
بسم الله الرحمن الرحيم

مبانی بینایی کامپیوتر

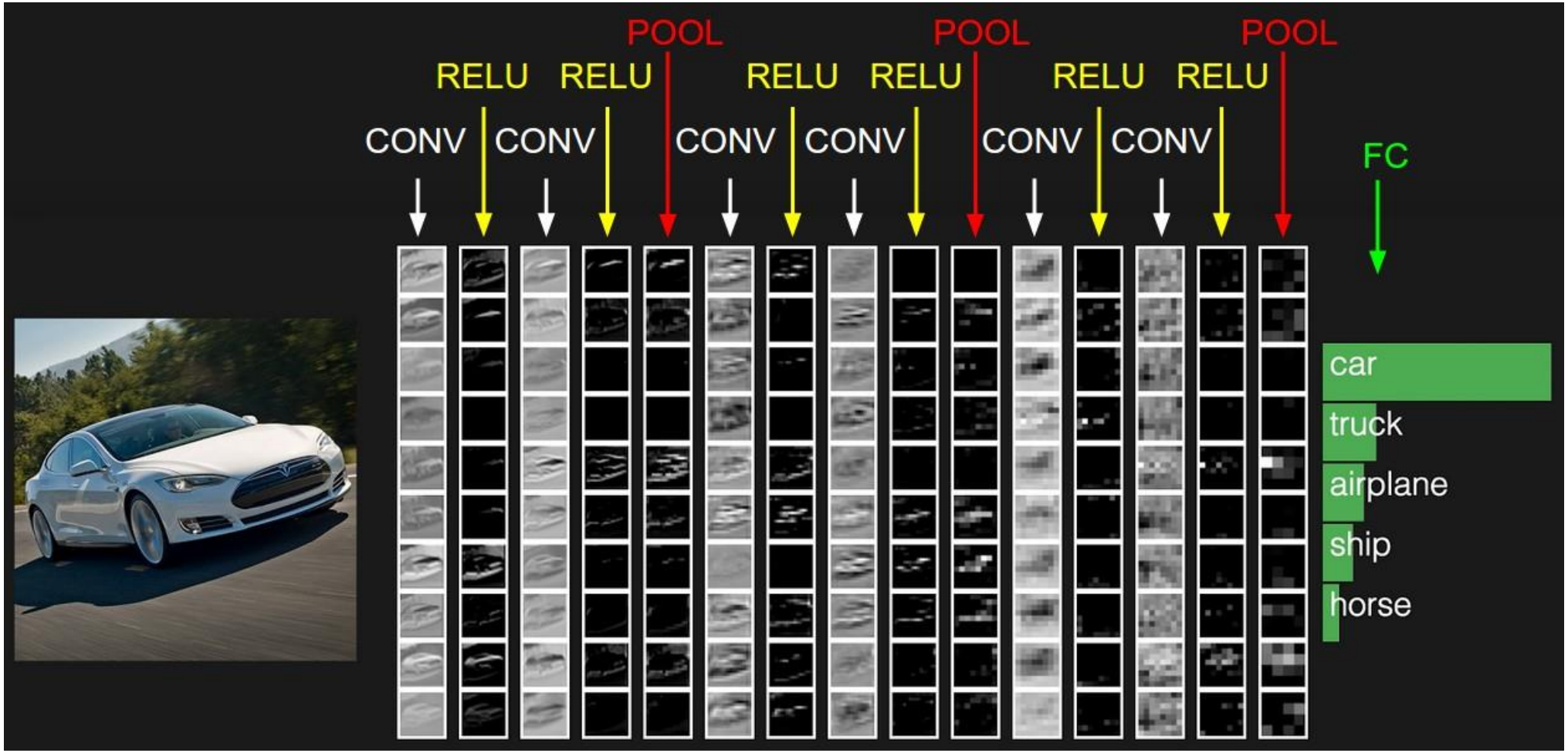
مدرس: محمدرضا محمدی

بهار ۱۴۰۳

شبکه‌های عصبی کانولوشنی

Convolutional Neural Networks

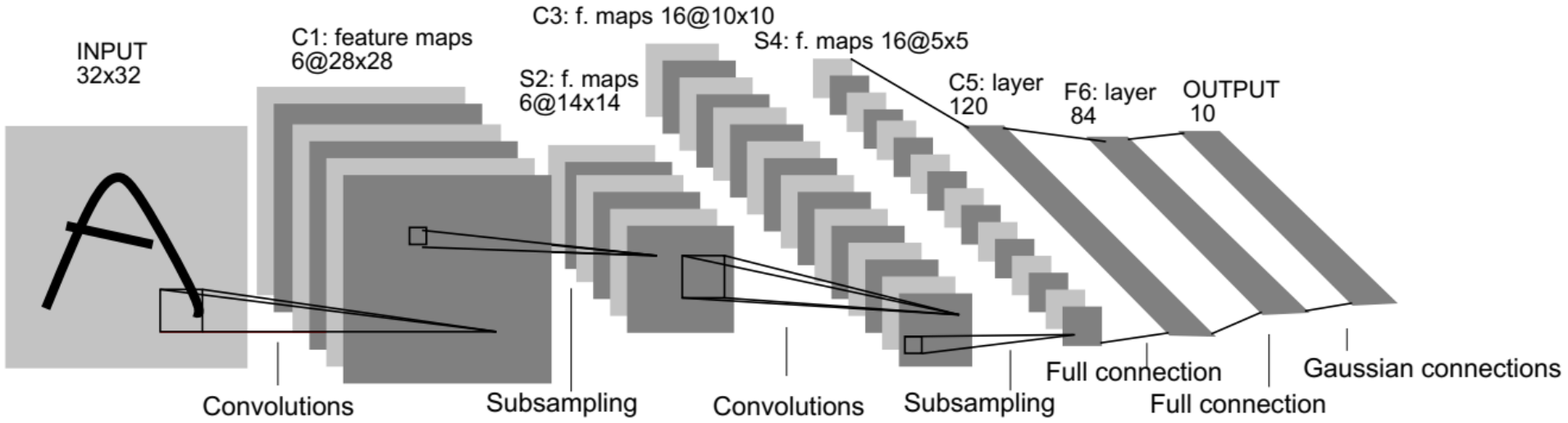
شبکه‌های کانولوشنی برای دسته‌بندی



https://cs231n.github.io/convolutional-networks/

شبکه LeNet-5

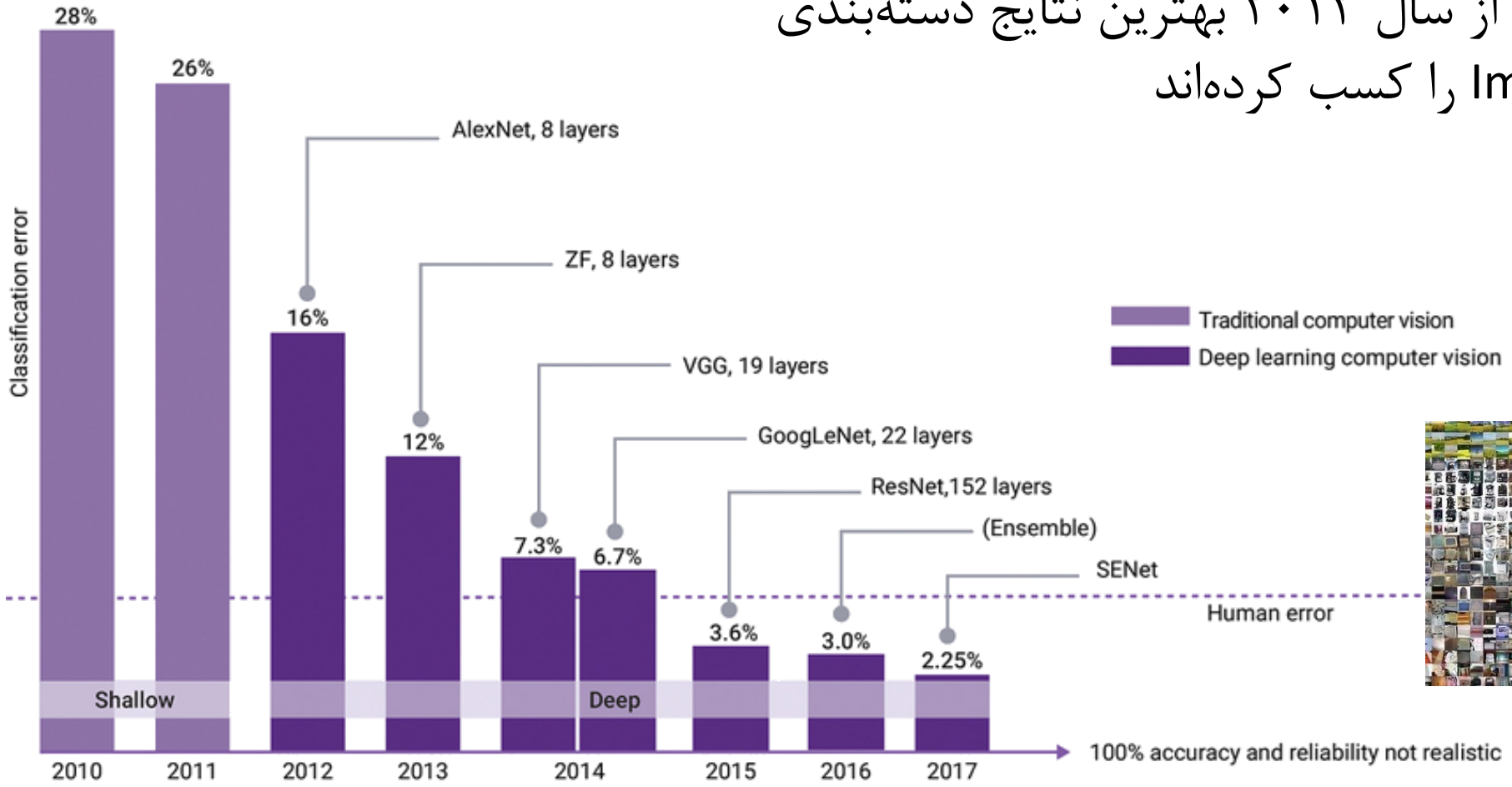
- شبکه LeNet-5 در سال ۱۹۹۸ برای شناسایی اعداد و حروف دستنویس پیشنهاد شد
- این شبکه تنها دارای ۵ لایه آموزشی است: ۲ لایه کانولوشنی و ۳ لایه کاملا متصل

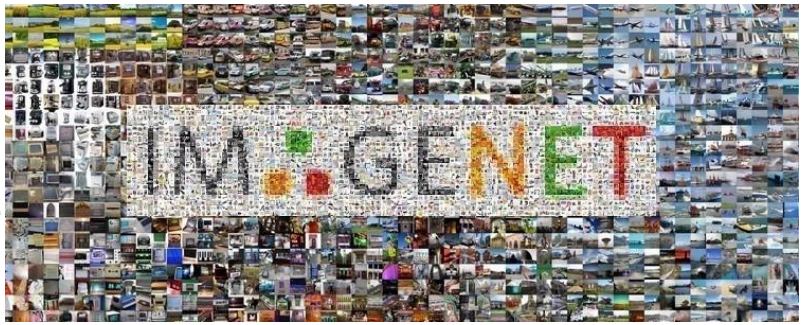


LeCun, Yann, et al. "Gradient-based learning applied to document recognition." *Proceedings of the IEEE* 86.11 (1998)

نتایج ILSVRC

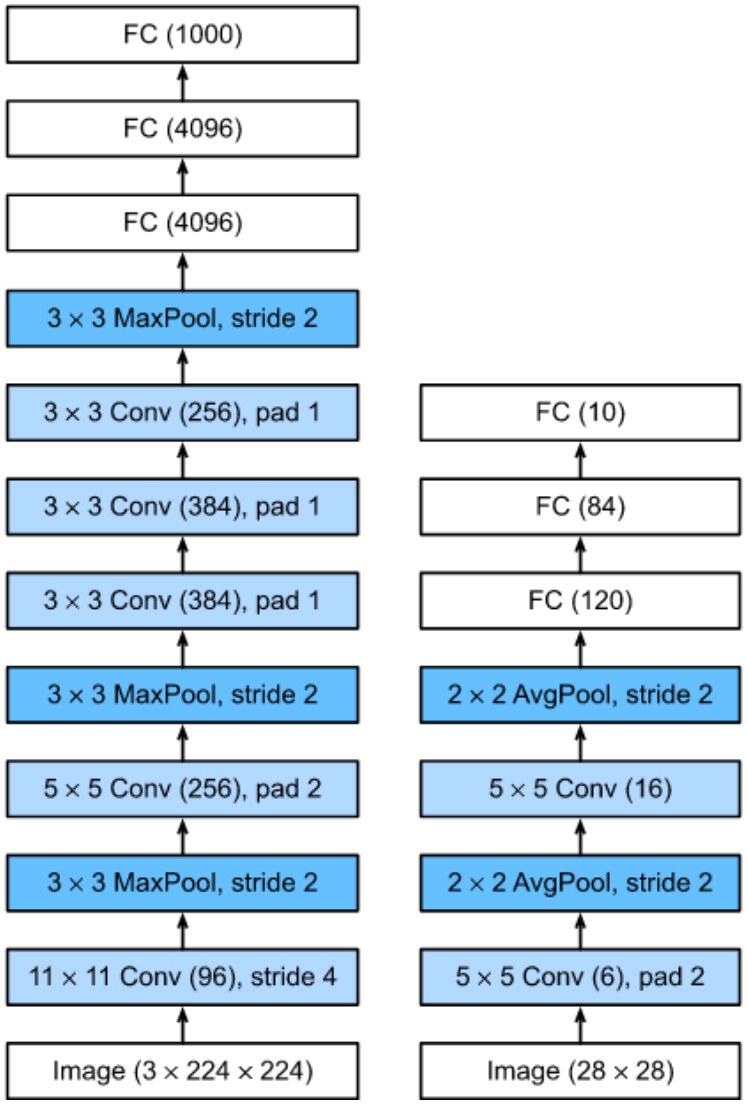
- معماری‌های مختلف CNN از سال ۲۰۱۲ بهترین نتایج دسته‌بندی تصویر در چالش ImageNet را کسب کرده‌اند





https://www.synopsys.com/designware-ip/technical-bulletin/computer-vision-lab-life.html

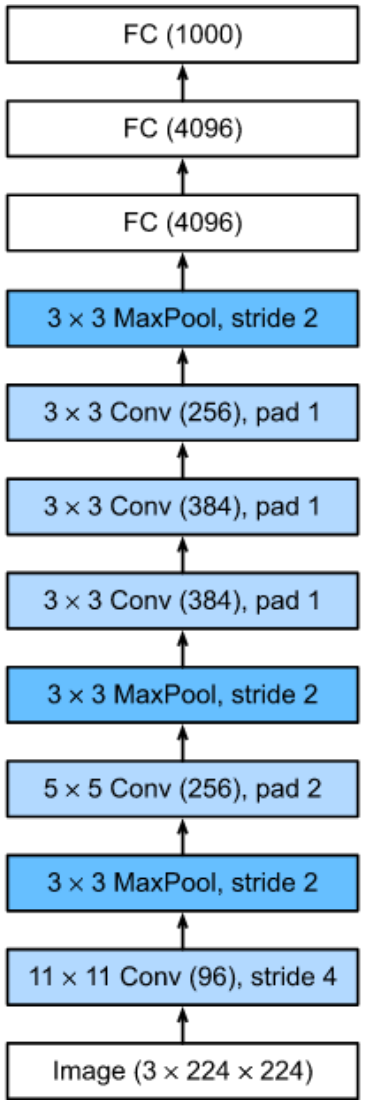
AlexNet



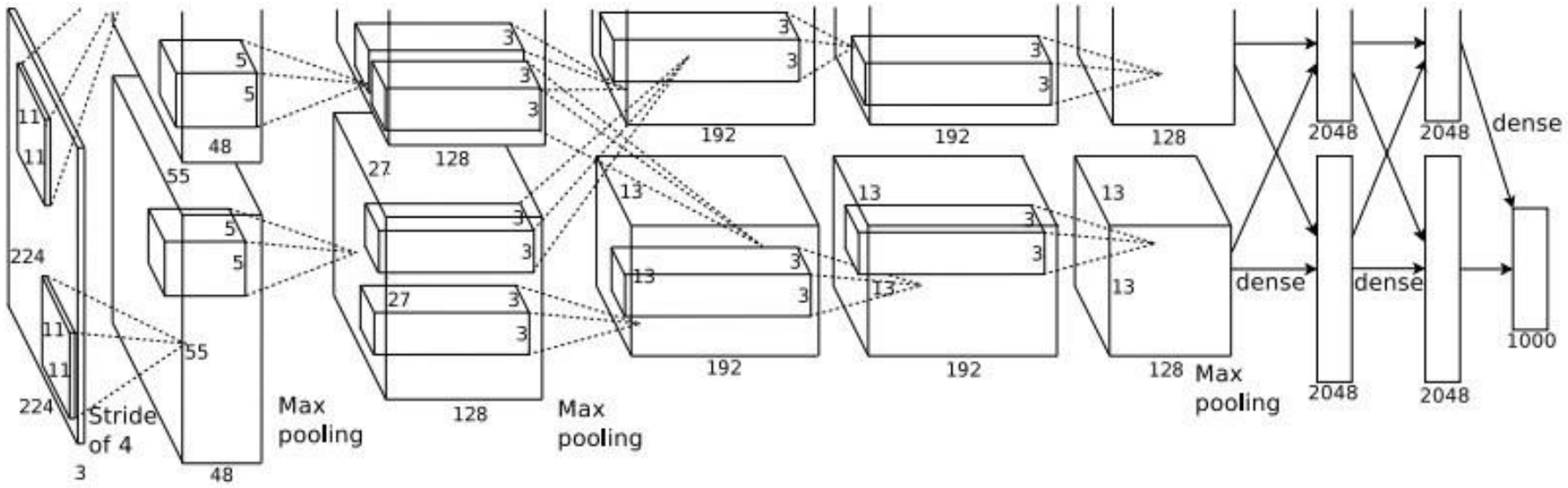
- اگرچه LeNet در مجموعه‌داده‌های کوچک اولیه به نتایج خوبی دست یافت، عملکرد CNN بر روی مجموعه‌داده‌های بزرگتر و واقعی‌تر هنوز مشخص نبود
- در الگوریتم‌های بینایی کامپیوتر رقیب، معمولا ابتدا از تصویر ویژگی‌های دست‌ساز استخراج می‌شوند
- با توسعه سخت‌افزارها و مجموعه‌داده‌های بزرگ، یادگیری ویژگی توسط شبکه‌های کانولوشنی عمیق نتایج بسیار خوبی بدست آوردند

Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." *Advances in neural information processing systems,* 2012.

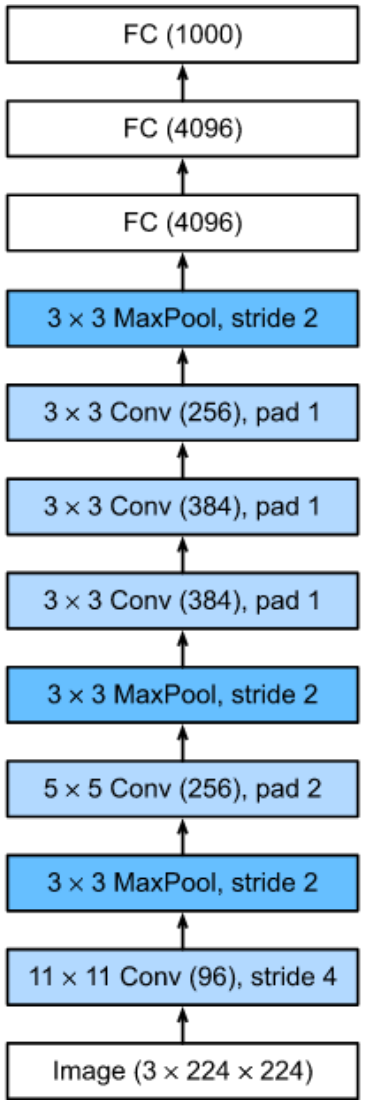
AlexNet



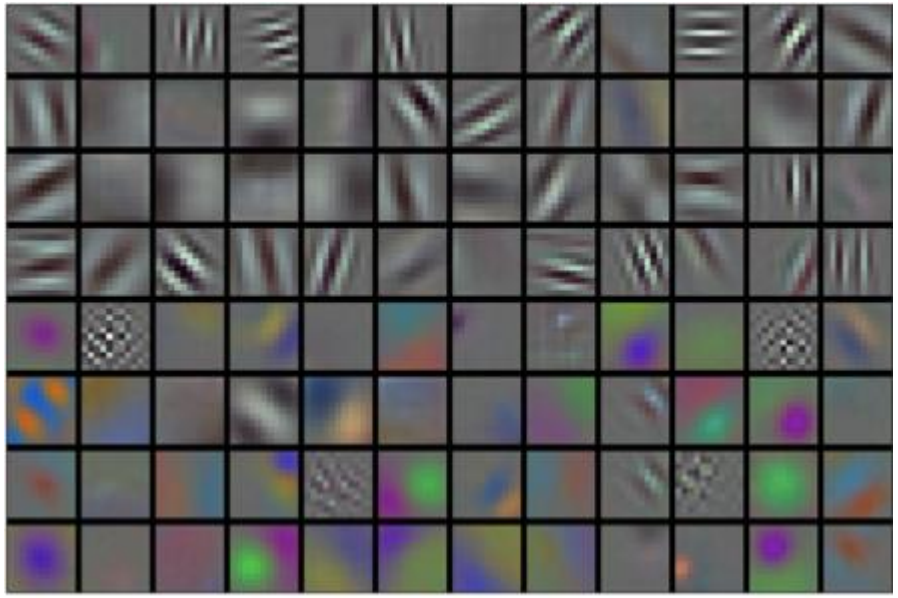
- شبکه AlexNet یک شبکه دارای ۸ لایه آموزشی است که در سال ۲۰۱۲ پیشنهاد شد و توانست خطای top-5 در چالش ILSVRC’12 را به ۱۵.۳٪ کاهش دهد
- استفاده از ReLU، Dropout و داده‌افزایی نیز در عملکرد AlexNet موثر بوده‌اند
- به دلیل محدودیت سخت‌افزار، به صورت موازی روی دو GPU پیاده‌سازی شده بود



یادگیری بازنمایی



- تا سال ۲۰۱۲، بازنمایی‌های جدید از تصاویر معمولا به صورت دست‌ساز طراحی می‌شدند
- رویکرد دیگر طراحی مدل‌هایی است که پارامترهای آنها قابل آموزش است و می‌تواند بازنمایی مناسب برای حل مسئله را یاد بگیرد
- ۹۶ فیلتر ۳×۱۱×۱۱ لایه نخست:
  - توصیفگرهای سطح پائین تصویر
- در لایه‌های بالاتر، ساختارهای پیچیده‌تر و بزرگتری مانند چشم تشخیص داده می‌شوند



Model	Size (MB)	Top-1 Accuracy	Top-5 Accuracy	Parameters	Depth	Time (ms) per inference step (CPU)	Time (ms) per inference step (GPU)
Xception	88	79.0%	94.5%	22.9M	81	109.4	8.1
VGG16	528	71.3%	90.1%	138.4M	16	69.5	4.2
VGG19	549	71.3%	90.0%	143.7M	19	84.8	4.4
ResNet50	98	74.9%	92.1%	25.6M	107	58.2	4.6
ResNet50V2	98	76.0%	93.0%	25.6M	103	45.6	4.4
ResNet101	171	76.4%	92.8%	44.7M	209	89.6	5.2
ResNet101V2	171	77.2%	93.8%	44.7M	205	72.7	5.4
ResNet152	232	76.6%	93.1%	60.4M	311	127.4	6.5
ResNet152V2	232	78.0%	94.2%	60.4M	307	107.5	6.6
InceptionV3	92	77.9%	93.7%	23.9M	189	42.2	6.9
InceptionResNetV2	215	80.3%	95.3%	55.9M	449	130.2	10.0
MobileNet	16	70.4%	89.5%	4.3M	55	22.6	3.4
MobileNetV2	14	71.3%	90.1%	3.5M	105	25.9	3.8
DenseNet121	33	75.0%	92.3%	8.1M	242	77.1	5.4
DenseNet169	57	76.2%	93.2%	14.3M	338	96.4	6.3
DenseNet201	80	77.3%	93.6%	20.2M	402	127.2	6.7
NASNetMobile	23	74.4%	91.9%	5.3M	389	27.0	6.7
NASNetLarge	343	82.5%	96.0%	88.9M	533	344.5	20.0
EfficientNetB0	29	77.1%	93.3%	5.3M	132	46.0	4.9

Keras Applications

- Available models
- Usage examples for image classification models
  - Classify ImageNet classes with ResNet50
  - Extract features with VGG16
  - Extract features from an arbitrary intermediate layer with VGG19
  - Fine-tune InceptionV3 on a new set of classes
  - Build InceptionV3 over a custom input tensor

Cars Dataset

Overview

The *Cars* dataset contains 16,185 images of 196 classes of cars. The data is split into 8,144 training images and 8,041 testing images, where each class has been split roughly in a 50-50 split. Classes are typically at the level of *Make, Model, Year*, e.g. 2012 Tesla Model S or 2012 BMW M3 coupe.

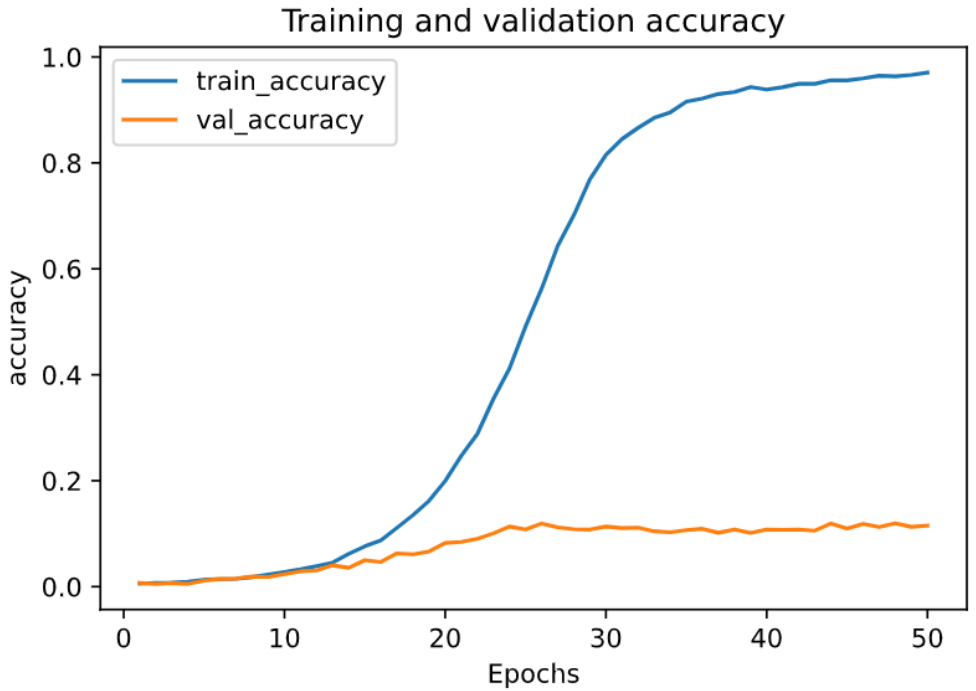
https://www.kaggle.com/code/mrmohammadi/notebook10277a3bbf

دسته‌بندی مدل خودرو

```
model = keras.applications.ResNet50(input_shape=(224, 224, 3), classes=196, weights=None)

Model: "resnet50"
__________________________________________________________________________________________________
Layer (type)                    Output Shape         Param #     Connected to
==================================================================================================
input_1 (InputLayer)            [(None, 224, 224, 3)]  0          []
conv1_pad (ZeroPadding2D)       (None, 230, 230, 3)  0          ['input_1[0][0]']
conv1_conv (Conv2D)             (None, 112, 112, 64)  9472       ['conv1_pad[0][0]']
conv1_bn (BatchNormalization)   (None, 112, 112, 64)  256)      ['conv1_conv[0][0]']
conv1_relu (Activation)         (None, 112, 112, 64)  0          ['conv1_bn[0][0]']

...

conv5_block3_out (Activation)   (None, 7, 7, 2048)   0          ['conv5_block3_add[0][0]']
avg_pool (GlobalAveragePooling 2D)  (None, 2048)     0          ['conv5_block3_out[0][0]']
predictions (Dense)             (None, 196)          401604     ['avg_pool[0][0]']
==================================================================================================
Total params: 23,989,316
Trainable params: 23,936,196
Non-trainable params: 53,120
__________________________________________________________________________________________________
```

دسته‌بندی مدل خودرو

```
model = keras.applications.ResNet50(input_shape=(224, 224, 3), classes=196, weights=None)

model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer=keras.optimizers.Adam(lr=1e-3, clipnorm=1e-3, decay=1e-5),
              metrics='accuracy’)

history = model.fit(train_generator,
                    validation_data=valid_generator,
                    epochs=50,
                    shuffle=False)
```

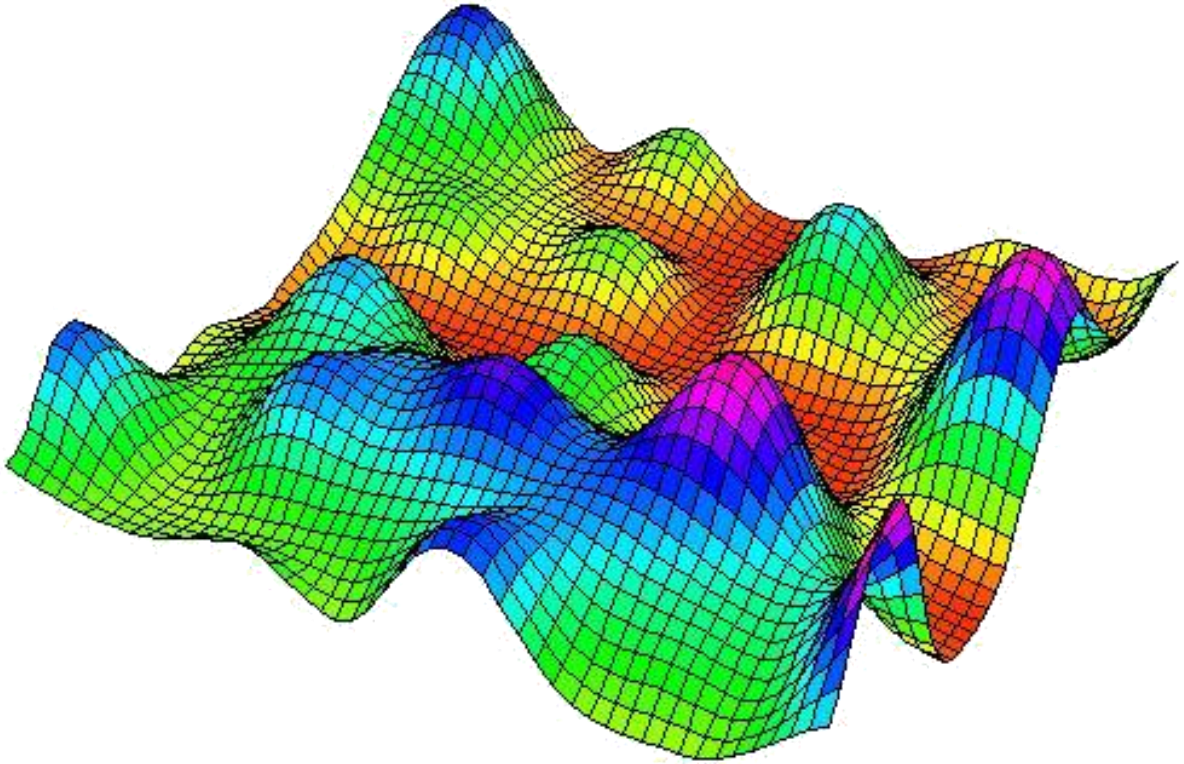


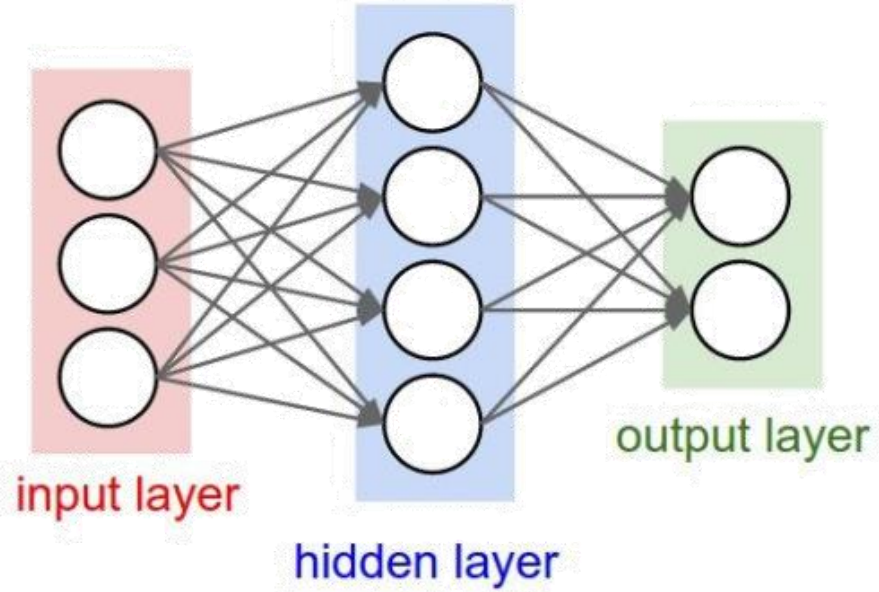
مقداردهی اولیه وزن‌ها

Weight Initialization

مقداردهی اولیه

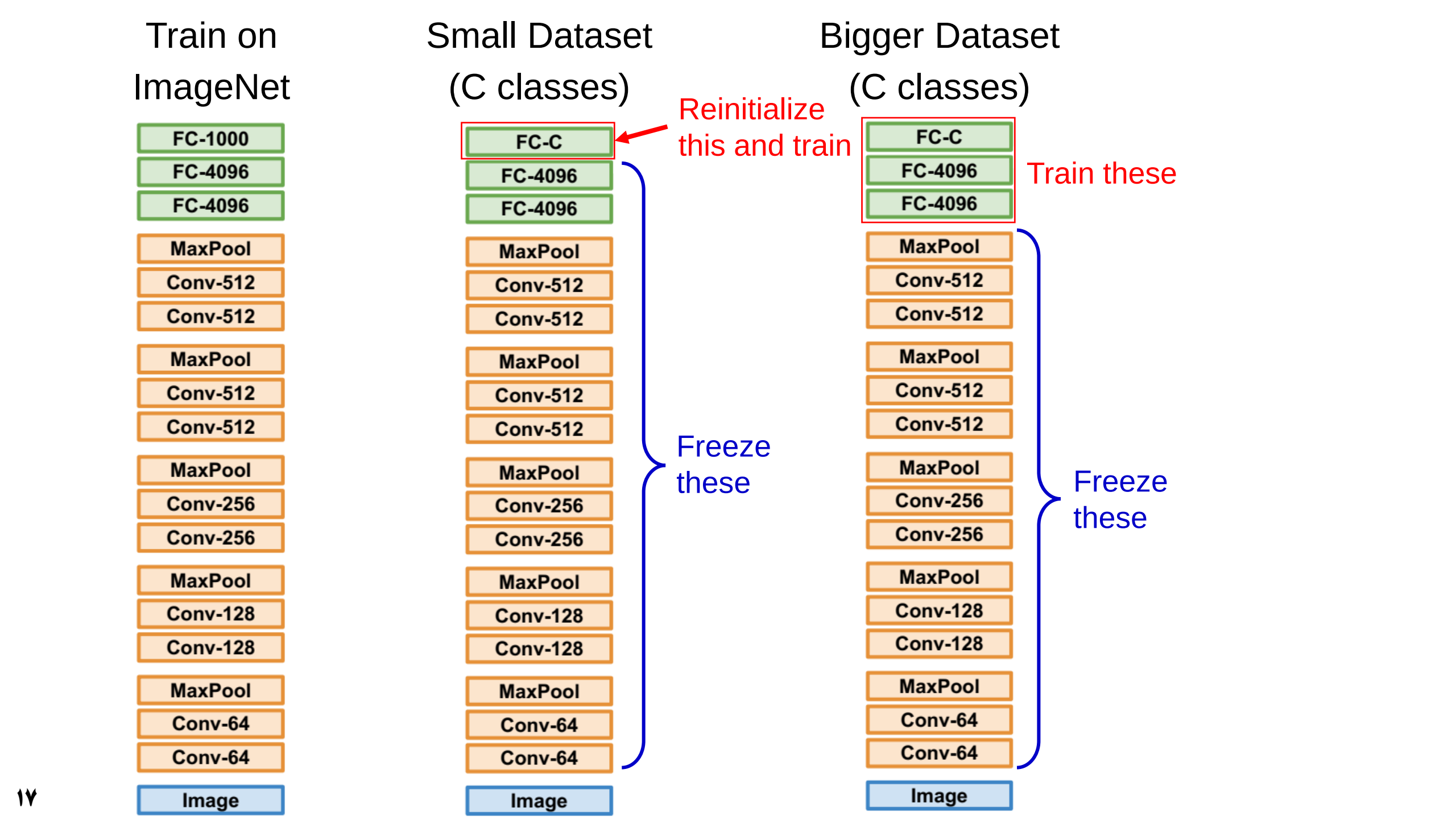
- در روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر تکرار، نقطه شروع بهینه‌سازی بسیار مهم است
- اگر در ابتدای کار تمام وزن‌های شبکه مقدار صفر داشته باشند چه اتفاقی می‌افتد؟





مقداردهی اولیه

- روش مقداردهی اولیه Xavier یکی از معروفترین روش‌های وزن‌دهای اولیه است
- مقداردهی اولیه مناسب هنوز یک زمینه تحقیقاتی فعال است
- به خصوص برای مجموعه داده‌های کوچک، مقداردهی اولیه بسیار حائز اهمیت است
- برای آموزش یک شبکه CNN با میلیون‌ها پارامتر، حجم زیادی از داده‌های آموزشی لازم است
- با استفاده از داده‌افزایی و دیگر روش‌های تنظیم پارامترهای شبکه می‌توان تا حدی کمبود داده را جبران کرد
- یکی از بهترین روش‌ها برای مقداردهی اولیه پارامترهای یک شبکه استفاده از شبکه‌های pretrained است
- انتقال یادگیری روش بسیار موثری است تا دانش بدست آمده توسط یک شبکه به شبکه جدید منتقل شود


Train on ImageNet
FC-1000
FC-4096
FC-4096
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-256
Conv-256
MaxPool
Conv-128
Conv-128
MaxPool
Conv-64
Conv-64
Image
Small Dataset (C classes)
Reinitialize this and train
FC-C
FC-4096
FC-4096
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-256
Conv-256
MaxPool
Conv-128
Conv-128
MaxPool
Conv-64
Conv-64
Image
Freeze these
Bigger Dataset (C classes)
FC-C
FC-4096
FC-4096
Train these
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-512
Conv-512
MaxPool
Conv-256
Conv-256
MaxPool
Conv-128
Conv-128
MaxPool
Conv-64
Conv-64
Image
Freeze these

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3) \dots |\theta_L)$$

More specific

More generic

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3)\dots|\theta_L)$$

	مجموعه داده بسیار مشابه	مجموعه داده بسیار متفاوت
مجموعه داده خیلی کم	؟	؟
مجموعه داده زیاد	؟	؟

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3)\dots|\theta_L)$$

	مجموعه داده بسیار مشابه	مجموعه داده بسیار متفاوت
مجموعه داده خیلی کم	از یک دسته‌بند خطی در آخرین لایه استفاده شود	؟
مجموعه داده زیاد	؟	؟

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3)\dots|\theta_L)$$

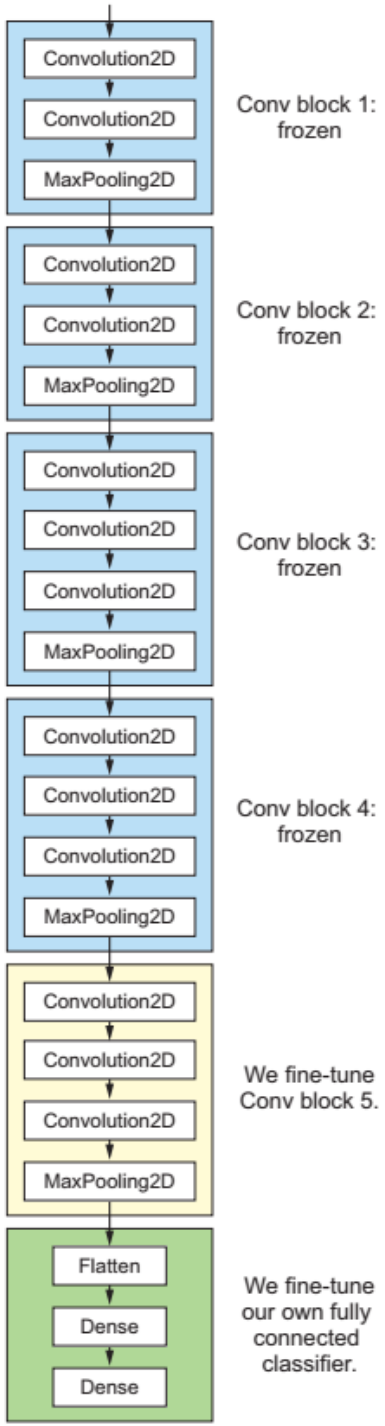
	مجموعه داده بسیار مشابه	مجموعه داده بسیار متفاوت
مجموعه داده خیلی کم	از یک دسته‌بند خطی در آخرین لایه استفاده شود	؟
مجموعه داده زیاد	تعدادی از لایه‌های انتهایی تنظیم دقیق شوند	؟

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3)\dots|\theta_L)$$

	مجموعه داده بسیار مشابه	مجموعه داده بسیار متفاوت
مجموعه داده خیلی کم	از یک دسته‌بند خطی در آخرین لایه استفاده شود	مشکل است! می‌توان دسته‌بند خطی را در گام‌های مختلف امتحان کرد
مجموعه داده زیاد	تعدادی از لایه‌های انتهایی تنظیم دقیق شوند	؟

$$y = f_L(\dots f_3(f_2(f_1(x|\theta_1)|\theta_2)|\theta_3)\dots|\theta_L)$$

	مجموعه داده بسیار مشابه	مجموعه داده بسیار متفاوت
مجموعه داده خیلی کم	از یک دسته‌بند خطی در آخرین لایه استفاده شود	مشکل است! می‌توان دسته‌بند خطی را در گام‌های مختلف امتحان کرد
مجموعه داده زیاد	تعدادی از لایه‌های انتهایی تنظیم دقیق شوند	تعداد زیادی از لایه‌های انتهایی تنظیم دقیق شوند



تنظیم دقیق

- مراحل تنظیم دقیق شبکه به شرح زیر است:
  - لایه‌های جدید را در انتهای یک شبکه پیش‌آموخته اضافه کنید
  - شبکه پایه را منجمد کنید
  - لایه‌هایی که اضافه کردید را آموزش دهید
  - برخی از لایه‌های انتهایی را از حالت منجمد خارج کنید
  - این لایه‌ها و لایه‌های اضافه شده را به طور مشترک آموزش دهید

انتقال یادگیری

- در صورتیکه مجموعه داده‌های شما به اندازه کافی بزرگ نیست و مسئله پیچیده است (شبکه دارای پارامترهای زیادی است):
  - یک مجموعه داده بسیار بزرگ که به مجموعه داده مورد نظر مشابه است انتخاب و شبکه کانولوشنی با آن آموزش ببیند
  - انتقال یادگیری به مجموعه داده مورد نظر انجام شود
- خوشبختانه مدل‌های پیش آموخته زیادی در دسترس هستند

PyTorch: https://github.com/pytorch/vision

TensorFlow: https://github.com/tensorflow/models

Caffe: https://github.com/BVLC/caffe/wiki/Model-Zoo

MatConvNet: http://www.vlfeat.org/matconvnet/pretrained/

Keras: https://github.com/fchollet/deep-learning-models/releases/

دسته‌بندی مدل خودرو

```
model = keras.applications.ResNet50(input_shape=(224, 224, 3), weights='imagenet',
                                    include_top=False, pooling='avg')
x = keras.layers.Dense(units=num_classes, activation='softmax')(model.output)
model = keras.models.Model(model.input, x)
```