

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	$28 \times 28 \times 16$	$3 \times 3 \times 3 \times 16 + 16 = 448$
Leaky ReLU	$28 \times 28 \times 16$	0
POOL-2	$14 \times 14 \times 16$	0
CONV3-32	$14 \times 14 \times 32$	$3 \times 3 \times 16 \times 32 + 32 = 4640$
Leaky ReLU	$14 \times 14 \times 32$	0
POOL-2	$7 \times 7 \times 32$	0
FLATTEN	$1568(7 \times 7 \times 32)$ (一维)	0
FC-10	$1 \times 1 \times 10$	$1568 \times 10 + 10 = 15690$

计算过程：

Conv3-16:

数据维度：

Stride = 1, Padding = 1, N = 16。因为步长为 1，且进行了 padding，故不改变原有的 H 和 W。卷积核数量为 16，故输出通道为 16。因此输出的数据维度为 $28 \times 28 \times 16$ 。

参数量：

$$3 \times 3 \times 3 \times 16 + 16 = 448$$

$$3 \times 3 (\text{卷积核}) \times 3 (\text{输入通道}) \times 16 (\text{输出通道}) + 16 (\text{每个输出通道有个 bias}) = 448$$

Leaky ReLu:

数据维度：

激活函数不改变数据维度，仍然是 $28 \times 28 \times 16$

参数量：

激活函数没有训练参数，所以是 0

POOL-2:

数据维度：

Stride = 2, Padding = 0。步长为 2，未进行 padding， $28/2 = 14$ ，最大池化操作不改变输出通道数，故输出的数据维度为 $14 \times 14 \times 16$

参数量：

最大池化操作没有训练参数，所以为 0

Conv3-16:**数据维度:**

Stride = 1, Padding = 1, N = 32。因为步长为 1, 且进行了 padding, 故不改变原有的 H 和 W. 卷积核数量为 32, 故输出通道为 32, 因此输出的数据维度为 $14 \times 14 \times 32$

参数量:

$$3 \times 3 \times 16 \times 32 + 32 = 4640$$

$$3 \times 3 (\text{卷积核}) \times 16 (\text{输入通道}) \times 32 (\text{输出通道}) + 32 (\text{每个输出通道有 bia}) = 4640$$

Leaky ReLu:**数据维度:**

激活函数不改变数据维度, 所以仍然是 $14 \times 14 \times 32$

参数量:

激活函数没有训练参数, 所以为 0

POOL-2:**数据维度:**

Stride = 2, Padding = 0。步长为 2, 未进行 padding, $14/2 = 7$, 最大池化操作不改变输出通道数, 故输出的数据维度为 $7 \times 7 \times 32$

参数量:

最大池化操作没有训练参数, 所以为 0

FLATTEN**数据维度:**

将输入数据展开后有 $7 \times 7 \times 32 = 1568$ 个数据, 故数据维度为 1568(一维)

参数量:

Flatten 操作无训练参数。所以为 0

FC-10:**数据维度:**

全连接神经网络, 输出维度为 10, 故数据维度为 $1 \times 1 \times 10$

参数量:

输入单元数量 $N_{in} = 1568$, 输出维度 $N_{out} = 10$, 每个输出维度有个 bia, 故参数量为 $1568 \times 10 + 10 = 15690$