

再谈基于分类思想的联想记忆神经网络

吴集林¹, 赵 怡¹, 王建根²

(1. 中山大学数学系, 广东 广州510275;

2. 佛山广播电视大学, 广东 佛山 528000)

摘 要: 探讨了 CANN 网络的伪吸引子情况, 证明了网络最多只有 1 个伪吸引子, 即所谓的“空白模式”. 并设计出异联想记忆网络模型结构.

关键词: 伪吸引子; 联想记忆神经网络

中图分类号: O235 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2001) 06-0107-03

文[1]利用大脑的分类思想设计出了2层结构的自联想记忆网络模型结构. 网络由2层神经元X层、Z层组成, 其中X层含n个神经元, Z层含p个神经元, 这里, n为模式向量的维数, p为存贮样本的数目. 每个神经元的状态为-1或1, X层到Z层的权矩阵记为 $W_{n \times p}$, Z层到X层的权矩阵记为 W^T , Z层的阈值向量为 $a = (a_1, a_2, \dots, a_p)$, X层的阈值向量为 $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, 网络的运算过程如下: 对网络层输入一初始向量 $X(0)$, 在网络中反复运行, 经过k步以后X层得到状态 $X(k)$, $Z(k) = \text{sgn}(X(k)W - a)$, $X(k+1) = \text{sgn}(Z(k)W^T - b)$, 如果 $X(k+1) = X(k)$, 则 $X(k)$ 为稳定状态.

设有p个存贮样本 $X^1, X^2, \dots, X^p$, 其中, $X^u = (x_1^u, x_2^u, \dots, x_n^u)$, $u=1, 2, \dots, p$.

网络的权值和阈值设定见文[1].

对于CANN^[1], 文[1]已证明了每个样本模式为稳定模式, 每个样本模式有一定的吸引域, 其吸引域在平均意义上达到了最大值. 本文探讨CANN的伪吸引子情况, 并利用大脑的分类思想设计异联想记忆模型结构模型.

1 网络的伪吸引子

为证明的方便, 设 $x > 0$ 时, $\text{sgn}(x) = 1$; 当 $x \leq 0$ 时, $\text{sgn}(x) = -1$.

引理1 若对任一 $i = 1, 2, \dots, p$, 模式X满足 $d(X, X_i) \geq d_i/2$, 则X层输入向量X后, Z层输出 $Z = \{-1, -1, \dots, -1\}$.

证明 当X层输入X后, 对任一 $l=1, 2,$

$\dots, p$

$$\begin{aligned} z_l &= \text{sgn}(\sum_j x_j^l x_j - a_l) = \\ &\text{sgn}(n - 2d(X^l, X) - n - d_l) = \\ &\text{sgn}(d_l - 2d(X_l, X)) = -1 \end{aligned}$$

所以Z层输出 $Z = \{-1, -1, \dots, -1\}$.

引理2 若以 $Z = \{-1, -1, \dots, -1\}$ 作为Z层的输入, 则X层输出

$$X = \{-1, -1, \dots, -1\}$$

证明 当以 $Z = \{-1, -1, \dots, -1\}$ 作为Z层的输入时, 设下一时刻X层的输出为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 任取 $j = 1, 2, \dots, n$

$$\begin{aligned} x_j &= \text{sgn}(\sum_l x_j^l z_l - b_j) = \\ &\text{sgn}(-\sum_l x_j^l + \sum_l x_j^l) = -1 \end{aligned}$$

由文[1]的结论及引理1, 引理2, 得以下定理1.

定理1 上述的CANN网络最多只有伪吸引子 $\{-1, -1, \dots, -1\}$.

分量全为-1的模式实际上是一个空白模式. 空白模式的直观意义是: 当畸变模式的噪声较多, 人们什么也想不起来, 也就是说它只能想到一空白模式.

2 异联想记忆神经网络的设计

网络由3层神经元X层、Z层、Y层组成, 其中X层含n个神经元, Z层含p个神经元, Y层含m个神经元. 其中, n或m为模式向量的维数, p为存贮样本模式对的数目. 每个神经元的状态为-1或1, X层到Z层的权矩阵记为

* 收稿日期: 2001-03-20; 作者简介: 吴集林(1972-), 男, 讲师.

$W_{n \times p}$, Z 层到 X 层的权矩阵记为 W^T , Y 层到 Z 层的权矩阵为 M^T , Z 层到 Y 层的权矩阵为 M , 当 Z 层接受 X 层的输入信息时, 阈值向量为 $a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 当 Z 层接受 Y 层的输入信息时, 阈值向量为 $b = \{b_1, b_2, \dots, b_p\}$, X 层的阈值向量 $e = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, Y 层的阈值向量 $c = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$. 网络的运算过程如下: 任意输入一初始模式对 $(X(0), Y(0))$, $X(0)$ 与 $Y(0)$ 同时作为 X 层 Y 层的输入, 其中 $X(0)$ 的运行轨迹如下:

$$Z(0) = \text{sgn}(X(0)W - a)$$

$$Y(1) = \text{sgn}(Z(0)M - c)$$

$$Z(1) = \text{sgn}(Y(1)M^T - b)$$

$$X(1) = \text{sgn}(Z(1)W^T - e)$$

$$Z(2) = \text{sgn}(X(1)W - a)$$

$$Y(2) = \text{sgn}(Z(2)M - c)$$

$$Z(3) = \text{sgn}(Y(2)M^T - b)$$

$$X(3) = \text{sgn}(Z(3)W^T - e)$$

.....

如果 $X(k+1) = X(k)$, 则 $X(k)$ 为稳定状态, 即 $X(0)$ 联想到 $X(k+1)$.

用同样的方法可求出 $Y(0)$ 联想到的模式.

设有 p 个存储样本模式对 $(X^1, Y^1), (X^2, Y^2), \dots, (X^p, Y^p)$, 其中 $X^u = (x_1^u, x_2^u, \dots, x_n^u)$, $Y^u = (y_1^u, y_2^u, \dots, y_m^u)$, $u = 1, 2, \dots, p$.

网络的权值和阈值设定如下:

(1) 网络权值的设定: X 层第 j 个神经元与 Z 层第 i 个神经元的权设定为 $w_{ji} = x_j^i$, 即 X 层与 Z 层第 i 个神经元的权存贮了样本 X^i 的所有信息特征; Z 层第 i 个神经元与 Y 层第 j 个神经元的权设定为 $m_{ji} = y_j^i$, 即 Z 层第 i 个神经元与 Y 层神经元的权存贮了样本 Y^i 的所有信息特征.

(2) 阈值的设定: 阈值向量 a 的分量 a_i 满足 $n - 2d_i < a_i < n$, 其中, $d_i = \min_{l \neq i} d(X^i, X^l)$, $d(X^i, X^l)$ 指模式 X^i 与模式 X^l 的海明距离; 阈值向量 b 的分量 b_i 满足 $m - 2d_{li} < b_i < m$, 其中, $d_{li} = \min_{l \neq i} d(Y^i, Y^l)$ 指模式 Y^i 与模式 Y^l 的海明距离; 阈值向量 e 的分量 e_j 满足 $e_j = -\sum_{l \neq j} x_j^l$. 其中, i 为 Z 层中状态为 1 的神经元; 阈值向量 c 的分量 c_j 满足 $c_j = -\sum_{l \neq j} y_j^l$, i 也是 Z 层中状态为 1 的神经元. 称基于上述的人工双向联想记忆神经网络为基于分类思想的联想神经网络, 简称为 CDANN (图

1).

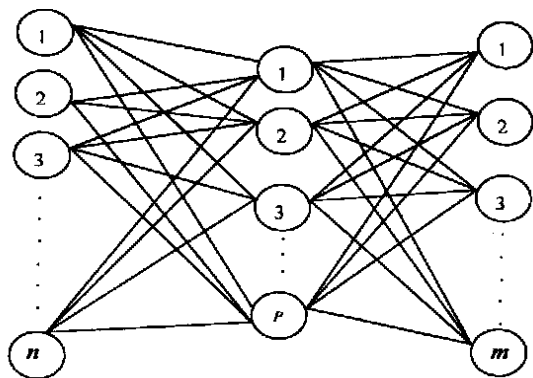


图 1 CDANN 结构图

Fig. 1 The structure of CDANN

根据有关 CDANN 网络的理论分析, 相应有下列结论成立.

推论 1 对于上述的 CDANN 网络, 每个样本模式对为稳定状态.

推论 2 如果 X^i 为稳定模式, 模式 X 满足 $d(X, X^i) < \frac{n - a_i}{2}$, 而对 $\forall l \neq i$, 有 $d(X, X^l) \geq \frac{n - a_l}{2}$, 则 X 属于 X^i 的吸引域; 如果 Y^i 为稳定模式, 模式 Y 满足 $d(Y, Y^i) < \frac{n - b_i}{2}$, 而对 $\forall l \neq i$, 有 $d(Y, Y^l) \geq \frac{n - b_l}{2}$, 则 Y 属于 Y^i 的吸引域.

推论 3 令 $a_i = n - 2b_i + c$, 如果 $d_i \leq c < 2d_i$ 时模式 X 满足: $d(X, X^i) < d_i - c/2$, 则 X 属于 X^i 的吸引域; 令 $b_i = n - 2d_{li} + c$, 如果 $d_{li} \leq c < 2d_{li}$ 时模式 Y 满足: $d(Y, Y^i) < d_{li} - c/2$, 则 Y 属于 Y^i 的吸引域.

推论 4 如果 X^i 为稳定模式, $a_i = n - d_i$, 模式 X 满足 $d(X, X^i) < d_i/2$, 则 X 属于 X^i 的吸引域; 如果 Y^i 为稳定模式, $b_i = n - d_{li}$, 模式 Y 满足 $d(Y, Y^i) < d_{li}/2$, 则 Y 属于 Y^i 的吸引域.

推论 5 CDANN 最多有伪吸引子 $\{(-1, -1, \dots, -1), (-1, -1, \dots, -1)\}$.

用同样的方法可设计多向联想记忆网络模型, 这种模型可记为 CMANN (图 2). 关于 CMANN 的结论类似.

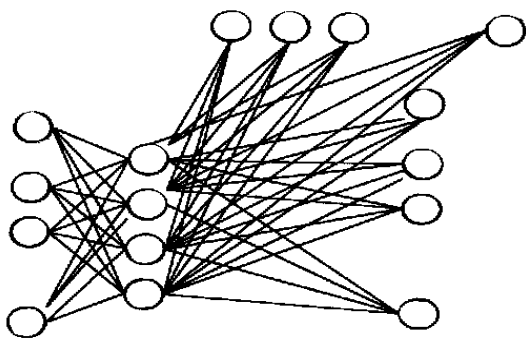


图 2 CMANN 结构图
Fig 2 The structure of CMANN

3 结 论

本文在文 [1] 的基础上证明了基于分类思想的自联想记忆网络只有 1 个伪吸引子，即所谓的“空白模式”。并利用分类思想设计出异联想记忆网络和多向联想记忆网络的模型。事实上大脑的联想是基于分类思想的，比如由某人的名字想到他（她）的长相、声音，大脑在存贮这些模式的时候把这一组模式作为一类模式存贮起来，因此在设计网络结构的时候设计一层神经元表示相关模式的类别，是很有道理的。

参考文献:

[1] 吴集林. 基于分类思想的联想记忆神经网络[J] . 中山大学学报(自然科学版) , 2001, 40(4): 38— 40.

About Associative Memory Neural
Network Based on Classifying Thought Again

WU Ji lin¹, ZHAO Yi¹, WANG Jian geng²

(1. Department of Mathematics, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;
2. Foshan Radio TV University, Guangdong Foshan 528000, China)

Abstract: The false abstractor of CANN is discussed. It is shown that the network has only one false abstractor at most. The model structure of different associative memory neural network is also designed.

Keywords: false abstractor; associative memory neural network