

模糊神经网络的模型与算法研究

王克勇 郑 链

(北京理工大学机电工程学院 北京 100081)

摘要: 模糊逻辑与神经网络的结合研究是实现机器智能的关键技术之一。本文对模糊逻辑与神经网络相结合的模糊神经网络的模型与算法进行了探讨。介绍模糊神经元、模糊神经网络的最佳形式,并探讨了模糊神经网络在引信目标识别中的应用。

关键词: 模糊逻辑 神经网络 模式识别

0 引言

模糊理论和人工神经网络近年来取得了引人注目的进展,引起了不同学科和领域的众多科学家和工程师的广泛兴趣。神经网络技术和模糊技术各有自己的优点。前者以生物神经网络为基础,试图在模拟推理及自动学习等方面向前发展一步,使人工智能更接近人脑的自组织和并行处理等功能;后者则以模糊逻辑为基础,抓住了人类思维中的模糊性特点,以模仿人的模糊综合判断推理来处理常规方法难以解决的模糊信息处理的难题,使计算机的应用扩大到了人文、社会和心理等领域。但现实已证明,要真正实现智能模拟,只靠单纯一两种方法是很难做到的。如果将它们进行综合,即将符号逻辑推理方法与联接机制方法(神经网络方法)进行结合,将数理逻辑方法与模糊逻辑方法进行结合,其优势将会远远高于单纯使用一种技术。从众多关于这些方面的论文可以看出,将二者结合的模糊神经网络的研究进展很快,并在人工智能、模式识别等众多领域得到应用。本文讨论了基本的模糊神经元和模糊神经网络的基本模型,并探讨了它在引信目标识别中的应用。

1 基本模糊神经元

神经元是神经网络中最基本的组成单元,可以看作是生物神经细胞的一个简化人工模型。在经典神经网络系统中,人们通常采用的神经元是 MP 类型的神经元。为了能处理模糊信息,需要对 MP 神经元模型进行一些改进,以构成各类模糊神经元模型。

1.1 模糊化神经元

模糊化神经元是一类可将观测值或输入值定量化或标准化的神经元。它接收离散或连续的、确定或模糊的单元输入,而输出由系统模糊变量基本状态隶属函数所确定的标准化的值。我们通常选用单输入单输出形式,其输入输出关系为

$$y_i = F(x_i)$$

其中 F 为模糊化函数,通常取分段函数。

当系统模糊变量基本状态隶属函数比较复杂时,模糊神经网络中模糊变量基本状态的

• 收稿日期: 2000-03-23

模糊化常采用模糊化网层来实现。此时,网层中的模糊化神经元的输入输出关系则采用 I_j 与模糊变量某一基本状态隶属函数相对应的形式,其输入输出关系为

$$y_{ij} = f_j(x_i) \quad (j=1, \cdots, n)$$

1. 2 去模糊化神经元

去模糊化神经元是一类可将以“分布值”表示的输出结果以“确定性值”的形式输出的信息处理单元。去模糊化神经元所表达的输入输出关系为:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n)$$

其中, φ 为去模糊化函数。

为了将“分布值”转化为“确定性值”,去模糊化函数通常是一类可将“分布值”整合为其所对应的“确定性值”的一类函数,其整合功能包括“映射”与“逼近”。

1. 3 模糊逻辑神经元

在模糊神经网络中,最主要的也是最经常使用的一类模糊神经元是模糊逻辑神经元。这是一类多输入单输出类型的神经元,其输入输出关系为

$$u_i = I_i(x_1, x_2, \cdots, x_m; \omega_{i1}, \omega_{i2}, \cdots, \omega_{im}) \quad y_i = f(u_i - \theta_i)$$

其中, x_1, x_2, \cdots, x_m 为神经元输入,其取值区间 $[0, 1]$ 上的值; $\omega_{i1}, \omega_{i2}, \cdots, \omega_{im}$ 为神经元连接权值,其值取 $[0, 1]$ 上的值; u_i 为神经元内部状态; y_i 为神经元输出,其值取 $[0, 1]$ 上的值; θ_i 为神经元阈值; f 为输出函数,常取为单调升函数; I_i 为模糊逻辑函数或模糊整和函数,其具体形式可以根据实际情况和需要确定。

1 模糊神经网络模型

可进行模糊信息处理的神经网络,我们称其模糊神经网络。它们通常是一类由大量模糊的或非模糊的神经元相互联结构成的网络系统。模糊神经网络有多种类型,与一般神经网络相类似,通常我们将最基本的神经网络划分为前向型模糊神经网络和反馈型模糊神经网络两大类。

2. 1 前向型模糊神经网络

前向型模糊神经网络是一类可实现模糊映射关系的模糊神经网络。这类网络通常由模糊化网层、模糊关系映射网和去模糊化网层构成。

模糊化网层是对模糊信息进行预处理的网层,主要由模糊化神经元组成。其主要功能是对观测值和输入值(包括模糊的和非模糊的信息和数据)进行规范化处理,使之适应后面的网络化处理。

模糊关系映射网层是前向型模糊神经网络的核心,可模拟执行模糊关系的映射,以实现模糊模式识别、模糊推理和模糊联想等。它联系着模糊推理的前提和结论,精确地说是模糊推理的前提变量的基本模糊状态和结论变量的基本模糊状态。其网络参数即模糊推理过程中前提变量的基本模糊状态和结论变量的基本模糊状态之间的模糊关系。

去模糊化网层可对映射网层的输出结果进行非模糊化处理,它是将推理结论变量的分布

型基本模糊状态转化成确定状态的网路层,其目的是给出确定的输出好让系统去执行。这在识别与控制领域有时十分必要,因为系统有时要求给出确定性的结果以供执行器去执行。

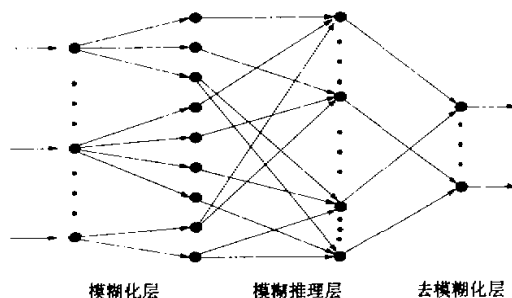


图1 前向型模糊神经网络的基本构成

2.2 反馈型模糊神经网络

反馈型模糊神经网络主要是一类可实现模糊联想存储与映射的网络。有时,我们也称其为模糊联想存储器。反馈型模糊神经网络中的信息处理单元—神经元不是普通的阈值神经元,而是模糊神经元。因而其所实现的联想与映射是一种“模糊”联想与映射。这种模糊联想与映射比一般的联想与映射具有更大的吸引域和容错能力。

模糊联想存储器也分为模糊自联想记忆与模糊异联想记忆两大类,与一般的联想记忆不同的是,模糊联想记忆的记忆模式是模糊模式,且相关记忆模式之间的关联关系是一种模糊关系。

2.2.1 模糊自联想存储器

如果某一模式的各个分量是模糊的,称这一记忆模式为模糊记忆模式,即 $A^{(k)} = (a_1^{(k)} a_2^{(k)} \dots a_n^{(k)})^T$, 其中 $a_i^{(k)}$ ($i=1, \dots, n$) 可取为单值型、区间值型或模糊值型数值。这一记忆可用一个单层反馈式网络模块组成的模糊自联想存储器来联想存储。如图2所示。其节点元为可实现模糊运算的模糊节点元,而其记忆矩阵则——在对应网络模块中转化为网络模块的矩阵——是一个由模糊关系所确定的矩阵。

2.2.2 模糊异联想存储器

模糊异联想存储器有时也称作模糊映射网络模块。它是一类可实现模糊异联想存储及模糊映射变换的网络模块。用这类模糊神经网络来实现模糊异联想存储及模糊映射变换,最基本的网络模块为 FAM(Fuzzy Associative Memory),这是一类双层双向对称连接网络模块,其功能结构如图3所示。

2 模糊神经网络在引信图象识别中的应用

3.1 用BP神经网络作分类器存在的问题

在现代武器的成像引信中,为了满足引战配合的要求,引信要对各种弹目交会条件下的

目标图象进行交会方位的识别。目前研究把交会状态分为四类： $0\sim 45^\circ$ 、 $45\sim 90^\circ$ 、 $90\sim 135^\circ$

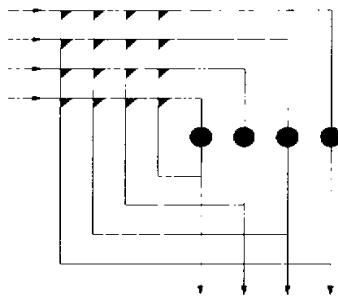


图2 模糊自联想存储器的功能结构

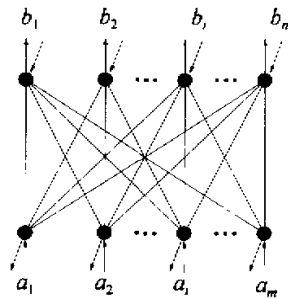


图3 模糊异联想存储器的功能结构

度和 $135\sim 180^\circ$ 。通过这样分类识别交会状态，实现对炸点和引爆方向的控制。由于成像引信待处理的数据量大，而且要满足实时性的要求，因此采用神经网络技术进行识别。采用 BP 神经网络，网络层数为四层：输入层，输入节点（输入特征向量维数）为 40；隐层数为 2 层，隐层节点分别为 13 和 12；输出层，输出节点（识别目标类型）为 4。拓扑结构：全连接；惯性因子：0.9。

但是，由于目标图象变形大（如图 4 所示），在模式或特征空间中的分布较为分散，这给分类工作带来困难。采用传统的 BP 网络进行识别，不能获得较为满意的分类结果。在这种情况下，要提高识别率，解决的办法是大量增加网络训练样本个数和大幅度地增大网络的规模，这种方法势必造成网络训练时间过长甚至使网络根本无法收敛，网络比较复杂而难于硬件实现。为解决这一问题，我们利用模糊系统和神经网络融合技术，构造一个模糊神经网络系统作为分类器。



(a) 原始图象(交会角为0度)



(b) 某些交会角下的图象变形大

图4 飞机在交会角不同时的红外图象

3.2 模糊神经网络系统的构造和实验结果

分类器的拓扑结构如图 5 所示，其构造过程如下：

① 用 BP 神经网络构成“粗”分类器 $NN_{\text{模糊}}$ ，对输入空间进行模糊化分割。BP 网络的结构基本与 3.1 所提到的分类器相同，唯一不同的是后者的四个输出为确定的分类 0 或 1，我们这里去掉其所用的阈值化操作，使其输出值模糊化为 $[0, 1]$ 。模式输入空间被 $NN_{\text{模糊}}$ 模糊化分割为四类：A 类—— $0\sim 50^\circ$ 左右；B 类—— 85° 左右 $\sim 140^\circ$ 左右；C 类—— 40° 左右 $\sim 95^\circ$ 左右；D 类—— 130° 左右 $\sim 180^\circ$ 。其对应的炸点控制为：快炸、较快炸、较慢炸、慢炸。

② 由①已经知道任一输入向量是属于 A 类、B 类、C 类还是 D 类，根据这些显性的知

识结构,我们设计和训练模糊系统的四个结论:结论1、结论2、结论3和结论4(见图5),分别对A~D类进行“细”识别。

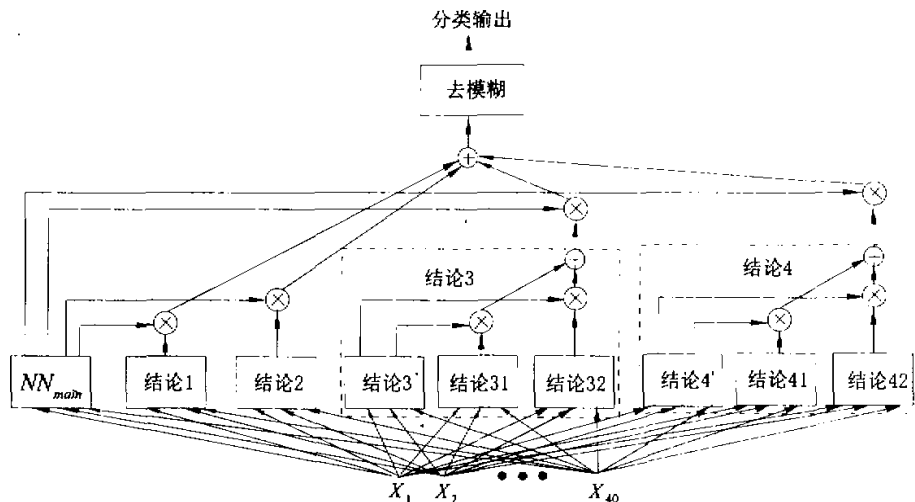


图5 分类器的拓扑结构

③在C类和D类中飞机目标图象变形较大,如仍然按结论1和结论2同样的方法来构造结论3和结论4,将难以进行正确的模糊分类。所以,我们把C类分为两个子类:40度左右~75度左右——C1类、75度左右到95度左右——C2类。也把D类分为两个子类:85度左右~120度左右——D1类、120度左右~140度左右——D2类。设计一个结论3'来识别C1类和C2类,并根据飞机图象的变形特点设计结论31来“精细地”识别C1类,结论32来“精细地”识别C2类。同理,设计结论4'识别D1类和D2类,结论41“精细地”识别D1类,结论42“精细地”识别D2类。

④对各子系统(BP网络和各个结论)进行加权平均和去模糊操作。图5中的加号和乘号表示进行适当的加权平均。

容易看出,以上我们提出的这种模糊神经网络分类器比BP网络分类器更接近于人的识别系统。众所周知,人眼在看物体时,人眼中的杆状细胞先进行“粗”识别,然后锥状细胞再进行“细”识别,最后在大脑皮层中进行综合(也许就是加权平均)。我们所提出的识别系统就是基于这一生物基础的。整个识别系统从“粗”到“细”进行识别,神经网络部分模拟生物的推理和自动学习能力,模糊系统部分模仿人的模糊综合判断推理能力。

初步实验表明,利用模糊神经网络对目标图象进行分类识别,它的性能比单纯采用神经网络的方法得到了明显提高。模糊分类系统对所有训练样本的识别率可达100%,对不含训练样本的测试样本的识别率可达90%以上。

3 结论

本文介绍了几种基本的模糊神经元和模糊神经网络的基本模型。并研究了模糊神经网络在引信图象识别中的应用。模糊神经网络作为具有一定的处理定性定量知识的技术与方法,可充分利用模糊逻辑所具有的较强的结构性知识表达能力和神经网络强大的自学习与定量数据的直接处理能力。

参 考 文 献

- 1 刘增良, 刘有才. 模糊逻辑与神经网络. 北京航空航天大学出版社, 1996
- 2 赵振宇, 徐用懋. 模糊理论和神经网络的基础与应用. 清华大学出版社, 1996
- 3 王炎, 郑链, 王克勇. 神经网络和模糊系统的融合技术在引信图象识别中的应用. 第十一届引信学术年会论文集, 1999 年 10 月
- 4 Sunanda Mitra and Yong Soo Kim. Neuro-fuzzy Models in Pattern Recognition. SPIE Vol. 2061
- 5 Yashvant Jani and Jack Aldridge. Fuzzy Logic and Neural Networks in Space Applications. SPIE Vol2061
- 6 Back-Propagation Fuzzy System as Nonlinear Dynamic System Identifier, IEEE Int'l Conf. On Fuzzy Systems(FUZZ-IEEE'92), pp.1409-1418

The Study of the Model and Algorithm of the Fuzzy Neural Networks

Wang Keyong Zheng Lian

(Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

Abstract The combination of fuzzy logic and neural networks is one of the key technologies of machine intelligence implementation. This paper discusses the model and algorithm of fuzzy neural networks which combine fuzzy theory and neural networks. The optimum formats of fuzzy neurons and fuzzy neural networks are introduced. The application of fuzzy neural networks in target recognition is also discussed.

Key words Fuzzy logic Neural Networks Pattern recognition