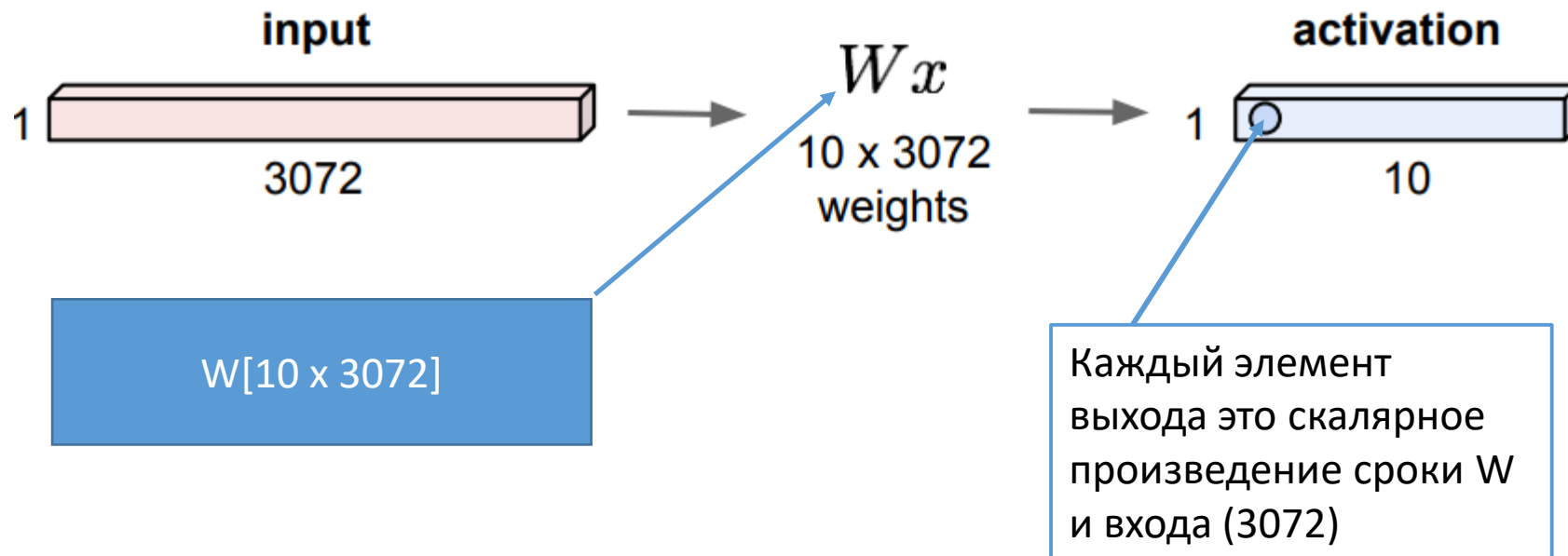


Сверточный слой

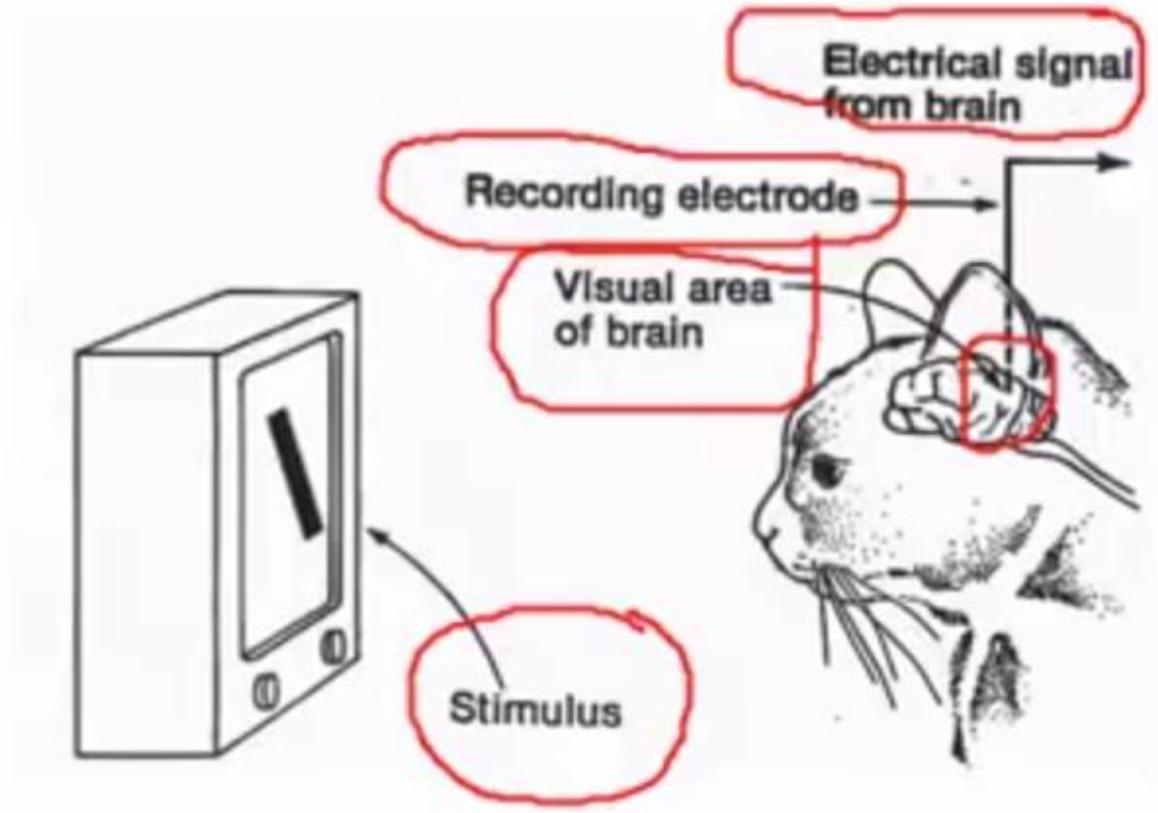


# Полносвязный слой

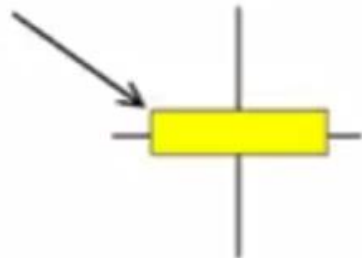
- Картинка 32x32x3 вытягиваем в вектор 3072



Hubel & Wiesel. 1965г.



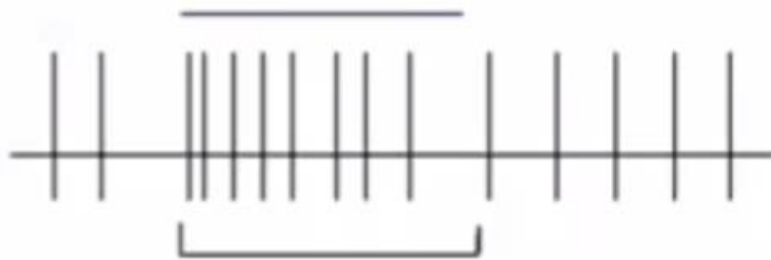
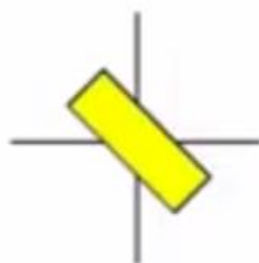
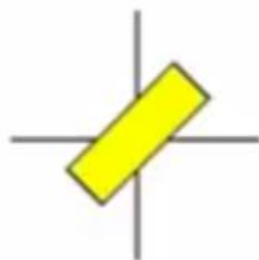
Bar of  
Light



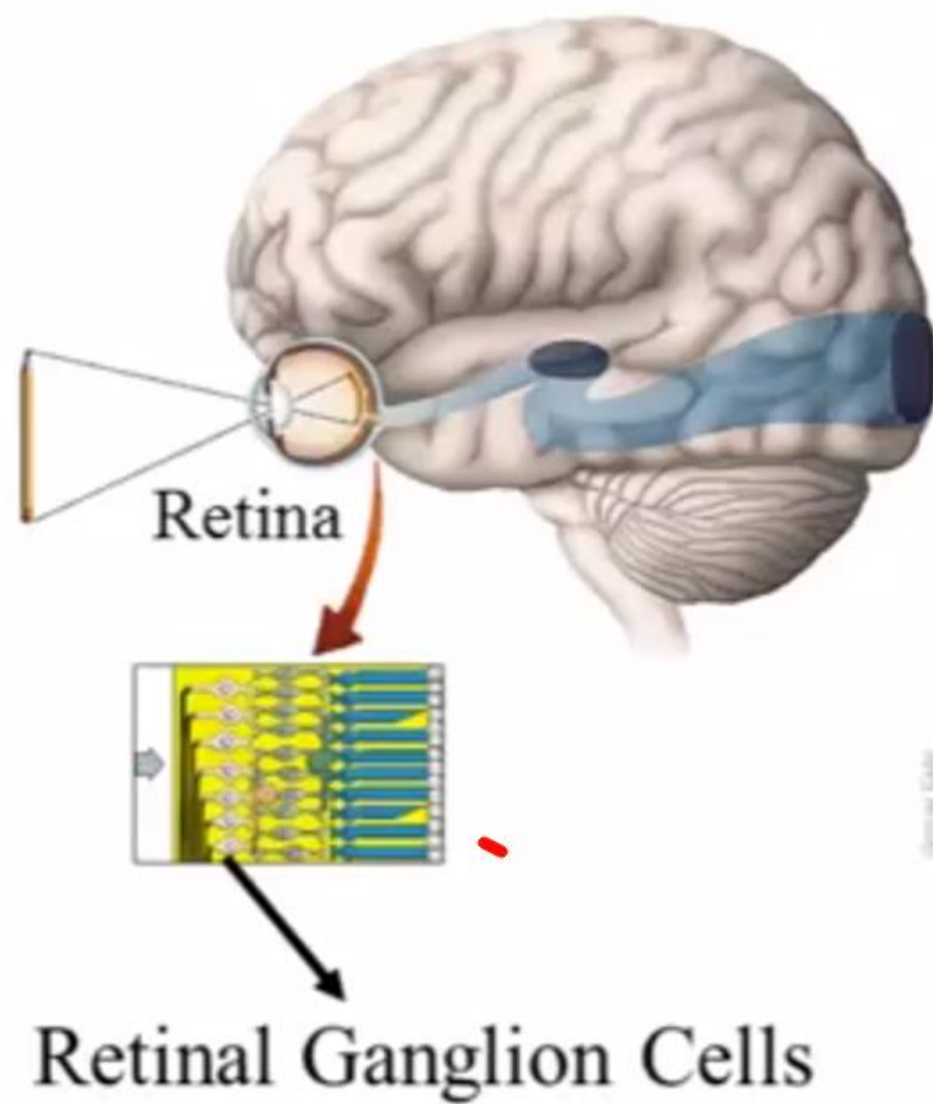
Light on



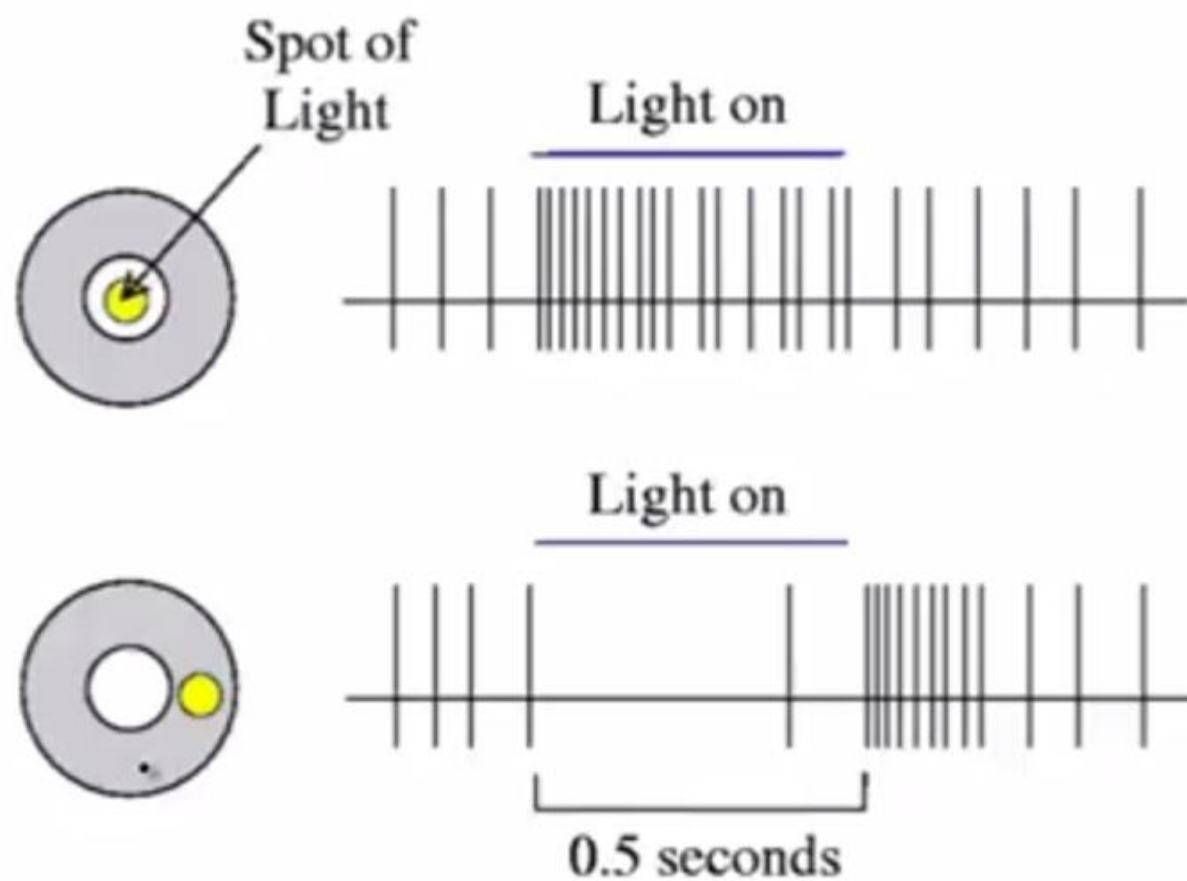
A "spike" from the  
recorded neuron



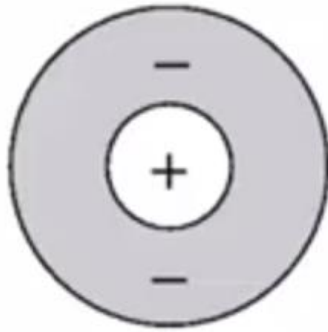
0.5 seconds



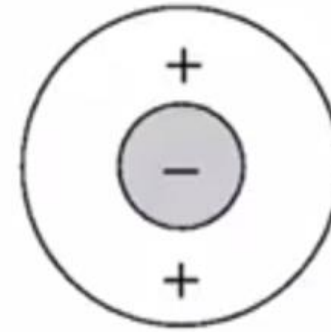
## Receptive Fields in the Retina



# Модель рецептивного поля



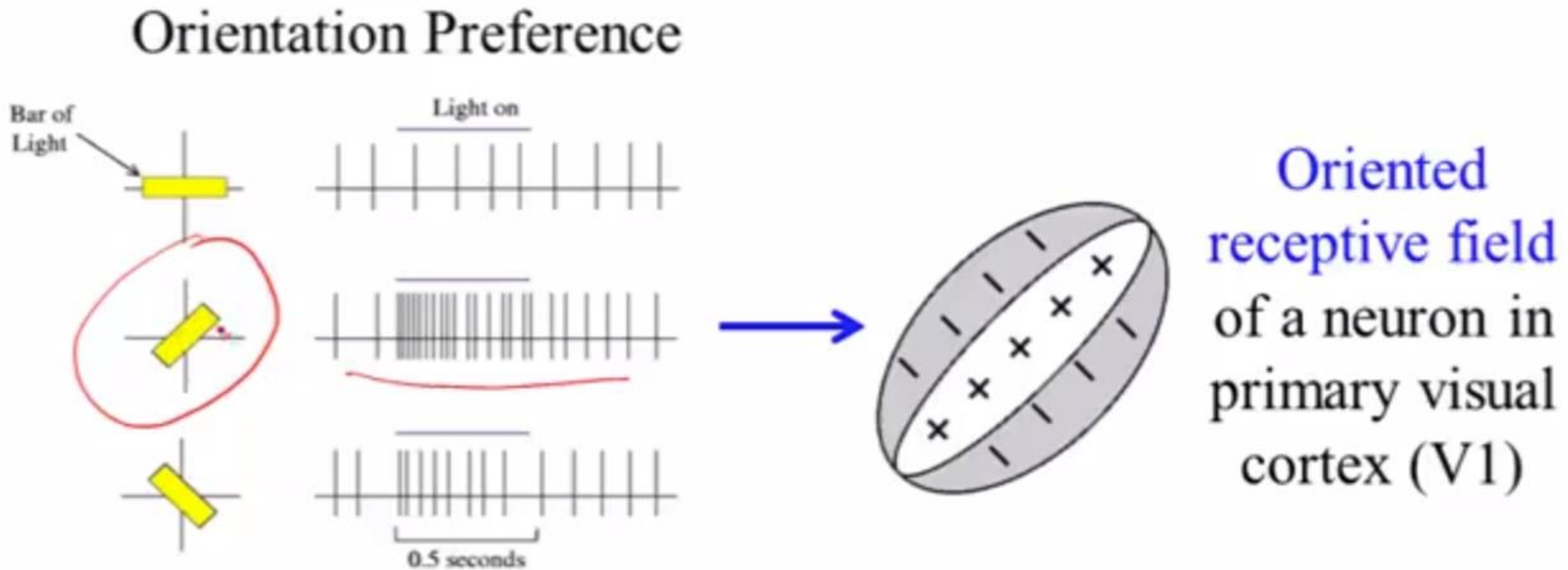
On-Center  
Off-Surround  
Receptive Field



Off-Center  
On-Surround  
Receptive Field

SCREENSHOTER@mail.ru

# Рецептивные поле в визуальной коре

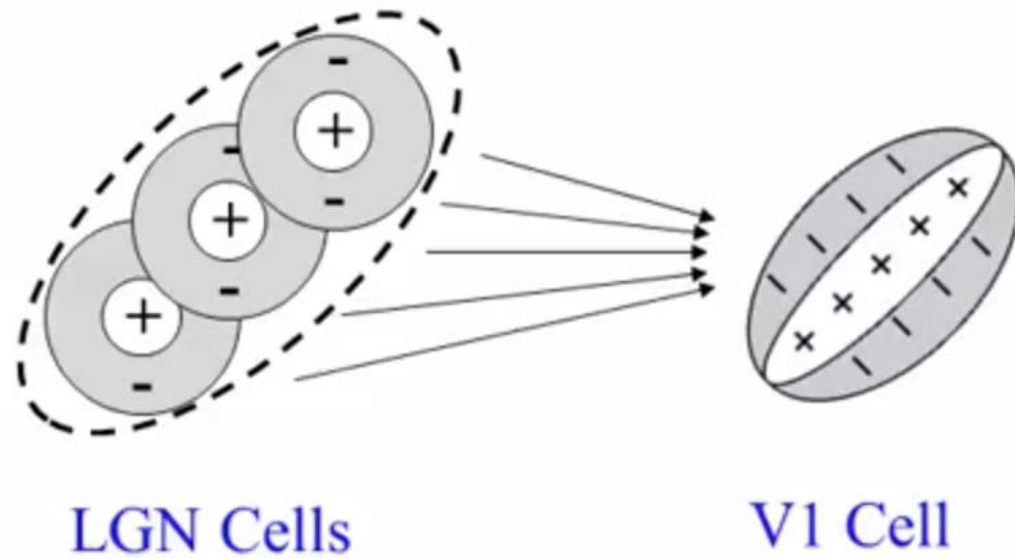


Other examples of oriented receptive fields

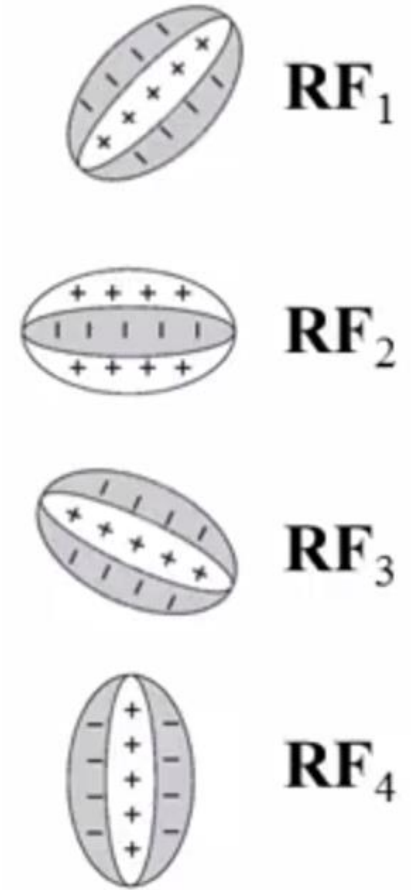




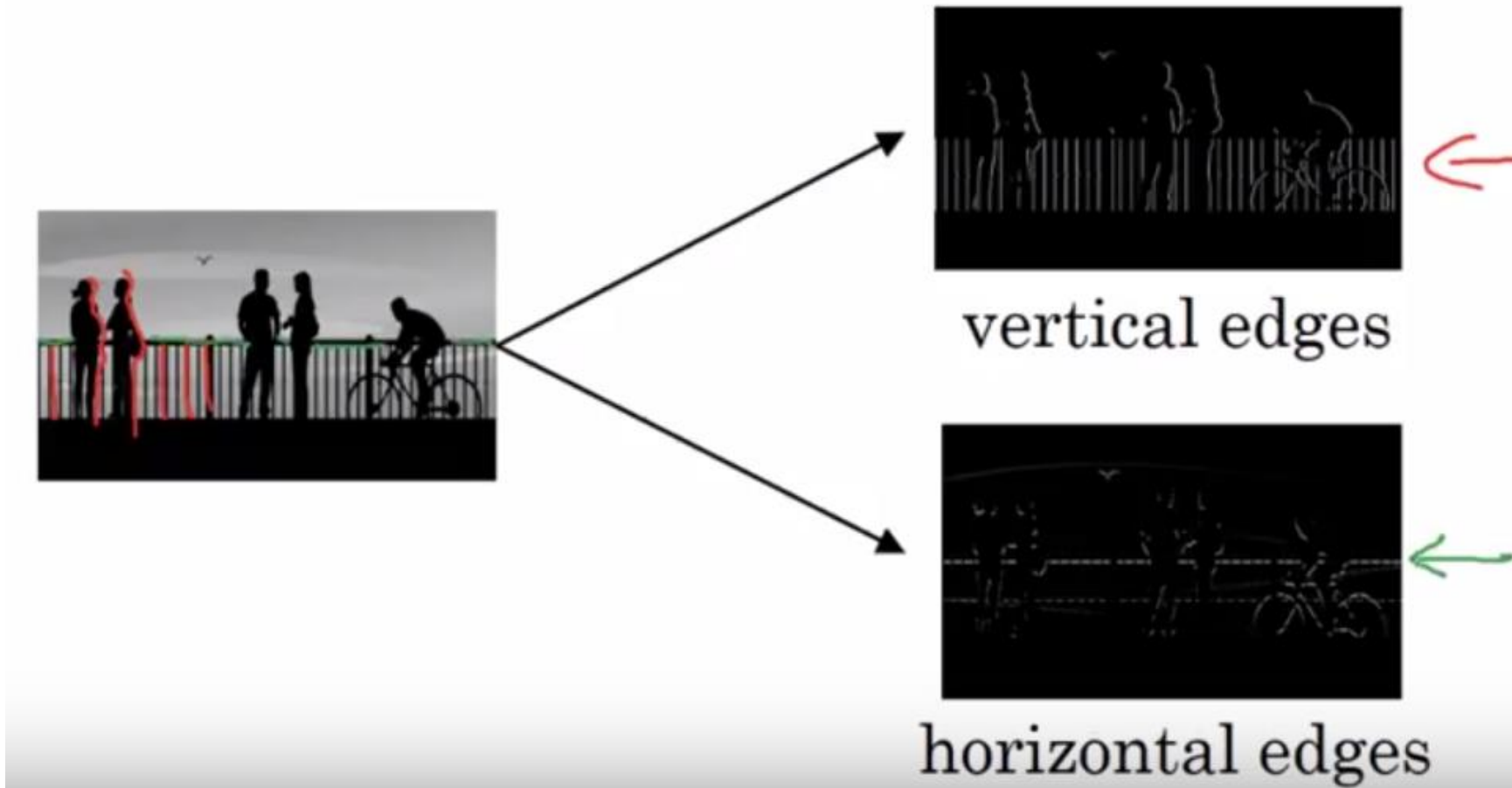
# Реконструкция картинки



$$\hat{\mathbf{I}} = \sum_i \mathbf{RF}_i r_i$$



# Как определять границы на изображении



# Вертикальные границы

3	0	1	2	7	4
1	5	8	9	3	1
2	7	2	5	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

6x6

"convolution"

\*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

3x3  
filter

=

-5			

4x4

# Вертикальные границы

3	<u>0</u> <sup>1</sup>	<u>1</u> <sup>0</sup>	<u>2</u> <sup>-1</sup>	7	4
1	<u>5</u> <sup>1</sup>	<u>8</u> <sup>0</sup>	<u>9</u> <sup>-1</sup>	3	1
2	<u>7</u> <sup>1</sup>	<u>2</u> <sup>0</sup>	<u>5</u> <sup>-1</sup>	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

6x6

"convolution"

\*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

3x3

filter

=

<u>-5</u>	<u>-4</u>		

4x4

# Вертикальные границы

3	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>4</u>
1	<u>5</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>3</u>	<u>1</u>
2	<u>7</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>3</u>
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

6x6

"convolution"

\*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

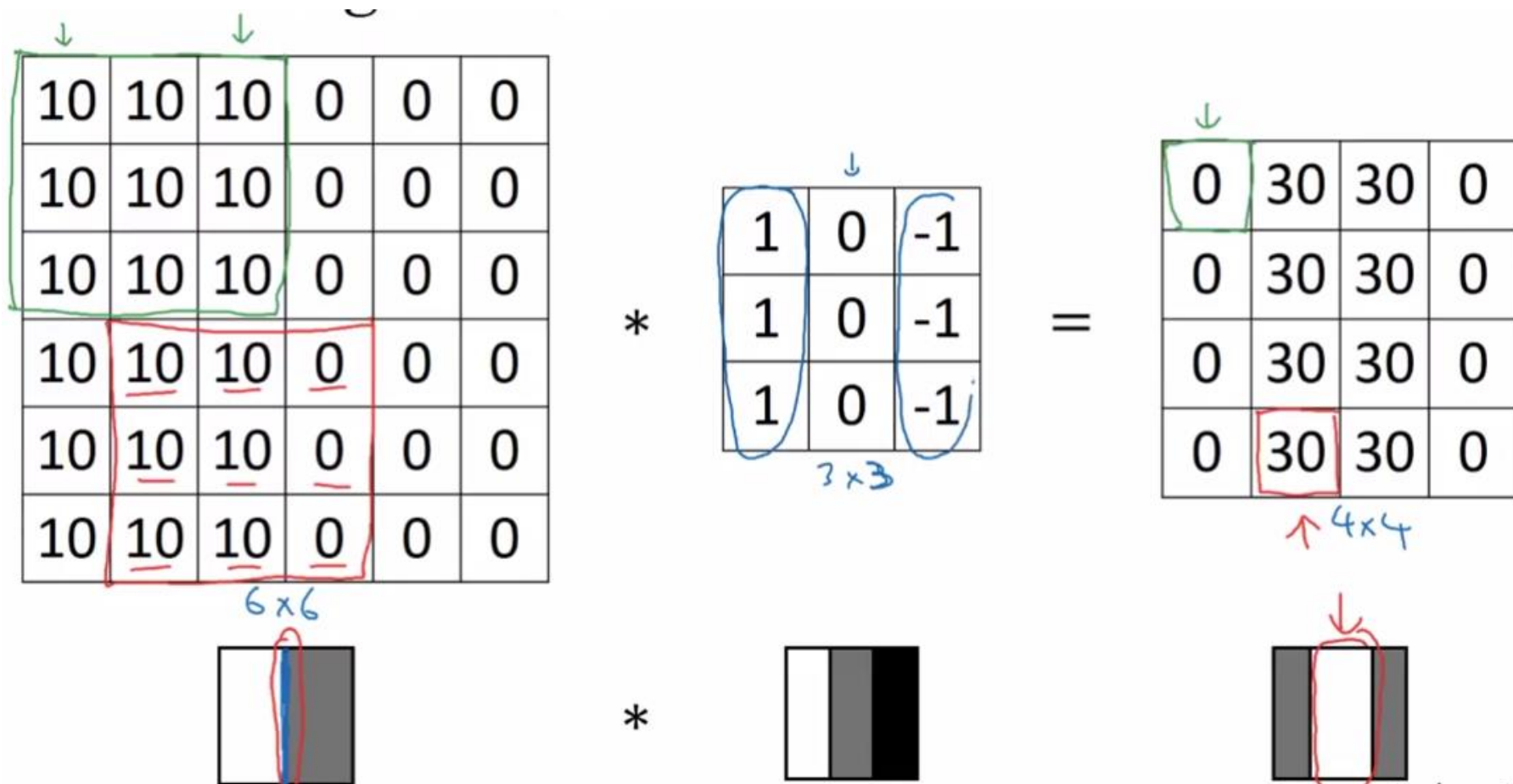
3x3  
filter

=

<u>-5</u>	<u>-4</u>	0	<u>8</u>
<u>-10</u>	-2	2	3
0	-2	-4	-7
-3	-2	-3	<u>-16</u>

4x4

# Вертикальные границы



# Вертикальные границы примеры

[illegible][illegible]

\*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1



==

A 4x4 grid of numbers is shown, enclosed in a blue hand-drawn border. The grid contains the following values:

0	30	30	0
0	30	30	0
0	30	30	0
0	30	30	0

Below the grid is a drawing of a vertical rectangle with a white center and two gray side panels, resembling a film strip or a sensor array.

11

\*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1


$$=$$

0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0

# Вертикальные и горизонтальные границы

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

Vertical

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

Horizontal

10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
0	0	0	10	10	10
0	0	0	10	10	10
0	0	0	10	10	10

6x6

\*

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

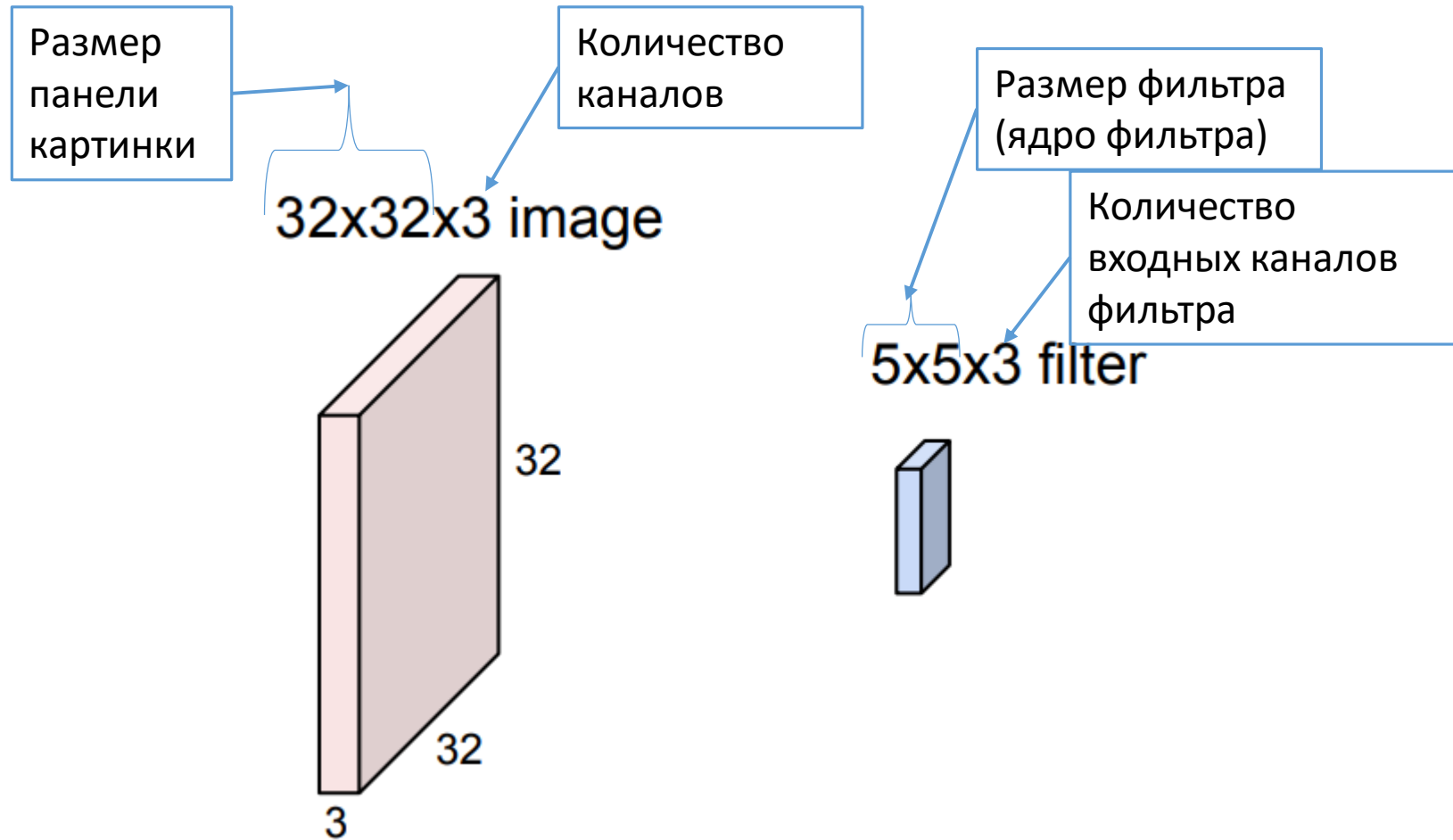
=

0	0	0	0
30	10	-10	-30
30	10	-10	-30
0	0	0	0

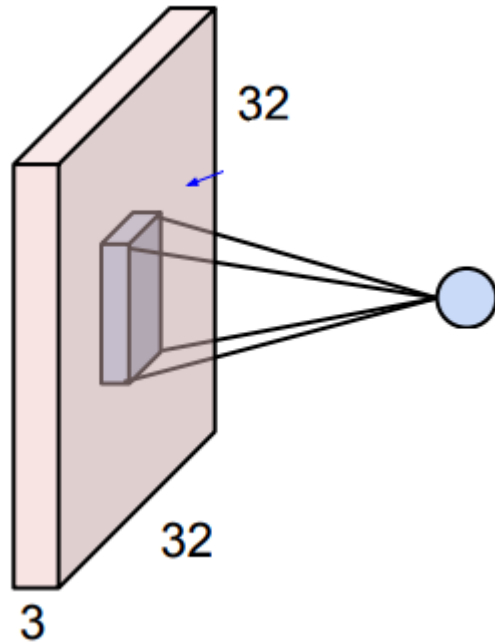




# Сверточный слой



# Сверточный слой

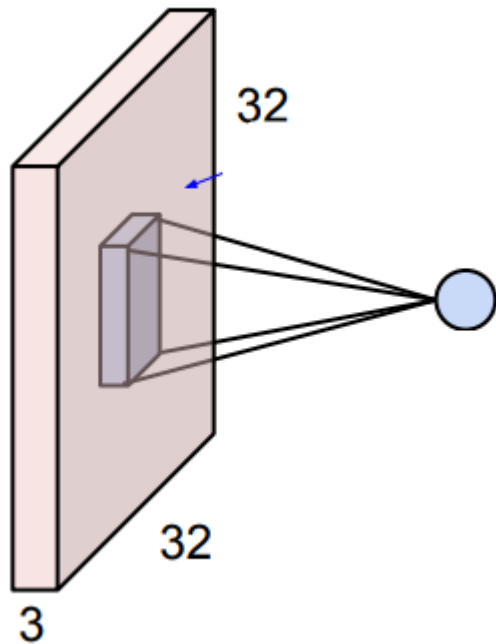


Каждое применение фильтра к исходной картинке, это операция скалярного умножения и суммирования. Результат **одно** значение

т.е  $5 \times 5 \times 3 = 75$  – размерное скалярное произведение + смещение

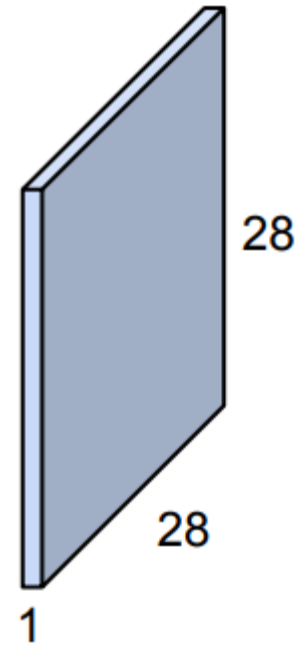
$$w^T x + b$$

# Сверточный слой

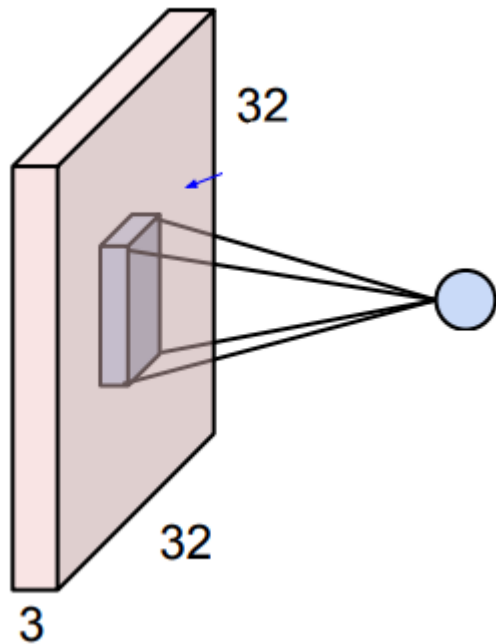


Свертка пробегает по входному изображению по всем размерностям высота и ширина

Карта активации



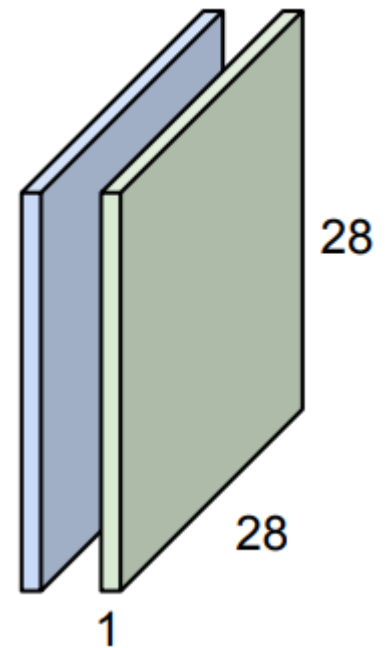
# Сверточный слой



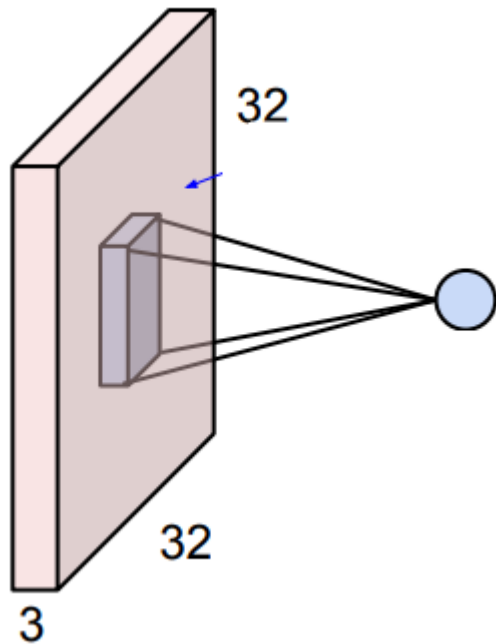
Применим еще фильтр

Свертка пробегает по входному изображению по всем размерностям высота и ширина

Карта активации



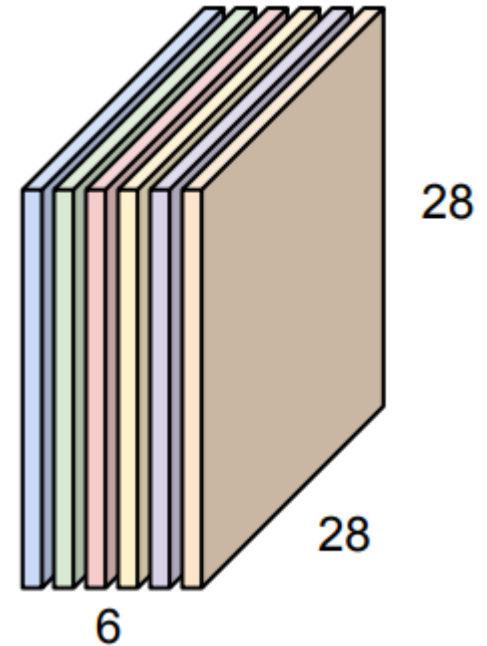
# Сверточный слой



Применим еще четыре фильтра  
5x5x3

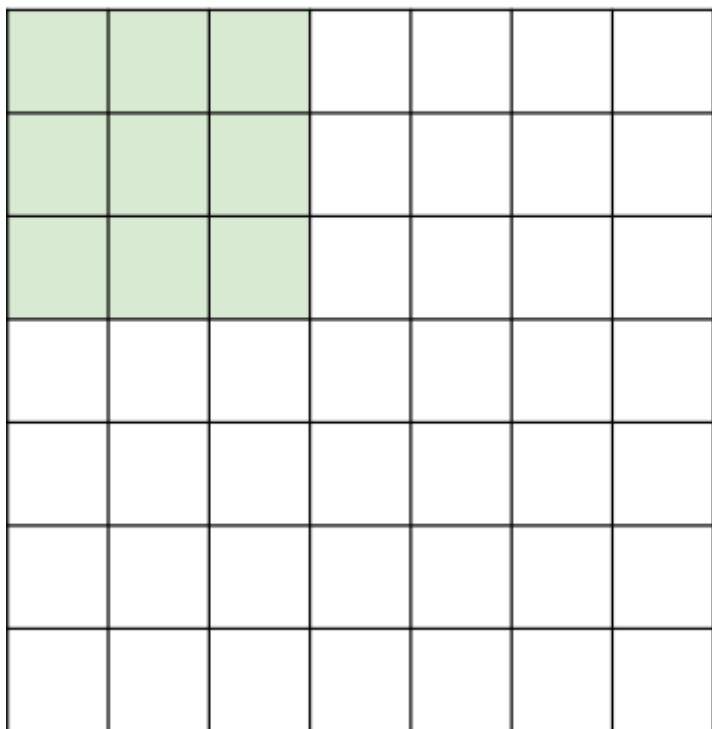
Свертка пробегает по входному  
изображению по всем  
размерностям высота и ширина

Получим новое  
представление изображения  
28x28x6



# Фильтры и карты признаков

7

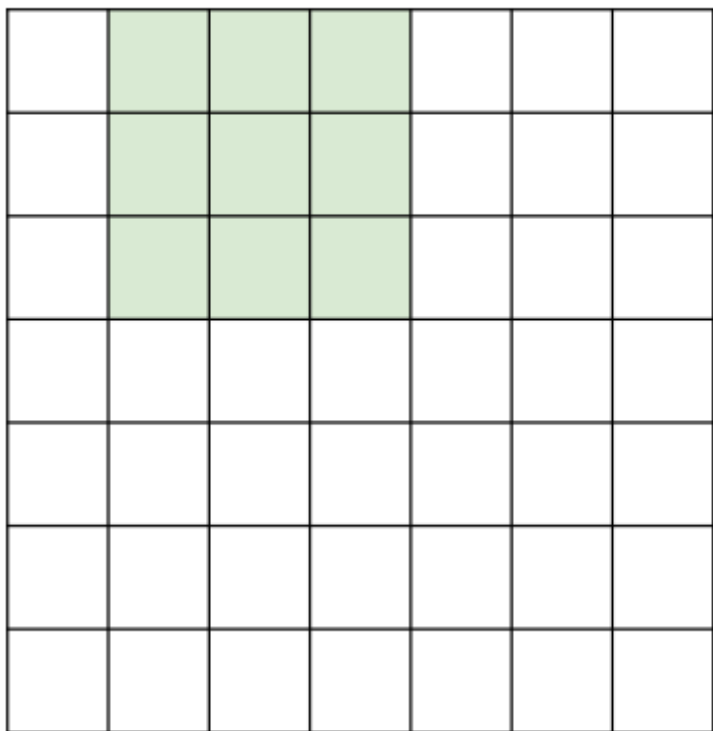


7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=1

# Фильтры и карты признаков

7

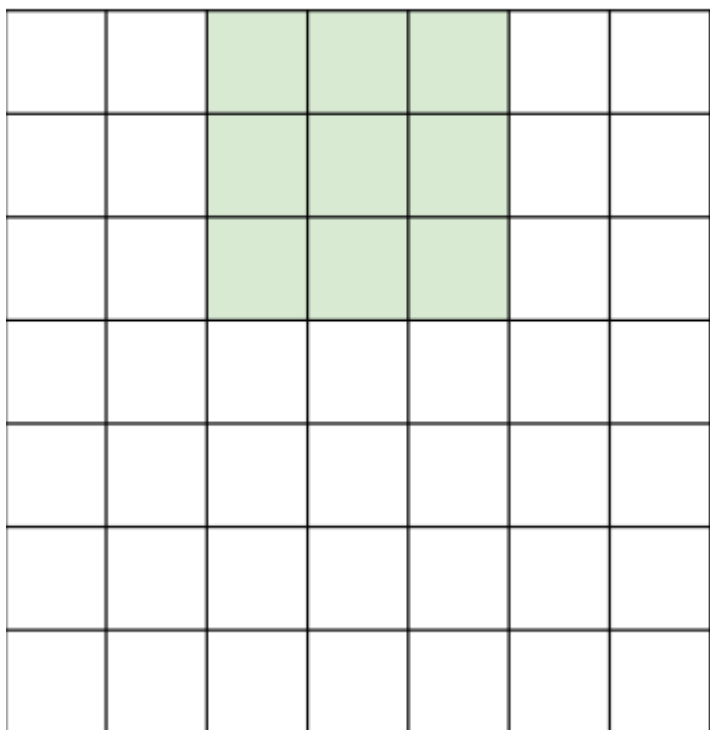


7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=1

# Фильтры и карты признаков

7



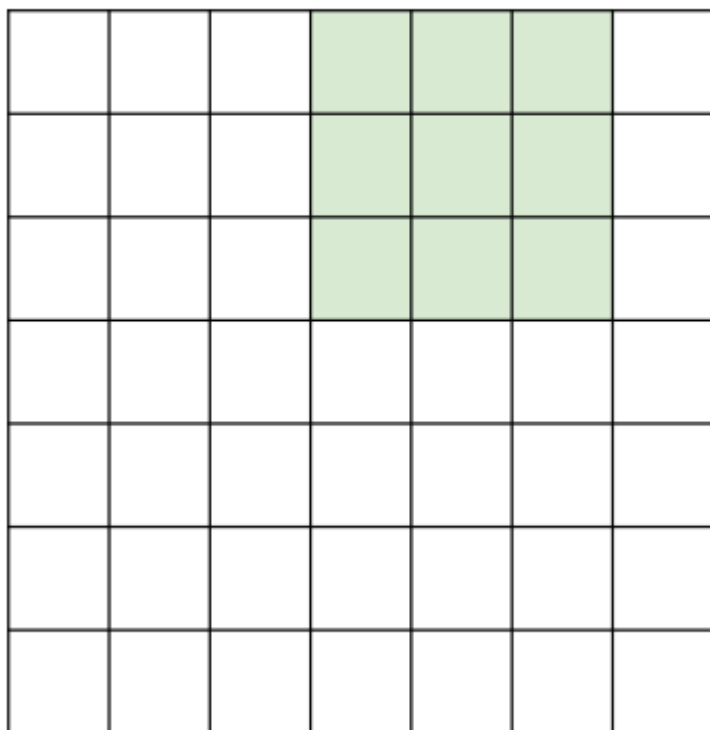
7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=1



# Фильтры и карты признаков

7



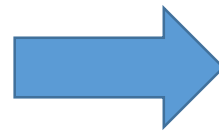
7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=1

# Фильтры и карты признаков

7


7

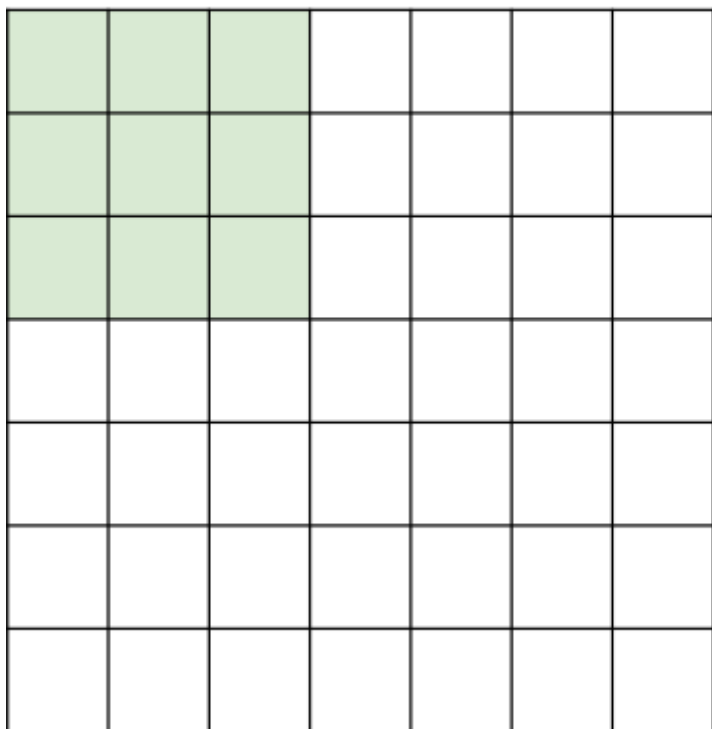


Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7

В финале  
получаем выход  
5x5

# Фильтры и карты признаков

7

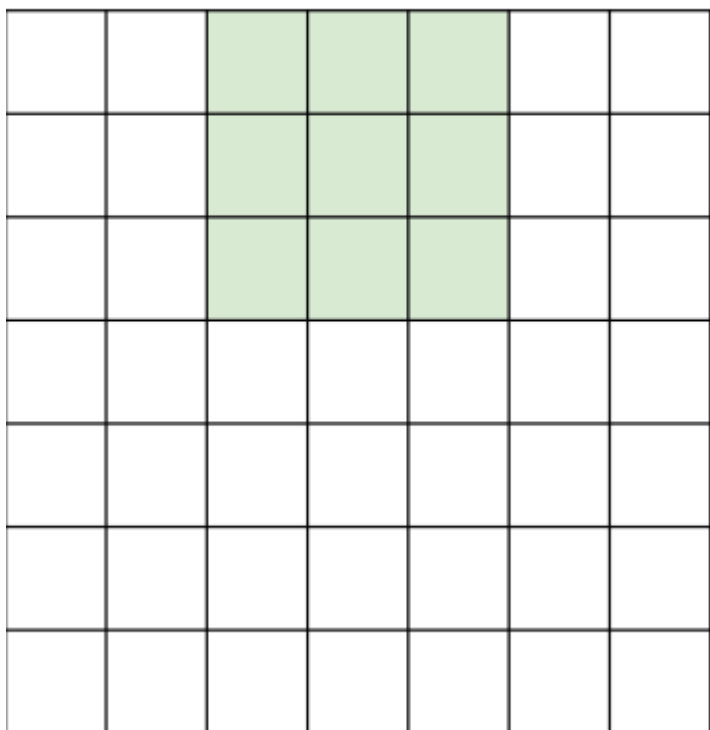


7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=2

# Фильтры и карты признаков

7



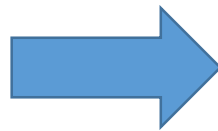
7

Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=2

# Фильтры и карты признаков

7


7

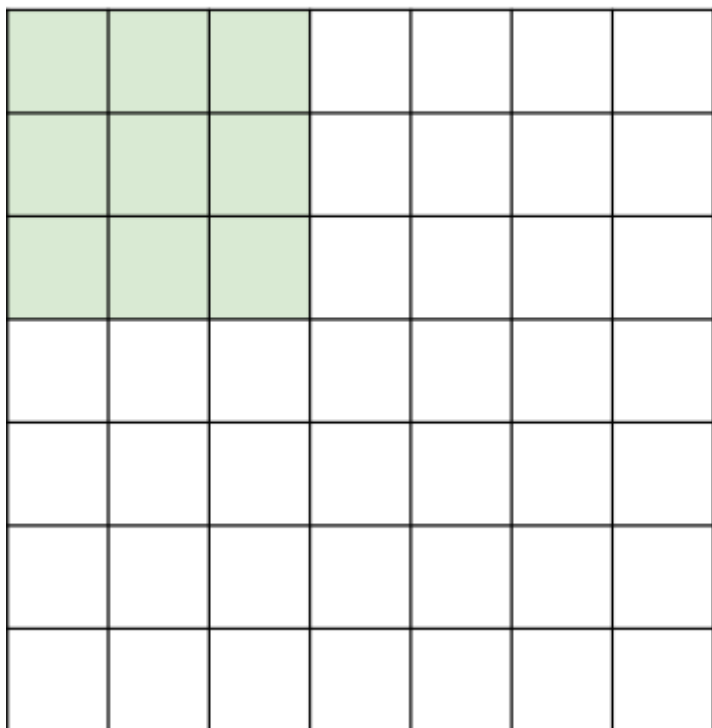


Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=2

В финале  
получаем выход  
3x3

# Фильтры и карты признаков

7

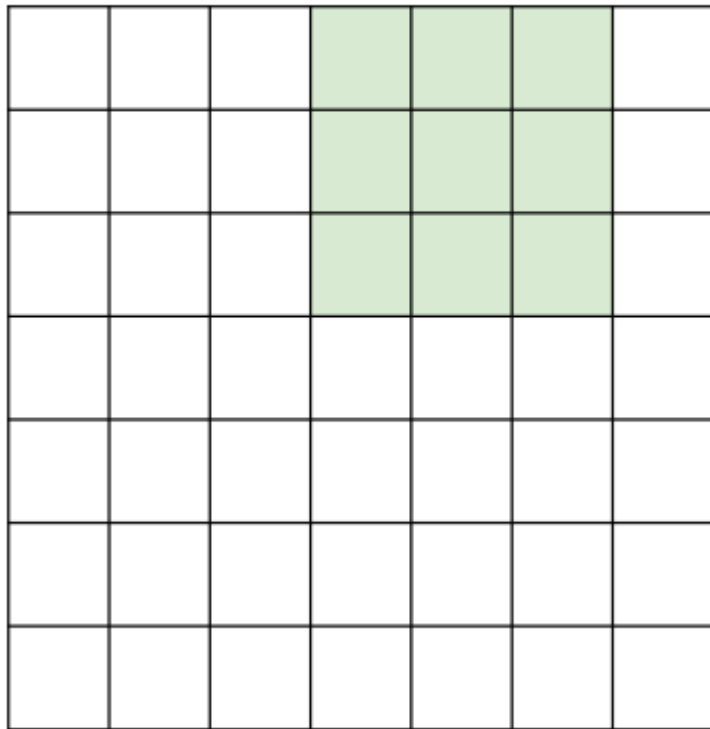


7

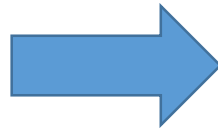
Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=3

# Фильтры и карты признаков

7



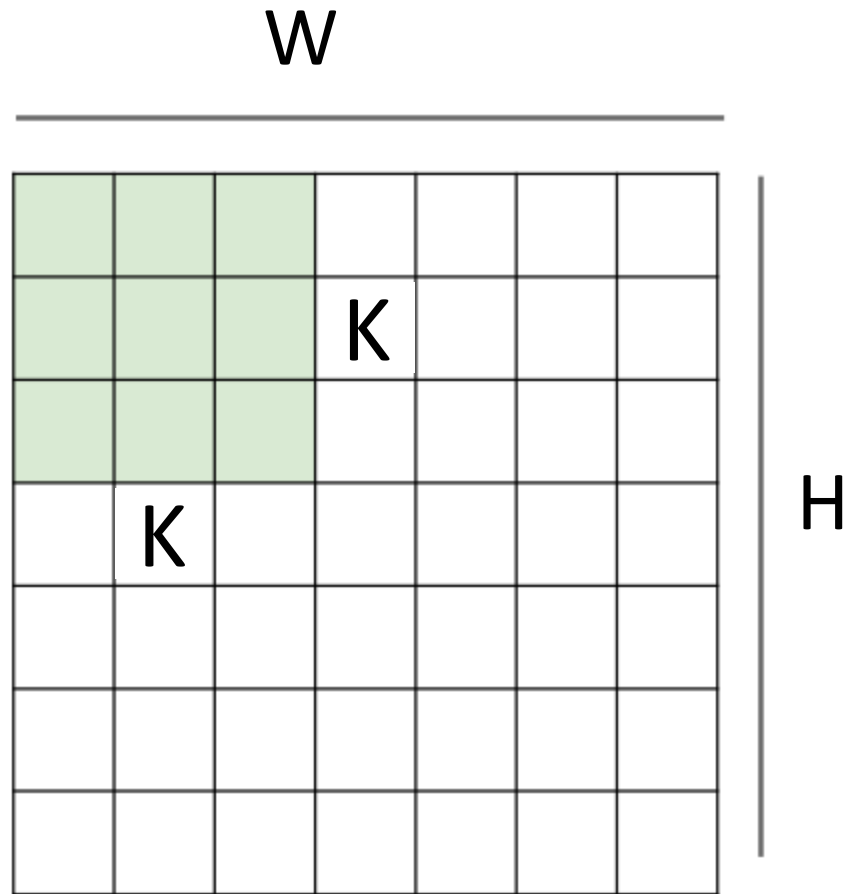
7



Применяем ядро  
размером 3x3 к карте  
признаков 7x7, шаг=3

В финале провал,  
свертка не умещается

# Как рассчитать размер выходной карты



Размер выходной карты:

$$W = (W - K) / \text{шаг} + 1$$

$$H = (H - K) / \text{шаг} + 1$$

Картинка 7x7 – ядро 3x3:

$$\text{Stride 1} - (7 - 3) / 1 + 1 = 5$$

$$\text{Stride 2} - (7 - 3) / 2 + 1 = 3$$

$$\text{Stride 3} - (7 - 3) / 3 + 1 = 2.3$$



# Когда нельзя но очень хочется

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Добавим поля к нашей входной карте, если мы хотим пройти сверткой 3x3

Тогда:

$$\text{Stride } 3 - (9 - 3)/3 + 1 = 3$$

Мы можем не менять размер картинки:

$$\text{Stride } 1 - (9 - 3)/1 + 1 = 7$$

$$K=5, P=2 - (11 - 5)/1 + 1 = 7$$

$$W = (W + 2P - K) / S + 1$$

# Сверточная нейросеть

