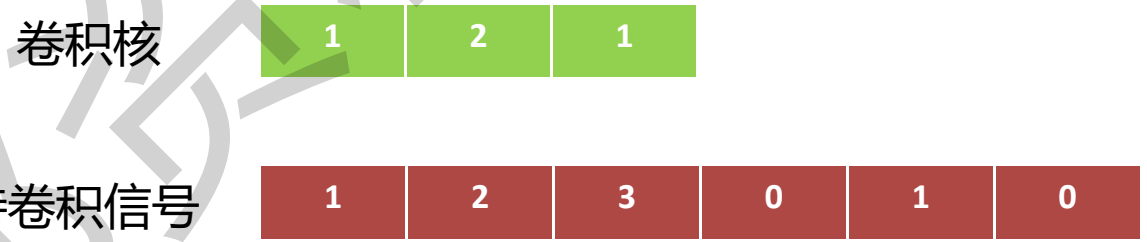
# 卷积运算

# 一维卷积运算

# 一维卷积

- 卷积是两个信号之间的运算
  - 卷积运算的本质：卷积核从左到右滑过信号
    - 每滑动一格做一次点积运算




在信号处理领域：

卷积核先要做一次逆序处理，然后再参与运算，为是运算能够满足交换律

在深度学习领域：

卷积核不用做逆序处理直接参与运行

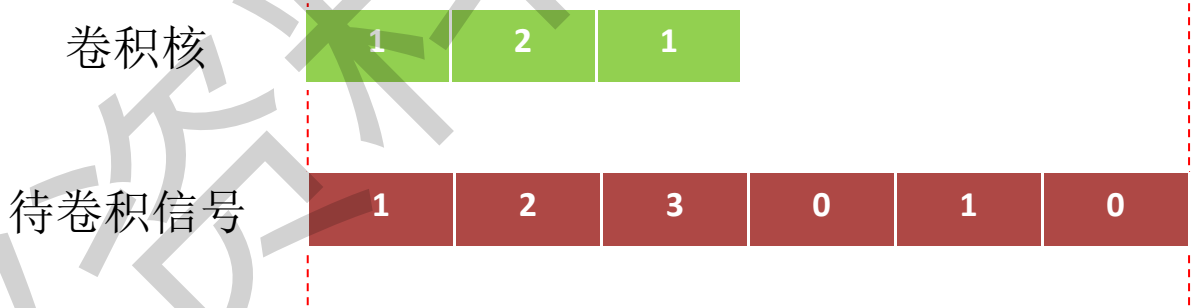
注意：不做逆序处理的运算叫做互相关，在深度学习领域不刻意区分卷积和互相关

# 一维卷积

- 卷积有三种方式
  - valid：　卷积核完全在信号内
  - same：　卷积核中心在信号内
  - full：　卷积核边沿在信号内

# 一维卷积

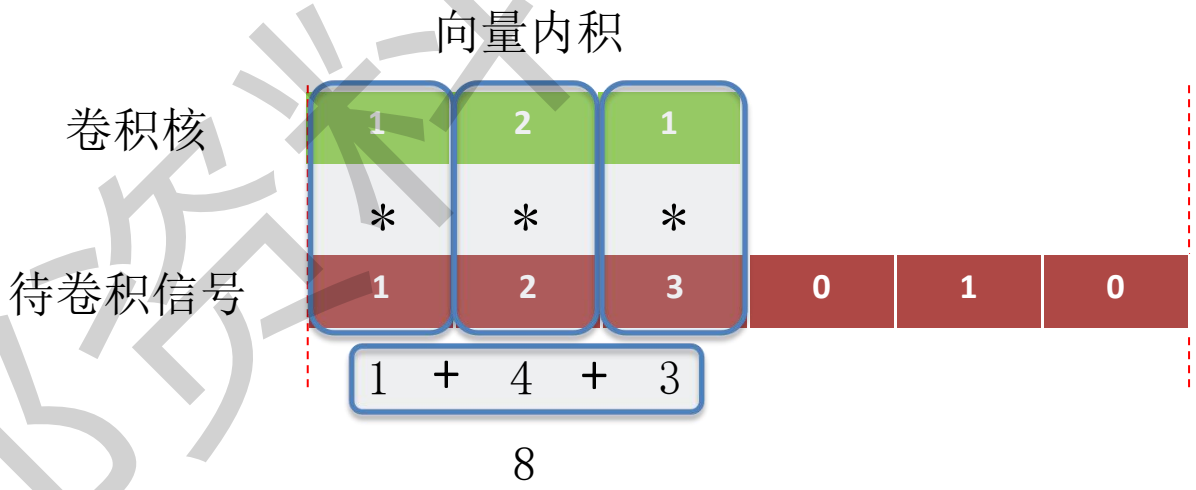
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

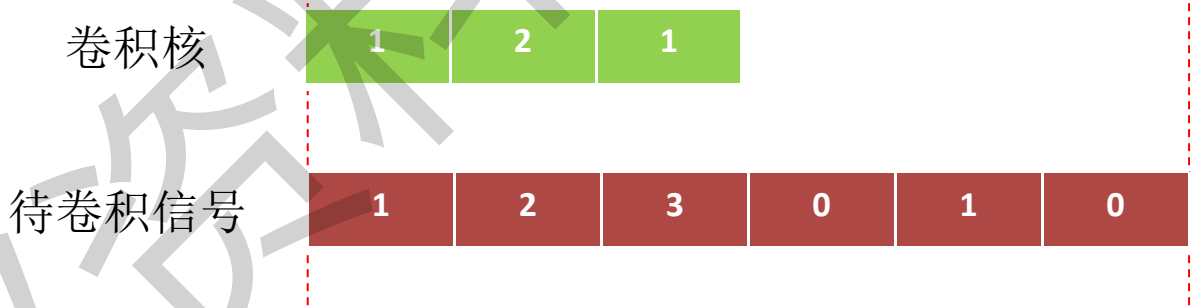
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

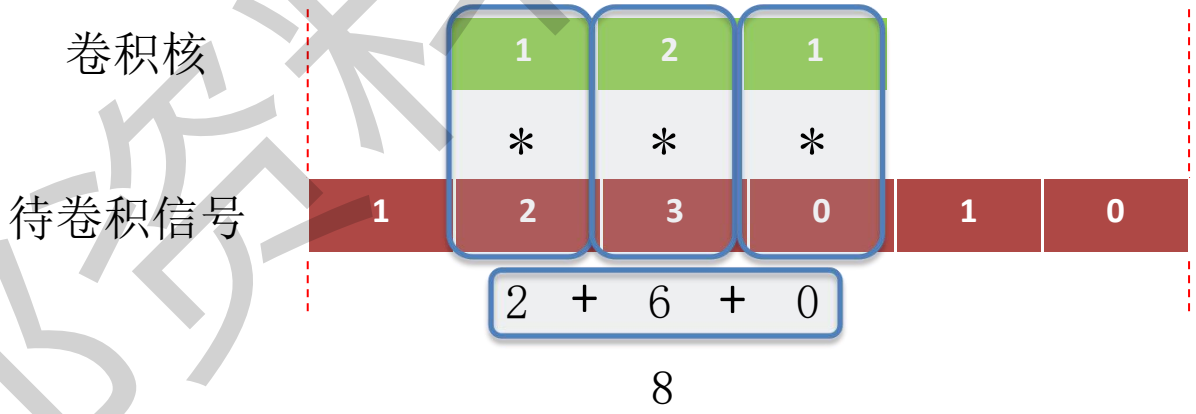
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

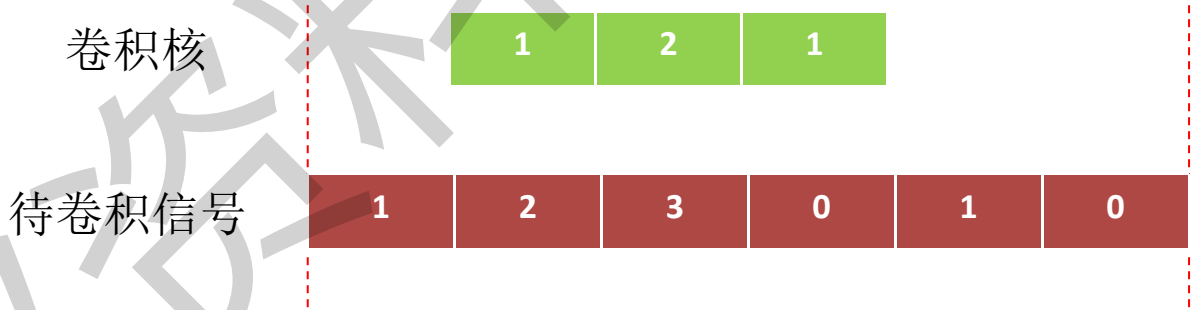
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

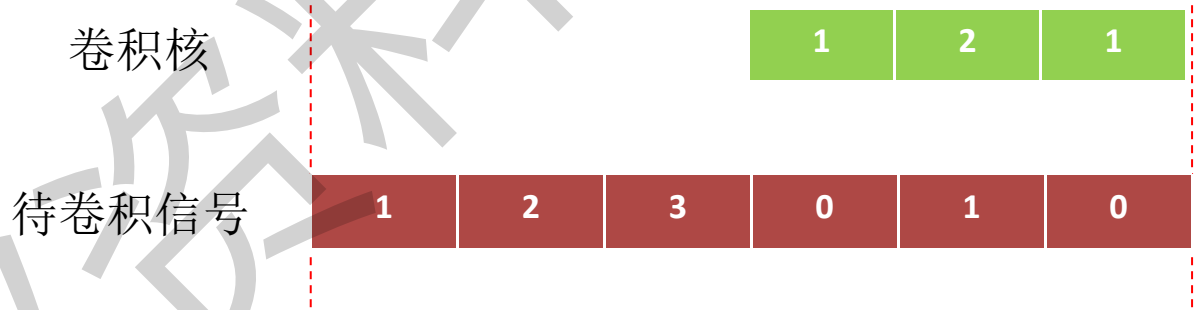
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

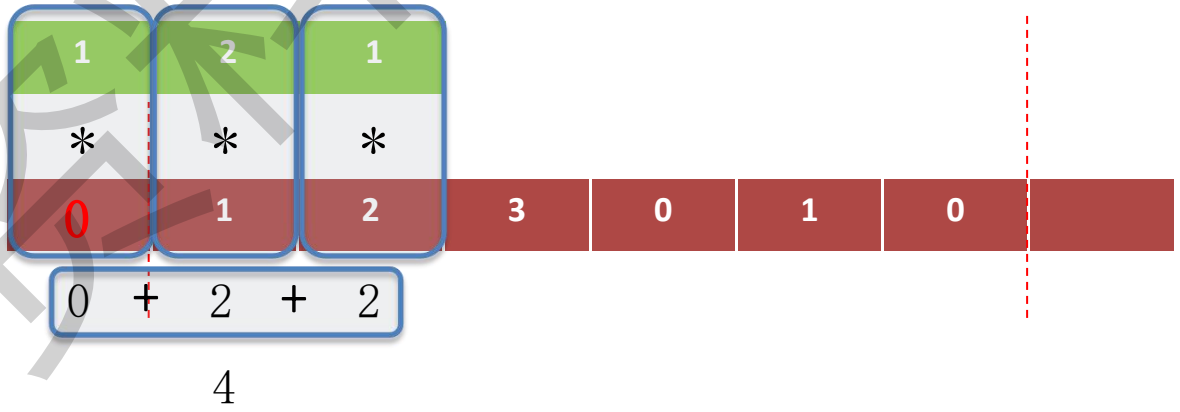
- valid：　　卷积核完全在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

- same：　　卷积核中心在信号内

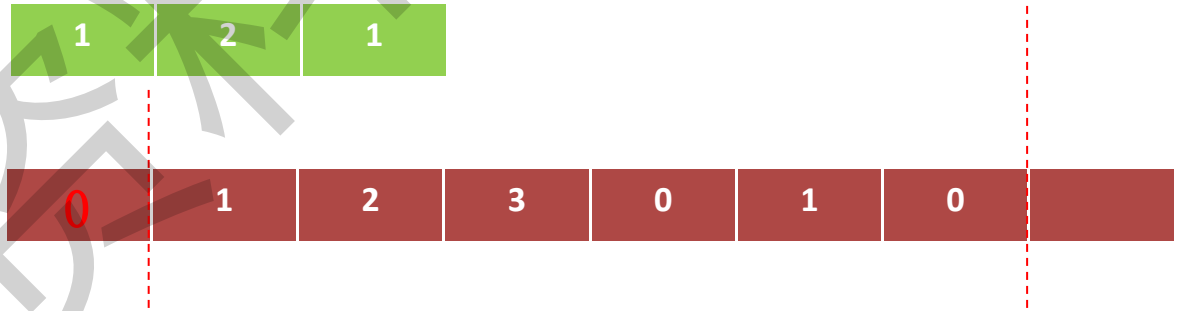



- 运算结果：

- padding：不够的位置补0

# 一维卷积

- same：　　卷积核中心在信号内

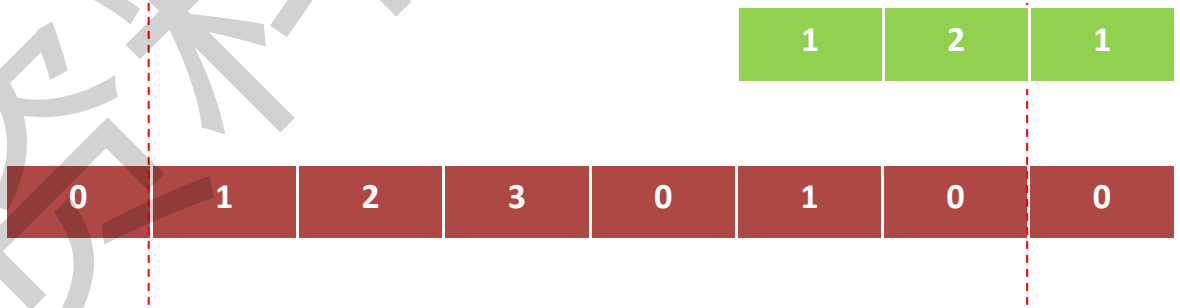



- 运算结果：


- padding：不够的位置补0

# 一维卷积

- same：　　卷积核中心在信号内

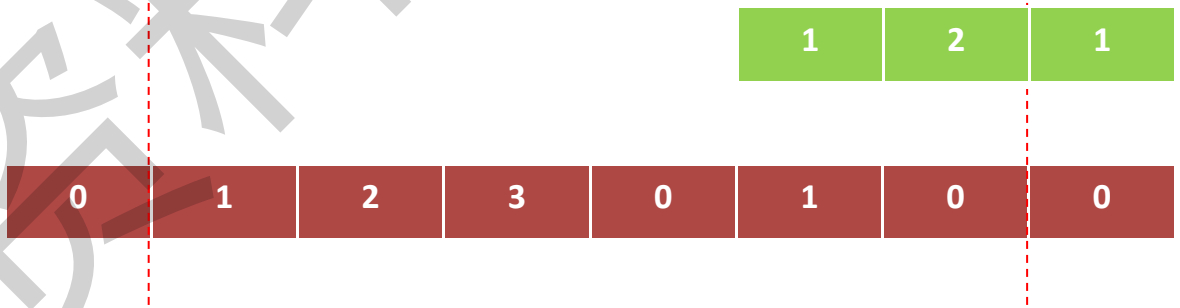



- 运算结果：


- padding：不够的位置补0

# 一维卷积

- same：　　卷积核中心在信号内

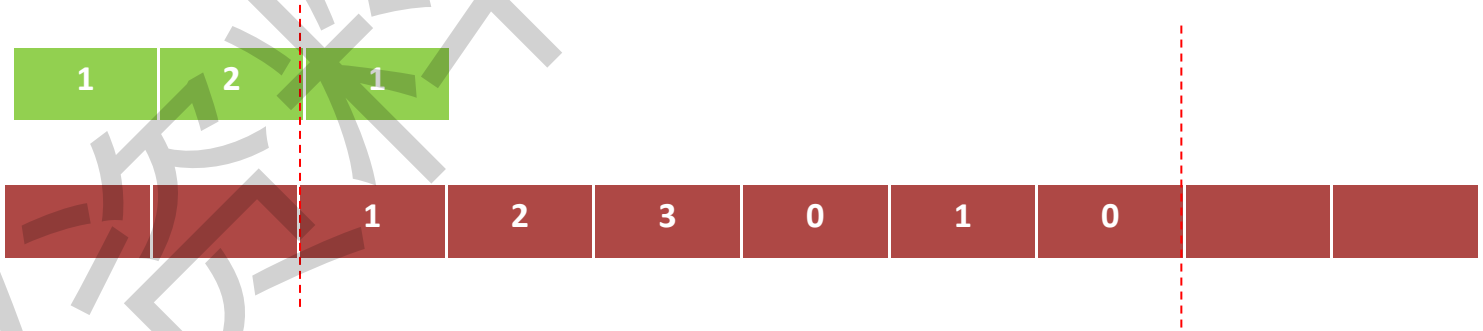



- 运算结果：


- padding：不够的位置补0

# 一维卷积

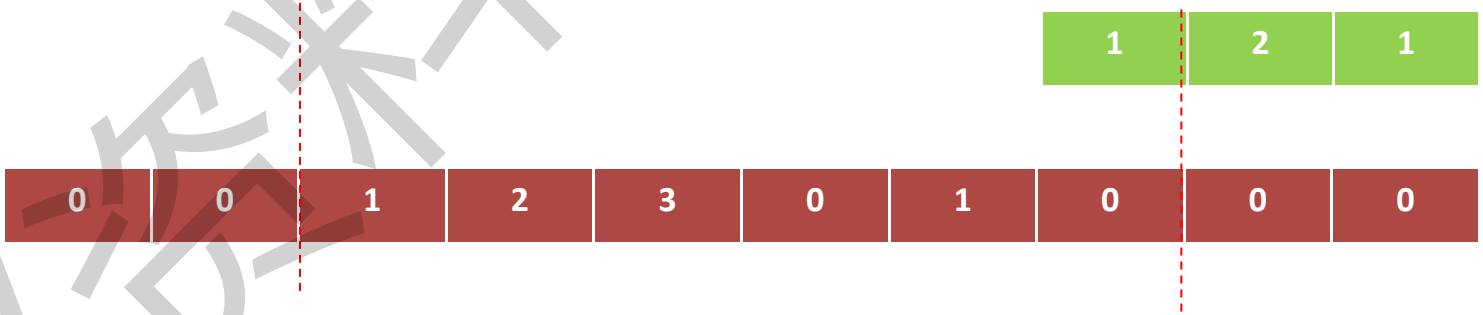
- full：　　卷积核边沿在信号内




- 运算结果：

# 一维卷积

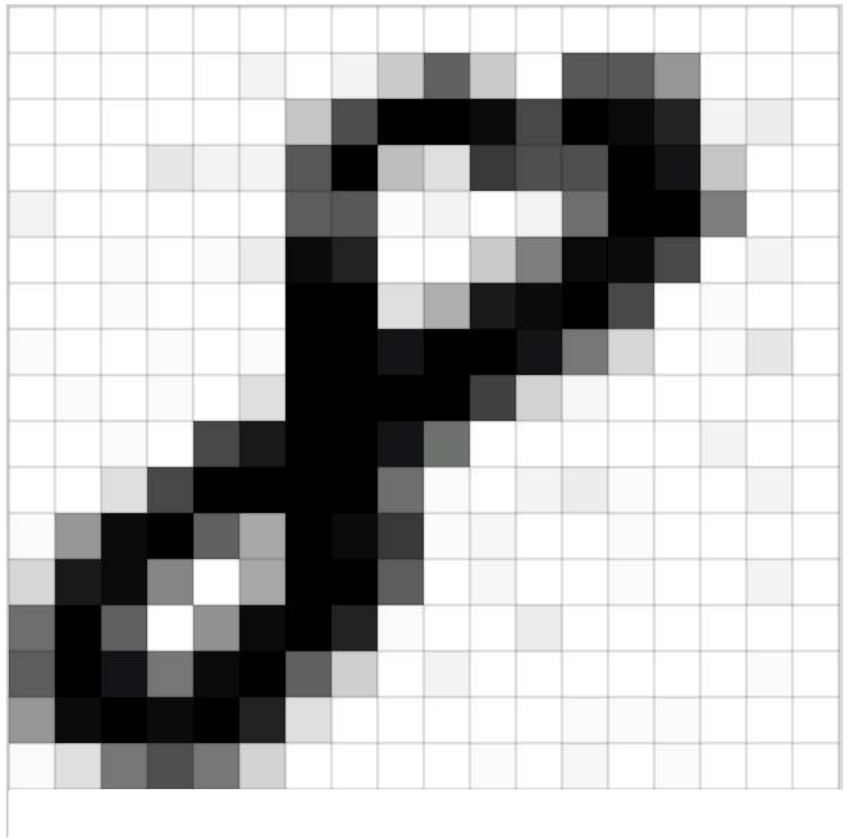
- full：　　卷积核边沿在信号内




- 运算结果：

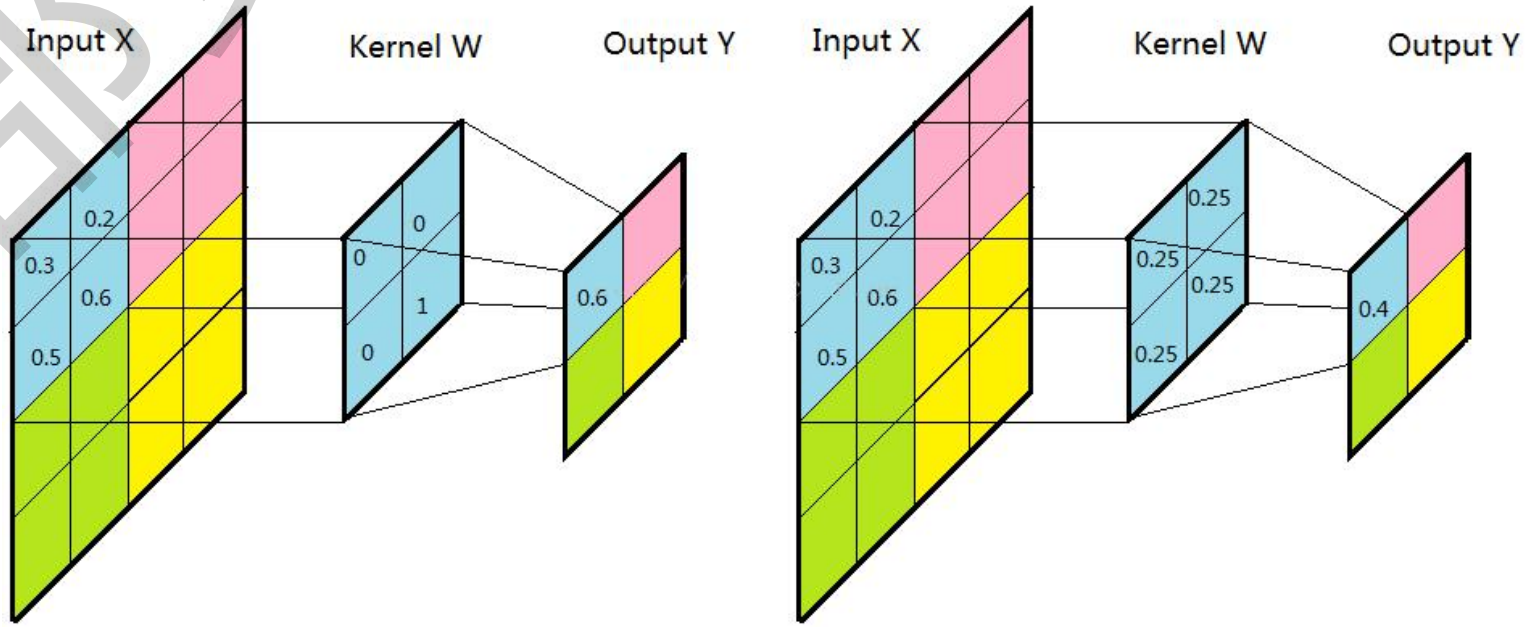
# 二维卷积运算

- 卷积通常用于图片的计算
- 图片在计算机底层就是一个矩阵
- 矩阵中的每个元素都是 0到255的整数



# 二维卷积

- 二维卷积参与运算的元素
  - 二维卷积核（filter）
  - 二维信号
- 计算过程
  - 滑动
  - 点积



# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

卷积核

=

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

# 二维卷积—计算方法

向量内积

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 1 | 0 0 | -1 -1 |
| 1 1 | 0 0 | -1 -1 |
| 1 1 | 0 0 | -1 -1 |

=

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

# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $3^{1}$ | $0^{0}$ | $1^{-1}$ | 2 | 7 | 4 |
| $1^{1}$ | $5^{0}$ | $8^{-1}$ | 9 | 3 | 1 |
| $2^{1}$ | $7^{0}$ | $2^{-1}$ | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

=

| | | | |
|---|---|---|---|
| -5 | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | $0^{1}$ | $1^{0}$ | $2^{-1}$ | 7 | 4 |
| 1 | $5^{1}$ | $8^{0}$ | $9^{-1}$ | 3 | 1 |
| 2 | $7^{1}$ | $2^{0}$ | $5^{-1}$ | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

=

| | | | |
|---|---|---|---|
| -5 | -4 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | $2^{1}$ | $7^{0}$ | $4^{-1}$ |
| 1 | 5 | 8 | $9^{1}$ | $3^{0}$ | $1^{-1}$ |
| 2 | 7 | 2 | $5^{1}$ | $1^{0}$ | $3^{-1}$ |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

=

| | | | |
|---|---|---|---|
| -5 | -4 | 0 | 8 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| $1^{1}$ | $5^{0}$ | $8^{-1}$ | 9 | 3 | 1 |
| $2^{1}$ | $7^{0}$ | $2^{-1}$ | 5 | 1 | 3 |
| $0^{1}$ | $1^{0}$ | $3^{-1}$ | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

=

| | | | |
|---|---|---|---|
| -5 | -4 | 0 | 8 |
| -10 | | | |
| | | | |
| | | | |

# 二维卷积—计算方法

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | $1^{1}$ | $7^{0}$ | $8^{-1}$ |
| 4 | 2 | 1 | $6^{1}$ | $2^{0}$ | $8^{-1}$ |
| 2 | 4 | 5 | $2^{1}$ | $3^{0}$ | $9^{-1}$ |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

=

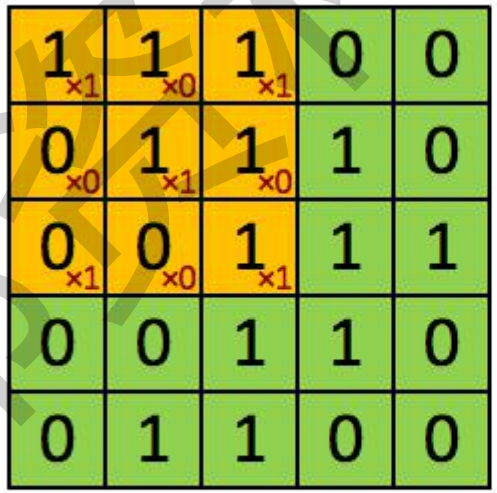
| | | | |
|---|---|---|---|
| -5 | -4 | 0 | 8 |
| -10 | -2 | 2 | 3 |
| 0 | -2 | -4 | -7 |
| -3 | -2 | -3 | 16 |

# 二维卷积--计算过程演示

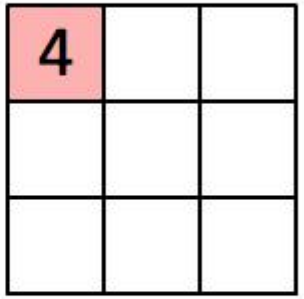
| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |

Filter – 过滤器

# 二维卷积--计算过程演示




Image



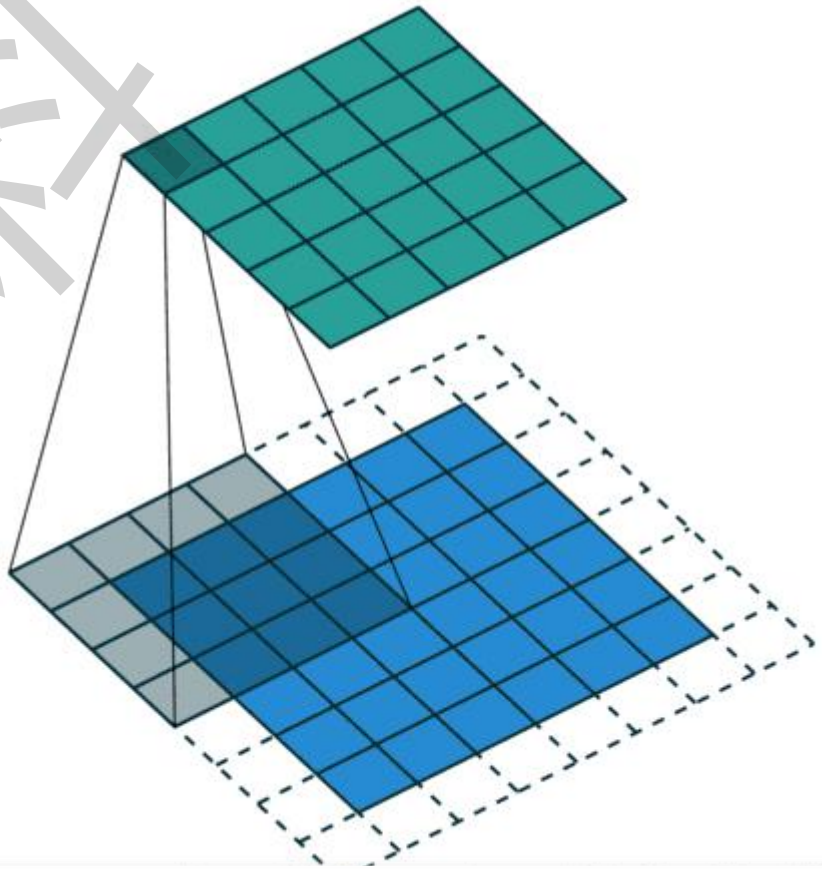

Convolved Feature

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |

Filter – 过滤器

# 二维卷积 — padding





带padding的卷积过程

Valid
Same
Full

# 二维卷积 – 练习题

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 1 | 3 1 | 1 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 0 | 1 0 | 3 0 |
| 0 | 1 | 3 | 1 -1 | 7 -1 | 8 -1 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

*

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -1 | -1 |

=

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

# 二维卷积 – 练习题

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |



* =

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

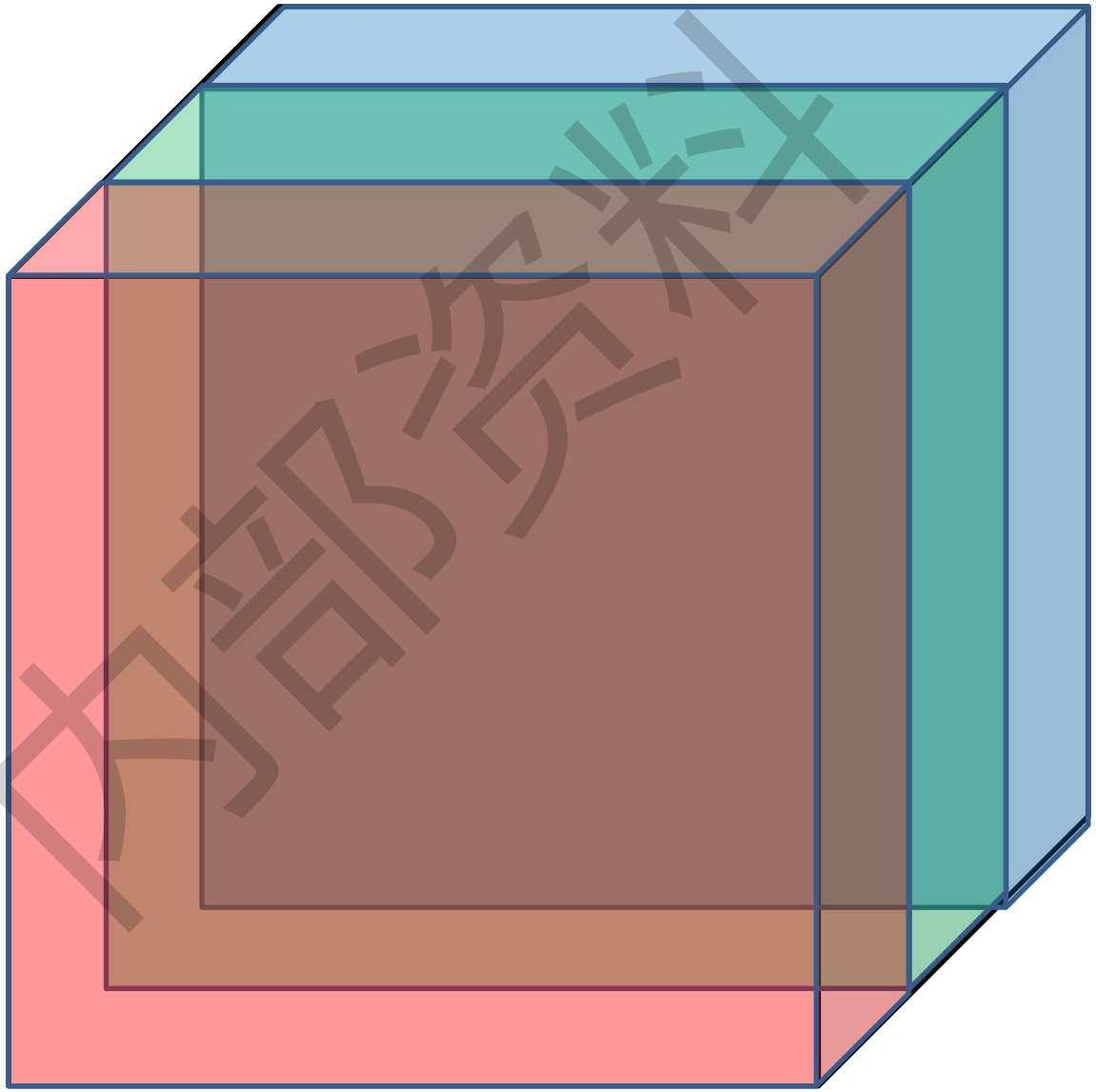
# 二维卷积 – 练习题

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 1 | 2 | 7 | 4 |
| 1 | 5 | 8 | 9 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 2 | 5 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 9 |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -1 | -1 |

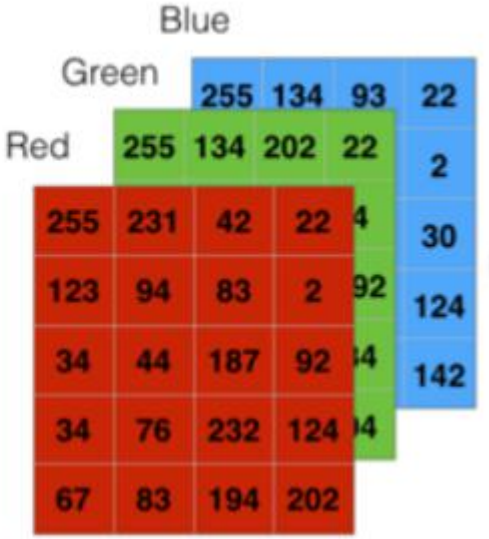
| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | -3 |
| | | | |
| | | | |

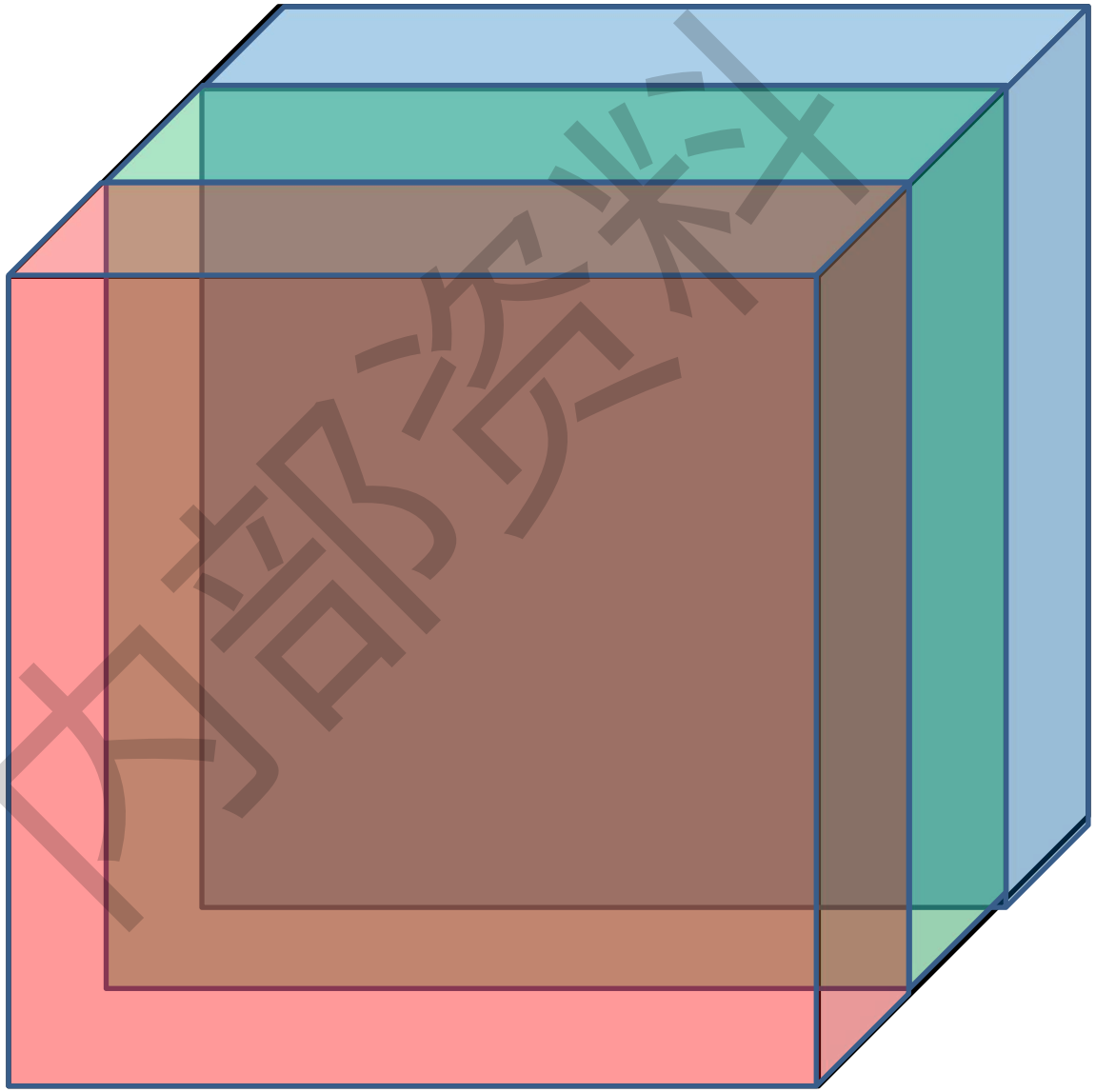
# 多通道卷积运算

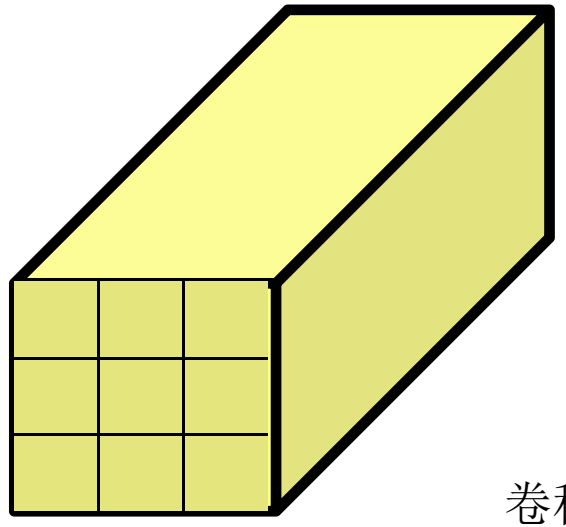


pixel image

imread







卷积核