
بسم الله الرحمن الرحيم

مبانی بینایی کامپیوتر

مدرس: محمدرضا محمدی

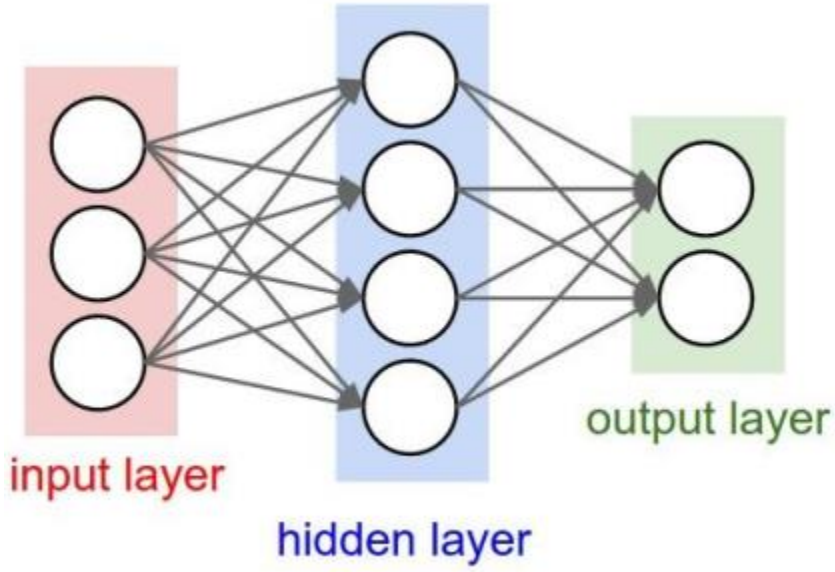
بهار ۱۴۰۳

یادگیری ویژگی

Feature Learning

شبکه‌های عصبی

- یک شبکه عصبی چندلایه شامل تعدادی لایه خطی و توابع فعال‌سازی غیرخطی است



- شبکه ۱ لایه:

$$y = f(W\ x\ )$$

- شبکه ۲ لایه:

$$y = f_2\big(W_2\ f_1(W_1\ x)\big)$$

- شبکه ۳ لایه:

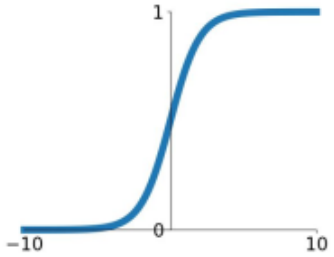
$$y = f_3\left(W_3\ f_2\big(W_2\ f_1(W_1\ x)\big)\right)$$

توابع فعال‌سازی

- به دلیل خطی بودن ضرب داخلی، وجود توابع فعال‌سازی غیرخطی ضروری است

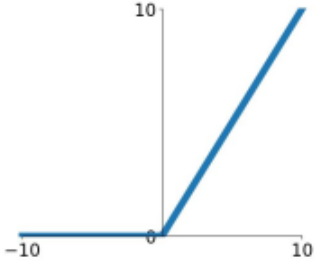
Sigmoid

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



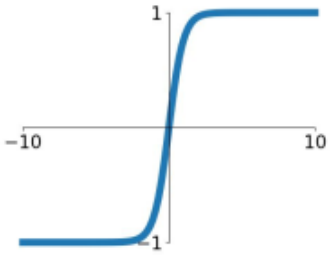
ReLU

$$\max(0, x)$$



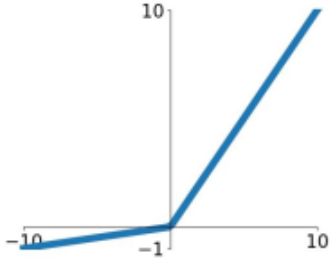
tanh

$$\tanh(x)$$

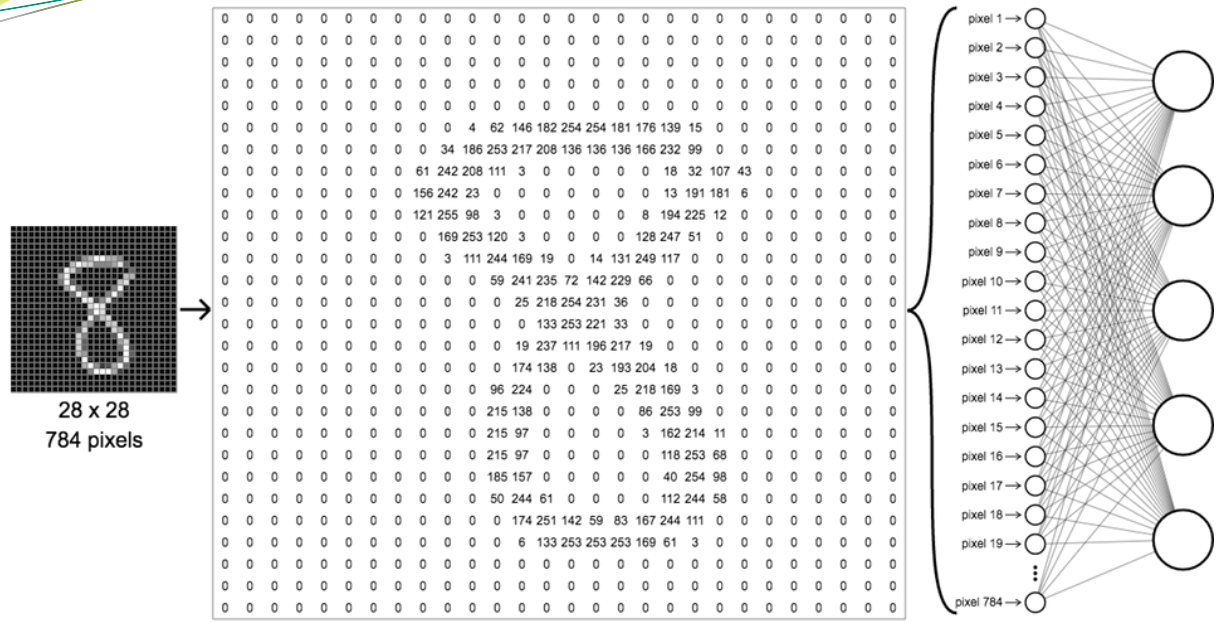


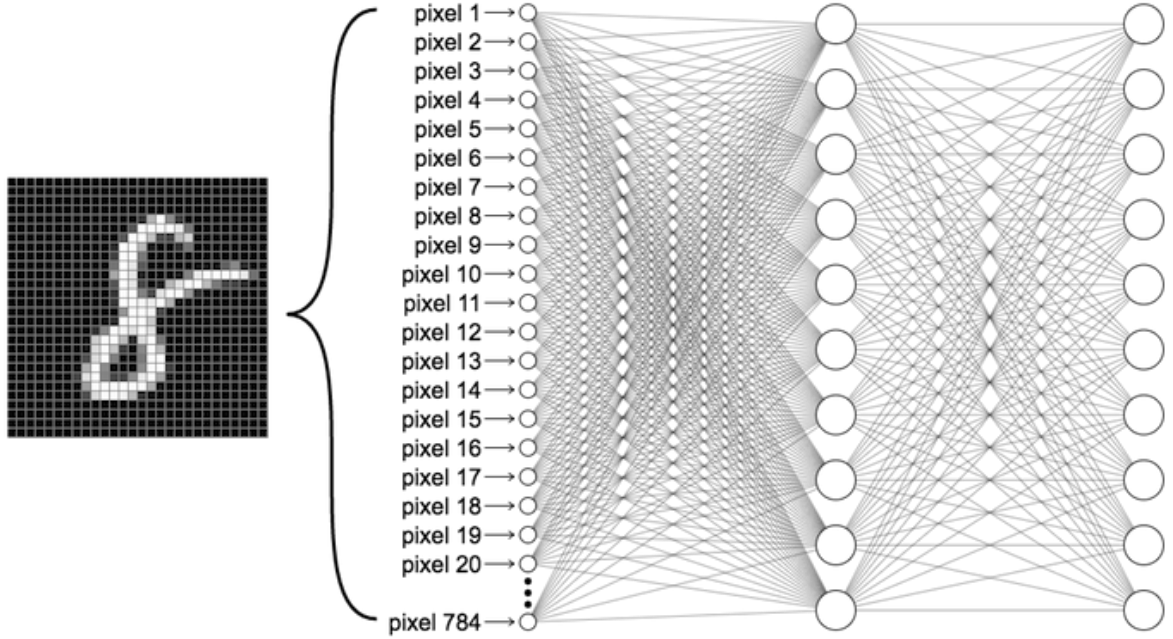
Leaky ReLU

$$\max(0.1x, x)$$



شبکه‌های عصبی

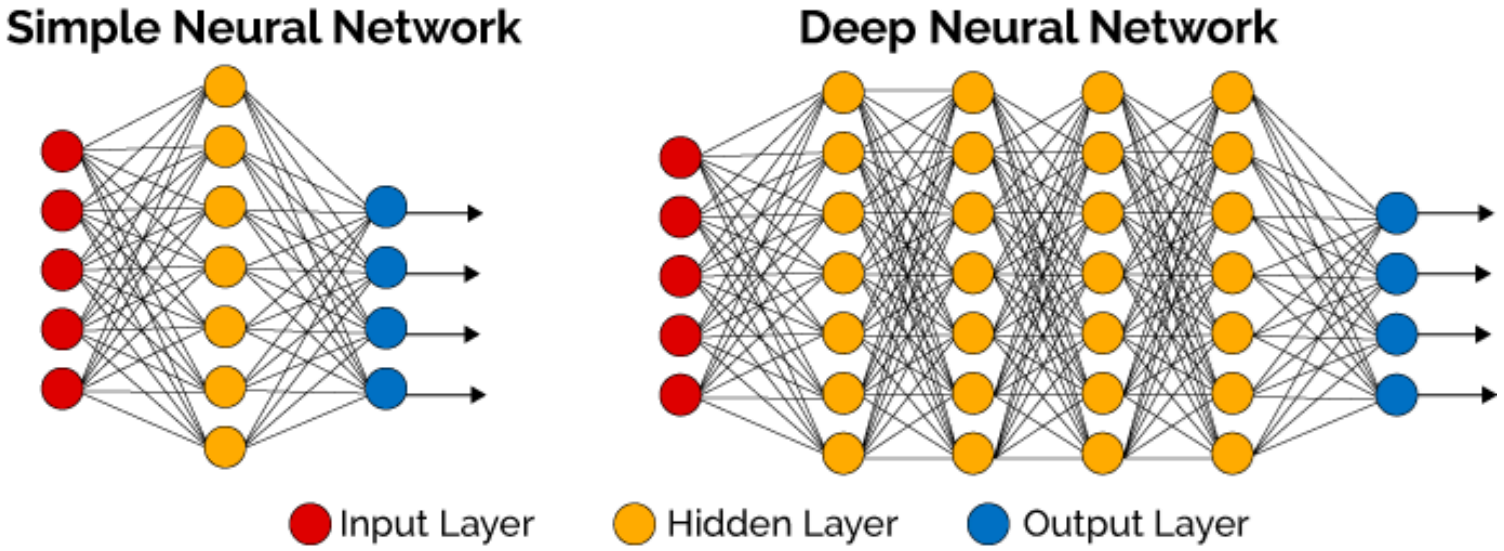




https://ml4a.github.io/ml4a/looking_inside_neural_nets/

شبکه‌های عصبی عمیق

- آیا یک شبکه دارای لایه‌های زیاد می‌تواند منجر به بهبود طبقه‌بندی تصویر شود؟
- مهمترین ایراد این ساختار در پردازش تصویر آن است که اطلاعات همسایگی را لحاظ نمی‌کند
- به عبارت دیگر، دانش بدست آمده را میان پیکسل‌های تصویر به اشتراک نمی‌گذارد
- ایده اصلی در پیشرفت یادگیری عمیق در حوزه بینایی کامپیوتر استفاده از لایه‌های کانولوشنی است



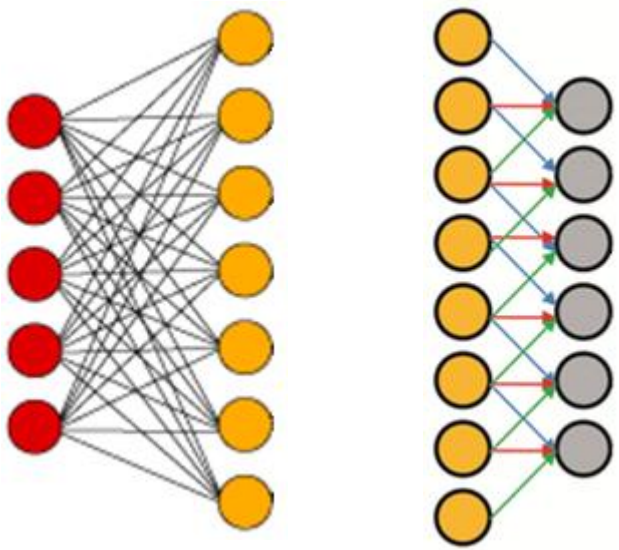
https://colab.research.google.com/drive/1oQB8gKNlosAVUKzXcEYjeXzIQgYxRFT1?usp=sharing

شبکه‌های عصبی کانولوشنی

Convolutional Neural Networks

کانولوشن

- در لایه‌های کاملا متصل، مقدار هر نورون در لایه خروجی وابسته به تمام نورون‌ها در لایه قبل است
- کانولوشن یک‌بعدی مشابه با لایه کاملا متصل است اما هر نورون خروجی تنها به بخشی از نورون‌های لایه ورودی متصل است
- در پردازش تصاویر از کانولوشن دوبعدی استفاده می‌شود



3_0	3_1	2_2	1	0
0_2	0_2	1_0	3	1
3_0	1_1	2_2	2	3
2	0	0	2	2
2	0	0	0	1

12.0	12.0	17.0
10.0	17.0	19.0
9.0	6.0	14.0

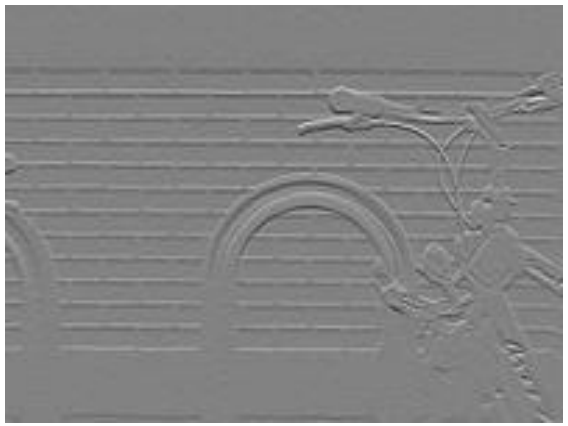
مثال: عملگر Sobel

G_y

+1	0	-1
+2	0	-2
+1	0	-1

G_x

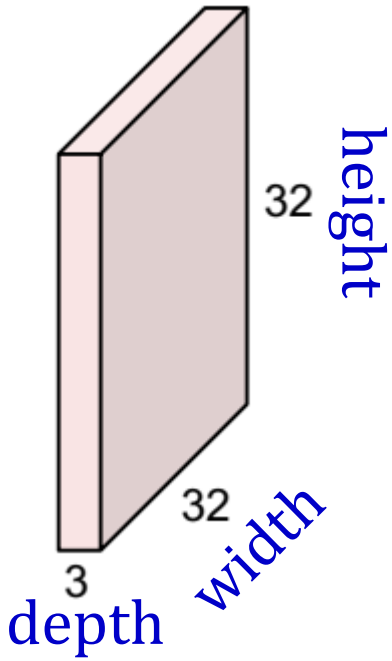
+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1



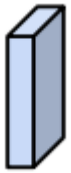
لایه کانولوشنی

خروجی لایه کانولوشنی حاصل فیلتر کردن ماتریس ورودی با فیلتر مربوطه است که به صورت مکانی بر روی آن لغزانده می‌شود

ورودی یک ماتریس ۳ بعدی است



5x5x3 filter

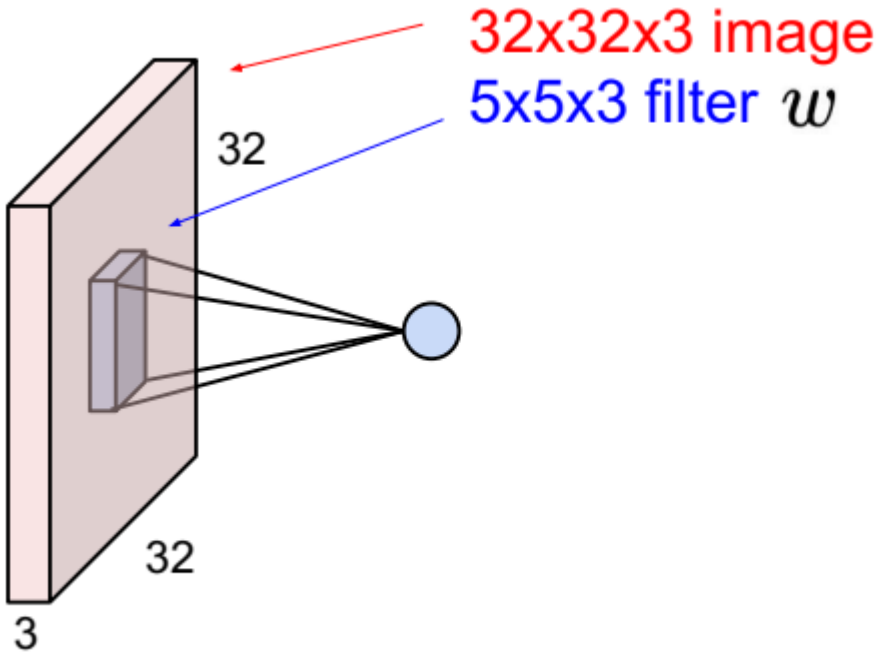


http://cs231n.stanford.edu/slides/2020/lecture_5.pdf

لایه کانولوشنی

خروجی لایه کانولوشنی حاصل فیلتر کردن ماتریس ورودی با فیلتر مربوطه است که به صورت مکانی بر روی آن لغزانده می‌شود

ورودی یک ماتریس ۳ بعدی است



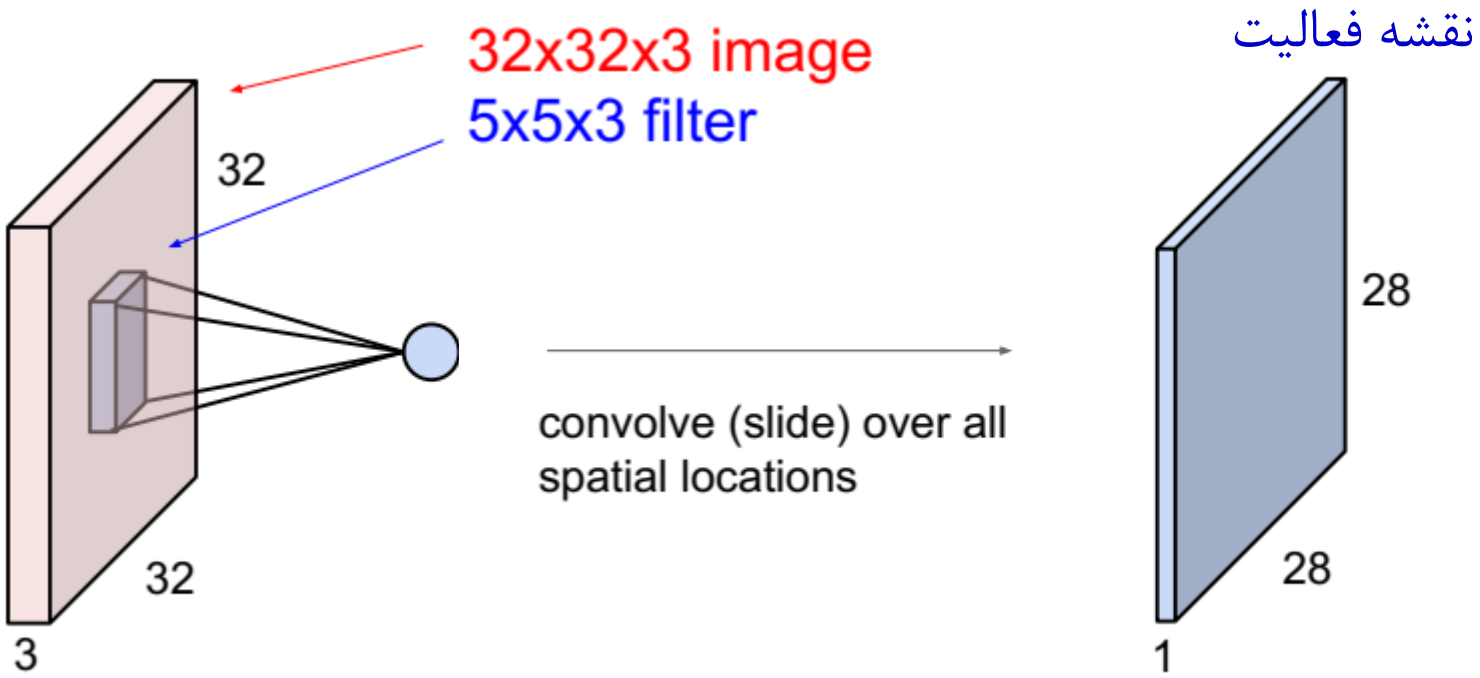
خروجی برابر با ضرب داخلی بین فیلتر و همسایگی مربوطه برای هر پیکسل است که معادل با ۷۵ ضرب و جمع است

$$w^T x + b$$

لایه کانولوشنی

خروجی لایه کانولوشنی حاصل فیلتر کردن ماتریس ورودی با فیلتر مربوطه است که به صورت مکانی بر روی آن لغزانده می‌شود

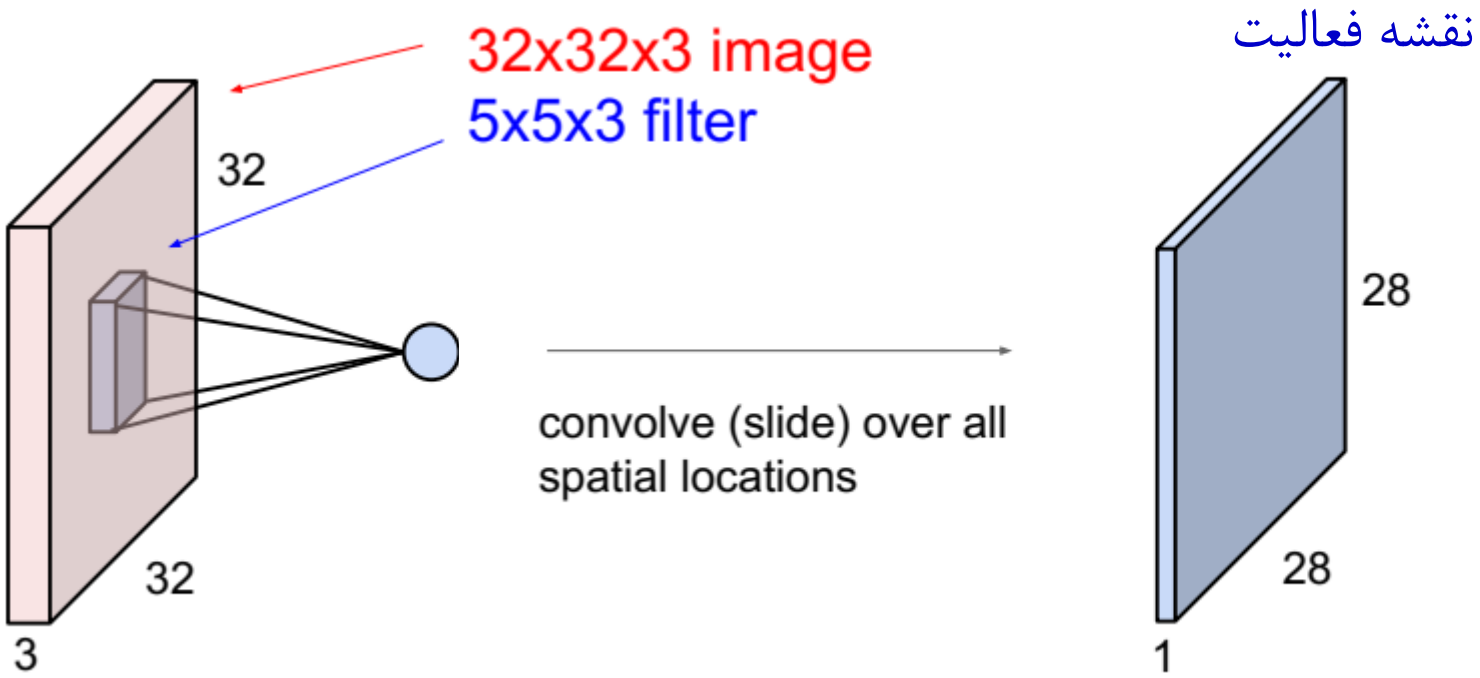
ورودی یک ماتریس ۳ بعدی است



لایه کانولوشنی

- البته یک فیلتر می‌تواند تنها یک مشخصه از تصویر را استخراج نماید

ورودی یک ماتریس ۳ بعدی است

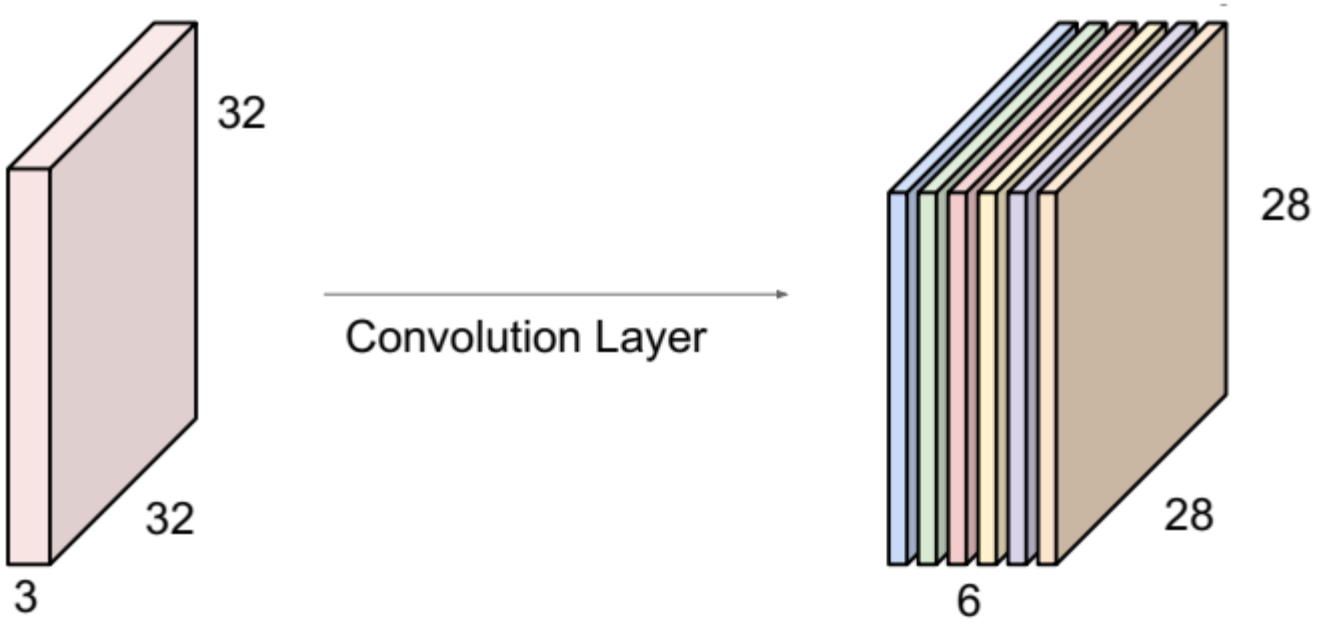


لایه کانولوشنی

- البته یک فیلتر می‌تواند تنها یک مشخصه از تصویر را استخراج نماید

ورودی یک ماتریس ۳ بعدی است

نقشه‌های فعالیت



https://keras.io/api/layers/convolution_layers/convolution2d/

لایه کانولوشنی در Keras

```
keras.layers.Conv2D(filters, kernel_size, strides=(1, 1), padding='valid',
                    data_format=None, dilation_rate=(1, 1), activation=None,
                    use_bias=True, kernel_initializer='glorot_uniform',
                    bias_initializer='zeros', kernel_regularizer=None,
                    bias_regularizer=None, activity_regularizer=None,
                    kernel_constraint=None, bias_constraint=None)
```

filters: Integer, the dimensionality of the output space

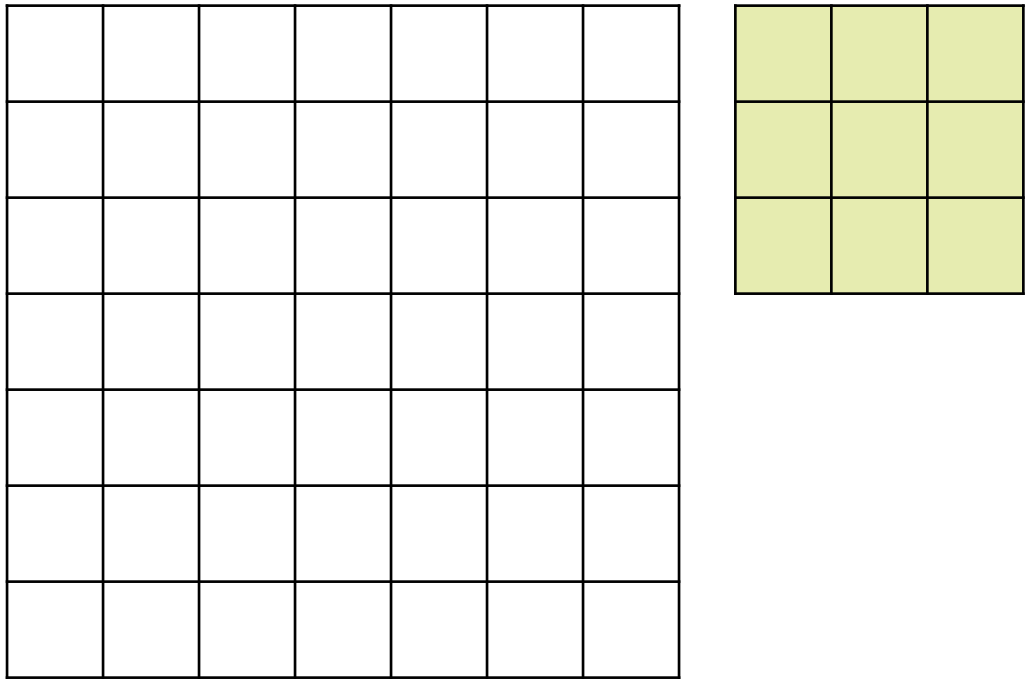
kernel_size: Specifying the height and width of the 2D convolution window

activation: Activation function to use. If you don't specify anything, no activation is applied (see keras.activations)

https://keras.io/api/layers/convolution_layers/convolution2d/

کانولوشن

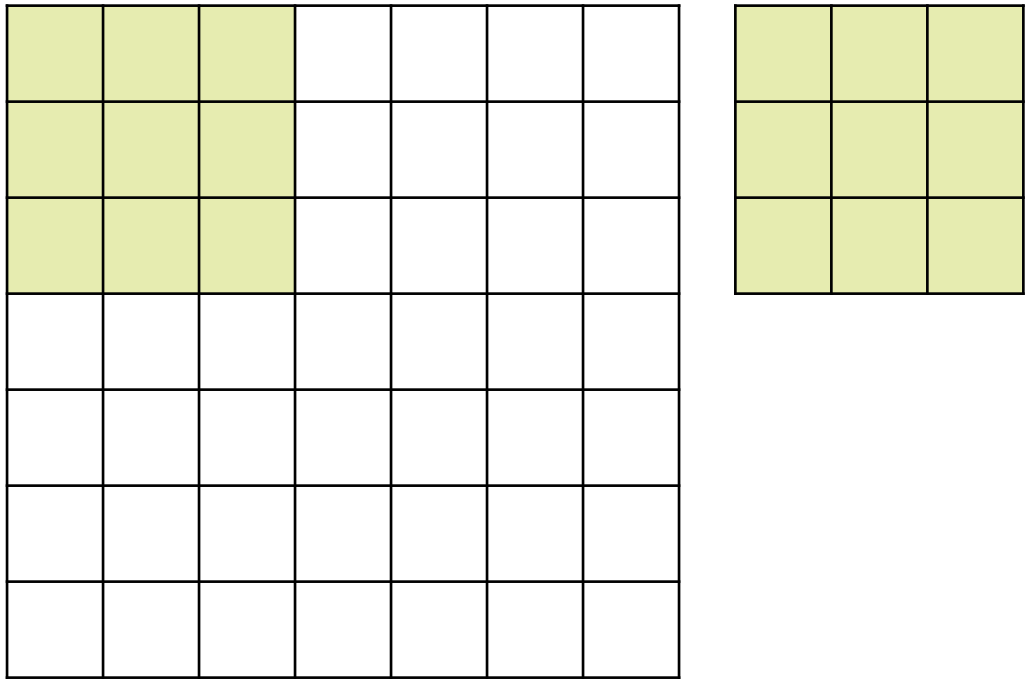
- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

کانولوشن

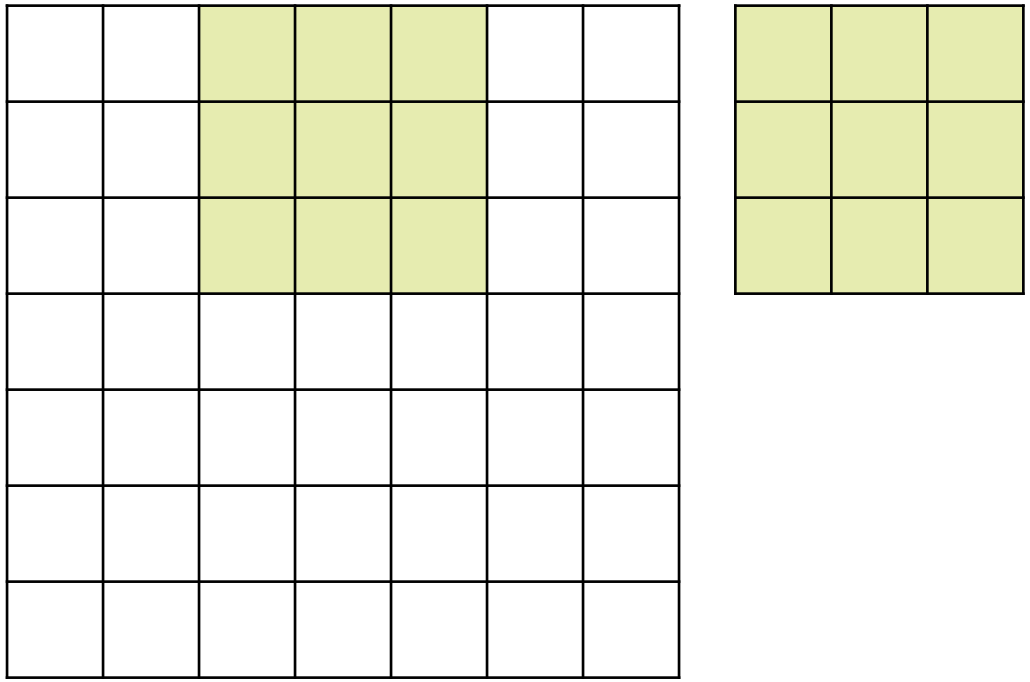
- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

کانولوشن

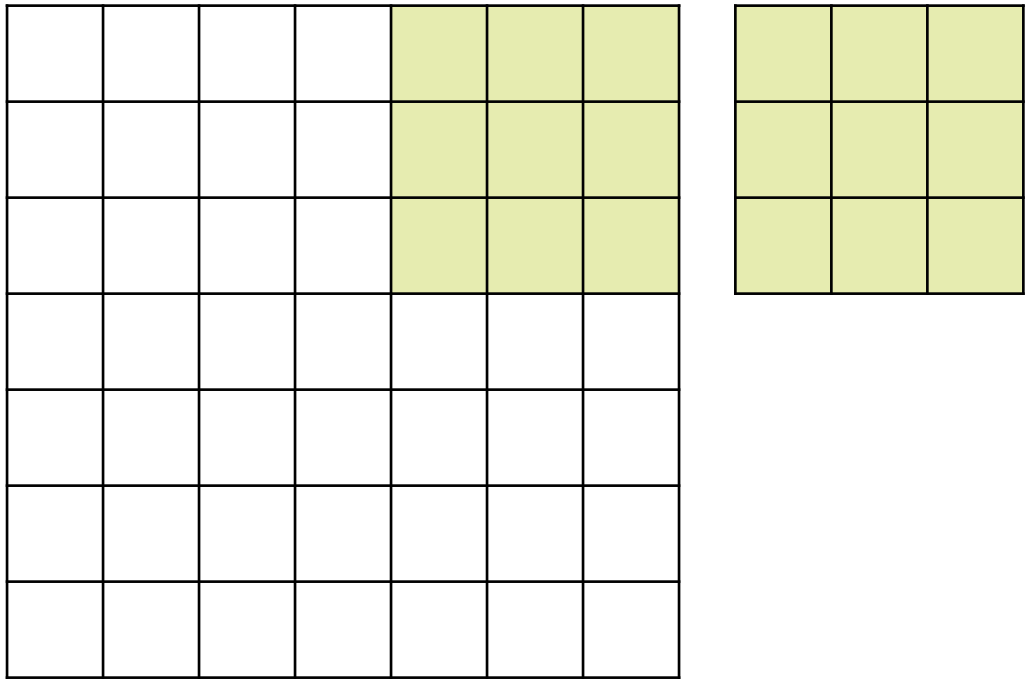
- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

کانولوشن

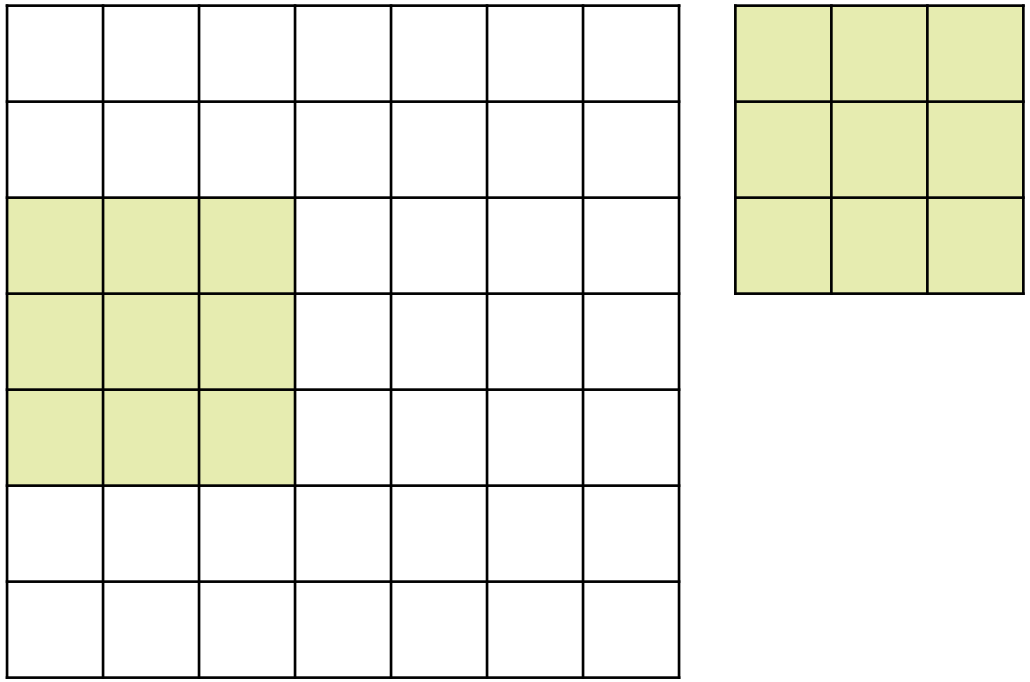
- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

کانولوشن

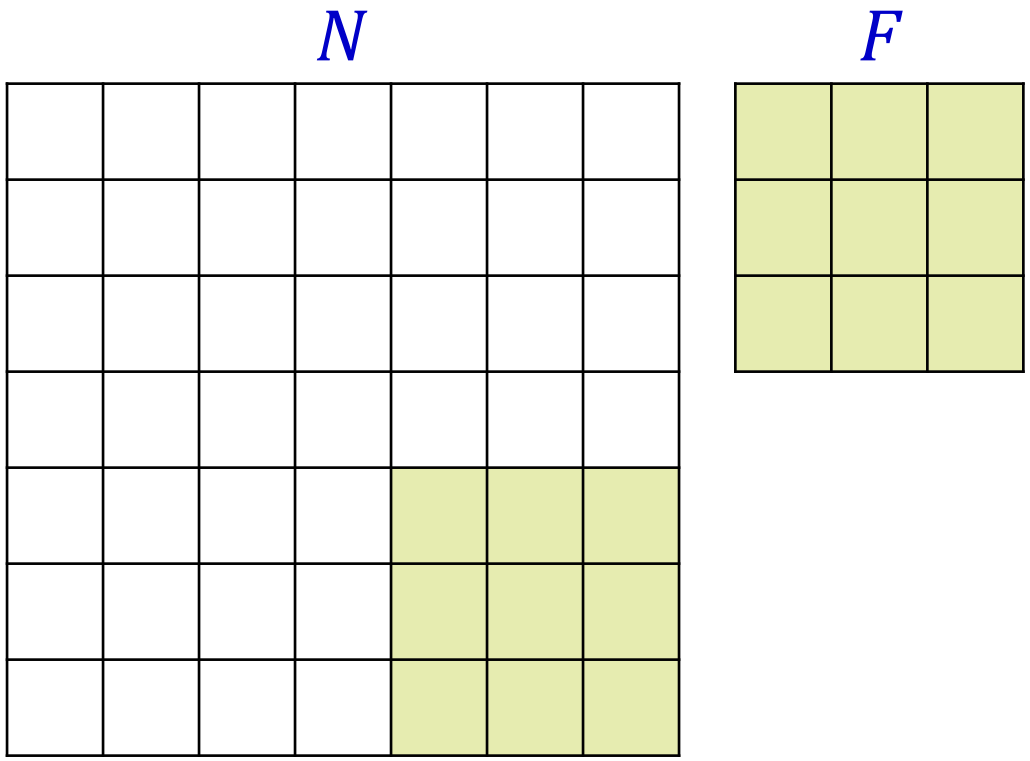
- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

کانولوشن

- به دلیل کاهش محاسبات می‌توان پنجره را با گام بزرگتر جابجا کرد



Stride=2

$$Output\ Size = \frac{N - F}{Stride} + 1$$

خروجی یک تصویر 3x3 است

لایه کانولوشنی در Keras

```
keras.layers.Conv2D(filters, kernel_size, strides=(1, 1), padding='valid',
                    data_format=None, dilation_rate=(1, 1), activation=None,
                    use_bias=True, kernel_initializer='glorot_uniform',
                    bias_initializer='zeros', kernel_regularizer=None,
                    bias_regularizer=None, activity_regularizer=None,
                    kernel_constraint=None, bias_constraint=None)
```

filters: Integer, the dimensionality of the output space

kernel_size: Specifying the height and width of the 2D convolution window

activation: Activation function to use. If you don't specify anything, no activation is applied (see keras.activations)

strides: Specifying the strides of the convolution

padding: One of “valid” or “same”

https://keras.io/api/layers/convolution_layers/convolution2d/

مقایسه نتایج

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 30, 30, 128)	3584
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 28, 28, 128)	147584
flatten (Flatten)	(None, 100352)	0
dense (Dense)	(None, 10)	1003530

Total params: 1,154,698
Trainable params: 1,154,698
Non-trainable params: 0

```
Epoch 1/10
500/500 [==============================] - 8s 17ms/step - loss: 3.9606 - accuracy: 0.1535 - val_loss: 2.2777 - val_accuracy: 0.1178
Epoch 2/10
500/500 [==============================] - 8s 17ms/step - loss: 2.1179 - accuracy: 0.2204 - val_loss: 2.1473 - val_accuracy: 0.1881
Epoch 3/10
500/500 [==============================] - 8s 17ms/step - loss: 1.9560 - accuracy: 0.2870 - val_loss: 1.9654 - val_accuracy: 0.3169
Epoch 4/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.7399 - accuracy: 0.3720 - val_loss: 1.7206 - val_accuracy: 0.3825
Epoch 5/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.5726 - accuracy: 0.4372 - val_loss: 1.6168 - val_accuracy: 0.4404
Epoch 6/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.3197 - accuracy: 0.5379 - val_loss: 1.4584 - val_accuracy: 0.5064
Epoch 7/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.0624 - accuracy: 0.6320 - val_loss: 1.5194 - val_accuracy: 0.5238
Epoch 8/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.8247 - accuracy: 0.7158 - val_loss: 1.6274 - val_accuracy: 0.5264
Epoch 9/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.6205 - accuracy: 0.7847 - val_loss: 1.8569 - val_accuracy: 0.5369
Epoch 10/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.4384 - accuracy: 0.8489 - val_loss: 2.2961 - val_accuracy: 0.5358
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 30, 30, 128)	3584
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 14, 14, 128)	147584
flatten_1 (Flatten)	(None, 25088)	0
dense_1 (Dense)	(None, 10)	250890

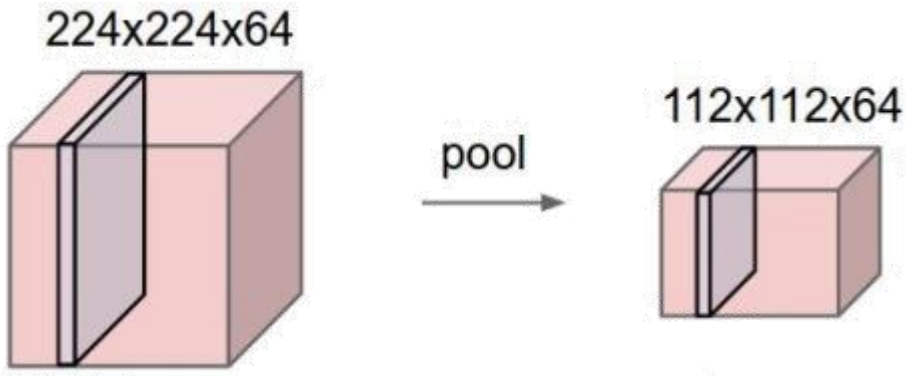
Total params: 402,058
Trainable params: 402,058
Non-trainable params: 0

```
Epoch 1/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 3.2766 - accuracy: 0.1728 - val_loss: 2.3051 - val_accuracy: 0.1016
Epoch 2/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2956 - accuracy: 0.1169 - val_loss: 2.3022 - val_accuracy: 0.1034
Epoch 3/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2843 - accuracy: 0.1263 - val_loss: 2.2962 - val_accuracy: 0.1128
Epoch 4/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2708 - accuracy: 0.1405 - val_loss: 2.2218 - val_accuracy: 0.2192
Epoch 5/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.9456 - accuracy: 0.2968 - val_loss: 1.7332 - val_accuracy: 0.3848
Epoch 6/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.6547 - accuracy: 0.4096 - val_loss: 1.5550 - val_accuracy: 0.4618
Epoch 7/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 1.3392 - accuracy: 0.5275 - val_loss: 1.3940 - val_accuracy: 0.5233
Epoch 8/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.1706 - accuracy: 0.5935 - val_loss: 1.3571 - val_accuracy: 0.5468
Epoch 9/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.0184 - accuracy: 0.6461 - val_loss: 1.3662 - val_accuracy: 0.5593
Epoch 10/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 0.9017 - accuracy: 0.6888 - val_loss: 1.3725 - val_accuracy: 0.5742
```

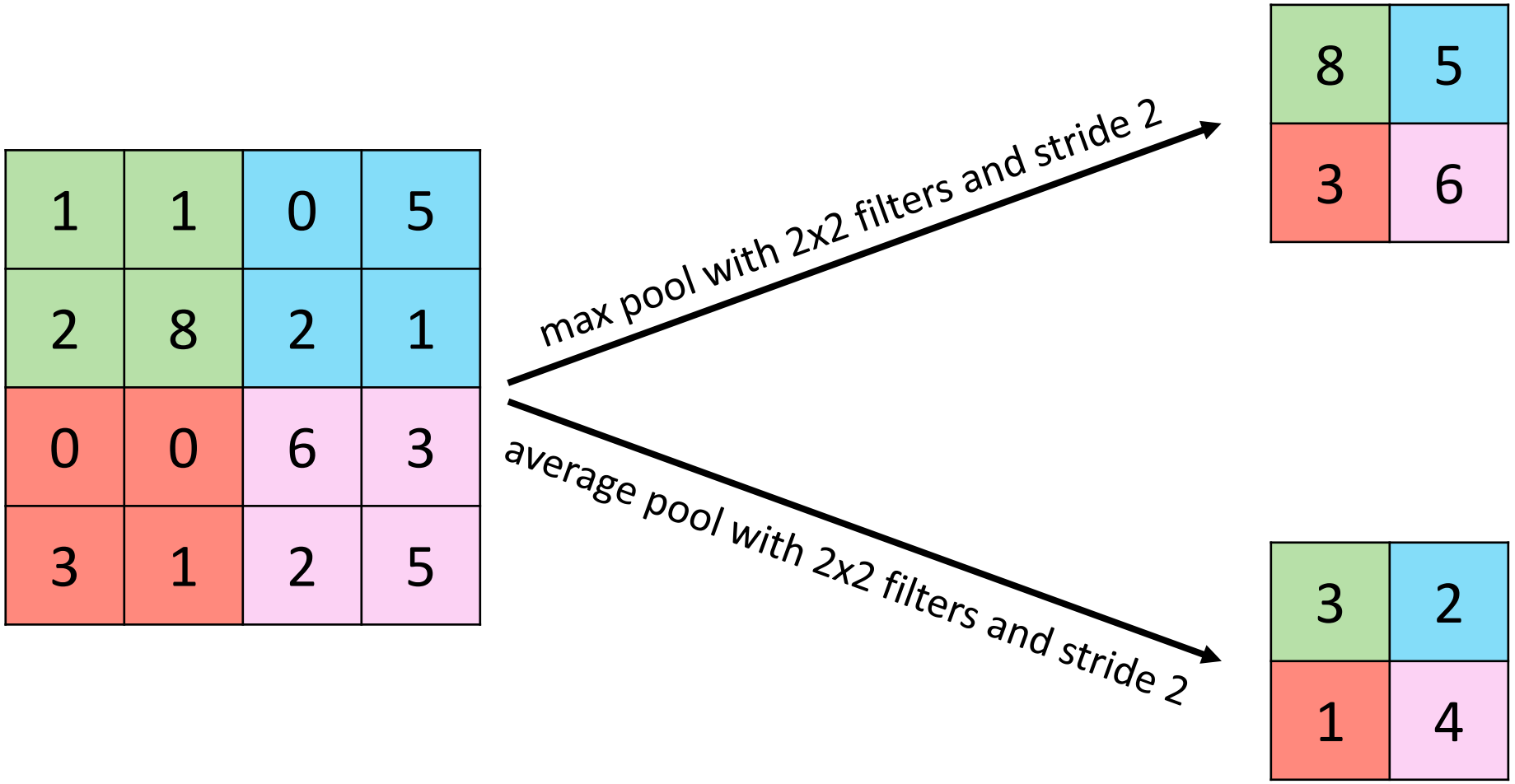
https://colab.research.google.com/drive/10ygqxT8V2_-0fHHLWaeICka6hnIv1Iao?usp=sharing

لایه Pooling

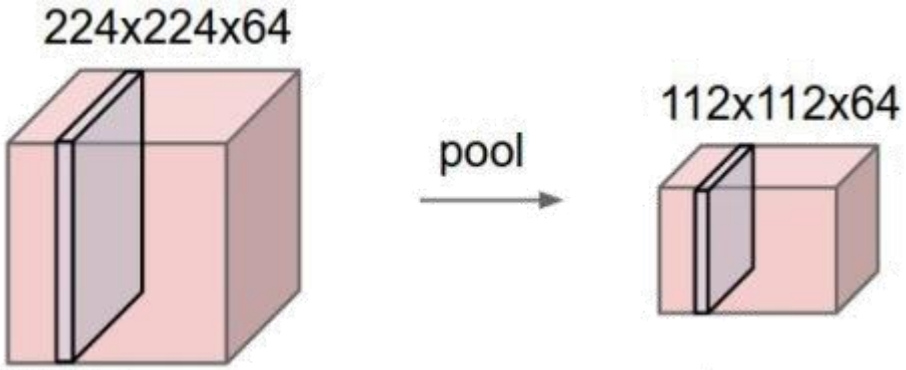
- لایه Pooling در خروجی لایه‌های کانولوشنی قرار می‌گیرد و پیکسل‌های همسایه را با یکدیگر ترکیب می‌کند تا ابعاد نقشه‌های ویژگی کاهش بیابد
- یکی از دستاوردهای اصلی لایه Pooling کاهش ابعاد نورون‌ها و کاهش تعداد پارامترهای شبکه است
- لایه Pooling بر روی هر نقشه فعالیت به صورت جداگانه اعمال می‌شود
- میانگین و ماکزیمم متداول هستند



لایه Pooling



لایه Pooling



- ورودی یک حجم با ابعاد $W_1 \times H_1 \times D_1$ است
- ابرپارامترهای لایه Pooling عبارتند از:
  - نحوه تلفیق
  - اندازه فیلترها F
  - اندازه گام S
  - مقدار گسترش مرزها P
- خروجی یک حجم با ابعاد $W_2 \times H_2 \times D_2$ است
- پارمتر ندارد

- $W_2 = (W_1 - F + 2P)/S + 1$
- $H_2 = (H_1 - F + 2P)/S + 1$
- $D_2 = D_1$

https://keras.io/api/layers/pooling_layers/max_pooling2d/ , https://keras.io/api/layers/pooling_layers/average_pooling2d/

مقایسه نتایج

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 30, 30, 128)	3584
conv2d_5 (Conv2D)	(None, 28, 28, 128)	147584
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 14, 14, 128)	0
flatten_2 (Flatten)	(None, 25088)	0
dense_2 (Dense)	(None, 10)	250890

Total params: 402,058
Trainable params: 402,058
Non-trainable params: 0

```
Epoch 1/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 2.8436 - accuracy: 0.3582 - val_loss: 1.7058 - val_accuracy: 0.4000
Epoch 2/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.4645 - accuracy: 0.4832 - val_loss: 1.3355 - val_accuracy: 0.5313
Epoch 3/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.2001 - accuracy: 0.5833 - val_loss: 1.1815 - val_accuracy: 0.5908
Epoch 4/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 1.0611 - accuracy: 0.6356 - val_loss: 1.1972 - val_accuracy: 0.5942
Epoch 5/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.9638 - accuracy: 0.6700 - val_loss: 1.1687 - val_accuracy: 0.6120
Epoch 6/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.8891 - accuracy: 0.6923 - val_loss: 1.1796 - val_accuracy: 0.6126
Epoch 7/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.8143 - accuracy: 0.7190 - val_loss: 1.1703 - val_accuracy: 0.6286
Epoch 8/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.7423 - accuracy: 0.7408 - val_loss: 1.1978 - val_accuracy: 0.6314
Epoch 9/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.6749 - accuracy: 0.7669 - val_loss: 1.2484 - val_accuracy: 0.6305
Epoch 10/10
500/500 [==============================] - 8s 16ms/step - loss: 0.6164 - accuracy: 0.7855 - val_loss: 1.3708 - val_accuracy: 0.6074
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 30, 30, 128)	3584
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 14, 14, 128)	147584
flatten_1 (Flatten)	(None, 25088)	0
dense_1 (Dense)	(None, 10)	250890

Total params: 402,058
Trainable params: 402,058
Non-trainable params: 0

```
Epoch 1/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 3.2766 - accuracy: 0.1728 - val_loss: 2.3051 - val_accuracy: 0.1016
Epoch 2/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2956 - accuracy: 0.1169 - val_loss: 2.3022 - val_accuracy: 0.1034
Epoch 3/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2843 - accuracy: 0.1263 - val_loss: 2.2962 - val_accuracy: 0.1128
Epoch 4/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 2.2708 - accuracy: 0.1405 - val_loss: 2.2218 - val_accuracy: 0.2192
Epoch 5/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.9456 - accuracy: 0.2968 - val_loss: 1.7332 - val_accuracy: 0.3848
Epoch 6/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.6547 - accuracy: 0.4096 - val_loss: 1.5550 - val_accuracy: 0.4618
Epoch 7/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 1.3392 - accuracy: 0.5275 - val_loss: 1.3940 - val_accuracy: 0.5233
Epoch 8/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.1706 - accuracy: 0.5935 - val_loss: 1.3571 - val_accuracy: 0.5468
Epoch 9/10
500/500 [==============================] - 5s 10ms/step - loss: 1.0184 - accuracy: 0.6461 - val_loss: 1.3662 - val_accuracy: 0.5593
Epoch 10/10
500/500 [==============================] - 5s 11ms/step - loss: 0.9017 - accuracy: 0.6888 - val_loss: 1.3725 - val_accuracy: 0.5742
```

https://colab.research.google.com/drive/10ygqxT8V2_-0fHHLWaeICka6hnIv1Iao?usp=sharing