

## chap-5 卷积神经网络

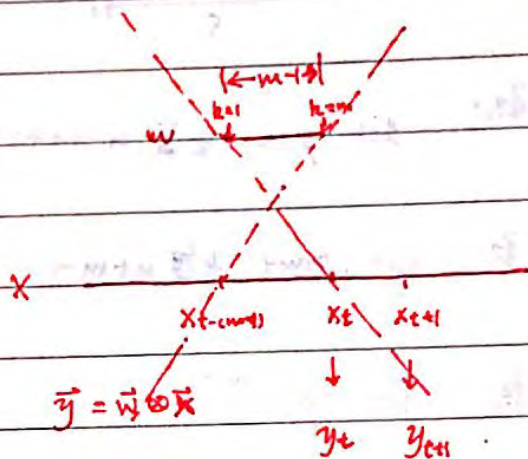
局部连接

权重共享

子采样

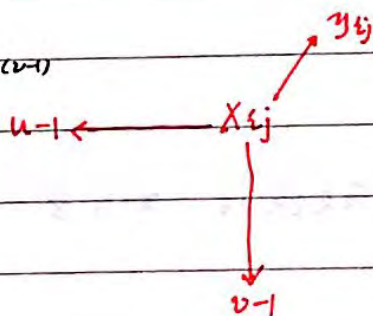
5.1 卷积

$$y_t = \sum_{h=1}^m w_h \cdot x_{t-h+1}$$



二维卷积

$$y_{ij} = \sum_{u=1}^m \sum_{v=1}^n w_{uv} \cdot x_{i-u+1, j-v+1}$$

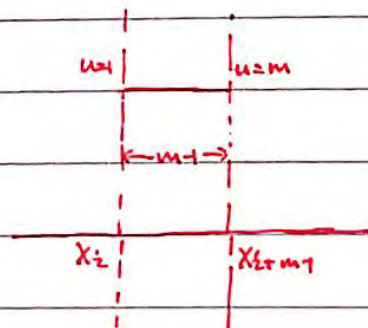


特征映射

5.1.1 互相关

$$y_{ij} = \sum_{u=1}^m \sum_{v=1}^n w_{uv} \cdot x_{i+u-1, j+v-1}$$

2D 不翻转卷积



No.

Date.

### 5.1.2 卷积的变种.

神经元数量, 而不是参数数量

$$\frac{n-m+2p}{s} + 1$$

窄卷积:  $s=1, p=0$ , 长度  $n-m+1$

宽卷积:  $s=1, p=m/2$ , 长度  $n+m-1$

等长卷积:  $s=1, p = \frac{m-1}{2}$

### 5.1.3 卷积的数学性质

⇒ 交换性

宽卷积具有交换性  $w \otimes x = x \otimes w$

⇒ 导数

$$y = w \otimes x$$



## 5.2 卷积神经网络

### 5.2.1 用卷积来代替全连接

$$\vec{z}^{(d)} = \vec{w}^{(d)} \otimes \vec{a}^{(d-1)} + b^{(d)}$$

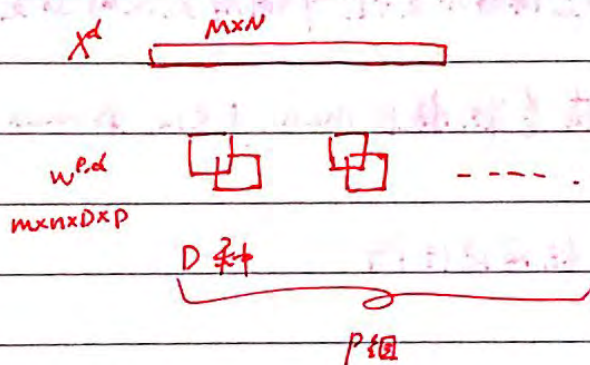
卷积

第 $d$ 层与第 $d-1$ 层神经元个数的关系

$$n^{(d)} = n^{(d-1)} - m + 1 \quad \leftarrow \underbrace{w_m^{(d)}}_1 + b_1$$

### 5.2.2 卷积层

特征映射



$$Y^p$$

$m' \times n' \times P$

$$z^p = w^p \otimes x + b^p = \sum_{d=1}^D w^{p,d} \otimes x^d + b^p$$

$$y^p = f(z^p)$$

总共需要  $P \times D \times (m \times n)$  个参数  
卷积核 偏置

No.

Date.

### 1.2.3 汇聚层

作用: 进行特征选择, 降低特征数量, 从而减少参数数量.

区域  $R_{mn}^d$   $m \times n$  块, 第  $d$  层

1. 最大汇聚  $y_{mn}^d = \max_{i \in R_{mn}^d} x_i$

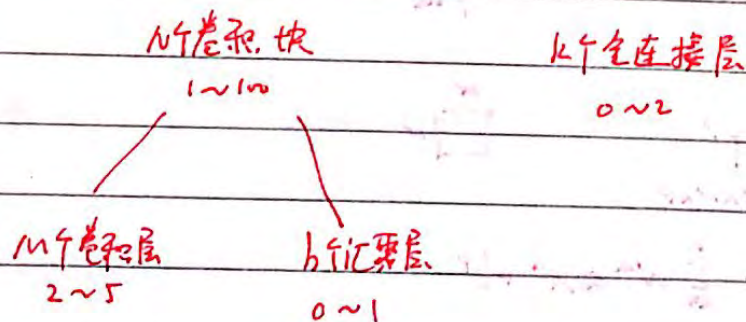
2. 平均汇聚

具有平移不变性.

局部形态保持不变性, 并拥有更大的感受野

可以看成卷积核为  $m \times n$ , 步长  $s \times s$  的 max 或 mean 运算.

### 1.2.4 典型的卷积神经网络结构





No.

Date.

## 5.4 几种典型的卷积神经网络

### 5.4.1 LeNet-5

7层

### 5.4.2 AlexNet

ReLU

Dropout

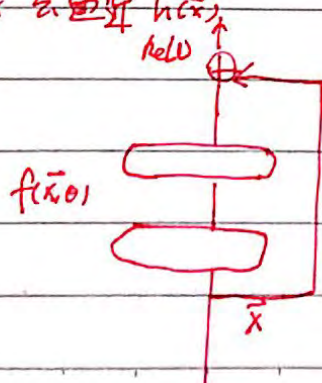
### 5.4.3 Inception网络

### 5.4.4 残差网络

一般：用一个非线性单元（卷积层）去逼近一个目标函数  $h(x)$

ResNet：用一个网络  $\dots f(x; \theta)$ ，去逼近一个残差函数  $h(x) - x$

用  $f(x; \theta) + x$  去逼近  $h(x)$



## 5.5 其他卷积方式

### 5.5.1 转置卷积

将低维到高维特征映射过程称为转置卷积，又称反卷积。

$$\vec{x} = C^T \vec{z}$$

$$= \text{rot}180(\vec{w}) \otimes \vec{z}$$

$p$  维向量  $\vec{z}$ ，卷积核大小  $m$ ，对  $\vec{z}$  两端补零  $p=m-1$ 。然后卷积，可以得到  $p+m-1$  维向量。

$$p < p+m-1$$

### 微小步卷积

在 ~~卷积核~~ 输入特征之间插入 0 来间接使得步长  $s$  变小。

$p$  维向量  $\vec{z}$ ，卷积核大小  $m$ ，对  $\vec{z}$  两端补零  $p=m-1$ ，并在两元素之间插入  $s-1$  个 0，然后进行步长为 1 的卷积，可以得到  $s \times (p-1) + m$  维的向量。

$$p < s \times (p-1) + m$$

### 5.5.2 空洞卷积

增加感受野

1. 增加卷积核大小
2. 增加层数
3. 卷积之前进行稀释
4. 空洞卷积



No.

Date.

将差核插入链中，每两个元素之间插入  $d-1$  个空链，差核的有效大小为

$$m' = m + (m-1) \times (d-1)$$

$d$  膨胀率