

# 基于离散 Hopfield 神经网络的噪声数字识别

江 铁<sup>1</sup> 曹龙汉<sup>2</sup> 孙 奥<sup>1</sup>

(解放军重庆通信学院应急通信重庆市重点实验室 重庆 400035)<sup>1</sup>

(解放军重庆通信学院机电教研室 重庆 400035)<sup>2</sup>

**摘 要** 在 Hebb 学习规则的基础上,运用离散 Hopfield 神经网络的联想记忆能力,对含有噪声而产生畸变的 0~9 数字进行了识别。通过改进神经网络的记忆样本,即先对记忆样本做正交化处理,再对改进后的记忆样本进行学习,得到相应的权值矩阵,然后利用改进后的离散 Hopfield 神经网络根据待识别噪声数字的信息联想已记忆的数字。实验结果表明,改进后的神经网络对噪声数字有较好的识别效果,提高了记忆能力和识别的正确率。

**关键词** 离散 Hopfield, 正交化, 噪声数字识别

中图分类号 TP391.9 文献标识码 A

## Noise-figure Recognition Based on Discrete Hopfield Neural Network

JIANG Tie<sup>1</sup> CAO Long-han<sup>2</sup> SUN Ao<sup>1</sup>

(Emergency Communication of Chongqing Key Laboratory, The PLA Chongqing Communication College, Chongqing 400035, China)<sup>1</sup>

(Mechanical and Electrical Department, The PLA Chongqing Communication College, Chongqing 400035, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Based on the Hebb learning rule, noised and distortion figures of 0~9 were identified, using the associative memory ability of discrete Hopfield neural network. Through improving the memory samples, which is to be orthogonal, and using Hebb rule to learn the improved memory sample, the weight value matrix was obtained, the noise figure would be identified according to the information of noise figure. The identification experiment on noise figure by using the improved Hopfield neural network shows that the method improves the memory capability and the correct-identification rate of traditional network.

**Keywords** Discrete Hopfield, Orthogonalization, Noise-figure recognition

## 1 引言

神经网络是一种模拟生物神经系统的信息处理模型,它具有高度自主并行处理以及自适应学习等能力,在模式识别问题上表现出一定的优势<sup>[2]</sup>。神经元的工作原理实际上是一系列联想、记忆、比较、推理和归纳的过程,神经网络正是模拟这一生物机理,解决文献检索智能识别<sup>[5]</sup>。

Hopfield 神经网络是一种重要的神经网络模型,可用于联想记忆、函数优化和模式识别等相关领域<sup>[3]</sup>。Hopfield 网络模拟了生物神经网络的记忆功能,利用神经网络的良好容错性,识别出不完整、污损的、畸变的输入样本<sup>[6]</sup>。传统的离散 Hopfield 采用外积法学习权值<sup>[2,3]</sup>,对一些关联性很强的样本,无法正确记忆住,从而无法正确识别。本文针对传统离散 Hopfield 神经网络的确,采用 Schmidt 正交化法对样本进行预处理<sup>[7]</sup>,减少记忆样本的关联性,然后对处理后的样本进行权值学习,这样有效地解决了传统网络无法识别关联性很强的记忆样本的问题,并把这种方法应用于识别噪声数字,取得了较好的效果。

## 2 离散 Hopfield 神经网络识别噪声数字

离散 Hopfield 神经网络是一种单层全反馈网络,共有  $n$  个神经元。每个神经元都通过连接接收其他所有神经元反馈来的信息,其目的是让任一神经元的输出能接受其它所有神经元输出的控制,从而使各神经元能相互制约。其结构如图 1 所示。

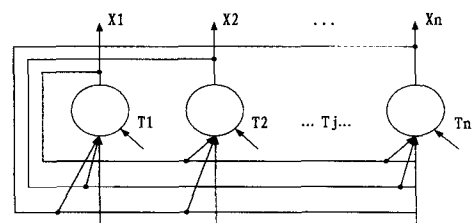


图 1 离散 Hopfield 神经网络结构图

离散 Hopfield 神经网络主要用于联想记忆。网络中的每个神经元都有相同的功能,其输出称为状态,用  $X_j$  表示 ( $X_j$  表示神经元  $j$  的状态输出),所有神经元状态的集合就构

本文受重庆市自然科学基金研究项目(CSTC, 2009AC2032, CSTC, 2010AC2037)资助。

江 铁(1986-),男,硕士生,主要研究方向为数字图像处理,E-mail:jiangtie.nupt@gmail.com。

成了反馈网络的状态:  $X=[X_1, X_2, X_3, \dots, X_n]$ ; 反馈网络的输入就是网络的初始状态值, 可以表示为:  $X(0)=[X_1(0), X_2(0), X_3(0), \dots, X_n(0)]$ 。网络在外界激发作用下从初始状态进入动态演变的过程,  $X_j(t+1)=f(\text{net}_j)$ , 其中  $f$  为转移函数,  $\text{net}_j$  为神经元  $j$  的净输入。离散 Hopfield 神经网络的转移函数常用符号函数表达, 符号函数如下:

$$X_j(t+1)=\text{sgn}(\text{net}_j)=\begin{cases} +1, & \text{net}_j \geq 0 \\ -1, & \text{net}_j < 0 \end{cases} \quad (1)$$

净输入:

$$\text{net}_j = \sum_{i=1}^n (W_{ij} X_i - T_j), i=1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

对于离散 Hopfield 神经网络来说, 一般有  $W_{ii}=0, W_{ij}=W_{ji}$  (表示的是对称矩阵)。网络稳定时, 每个神经元的状态都不再改变, 此时的稳定状态就是神经网络的联想记忆出的结果。

离散 Hopfield 神经网络进行噪声数字识别的实现步骤为:

- ① 设定记忆模式。将欲存储的模式进行编码, 得到取值 1 和 -1 的记忆模式。
- ② 设定网络的权值。一般采用外积法, 计算完毕后, 其保持不变。
- ③ 初始化网络的状态。将欲识别模式设为网络状态的初始状态, 这里的初始状态就是添加一定概率噪声后的数字。
- ④ 迭代收敛。根据式(1)和式(2)随机地选取某一个神经元的状态, 反复迭代直至网络中所有神经元的状态不变为止。
- ⑤ 输出神经网络的稳定状态。

步骤①和步骤②是网络的记忆过程, 步骤③到步骤⑤是网络联想过程。通过实验发现, 未经任何改进的离散 Hopfield 神经网络对噪声数字的识别效果不理想, 其结果将在分析中给出。

### 3 改进离散 Hopfield 神经网络

当需要记忆的样本两两正交时, 使用外积法学习权值能使每个记忆样本处于神经网络的稳定点上。但是在实际的应用环境中, 由于样本的多样性, 无法保证记忆样本两两是正交的, 因此使用外积法学习权值不能保证使每个记忆样本都能处于神经网络的稳定点上。

所以, 对于任何一组记忆样本, 先使用正交化方法对记忆样本进行预处理, 使得任意记忆样本两两正交。一般用 Schmidt 正交化法, Schmidt 的计算公式如下:

假设记忆样本有  $N$  个, 分别为:

$$\partial_1, \partial_2, \partial_3, \dots, \partial_N$$

$$\beta_1 = \partial_1$$

$$\beta_2 = \partial_2 - \frac{(\partial_2, \beta_1)}{(\beta_1, \beta_1)} \cdot \beta_1$$

⋮

$$\beta_N = \partial_N - \frac{(\partial_N, \beta_1)}{(\beta_1, \beta_1)} \cdot \beta_1 - \dots - \frac{(\partial_N, \beta_{N-1})}{(\beta_{N-1}, \beta_{N-1})} \cdot \beta_{N-1}$$

记忆样本正交化处理完毕后, 使用外积法学习权值, 这样可确保每个记忆样本都能处于神经网络的稳定点上, 当用含有部分信息的样本激发网络运行后, 网络能逐渐收敛到稳定的样本上。

离散 Hopfield 神经网络识别噪声数字的程序流程图如图 2 所示。

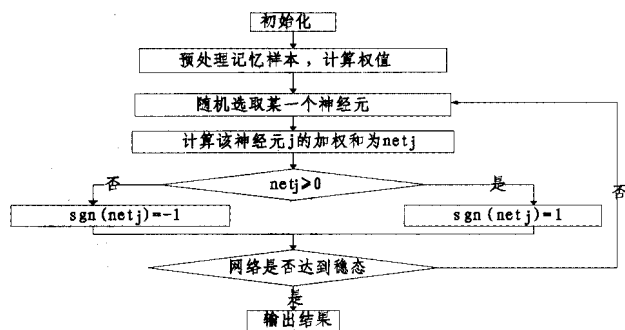


图 2 离散 Hopfield 神经网络识别噪声数字的流程图

其中,  $\text{net}_j$  为网络的节点的加权输出值。  $\text{sgn}(\text{net}_j)$  是  $j$  节点通过双极性函数后的取值。

### 4 实验结果分析

实验中采用的样本是 0~9 这 10 个数字, 用 Matlab 语言编程实现<sup>[4]</sup>。对于离散 Hopfield 神经网络, 基于同样的记忆样本, 在加入相同噪声比例的情况下, 不对记忆样本做预处理与对记忆样本进行正交化处理后的网络识别的结果如表 1 所列。

从识别的结果可以很容易地看出, 在样本加入相同噪声比例的情况下, 记忆样本未做处理的离散 Hopfield 神经网络在识别噪声数字时会出现无法正确识别的情况, 而经正交化处理后的神经网络提高了识别噪声数字的正确率。

实验中, 对记忆样本 0~4 做进一步分析可知, 在加入不同噪声比例的情况下, 使用这两种方法分别识别 20 次, 统计的识别正确率如表 2 所列。

从表 2 中比较可以得出, 在样本含有相同噪声比例的情况下, 对于同一个样本, 改进后的离散 Hopfield 神经网络对噪声数字识别的正确次数要多于未改进的网络, 如在样本含噪声比例为 0.3 时, 样本 2、样本 3 等; 不同的样本, 随着样本所含噪声比例的增加, 改进前的网络与改进后的网络识别的正确率都有所降低, 但改进后的网络识别的正确率明显要高于改进前的网络, 如样本 1、样本 4 等; 在改进网络前, 样本 2、样本 3 都没有被网络记住, 通过该方法对样本改进后, 其能被网络记住, 并且改进后的网络明显比未改进的网络识别噪声样本的正确率要高。

在试验中发现, 当噪声比例增加时存在误识别的情况。如何进一步减少网络中存在的伪稳态, 如何从网络权值的学习方法的改进与样本的预处理方法相结合来进一步提高高噪声比例情况下网络识别样本正确率的问题, 这是在以后工作中需要进一步提高的地方。

表1 样本未作处理与样本正交化处理后识别结果比较

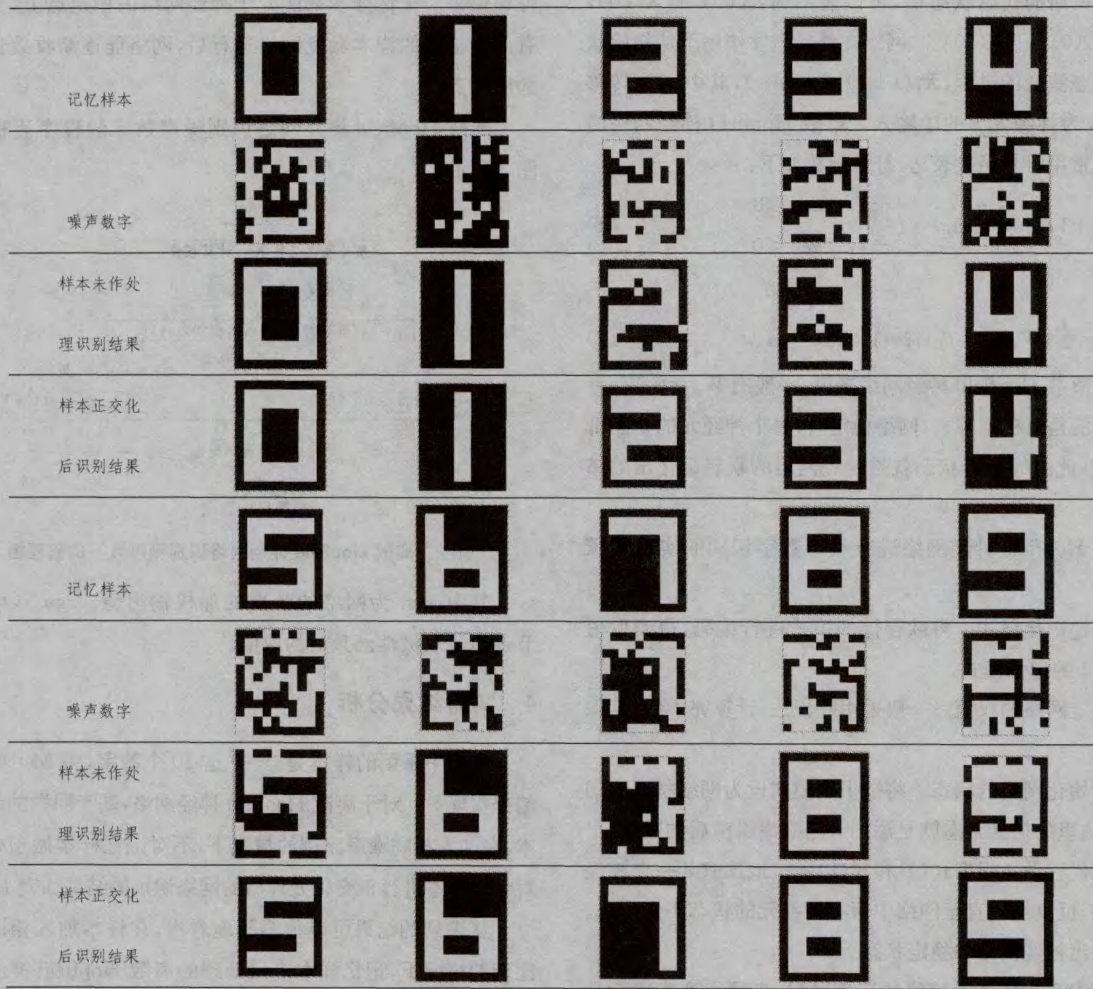


表2 对记忆样本正交化处理前后的识别正确率(%)

样本	样本中噪声的比例	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	未处理	100	95	85	75	50
	处理后	100	100	100	95	75
1	未处理	100	75	75	50	25
	处理后	100	100	100	90	75
2	未处理	95	95	75	60	40
	处理后	100	100	90	80	75
3	未处理	95	80	80	60	50
	处理后	100	100	90	85	55
4	未处理	100	95	85	70	60
	处理后	100	100	100	100	80

**结束语** 本文采用先对记忆样本进行正交化预处理的方法来改进离散 Hopfield 神经网络对噪声数字的识别,从实验结果可以看出,其达到了很好的效果,且该方法简单、易实现,具有很高的应用价值。

### 参考文献

[1] 曾水玲,杨静宇,徐蔚鸿.一种模糊 Hopfield 网络的学习算法及性质[J]. 计算机科学,2010,37(12):206-208  
 [2] 王耀南.智能信息处理技术[M].北京:高等教育出版社,2003:116-231

[3] 高隼,神经网络原理及仿真[M].北京:机械工业出版社,2003,7:95-118  
 [4] 王洪元. MATLAB 语言及其在电子信息工程中的应用[M].北京:清华大学出版社,2006:286-329  
 [5] 涂立,黄雪华,谭跃.基于离散 Hopfield 神经网络的数据智能识别[J]. 信息技术,2009,2:28-29  
 [6] 任子真,刘金卓.神经网络在车牌字符识别中应用[J]. 网络技术,2010,2:129-130  
 [7] 张学勇.基于 Hopfield 网络识别手写数字的研究[D].南京:南京信息工程大学,2010  
 [8] 安博,杨淑莹,等.基于改进 Hopfield 神经网络的手写字符识别[J]. 天津理工大学学报,2009,25(4):49-52  
 [9] 孙红辉,姚良,等.基于神经网络的图像识别方法研究[J]. 光学技术,2008,34:173-174  
 [10] 孟祥武,程虎.基于任意给定训练集的离散型 Hopfield 网学习算法[J]. 软件学报,1998,9(3):213-216  
 [11] 王宇,何小海.改进的 Hopfield 网络图像复原[J]. 计算机工程,2009,33(17):54-56  
 [12] Bai Chuan-zhi. Global Stability of Almost Periodic Solutions of Hopfield Neural Networks with Neutral Time-Varying Delays [J]. Applied Mathematics and Computation,2008(203):72-79