

神经计算机及其研究进展

胡德文 王正志 张良起

(自动控制系)

摘要 本文分析比较了神经计算机与传统计算机的联系与区别。在软件实现、虚拟实现和全硬件实现三个方面,综述了近年来国际神经计算机的研究进展。最后,在就神经网络的兴衰原因提出自己的不同看法后,对神经计算机的发展方向作了展望。

关键词 神经计算机,神经网络,并行计算

分类号 TP338

当前国际著名的神经网络研究专家,第一家神经计算机公司的创立者与领导人 Hecht-Nielson 给神经网络下的定义是:“神经网络是一个以有向图为拓扑结构的动态系统,它通过对连续的或间断式的输入作状态响应而进行信息处理。”可见神经网络与传统的计算有着本质的不同。我们定义:按照联接机制与神经网络用硬件或在计算机上用软件模拟的方式实现的系统就称为神经计算机系统。

不禁要问,为什么在电子计算机的发展日新月异的今天,还要研制神经计算机呢?如果我们不是沉浸在电子计算机惊人成就的喜悦中,而是用一种批评的眼光来看问题,就会很快发现,客观世界和人类活动中,还有许许多多的事件是目前数字电子计算机力所不及的。传统计算机与人脑在构成、运行机制和功能上是多么的不同。除了在计算上或存贮上(某方面)比人脑强,在其它许多方面都是难于施展的。

神经网络以大脑作为研究基础,其目的在于模拟大脑的某些方面的机理,实现某方面的功能,因此,研究神经计算机的目的不是要寻求一种传统计算机的替代物,而是要开垦那些人类“垂手可得”而传统计算机却“艰难跋涉”的领域。

1 神经计算机与电子计算机的区别与联系

神经计算机与电子计算机在结构,运行模式以及功能上可谓泾渭分明。

1.1 关于传统数字计算机

- (1) 一般以串行方式工作,为 Von Neumann 机型;
- (2) 以精确的“0”和“1”方式表示数字信息;

• 国家 863 计划研究基金资助
1991年11月20日

- (3) 寻求问题的精确解，常遇到计算时间困难；
- (4) 以复杂的 CPU 为核心处理问题；
- (5) 注重算法与步骤，执行过程严格得到控制，结果可预料；
- (6) 搜索大型数据以达到最佳匹配；
- (7) 由特定的存贮器存贮信息，能轻易地读出数据；
- (8) 利用数字和逻辑进行是/否判断；
- (9) 一般无容错能力；
- (10) 已经在科学与工程计算、过程控制与管理等领域取得了惊人成就。

1.2 关于神经计算机

- (1) 本质上的并行机制；
- (2) 处理连续变化的模拟信号，如介于黑与白之间的灰度信息；
- (3) 在短时间内寻找好的，但不一定是最好的解答；
- (4) 由大量的加权求和之类的简单运算装置“神经元”处理问题；
- (5) 注重变换，通过学习和训练，形成信息处理的方法，结果难于预料；
- (6) 搜索大型数据库以达到近似匹配；
- (7) 无明显的操作指令与数据存贮器，以互联形式存贮信息，通过部分信息而联想起事实的整体；
- (8) 在模糊、不完整或冗余甚至矛盾的数据基础上作加权判断；
- (9) 具有很强的容错能力；
- (10) 在视觉、语言、信号处理、机器人控制、模式识别等方面取得可喜进展，显示出广泛的应用前景。

1.3 神经计算机与电子计算机的联系

神经计算机与电子计算机是如此的不同，然而，它们之间有着密切的甚至不可分割的联系。

- (1) 电子计算机是目前各种神经网络的分析 and 开发的工具；
- (2) 目前的绝大多数应用是用神经网络编制成软件，在电子计算机上运行。这样显然丧失了神经网络的并行性，但仍保留了其它优点，如容错性及联想记忆功能等，在一些实时性要求不高或处理信息量不大的场合，目前的应用表明这种方式是有效的；
- (3) 可以用现有的各种电子计算机为主机，配置专用的高速处理神经元芯片与插件，虚拟地实现神经计算机功能。就当前水平而言，这是一种各采所长的方案；
- (4) 可以由 VLSI 处理器实现全硬件的神经计算机，真正体现神经网络的各种机制。无疑，迅速发展的 VLSI 技术为这种实现形式提供了一种技术与工艺上的后盾。

2 神经计算机研究进展

早在 60 年代至 70 年代，国际上就有 Adaptronics, Memister 和 Nestor 等公司开展了自适应与基于学习的计算工具的开发工作。80 年代初期，神经网络研究再度蓬勃兴起，政府部门将资金投向基于生理学的计算工具的研究，其中有美国国防高级研究计划局 (DARPA)，海军研究办公室 (ONR)，空军科学研究办公室 (AFOSR)，国家航空航天

局 (NASA), 道格拉斯飞机公司, 喷气发动机实验室 (JPL), 国家科学基金会 (NSF)。在欧洲共同体的 ESPRIT 计划中, 就有一个特别项目称为“神经网络在欧洲工业中的应用”(ANNIE), 已有许多大公司卷入这项研究中, 如英国航空宇航公司, Siemens 公司以及英国和德国的原子能机构。该计划旨在研究神经网络与符号数据处理的基本机制和性能指标。据称该研究将采用软件仿真和集成电路来构造特定的神经元功能, 并将应用到机器人视觉系统和医疗诊断数据分类。ESPRIT II 中的 PYGMALION 计划实现一个通用的神经计算系统, 而投资 2200 万美元的 GALATA 计划则利用 PYGMALION 提供的软硬件集成环境, 生产神经网络专用芯片并开发相应工具。在 1991 年 7 月立项的 ESPRIT III 计划中, 其中一项为“高性能计算机”, 而神经网络是其中必不可少的组成部分。

据美国的有关资料称, 日本在神经网络研究上的投资大约是美国的四倍。“第五代计算机系统”(FCTCS) 计划引起世界科技界极为关注。其先驱者们将进行一项神经网络开发及其应用的新的十年计划, 有许多大学以及富士通、日本电气、三菱电机、日立、东芝等许多大公司都投入大量的资金与人力。

在上述形式下, 神经计算机产品开始走向商用阶段。1989 年有关企业年鉴收入的神经网络公司为 45 家, 1990 年增为 65 家, 而至 1991 年的上半年止已有 135 家。到 1990 年, 至少有 50 种软件投入市场, 其中有 Blair House 公司的 SIMNET, AI-WARE 的 AINET, DAIR 计算系统公司的 Netwurkz, HNC 的 Neurosoft, Texas 仪器公司的 GOSPL, SAIC 集团的 ANS 工具包, Neural Ware 的 Neural Works, Neural Systems 的 Awareness, Martingale 的 Syspro 以及 JOLY GROUP/U 的 Mactivation 等。就 1990 年来看, 总的销售额 (不包括利用神经网络开发的其它产品) 为一亿五千万美元, 利润约五千万美元, 有关专家预测将每年以 50% 到 100% 的速度增长。

神经元应用产品有 Nestor 和 HNC 公司的手写体识别, BehavHeuristics 的航空销售, Neuraltech 的专家系统设计, Nestor 和 HNC 的脑电图分析, Savvg 的数据库管理系统, HNC 和 AI-WARE 的过程与机器人控制。SAIC 集团开发的热中子分析系统 (TNA) 采用神经网络自动检测行李中的炸药, 产品第一个达到了联邦航空管理 (FAA) 标准, 纽约市的肯尼迪机场以及迈阿密都已正式启用这样的系统。在伦敦、华盛顿市、法兰克福市和马尼拉都将用这种售价为二百万美元的系统。美国食品及医药管理局批准使用基于神经网络的食物成分分析仪。美国能源部利用神经网络来预报世界原油的价格。在举世瞩目的海湾战争中, 美国空军也采用了神经网络来进行决策与控制。日本富士通用 60 个神经元组装成 30 台微型智能机器人, 这种机器人可作为机器人警察, 或者用于回收人造卫星的宇宙机器人。

目前的另一种做法是: 以现有的各种计算机为主机, 配置专用的神经元处理芯片与插件, 虚拟地实现神经计算机功能。将部分神经元运算交给专用芯片或插件处理, 而信号的预处理、逻辑决策、最终结果的输出与显示等功能交给主机处理。在 DARPA 的支持下, TRW 公司于 1986 年底第一个推出了神经计算机的处理器 MARK III。接着, 当时公司的研究人员 Hecht-Nielson 离开公司, 以一台 IBM PC 机起家, 创建了国际上第一家专门研究生产神经计算机及其应用产品的公司, 即 Hecht-Nielson 神经计算机公司 (HNC)。神经元芯片开始吸引很多大型的半导体生产厂家的投入, 至 1990 年止, 至少已

有约二十家神经元芯片制造商，美国已生产出产品的有四家：Intel, Syntonic Systems, Micro Devices 和 Accotech 公司，在日本生产出产品的有富士通和日本电气公司。Motorola 和日立制作所于 1990 年推出产品。其它几家公司已有试验性的产品，如：三菱、日本电话报公司和 NASA 喷气发动机实验室。DARPA 与数家单位签订了合同要求提供军用神经元芯片，它们是：Nestor, RI, HNC 及 SAIC 等，其中 HNC 与 SAIC 将于 1990 年至 1991 年间推出新的芯片。目前研制与提供神经元芯片、加速板和工作站的还有 IBM 公司、AT&T 公司、Texas 仪器公司、Human Devices、Oxford 计算机厂及 AI-Ware 等厂家。目前投入市场的芯片均是数字式的。关于模拟神经元芯片目前已有研究，估计一二年时间内即可投放市场。

关于全硬件实现的神经计算机，我们认为，其定义范畴不在于这种计算机中是否用到了传统的数字计算机或模拟计算机，关键在于它所执行的神经网络运算中，所有的神经元的处理是否都是由硬件来完成。由其程度划分为软件实现（由成套软件包完成）、虚拟实现（硬件处理的神经元个数小于神经网络中全部神经元的个数）、及全硬件实现（全部由硬件实现运算与处理）。我们认为，这样划分有利于把握正确的方展方向。

全硬件实现的神经计算机真正体现了神经网络的并行机制。它又分为 VLSI 处理器、光处理器、分子处理和量子处理器的实现。目前取得一定进展的是前两种，其中第一种又包括模拟 VLSI 实现、数字 VLSI 实现。由于光波在传播上具有本质的并行性，无交叉失真且传播容量大，有利于高速的信息传递，因此，目前正在研究怎样用光物理学和现代光学技术，以全硬件方式实现神经网络，即研制光学神经计算机。由于摆脱了传统计算机的设计思想体系，在神经网络研究领域及其学术交流场合，光学神经计算机的任何进展都一直是令人瞩目的。1988 年 2 月，日本三菱电机所宣布开发成功世界上第一台联想式神经计算机硬件，采用的是 Hopfield 网络，具有 32 个神经元，1024 个连接。同年 11 月宣布试制成功光神经芯片。1989 年 7 月宣布研制成功世界上第一台能识别 26 个英文字母的光神经计算机。

3 神经计算机产品综述

3.1 神经网络软件包

下面介绍几种有影响的神经网络软件包及有关情况。

(1) Nestor 开发系统

Nestor 开发系统（简称 NDS）采用每层内部联通性低的多层网络，其软件模拟器对非线性可分模式类型进行自适应学习，系统采用多模块结构。其学习系统能够模拟生物神经网络生成识别软件包，包括用户开发的特征抽取器和 Nestor 学习及可训练软件。NDS 用 C 编程，可以在 PC-AT, PS/2 及兼容机, SUN-3 和 SUN-4, Sparcstation 上运行，用户能以 Lotus, dBase 和标准 ASCII 码形式输入数据直接给网络处理。

NDS 已应用到手写文字识别（两个字符/秒）、潜艇螺旋桨响声识别、金融、军事、过程控制。高技术医疗诊断仪器制造厂也将使用它。

研制 NDS 的厂家 Nestor 公司于 1975 年创建，1984 年开始研制神经网络软件包，目前有职员 38 人，1987 年利润 12.5 万美元，1988 年 53 万美元，1990 年估计为 230 万美

元,在神经网络厂家中排到前四名。Nestor 公司还与 DARPA 签有 120 万美元的合同,将于近期推出神经元芯片。

(2) Neural Works

该产品系列由 Neural War 公司推出。Neural Works Professional I 软件包用 C 语言编写,能模拟近 20 种神经网络模型,采用开放式结构,用户自己也可定义神经网络。具有学习规则 14 条、转换函数 10 个、和函数 11 个,菜单和图形显示、鼠标控制。可在 IBM PC/AT/XT, NEC PC, PS-2 及兼容机, AST 386, SUN-3 与 Sparcstation, MAC I & CE, 以及超立方体结构 Ncube 等计算机上使用。在 PC 上的版本含有 400 个物理处理单元 (PE), 425000 联接。在 SUN 上的版本含有 65000 个 PE, 1500000 个联接,运算速度均为 100000 条指令/秒 (IPS)。最新推出的 Neural-Works Professional I Plus 版本支持 31 种神经网络及它们的变形网络,可直接与 Lotus 1-2-3, dBase III, Excel 产生的标准 ASCII 文件连接,能与专家系统、工业控制系统连起来,可与神经计算芯片一起使用。目前至少可在如下机型上使用: PC, Macintosh II, SUN Sparc/SUN4, SUN-3 和 SUN-386i, IBM RS-6000, Transputer 和 i860 附加板等。

Neural Ware 公司 1987 年创建,专门从事神经网络产品开发,下设 5 个营业性分部。1989 年利润约为 180 万美元,在同类厂家排前四位。

(3) Explore Net 3000

这是 HNC 针对 PC 开发的网络软件,用户可在 Microsoft Windows 3.0 (与 PC/AT 机的 3000 种程序兼容) 的环境下方便地应用,最重要的特点是不用编程,与该公司的 ANZAPlus 神经元协处理器 100% 兼容,可以用定点或可变长度的 ASCII 码和二进制文件 (99% 的程序可得到这种形式的码)。例如,可不须修改地从 Lotus 1-2-3, dBase II 和 Excel 读数据,可组合 50 条路径的库函数,进行预处理和后处理操作,支持标量、向量和矩形运算,流水线文件可对数以千计的其它程序进行输入输出,包括 MS-Windows 下运行的专家系统、数据库和应用程序。显示方式有 6 种选择,应用者可随时观测网络的学习与训练情况。软件的网络模式提供了 18 种著名的神经网络,其中三分之一可由用户修改其结构。

(4) N-Net

这是由 AI Ware 公司推出的第二代神经网络开发系统。它包括:比回传误差学习 (BP) 速度更快的功能连接网结构;监督和非监督学习和联想记忆;用于嵌入的高级语言编程接口;新的用户接口与文件管理系统。其中,功能连接网结构为 AI Ware 公司的专利,主要是针对过程控制、产品设计等领域设计的。N-Net 210 PC 软件用 C 语言编写,有窗口功能。N-Net 610 软件模拟器是针对 DEC VAX 机研制的。

(5) PYGMALION

PYGMALION 计划是欧洲神经元研究的最主要的计划之一,欧洲国家的 10 家单位参加了这个课题。其主要目的是推出欧洲“标准”神经网络编程环境,作为神经网络应用“平台”。PYGMALION 环境在同类工作中显见有代表性的。它包括五个主要组成部分:(1) 图形显示。包括建立仿真的仿真指令语言、执行监控、交互式改变数据以及训练好的网络的存贮;(2) 算法库。用高级语言编写,给用户提供固定的模块,用户可自

由组合；(3) 高级语言 N。这是面向目标的编程语言，与算法库一起构成神经网络算法及应用；(4) 中级语言 nc。这是与机器无关的网络语言，用来表示全部或部分训练好作为应用的神经网络；(5) 编译器。针对基于 UNIX 的工作台以及基于 Transputer 的并行计算机。

令人注目的是，世界上最大的计算机企业 IBM 公司也进行神经网络研究及产品进入市场。1990 年 3 月推出 AS400 工作站，上面安放了一个自由的神经网络仿真开发环境。也可以在带有 Microsoft 公司的 Windows 3.0 以及 OS/2 下运行，可为商业用户提供图形识别、预测建模和预报能力。Silicon Graphics 公司 1991 年 5 月宣布，该公司以后推出的所有机器都将装备 Accurate Automation 软件开发环境，可进行神经网络的应用开发。

在我国也有多种软件已推出。国防科技大学计算机研究所研制的“通用神经网络模拟系统”（简称 N²S²）是国内最早的大型模拟系统。目前已开始销往国内多家单位及我国的台湾省。

综观目前所见到的软件包，大致可分为如下三大类：第一类是面向应用类，如 Nestor 公司的“决策学习系统”（DLS）是针对金融领域的，BehavHeuristics 公司的“航空市场策略家”（AMT）的 Excalibur 的 Sarvy 是专用于运输的；第二类是面向算法类，如 Brain-maker 属于专用算法型，即 Olmstead & Watkins 公司的 Owl 及 Mimetics 的 Galatea C-Library 则是神经网络算法库；第三类就是编程系统，如 PDP 研究组的 UCSD 和 Neural Ware 的 Explorer 属于教育系统；SAIC 集团的 ANSpec、HNC 公司的 Anza/Axon、NeuralWare 的 NeuralWorks Professional II 均是通用系统型，PYGMALION 和 Lucid 公司的 Plexi 属于开放系统，还有的软件是面向硬件型的系统。

作为应用类的神经网络软件包，其应用价值是不用怀疑的。它们包含许多应用背景的专业内容，针对性极强，缺点是不利于推广和移植。算法类的软件包，可用于应用开发研究、一般研究人员研究神经网络以及初学者学习，研究人员可以根据特定的问题挑选出合适的网络，而作为具体应用，大部分算法则是多余的。编程系统充分利用了目前计算机软件成果，功能齐备，人机交互方便，图形、表格、曲线功能强，用户可通过高级语言直接与之打交道。其缺点是，一经产品定型，用户要想改变它或与其它软件和硬件系统通讯较为困难。

Survey on the Development of Neurocomputer and its Study

Hu Dewen Wang Zhengzhi Zhang Liangqi

(Department of Automatic Control)

Abstract

In this paper, we firstly analyse and compare the relationship and the difference between neurocomputer and traditional computer. Secondly, we survey the international research progresses of the neurocomputer in the recent years in the points of view of software, virtual, and full hardware realizations respectively. Finally, we present our own view on the reason for the development and decay of neural networks and, suggest the research direction of the neurocomputer.

Key words neurocomputer, neural networks, parallel computing