

# Основы глубинного обучения

Лекция 3

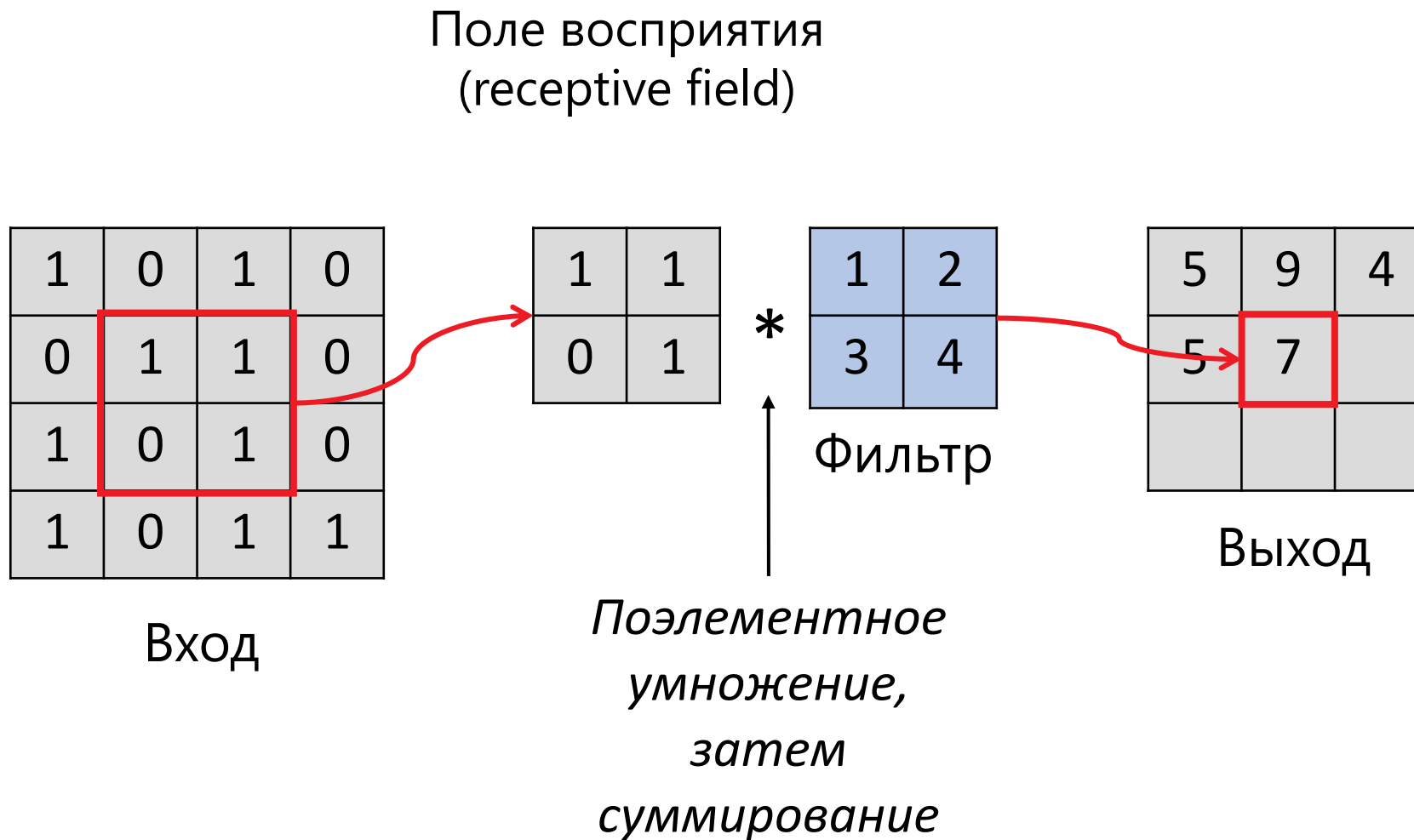
Свёрточные сети

Евгений Соколов

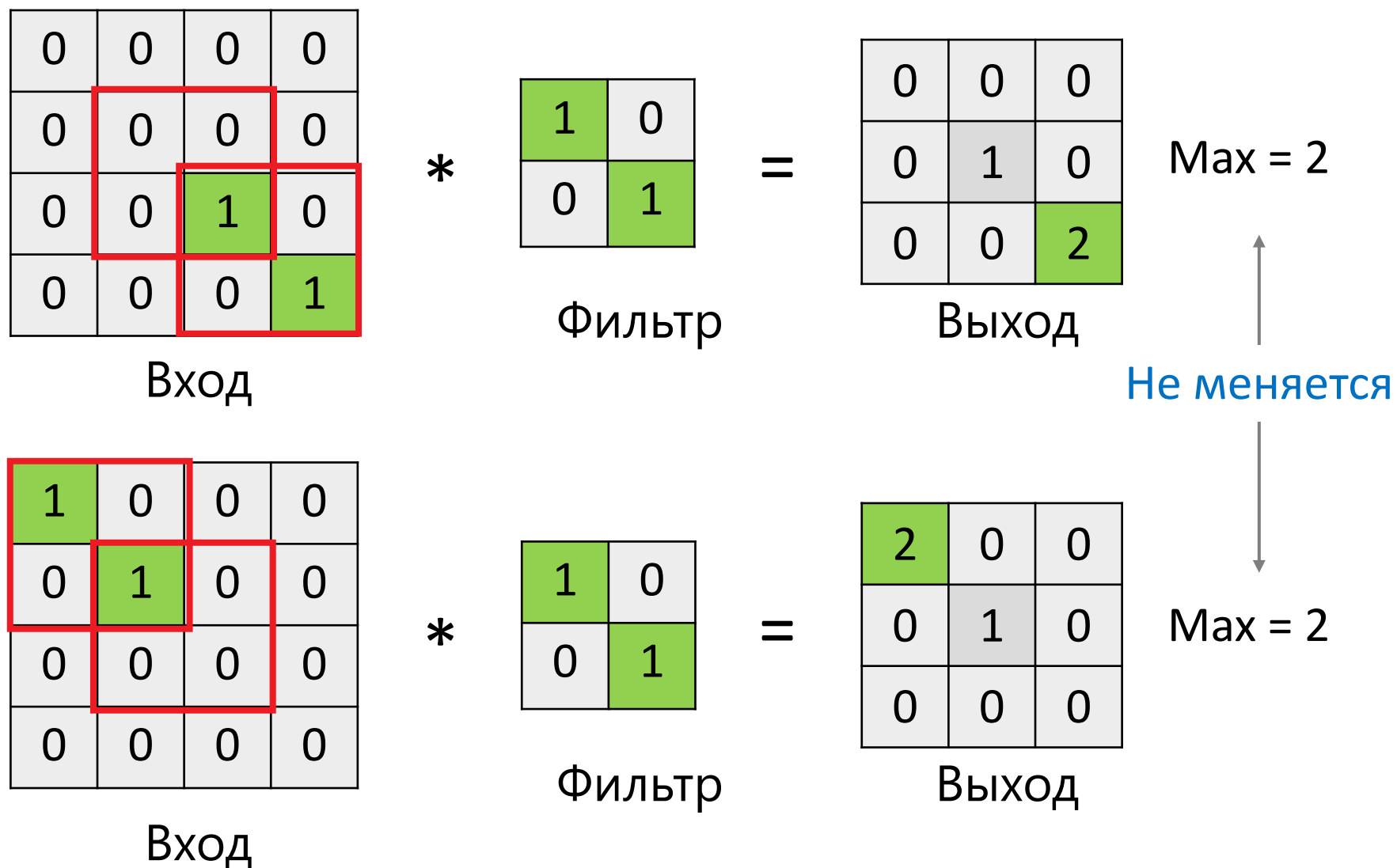
[esokolov@hse.ru](mailto:esokolov@hse.ru)

НИУ ВШЭ, 2022

# Свёртка



# Свёртка инвариантна к сдвигам

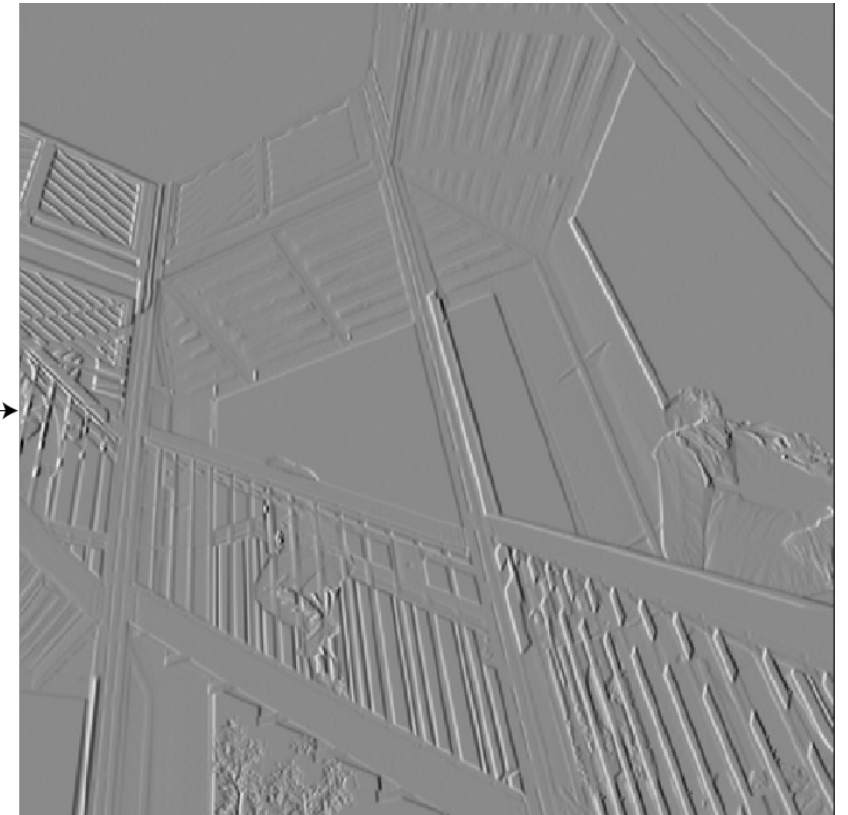


# Свёртки в компьютерном зрении



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

Horizontal Sobel kernel



# Свёртка

$$\text{Im}^{out}(x, y) = \sum_{i=-d}^d \sum_{j=-d}^d (K(i, j) \text{Im}^{in}(x + i, y + j) + b)$$

# Свёртка

$$\text{Im}^{out}(x, y) = \sum_{i=-d}^d \sum_{j=-d}^d (K(i, j) \text{Im}^{in}(x + i, y + j) + b)$$

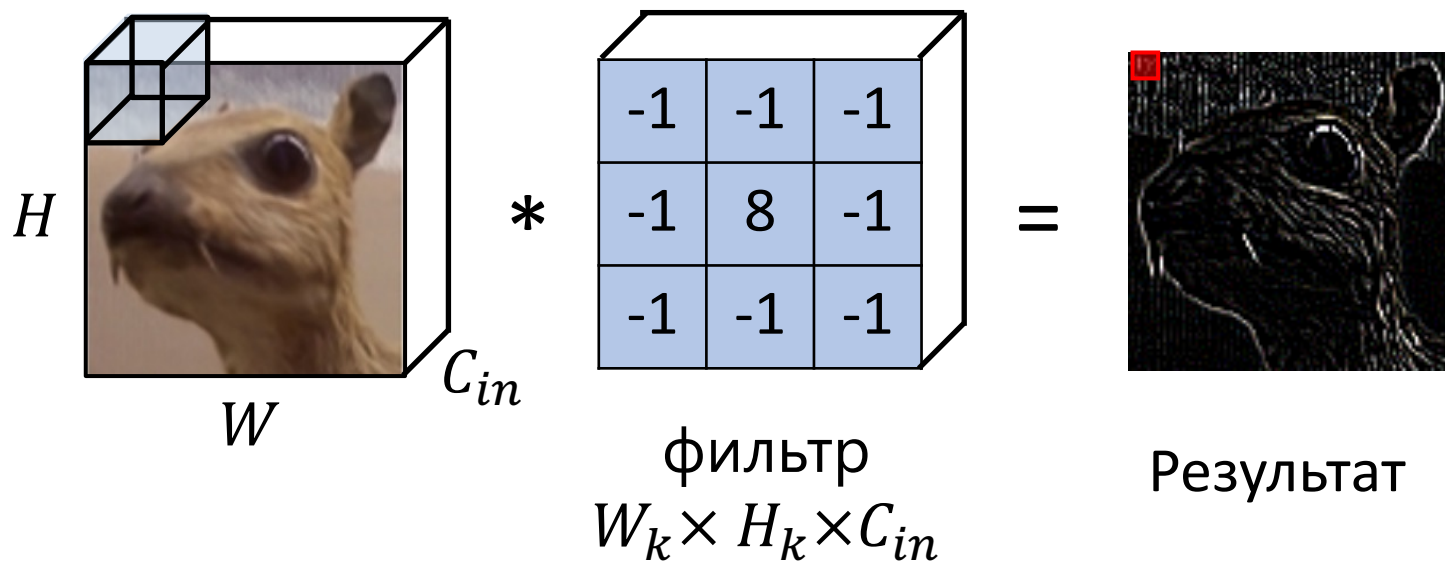
- Пиксель в результирующем изображении зависит только от небольшого участка исходного изображения (local connectivity)
- Веса одни и те же для всех пикселей результирующего изображения (shared weights)

# Свёртка

- Обычно исходное изображение цветное!
- Это означает, что в нём несколько каналов (R, G, B)
- Учтём в формуле:

$$\text{Im}^{out}(x, y) = \sum_{i=-d}^d \sum_{j=-d}^d \sum_{c=1}^c (K(i, j, c) \text{Im}^{in}(x + i, y + j, c) + b)$$

# Свёртка





# Свёртка

- Одна свёртка выделяет конкретный паттерн на изображении
- Нам интересно искать много паттернов
- Сделаем результат трёхмерным:

$$\text{Im}^{out}(x, y, t) = \sum_{i=-d}^d \sum_{j=-d}^d \sum_{c=1}^C (K_t(i, j, c) \text{Im}^{in}(x + i, y + j, c) + b_t)$$

# Число параметров

$$\text{Im}^{out}(x, y, t) = \sum_{i=-d}^d \sum_{j=-d}^d \sum_{c=1}^C (\textcolor{red}{K_t(i, j, c)} \text{Im}^{in}(x + i, y + j, c) + \textcolor{red}{b_t})$$

- Обучается только фильтр
- $((2d + 1)^2 * C + 1) * T$  параметров
- Как из этого сделать модель — обсудим позже