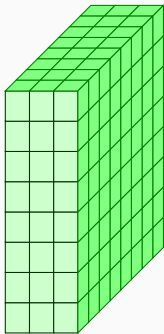


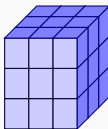
Сверточный слой (convolution layer)

$$H \times W \times C$$

Изображение: $8 \times 8 \times 3$

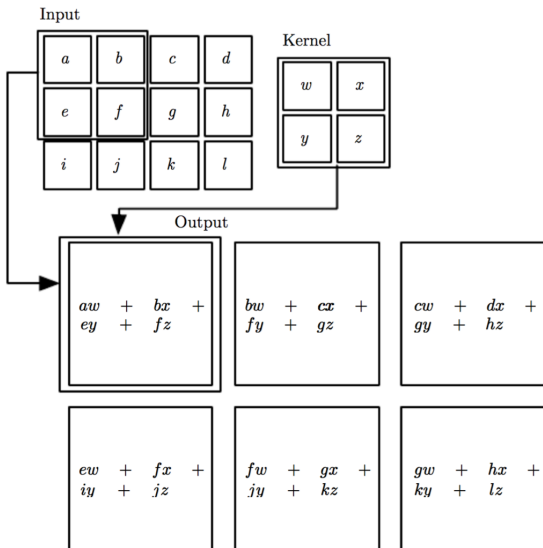


Фильтр: $3 \times 3 \times 3$



Свернуть изображение с фильтром:
пробежать по изображению (пространственно),
вычисляя скалярные произведения

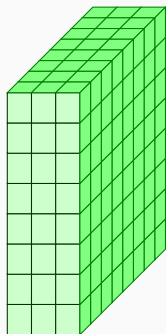
Свертка изображения с ядром



Сверточный слой (convolution layer)

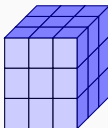
Изображение: $8 \times 8 \times 3$

Карта: 6×6

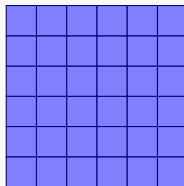


Фильтр: $3 \times 3 \times 3$

*



=



$$y = w^T x + b$$

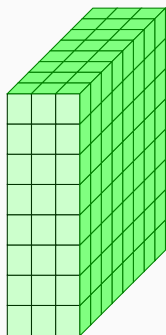
Сколько параметров?

Сколько параметров
у полносвязного слоя?

Сверточный слой (convolution layer)

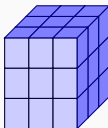
Изображение: $8 \times 8 \times 3$

Карта: 6×6

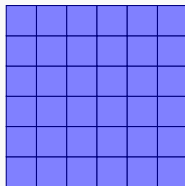


Фильтр: $3 \times 3 \times 3$

*



=



$$y = w^T x + b$$

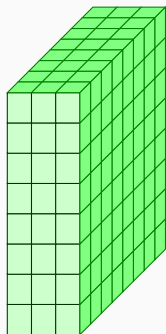
Сколько параметров? $28 = 3 \times 3 \times 3 + 1$

Сколько параметров
у полносвязного слоя? $6913 = 192 \times 36 + 1$

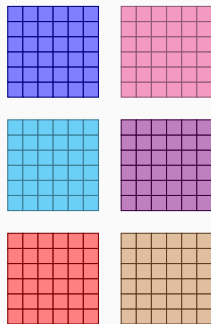
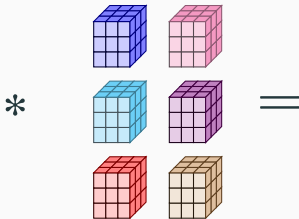
Сверточный слой (convolution layer)

Изображение: $8 \times 8 \times 3$

Карты 6×6



Фильтры $3 \times 3 \times 3$

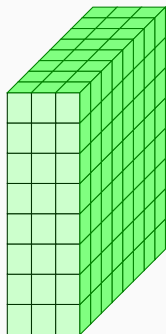


Число фильтров F : гиперпараметр

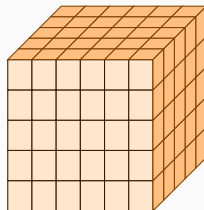
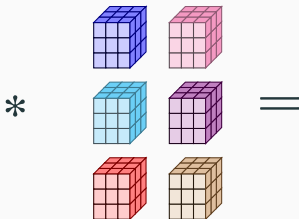
Сверточный слой (convolution layer)

Изображение: $8 \times 8 \times 3$

Карты $6 \times 6 \times 6$



Фильтры $3 \times 3 \times 3$



Тензор $6 \times 6 \times 6$: входное изображение
следующего сверточного слоя

Сверточная сеть: последовательность сверток

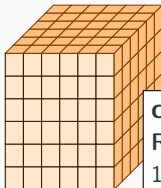
$8 \times 8 \times 3$



conv1,
ReLU1,
 $6 \times 3 \times 3 \times 3$



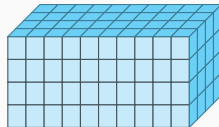
$6 \times 6 \times 6$



conv2,
ReLU2,
 $10 \times 3 \times 3 \times 6$



размерность?



Сверточная сеть: последовательность сверток

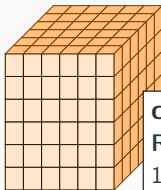
$8 \times 8 \times 3$



conv1,
ReLU1,
 $6 \times 3 \times 3 \times 3$



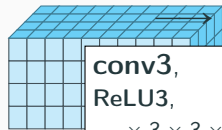
$6 \times 6 \times 6$



conv2,
ReLU2,
 $10 \times 3 \times 3 \times 6$



$4 \times 4 \times 10$

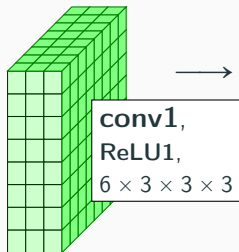


conv3,
ReLU3,
 $\dots \times 3 \times 3 \times 10$

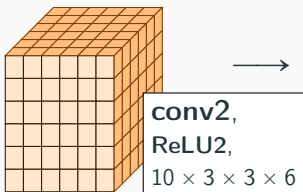
...

Сверточная сеть: последовательность сверток

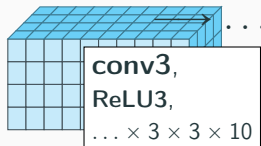
$8 \times 8 \times 3$



$6 \times 6 \times 6$



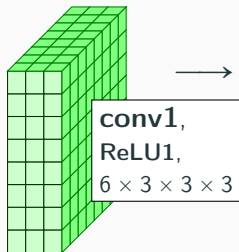
$4 \times 4 \times 10$



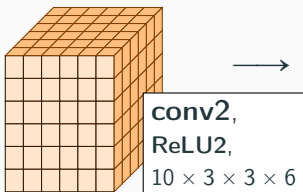
- Размер фильтра conv2?
- Глубина входа conv2?
- Глубина выхода conv2?
- Число параметров conv2?
- Число нейронов conv2?

Сверточная сеть: последовательность сверток

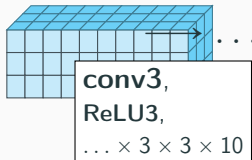
$8 \times 8 \times 3$



$6 \times 6 \times 6$

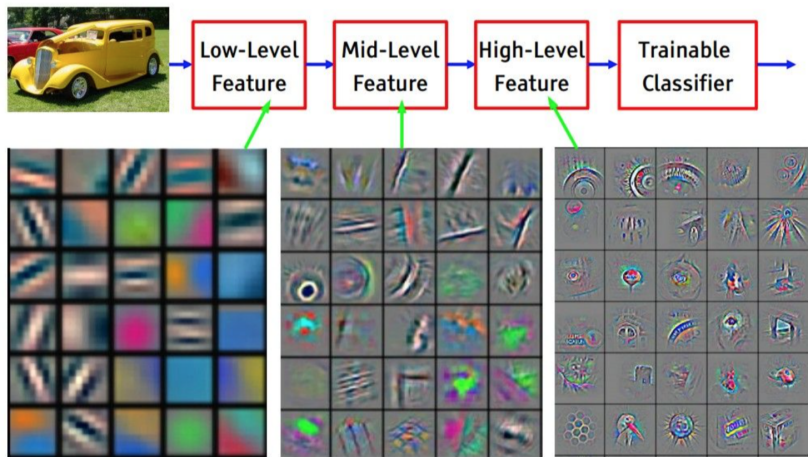


$4 \times 4 \times 10$



- $F_{OUT} \times H_K \times W_K \times F_{IN}$ 10 фильтров $3 \times 3 \times 6$
- Размер фильтра conv2? 3×3
- Глубина входа conv2? 6
- Глубина выхода conv2? 10
- Число параметров conv2? $550 = 10 \times 3 \times 3 \times 6 + 10$
- Число нейронов conv2? 270

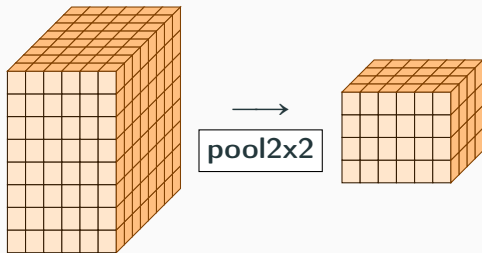
Иерархия представлений



(Слайд Yann LeCun)

$$8 \times 8 \times 3$$

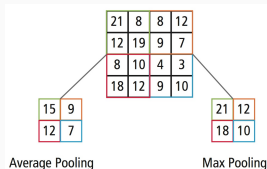
$$4 \times 4 \times 3$$



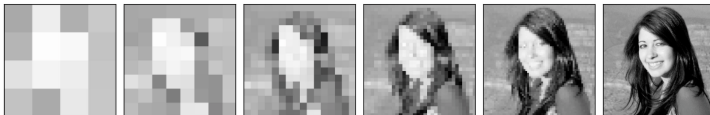
- Снижение пространственной размерности
- Применяется к каждой выходной карте независимо

Pooling-слой

- Замена выхода нейрона статистикой, подсчитанной по его соседям
 - max pooling
 - (weighted) average pooling
- Обеспечивает приблизительную инвариантность выхода к малому переносу входа
- Наличие признака важнее, чем его точная позиция!



Max
pooling



Архитектура сверточного слоя

1. Свертка входа с множеством ядер
2. Пропускание откликов через нелинейную активацию (детектор)
3. Объединение соседних активаций (pooling)

