

1. 神经元和人脑

1. 人脑

- 有1000多个模块
- 每个模块有1000以上的网络
- 每个模块中的每个网络有10万以上的神经元

2. 神经元



2. 人工神经网络

1. 模仿人脑，以神经元为单位的并行处理系统

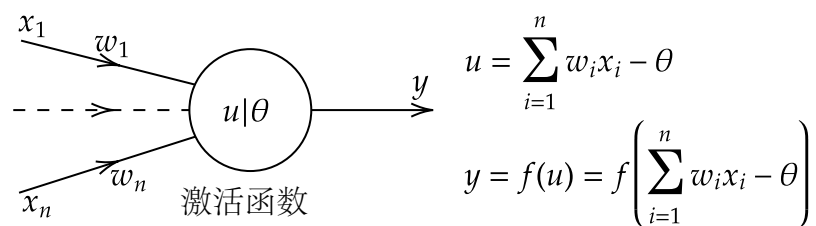
2. 根据输入及输出是脉冲串还是脉冲的平均点火率（发放率）可分成 **平均点火率神经网络（AFRNN — Average Firing Rate Neural Networks）** 及 **脉冲神经网络（SNN — Spiking Neural Networks）**

3. 研发人工神经网络的目的

- 实现模仿人脑的功能并应用于实际
- 神经计算（得到一些算法）

4. 模型三大要素

(1) 神经元输入与输出之间的关系

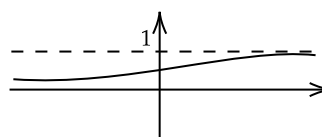


a. 线性: $y = u$

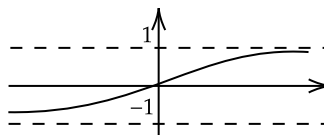
b. 符号函数: $y = \text{sgn}(u) = \begin{cases} 1 & u > 0 \\ 0 & u = 0 \\ -1 & u < 0 \end{cases}$

c. sigmoid 函数

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-u)}$$

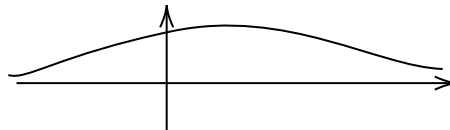


$$y = \frac{1}{2} \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}}$$



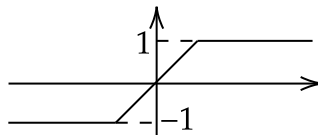
d. 高斯函数

$$y = \exp\left(-\frac{(u-c)^2}{2\sigma^2}\right)$$



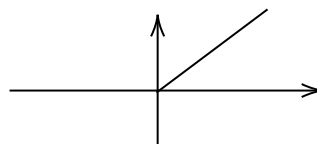
e. 分段函数

$$y = \begin{cases} 1 & u \geq 1 \\ u & -1 < u < 1 \\ -1 & u \leq -1 \end{cases}$$



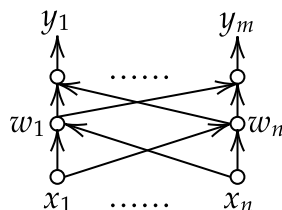
f. ReLu 函数

$$y = \begin{cases} u & u \geq 0 \\ 0 & u < 0 \end{cases}$$

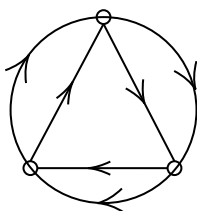


(2) 拓扑结构（神经元之间的连接）

- 前馈结构



- 全反馈结构



(3) 学习算法

- 有监督学习 (supervised learning)

已知输入样本 $\{\vec{x}^1, \vec{x}^2, \dots, \vec{x}^N\}$, 对应输出 $\{\vec{y}^1, \vec{y}^2, \dots, \vec{y}^N\}$,

其中 $\vec{x}^p \in R^n, p = 1, 2, 3, \dots, N$ $\vec{y}^p \in R^n, p = 1, 2, 3, \dots, N$

输入和输出之间满足的关系为 $y_j^p = f(u_j) = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ji} x_i^p\right)$

要求的输出（教师） $\{\vec{d}^1, \vec{d}^2, \dots, \vec{d}^N\}$ ，其中 $\vec{d}^p \in R^n, p = 1, 2, 3, \dots, N$

要求调节所有的权使得目标函数 Γ 最小，表达式如下：

$$\Gamma = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^N \sum_{j=1}^m (d_j^p - y_j^p)^2 = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^N \left\| \vec{d}^p - \vec{y}^p \right\|^2$$

- 无监督学习（unsupervised learning）

$$x_i \xrightarrow{w_{ji}} y_j \quad \begin{array}{l} \Delta w_{ji} = \eta x_i y_j \\ \text{or } \Delta w_{ji} = \eta (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y}) \quad \eta > 0 \\ x_i > \bar{x} \text{ 且 } y_j > \bar{y}, \text{ 权重加强, 否则权重减弱} \end{array}$$

5. 发展历程

- 1943年，简单阈值的神经元模型（无学习能力）
- 1949年，Hebb 规则（无监督学习）
- 1958年，感知器（Perception），有监督学习
- 1982年，全反馈 Hopfield模型，引入能量函数
- 1986年，BP学习算法
- 90年代，linking model
- 90年代，自组织映射网络
- 90年代，SVM，支撑向量机
- 90年代，RBF（径向量）
- 90年代，用神经网络进行PCA（主元分析）
- 90年代，ICA（独立元分析）
- 1995年，时空编码的SNN是一个重要的研究内容
- 2006年，深度学习（每层无监督学习，从上到下有监督学习）