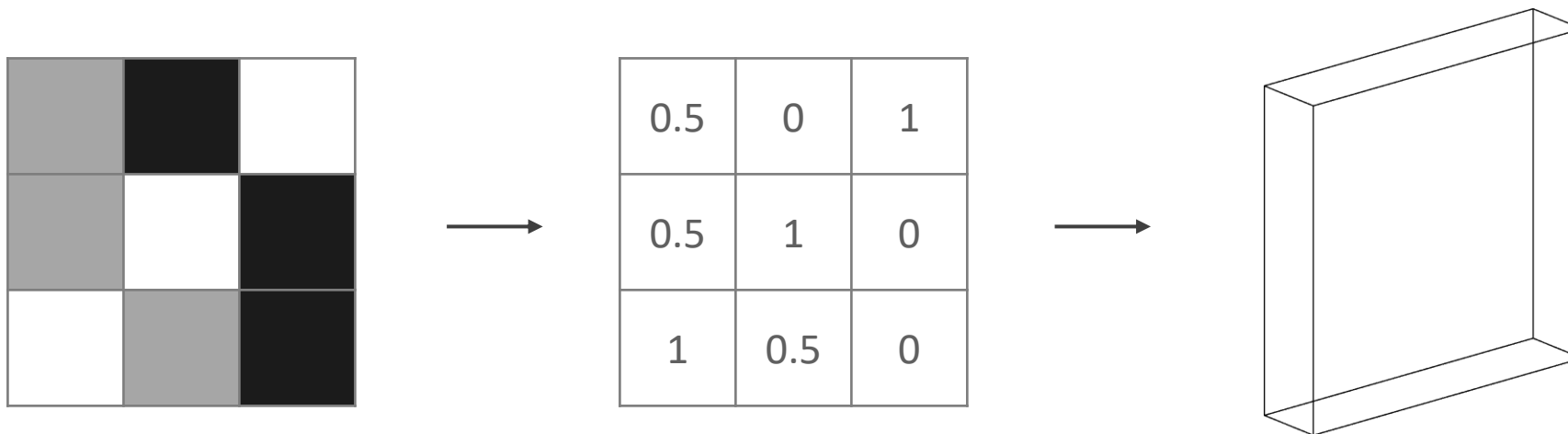


Свёрточные нейронные сети

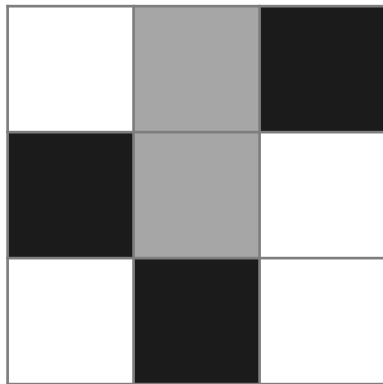
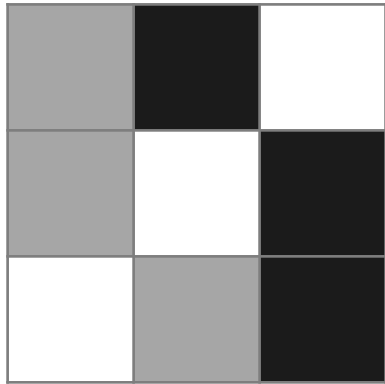
Свёрточный слой (convolution)



$$X' = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

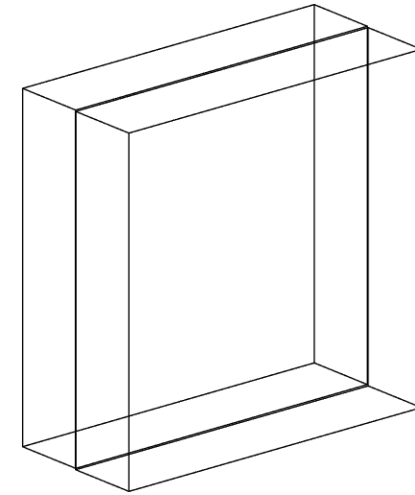
$$\Theta = \begin{bmatrix} \theta_1 & \theta_2 \\ \theta_3 & \theta_4 \end{bmatrix}$$

Свёрточный слой (convolution)



0.5	0	1
0.5	1	0
1	0.5	0


1	0.5	0
0	0.5	1
1	0	1






$$X' = \left[\begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0 & 0.5 \end{pmatrix} \right]$$

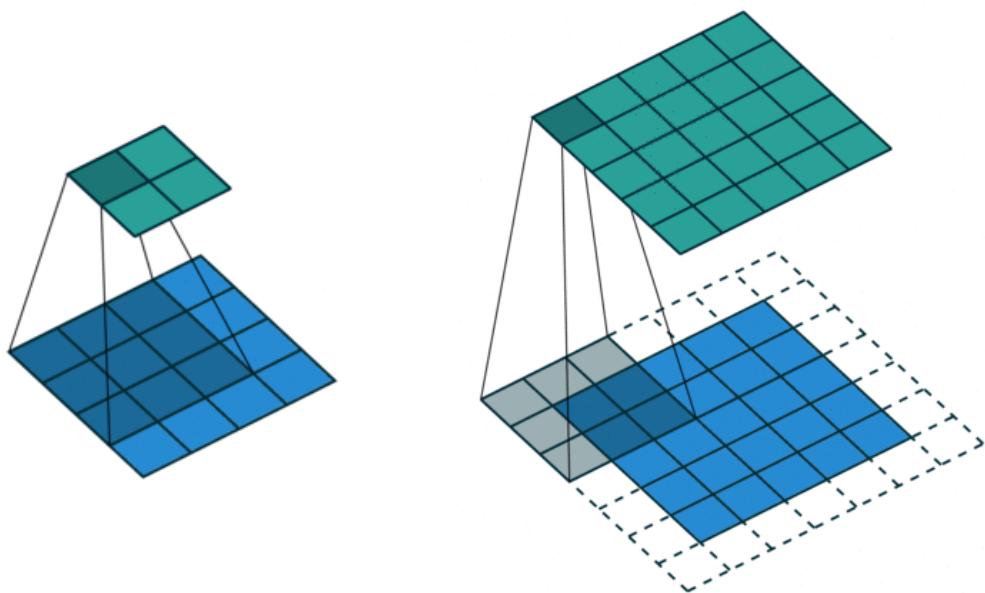
$$\Theta = \left[\begin{pmatrix} \theta_1^{c_1} & \theta_2^{c_1} \\ \theta_3^{c_1} & \theta_4^{c_1} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \theta_1^{c_2} & \theta_2^{c_2} \\ \theta_3^{c_2} & \theta_4^{c_2} \end{pmatrix} \right]$$

Примеры ядер

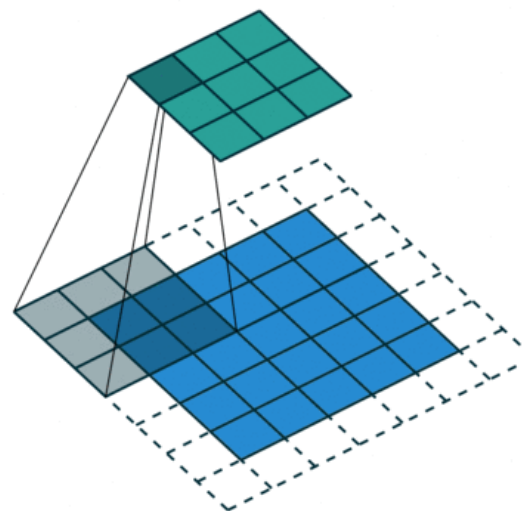
Edge detection	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	

Sharpen	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	
Box blur (normalized)	$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	
Gaussian blur 3 × 3 (approximation)	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	

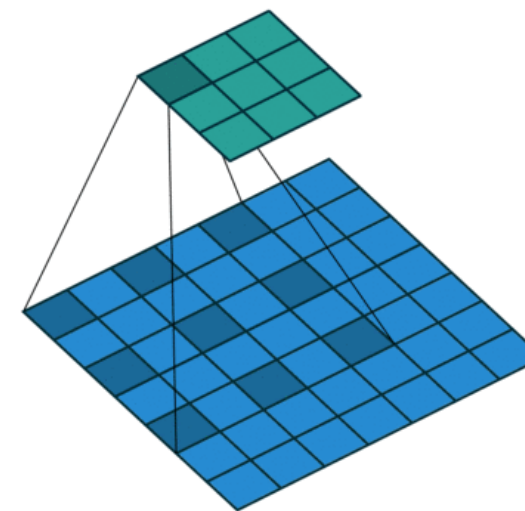
Дополнение (padding) и сдвиг (stride)



padding = 1



padding = 1
stride = 2



dilated
convolution
($l=2$)

Слой субдискретизации (pooling)

2	3	2	0
5	-2	2	8
-1	-6	7	3
-4	-5	4	2

Pooling

5	8
-1	7

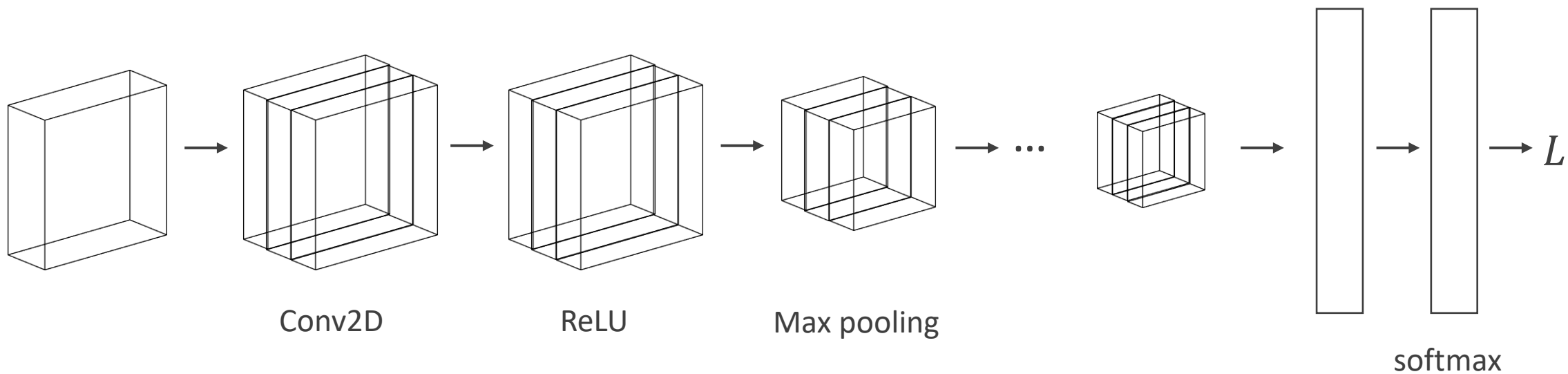
(a) Max-Pooling

2	3	2	0
5	-2	2	8
-1	-6	7	3
-4	-5	4	2

Pooling

2	3
-4	4

(b) Average-Pooling

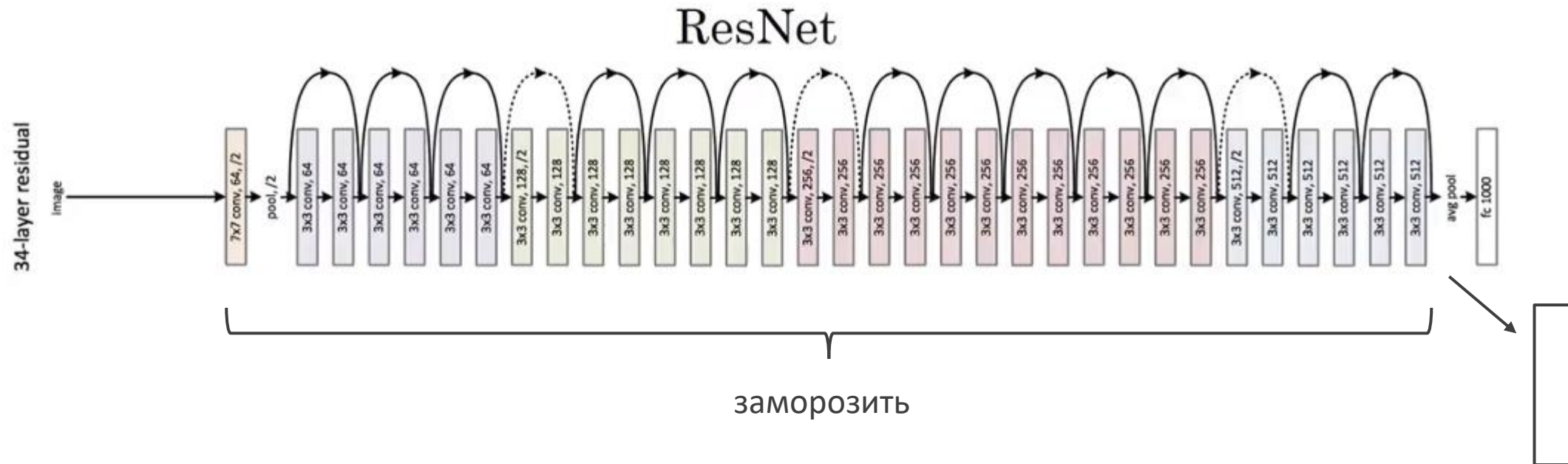


Аугментации (augmentations)



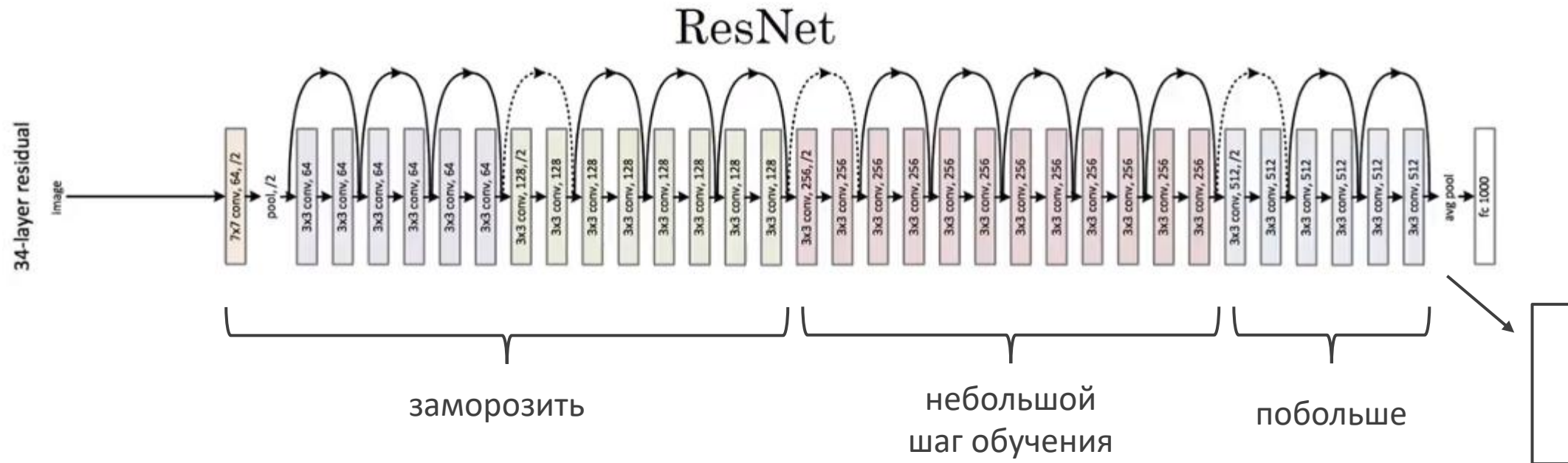
Transfer learning

Если мало данных: взять обученную на других изображениях сеть,
заменить последний слой → обучить только последний слой

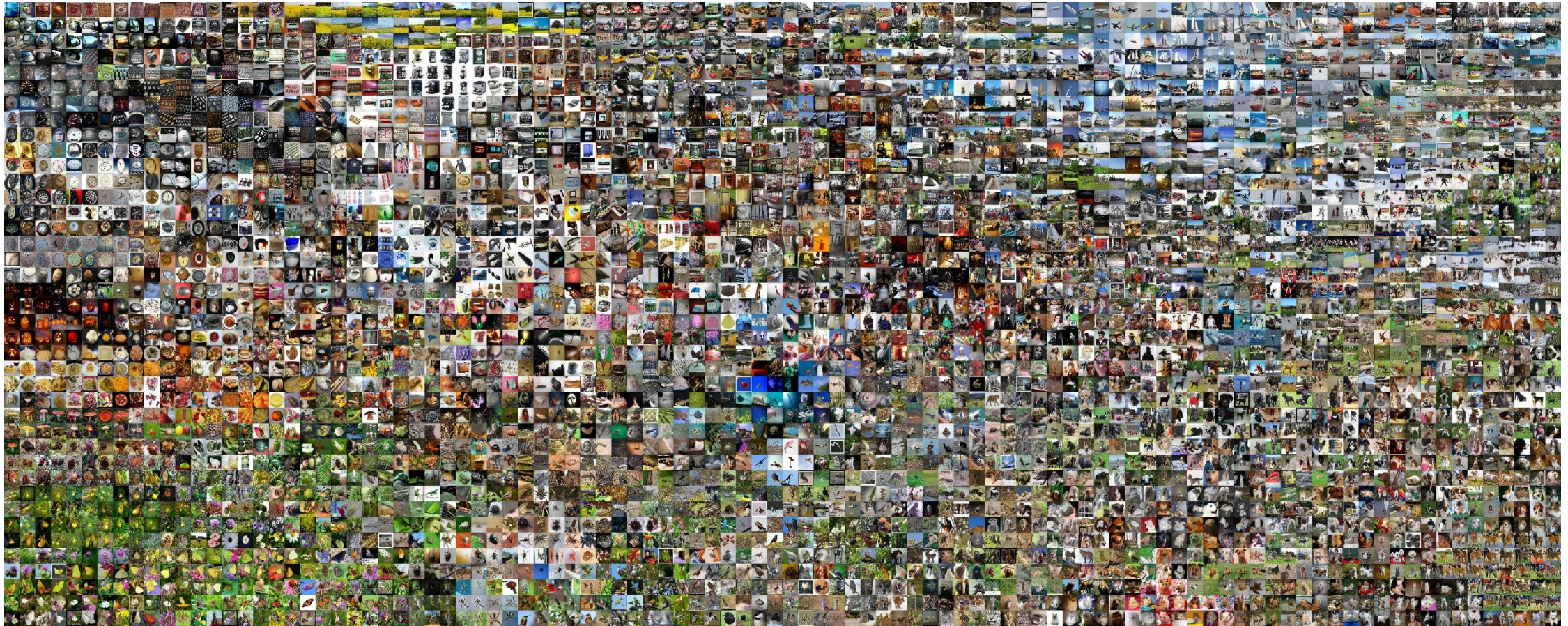


Transfer learning

Если мало данных: взять обученную на других изображениях сеть,
заменить последний слой → обучить только последний слой

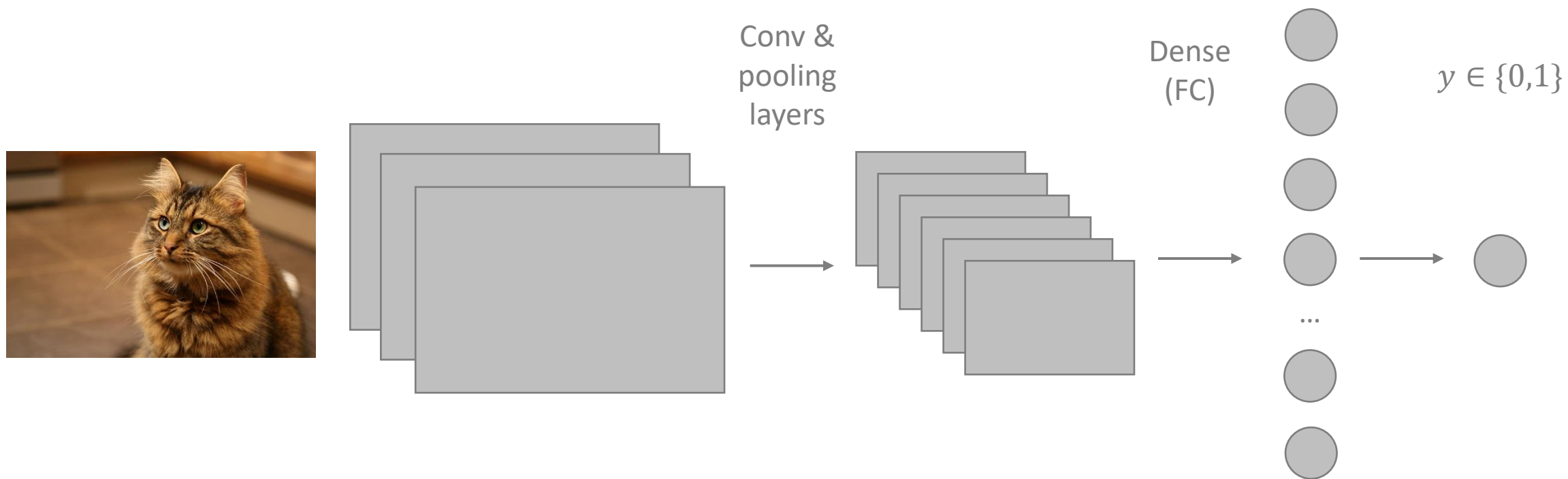


ImageNet



Задача сегментации изображений

Случай бинарной классификации



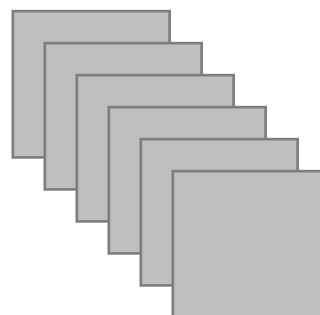
Задача сегментации изображений



Задача сегментации изображений

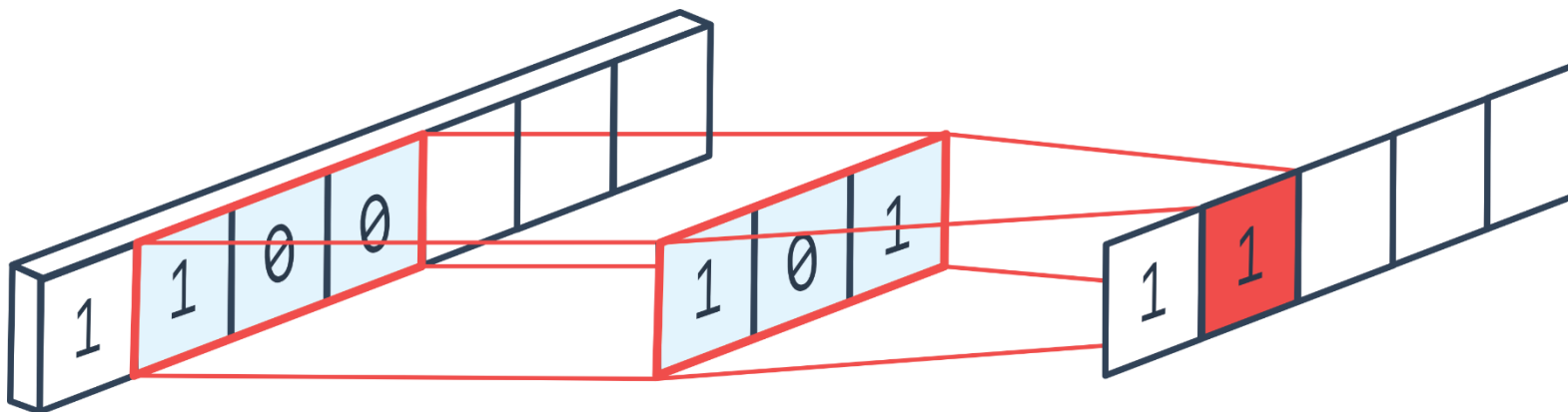


Conv &
pooling
layers



$$y \in \{0,1\}^{M \times N}$$

Одномерные свёрточные сети (Conv1D)



В анализе временных рядов: $\hat{y}_T = \theta_1 y_{T-1} + \theta_2 y_{T-2} + \dots + \theta_k y_{T-k}$

В задаче предсказания следующего слова: $y_i, i = 1, \dots, M$ – вектора длины l
 \Rightarrow например, conv+stride(l)