



# **Свёрточные нейронные сети.**

Евгений Борисов

# Нейросети

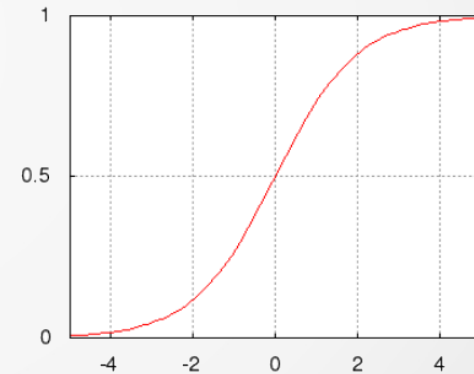
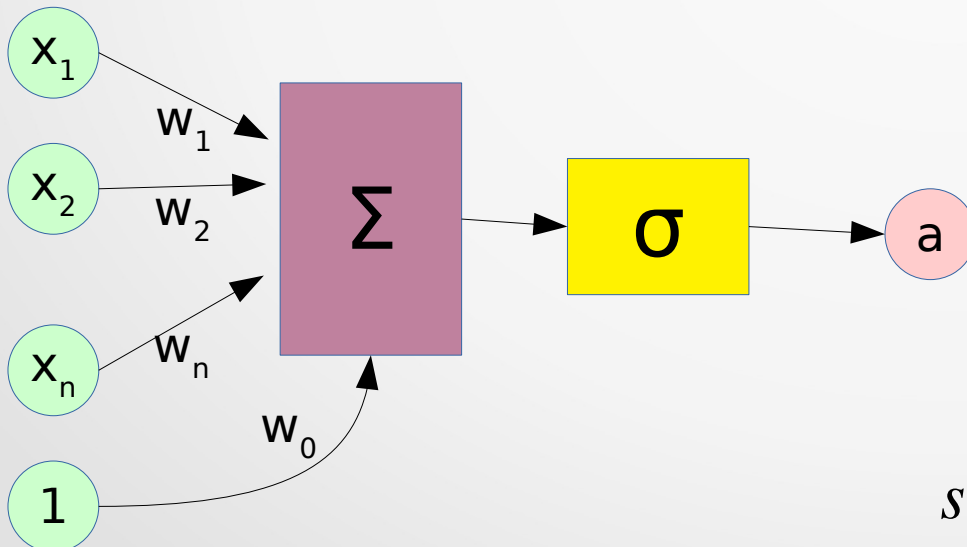
## модель нейрона

$$a(x, w) = \sigma \left( \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i - w_0 \right) = \sigma(\langle x, w \rangle)$$

$x_i$  - ВХОД

$w_i$  - ВЕС СВЯЗИ

$\sigma$  - функция активации



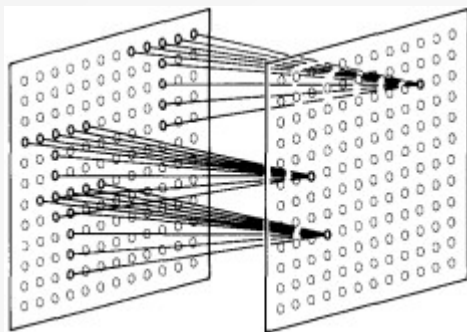
состояние нейрона

$$s(x, w) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i - w_0$$

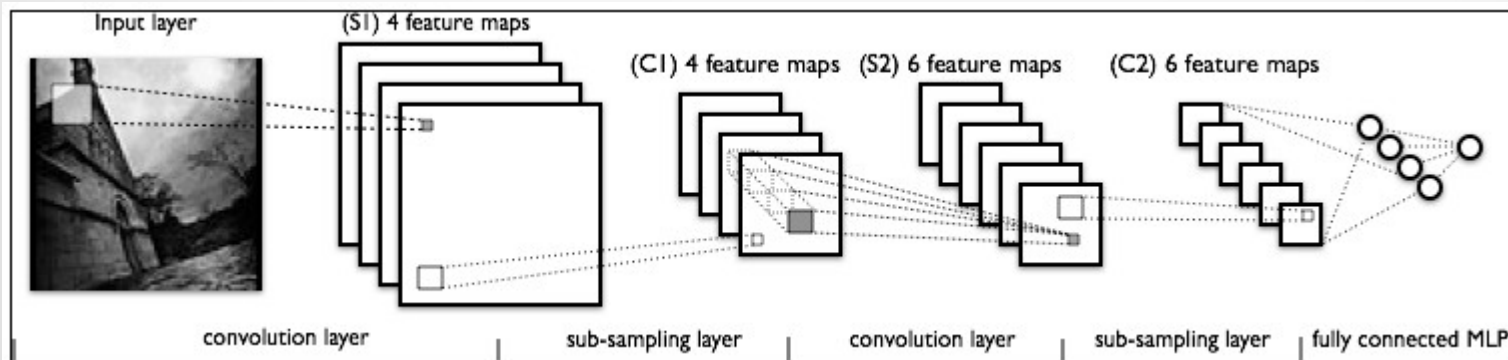
# Нейросети

## Свёрточные сети

Fukushima, Neocognitron (1980). "A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position". *Biological Cybernetics*. 36 (4): 193–202. doi:10.1007/bf00344251.



Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, *Neural Computation*, 1(4):541-551, Winter 1989.



# Нейросети

## Операция свёртки

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l] \cdot g[k, l]$$

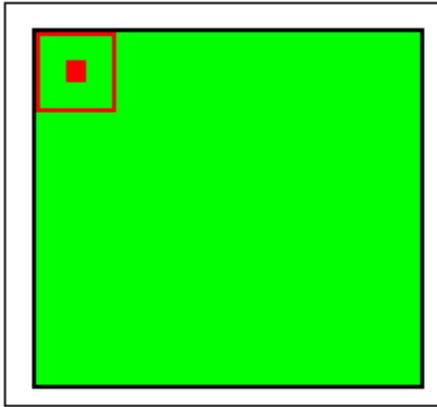


Рис.2: обработка краёв valid

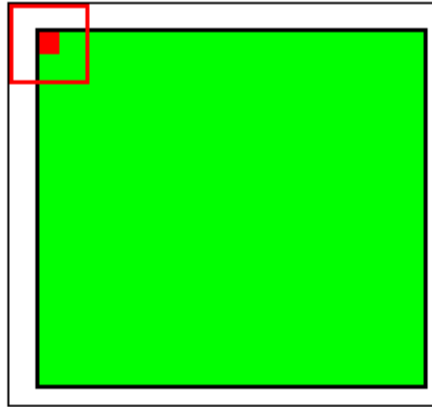


Рис.3: обработка краёв same

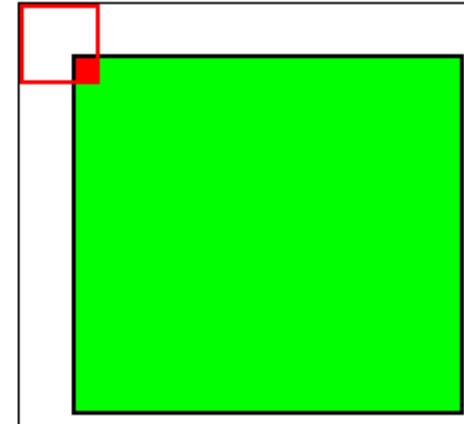


Рис.4: обработка краёв full

g -ядро свёртки

- берём точку с окрестностью,
- поэлементно умножаем эту матрицу на ядро, результат суммируется и записывается как новое значение данной точки
- процедура повторяется для всех точек изображения.

# Нейросети

## примеры ядер свёртки

$$g = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ копирование (без изменений)}$$

$$g = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ сдвиг влево на 1 пиксел}$$

$$g = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \text{ сглаживание или усреднение по окрестности (box filter)}$$

# Нейросети

## примеры ядер свёртки

$$g = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{сглаживание или усреднение по окрестности (box filter)}$$



Рис.11: исходная картинка

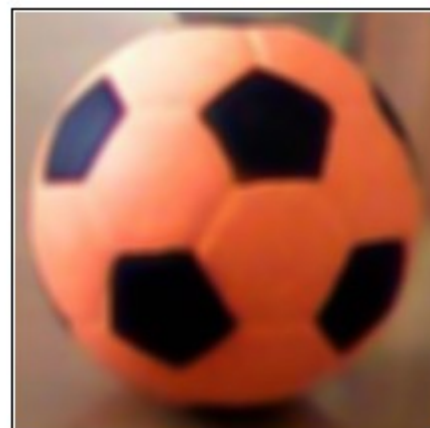


Рис.12: сглаженная картинка

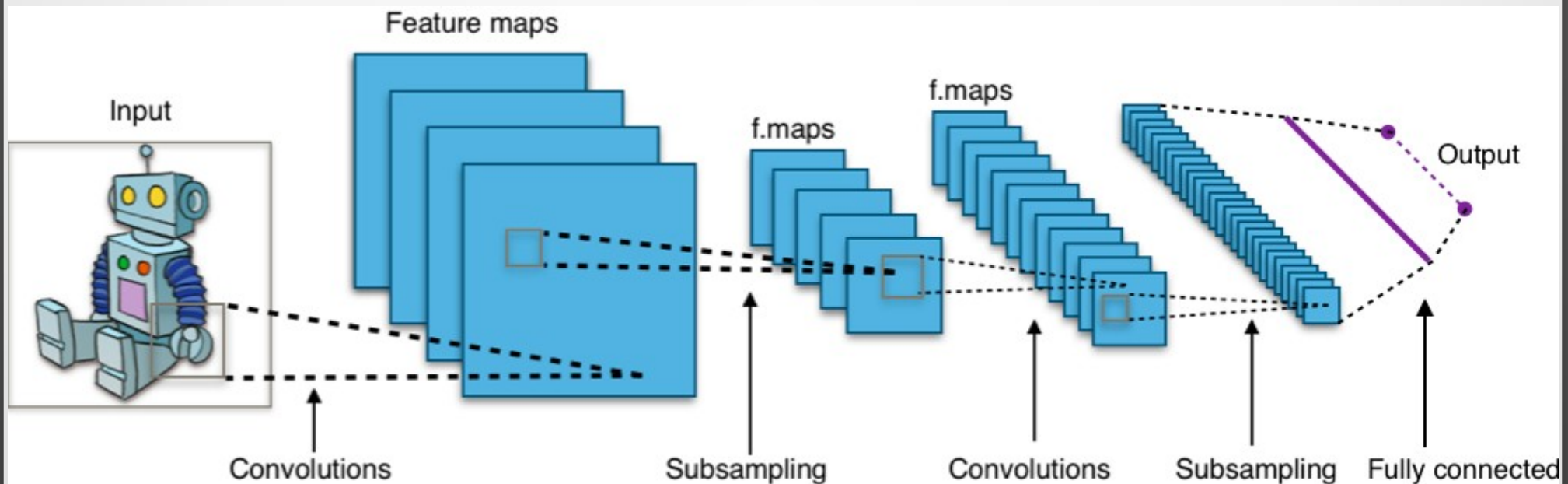
# Нейросети

## Свёрточная сеть

свёрточный слой (convolution)

слой подвыборки (subsampling)

слой MLP

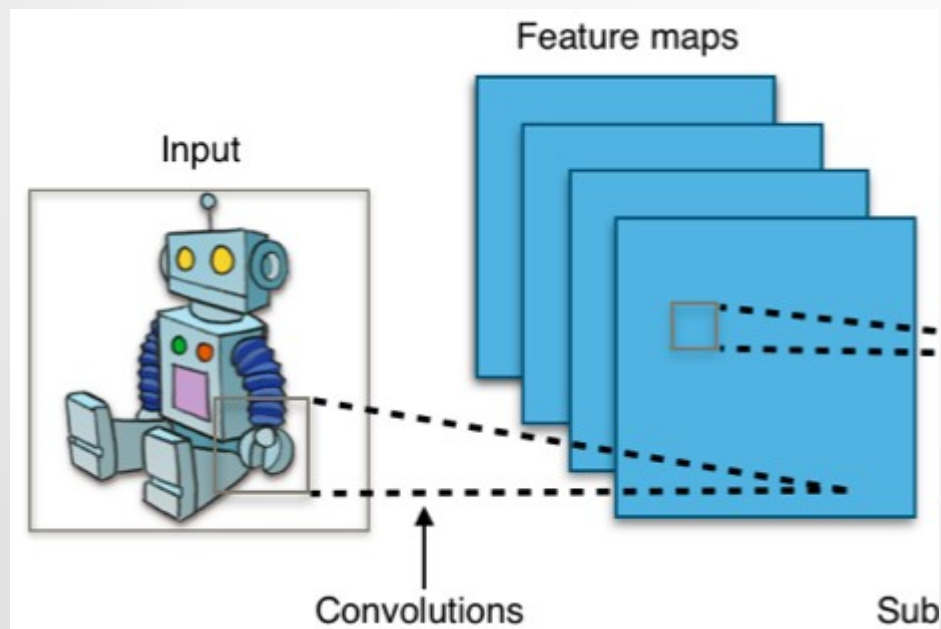


# Нейросети

## Свёрточный слой

$$x_j^l = f \left( \sum_i x_i^{l-1} * k_j^l + b_j^l \right)$$

n ядер  
выполняем свёртку  
получаем n карт признаков





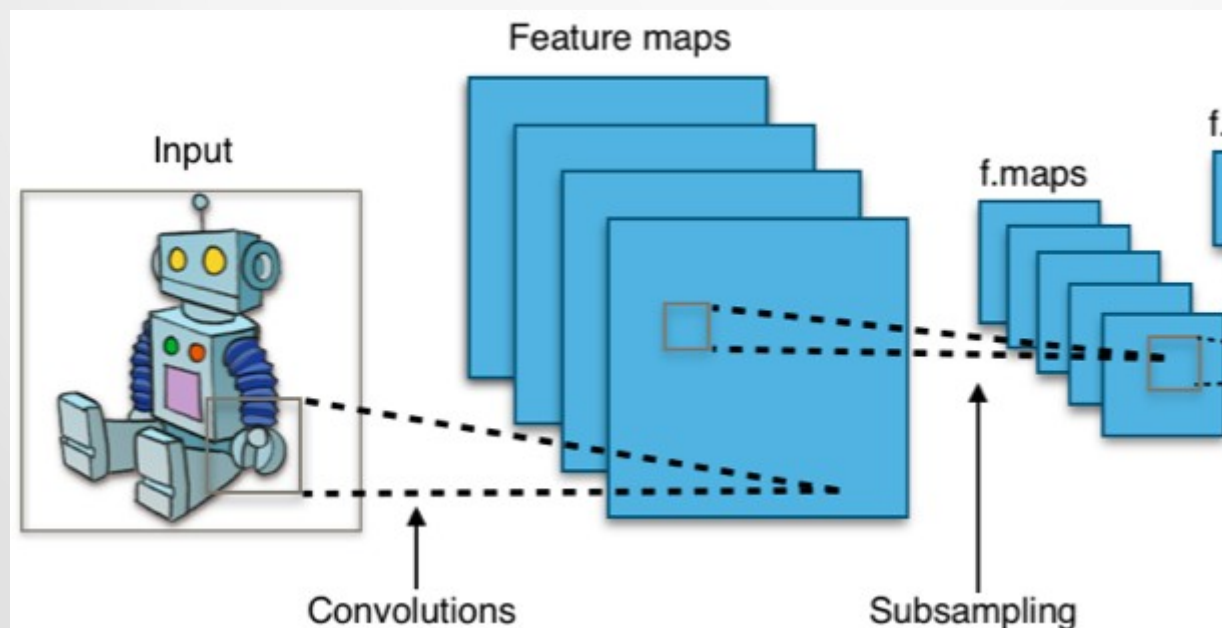
# Нейросети

## слой подвыборки (subsampling)

уменьшение размера входной карты признаков (обычно в 2 раза).  
методом выбора максимального элемента (max-pooling)

карта признаков разделяется на ячейки 2x2 элемента  
из ячеек выбираем максимальные по значению

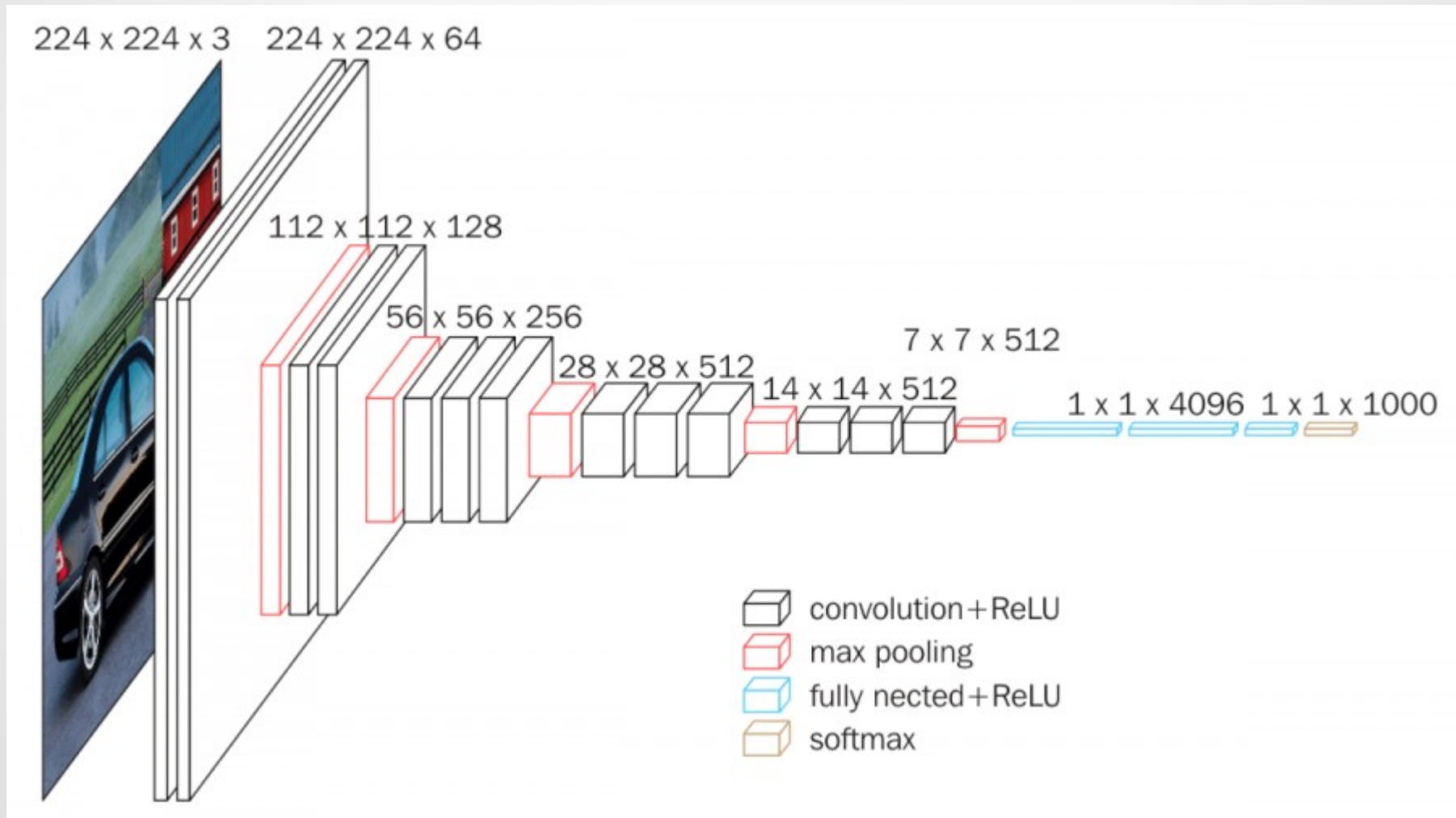
$$x^l = f(a^l \cdot \text{subsample}(x^{l-1}) + b^l)$$



# Нейросети

## VGG-16

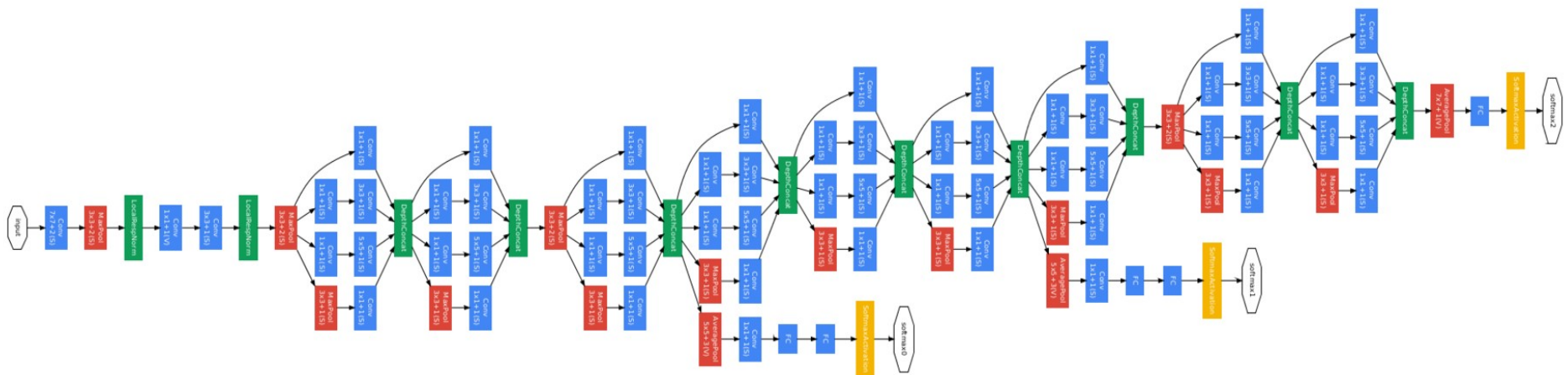
<https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>



<https://neurohive.io/en/popular-networks/vgg16/>

# Нейросети

# GoogLeNet



# Нейросети: литература

git clone [https://github.com/mechanoid5/ml\\_lectorium.git](https://github.com/mechanoid5/ml_lectorium.git)

Евгений Борисов Классификатор изображений на основе свёрточной сети.

<http://mechanoid.kiev.ua/ml-lenet.html>

Николенко С., Кадури́н А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. - "Питер", 2018 г.

# Нейросети



**Вопросы ?**

# Нейросети: практика

## источники данных для экспериментов



sklearn.datasets  
UCI Repository  
kaggle

