

神经网络

神经元模型

- 神经网络是由具有适应性的简单单元组成的广泛并行互连的网络，它的组织能够模拟生物神经系统对真实世界物体所作出的交互反应。
- 神经网络最基本的成分是神经元模型，即“简单单元”。

M-P神经元模型

神经元接收到来自n个其他神经元传递过来的输入信号，这些输入信号通过权重的连接进行传递，神经元接收到的总输入值将与神经元的阈值进行比较，然后通过“激活函数”处理以产生神经元的输出。

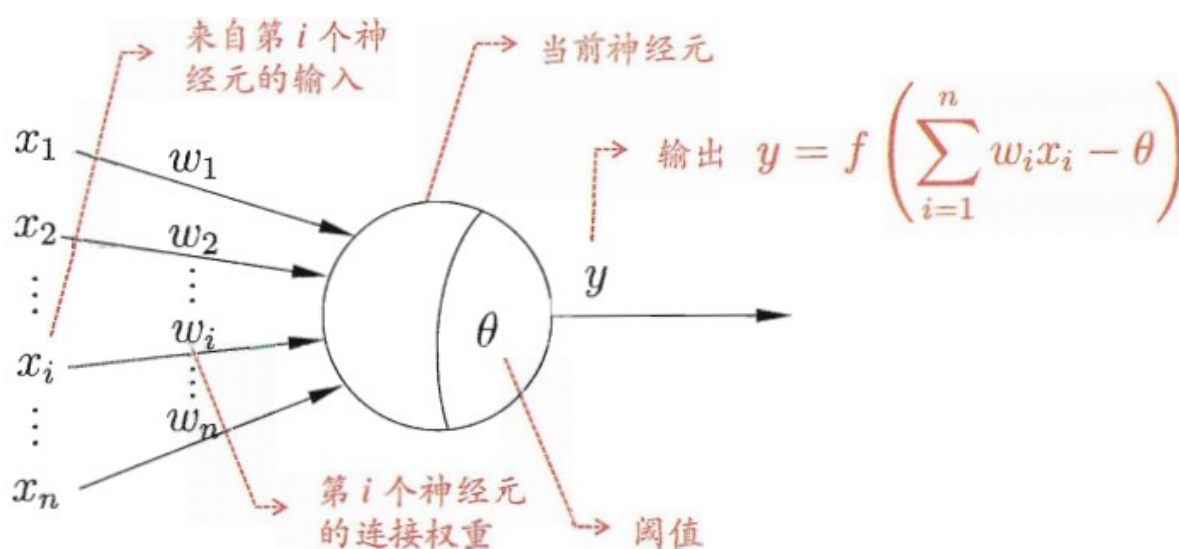


图 5.1 M-P 神经元模型

激活函数

1. 阶跃函数

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

2. Sigmoid 函数

$$\text{sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

感知机与多层网络

感知机由两层神经元组成，输入层接受外界输入信号后传递给输出层，输出层是 M-P 神经元，亦称“阈值逻辑单元”。

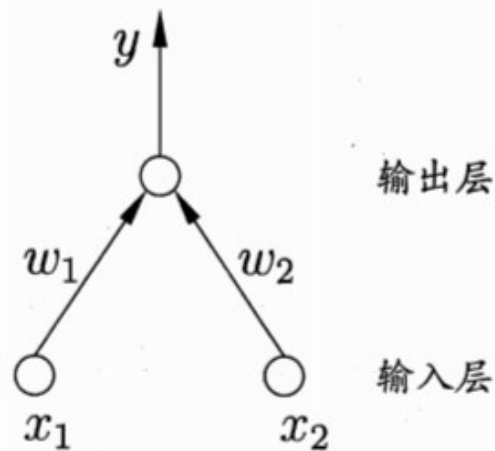


图 5.3 两个输入神经元的感知机网络结构示意图

给定训练数据集，权重 $w_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 以及阈值 θ 可通过学习得到。

对训练样例 (x, y) ，其中 $y = f(\sum_i w_i x_i - \theta)$ ，若当前感知机的输出为 \hat{y} ，则感知机权重调整为：

$$w_i \leftarrow w_i + \Delta w_i$$

$$\Delta w_i = \eta(y - \hat{y})x_i$$

其中 $\eta \in (0, 1)$ 称为学习率，若感知机对训练样例 (x, y) 预测正确，即 $y = \hat{y}$ ，则感知机不发生变化，否则将根据错误的程度进行权重调整。

- 感知机只能解决**线性可分问题**。
- 多层前馈神经网络：每层神经元与下一层神经元全互连，神经元之间不存在同层连接，也不存在跨层连接。其中输入层神经元接受外界输入，隐层与输出层神经元对信号进行加工，最终结果由输出层神经元输出。
- 神经网络的学习过程：根据训练数据来调整神经元之间的连接权以及每个功能神经元的阈值。

误差逆传播算法

输入: 训练集 $D = \{(x_k, y_k)\}_{k=1}^m$;
学习率 η .

过程:

- 1: 在(0, 1)范围内随机初始化网络中所有连接权和阈值
- 2: **repeat**
- 3: **for all** $(x_k, y_k) \in D$ **do**
- 4: 根据当前参数和式(5.3) 计算当前样本的输出 \hat{y}_k ;
- 5: 根据式(5.10) 计算输出层神经元的梯度项 g_j ;
- 6: 根据式(5.15) 计算隐层神经元的梯度项 e_h ;
- 7: 根据式(5.11)-(5.14) 更新连接权 w_{hj} , v_{ih} 与阈值 θ_j , γ_h
- 8: **end for**
- 9: **until** 达到停止条件

输出: 连接权与阈值确定的多层前馈神经网络

图 5.8 误差逆传播算法

其他神经网络

1. RBF 网络

$$\varphi(x) = \sum_{i=1}^q w_i \rho(x, c_i)$$

$$\rho(x, c_i) = e^{-\beta_i \|x - c_i\|^2}$$

2. ART 网络

网络的输出神经元相互竞争, 每一时刻仅有一个竞争获胜的神经元被激活, 其他神经元的状态被抑制。

3. SOM网络

高维输入数据映射到低维空间, 同时保持输入数据在高维空间的拓扑结构, 即将高维空间中的相似的样本点映射到网络输出层的邻近神经元。

4. 级联神经网络

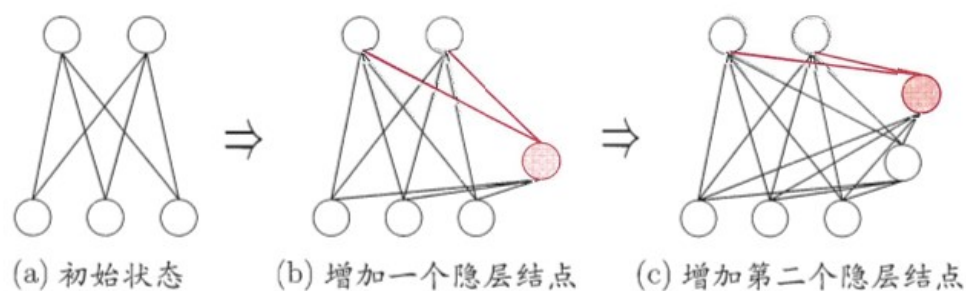


图 5.12 级联相关网络的训练过程. 新的隐结点加入时, 红色连接权通过最大化新结点的输出与网络误差之间的相关性来进行训练.

5. Elman 网络

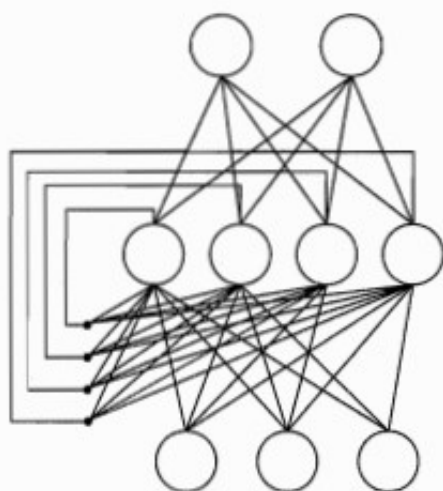


图 5.13 Elman 网络结构

6. Boltzmann 机

令向量 $\mathbf{s} \in \{0, 1\}^n$ 表示 n 个神经元的状态, w_{ij} 表示神经元 i 与 j 之间的连接权, θ_i 表示神经元 i 的阈值, 则状态向量 \mathbf{s} 所对应的 Boltzmann 机能量定义为

$$E(\mathbf{s}) = - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_{ij} s_i s_j - \sum_{i=1}^n \theta_i s_i$$

深度学习

1. 预训练+微调
2. 权共享