



二维卷积层

0	1	2
3	4	5
6	7	8

 *

0	1
2	3

 =

19	25
37	43

- 输入 $\mathbf{X} : n_h \times n_w$
- 核 $\mathbf{W} : k_h \times k_w$
- 偏差 $b \in \mathbb{R}$
- 输出 $\mathbf{Y} : (n_h - k_h + 1) \times (n_w - k_w + 1)$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} \star \mathbf{W} + b$$

- \mathbf{W} 和 b 是可学习的参数

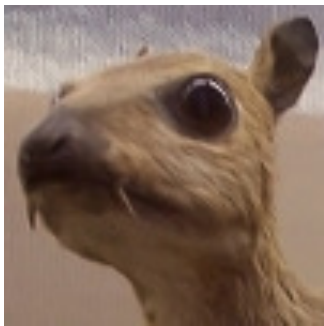
例子



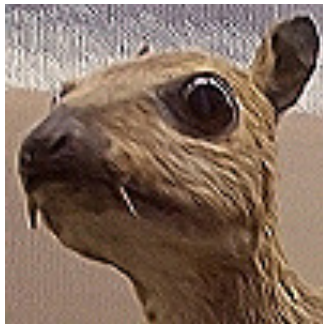
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



边缘检测



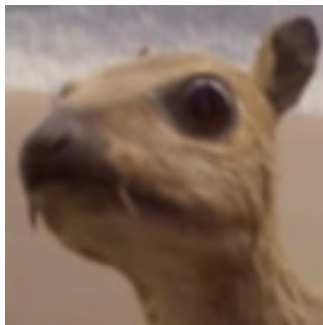
$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



锐化

(wikipedia)

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



高斯模糊



交叉相关 vs 卷积

- 二维交叉相关

$$y_{i,j} = \sum_{a=1}^h \sum_{b=1}^w w_{a,b} x_{i+a,j+b}$$

- 二维卷积

$$y_{i,j} = \sum_{a=1}^h \sum_{b=1}^w w_{-a,-b} x_{i+a,j+b}$$

- 由于对称性，在实际使用中没有区别