



Свёрточные нейронные сети.

Евгений Борисов

Свёрточные нейросети

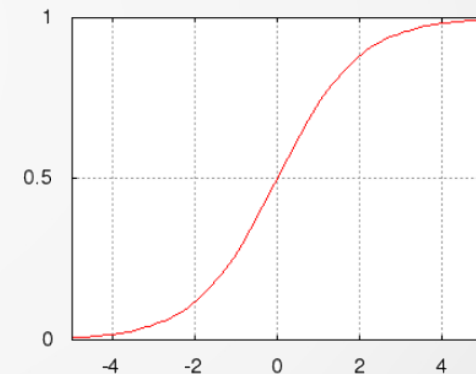
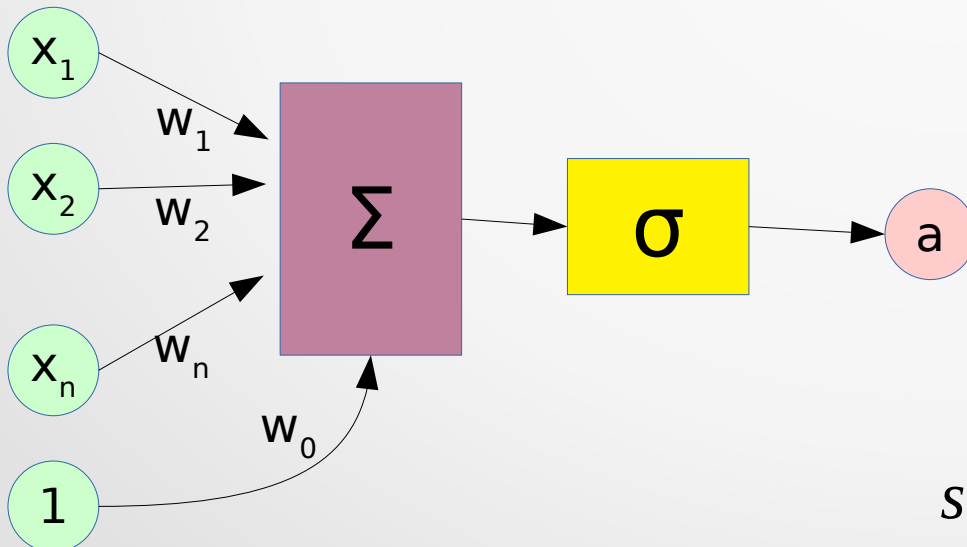
модель нейрона

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

x_i - ВХОД

w_i - ВЕС СВЯЗИ

σ - функция активации



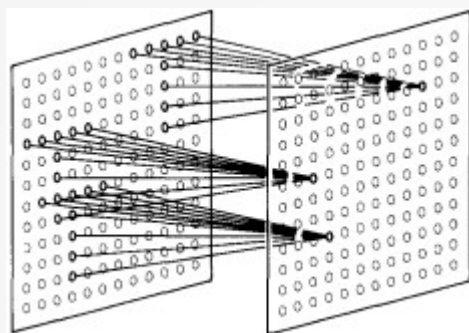
состояние нейрона

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

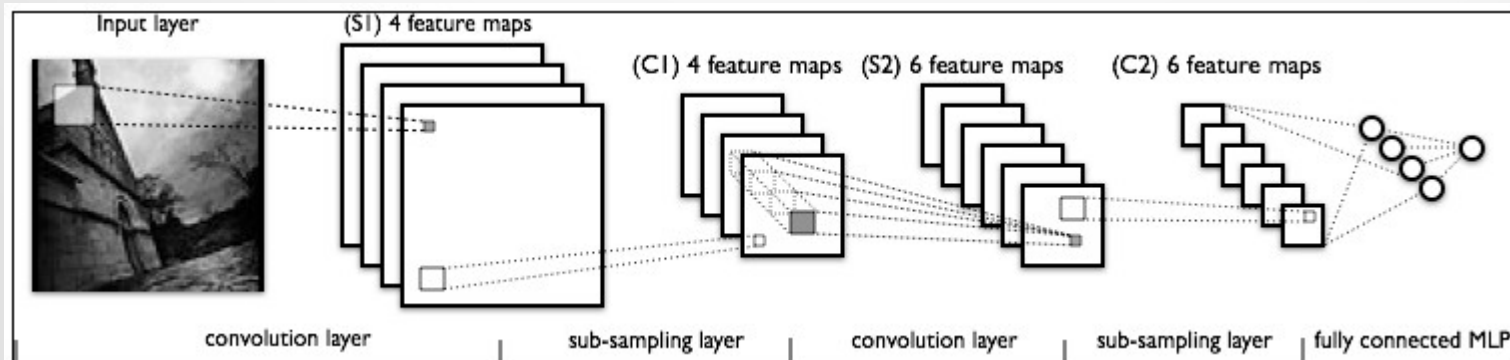
Свёрточные нейросети

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.



Свёрточные нейросети

Операция свёртки

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

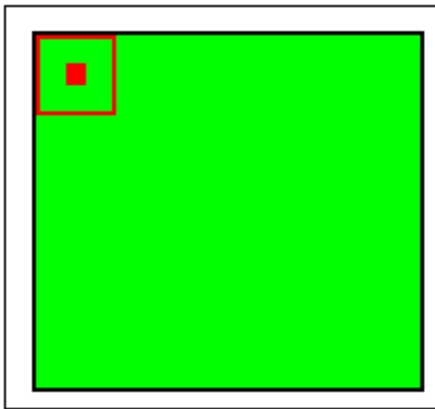


Рис.2: обработка краёв valid

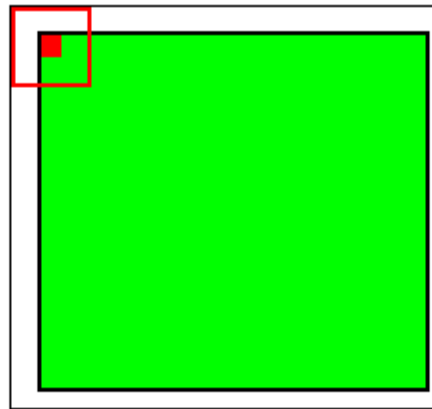


Рис.3: обработка краёв same

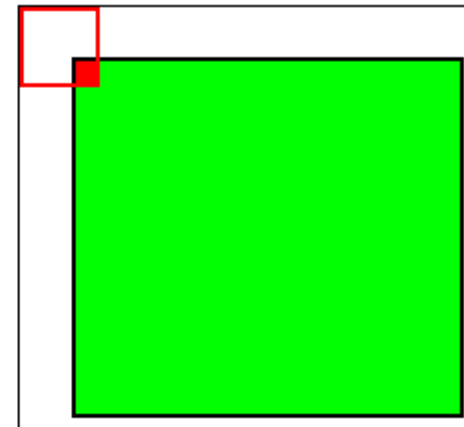


Рис.4: обработка краёв full

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.

Свёрточные нейросети

примеры ядер свёртки

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

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

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

Свёрточные нейросети

примеры ядер свёртки



Рис.11: исходная картинка



Рис.12: сглаженная картинка

сглаживание или усреднение
по окрестности (box filter)



результат применения
фильтра Собеля

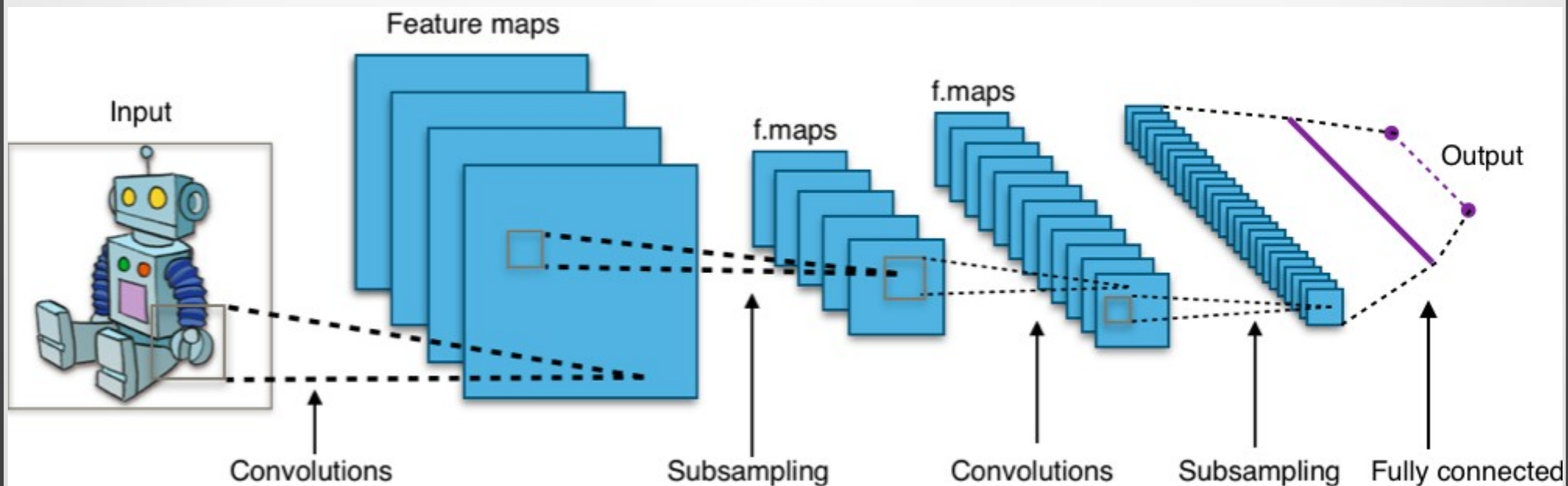
Свёрточные нейросети

Свёрточная сеть

свёрточный слой (convolution)

слой подвыборки (subsampling)

слой MLP

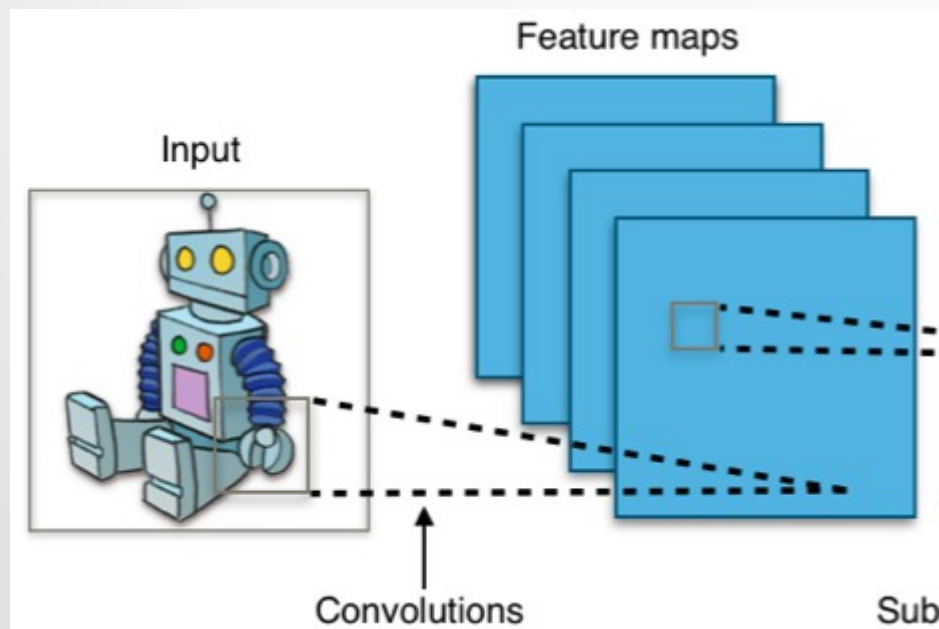


Свёрточные нейросети

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



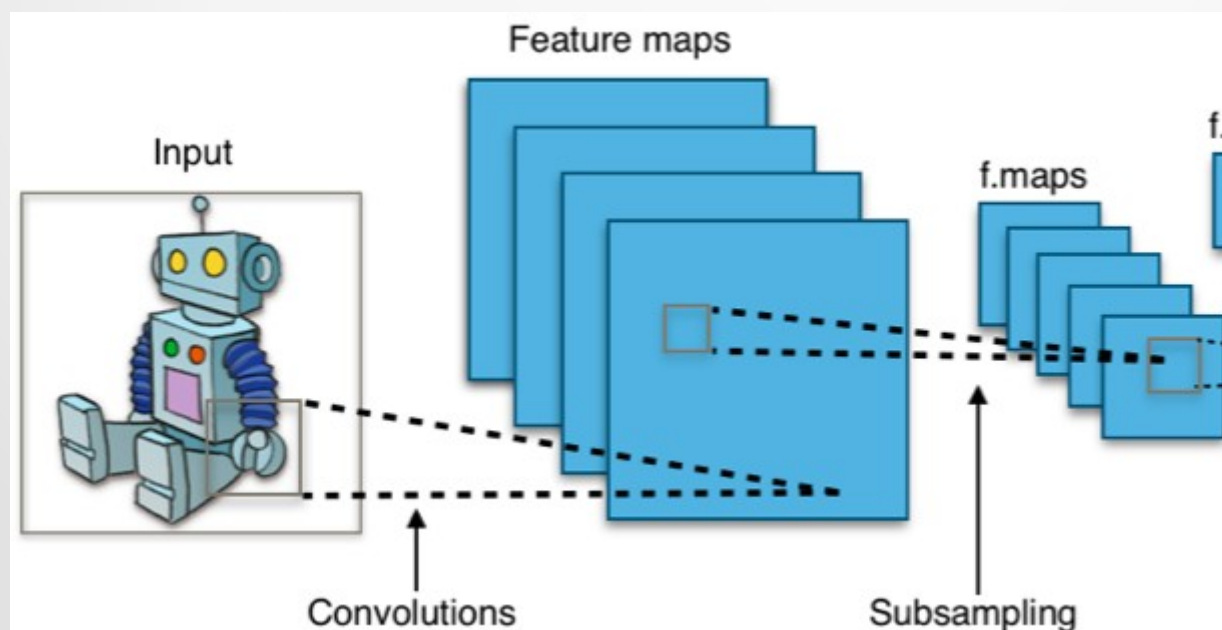
Свёрточные нейросети

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

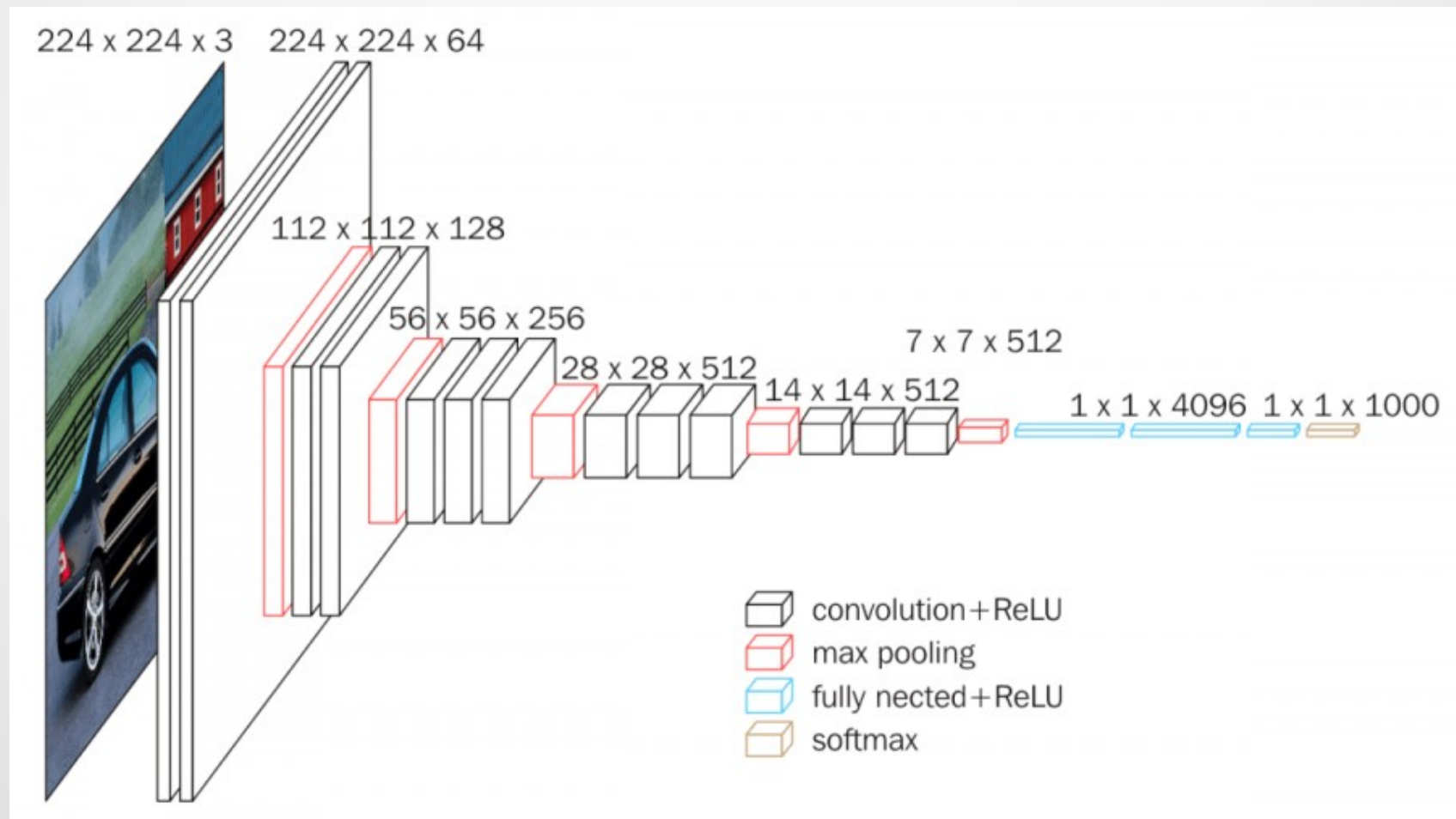
$$x^l = f(a^l \cdot \text{subsample}(x^{l-1}) + b^l)$$



Свёрточные нейросети

K.Simonyan, A.Zisserman Very deep convolutional networks for large-scale image recognition.
<https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>

VGG-16



Свёрточные нейросети

ResNet (Residual Network)

Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun Deep Residual Learning for Image Recognition.
<https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>

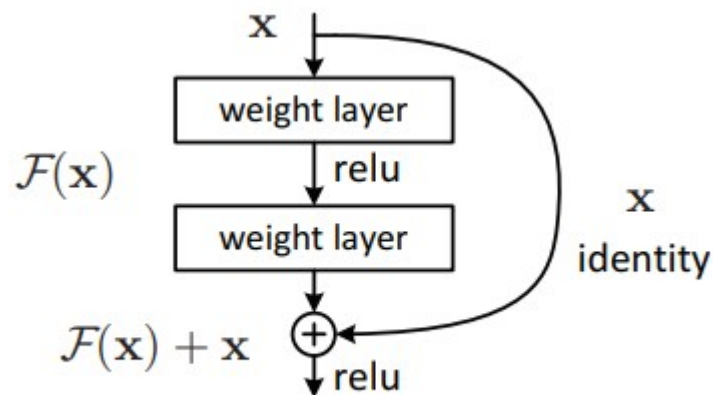
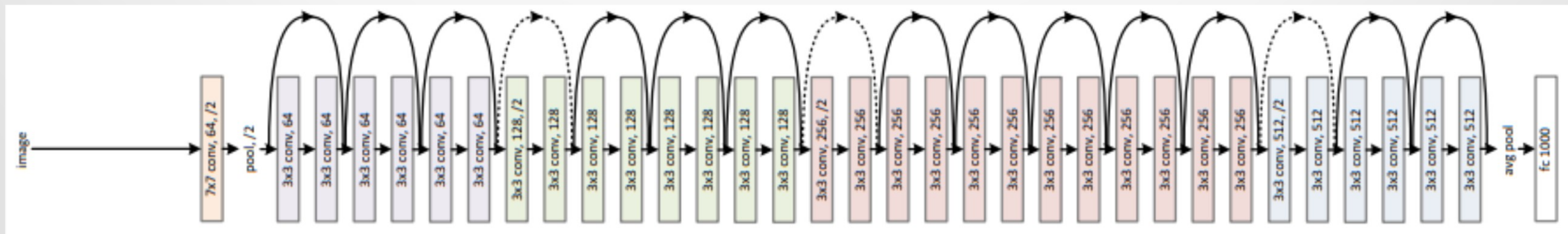


Figure 2. Residual learning: a building block.

соединения быстрого доступа



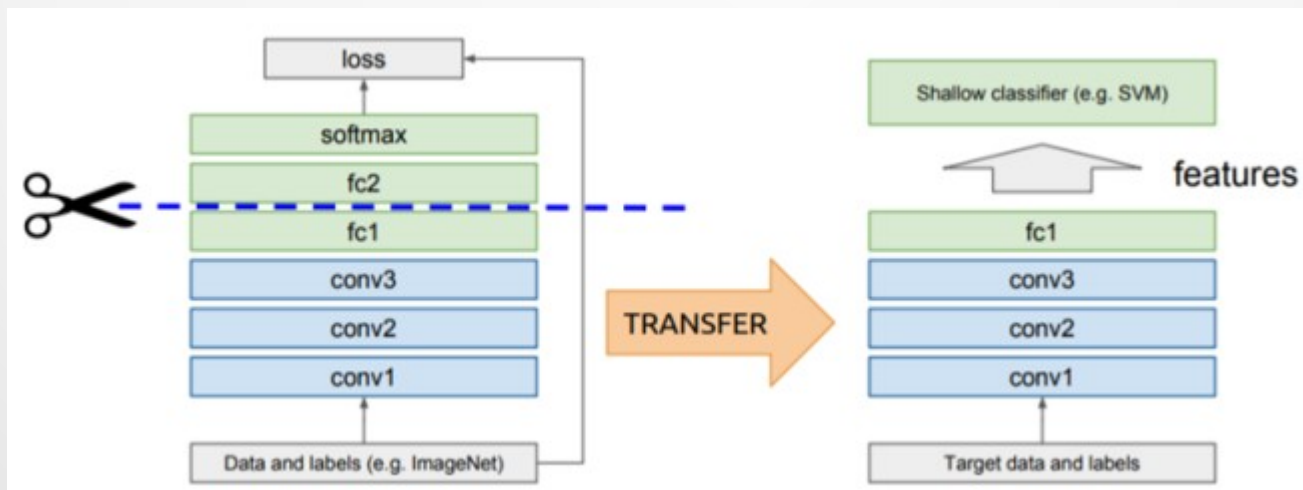
Свёрточные нейросети

Transfer learning — перенос частей обученных ИНС в другие модели

Jason Yosinski, Je Clune, Yoshua Bengio, Hod Lipson. How transferable are features in deep neural networks? 2014.

Свёрточная сеть для обработки изображений:

- $z = f(x, \alpha)$ — свёрточные слои для векторизации объектов
- $y = g(z, \beta)$ — полносвязные слои под конкретную задачу



Свёрточные нейросети

Борисов Е.С. Методы машинного обучения. 2024
https://github.com/mechanoid5/ml_lectorium_2024_I

Борисов Е.С. Классификатор изображений на основе свёрточной сети. --
<http://mechanoid.su/ml-lenet.html>

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

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.