

光信号再通过 Hopfield 阵列单元 $J_{i,i}$ 调制后,由光电二极管接收,并把它转换成电信号送给电子元件进行阈值处理。这样,我们可以在 Hopfield 光电网络基础上方便灵活地研究各种连接权重函数对联想能力的影响。

离散神经网络的关联优化存储

郭东辉 陈振湘 刘瑞堂 吴伯信

(厦门大学物理系,厦门 361005)

离散 Hopfield 神经网络是一个比较典型的联想存储模型,它的存储容量一直是人们关心的问题。已有不少文章对它进行详细分析后认为:对于随机的存储样本,该离散神经网络的存储容量 $M \sim 0.15N$ (N 为神经元数目)。但是在目前的集成工艺条件下,要获得较大规模的神经网络系统是有困难的,因此,为了能够在神经元数目 N 有限的神经网络中存储足够多的有一定收敛半径的稳定样本以便实用,本文分析了不同关联分布的存储样本对神经网络联想性能的影响,提出了在离散神经网络中选取存储样本的关联优化规则。

离散 Hopfield 神经网络系统的联想矩阵 $W = \text{SGN}(X^T X)$,其中: $X = (S_i^m)$ 是 $N \times M$ 阶的 ± 1 矩阵, N 为神经元个数, M 为存储样本的个数, $\text{SGN}(\ast)$ 为截值函数以便光学实现;且系统的动力学方程为:

$$S_i(t+1) = \sigma[\sum_j W_{ij} S_j(t) - \theta_i] \quad i, j = 1, \dots, N.$$

$$\text{其中 } \sigma(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}, \theta_i = 0 \quad i = 1, \dots, N.$$

设神经网络的各存储样本 X 的关联分布函数 $\psi(q, \delta, \zeta)$,其中: q 为各存储样本的平均关联系数 ($q = S^T S = N - 2d_H, d_H$ 为汉明距离的平均值), δ 为关联系数的均方根, ζ 为存储样本矩阵 $X=(S_i^m)$ 列元素和的最大值。通过计算分析得出:当神经元个数 N 和各存储样本的收敛半径 γ 一定时,系统存储容量 M 与 q 、 δ 、 ζ 有关, q 、 δ 和 ζ 的值越小,可存储容量 M 越大。由此本文提出了离散 Hopfield 神经网络的关联优化存储规则:各存储样本互关联系数应尽量小(即正交)且相等;存储样本矩阵 X 中列元素的和应尽量小。

根据优化存储的规则,如下选取 $N=7, M=4$ 的存储样本 S^m :

$$X = \begin{matrix} S^1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ S^2 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ S^3 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ S^4 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{matrix}$$

由该组存储样本 X 构成的联想矩阵网络,各样本 S^m 的系统能量均相等且较低,具有理想的联想收敛性质。因此,在神经元个数 N 较少的联想矩阵(如 7×7 、 15×15 的光并行计算矩阵)中,如用按关联优化存储规则选取的各存储样本存储的神经网络均有很强的联想纠错性质,可望在通讯纠错中得到应用。