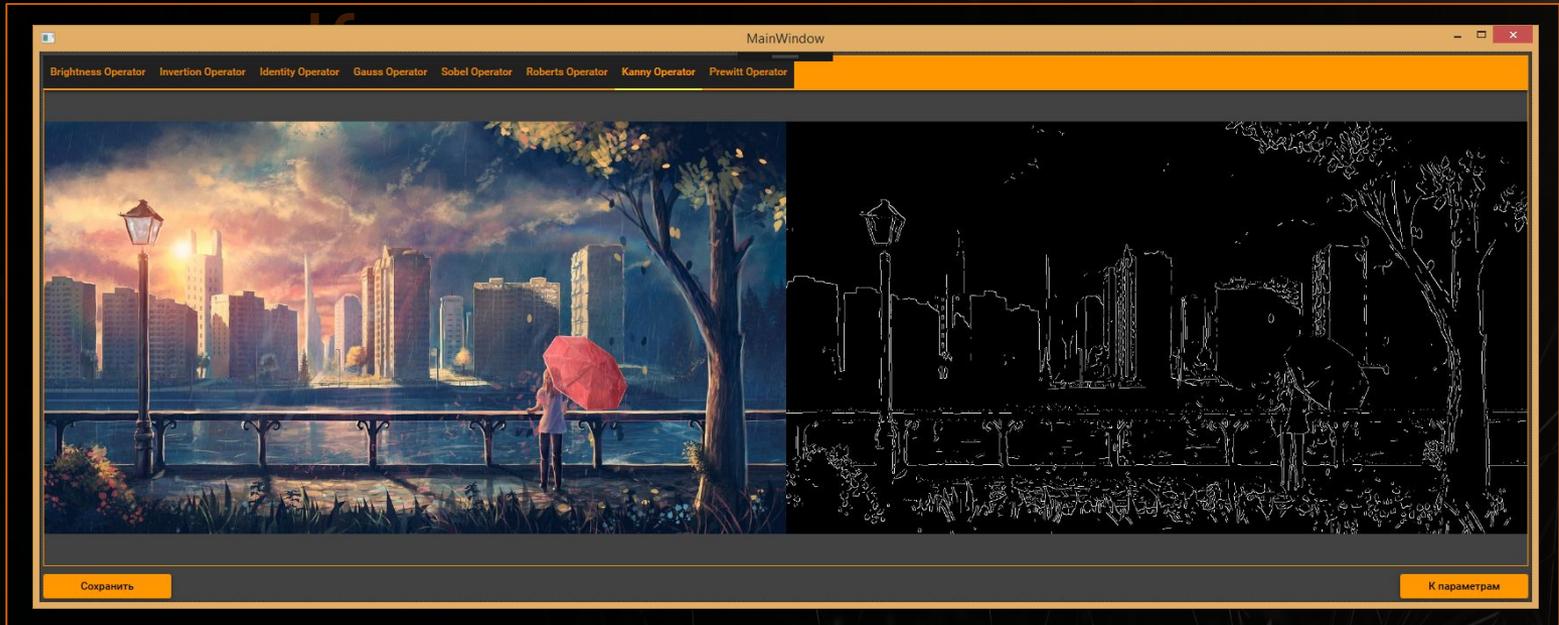
$A(x, y)$ – яркость пикселя на матрице изображения,
 $buf1$ – временное значение яркости

Детектор границ

Траскировка области неоднозначности (Hysteresis thresholding)



Детектор границ



Другие методы

- Метод активных контуров

- Кластеризация

- Локальная обработка

- Прослеживание контуров

- Анализ с помощью графов

- Бимлет-преобразование

- Риджет-преобразования

- Курвет-преобразования

Заключительный

анализ операторы Соболя, Приютта и Робертса



- Точность



- Количество



- Скорость

Заключительный

Алгоритм Лапласа и детектор границ
Кэнни



- Тонкие линии
- Точные границы
- Регуляровка параметров

- Быстрота вычислений
- Непрерывные границы

Ито

Kanny Operator



Сохранить

К параметрам

Детектор границ Кэнни даёт удобные для дальнейшей обработки результаты

Единственный способ определить
границы

ВОЗМОЖНОГО — ВЫЙТИ за эти границы.

*Артур
Кларк*