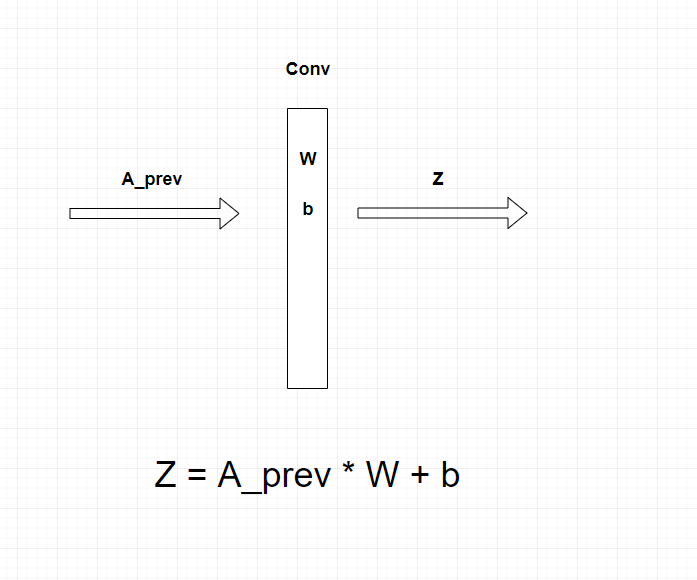
卷积层如下图：



维度说明：

**A\_prev** : (m， n\_H\_prev，n\_W\_prev，n\_C\_prev)

**Z**: (m，n\_H，n\_W，n\_C)

**W**: (f，f，n\_C\_prev，n\_C)

b：（1，1，1， n\_C）

符号说明：

**A\_prev**: 卷积层输入， 即上一层计算得到的激活后的特征图。

**Z**: 卷积层输出，即在A\_prev经过卷积计算后激活前的结果。

**W**: 卷积核。

b: 卷积核的偏置。

m: 训练数据数量。

n\_H: 特征图宽度。

n\_W: 特征图高度。

n\_C: 输出特征图数量（卷积核的数量）。

f: 卷积核大小。

\*: 表示卷积运算

现在假设目标函数关于上述卷积层输出的梯度已知，记为**dZ**，**dZ**的维度和**Z**的维度一致。

接下来需要求解问题的如下：

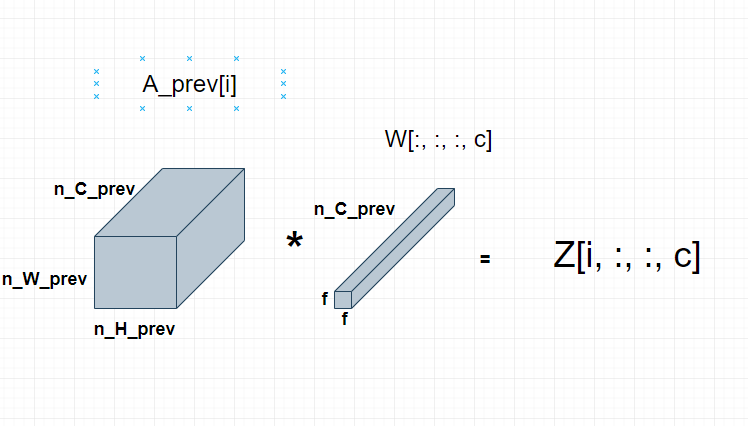
1. 求**Z**关于卷积核**W**的梯度，用来更新卷积核中的参数。
2. 求**Z**关于卷积层输入**A\_prev**的梯度，用来将梯度传给上一层。

令 = **W**[:, :, :, c]，表示该层的第c个卷积核。

取第i个输入，记作**A\_prev**[i]。维度：（n\_H\_prev, n\_W\_prev, n\_C\_prev）

则前向传播的计算可表示为：

**Z**[i, :, :, c] = **A\_prev**[i] \*



为了便于理解，令n\_C\_prev = 1, 则输入特征图可以表示为一个二维矩阵，卷积核也可表示为一个二维矩阵。例如：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

卷积后结果如下：

**Z** =

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

=**Z**[i, 1, 1, c] = w11a11 + w12a12 + w13a13 + w21a21 + w22a22 + w23a23 + w31a31 + w32a32 + w33a33

令 = (w11, w12, w13, w21, w22, w23, w31, w32, w33)

= (a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33)

上式可表示为：**Z**[i, 1, 1, c] =  **·**   **+**

若要更新 **中的参数，则z对的导数为：**

求得**Z**对的导数为：

则令：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

**=**

**Z**对**的导数 = A\_prev**

一般的：

**Z**[i, h, w, c] =  **·**

则**的计算公式为**:

**=**

**=**

**d =**

**=**

**d += dZ[**i, h, w, c**] =>**

**d +=**

参考如下卷积反向传播numpy实现：

