

作业 3

郭中贺

2022 年 4 月 17 日

---

**理论部分**

**1 单选题 (15 分)**

1.1 D

1.2 B

1.3 C

1.4 C

1.5 B

**2 计算题 (15 分)**

2.1 已知某卷积层的输入为  $X$  (该批量中样本数目为 1, 输入样本通道数为 1), 采用一个卷积核  $W$ , 即卷积输出通道数为 1, 卷积核尺寸为  $2 \times 2$ , 卷积的步长为 1, 无边界延拓, 偏置量为  $b$ :

$$X = \begin{bmatrix} -0.5 & 0.2 & 0.3 \\ 0.6 & -0.4 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & -0.2 \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} -0.2 & 0.1 \\ 0.4 & -0.3 \end{bmatrix}, b = 0.05$$

2.1.1 请计算卷积层的输出  $Y$ 。

通过将卷积核作用在输入样本上, 然后分别加上偏置量, 可以计算得到:

$$Y = \begin{bmatrix} 0.53 & -0.15 \\ -0.1 & 0.4 \end{bmatrix}$$

2.1.2 若训练过程中的目标函数为  $L$ ，且已知  $\frac{\partial L}{\partial Y} = \begin{bmatrix} 0.1 & -0.2 \\ 0.2 & 0.3 \end{bmatrix}$ ，请计算  $\frac{\partial L}{\partial X}$ 。

注：本题的计算方式不限，但需要提供计算过程以及各步骤的结果。

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{bmatrix} \quad W = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 \\ w_3 & w_4 \end{bmatrix} \quad b$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 \\ y_3 & y_4 \end{bmatrix} \quad \therefore \frac{\partial L}{\partial Y} = \begin{bmatrix} \frac{\partial L}{\partial y_1} & \frac{\partial L}{\partial y_2} \\ \frac{\partial L}{\partial y_3} & \frac{\partial L}{\partial y_4} \end{bmatrix}$$

有  $y_1 = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_4 + w_4 x_5 + b$   
 $y_2 = w_1 x_3 + w_2 x_6 + w_3 x_7 + w_4 x_8 + b$   
 $y_3 = w_1 x_4 + w_2 x_5 + w_3 x_7 + w_4 x_8 + b$   
 $y_4 = w_1 x_5 + w_2 x_6 + w_3 x_8 + w_4 x_9 + b$

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^4 \frac{\partial L}{\partial y_j} \frac{\partial y_j}{\partial x_i}$$

可推出  $\frac{\partial L}{\partial x_1} = \frac{\partial L}{\partial y_1} w_1$   $\frac{\partial L}{\partial x_2} = w_2 \frac{\partial L}{\partial y_1}$   
 $\frac{\partial L}{\partial x_3} = w_2 \frac{\partial L}{\partial y_2}$   $\frac{\partial L}{\partial x_4} = w_3 \frac{\partial L}{\partial y_1} + w_1 \frac{\partial L}{\partial y_3}$   
 $\frac{\partial L}{\partial x_5} = w_4 \frac{\partial L}{\partial y_1} + w_3 \frac{\partial L}{\partial y_2} + w_2 \frac{\partial L}{\partial y_3} + w_1 \frac{\partial L}{\partial y_4}$   
 $\frac{\partial L}{\partial x_6} = w_4 \frac{\partial L}{\partial y_2} + w_2 \frac{\partial L}{\partial y_4}$   $\frac{\partial L}{\partial x_7} = w_3 \frac{\partial L}{\partial y_3}$   
 $\frac{\partial L}{\partial x_8} = w_4 \frac{\partial L}{\partial y_3} + w_3 \frac{\partial L}{\partial y_4}$   $\frac{\partial L}{\partial x_9} = w_4 \frac{\partial L}{\partial y_4}$

经过上面的推导，可以计算得到

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = -0.02, \quad \frac{\partial L}{\partial x_2} = 0.01 + 0.04 = 0.05, \quad \frac{\partial L}{\partial x_3} = -0.02,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_4} = 0.04 - 0.04 = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial x_5} = -0.03 - 0.08 + 0.02 - 0.06 = -0.15,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_6} = 0.06 + 0.03 = 0.09,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_7} = 0.08, \quad \frac{\partial L}{\partial x_8} = -0.06 + 0.12 = 0.06, \quad \frac{\partial L}{\partial x_9} = -0.09$$

因此得到：

$$\frac{\partial L}{\partial X} = \begin{bmatrix} -0.02 & 0.05 & -0.02 \\ 0 & -0.15 & 0.09 \\ 0.08 & 0.06 & -0.09 \end{bmatrix}$$

## 编程部分

### 3 编程作业报告

#### 3.1 使用默认参数

##### 3.1.1 训练模型

使用命令 `python train.py --ckpt_path ckpt` 进行训练，控制台输出结果与 loss 变化曲线分别如图 1、2 所示。

```
(meiren) D:\media-and-cognition\hw3>python train.py --ckpt_path ckpt
training...
Epoch 01: loss = 2.829, accuracy on validation set = 0.460
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_1.pth

Epoch 02: loss = 1.079, accuracy on validation set = 0.770
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_2.pth

Epoch 03: loss = 0.524, accuracy on validation set = 0.902
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_3.pth

Epoch 04: loss = 0.302, accuracy on validation set = 0.896
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_4.pth

Epoch 05: loss = 0.123, accuracy on validation set = 0.902
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_5.pth

Epoch 06: loss = 0.114, accuracy on validation set = 0.833
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_6.pth

Epoch 07: loss = 0.109, accuracy on validation set = 0.892
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_7.pth

Epoch 08: loss = 0.067, accuracy on validation set = 0.918
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_8.pth

Epoch 09: loss = 0.026, accuracy on validation set = 0.894
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_9.pth

Epoch 10: loss = 0.018, accuracy on validation set = 0.874
Model saved in ckpt\ckpt_epoch_10.pth
```

图 1: cmd 输出结果

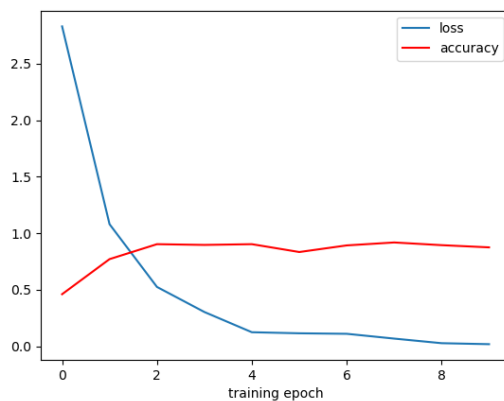


图 2: loss 曲线

结果分析：由图 3 曲线可知，一开始训练的 loss 较高，约为 3。随着训练轮数的增加，loss 逐渐下降，最终稳定到 0.02 左右。另一方面，由图 2 输

出，可知模型在验证集上的准确率为 90% 左右，训练效果较好。

### 3.1.2 测试模型

运行 `python test.py --ckpt_path ckpt` 验证模型，控制台输出结果如图 3 所示。

```
(meiren) D:\media-and-cognition\hw3>python test.py --ckpt_path ckpt
[Info] loading checkpoint from ckpt\ckpt_epoch_10.pth ...
accuracy on the test set: 0.857
```

图 3: cmd 输出结果

## 3.2 使用 batchnorm 和 dropout 参数

### 3.2.1 训练与测试模型

这一部分，我们总是使用 batchnorm，并且将 dropout 参数从 0 到 0.5 变化，步长为 0.1，进行模型训练。记录下每组参数训练到最后一轮时的 loss 和 accuracy，绘制表格如下。

dropout	loss of epoch 10	validation accuracy	test accuracy
0	0.034	0.907	0.918
0.1	0.032	0.918	0.909
0.2	0.039	0.924	0.905
0.3	0.048	0.926	0.911
0.4	0.05	0.909	0.924
0.5	0.102	0.922	0.922

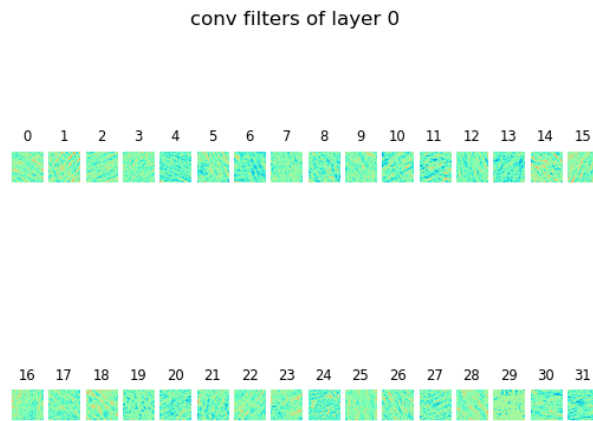
可以看出，dropout 为 0 时，使用了 batchnorm 后，验证和测试的准确率明显提高，达到了 0.9 以上。而随着 dropout 的上升，训练的 loss 也逐渐增加，accuracy 有上升趋势。这是因为，如果不采用 dropout，模型容易过拟合，导致测试时准确率较低。

## 3.3 可视化

本部分采用 batchnorm 参数但 dropout 为 0 训练出的模型来进行可视化。

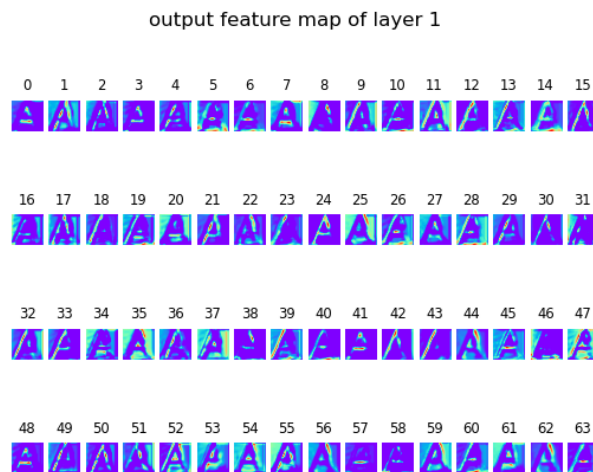
### 3.3.1 可视化第 0 层卷积层的卷积核

使用命令 `python visualize.py --type filter --ckpt_path bn_ckpt --layer_idx 0`，可得到卷积核如下图所示。



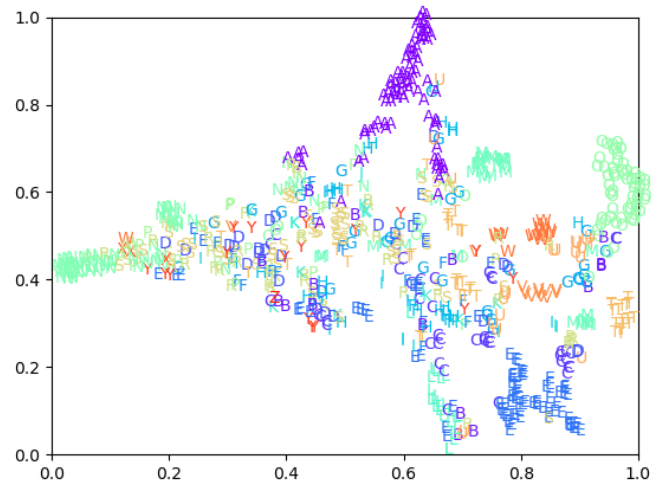
### 3.3.2 可视化第 100 张图像第 1 层卷积层的输出特征图

使用命令 `python visualize.py -type feature -ckpt_path bn_ckpt -layer_idx 1 -image_idx 100`, 可得到特征图如下图所示。



### 3.3.3 t-SNE 显示分类结果

使用命令 `python visualize.py -type tsne -ckpt_path bn_ckpt -layer_idx 1`, 可得分类结果显示如下。



### 3.4 熵计算

根据比较对比，我认为效果最好的是 dropout 为 0.4 并且使用 batchnorm 的模型。

#### 3.4.1 计算任意图像的图像熵、特征熵以及模型输出预测概率的信息熵

我们使用命令 `python cal_entropy.py -mode single -ckpt_path drop_ckpt4 -im_path data/test/B/1390.jpg` 来进行计算，结果如下。

```
Recognition result: B (confidence = 1.00)
Entropy of input image = 3.86
Entropy of features = 2.97, 2.46, 3.87, 2.17, 3.27
Entropy of prediction = 0.03
```

#### 3.4.2 计算整个测试集以上熵的平均值

使用命令 `python cal_entropy.py -mode dataset -ckpt_path drop_ckpt4` 来进行计算，结果如下。

```
[Info] loading checkpoints from drop_ckpt4\ckpt_epoch_10.pth ...
Entropy of input test images = 4.11
Entropy of features = 2.96, 3.15, 4.23, 2.55, 3.50
Entropy of random guess = 3.26
Entropy of symbols in text labels = 2.93
Entropy of using trained model = 0.48
```

### 3.5 本次作业遇到的问题及解决方法

无。

### 3.6 对本次作业的意见及建议

本次作业也较为简单，通过代码注释中的一步一步教程，我们能很快了解下一步该做什么，该如何实现。