

Фильтрация изображений

Занятие 3

Computer Vision

Лектор
Ян Колода

r_d

ОПЕРАЦИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Операции в форме

$$p' = f(p) \longrightarrow \blacksquare = f\left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline \text{yellow} & \text{orange} & \text{orange} \\ \hline \text{orange} & \text{orange} & \text{orange} \\ \hline \text{orange} & \text{orange} & \text{orange} \\ \hline \end{array} \right)$$

Используются для:

- улучшения визуального качества изображений
- манипуляции изображениями
- выделения признаков

Основа сверточных нейронных сетей



СВЕРТКА (КОНВОЛЮЦИЯ)

$$y(n_1, n_2) = x(n_1, n_2) * h(n_1, n_2) = \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} x(k_1, k_2) h(n_1 - k_1, n_2 - k_2)$$

Изображение Кernels (фильтр)

100	150	100	110
110	110	110	100
150	20	110	100
100	110	120	110

*

0	0.1	0
0.1	0.6	0.1
0	0.1	0

=

	105		

СВЕРТКА (КОНВОЛЮЦИЯ)

$$y(n_1, n_2) = x(n_1, n_2) * h(n_1, n_2) = \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} x(k_1, k_2) h(n_1 - k_1, n_2 - k_2)$$

Изображение Кernels (фильтр)

100	150	100	110
110	110	110	100
150	20	110	100
100	110	120	110

*

0	0.1	0
0.1	0.6	0.1
0	0.1	0

=

	105	108	

СВЕРТКА (КОНВОЛЮЦИЯ)

$$y(n_1, n_2) = x(n_1, n_2) * h(n_1, n_2) = \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} x(k_1, k_2) h(n_1 - k_1, n_2 - k_2)$$

Изображение Кernels (фильтр)

100	150	100	110
110	110	110	100
150	20	110	100
100	110	120	110

*

0	0.1	0
0.1	0.6	0.1
0	0.1	0

=

	105	108	
	60		

СВЕРТКА (КОНВОЛЮЦИЯ)

$$y(n_1, n_2) = x(n_1, n_2) * h(n_1, n_2) = \sum_{k_1=-\infty}^{+\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{+\infty} x(k_1, k_2) h(n_1 - k_1, n_2 - k_2)$$

Изображение Кernels (фильтр)

100	150	100	110
110	110	110	100
150	20	110	100
100	110	120	110

*

0	0.1	0
0.1	0.6	0.1
0	0.1	0

=

	105	108	
	60	101	

ФИЛЬТРАЦИЯ

- $x(n_1, n_2)$ input image
- $y(n_1, n_2)$ output image
- $h(n_1, n_2)$ filter (or kernel)

$$\begin{array}{c} x \\ \text{[Image of a baboon face]} \end{array} * \frac{1}{24} \begin{array}{c} h \\ \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 2 \\ \hline 3 & 4 & 3 \\ \hline 2 & 3 & 2 \\ \hline \end{array} \end{array} = \begin{array}{c} y \\ \text{[Image of a baboon face]} \end{array}$$

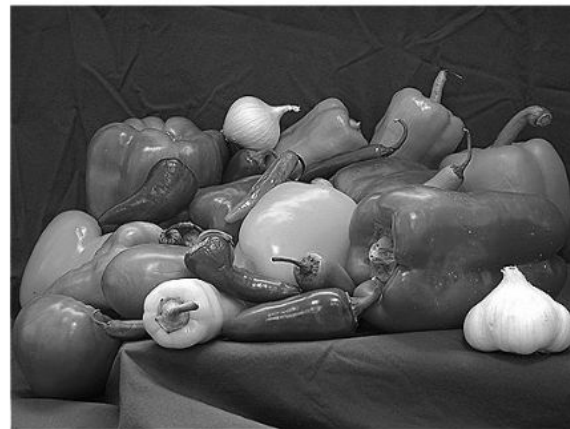
Свертка (конволюция) изображения x с керналом h называется **фильтрацией**.

ФИЛЬТРЫ ВЕРХНИХ ЧАСТОТ



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

High-pass filter
(sharpening)

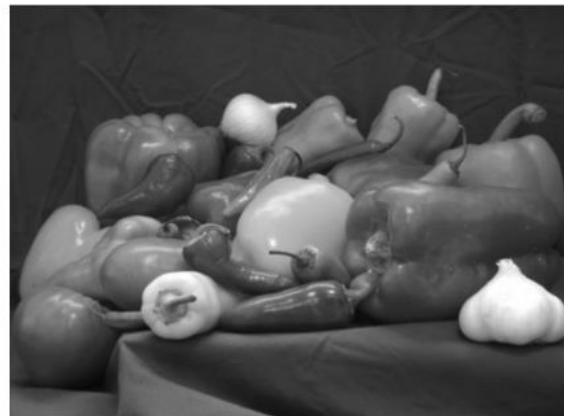


ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ



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

Low-pass filter
(blurring)



ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ

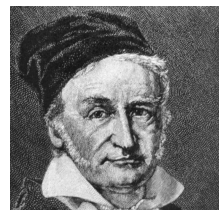
Размытие по Гауссу (Gaussian blurring)

- Фильтр Гаусса

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

Пример ($\sigma = 1$):

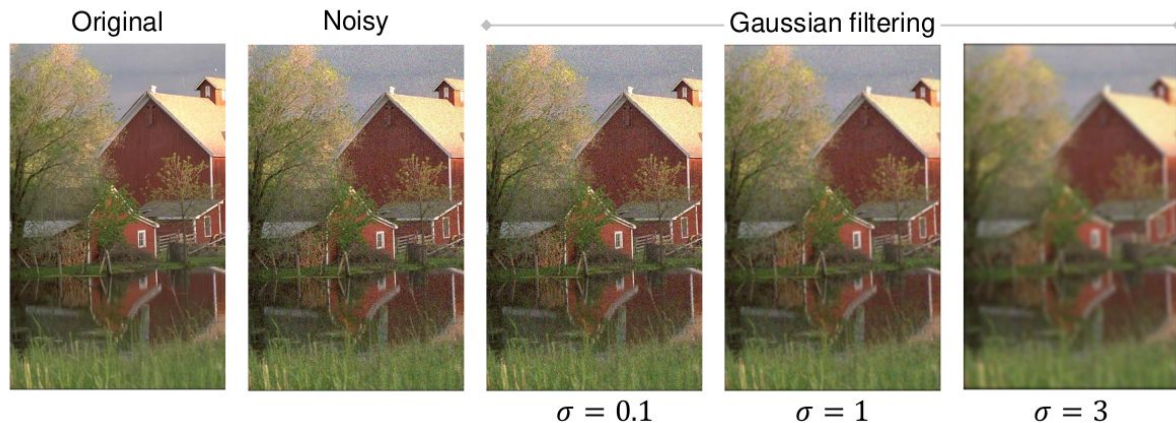
$$G_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0.08 & 0.12 & 0.08 \\ 0.12 & 0.20 & 0.12 \\ 0.08 & 0.12 & 0.08 \end{bmatrix}$$



Johann Carl Friedrich Gauss
(1777 - 1855)

ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ

Удаляют **шум**



Проблема фильтров нижних частот:

- Удаляют **все** верхние частоты (включая границы)

БИЛАТЕРАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Удаляют шум, но сохраняют границы


Two kernels

Spatial kernel

- Distance-based kernel (normal Gaussian blur)
- Smooths differences in coordinates

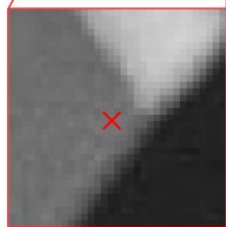
Range kernel

- Similar pixels more relevant for filtering
- Smooths differences in intensities

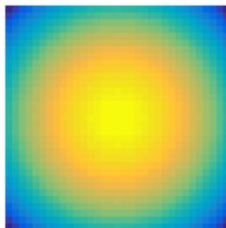

$$I'(\mathbf{p}) = \frac{1}{C} \sum_{\mathbf{p}_i \in A} I(\mathbf{p}_i) K_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{p}_i\|^2) K_{\sigma_r}(|I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p}_i)|^2)$$

Normalization factor: $C = \sum_{\mathbf{p}_i \in A} K_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{p}_i\|^2) K_{\sigma_r}(|I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p}_i)|^2)$

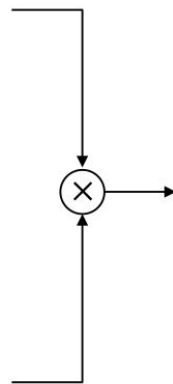
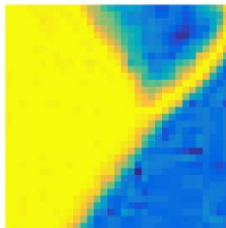
БИЛАТЕРАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ



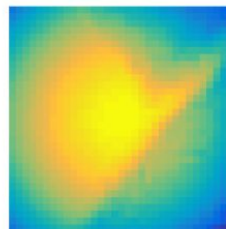
Spatial kernel



Range kernel



Bilateral kernel



БИЛАТЕРАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Original image



Noise contamination



$\sigma = 3$



Gaussian filter

$\sigma_s = 3$
 $\sigma_r = 0.25$



Bilateral filter

БИЛАТЕРАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Original image



Noise contamination

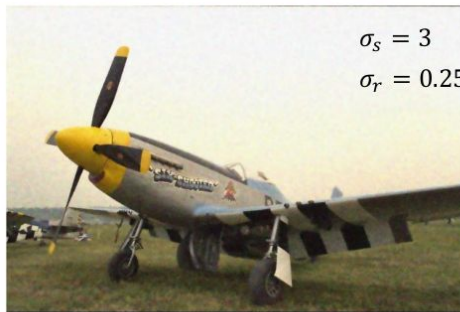


$\sigma = 3$



Gaussian filter

$\sigma_s = 3$
 $\sigma_r = 0.25$



Bilateral filter

Q&A

???



ЗАВЖДИ Є КУДИ
ЗРОСТАТИ