

军事电子信息处理中的人工神经网络技术*

郝文贤 李明国

(国防科技大学电子工程学院 长沙 410073)

摘要 本文首先分析了现代战场环境对军事电子系统智能信息处理的应用需求, 然后对人工神经网络理论与技术在军事电子信息处理中的现实应用与潜在前景给出了一个较为详细的介绍与分析。着重介绍了神经网络在雷达、红外及声纳目标的检测、识别、多机动目标跟踪及武器系统的智能控制等方面的应用情况, 力图展示神经网络用于军事电子信息处理的特色与优势。最后分析了人工神经网络技术发展与应用中存在的一些问题。

关键词 人工神经网络, 信息处理, 检测, 跟踪, 自动目标识别

分类号 TN 911. 2

Applications of Artificial Neural Networks Technology to Military Electronic Information Processing

Yu Wenxian Li Mingguo

(Institute of Electronic Engineering, NUDT, Changsha 410073)

Abstract In this paper, firstly, the requirement of application to intelligent information processing in modern combat environments is analyzed, then, an introduction and analysis of the use of artificial neural networks (ANN) in military electronic information processing is presented in detail. The emphasis is laid on the use of ANN in the detection, recognition of radar, infrared and sonar objects as well as in multi maneuvering target tracking (MMTT) and the intelligent control of weapon systems. By presenting both theory and examples, the characteristic and priority of the ANN technology is shown, at the same time, an outline of the use of ANN in other aspects of military electronic information processing is given. At the end of this paper, in view of the lagging of the field application behind lab research of ANN, we give an analysis of the necessity and urgency to perform research on system validation about ANN's capability.

Key words artificial neural networks, information processing, detection, tracking, automatic target recognition

从军事信息处理的角度来看, 现代战场具有如下几个显著的特点: (1) 战场环境瞬息万变; (2) 战场情报数据爆炸性增长; (3) 战场信息环境急剧恶化。这种复杂的信息环境迫切要求发展能适应实际应用背景的、较之传统信息处理手段更优越的、同时也将是更为复杂的信息处理理论与方法。以神经网络技术为核心, 包容了包括遗传算法、模糊信息处理、多传感器信息融合等技术在内的智能信息处理 (Intelligent Information Processing) 技术代表了当前的基本发展方向。这当中尤以神经网络的发展历史最长而曲折、理论与方法最为丰富、非线性智能信息处理的特点体现得最为明显, 同时应用前景也最为明朗。基于神经网络的非线性信息处理方法已应用于军事信息处理及现代武器装备系统的各个方面, 并有可能成为未来集成智能化的军事电子信息处理系统的支撑技术。特别是进入 90 年代后, 其应用

* 1998年3月9日收稿

第一作者: 郝文贤, 男, 1964年生, 教授

领域达到了前所未有的广度,一些富有特色的应用引起了人们广泛的注意^[1,2]。因此,从军事信息处理的实际背景及要求出发,系统而客观地总结与分析神经网络信息处理理论与方法在军事电子信息处理系统中的应用情况,阐明其应用特色,分析其内在机制,总结国内外的应用情况,探讨其应用前景并指出未来的研究方向,是很有意义的。通过将应用实例与神经网络发挥作用的内在机制相结合来讨论,我们试图展示神经网络在军事电子信息处理中应用的一个较为明晰的脉络。

神经网络在军事电子信息处理中的应用从总体来看包括如下几个方面:(1)雷达信息处理;(2)声纳信息处理;(3)红外信息处理;(4)无源探测与电子战信息处理;(5)自动控制与机器人控制;(6)辅助决策系统与信息融合。其中每一个方面又包括多个应用方向,如雷达信息处理就包括雷达目标的检测、跟踪与识别。从神经网络实现的功能来讲,有战场管理与传感器信息处理功能(包括目标识别中的快速建模、雷达与声纳信号的非线性检测、多目标跟踪中的复杂相关运算以及战斗力分配中的优化计算);信号处理功能(包括合成孔径雷达数据处理与成像系统);武器分配与指示功能;情报收集与数据融合功能;改善人一机接口的功能及数据库专家系统更新与查询功能等。

特别要指出的是,在雷达、红外及声纳目标的检测、跟踪与识别方面,神经网络理论与技术的优势体现得最为明显,在一些先进国家已部分地形成了现实的战斗力。我们以此为重点来具体讨论神经网络技术在军事电子信息处理中的应用情况。

1 基于神经网络的雷达与红外目标检测

在瞬变强杂波背景下,传统的线性滤波估计理论面临着两方面的困难:一方面,在现代战场环境下,由于有意或无意的干扰,假目标和隐身技术使回波信噪比极低,线性滤波即使达到极限性能也不能满足实际需要;另一方面,在快速变化的噪声背景中,由于计算量的快速增长,线性最优滤波在应用时缺乏一种合适的计算结构,因而实际系统往往是工作在准线性最优状态。以神经网络及孤立子理论为代表的非线性检测过程实质上是对淹没在噪声中信号的一种非线性“共振”增强效应,通过这种非线性匹配滤波来大幅度提高信噪比,从本质上解决传统检测理论的门限法所带来的检测概率与虚警概率的矛盾。另外,单纯作为一种计算结构,神经网络的并行计算特性为上述线性最优滤波算法提供了一种合适的计算结构,使其实际表现能接近理论性能。下面,从三个方面来具体分析。

第一,检测问题实质上是一种特殊的两类模式分类问题,可以认为背景杂波与噪声是一类目标,而目标回波是另一类目标。利用这两类目标的样本数据来训练如BP(反向传播神经网络)网与RBF(径向基函数网络)网等建模能力强的非线性分类器,利用网络本身的泛化能力来适应背景与目标信号的动态变化,就可以达到稳健检测的目的。这方面典型的研究工作有以下一些:199年,美国Loral Aeronutronic的Scherf与Scott研制了一种红外探测器,用于在F/A-18的空一空前视红外吊舱的边扫描边跟踪体制下检测小目标^[3]。测试结果是,该探测器对88%的目标象素可以正确检测而虚警率为零。1989年,美国Windsor大学的HonKeung Kwan与ChiKin Lee利用多层前馈网络进行巴克编码脉冲雷达信号的脉冲压缩与检测^[4]。他们研究了四种网络,分别用于用作信号码的13位巴克码和15、3及6位最长序列的脉冲压缩,各网络的训练数据为巴克码的时间移位序列。实验结果表明,无噪声时输出端可获得38db的信噪比,在输入信噪比为3db时,仍可获得20db的输出信噪比。实验还表明,用神经网络进行脉冲压缩可获得很低的旁瓣,从而大大提高了距离分辨力。

第二,利用神经网络的并行计算结构来实现传统的检测方法。在边扫描边跟踪体制下,为解决检测概率与虚警概率的矛盾,1982年,Prengan an等人提出了一种称为追溯处理(Retrospective Processing)的有效方法用于低分辨警戒雷达的边扫描边跟踪体制,以解决强杂波下弱、小目标的检测问题^[5]。该方法是一种较典型的稳健检测方法,但其有一个很大的缺陷,就是计算量随积累数的增长而爆炸性增长,这限制了其实际应用。1989年,Johns Hopkins大学的M. W. Roth将上述追溯处理检测方法的最优检测结构对应到多层前传网与HOPFIELD网两类网络^[6]。他发现,上述积累的过程实际上就是HOPFIELD网络的状态不断向其吸引子演化的过程,而网络的吸引子就是无噪声及杂波污染的目标回波。HOPFIELD网络是一种易于硬件实现的网络结构,模拟的HOPFIELD网可以在几个电路时间常数的时间内稳定下来,量值在几个毫秒。若用硬件的HOPFIELD网作为整个检测处理的协处理器

就可以充分保证上述追溯处理方法的实时性

第三、基于自组织网络的条件概率密度自形成方法。在现代动态战场环境下检测问题的困难从根本上说是在于目标条件概率密度难以实时估计,从而使得传统统计方法难以付诸实用。KOHONEN 网络在对模式特征作有序拓扑映射的同时,网络的联接权分布表征了特征分布的概率信息。199年, Rogers 等人系统地讨论了自组织网络用于估计类后验概率密度的能力,得到了几种能对类后验概率密度快速学习的自组织网络结构^[7]。而在实现检测时, KOHONEN 网的运行实际上就是一种对信号的非线性匹配共振过程。1996年,文献 [8] 利用一种模糊自组织特征映射网络实现了似然比检测器与后验概率检测器两种检测器,并将其作为一个分布式检测系统的局部检测器^[8],分析了该检测器在样本为高斯分布、瑞利分布、泊松分布时的检测性能

从一般检测理论来看,可以证明基于 BP网的检测是一种非参数检测。当 BP网隐层节点数足够多时,其输出节点的概率分布与输入观测噪声的分布无关^[9]。这从一定程度说明神经网络检测的机理与统计检测极为不同,它并不依赖于背景噪声的统计特性,而是依靠记忆目标回波在各种杂波背景下本身的各种变异,以及通过网络自身的泛化能力来实现对目标的稳健检测。神经生理学的研究表明,人在判别背景中的目标时,是不关心背景的统计特性的。实际上,大脑检测目标的过程就是一种非参数检测过程,而 BP网的非参数检测能力正是大脑非参数检测特性的一种反映。

2 基于神经网络的雷达机动目标跟踪

神经网络用于跟踪问题是着重解决传统跟踪理论固有的快速响应与提高跟踪精度之间的矛盾,和难以克服的计算组合爆炸问题

雷达的多机动目标跟踪 (MMTT) 核心内容包括如下两方面: 数据关联与滤波。其中数据关联是 MMTT 最重要又最困难的一个方面。其困难主要在于传统关联方法的关联性能与所需计算量之间存在不可调和的矛盾。如由 Bar-Shalom 提出的著名的联合概率数据关联 (JPDA) 方法,在不需关于目标和杂波的任何先验信息的情况下,可在密集回波环境下对多目标跟踪并表现出优良性能,因而一经提出就被认为是跟踪多目标的最有效可靠的手段,但是,JPDA 方法的计算量近似与目标数的阶乘成正比,这就使 JPDA 方法的应用受到了很大的限制。目前对 MMTT 中数据关联算法的讨论一般是将 JPDA 算法看作一种标准算法,在计算量受限的约束下,寻求其各种简化算法。

神经网络在 MMTT 中的主要作用就是利用某些网络 (如 HOPFIELD 网, BOLTZMANN 机) 结构的集团运算能力来解决关联计算的计算量爆炸性增长问题。关联问题从本质上说是一个全局优化问题,JPDA 方法与 TSP 问题在优化目标及约束条件方面是一一对应的,这样就可以用解决 TSP 问题同样的思路来解决 JPDA 的计算问题。网络规模是目标数的平方,对模拟阵列而言,其演化 (运算) 时间为毫秒级且计算时间与网络规模无关。199年,美国 Carnegie Mellon 大学的 Mark Yee 与 David Casasent 利用 100 单元的一个仿真 HOPFIELD 网络,对洲际弹道导弹发射后的前 120s 进行了跟踪实验^[10],目标数为 10,杂波点数也是 10。实验结果表明,在各种杂波水平下,网络都在 20 步以内收敛。他们实现了一个光学-数字混合网络。用一个光学阵面高速实现 HOPFIELD 网络演化中的矩阵与向量相乘,网络有 16 个神经元,可实时实现对 4 个目标的跟踪。

Robert M. Kuczewski 从另一方面考虑了神经网络用于跟踪的可能性^[11]。他从人的生理与工程两方面分析了跟踪曲线生成的过程,将跟踪问题转化为图像分析中的线提取问题。在此基础上,他利用 Grossberg-Mingolla 的边界轮廓系统 (Boundary Contour System) 方法提出了用于 MMTT 的内插概率域理论 (Interpolative Probability Field-IPF)。他发现 IPF 方法可映射到一个类似于 HOPFIELD 网的网络结构,他导出了批处理情况与新息更新情况下网络的运行机制。在高层认知阶段,他用 Carpenter 与 Grossberg 的 ART 网完成高层处理,提取全局信息,并对跟踪 15 个目标的情况进行了仿真。

3 基于神经网络的雷达、红外与声纳目标识别

现代战场环境给基于传统模式识别技术的目标识别系统带来的困难主要表现在如下几个方面:

(1) 目标场景复杂瞬变导致建模困难; (2) 快速、机动突防目标使实时性难以实现; (3) 在电子战的复

杂信号环境下难以保证高可靠性。上述三方面因素导致目标观测样本空间的无限维度特性,因此,多场景的自适应问题已成为目标识别系统发展中的一个最关键的问题。神经网络分类器在解决这些困难方面有着特殊的优势。神经网络用于目标识别主要是提高识别算法的速度和稳健性,同时为系统提供一种固有的直觉学习能力。具体来讲,其特色和优势主要体现在以下三个方面^[12]:(1)神经网络系统的特征内部表示能力使其可以在一定程度上自动获取用常规的启发式和变换方法很难提取的目标特征;(2)神经网络的泛化能力使其可以通过适当增加网络容量来获取目标信息的多模式分布特性,从而在一定程度上提高了系统对多场景的适应能力;(3)神经网络对非线性连续函数的一致逼近能力使得神经网络识别系统可以提供简单易操作的训练算法,自动构造接近最佳的判别函数。

1989年,美国 DARPA 已将基于神经网络的自动目标识别技术作为四个关键应用领域之一。80年代末 90年代初的研究主要集中在利用如 BP网、RBF网等前传网能够学习构造非线性分类界面的能力,实现判别函数的自动生成。下面是这一时期一些较为典型的工作。

美国宾州大学的 Farhart 等人研究了微波散射成像和基于神经网络的自动目标识别技术;Beastall 等人用多层感知器和径向基函数网络对冲击雷达波形进行了分类。在图像数据的技术目标识别方面主要是利用神经网络来对从红外传感器或卫星所获得的图像来判别战术目标;美国空军技术学院的 Ruck 等人利用由 264 个处理单元组成的 BP网对来自红外传感器的 M 6d 坦克、DOL 坦克、吉普车及卡车目标进行识别,识别率达 86.4%。

从 1987 年以来,对用 BP 网识别水下目标开始进行研究^[13]。1988年, Goman 与 Sejnowski 等人利用具有 68 个输入单元、2 个输出单元的 BP 网络来判别同样大小的礁石与空金属桶。在信噪比为 4~15 dB 时,得到 84.7% 的识别率。199 年, NOSC Hawaii Lab 的 Au Moore 等人利用改进的 BP 网识别水下的圆锥、椭球、大小不等的圆桶,结果其识别能力达到 87%。1992 年, Morgan 州立大学的 Gee-Lin Goo 等人构造了一个两个隐层的 BP 网来识别四个同样尺寸、形状而材料分别为玻璃、铝、钢及铜的圆桶,结果表明,当噪声水平在 40% 以下时,可达到 90% 的识别率。

近几年来,神经网络在自动目标识别技术中的应用的一个总的趋势是采用功能更强、结果更复杂的网络如 ART 网、NECOGNITRON (新认知机) 网等,并与传统的信号处理技术相结合,组合多种网络结构,构造结构上集成的、功能上面向实际应用的系统。

在红外目标识别方面,1993 年,美国 George 技术研究院的 Glimore 与 Czuchry 研制了基于新认知机的红外坦克识别器^[14-15]。新认识机的多层级联结构中每一层都对前一层进行更高级的特征抽取,体现了多分辨率自组织的概念。Glimore 等人将目标区域的闭合边缘作为网络的输入进行训练,在目标存在平移、失真、旋转及大小变化的测试集上取得了平均 88% 的正确识别率。可见,该网络信息利用率高,并具有相当的稳健性。同年,美国辛辛那提人工智能和计算机视觉实验室的 Nolan Wee 及 Leonard 等人采用层次化神经网络识别红外装甲车^[16]。他们的做法是首先根据目标红外局部纹理信息将整个目标分割成车轮、发动机和炮塔等子块,将各子块的特征及相互关系信息输入第一层若干神经网络分类器,其输出是有关各子块类属的模糊隶属度,然后再将它们输入第二层网络进行决策。实验结果表明,系统对观测方位和俯仰角的变化不敏感。

1992 年,美国休斯飞机公司导弹系统组的 Daniel 等人研制成功了一个自适应层次化目标识别系统 SAHTIRN^[17]。该系统极为明显地体现了前述集成与综合的特点,并已在几个空-空和空-陆战斗场景中得到了成功的应用。SAHTIRN 系统成功地综合了以下四方面的技术:(1)一个称为 Canny 边缘检测器的初期视觉分割器;(2)一个杂波去除滤波器;(3)一个基于改进的新认知网络的特征提取器;(4)一个基于 BP 网络的模式分类器。系统充分发挥了新认知机在特征提取与编码、BP 网在非线性分类方面的优势,使得系统具有快速建模、稳健及对目标平移、旋转不敏感等优点。为检验系统的实际性能,研究者们对其进行了三方面的测试。在基于计算机模拟红外图像,对 M-1A 坦克、HUMMV 吉普及 M-113 装甲车的识别中,识别率为 91%,拒识率为 6%,误判率为 3%。在对来自灵巧武器系统的四类红外陆上目标:坦克、卡车、战术可重定位目标及轿车的识别中,得到了 99% 的识别率,1% 的误判率。在该网络用于红外导引头的实验中,该网络仅经过 40 帧图像的训练就可以 100% 地识别直升机前、左、右三个角度及坦克侧视时的红外像。这可以说是神经网络用于红外制导最为成功的一个例子。

4 神经网络用于武器系统的控制

神经网络理论以及模糊理论已成为近年兴起的智能控制理论的核心内容, 自动控制与机器人控制是除信息处理领域外神经网络表现非常出色的另一领域。神经网络用于控制主要是利用其非线性逼近能力, 来从有限训练序列中学习控制系统输入观测量与输出控制指令之间的非线性对应关系。它用简单的结构与算法以及其学习能力解决传统最优控制理论对复杂大系统建模的困难。实践表明, 在神经网络的各种应用中, 神经网络控制是最接近实用化的一个应用领域。199年, Carnegie Mellon大学研制了基于神经网络控制的自主式移动车 ALVINN 系统^[18], 它通过一个摄像机观察司机开车 300m 后, 即可以以 50m ile/h 的速度行驶半小时。在武器系统的控制中, 神经网络在导弹末制导阶段的导引头智能角跟踪系统、高性能战斗机复杂飞行动作控制系统及军用机器人控制等方面的应用较为成功。下面, 我们介绍 Cottrell 及 Vincent 等人所做的关于神经网络用于动能拦截器的小型化以及美国海空发展中心进行的关于飞行控制系统的研究。

4.1 神经网络用于动能拦截器的小型化^[19]

动能拦截武器的成本主要取决于杀伤飞行器的大小和重量, 故拦截器的小型化对于其能否达到实用是至关重要的。上述要求可以最终归结为使速度增量最小的关于轨控加速度与机动加速度指令的最优化问题, 但对于该制导问题, 最优控制理论得不到闭合形式的解。Cottrell 与 Vincent 等人利用前向神经网络提供的计算体系结构来解决上述最优化问题, 综合出末段制导律。他们的做法是使神经网络与一组由开环方法获得的最优弹道相结合训练网络, 使网络记忆训练弹道的状态—控制指令关系, 从而使网络综合出闭环制导律。由于前馈网络的非线性逼近能力使得网络能记忆任意复杂的状态—控制对应关系。他们针对常值加速度机动目标的交战情况, 训练了一个隐层有六个节点的 BP 网络。神经网络从开环训练的弹道中, 综合出闭环控制。当给出从未遇到的输入时, 网络基于其泛化能力而给出合理的控制解。他们发现, 训练后的网络输出与初始交战距离的关系很弱, 而且只要在初始交战距离为 70km 处训练即可获得好的性能。

他们比较了神经网络制导律 (NNG) 与扩展比例导引 (APN) 方法的性能差异。他们发现, 当目标的加速度估计值等于实际值时, 这两种制导律的结果是接近一致的。但是, 当实际加速度大于估计的加速度时, NNG 与 APN 在脱靶量的性能上有重大差异。这个结果表明, 在特定的交战情况中, 对于控制受到严格约束的拦截情况, NNG 具有较强的可靠性。

可以说, 他们的研究是神经网络用于武器系统的一个非常成功且有现实意义的例子。

4.2 基于神经网络的飞行控制系统^[20]

从 1989年起, 美国海空发展中心 (Naval Air Development Center) 开始研究将神经网络技术用于海军的飞行控制系统。他们进行了四个方面的工作: (1) 利用 BP 网与 CMAC 网于 F/A-18 飞机在全机动状态的俯仰控制系统。他们研究的特点是充分考虑到系统的可验证性, 在利用神经网络综合控制律的同时, 采用传统控制结构, 这使其实用性增强。(2) 他们将神经网络与模糊理论结合, 研制了一个组合的自动航空母舰降落控制器。(3) 他们用递归神经网络实现了一个对现有飞行控制律的模拟器。(4) 他们研究了神经网络用于识别与补偿配置变化时的逆动力学问题。他们将自适应聚类网络应用于 F/A-18 的稳定器与矢量推进器受损的情况, 研究表明, 网络可在几秒钟内识别并补偿这种损伤。

5 其它应用

5.1 基于神经网络的多传感器信息融合

神经网络的分布式信息存储与处理及非线性信息整合机制为多传感信息融合的实现提供了一种理想的物理结构, 是未来信息融合理论与应用的发展方向。下面我们通过一个较为典型的利用神经网络结构进行融合的例子, 说明神经网络在军用多传感器信息融合中的应用^[21]。

美国分别在 1990年 3月和 4月从弗吉尼亚的 Wallops 岛向 400km 外的大西洋洋面进行了两次 Firefly 火箭的发射 (简记为 FF I 与 FF II), MIT 林肯实验室用三部 Millstone Hill 雷达在 750km 外对火箭飞

行过程中一个可充气膨胀的碳纤维气球的放置过程的几个阶段进行了观测识别, 识别在飞行过程中气球在某一时间是处于未放出、正放出与已放好三个阶段中的哪一个。这三部雷达分别是, 一部 HayStack X波段成像雷达, 一部 FirePondCO激光成像雷达与一部 L波段跟踪雷达

他们设计了一个基于上述传感器信息的神经网络融合识别系统, 所用三类数据中的前两类来自 HayStack ISAR雷达图像与 FirePond激光雷达图像, 另外一类数据是将 HayStack雷达图像中的目标信息输入一个红外模拟器获得的目标红外光谱波形。他们用三个 BP网分别对三个传感源进行传感器级软判决, 然后将本地判决的结果输入一个九个输入三个输出的 BP网进行决策层融合。融合网络所起的作用实际上是在一个九维判决空间进行聚类。实验结果表明, 融合的结果大大提高了判决的可靠性。我们不难看出 MIT 林肯实验室的上述研究对于战略弹道导弹防御的重大意义。

5.2 神经网络用于辅助决策

作为战略与战术辅助决策系统核心的专家系统在实际应用中遇到了很多困难, 其中最主要的一个方面就是缺乏推理的柔性, 虽然模糊数学的引入部分地解决了问题, 但模糊数学本身在应用中也存在很多问题。神经网络的学习功能、联想记忆功能、分布式并行信息处理功能有助于解决专家系统中的知识表示、获取和并行推理等问题。

Daniel C. McMahon 利用神经网络建立了一个空战中动作选择专家系统^[22], 就是帮助战斗员在空战时选择一个恰当的攻击或防御动作, 使其处于一个较好的战斗位置上。McMahon 利用一个称为 ACES 的空战模拟系统中存放的 3 条由优秀飞行员提供的规则, 对一个称为 TACIT 的 $12 \times 20 \times 1$ 的 3 层 BP 网进行训练, 达到了比 ACES 更好的效果。例如对 ACES 与 TACIT 输入 40 个相同的空战实况, ACES 仅有 10 次决策正确, 而 TACIT 有 27 次正确, 这里的所谓正确是指其决策与优秀飞行员的决策相一致。神经网络在使用的规则与专家系统相同的情况下获得了更好的结果, 这主要是由于神经网络能够利用其泛化能力处理测试情况对于训练情况的变异, 属于一种软判决推理, 故而更能适应场景的变化。

6 讨论与展望

从前面的讨论来看, 目前神经网络技术已经能够走出实验室, 在军事电子信息处理的某些方面形成战斗力。特别要指出的是, 神经网络的各种实现步伐要比预想的快得多, 特别是基于模拟 VLSI 技术的模拟及模拟-数字混合网络实现已取得了长足的进步^[23], 用微米 CMOS 工艺设计完成的模拟-数字混合网络其速度可达每秒 32 亿联接。一些著名集成电路制造公司如 Intel、Motorola 及松下、日立、富士通等均已推出自己的模拟或数字神经网络芯片, 无论在网络规模还是运行速度上都已接近实用化的程度, 这给神经网络应用的发展以极大的推动。1994 年, Intel 与内斯顿公司已向美国 DARPA 交付了第一个硅神经网络处理机, 这种名为 Ni100 的处理机属于第二代产品, 有 370 万个晶体管, 能进行每秒 200 亿次整数运算。洛可希德公司将把这种处理机用于一项保密的目标识别计划中, DARPA 准备将其用于声纳信号识别、语音识别和无人驾驶飞行器的控制。

在展望神经网络在军事电子信息处理系统中的应用前景时, 有三个问题我们要强调指出: (1) 就神经网络目前研究的水平来看, 主要还集中在模拟人认知的底层功能 (仅有 ART 网在一定程度上模拟了人的注意机制), 也就是从原始数据到信息表示的转换功能, 所以, 现有神经网络理论的主要作用体现在解决传统信号处理的信息获取瓶颈问题方面。实际上, 当前神经网络的应用主要也就是集中在这方面。(2) 一些神经网络模型, 如 HOPFIELD 网, ANDERSON 的 BSB 模型等, 并没有很强烈的神经生理学背景, 实际上 HOPFIELD 网络是根据自旋玻璃理论提出的, 所以它们实际上只是一些具有优良集团运算 (collective computation) 能力的分布式信息处理结构, 它们在信息处理中所起的作用往往是解决另一类瓶颈问题, 即计算组合爆炸问题。应该明确它们与基于神经生理学原理提出的其他网络, 如 KOHONEN 网、ART 网等在原理及应用特点上的不同。基于以上分析我们认为, 神经网络在目前及近期内在信息处理中的作用就是在某种程度上解决上述两类瓶颈问题。(3) 系统的验证 (system validation) 问题是关系神经网络能否最终用于实际武器装备系统的一个关键问题。由于神经网络信息处理的非线性特性以及信息分布存储特性, 使得其信息变换过程难以直观地理解, 同时由于目前还缺乏对非

线性系统的有效分析方法, 因而对一个构造完成的神经网络系统的性能难以给出一个严格的理论评价, 往往仅依靠有限个例子来检验其能力。这是神经网络理论真正落后于传统信息处理方法的一个方面, 也是神经网络理论本身走出实验室, 走向实用的一个“瓶颈”。军事电子信息处理系统对于系统的验证要求更为严格, 实际上, 这就是对系统可靠性的要求。所以我们认为, 为促进神经网络在未来军事电子信息处理系统中的实际应用, 应深入研究神经网络本身的可靠性理论。

参考文献

- 1 焦李成, 保铮. 神经网络与军事电子智能化. 系统工程与电子技术, 1993 (8): 1~ 10
- 2 Castelaz P E. Neural Networks in Defense Applications. IJCNN '89, 1989, 2: 473~ 480
- 3 Scherf A V, Scott P A. Target Detection using Feedforward Neural Networks. SPIE, Application of ANN (II), 1991, 1469: 63~ 68
- 4 Kw an H K, Lee C K. Pulse Radar Detection Using a Multilayer Neural Network. IJCNN '89, 1989, 2: 75~ 80
- 5 Prengan R J. Retrospective Detection Algorithm for Extraction of Weak Target in Clutter and Interference Environments. Proc. of IEEE Int. Radar Conf. 1982: 341~ 345
- 6 Roth M W. Neural Networks for Extraction of Weak Targets in High Clutter Environments. IJCNN '89, 1989, 1: 275~ 282
- 7 Rogers G W et al. A Self-Organizing Network for Computing A Posteriori Conditional Class Probability. IEEE Trans. 1993, SM C-23 (6): 1672~ 1682
- 8 胡卫东. 多传感器数据融合的理论与方法研究. 国防科技大学博士学位论文, 1997
- 9 吉书龙. 基于神经网络的目标检测与识别问题研究. 国防科技大学博士学位论文, 1992
- 10 Yee M, Casasent D. An Optimization Neural Net for Multiple Target Data Association. Real Time Optical Lab Results. SPIE, Applications of ANN II (1991), 1469: 309~ 319
- 11 Kuczewski R M. Neural Network Approaches to Multi-Target Tracking. IJCNN '87, 4: 619~ 633
- 12 郁文贤, 胡卫东, 王飞雪. 基于局部联接前馈网络的雷达目标回波识别. 现代雷达, 1995, 17 (2): 27~ 33
- 13 Gee-In Goo. A Novel Approach to Sonar Target Identification Using BPNN. SPIE Application of ANN (II), 1991, 1469
- 14 Gilmore J F et al. Target Detection in a Neural Network Environment. SPIE Application of Artificial Intelligence VIII (1990), 1990, 1293: 301~ 308
- 15 路军. 子波变换及其在舰船红外目标识别中的应用. 国防科技大学博士学位论文, 1996
- 16 Nolan A R. Automatic Target Recognition Using a Hierarchical Neural System. SPIE, 1993, 1902: 317~ 326
- 17 Daniel C E. Artificial Neural Networks for Automatic Target Recognition. Optical Engineering, 1992, 31 (12): 2521~ 2531
- 18 Panerleau D A. Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance. Kluwer Academic Publishers, 1993
- 19 Cottrell R G et al. Minimizing Interceptor Size Using Neural Networks for Terminal Guidance Law Synthesis. Journal of Guidance, Control and Dynamics, 1996, 19 (3)
- 20 Steinberg M L, DGiokomo R D. Neural Network and Fuzzy Logic Technology for Naval Flight Control Systems. AD-A 242-650, 1991
- 21 Levine R Y, Khoun T S. Neural Net Sensor Fusion. AD-A 241-765, 1991
- 22 McMahon D C. A Neural Network Trained to Select Aircraft Maneuvers during Air Combat. IJCNN '90
- 23 Mohammed Ismail Anab. VLSI Neural Systems: Trends and Challenges. SPIE, 1995, 2492: 634~ 640