

神经网络· 工程应用

李学桥 马 莉 编著

重庆大学出版社

TP389.1
437

395243'

神经网络·工程应用

李学桥 马 莉 编著



重庆大学出版社

内 容 简 介

本书在阐述神经网络基本概念的基础上,重点介绍神经网络在工程领域中的应用。本书分两部分。第一部分(前三章)阐述了基本的神经网络及常用的学习机理;第二部分(后三章)介绍了如何用人工神经网络实现工程设计、过程故障诊断和工业控制等技术,包括国际国内神经网络研究的最新进展和应用实例。

本书可作为计算机应用、电子技术、工业自动化、信息工程、机械制造等专业高年级学生和研究生教材或教学参考书,也适用于计算机工程、自动控制、机械设计领域的广大科技人员阅读参考。



重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:8 字数:200千

1996年8月第1版 1996年11月第2次印刷

印数:1001—2000

ISBN 7-5624-1225-1/TP·92 定价:15.00元

(川)新登字020号

序

近 10 年来,国内外人工神经网络(ANN,以下简称神经网络)研究出现一股新的热潮,神经网络的工程应用研究也取得许多重要成果。由于神经网络具有并行处理等诸多优点,特别适于处理非线性问题,因而在模式识别、图像处理、信号处理和自动控制等领域获得广泛应用和显著效果,并促进各相关学科工程应用的发展。

国内的人工神经网络研究虽然起步稍晚,但势头不小,研究成果也层出不穷。在这一热潮中,几部神经网络的系列著作起到了推波助澜的作用。然而,比较简练的导论性著作,仍不多见。由李学桥和马莉同志合作编著的《神经网络·工程应用》一书,较好地弥补了这一不足,满足了许多初学者的要求。该书用不大的篇幅分别介绍了神经网络的基本模型和学习机制,讨论了神经网络在故障诊断、系统辨识和自动控制中的应用,具有较大的实用价值,可作为相关专业研究生和高年级学生的教材或教参,也适于广大科技工作者阅读参考。

希望本书的编著和出版能为我国神经网络学科百花园增添一枝鲜艳的新花,并有助于我国神经网络研究及其工程应用的进一步开展。

蔡自兴

1996 年 4 月 10 日

于中南工业大学

前 言

现代人类对于外部世界的认识已经达到了令人惊叹的程度:宏观,远及宇宙;微观,深入于生命科学本身。所有这些光辉的科学成就,无一不是人类动用智慧和思维对客观世界中的信息进行加工的结果。人工神经网络作为入脑生物神经系统的模拟,自80年代以来,引起了国内国外科技工作者的普遍关注并掀起了一股研究热潮。

现阶段,我国神经网络的研究正从理论研讨走向应用开发。神经网络具有并行处理、非线性、容错性和自适应、自学习的特点,将在各行各业显示其强大的生命力和广阔的应用前景。近年来,作者之一参加了轻工总会基金项目,在国外留学时参加了欧共体研究项目。我们在进行课题研究时,查阅了大量的资料,结合我们的研究工作,我们认为值得出一本关于神经网络理论和应用的书籍。本书旨在推动和促进神经网络的应用水平的提高,缩短我国与国外的差距,在计算机日益普及的今天,使广大科技工作者掌握神经网络的基础理论和应用技术,在更广阔的领域用这一人工智能的新技术服务于我国现代化建设。

全书共分6章。第1章绪论中概述了神经网络的发展历史、现状和前景。第2章介绍了神经网络的基本网络模型。第3章阐述了各种神经网络的学习机理及其功能。第4章综述了神经网络在机械制造业中的应用。第5章着重介绍了神经控制系统的几种基本结构及其神经控制在系统辨识、故障诊断、工业过程控制中的应用。第6章讨论了神经网络与模糊控制技术的结合,并给出了神经模糊控制和应用实例。

本书第1—4章由马莉编写,第5章5.1、5.2、5.3、5.5节由李学桥编写,5.4、5.6由马莉编写,第6章由李学桥编写。

作者特别感谢中南工业大学博士生导师蔡自兴教授在本书写作过程中给予的大力支持和鼓励,并热情为本书作序。同时,我们对重庆大学出版社编辑部给予的热情支持表示真挚的感谢。

作者深深知道,神经网络是一门理论性强,实用面广,内容新,难度大的交叉学科。要在较短的时间和有限篇幅内给出系统的、完整的阐述是很困难的。由于作者水平有限,错误、遗漏与不当之处难以避免,作者殷切地希望读者随时提出批评指正,使本书进一步改进和完善。

编著者

1996年4月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 当代信息高科技热点——神经网络	1
1.2 神经网络的发展史	2
1.3 神经细胞及神经网络	3
1.4 脑神经信息活动的特征	4
1.5 人工神经网络及其特征	5
1.6 神经网络研究的意义及应用前景	7
1.6.1 现行计算机编程的瓶颈问题	7
1.6.2 神经网络研究的意义	7
1.6.3 神经网络的应用前景	8
第2章 神经网络的计算模型	10
2.1 简单人工神经元模型	11
2.1.1 M-P 模型	11
2.1.2 连续的神经元模型	11
2.2 感知器模型	12
2.2.1 单层感知器网络	13
2.2.2 多层感知器网络	14
2.2.3 多层感知器的设计	17
2.2.4 多层感知器实例	18
2.3 Hopfield 网络模型	18
2.3.1 离散型 Hopfield 网络	18
2.3.2 连续型 Hopfield 网络	22
2.4 自组织竞争网络模型	25
2.4.1 自适应共振理论模型	26
2.4.2 自组织映射模型	28
第3章 神经网络的学习机理	31
3.1 人工神经网络的学习功能	31
3.2 误差修正型学习	32
3.2.1 感知器学习	32
3.2.2 Adaline/Madaline 学习	34
3.2.3 反向传播网络学习	37
3.3 自组织竞争学习	41
3.3.1 竞争学习	45
3.3.2 自组织映射学习	47

3.3.3 二值自适应共振理论网络的学习	48
第4章 神经网络在机械制造业中的应用	51
4.1 神经网络与成组技术	51
4.2 神经网络与工程设计	52
4.2.1 知识表达	52
4.2.2 求解策略	53
4.2.3 算法	53
4.3 神经网络与故障诊断	54
4.3.1 神经网络在工件焊接诊断中的应用	54
4.3.2 阀门密封圈表面疵点自动识别	55
4.3.3 加工机床的故障诊断	57
4.4 机器视觉和物体识别	61
第5章 神经网络在自动控制中的应用	62
5.1 引论	62
5.1.1 自动控制的发展与面临的挑战	62
5.1.2 神经网络用于控制的优越性	63
5.2 神经网络与系统辨识	64
5.2.1 系统辨识的神经网络结构	64
5.2.2 逆动力学系统辨识	67
5.2.3 系统辨识仿真实验	68
5.2.4 系统辨识应用	71
5.3 神经网络非线性控制	72
5.3.1 神经控制结构(I)	72
5.3.2 神经控制结构(II)	75
5.4 神经网络自适应控制	77
5.4.1 神经网络直接自适应控制	77
5.4.2 神经网络间接自适应控制	79
5.4.3 神经网络自适应线性控制	80
5.4.4 神经网络自校正控制	80
5.5 神经控制仿真研究	81
5.5.1 小车-倒摆控制	81
5.5.2 单神经元自适应PID控制器	83
5.5.3 非线性系统自学习控制	86
5.6 神经控制应用	89
5.6.1 神经预测	89
5.6.2 工业过程故障诊断	91
5.6.3 批量进料发酵过程适应控制	94
第6章 神经网络在模糊控制中的应用	97
6.1 模糊集理论简介	97

6.1.1	隶属概念	97
6.1.2	模糊子集的简单运算	98
6.1.3	模糊向量及其笛卡尔坐标点	98
6.1.4	模糊矩阵与模糊关系	99
6.1.5	常见的模糊关系语句及其对应的模糊关系 R	100
6.1.6	精确量与模糊量的相互转换	100
6.2	神经模糊控制的系统特点与结构	102
6.2.1	神经网络与模糊控制的特点	102
6.2.2	神经模糊控制的系统结构	103
6.3	神经网络在模糊控制中的应用	104
6.3.1	用神经网络实现模糊逻辑控制	104
6.3.2	神经模糊控制洗衣机	111
参考文献		118

第1章 绪论

探讨人脑思维的奥秘是人类长期以来的梦想。自从公元前亚里士多德时代开始,人们就开始研究具有思维能力的机器。第一台电子计算机的问世使这方面的研究有了实质性的进展。1956年,人工智能技术的出现,使人们又朝思维机器的研究方向进了一步。现在,神经网络技术又为人们进一步了解人脑思维的奥秘开辟了新的途径。

1.1 当代信息高科技热点——神经网络

80年代后期,在美国、日本等一些工业发达国家里,掀起了一股竞相研究开发神经网络(Neural Networks,简称NN)的热潮。1987年6月,首届国际神经网络学术会议在美国加利福尼亚州召开,到会代表有1600余人。在会上成立了国际神经网络学会(International Neural Network Society)。接着于1988年,由当今世界著名的三位神经网络学家,即日本东京大学的Shunichi Amari(甘利俊一)教授,美国波士顿大学的Stephen Grossberg教授和芬兰赫尔辛基技术大学的Teuvo Kohonen教授,主持创办了世界第一份神经网络杂志《Neural Networks》。随后,国际电气工程师与电子工程师学会(IEEE)也成立了神经网络协会并出版神经网络刊物。

近几年来,在神经网络这个涉及多种学科的新的科技领域中,吸引了众多的神经生理学家,心理学家,数理科学家,计算机与信息科学家以及工程师和企业家等。大量的有关神经网络机理、模型、算法特性分析,以及在各方面应用的学术论文像雨后春笋般在报刊杂志上和许多国际学术会议中涌现,神经网络以及建立在神经网络原理基础上的神经计算机(Neuro Computer)成为当代高科技领域中方兴未艾的竞争热点。

面对世界各国出现的神经网络开发研究热潮,我国也及时地迈出了急迫直赶的步伐。从1986年到1988年,先后在北京召开了脑的工作原理研讨会,神经网络战略研讨会和学习与识别神经网络国际讨论会。1989年10月和11月,分别在北京和广州召开了神经网络及其应用学术讨论会和第一届全国信息处理——神经网络学术会议。

1990年12月,由我国八个学会(即中国电子学会、计算机学会、人工智能学会、自动化学会、通信学会、物理学会、生物物理学会和心理学会)联合在北京召开“中国神经网络首届学术大会”。这个规模空前的盛会,以“八学会联盟,探智能奥秘”为主题,收到了来自各方面的论文300余篇,从而开创了我国神经网络及神经计算机方面科学研究的新纪元。

神经网络信息处理的原理方法和神经计算机的研制开发应用,是一个涉及生物、医学、心理学、认知学、信息论、计算机、数学、物理和微电子技术等多种学科的综合性高科技。以1988年在美国波士顿召开的国际神经网络学会年会为例,会上研究讨论的中心议题包括:

- 神经计算机(Neuro Computer);
- 联想学习(Associative Learning);
- 自组织(Self-Organization);

- 局部回路神经生理(Local Circuit Neurobiology);
- 网络动态分析(Analysis of Network Dynamics);
- 认知信息处理(Cognitive Information Processing);
- 视觉信息处理(Vision and Image Processing);
- 语音与语言(Speak and Language Control);
- 传感电机控制与机器人(Sensory-motor Control and Robotics);
- 模式识别(Pattern Recognition);
- 组合优化(Combinational Optimization);
- 电子实现(Electronic Implementation);
- 光学实现(Optical Implementation);
- 应用(Application)。

上述这些会议中心议题,大致覆盖了神经网络这门新兴学科领域中的重点研究方向。

1.2 神经网络的发展史

从人脑的生理结构出发来研究人的智能行为,模拟人脑信息处理的过程,即人工神经网络的研究,经历了一条曲折的路程。大致分为兴起、萧条和兴盛三个时期。

早在 1943 年,心理学家 Mcculloch 和数学家 Pitts 在数学生物物理学会刊 Bulletin of Mathematical Biophysics 上发表文章,总结了生物神经元的一些基本生理特性,提出了形式神经元的数学描述与结构方法,即 M-P 模型。在 M-P 模型中,赋予形式神经元的功能较弱,但网络的计算能力巨大,这种巨大的计算潜力在于网络中足够多的神经元以及神经元之间丰富的联系,同时神经元还具有并行计算的能力。M-P 模型的提出兴起了对神经网络的研究。

1949 年心理学家 D. O. Hebb 提出神经元之间突触联系强度可变的假设。他认为学习过程是在突触上发生的,突触的联系强度随其前后神经元的活动而变化。根据这一假设提出的学习率为神经网络的学习算法奠定了基础。

50 年代末,Rosenblatt 提出感知机,第一次把神经网络的研究付诸工程实践。这是一种学习和自组织的心理学模型,它基本上符合神经生物学的知识,模型的学习环境是有噪声的,网络构造中存在随机连接,这符合动物学习的自然环境,当时人们对神经网络研究过于乐观,认为只要将这种神经元互连成一个网络,就可解决人脑思维的模拟问题,以后碰到了理论上和实现技术上的困难,加上其它因素的影响,使得对神经网络的研究进入了低潮。

60 年代,美国著名人工智能学者 Minsky 和 Papert 对 Rosenblatt 的工作进行了深入的研究,写了很有影响的《感知机》一书,指出感知机的处理能力有限,甚至连 XOR 这样的问题也不能解决,并指出如果引入隐含神经元,增加神经网络的层次,可提高神经网络的处理能力,但是研究对应的学习方法非常困难。加以当时人工智能的以功能模拟为目标的另一分支出现了转机,产生了以知识信息处理为基础的知识工程,给人工智能从实验室走向实用带来了希望。同时,微电子技术的发展,使传统计算机的处理能力有很大提高,数字计算机的发展使当时科学界普遍认为它能解决一切问题,包括模式识别、机器人控制等。因而不必去寻找新的计算理论与实现方法。而且,当时的工艺水平还未能达到制作实用的具有足够规模的神经网络,用分离的电子管即使是晶体管所制作的神经网络也只能作示教性的表演。这些因素的共同作用,促

使人们降低了对神经网络研究的热情,从而使神经网络进入萧条时期。

不过,还是有不少学者继续对神经网络进行研究,仍取得一些积极的成果。其中包括 Arbib 的竞争模型,1977 年 Kohonen 的自组织映射模型, Grossberg 的自适应谐振模型和 Fukushima 的新认知机等。特别是有的学者提出了连接机制和并行分布处理概念等,具有较大影响。

到了 80 年代中期,神经网络的研究进入了“柳暗花明又一村”的新境界,一个竞相研究神经网络和设计构造神经计算机的热潮在世界范围内掀起。产生这种转折变化的一个重要原因,是美国加州理工学院生物物理学家霍普菲尔德采用全互连型神经网络模型,利用所定义的计算能量函数,成功地求解了计算复杂度为 NP 完全型的旅行商问题。这项突破性的进展引起了广大学者对神经网络潜在能力的高度重视,从而掀起了研究神经网络信息处理方法和研制神经计算机的热潮。

经过近半个世纪的研究探索,人们开始懂得,人工智能的发展,与对人脑机理的研究和认识学科的发展密不可分,因而出现包括人工智能(Artificial Intelligence),脑模型(Brain Model)和认知科学(Cognitive Science)的所谓 ABC 理论。

1.3 神经细胞及神经网络

一个神经细胞的构造如图 1-1 所示,主要包括细胞体、树突、轴突和细胞之间相互关联的突触。

细胞体是由细胞核、细胞浆、细胞膜等组成。在高等动物的神经细胞中,除了特殊的无“轴突”神经元外,一般每个神经元都由胞体的轴丘处发出一根粗细均匀,表面光滑的突起,长度从几个 μm 到 1m 左右,称为轴突,它的功能是传出从细胞体来的神经信息。树突为细胞体向外伸出的很多其它突起,它们像树枝一样向四处分散开来,在胞体附近比轴突粗得多,但离开细胞体不远马上就很快分支变细,形成无数粗细不等的树突。它们的作用是向四方收集由其它神经细胞来的信息。信息流是从树突出发,经过细胞体,然后由轴突输出。突触是两个细胞之间连接的基本单元,主要有:

(1) 一个神经细胞的轴突与另一个神经细胞的树突发生接触;

(2) 一个神经细胞的轴突与另一个神经细胞的胞体接触。

突触包含两个部分:一个为突触前成分,表示在轴突的末梢;一个是突触后成分,为树突的

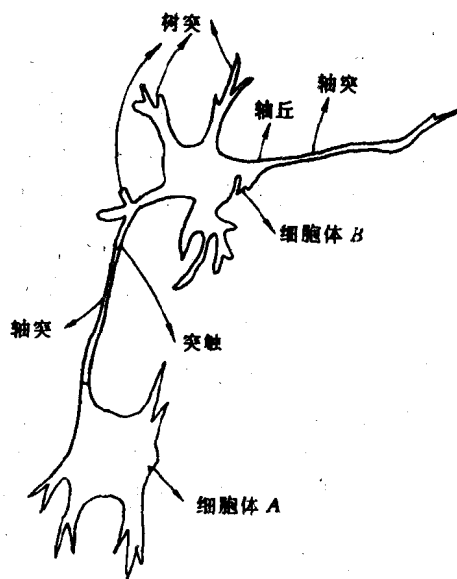


图 1-1 神经细胞的示意图

始端,或细胞体与轴突末端接触的部分。突触的联接如图 1-2 所示:

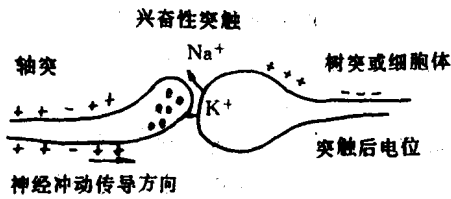


图 1-2 突触联接的示意图

神经细胞单元的信息是宽度和幅度都相同的脉冲串。脉冲串的间隔是随机变化的。如某个神经细胞兴奋,其轴突输出的脉冲串在单位时间内的平均频率高;如神经细胞抑制时,脉冲发放率减少,甚至无脉冲发放。信息传递在突触处主要是发生化学和电的变化,即在化学突触的传递过程中,突触前成分囊泡里的神经递质被释放到突触后膜,当脉冲到来时,贮存在突触囊泡内的神经递质进行排放,这样改变了突触后膜对钠离子(Na^+)、钾离子(K^+)和氯离子(Cl^-)的通透性,使突触后神经细胞相位发生电位变化。

兴奋性突触在脉冲刺激下,对下一个神经细胞产生兴奋性突触后的电位变化,抑制性突触在脉冲刺激下产生抑制性突触后的电位变化。很多神经细胞通过各自的突触对某一个神经细胞的作用,都形成该神经细胞的后电位变化,电位的变化是可以累加的,该神经细胞后电位是它所有的突触产生的电位总和,当该神经细胞的后电位升高到超过一个阈值,就会产生一个脉冲,从而总和的膜电位直接影响该神经细胞发放的脉冲数。一般说,每个神经细胞的轴突大约联接 100~1000 个其它神经细胞,神经细胞的信息就是这样从一个神经细胞传递到另一个神经细胞。

在人脑中大约有 140 亿个神经细胞单元,根据 Stubbz 估计,这些神经细胞被安排进约 1000 个主要模块内,每个模块有上百个神经网络,每个网络约有 10 万个神经细胞,信息的传递是从一个神经细胞传递到另一个神经细胞,从一种类型的神经细胞传递到另一类神经细胞,从一个网络传递到另一个网络,有时也从一个模块传递到另一个模块。

1.4 脑神经信息活动的特征

如果将人脑神经活动的特点与现行的计算机的工作方式作一对照比较,就可以看出以下的重大差别:

(1)人在识别一幅图像或作出一项决策时,并不像现行计算机那样按事先编好的程序一条一条地执行指令,而是把存在于脑中多方面的知识和经验同时迸发出来,迅速地作出解答。人脑中多达 $10^{10} \sim 10^{11}$ 数量级的神经元提供了巨大的空间存储容量,存储有大量的知识和经验,在需要时能以很高的反应速度作出处理判断。这就是说,巨量并行性是人脑信息活动的一个重要特点。

(2)人脑中信息存储和信息处理是合在一起的,而不像现行计算机那样,存储地址和存储内容是彼此分开的。由于人脑神经元兼有信息处理和存储功能,所以在进行回忆时,不但不存在先找存储地址而后再调出所存内容的问题,而且可以由一部分内容恢复全部内容。

信息处理和存储单元结合在一起,是人脑信息处理的又一特点。

(3)人脑不像现行计算机那样,只能被动地执行已编好的程序,而是能够通过内部自组织,自学习的能力不断适应外界环境,有效地处理各种模拟的、模糊的或随机的问題。

人脑这种活的自组织自学习功能,能不断地积累知识经验,适应新的环境要求,这更是传统电脑望尘莫及的。当然,在人脑活动中,还有感情、联想、灵感和创造等高层次的信息活动,这些都包含着有待进一步认识和阐明的机理作用。

表 1-1 列出了传统计算机和人脑间的比较。从表中可以看出,在那些需要根据逻辑推理进行精确计算的场合,传统计算机能比人脑更有成效地工作。而在那些需要根据多种因素和经验迅速作出综合判断,以求得满意解的场合,人脑要比传统计算机强得多。

表 1-1 传统计算机与人脑比较

比较内容	传统计算机	人脑
基本单元	半导体元件	神经元
单元数目	$10^5 \sim 10^7$	$10^{10} \sim 10^{11}$
信号形式	电脉冲	活动电位
动作速度	$10^{-9}s$	$10^{-8}s$
记忆容量	10^{10} 比特	$10^{13} \sim 10^{20}$ 比特
记忆形式	按地址记忆	按内容联想
故障率	5×10^{-22}	5×10^{-21}
信息处理方式	数字集中处理	模拟分布处理
系统结构	串行处理	并行处理
抗干扰性	低	高
容错能力	弱	强
信息再现性	完全	不完全
工作方式	被动执行程序	主动学习创新

由此不难理解,研究人脑神经的结构特点和活动机制,并在此基础上模拟仿造出人工神经网络和神经计算机,绝对不是要否定和取代传统计算机在精确数值计算方面的巨大优势,而是作为应用于模式识别,组合优化和决策判断方面的扩展和补充。考虑到人类日常生活和工作中绝大多数情况下要处理的信息都是模拟的、模糊的和随机的信息,因此这种扩展和补充将会带来巨大的效益。

1.5 人工神经网络及其特征

人工神经网络是采用物理可实现的器件或采用现有的计算机来模拟生物体中神经网络的某些结构与功能,并反过来用于工程或其它的领域。

图 1-3 是一个人工神经元的示意图。图中 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 表示其它神经元的轴突输出, $w_1, w_2, \dots, w_n$ 为其它 n 个神经元与第 i 个神经元的突轴联接,其符号的正负分别表示为兴奋性突

触和抑制性突触；其数值的大小表示突触的不同的化学变化情况。

每个人工神经元满足：

$$s_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \theta_i \quad (1-1)$$

$$u_i = g(s_i) \quad (1-2)$$

$$y_i = f(u_i) \quad (1-3)$$

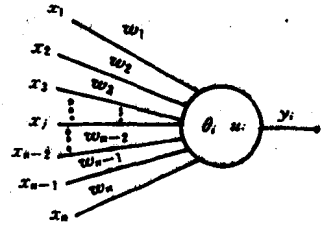


图 1-3 人工神经元的示意图

其中式(1-1)表示神经元 i 突触后电位的累加值, θ_i 为阈值。式(1-3)中, u_i 为细胞 i 的状态, y_i 为神经元 i 的输出。

人工神经网络是对生物神经系统的模拟,其信息处理功能是由网络的单元(神经元)的输入输出特性(激活特性),网络的拓扑结构(神经元的连接方式)所决定的。按突触修正假说,神经网络在拓扑结构固定时,其学习归结为连接权的变化。

下面比较一下传统计算机和人工神经网络对问题求解的方式。传统计算机需要人将解题的步骤进行编程并输入,最后由计算机一步一步地得到问题的解;相反地,人工神经网络(以下简称神经网络)可以经过训练来解答问题。换句话说,神经网络给自身编程去求解问题。神经网络是一个由大量简单神经元连接成的复杂的网络,这样一个网络可以由硬件或软件构成。神经网络的训练(学习)由图 1-4 示意。训练一个神经网络包括用一系列的输入例子和理想的输

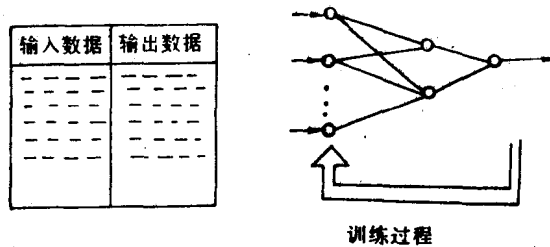


图 1-4 神经网络的学习过程

出作为训练“样本”,根据一定的训练算法对网络进行足够的训练,使得神经网络能够学会包含在解中(样本中的理想输出)的基本原理。当训练完成后,该解(由训练所确定的网络)可以用来求解相同的问题。

虽然人工神经网络与真正的神经网络有很多差别,但由于它吸取了生物神经网络的部分优点,因而有其固有的特点:

(1)人工神经网络在结构上与目前的计算机根本不同,它是由许多小的处理单元互相联接而成,每个处理单元的结构如图 1-3 所示,并由方程(1-1)、(1-2)、(1-3)来描述。每个单元的功能简单,但大量简单的处理单元集体的、并行的活动得到预期的识别、计算的结果,具有较快的速度。

(2)人工神经网络具有很强的容错性,即局部的或部分的神经元损坏后,不影响全局的活动。

(3)人工神经网络所记忆的信息是存储在神经元之间的权中,从单个权看不出其储存信息的内容,因而是分布式的存贮方式。

(4) 人工神经网络具有十分强的学习功能, 人工神经网络的连接权和连接结构都可以通过学习而得到。

1.6 神经网络研究的意义及应用前景

1.6.1 现行计算机编程的瓶颈问题

限制计算机进行应用的因素大多数场合不再是运行速度和程序的长度, 这是由于台式 PC 机比 10 年前大型机的功能还要强得多, 现在的问题是开发软件的困难。程序是复杂的, 并且编制和保留这些程序的费用都很昂贵。甚至在很多问题中, 有一个更基本的问题: 即我们不知道让计算机去做什么。比如说, 我们不认识人群中朋友的面孔, 不知道如何进行决策, 所以写不出让计算机执行的步骤。这是因为对许多困难问题, 必须从经验中学习。例如一个股票经纪人, 从自身的股票买卖中增长知识和经验。尽管有大量的因素影响他, 但他的决择取决于他以前经历过的相同股市的例子。如果把计算机认为是进行信息处理的“黑箱子”, 用我们希望它做的例子来训练它, 就能克服编程瓶颈问题。所以说, 神经计算是解决这一问题的方法。

1.6.2 神经网络研究的意义

智能信息处理的研究并不是始于今日的新鲜事物, 这项研究至少可以追溯到 50 年代人工智能的初创期, 更早些可以追溯到图灵自动机理论。从其研究历史来看, 它主要是沿着两条途径展开的: 一条是基于心理学的符号处理方法(强调脑的功能模拟); 另一条是基于生理学的模式处理方法(即神经网络), 强调模拟脑的神经系统结构的基础上实现脑的功能。

符号处理方法主要是计算机模拟人脑的思维功能, 重点研究的是机器的思维问题, 解决问题的关键在于知识的表示、获取、存储和使用。各种专家系统在其发展中碰到了许多难以克服的困难。

神经网络从脑的神经系统结构出发来研究脑的功能, 研究大量简单的神经元的集团信息处理能力及其动态行为。现在神经网络对 30 多年来一直困扰计算机科学和符号处理的一些难题可以得到比较令人满意的解答, 特别是对那些时空信息存储及并行搜索, 自组织相联存储, 时空数据统计描述的自组织以及从一些相互关联的活动中自动获取知识等一般问题的求解, 更显示出了其独特的能力, 由此而引起了智能研究者的广泛关注, 并普遍认为神经网络方法适合于低层次的模式处理。

符号处理与神经网络是一种互补关系。神经网络的研究重点在于模拟和实现人的认识过程中的感知觉过程、形象思维、分布式记忆和自学习自组织过程。而符号处理则侧重于模拟人的逻辑思维。因此, 神经网络与符号处理相结合, 可能会使人们对人的认知过程有一个较全面的理解。在这一领域中的任何一项基础理论上的进展, 必将对计算机科学和智能产业产生实际的影响。

神经网络的数学理论本质上是非线性数学理论。因此, 现代非线性科学方面的进展必将推动神经网络的研究; 同时, 神经网络也会对非线性科学提出新课题。

神经网络在国民经济和国防科技现代化建设中具有广阔的应用领域和应用前景。关于智能的模拟和机器再现, 必将开始发展出一代新兴产业。因此, 我们必须对这一领域的进展密切

注意,同时积极加强研究和开拓应用。

1.6.3 神经网络的应用前景

下面简要介绍神经网络的一些主要应用领域。

(1) 传感器信息处理。

传感器信息处理涉及到两个主要的问题:模式预处理变换和模式识别。预处理变换接受一种形式模式,可以应用神经网络把它们转换为更多的想要的或可用的形式模式。比如:图像的压缩/扩充,图像的边缘抽取,图像对比增强,图像或相应的基础函数(Fourier, Fourier-Mellin, Gabar)扩充和模式噪音压缩。模式识别则是把一模式映射到其它类型或类别的操作。这可以是固定的静态映射,或许是更复杂的操作。神经网络可以执行许多的模式预处理变换或模式识别操作,可以处理静态模式(固定的图像,固定的能谱)和动态模式(动态的视频图像,连续的语音,声纳和雷达的多普勒频率)。

(2) 信号处理。

神经网络还被广泛地应用于信号处理,如目标检测,杂波去噪声或畸变波形的恢复,雷达回波的多目标分类,运动目标的速度估计,多目标跟踪等。神经网络也可用于多探测器信号的融合(Fusion),即对多个探测器收集到的信号进行处理,尽可能获取有关被测目标的完整信息。Mitch Eggers 和 Tim Khuon 利用神经网络检测空间中卫星飞行动作是稳定、倾斜、旋转还是摇摆四个状态,正确率可达 95%。概括地说,神经网络在信号处理领域主要应用于:自适应信号处理(自适应滤波、时间序列预测、谱估计、阵列处理、消除噪声、检测等),非线性信号处理(非线性滤波、非线性预测、非线性谱估计、非线性编码等)。

(3) 自动控制。

早在 1962 年, Widrow 就表明一个神经网络可以成功地学会平衡一个干扰抑制器的控制算法,并提出了著名的 LMS 算法。

Grossberg/Kuperstein 的视觉运动控制神经网络,能够执行传感器表面一个图像传感器的反馈控制和图像平面的非线性关系的计算,并能把图像传感器瞄准到正在运动的指定客体上。显然,这可以用到机器人的摄像机控制上。而且还可以应用到诸如火炮之类的武器系统中去。

神经网络还被用于机器人控制中,比如机械手的控制等。在鱼雷的控制上,有的也采用了神经网络方法。

(4) 知识处理。

神经网络可以从数据中自动地获取知识,逐步地把新知识结合到其映射函数中去,并执行逻辑的假设检验。这种能力使得神经网络非常适合于处理某类知识,特别是不精确的知识。Anderson 的知识处理神经网络,通过将知识编为长的属性向量码来进行工作。这可以有效地处理矛盾与丢失的信息。在矛盾的情况下,在基于“证据权”做出决策(即选择具有最多的支持例子作为响应)。在丢失信息的时候,系统在现有的属性之间的已知联系的基础上进行猜测。这个系统的一个缺点是要有一个“硬”的知识库,即构造系统的数据必须是精确的。

Kosko 的模糊认知映射系统,是以神经网络的形式实现类图结构,它能够存储作为变元概念的客体之间的因果关系。模糊认知映射可以处理不精确的,矛盾的甚至是错误的的数据。

(5) 运输与通信。

运输与通信问题在国民经济中有着极为重要的现实意义。运输与通信问题的关键是如何在运输网或通信网中来调度货物或信息以达到最为经济。

最优的调度算法是一个 NP 完全性问题。而神经网络法则可以根据运输网或通信网中当前及以前的货物/信息情况,最佳地(或局部最佳地)来调度网中的货物源/信息源,以达到货物/信息在网中的传递最为经济的目的。

Hopfield 模型可用来求解“旅行推销商问题”,但其解只是局部最优解。Bruck 则证明用 Hopfield 模型可以求解最小割集问题。

(6)其它问题。

除了上面所讨论的一些应用领域外,神经网络在下面的这些领域也有着广泛的应用前景。

①零售分析。用神经网络来分析各种商品的零售量及价格。

②信用分析。

③航空与航天。

④医用诊断系统。

我们相信,随着神经网络和神经计算机在理论和实践方面的不断发展完善,将为它们的实际应用开辟更广阔的天地。