机器视觉实验：基于CIFAR10数据集构建并训练神经网络

1. 实验介绍

1.1 基本介绍

本次实验中，你会搭建并训练一个用于图像分类的神经网络，并测试其表现效果。本实验共分为上下两个部分：

第一部分：搭建开发环境，学习pytorch的基础用法，并构建自己的神经网络

第二部分：训练神经网络，并使用tensorboard观察训练过程和测试结果

1.2 项目文件介绍

`./checkpoint/`：用于存储训练过程中在测试集上表现最好的那个模型

`./data/`：用于存储cifar10数据集

`./installation_whls/`：装着gpu版本的torch和torchvision的安装包（适配于python3.8）

`./notebook_pics/`：不用管

`./notebook_tutorials/`：装着用于演示pytorch基础用法的7个jupyter notebook

`./runs/cifar10_result_1`：存储着使tensorboard可以显示训练状态的支撑文件，届时启动tensorboard的命令也是在该目录下运行

`MyNet.py`：用于定义你自己的神经网络，同时也可以测试你刚刚定义的神经网络的运行结果（需要理解）

`main.py`：训练脚本，可手动指定学习率、batch size等参数（需了解大致逻辑，不需了解全部代码细节）

`utils.py`：一些针对本次实验项目代码的实用函数（不需了解）

2. 实验步骤

2.1 环境配置

1. 打开anaconda prompt，使用conda创建一个新的环境，python版本指定为3.8（其他版本亦可，但不保证兼容性）：

   `conda create -n convnet pip python=3.8`，其中`convnet`为这个环境的名字，可以随意指定

2. 激活环境：`conda activate convnet`

3. （3和4选一，如果电脑没有支持cuda的显卡，走3）安装pytorch的cpu版本：`pip install torch torchvision`

4. （3和4选一，如果电脑有能支持cuda的显卡，最好走4）安装CUDA10.2和CuDnn7.6.5，可以参考如下博客：

   https://blog.csdn.net/bingo_liu/article/details/103224730

   安装pytorch的gpu版本：`pip install torch==1.9.0+cu102 torchvision==0.10.0+cu102 -f https://download.pytorch.org/whl/torch_stable.html`

   注：torch的安装命令来自于pytorch官网：https://pytorch.org/get-started/locally/

   可以在这个网站上查询自己的显卡支不支持cuda：https://developer.nvidia.com/cuda-gpus#compute

   如果下载太慢，可以直接安装.whl文件：

   `pip install 'torch-1.9.0+cu102-cp38-cp38-win_amd64.whl'`

   `pip install 'torchvision-0.10.0+cu102-cp38-cp38-win_amd64.whl'`

5. 安装numpy和matplotlib：`pip install numpy matplotlib`
6. 安装jypyter（用于学习pytorch基础用法）：

   `conda install notebook ipykernel`

   `ipython kernel install --user`

7. 安装tensorboard（用于观测训练过程）：

   `pip install tensorboard`

2.2 Pytorch基础入门

详见存储于`./notebook_tutorials/`中的七个notebook

下面以目录路径为`F:\experiment-convnet\`为例，介绍一下打开方法：

1. 打开anaconda prompt，激活在2.1中创建的convnet环境：`conda activate convnet`
2. 输入命令`F:`将prompt的工作目录转移到F盘
3. 输入命令：`cd F:\experiment-convnet\notebook_tutorials`，进入到存储着七个notebook的路径下
4. 输入命令：`jupyter notebook`打开notebook后，即可查阅所有的notebook

2.3 构建自己的神经网络

注意事项：

1. 神经网络的输入尺寸为`[N, 3, 32, 32]`，其中，N为batchsize，可以指定为随意正整数；3为输入图片的通道数（RGB三通道）；32x32为输入图片边长
2. 神经网络的输出尺寸为`[10]`或者`[1,10]`
3. 在脚本`MyNet.py`中定义自己的神经网络结构，并运行`MyNet.py`，检查神经网络的输出尺寸是否合规

下面以构建一个两卷积层三全连接层的卷积神经网络为例，讲解一下如何使用`MyNet.py`脚本构建和验证神经网络：

方法一：

1. 找到`class my_ConvNet(nn.Module):`这个类，在初始化方法`def __init__(self):`中，编写如下代码：

```
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F

class Net(nn.Module):

    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.conv1 = nn.Conv2d(in_channels=3, out_channels=6, kernel_size=
(5,5), padding=0)
        self.pool = nn.MaxPool2d(2, 2)
        self.conv2 = nn.Conv2d(in_channels=6, out_channels=16, kernel_size=
(5,5), padding=0)
        self.fc1 = nn.Linear(16 * 5 * 5, 120)
        self.fc2 = nn.Linear(120, 84)
        self.fc3 = nn.Linear(84, 10)
```

到了这一步，我们只是把我们需要用到的网络层“罗列”了出来，并给他们起了个名字，还没有真正地将它们拼接在一起。

2. 编写`def forward(self):`方法，真正地将输入→卷积网络网络中的每一层→输出串接在一起，形成一个真正的模型：

```
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F

class Net(nn.Module):

    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.conv1 = nn.Conv2d(in_channels=3, out_channels=6, kernel_size=
(5,5), padding=0)
        self.pool = nn.MaxPool2d(2, 2)
        self.conv2 = nn.Conv2d(in_channels=6, out_channels=16, kernel_size=
(5,5), padding=0)
        self.fc1 = nn.Linear(16 * 5 * 5, 120)
        self.fc2 = nn.Linear(120, 84)
        self.fc3 = nn.Linear(84, 10)

    def forward(self, x):
        x = self.pool(F.relu(self.conv1(x)))    # 这一层的输出尺寸是多少？
        x = self.pool(F.relu(self.conv2(x)))    # 这一层的输出尺寸是多少？
        x = torch.flatten(x, 1) # flatten all dimensions except batch
        x = F.relu(self.fc1(x))
        x = F.relu(self.fc2(x))
        x = self.fc3(x)
        return x
```

3. 通过函数`test()`验证自己搭建好的模型：前向传播是否顺利无误、输出尺寸是否合规：

```
def test():
    net = my_ConvNet()
    print(net)
    x = torch.randn(1,3,32,32)
    y = net(x)
    print(y.size())

if __name__ == '__main__':
    test()
```

（注意该`test()`不是`class Net`中的方法）

方法二：直接通过`torch.nn.Sequential()`将所有层拼接起来

1. 找到`class my_ConvNet(nn.Module):`这个类，在初始化方法`def __init__(self):`中，编写如下代码：

```
class my_ConvNet(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.network = nn.Sequential(

            nn.Conv2d(in_channels=3, out_channels=6, kernel_size=(5,5),
padding=0),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.MaxPool2d(2, 2),

            nn.Conv2d(in_channels=6, out_channels=16, kernel_size=(5, 5),
padding=0),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.MaxPool2d(2, 2),

            nn.Flatten(),

            nn.Linear(16 * 5 * 5, 120),
            nn.Linear(120, 84),
            nn.Linear(84, 10)
        )

    def forward(self, x):
        x = self.network(x)
        return x
```

2. 通过函数`test()`验证自己搭建好的模型：前向传播是否顺利无误、输出尺寸是否合规：

```
def test():
    net = my_ConvNet()
    print(net)
    x = torch.randn(1,3,32,32)
    y = net(x)
    print(y.size())

if __name__ == '__main__':
    test()
```

2.4 训练自己的神经网络

在构建并验证了你的神经网络之后，即可着手开始训练你的神经网络了

打开`main.py`，设置学习率、训练batch size、测试batch size。方法有二：

方法一：直接修改代码，在`main.py`的114~120行

```
# Get arguments from command line
    parser = argparse.ArgumentParser(description='PyTorch CIFAR10 Training')
    parser.add_argument('--lr', default=0.1, type=float, help='learning rate')
    parser.add_argument('--training_bs', default=32, type=int, help='training
batch size')
    parser.add_argument('--testing_bs', default=32, type=int, help='testing
batch size')
    parser.add_argument('--resume', '-r', action='store_true', help='resume from
checkpoint')
    args = parser.parse_args()
```

修改`default=`后面的值即可修改对应超参数（不修改也可以运行，会按`default`后的值运行训练脚本）

方法二：命令行启动

```
python main.py --lr 0.1 --training_bs 32 --testing_bs 32
```

`main.py`脚本会训练200个epoches，途中可以随时暂停，并且每遇到一个在训练集上表现优异的模型都会默认保存到`./checkpoints/`目录下，开始训练后，即可观察到下示输出：

```
Epoch: 0
Average loss over 100 batches: 2.0036681973934174; Images trained: 3200/50000;
Average loss over 100 batches: 1.864919171333313; Images trained: 6400/50000;
Average loss over 100 batches: 1.7121432852745055; Images trained: 9600/50000;
Average loss over 100 batches: 1.63226771235466; Images trained: 12800/50000;
Average loss over 100 batches: 1.602075765132904; Images trained: 16000/50000;
Average loss over 100 batches: 1.5232510197162628; Images trained: 19200/50000;
Average loss over 100 batches: 1.4914542436599731; Images trained: 22400/50000;
Average loss over 100 batches: 1.4452165484428405; Images trained: 25600/50000;
Average loss over 100 batches: 1.4290187615156174; Images trained: 28800/50000;
Average loss over 100 batches: 1.3877955460548401; Images trained: 32000/50000;
Average loss over 100 batches: 1.324196657538414; Images trained: 35200/50000;
Average loss over 100 batches: 1.310310099720955; Images trained: 38400/50000;
Average loss over 100 batches: 1.2967958825826644; Images trained: 41600/50000;
Average loss over 100 batches: 1.2280832821130752; Images trained: 44800/50000;
Average loss over 100 batches: 1.2552628827095031; Images trained: 48000/50000;
Average loss over 63 batches: 1.2051873008410137; Images trained: 50000/50000;
 [==============================================================>]  Step: 0ms |
Tot: 3s32ms | Loss: 1.825 | Acc: 44.320% (4432/10000) 313/313
```

3. 观测训练过程

1. 打开tensorboard：

   下面以目录路径为`F:\experiment-convnet\`为例，介绍一下打开方法：

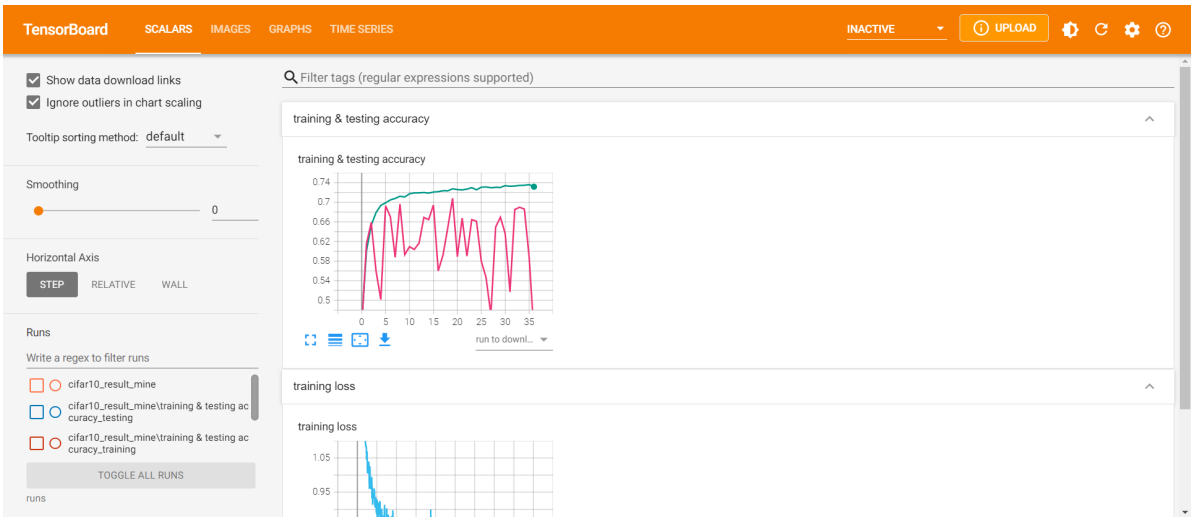
`F:`

`cd F:\experiment-convnet\`

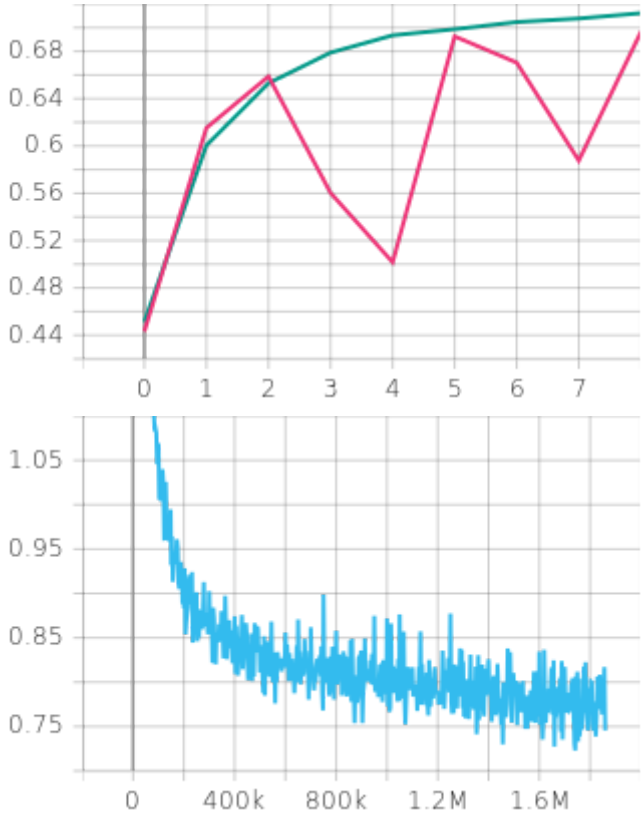
`tensorboard --logdir=runs` （每次在执行训练代码之前，请先把`./runs/`文件夹内的`cifar10_result_1`文件夹删掉，不然曲线会走歪）

在浏览器中打开网址`http://localhost:6006/`

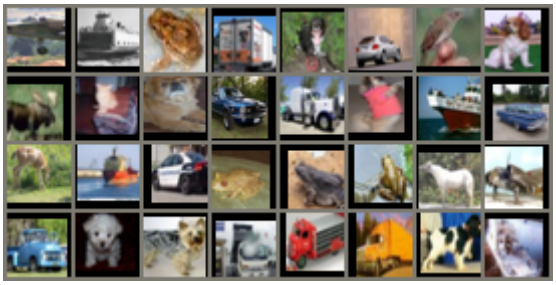
2. tensorboard主页如下：



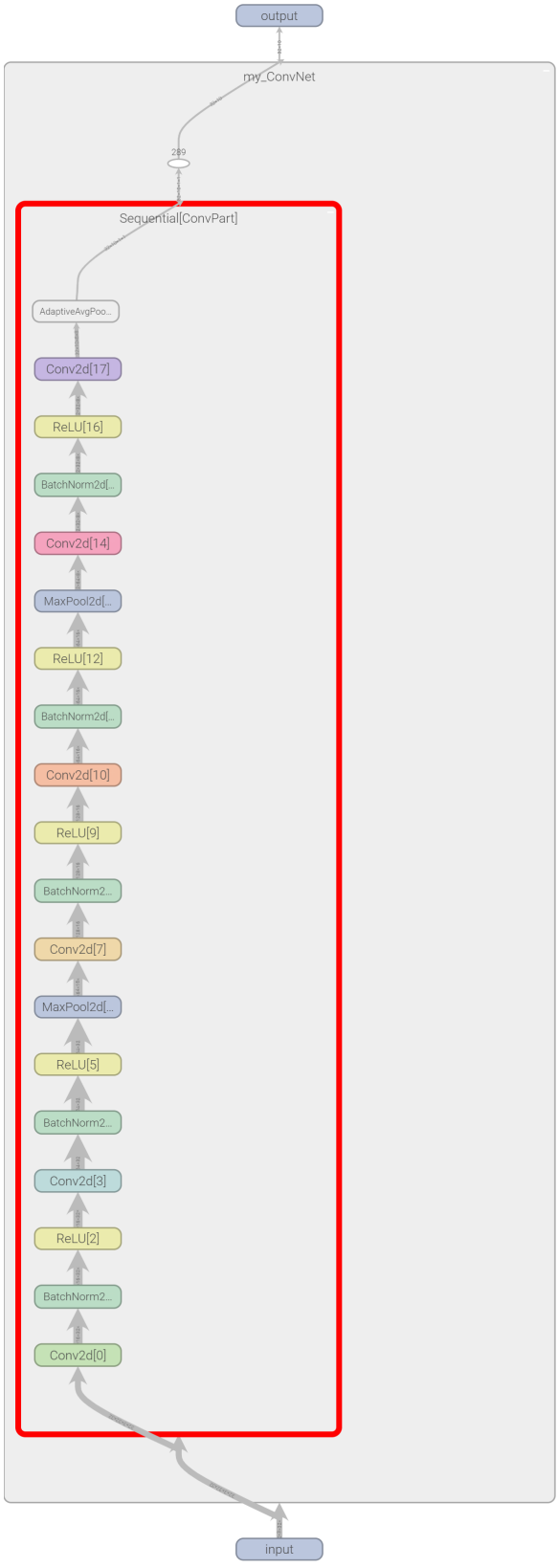
3. 在SCALARS这一栏可以查看自己模型的训练loss，以及在训练集以及测试集上的准确率



4. 在IMAGES这一栏可以查看训练集中的一个batch的图像，以及在测试集上一个batch的预测效果



5. 在GRAPHS这一栏可以查看自己搭建好的网络结构：



4. 实验报告

1. 要上交的文件：

   `实验报告.pdf`

   `MyNet.py`

   `main.py`

   `./runs/cifar10_result_1` 文件夹

2. 实验报告要体现的元素：

① 你的同组成员姓名、学号（最多两人一组）

② 你的神经网络结构图（从tensorboard GRAPHS这一栏获取）

③ 你的训练超参数：learning rate, training batchsize, testing batchsize

④ 你的两条训练曲线：训练loss曲线，训练测试准确度曲线（从tensorboard SCALARS这一栏获取）

⑤ 你的test batch预测效果（从tensorboard IMAGES这一栏获取）

注意：以上文件、元素，缺一不可