

ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ. Лекция 2.

Преподаватель: Сибирцева Елена
elsibirtseva@gmail.com

**Обработка изображений -
семейство методов и задач,
где входной и выходной
информацией являются
изображения**

**ЗАЧЕМ
ОБРАБАТЫВАТЬ?**

Зачем обрабатывать?

- Улучшение изображения для восприятия человеком
цель – чтобы стало «лучше» с субъективной точки зрения человека
- Улучшение изображения для восприятия компьютером
цель – упрощение последующего распознавания
- Fun (спецэффекты)
цель – получить эстетическое удовольствие от красивого эффекта

**За что отрывают руки
фотографам?**

Проблемы



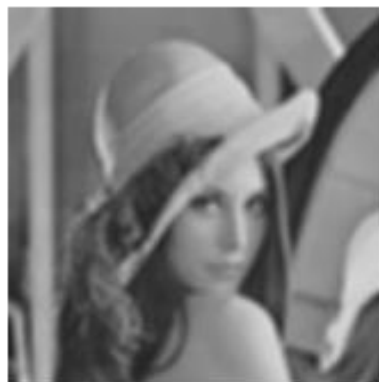
Темное или слабоконтрастное



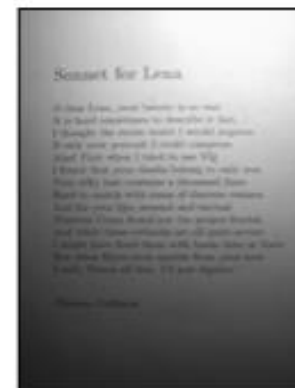
Неправильные цвета



Шумное



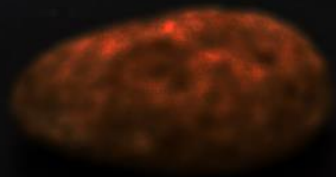
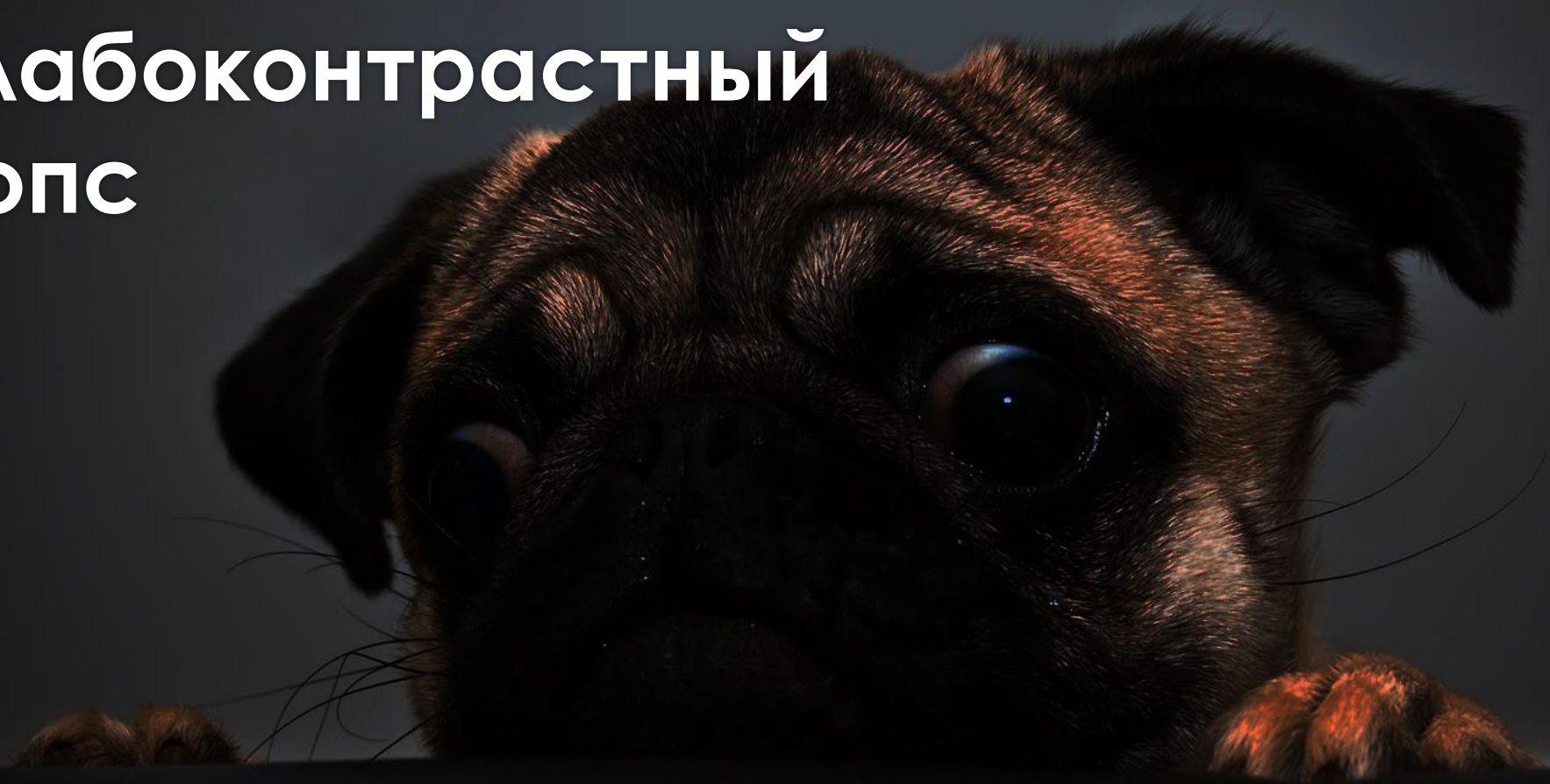
Нерезкое



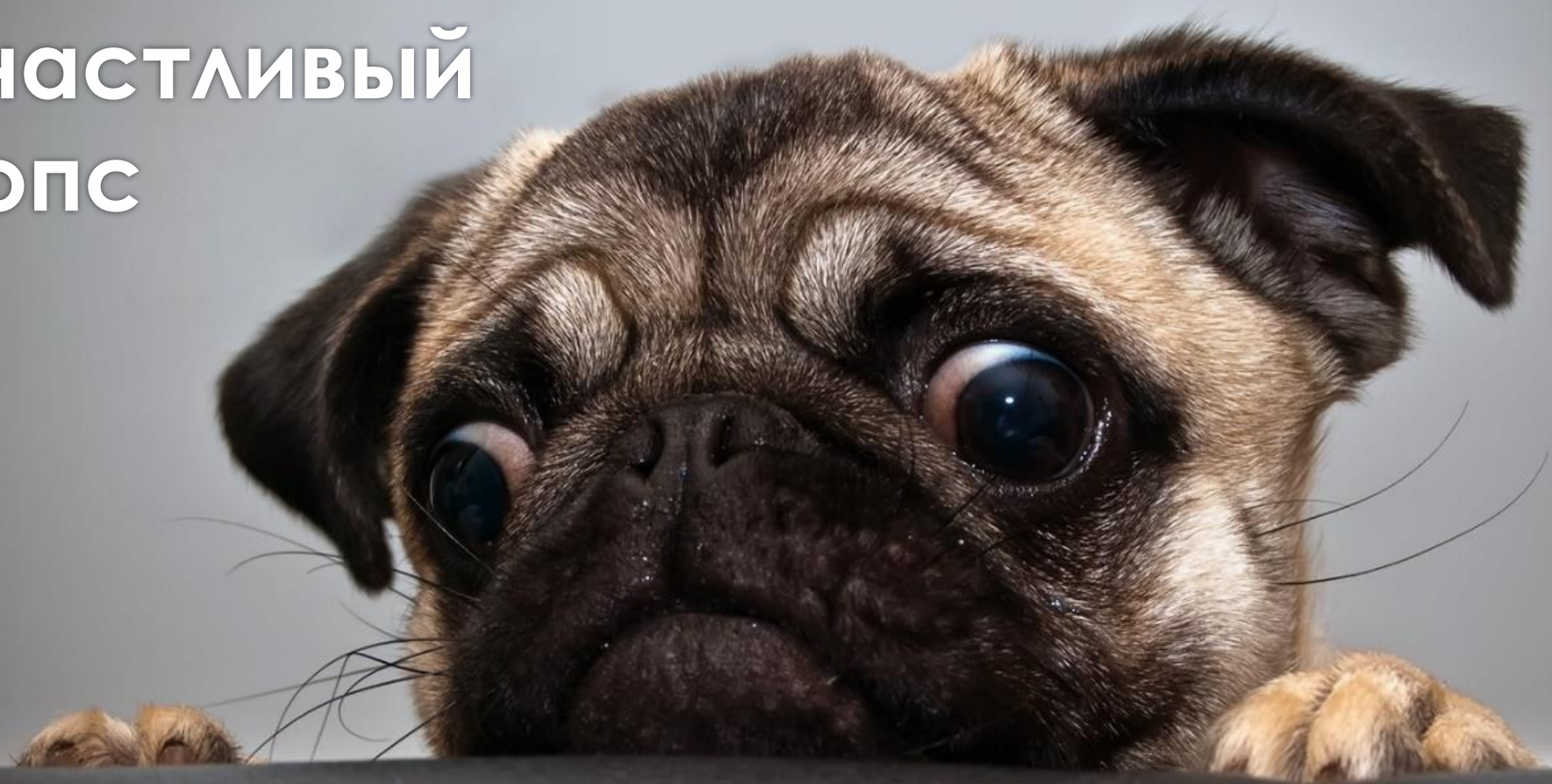
Неравномерно
освещённое

Контраст

Слабоконтрастный МОПС

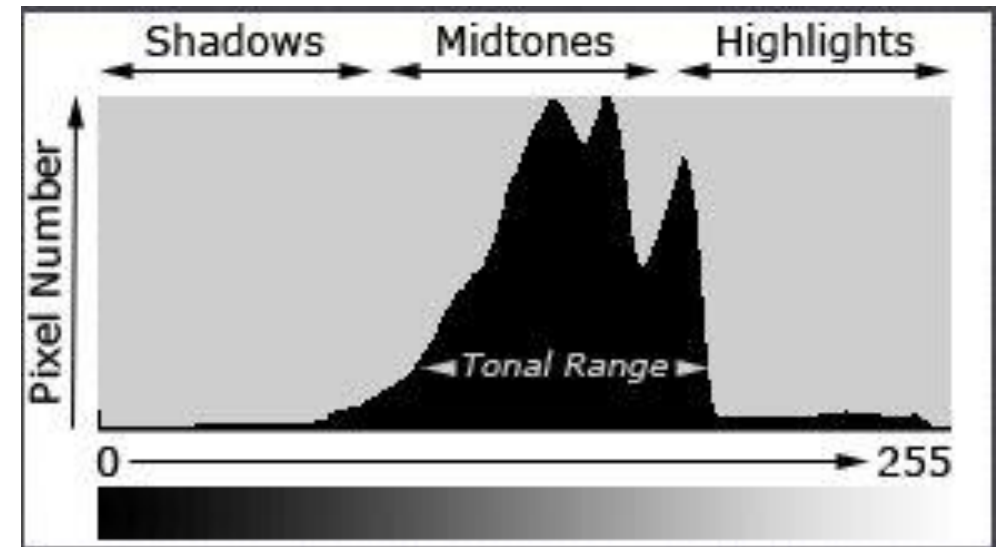
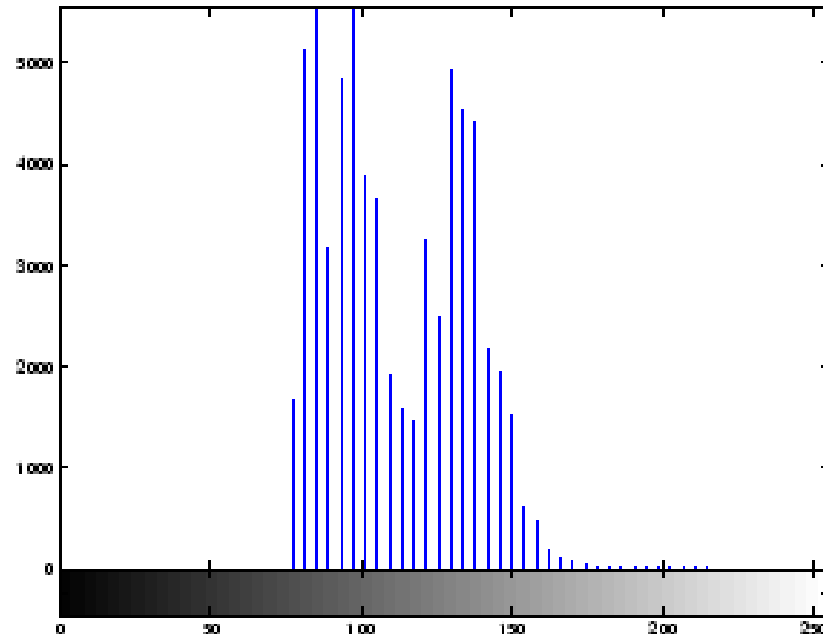


СЧАСТЛИВЫЙ МОПС



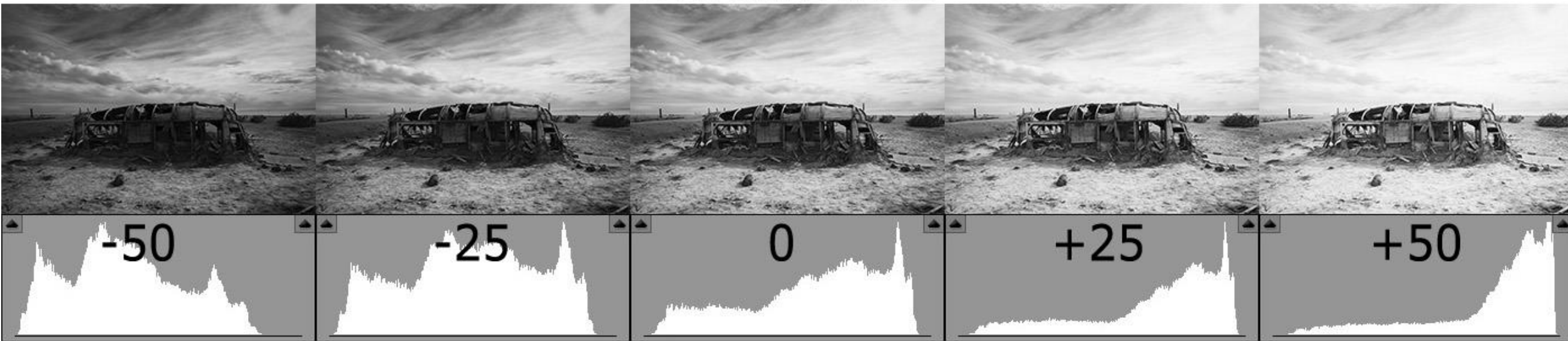
Гистограмма изображения

- Гистограмма – это график распределения яркостей на изображении. На горизонтальной оси - шкала яркостей тонов от белого до черного, на вертикальной оси - число пикселей заданной яркости.



Яркость

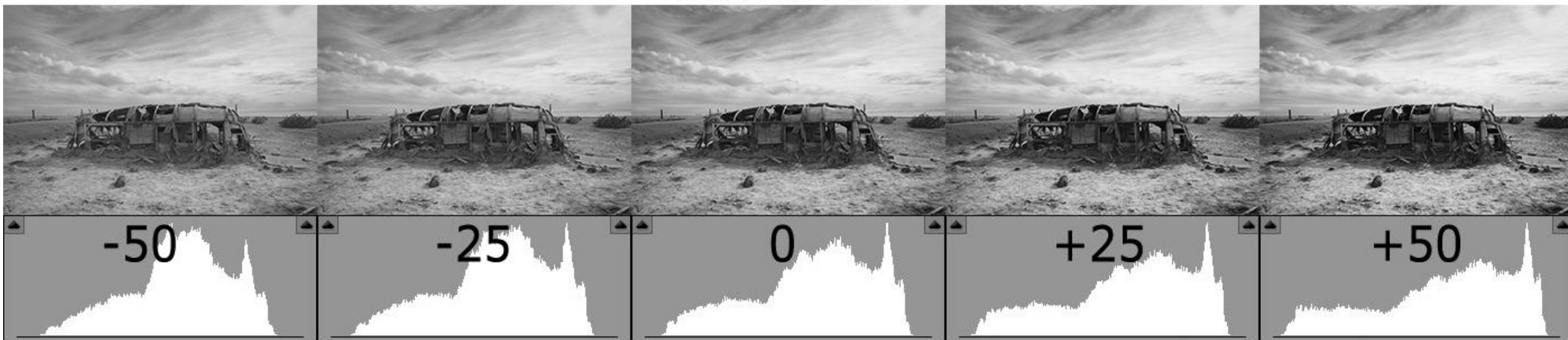
BRIGHTNESS



- **Яркость** — световая характеристика тел. Отношение силы света, излучаемого поверхностью, к площади ее проекции на плоскости, перпендикулярной оси наблюдения.
- **Яркость** (для самых маленьких) - количество белого цвета на изображении. Чем выше яркость, тем светлее становится изображение.

Контрастность

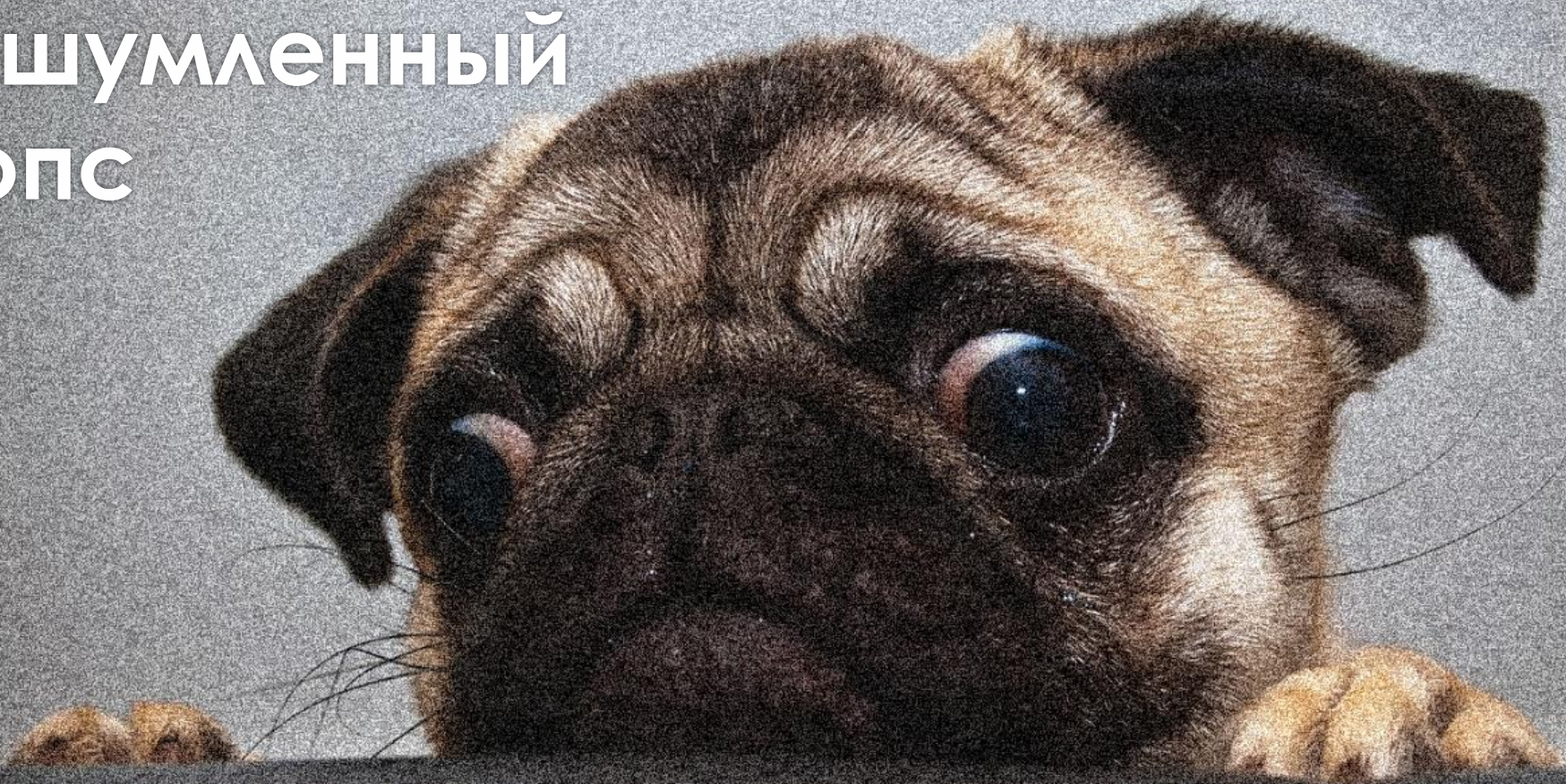
CONTRAST



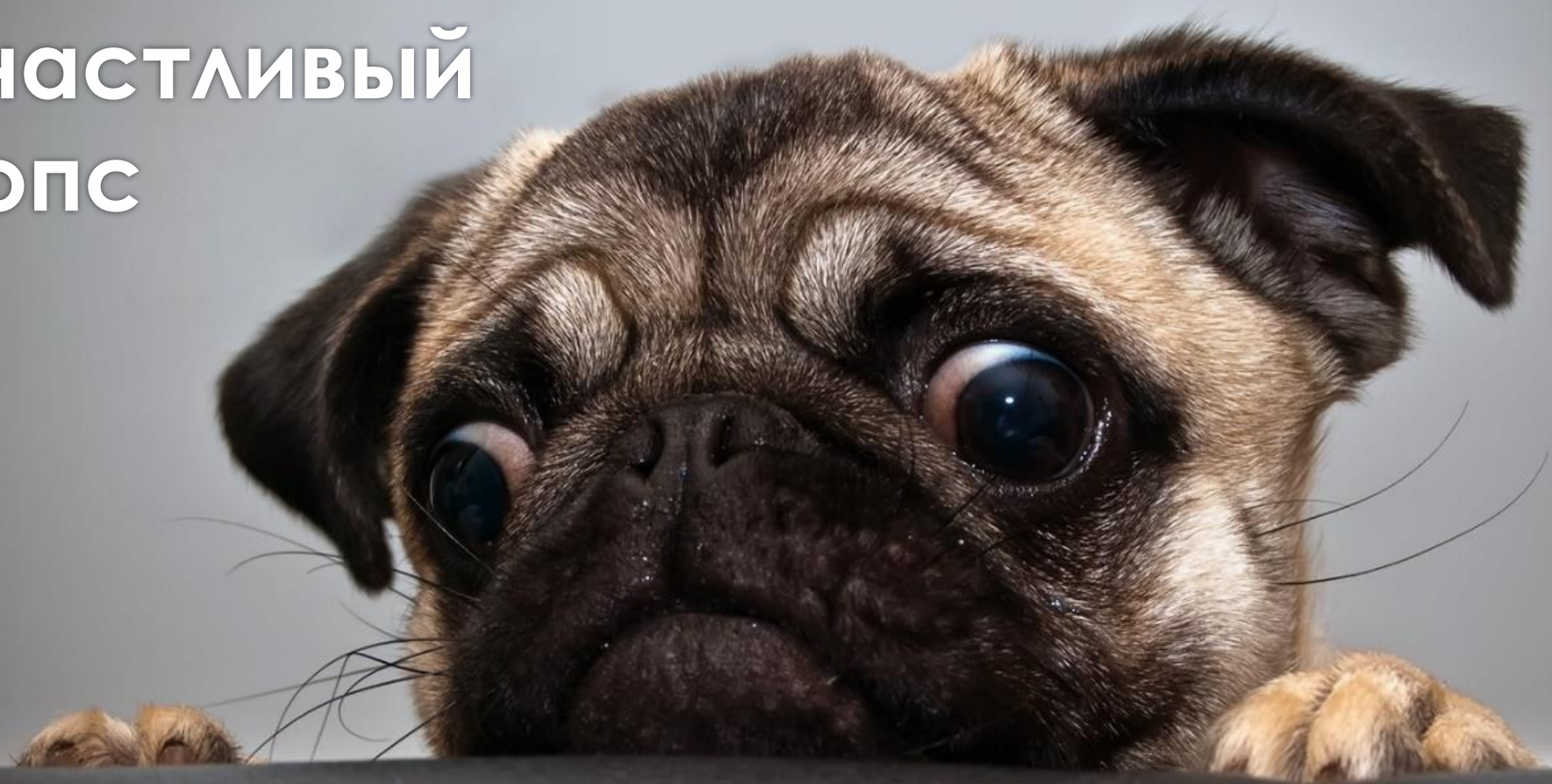
- **Контрастность** — различимость предмета наблюдения от окружающего его фона (монохроматическое излучение); цветовая контрастность — разновидность оптической контрастности, связанная с разницей цветовых оттенков.
- **Контрастность** (для самых маленьких) - разница между разными, расположенными рядом цветами. Чем выше контрастность, тем более резко мы наблюдаем переход от одного цвета к другому (иногда контрастность срабатывает как повышение резкости).

ШУМ

Зашумленный МОПС



СЧАСТЛИВЫЙ МОПС



Вопрос: шумоподавление...



- Дано: камера, застывшая сцена, освещение постоянно. Как подавить шум?

Типы шумов

Импульсный



Соль и перец



Гауссов



Решение: медианный фильтр

Медианный фильтр

original



added noise



average



median

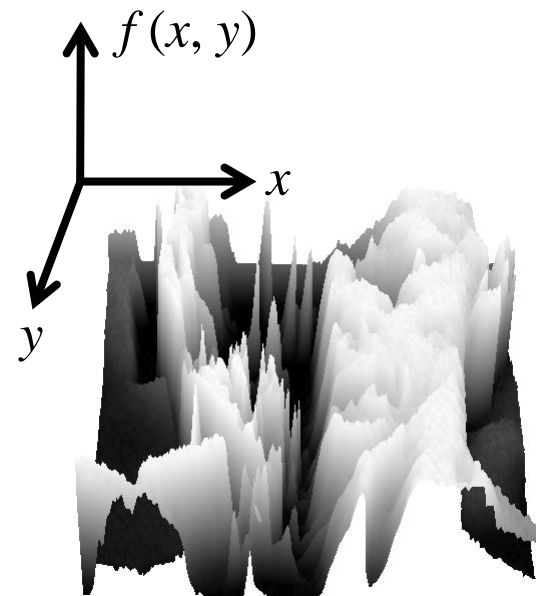


Что такое изображение?

- Можно представить изображение (gray scale) как **функцию, f** , от \mathbb{R}^2 к \mathbb{R} :
 - $f(x, y)$ – **интенсивность** в координате (x, y)



[snoop](#)



[3D view](#)

- **Цифровое** изображение дискретное отображение данной функции

Преобразование изображений

- Как и с любой другой функцией, к изображению можно применять различные операторы



$$g(x, y) = f(x, y) + 20$$



$$g(x, y) = f(-x, y)$$

- Но для изображений используется также специальный оператор «свертка»

Фильтрация изображений

- Суть: изменить пиксели изображения, на основе некой функции, зависящей от локальных соседей каждого пикселя

10	5	3
4	5	1
1	1	7

Исходное изображение

Магия

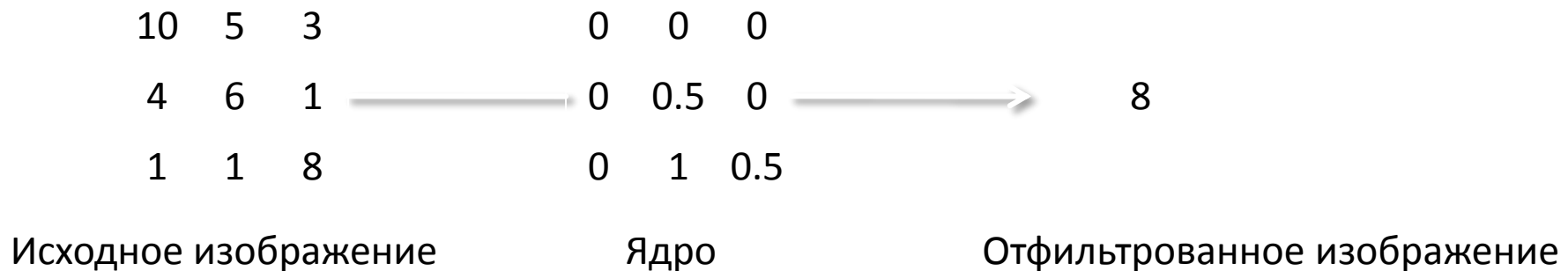


7

Отфильтрованное изображение

Линейная фильтрация

- Простейшие фильтры: линейные (кросс-корреляция, свертка)
Суть: заменить каждый пиксель взвешенной суммой его соседей
- Работа линейного фильтра определяется его **ядром**



Свертка

$$G[i, j] = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k H[u, v] F[i - u, j - v]$$

Это называется **оператором свертки**:

$$G = H * F$$

Основные свойства линейных фильтров

Линейность:

$$\text{filter}(f_1 + f_2) = \text{filter}(f_1) + \text{filter}(f_2)$$

Инвариантность к сдвигу: одинаковое поведение, независимо от позиции пикселя

$$\text{filter}(\text{shift}(f)) = \text{shift}(\text{filter}(f))$$

Любой линейный и инвариантный к сдвигу оператор может быть представлен как **свертка**

Нужно больше свойств!

- Коммутативность: $a * b = b * a$
 - Conceptually no difference between filter and signal
 - But particular filtering implementations might break this equality
- Ассоциативность: $a * (b * c) = (a * b) * c$
 - Often apply several filters one after another: $((a * b_1) * b_2) * b_3$
 - This is equivalent to applying one filter: $a * (b_1 * b_2 * b_3)$
- Дистрибутивность: $a * (b + c) = (a * b) + (a * c)$
- Идентичность: импульс $e = [0, 0, 1, 0, 0]$,
 $a * e = a$

Пример: box filter

$$\frac{1}{9} g[\cdot, \cdot]$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10							

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20						

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20	30					

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20	30	30				

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20	30	30				

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20	30	30				
						?			
				50					

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Box filter

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$f[\cdot, \cdot]$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	90	0	90	90	90	0	0
0	0	0	90	90	90	90	90	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$h[\cdot, \cdot]$

	0	10	20	30	30	30	20	10	
	0	20	40	60	60	60	40	20	
	0	30	60	90	90	90	60	30	
	0	30	50	80	80	90	60	30	
	0	30	50	80	80	90	60	30	
	0	20	30	50	50	60	40	20	
	10	20	30	30	30	30	20	10	
	10	10	10	0	0	0	0	0	

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] f[m + k, n + l]$$

Линейные фильтры: примеры



Original



0	0	0
0	1	0
0	0	0



Identical image

Линейные фильтры: примеры



Original



0	0	0
1	0	0
0	0	0



Shifted left
By 1 pixel

Линейные фильтры: примеры

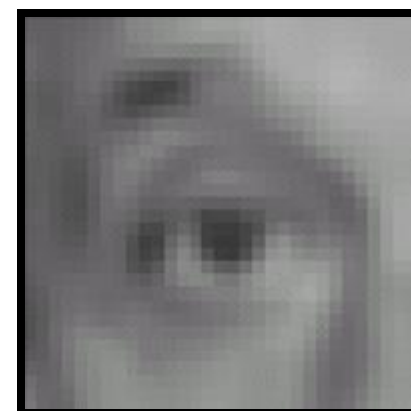


Original



$\frac{1}{9}$

1	1	1
1	1	1
1	1	1



Blur (with a mean filter)

Линейные фильтры: примеры



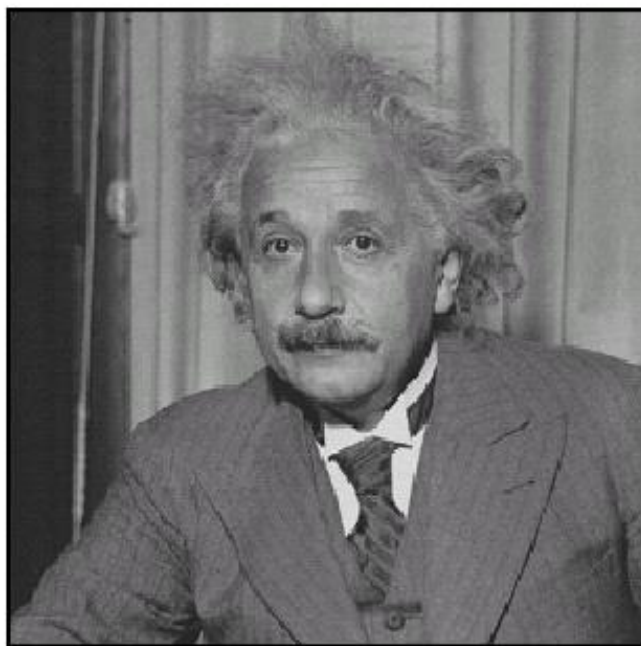
Original

$$* \left(\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \right) =$$

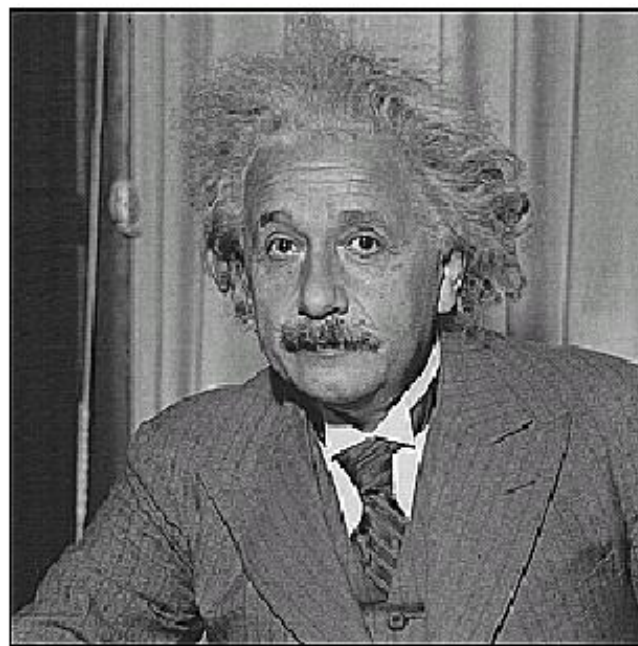


Sharpening filter
(accentuates edges)

Sharpening

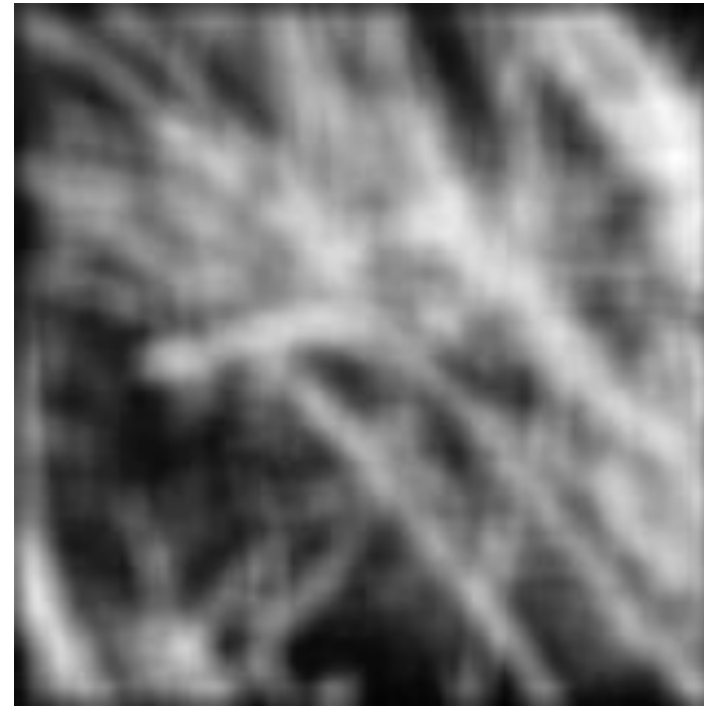
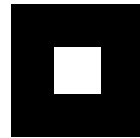


before

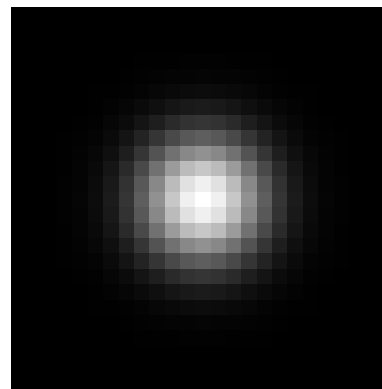
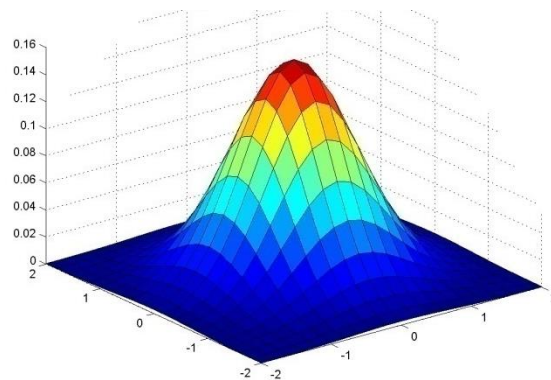


after

Размытие с box filter

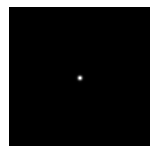
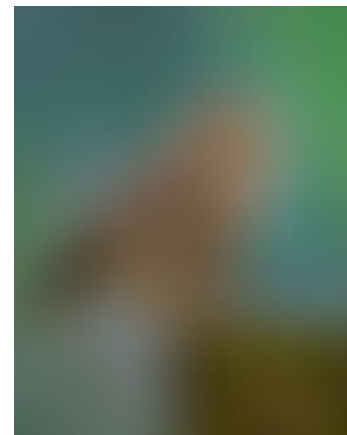
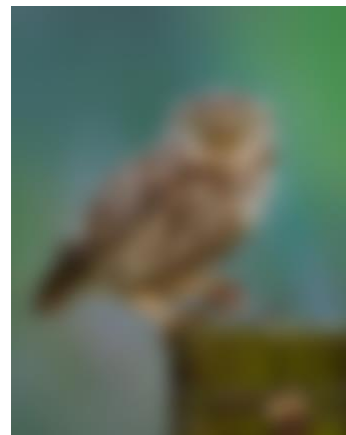
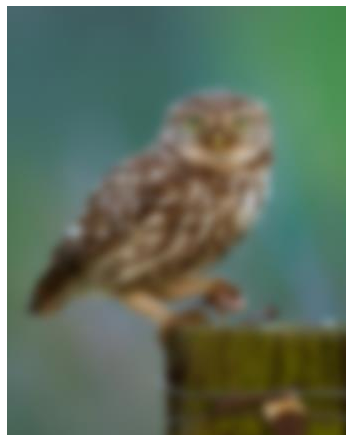


Ядро Гауссиана

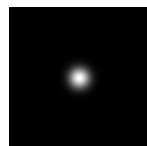


$$G_{\sigma} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

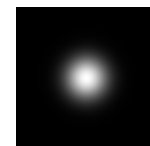
Гауссовы фильтры



$\sigma = 1$ pixel



$\sigma = 5$ pixels

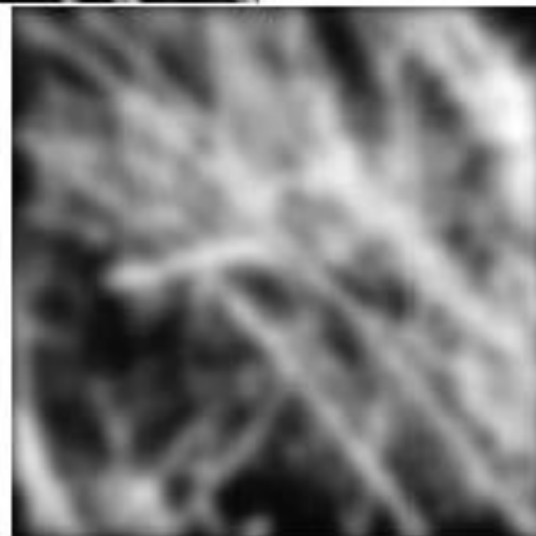
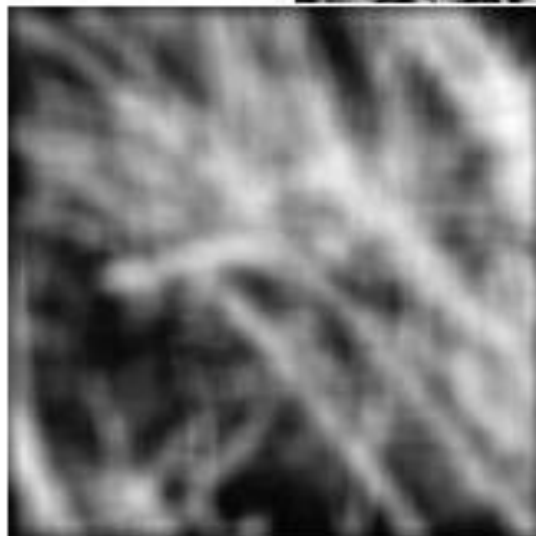


$\sigma = 10$ pixels



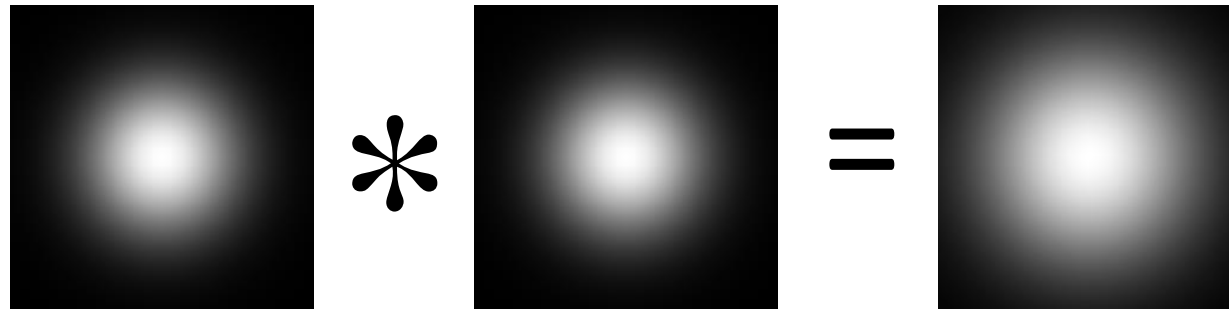
$\sigma = 30$ pixels

Среднее vs. Гауссов фильтр



Гауссов фильтр

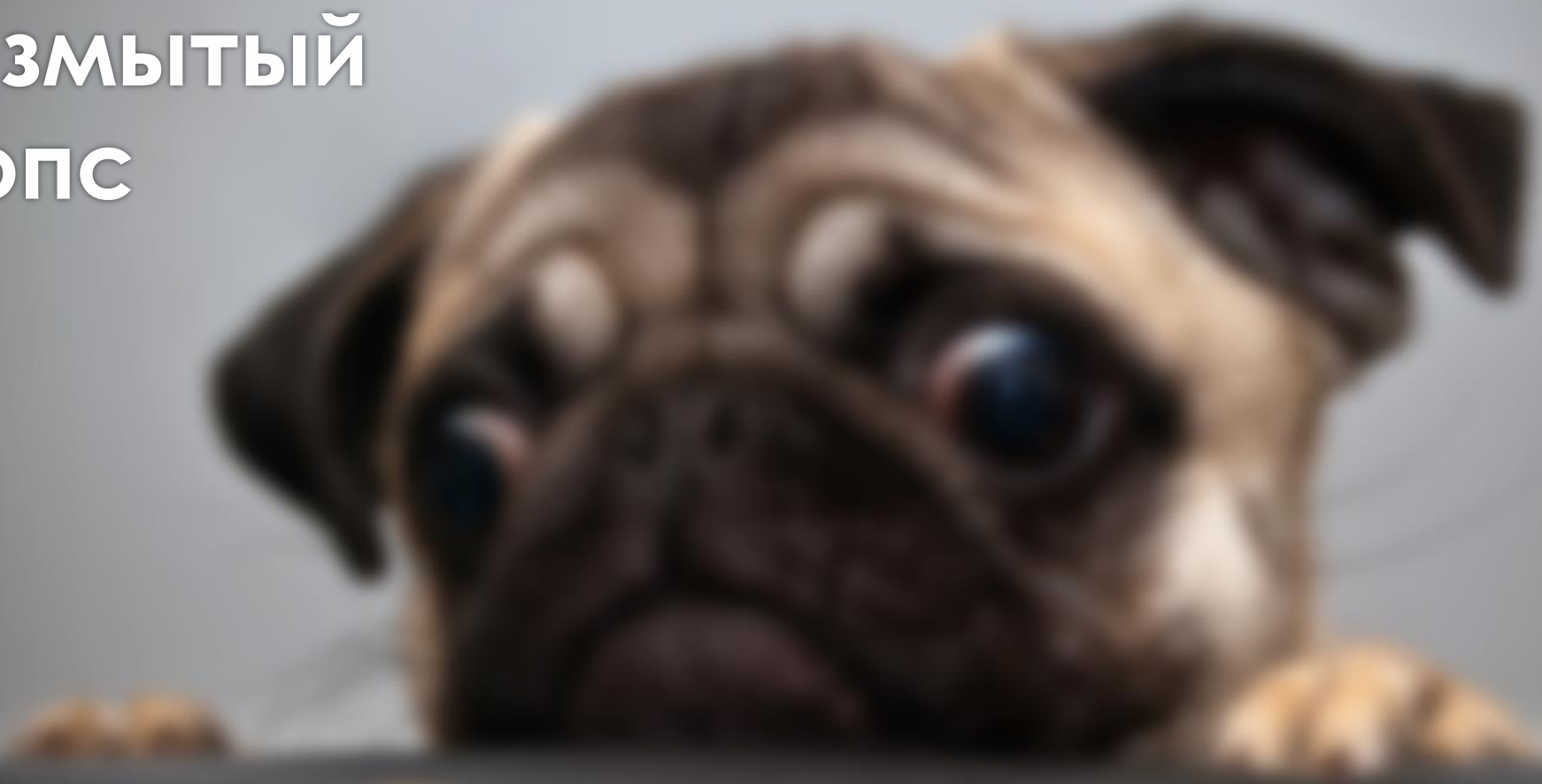
- Убирает высоко-частотные компоненты из изображения (low-pass filter)
- Свертка с самим собой – новый Гауссиан



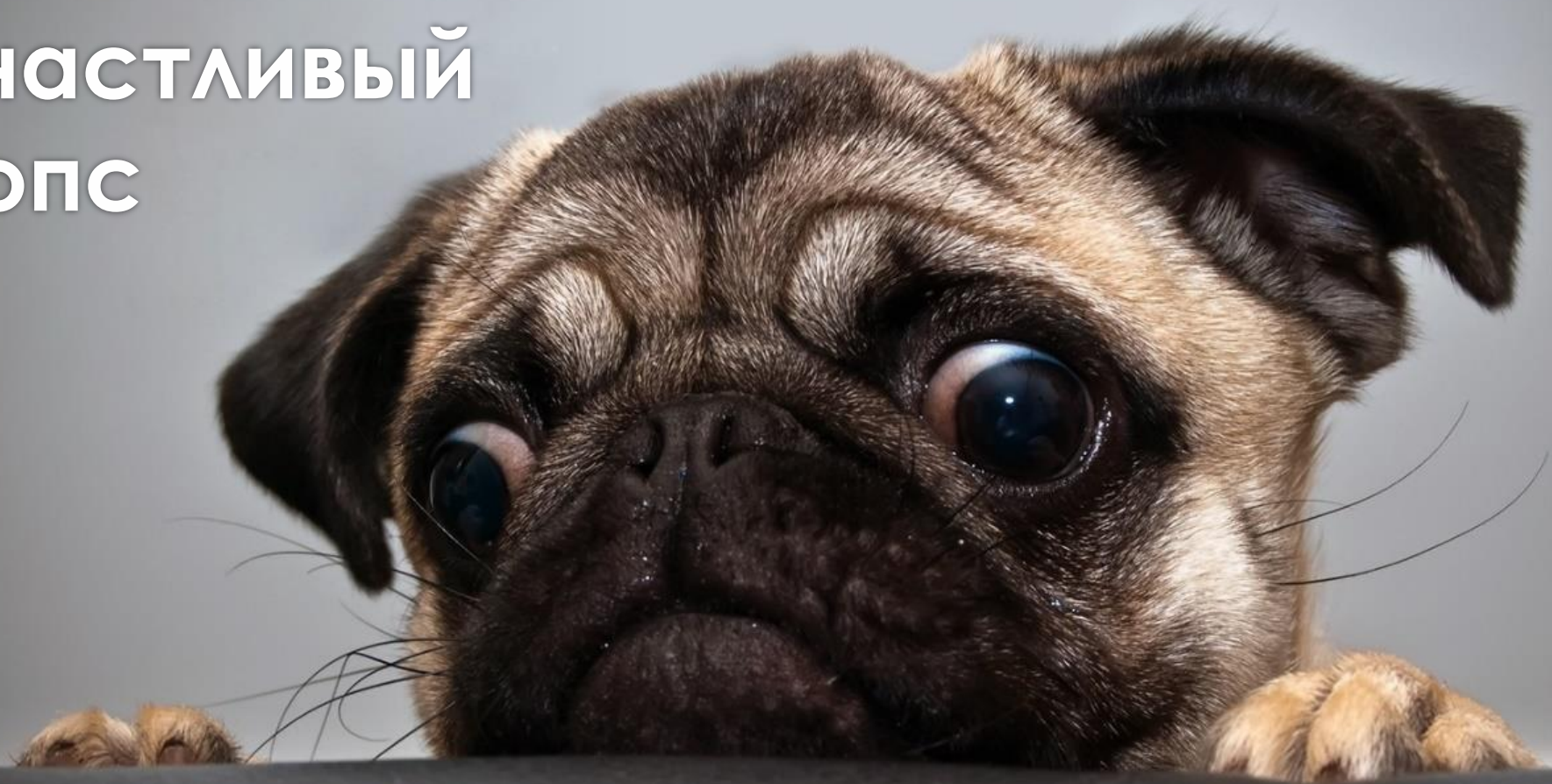
— Если дважды пробежаться сверткой с Гауссовым ядром шириной σ , то это то же самое, что применить свертку один раз с шириной $\sigma\sqrt{2}$

РЕЗКОСТЬ

Размытый мопс

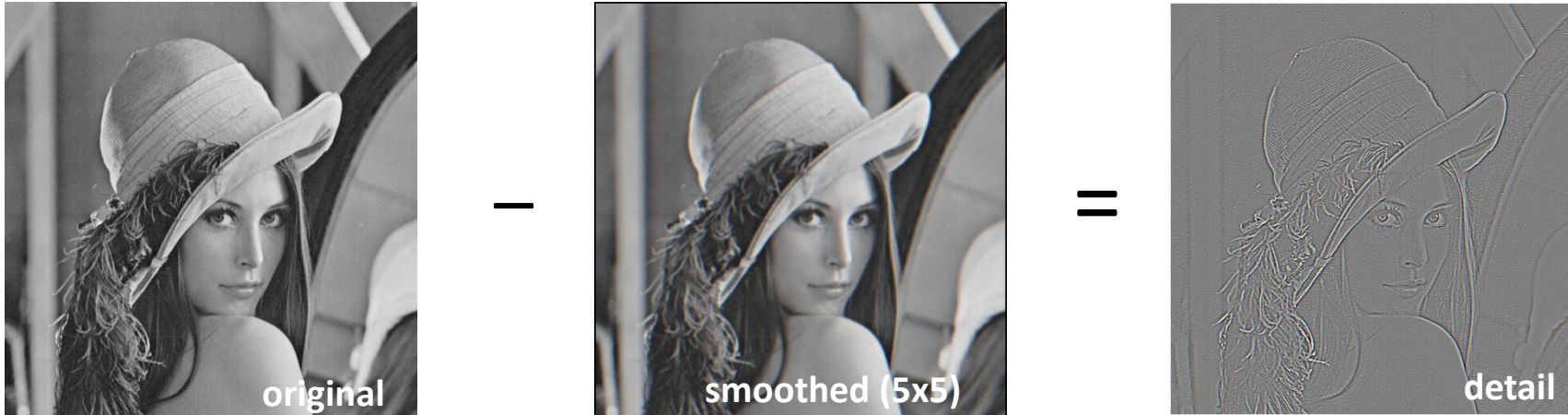


СЧАСТЛИВЫЙ МОПС

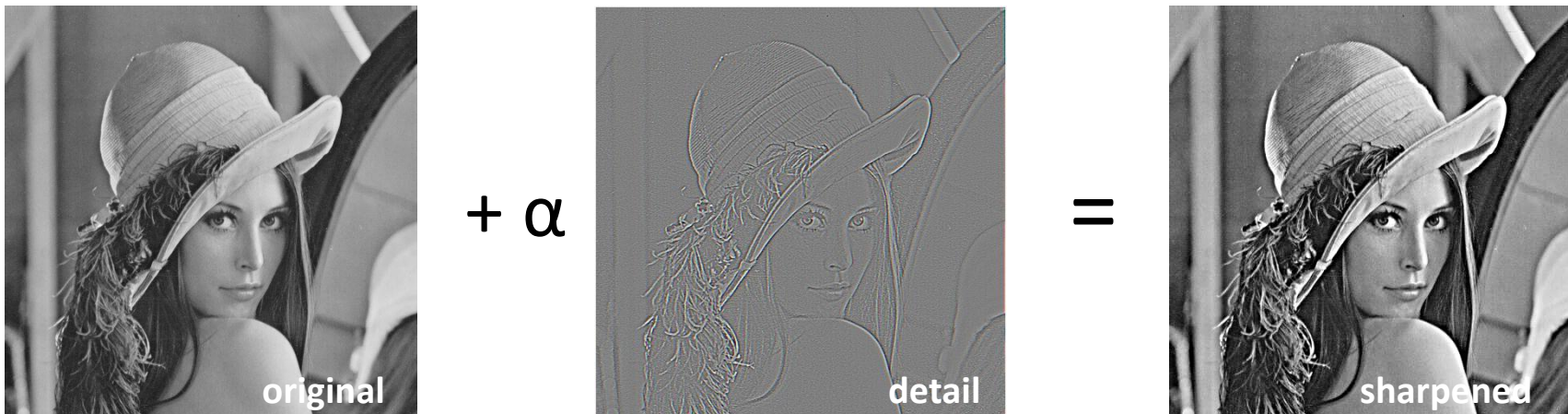


Резкость, one more time

- Что съедает blur?



Почему бы это не добавить снова?

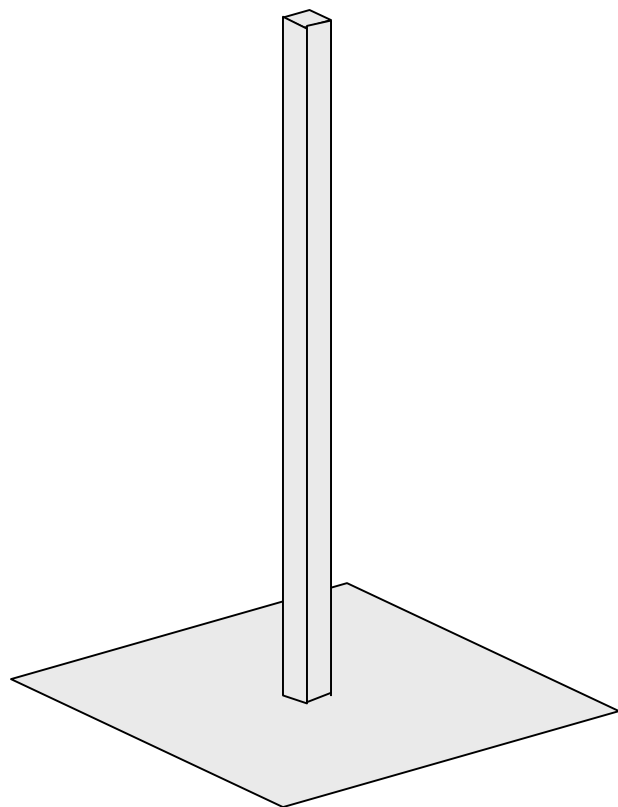


Sharpen filter

$$F + \alpha (F - \underbrace{F * H}_{\text{blurred image}})$$

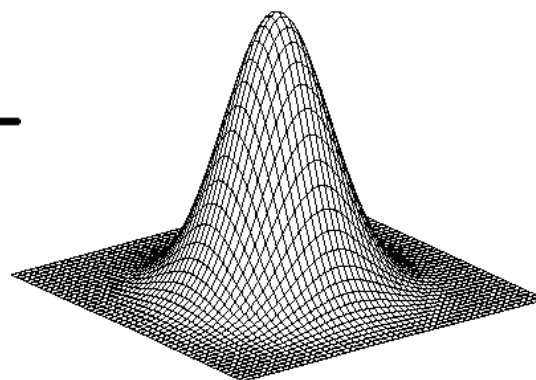
↑
image

↑
unit impulse
(identity)



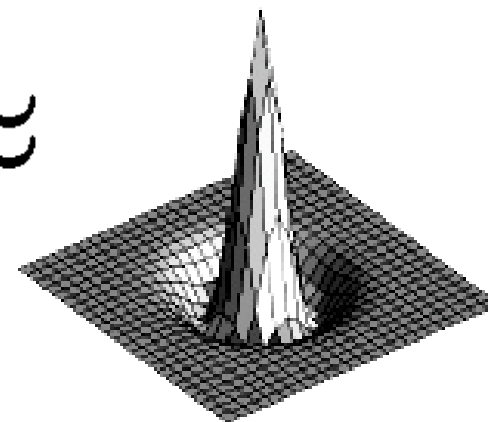
scaled impulse

—



Gaussian

≈



Laplacian of Gaussian

Фильтр резкости

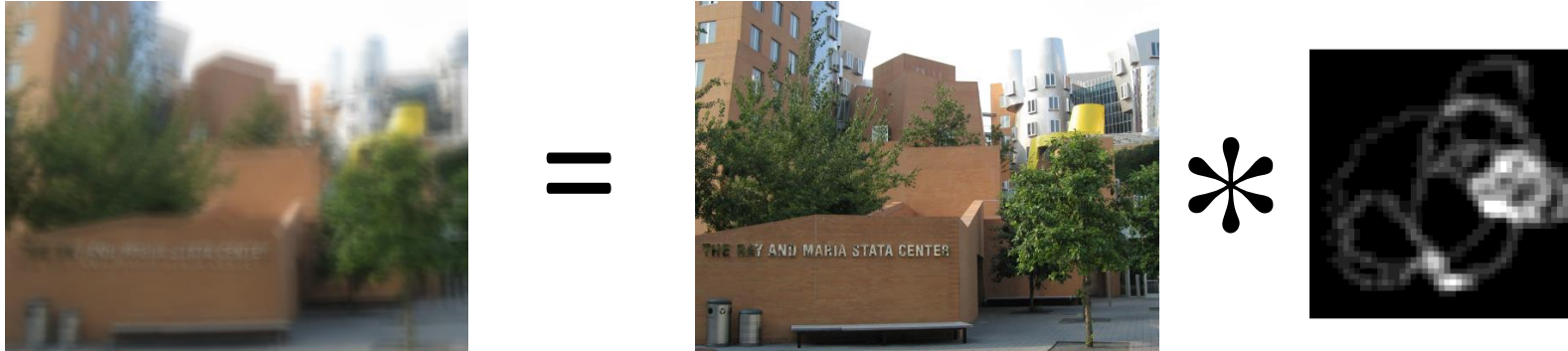
Без фильтра

С фильтром



“Optical” Convolution

Camera shake



Source: Fergus, *et al.* “Removing Camera Shake from a Single Photograph”, SIGGRAPH 2006

Bokeh: Blur in out-of-focus regions of an image.



Source: <http://lullaby.homepage.dk/diy-camera/bokeh.html>

В следующих сериях...

**Фильтры – это
просто!**

Bitches be like

