浙江水利水电学院

实验报告

（ 2019-2020 学年 2 学期）

|  |  |
| --- | --- |
| 课 程 名 称： | 卷积神经网络应用 |
| 班 级： | 软件工程S19-1,2 |
| 学 号： |  |
| 姓 名： |  |
| 实验室（中心）名 称： | 软件工程实验室 |
| 教学单位： | 信息工程与艺术设计学院 |

2020年 5 月 10 日

实 验 名 称：卷积神经网络应用 指导教师：张鹏亮

实 验 日 期：2020.4.28/30 地 点：现南411

同组学生姓名：组员1学号\_姓名、组员2学号\_姓名、组员2学号\_姓名

|  |
| --- |
| 实验内容及要求：  本次实验为使用卷积神经网络识别手写体数字。  本次任务分为两阶段。  第一阶段为任务一~任务三，必做任务。主要为定义卷积神经网络模型，加载数据，训练和识别。  第二阶段为任务四，扩展阶段。本阶段选做。主要训练开放性思维和学习能力。  详细内容参见《实验二指导书》  **2.*实验要求：***  完成各阶段任务，完成各阶试验结果及其分析。  详细内容参见《实验二指导书》 |
| 主要仪器名称及型号：   1. 计算机：Windows，i5 3Ghz,4GB内存以上，或更高的配置 2. 开发工具：Python /Numpy/PyTorch 3. 开发环境：PyCharm/jupyter notebook |
| 实验过程：（可附页）  **任务一：**  对于模型对象，我组进行了封装。通过输入卷积核大小、卷积步长、池化核大小、池化步长来进行实例化卷积神经网络，并自动计算网络参数。包括各层的形状，参数个数，连接数等。因篇幅所限，此处仅给出构造函数的参数说明，如图1-1。具体的代码实现请见项目文件夹下LeNet5.py文件。    图1-1 卷积神经网络构造函数图  **任务二：**  流程图如下图：    图2-1 加载数据集流程图  **任务三：**   1. 实验数据记录表格   将记录实验数据的代码封装在训练方法中，结果记录到一个字典返回，通过key-value键值对的形式存储。方便后续取得分析以及数据持久化。在后续训练不同模型时调用。下面列出需要记录的数据key。   |  |  | | --- | --- | | learning\_rate | 学习率 | | num\_epochs | 迭代周期 | | batch\_size | batch大小 | | loss\_x | 训练集当前迭代次数 | | loss\_y | 训练集对应loss值 | | loss\_y\_test | 测试集loss值 | | accuracy\_train | 训练集精度 | | accuracy\_test | 测试集精度 |  1. 识别错误的图片及分析   **流程图：**    图3-1 寻找识别错误的图片流程图  **代码：**    图3-2 代码实现  任务四：  2019b31073\_徐文昊：子任务4.1  实验步骤：用不同的卷积核、池化核、步长等参数实例化模型并训练。对比同样参数下（学习率、batch等）模型的loss、误差等数据来分析。  代码：    图4-1 子任务4.1代码图  数据记录表格：  已统一封装成字典，key如下。   |  |  | | --- | --- | | learning\_rate | 学习率 | | num\_epochs | 迭代周期 | | batch\_size | batch大小 | | loss\_x | 训练集当前迭代次数 | | loss\_y | 训练集对应loss值 | | loss\_y\_test | 测试集loss值 | | accuracy\_train | 训练集精度 | | accuracy\_test | 测试集精度 |   组员2学号\_姓名：子任务4.2  。。。。。。  组员3学号\_姓名：子任务4.3  。。。。。 |
| 实验数据记录或图片：（可附页）  **任务一：**  下面验证网络结构，见图4-1。    图4-1 验证网络结构代码图    图4-2 网络结构及输出图  通过比较计算出的参数和实际网络的参数，对照网络的输出，可见网络初始化成功。  **任务二：**  运行结果：    图4-3 载入数据集结果图  经过测试，发现该函数的的下载路径是以python解释器执行调用该函数的.py文件的路径作为当前目录来参照的。同时可以使用绝对路径和相对路径。  **任务三：**  识别错误的图片如图3-2，图片上方第一个数字为标签，第二个数字为识别值。  根据课堂的内容知识，我们知道卷积神经网络通过卷积层与池化层的作用，对原图片进行了特征提取，且是局部的。而我们发现识别错误的图片，在识别值和标签的两个数中，有一些特征是很相似的。例如第一行的十张图片，我们圈出了其中一部分特征。比较有代表性的有第一行的第十章图片。它的标签是7，但是却可以提取出一个右上角的圆弧这种高维特征。这可能是导致卷积神经网络识别错误的原因。    图4-4 模型识别错误的图片  2019b31073\_徐文昊：子任务4.1  1.代码调试和解决  我组将训练过程封装，以供组员调用。为方便分析，统一数据的记录格式。此外，因为有实验一的基础，并未遇到需要调试的问题。  2.表格数据记录：  下面给出100batch, 20epoch, 1e-3学习率下的三种不同卷积核、池化核、步长的卷积神经网络的结果数据对比。此外在数据可视化中，给出三种卷积网络的loss对比。   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **卷积核** | **卷积步长** | **池化核** | **池化步长** | **训练精度** | **测试精度** | **训练时长** | | 5\*5 | 1 | 2\*2 | 2 | 98.62 | 98.88 | 694.82 | | 5\*5 | 1 | 2\*2 | 1 | 99.1875 | 99.04 | 1533.51 | | 3\*3 | 1 | 2\*2 | 1 | 99.28 | 98.71 | 1722.64 |   3.数据可视化：    图5-1 5\*5卷积核1卷积步长，2\*2池化核2池化步长的神经网络loss图    图5-2 5\*5卷积核1卷积步长，2\*2池化核1池化步长的神经网络loss图    图5-2 3\*3卷积核1卷积步长，2\*2池化核1池化步长的神经网络loss图 |
| 实验结论：  任务一~三，请和实验1进行对比分析，请从参数数量、训练时间、测试集上的准确率等各方面进行比较，说明卷积网络的优缺点。小组共同完成。  针对各自所负责的任务四的子任务，结合实验中出现的问题和现象，使用实验中记录的数据进行解释说明，并分析原因、提出解决办法。分析的过程可以使用图、表，结合文字进行解释说明。  对于任务四的子任务（4），一个开放性的问题，有兴趣的同学可以进行相关实验并解释。  每位组员在阐述自己的问题时，如需要重新设计实验或添加实验，也可在此部分添加相关内容并进行说明。  任务三：  下面给出学习率为1e-3，epoch为200，batch为256，激活函数都为relu的神经网络，与5\*5卷积核1卷积步长，2\*2池化核，2池化步长的LeNet5卷积神经网络的实验结果数据对比表格。（普通神经网络采用GPU训练，LeNet5用CPU）   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **神经网络类型** | **训练精度** | **测试精度** | **训练时长** | | LeNet5 | 98.62 | 98.88 | 694.82 | | 2-layer NN, 300隐藏层神经元 |  |  |  | | 2-layer NN, 1000隐藏层神经元 |  |  |  | | 3-layer NN, 300+100隐藏层神经元 |  |  |  | | 3-layer NN, 500+150隐藏层神经元 |  |  |  | | 3-layer NN, 500+300神经元 |  |  |  | | 2-layer NN, 800隐藏层神经元 |  |  |  |   得益与卷积神经网络的特征提取，卷积神经网络有着更小的参数值。同时更加关注高维的特征，在大大减少训练时间的同时，精度也有着一定程度的突破。缺点在于，如上文分析识别错误图片提到的，卷积神经网络有些时候会被部分不那么清晰的特征给迷惑，做出错误的识别。对特征提取的依赖非常大。所以就对卷积层和池化层有着很高的要求。  2019b31073\_徐文昊：任务4.1  不同卷积层和池化层参数对识别结果的影响（其他参数均相同）：   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **卷积核** | **卷积步长** | **池化核** | **池化步长** | **训练精度** | **测试精度** | **训练时长** | | 5\*5 | 1 | 2\*2 | 2 | 98.62 | 98.88 | 694.82 | | 5\*5 | 1 | 2\*2 | 1 | 99.1875 | 99.04 | 1533.51 | | 3\*3 | 1 | 2\*2 | 1 | 99.28 | 98.71 | 1722.64 | | 4\*4 | 1 | 2\*2 | 1 | 97.37 | 98.56 | 412.35 | | 4\*4 | 2 | 2\*2 | 1 | 99.18 | 98.83 | 1243.68 |   不同卷积网络的输出大小及参数数量：   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **卷积层和池化层参数** | **卷积层1输出大小** | **卷积层1参数个数** | **池化层1输出大小** | **卷积层2输出大小** | **卷积层2参数个数** | **池化层2输出大小** | | 5-1-2-2 | 24\*24 | 156 | 12\*12 | 8\*8 | 416 | 4\*4 | | 5-1-2-1 | 24\*24 | 156 | 23\*23 | 19\*19 | 416 | 18\*18 | | 3-1-2-1 | 26\*26 | 60 | 25\*25 | 23\*23 | 160 | 22\*22 | | 4-1-2-1 | 25\*25 | 102 | 24\*24 | 21\*21 | 272 | 20\*20 | | 4-2-2-1 | 13\*13 | 102 | 12\*12 | 5\*5 | 272 | 4\*4 |   我们可以看到，在精度方面，五个模型的差别都不是很大。但是在训练时长方面，差异非常巨大。可见卷积神经网络非常依赖卷积层和池化层。好的卷积层和池化层，能够做出优秀的局部连接，进行高性能的参数共享，使识别更有效率。这在工程上具有巨大的意义。  组员2学号\_姓名：  分析解释  组员3学号\_姓名：  分析解释 |
| 教师评语：（成绩部分学生请勿填写和更改）  总体情况：  完成情况：优  实验报告：优  拓展能力：选择一项。  组员1： (请同学们填上学号\_姓名) 成绩：选择一项。  组员2： (请同学们填上学号\_姓名) 成绩：选择一项。  组员3： (请同学们填上学号\_姓名) 成绩：选择一项。  批阅教师：张鹏亮  2020年5月15日 |