

深度学习基础

现有一个卷积神经网络，网络各层设置如下表第一列所示。请写出每层对应的输出数据维度以及各层参数量。数据维度请按 $H \times W \times C$ 格式填写，其中 H, W, C 分别为数据的高、宽、通道数。如无特别说明，CONV 和 FC 层均有 bias。

符号说明：

- CONV k-N 表示卷积核大小为 $k \times k$ ，卷积核个数为 N 的卷积层，padding 为 1，stride 为 1；
- POOL-n 表示 $n \times n$ 的 max-pooling 层，stride 为 n，padding 为 0；
- FC-N 表示全连接层，输出维度为 N。

| 网络层 | 数据维度 | 参数量 包括 weights 和 biases |
|------------|--------------------------|----------------------------|
| 输入 | $28 \times 28 \times 3$ | 0 |
| CONV3-16 | $28 \times 28 \times 16$ | 448 |
| Leaky ReLU | $28 \times 28 \times 16$ | 0 |
| POOL-2 | $14 \times 14 \times 16$ | 0 |
| CONV3-32 | $14 \times 14 \times 32$ | 4640 |
| Leaky ReLU | $14 \times 14 \times 32$ | 0 |
| POOL-2 | $7 \times 7 \times 32$ | 0 |
| FLATTEN | 1568 | 0 |
| FC-10 | 10 | 15690 |

计算过程(设在计算过程中 padding = p, stride = s)

1.CONV3-16

数据维度: kernel size = 3×3 , 则 $k = 3$; $H = W = 28, C = 3, s = 1, p = 1$

输出的数据维度的高为 $\frac{H + 2p - k}{s} + 1 = 28$

输出的数据维度的宽为 $\frac{W + 2p - k}{s} + 1 = 28$

输出的数据维度的通道数为 $N = 16$

最后结果为 $28 \times 28 \times 16$

参数量: 卷积核大小为 $k \times k \times C = 27$, 卷积核的数量等于输出通道数为 16，加上 bias；
可以得到公式参数量为 $(C_{in} \times k \times k + 1) \times C_{out} = 448$ 。

2.Leaky ReLU

数据维度: Leaky ReLU 函数的表达式如下：

$$L(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ ax, & x < 0 \end{cases} \quad (\text{其中 } a \text{ 是一个小正数})$$

只对数值进行改变，不改变它的数据维度，故为 $28 \times 28 \times 16$

参数量: Leaky ReLU 一般不需要参数，所以参数量为 0

3.POOL-2

数据维度: kernel size = 2×2 , 则 $k = 2$; $H = W = 28, C = 16, s = 2, p = 0$

输出的数据维度的高为 $\frac{H + 2p - k}{s} + 1 = 14$

输出的数据维度的宽为 $\frac{W + 2p - k}{s} + 1 = 14$

输出的数据维度的通道数为 $C = 16$

最后结果为 $14 \times 14 \times 16$

参数量: POOL-n 一般不需要参数, 所以参数量为 0

4.CONV3-32

数据维度: kernel size = 3×3 , 则 $k = 3$; $H = W = 14$, $C = 16$, $p = 1$, $s = 1$

输出的数据维度的高为 $\frac{H + 2p - k}{s} + 1 = 14$

输出的数据维度的宽为 $\frac{W + 2p - k}{s} + 1 = 14$

输出的数据维度的通道数为 $N = 32$

最后结果为 $14 \times 14 \times 32$

参数量: 卷积核大小为 $k \times k \times C = 144$, 卷积核的数量等于输出通道数为 32, 加上 bias; 可以得到公式参数量为 $(C_{in} \times k \times k + 1) \times C_{out} = 4640$ 。

5.Leaky ReLU

数据维度: Leaky ReLU 函数的表达式如下:

$$L(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ ax, & x < 0 \end{cases} \text{ (其中 } a \text{ 是一个小正数)}$$

只对数值进行改变, 不改变它的数据维度, 故为 $14 \times 14 \times 32$

参数量: Leaky ReLU 一般不需要参数, 所以参数量为 0

6.POOL-2

数据维度: kernel size = 2×2 , 则 $k = 2$; $H = W = 14$, $C = 32$, $s = 2$, $p = 0$

输出的数据维度的高为 $\frac{H + 2p - k}{s} + 1 = 7$

输出的数据维度的宽为 $\frac{W + 2p - k}{s} + 1 = 7$

输出的数据维度的通道数为 $C = 32$

最后结果为 $7 \times 7 \times 32$

参数量: POOL-n 一般不需要参数, 所以参数量为 0

7.FLATTEN

数据维度: 将三维的数据降为一维的数据, 数据维度为 $7 \times 7 \times 32 = 1568$

参数量: 该步骤不需要参数, 所以参数量为 0

8.FC-10

数据维度: FC-N 表示全连接层, 输出维度为 N; FC-10 输出的数据维度为 10

参数量: 全连接的参数量等于神经元数 $\times N + N$, 故为 $1568 \times 10 + 10 = 15690$