



全国高技术重点图书

微电子技术领域

现代神经网络应用

Neural NETWORKS current applications

〔英〕 P. G. J. Lisboa

编著

邢春颖 阳 影

等译

王真理

审校

ITP



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



全国高技术重点图书

微电子技术领域

Neural Networks Current Applications

现代神经网络应用

〔英〕 P.G.J.Lisboa 编著

(英国利物浦大学电气与电子工程系)

邢春颖 阳 影 等译

王真理 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

自从八十年代后期神经技术的再度复出,神经网络已得到了飞速发展,取得了广泛的应用成果。在一本书中要全面介绍它的应用很难实现。为此只有选择一些最主要的、最新应用介绍给大家。

本书共分十三章,前两章是神经网络的理论基础及概念,后续每一章介绍一种应用,内容涉及神经技术在预测、自动控制、机器人、计算机视觉和图象处理等领域的实际应用。最后一章对神经网络的应用做了概括性总结。各章的作者来自不同的国家,专门从事不同方面的研究。希望本书能帮助读者开阔思路,或对你的研究有所启发。

本书可作为大专院校的教师、学生、研究生以及从事数字信号处理和神经网络研究的科技人员参考书。



Copyright©1992 by International Thomson Computer Press, a Division of
International Thomson Publishing Inc.

ALL RIGHTS RESERVED. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission, in writing, from the Publisher.

本书由美国ITP集团公司的子公司出版,ITP公司已将本书的中文版独家版权授予中国电子工业出版社和北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可,不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

现代神经网络应用

〔英〕P.G.J.Lisboa 编著

邢春颖 阳 影 等译

王真理 审校

责任编辑 徐云鹏

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京美迪亚电子信息有限公司排版

北京顺义颖华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 10.875 字数: 280 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数: 4000 册 定价: 19.50 元

ISBN 7-5053-3721-1/TP·1575

著作权合同登记章

图字: 01-96-0706号

《全国高技术重点图书》出版指导委员

主任：朱丽兰

副主任：卢鸣谷

委员：（以姓氏笔划为序）

王大中 王为珍 牛田佳 王守武 刘 仁 刘 杲 卢鸣谷 叶培大
朱丽兰 孙宝寅 师昌绪 任新民 杨牧之 杨嘉墀 陈芳允 陈能宽
罗见龙 周炳琨 欧阳莲 张钰珍 张效祥 赵忠贤 顾孝诚 谈德颜
龚 刚 梁祥丰

总干事：罗见龙 梁祥丰

微电子技术领域

主任委员：王守武

委员：王阳元 王守觉 李志坚 林兰英 龚兰芳

译者序

早在五、六十年代就已兴起神经网络的研究，人们试图用人工的方法模拟生物神经系统。到Hopfield模型的诞生，神经技术再度引起广大科技工作者的关注。但由于各种因素的影响，神经网络的研究几乎“消声匿迹”了十多年，直到八十年代才再度复出。这是因为计算机软、硬件的迅猛发展给神经技术的研究提供了技术保障。

神经技术的发展是飞速的，它的应用也越来越广泛。它逐渐走出实验室，渗透到人类活动的很多方面，例如经济预测、图象处理、自动控制、最优化问题等等，而且取得了卓有成效的实际应用价值。

坦率地讲，在此书的翻译过程中我们遇到了很多的困难。虽然我们在硕士专业课中曾系统地学过神经网络，但对于神经网络的应用来说，那简直是凤毛麟角。由于我们的专业是模式识别在地球物理中的应用，虽然做过一些神经网络方面的应用研究，但这本书中所包含的内容实在太广泛了。从理论上讲，虽然出入不大，但要理解与掌握所有领域的神经网络应用是不可能的。因此在成书的过程中得到了许多同志、老师的指导与帮助，在这里向他们致以诚挚的谢意。此外本书的审校王真理博士后给我们提出了很多宝贵意见，对全书做了全面的修正，深深致谢。

同时感谢美迪亚电子信息有限公司的全体成员，感谢他们对此书做了认真仔细的校对、排版。

由于我们水平有限，翻译过程中肯定有不少错误，欢迎广大读者批评指正。

译者

一九九六年于北沙滩

谨以此书献给我的亲密伙伴——

卡瑟琳、考瑞尔和斯阿亚娃，
献给我母亲及故去的父亲

绪 言

神经网络在许多应用领域中还是相当新的事物。如今,它已获得广泛应用,但在获取神经网络的最佳性能、监测神经网络的运行特点及把神经网络集成到现有手段和操作环境等方面还存在着很多困难。总之,神经网络的认识过程是一个实践性很强的过程,这一过程包括理解神经网络的概念、原理及应用。

本书回顾了商业上可行的一些重要应用,同时对这一快速发展的领域做了简单介绍,由此企图把读者带上神经网络的学习轨道。本书对神经网络的发展历史及基本原理作了概括性综述,并且介绍了这项技术所提供的一些重要工具及其在实际应用中的使用,同时列举了一些详细应用范例,其中有些应用已经商业化。最后,对当前应用及发展趋势做了概括性讨论。

希望读者通过本书能找到自己感兴趣的部分。通过对神经网络应用的当前技术发展水平的介绍,为读者提供新的思路。对每一个神经网络技术的使用者来说,无论他是否有相关经验,对神经技术采取积极亦或消极、相信亦或怀疑的态度,只要此书为读者提供了新的视点,促进某种新应用的产生,或者对疑难问题提供了新的思路,那就达到了本书的目的。

全书的重点放在把具有特殊计算功能的人工神经网络作为一套新型工具的使用上,以及如何最好地发挥它在实际应用上的潜力。

所有的参考文献都已被详细地罗列出来,以便于读者对所描述技术和原理的细节部分进行深入的研究。

第一章——前言部分回顾了早期神经网络的成因和历史,对神经网络的概念及新内容做了简单说明,介绍了后面应用中所使用的基本工具。除了技术上的指导外,本章还为初学者提供了参考书目。

第二章的简要介绍将读者领入特殊的商业应用中。其中航空行李中爆炸物的探测,解决了在高风险状态下的自动探测问题。另外还讲述了非线性系统中的自适应扰动消除问题。

第三章讲述了在高度竞争环境中资源配置问题的解决办法,包括航空飞行座位的分配,并且使用特别适合于预测的算法。这是基于神经网络解决方案的又一个例证,它证明了神经网络在商业应用上的价值。

第四章讨论了一种特别重要的结构类型的设计,即以和神经网络同样方式要求知识的“混合模型”的设计,但是它所提供的解释功能更灵活。事实上,它组成了“能动专家系统”,这是为解决另一种艰难任务引伸出的方法,即人寿保险的医疗风险评估。

第五章讲述的是另一个模拟非线性系统控制的例子,这里将细致描述并介绍神经网络在标准化学处理上的应用,即振动箱体式反应堆的pH控制。

对许多自动化应用来说,反向运动是很重要的,并且也是众所周知的“逆问题”——这一大类问题中的典型代表。它是指已知某些动作的结果,但是达到预计目标的确切动作却还没有确定。第六章解决了这一问题,并且还通过两个自由度单臂操作实例研究了自动控制中

的另一个重要难题，也就是模拟偶合系统的瞬时动力学问题。

图象处理是神经网络技术应用非常成功的领域，其实在真实的生物系统中，图象处理也得到较深入的研究，它已为通用人工视觉系统的设计起到了引导作用。

第七章从操作观点对真实的和人工神经视觉作了简要介绍，围绕两个最常使用的神经网络学习算法，即误差反向传播和自组织Kohonen网络的行为方式进行了细致的讨论，这两种算法已被应用到手迹数字识别上，并且获得了很明显的成功。最后重点介绍了将来很可能发展的更高级领域。

后面第八章讲述了另一个实际领域的应用，即图象分割，在自然场景解释方面迈出了第一步。这在自动导航系统的发展上是具有决定性的一步，并且除了图象分类外还介绍了特征检测。

对许多视觉系统来说，物体识别和图象对称轴检测是相当困难的任务。第九章讲述了一种原始的、并且非常成功的解决方法，其中包括在自然场景下对人脸的自动探测。

视觉特征识别非常适合于用神经网络方法解决，因为它包含分布式冗余信息。实际上这意味着我们可用最少的有意识人为介入来完成这一任务。第十章我们从日常生活邮件中选取了大量数据进行测试，提出了一种最有效并且可信的手写体数字识别办法。

第十一章讲述的是不变性模式识别。与前一章相比，这一章注重的是按照对称轴来识别图象恒定。这是独立于基本几何变换——平移、旋转、有限伸缩的模式识别问题。在这一章中我们对传统技术和神经技术进行比较，讨论各自的优点。网络技术虽然已应用到字符识别上，但是此方法可以很容易地推广到工业视觉探测问题上。

第十二章是关于未来发展情况的展望。在这一章中，与可用硅实现的模型相联系，我们仔细检验了人类视觉系统的早期发展阶段。

最后结论一章概括了当前神经网络应用的技术发展水平，列举了一些非常重要的发展及未来展望。

感谢J.McTavish博士对原稿做了校对。

征得电气与电子工程师学会和Morgan Kaufman的许可，此书中使用了Thomas J. McAvoy等和Y. Le Cun等所发表的论文，并且分别征得了两人的同意。

P.J.G.Lisboa
(利物浦大学)

目 录

第一章 前言	1
1.1 概述	1
1.2 动机	1
1.3 回顾	2
1.4 生物神经元	2
1.5 人工神经元	3
1.6 神经网络	4
1.7 工具箱	5
1.8 选择正确的算法	16
第二章 神经网络基础	22
2.1 概述	22
2.2 简介	22
2.3 何为“艰难”问题	23
2.4 ANS的概念	23
2.5 ANS实现	25
2.6 应用	27
2.7 人工神经系统展望	30
第三章 在变化的环境中使用自适应网络进行资源分配	31
3.1 概述	31
3.2 简介	31
3.3 BANKET	33
3.4 航空收入管理	34
3.5 航空市场专家 (AMT)	35
3.6 规划及任务管理	37
3.7 自适应网络空勤组训练调度程序 (ANATS)	37
3.8 结论	38
第四章 保险业中的医疗风险评估	41
4.1 概述	41
4.2 简介	41
4.3 用于分类问题的神经网络模型	44
4.4 分类网络的结构	46
4.5 互连专家系统环境	48

4.6 结论	51
第五章 用神经计算模拟化学处理系统	54
5.1 概述	54
5.2 简介	54
5.3 反向传播网络	55
5.4 稳态例子	56
5.5 动力学实例	58
5.6 解释生物传感器数据	61
5.7 结论	64
第六章 神经网络在机器人学方面的应用	66
6.1 概述	66
6.2 简介	66
6.3 机器人学中的逆运动学问题	66
6.4 用分级神经网络学习机器人动力学特点	69
第七章 神经网络在计算机视觉系统上的应用	74
7.1 概述	74
7.2 简介	74
7.3 视觉的生物神经网络	74
7.4 人工神经网络	77
7.5 Kohonen网络	79
7.6 误差反传	82
7.7 特征提取	83
7.8 同统计分类器的对比	85
7.9 应用概述及结论	86
第八章 用神经网络划分图象	89
8.1 概述	89
8.2 简介	89
8.3 网络	90
8.4 实现	91
8.5 结果	93
8.6 结论	95
第九章 最优化神经网络在对象识别中的应用	98
9.1 概述	98
9.2 简介	98
9.3 测量神经网络中的信息流——条件类熵	99
9.4 化为通用的西哥蒙德激励函数	101
9.5 建造最优神经网络的监督算法——最小化条件类熵	101

9.6 二元模式中的对称轴移动不变性识别	103
9.7 人脸的探测	104
9.8 结论	107
第十章 用反向传播网络识别手写数字	110
10.1 概述	110
10.2 简介	110
10.3 邮政编码识别	110
10.4 预处理	111
10.5 网络	112
10.6 结果	114
10.7 结论	114
第十一章 用于不变性模式识别的高阶神经网络	117
11.1 概述	117
11.2 简介	117
11.3 不变性“动态”联想记忆	117
11.4 Hopfield网络和自联想感知器的不变性联想记忆特点	118
11.5 使用Hopfield网络和自联想感知器进行数字识别	120
11.6 在改善吸引凹陷方面图象模糊的作用	122
11.7 使用高阶网络进行不变性模式识别	125
11.8 使用矩法进行不变性模式识别	128
11.9 使用三阶网络和Zernike矩分类器识别数字	129
11.10 结论	133
第十二章 电子仿生视网膜及展望	137
12.1 概述	137
12.2 简介	137
12.3 视网膜	138
12.4 基视觉皮层	143
12.5 仿生处理	144
12.6 结论	145
第十三章 结论	147
13.1 发展趋势	147
13.2 温和派、荒诞派及嘲讽派	148
13.3 应用领域	149
13.4 展望	152
附录 词汇	159

第一章 前 言

P.J.G.Lisboa
(英国利物浦大学)

1.1 概述

本书的开始一章主要从不同的立足点——历史的、生物的、系统和工具——来论述神经网络方法的基本概念。每一部分在不同节里讲述，可孤立地阅读，它们将引导读者从不同路线奔向这一新技术领域。

1.2 动机

最近三年以来，人工神经网络领域内的研究活动呈指数增长。这种努力的结果导致大量研究刊物的出版，在1989年内就有500种上下，至少还有4本介绍这一新领域有关研究工作的新杂志创刊，但这些杂志的创刊宗旨在某种程度上还鲜为人知。

在国际会议上，这一领域的作品现在所涉及的主题各不相同，主要包括：图象处理、自动控制、信号处理、视觉系统、医学工程、机械系统和信贷评估。学术会议把各个方面的专家都招集到了一起，所涉及的学科范围很广，与会者包括研究理论技术、神经物理学和各方面行为的“纯粹主义者”和一直只进行可行性研究，追求完善工程解的应用专家。

由于采用直观符号推理的常规人工智能技术的限制和悲观前景，新的神经网络方法才得以产生。当然在很多例子中的专家系统已建立得很成功，现在公认不能把这种系统与人类专家的熟练程度相比较，也不能把它们作为人类推理的必要精确模型。事实可能如此，即使对于那些用若干规则的系统完成得相当好的任务。有这么一个例子，在一实验中，一位象棋大师与一位不懂棋的人以每秒五步对弈，虽然以每秒一步的速率增加对弈的速度〔1〕，象棋大师仍占据场上的优势。尽管有意识地扼止象棋大师的高水平发挥，但是他的棋步还是行云流水般地流畅。不难想象，在游戏的直观符号描述之下，通过某种模式识别，可以很容易地移动棋子。

另外，电子技术的发展使计算能力持续迅速增长，这使得采用数值方法进行大量的实验非常方便，从而促进了更多实用试验性方法的产生。所有这些综合起来解决了分布信息存储系统长期存在的一些难题，同时还实现了“带有实际问题的科学家和工程师感兴趣”〔2〕模型的计算。

本前言的目的是为神经网络作为一种工具提供综述，在后续的章节中，我们将使用这些工具解决工程和财政上的特定问题。欲知每种应用的简短介绍，请参阅第二章。

1.3 回顾

这部分只是简要介绍，而不是对多年内神经网络技术的巨大发展作全面阐述。很多好的观点已经发表在其它专著中，有些著作可在参考书目中查到。

对于人脑以某种方式实现信息处理任务的正式解释是由McCulloch和Pitts在1949年〔3〕首次明确提出的。他们使用简单阈值逻辑单元表示单个神经元的行为，并指出了由许多这样互连单元形成的网络是如何完成任意逻辑操作的。如今，这已不再令人惊奇，这种处理类似于用二进制逻辑门连接的任何逻辑电路。但是，这之间还存在着重大差别。需要指出的是，电路的所有作用是由它的连接的方式所决定的，而不是由单元的细微操作来决定；它们的“逻辑计算法”没有时钟脉冲，而电路包括闭路，或是“环路”，这就意味着逻辑处理的结果可能与某段时期内系统大部分原先历史有关。因此，复杂神经网络电路中一些难以解决的困难立即变得很简单，因为计算能力被提高了。

接着是随机连接系统行为的研究时期，这时发现系统中存在着总激励模式的传播过程，这种传播产生了持续激励的稳定循环，其中是相同的神经元点火模式以固定间隔发生，产生了持续激励〔4，5〕。神经电路的连接也可以改变，以便在系统特殊结点的动作之间建立期望的相关性，起到输入和输出结点的作用〔6〕。使用电路作为不同输入模式动作的分类器，是一种振奋人心的进步。网络开始要在实践中扮演角色〔7〕。

在理解生物系统学习机制的同时，神经动力学的研究进一步发展〔8〕。但是如何建立网络学习以解决特殊的问题，如何进行网络连接，以及不同网络结构的作用，仍存在着不太明确的地方。正是由于这个原因，人们对Rosenblatt感知器的学习能力做了过分的夸张，当另外一种计算形式出现之后，有关神经学习机原有的令人心动之处显得微不足道了，这种计算形式是以语言的形式表达的，尽管抽象，却同模式识别的实际应用密切相关。Minsky和Papert向我们清晰地展示了感知器所不能完成的很多简单的任务事例〔9〕。

尽管这个领域理论工作继续发展，产生了新的和具有较好基础的学习算法〔10—16〕，甚至还发布了少量的范式〔17，18〕，但大众兴趣的复苏有待于能克服早期感知器限制，促成训练算法的产生〔19，20〕。为了理解新产生的概念，以及人们为何重新对该领域感兴趣，有必要首先了解生物神经系统。

1.4 生物神经元

这部分主要介绍了与人工神经网络模型相关的神经系统的一些特征。第十二章细致地探讨了一个特殊系统——视网膜，及其电子元件实现。有关详细介绍可在参考书目查找。

典型的生物神经元如图1.1所描述。电脉冲沿着轴突（动作电位）进行传播，激励突触连接处〔8〕。接着，产生下一个激励（后突触电位），沿着树突向下一个神经元进行传播。神经元的这种电行为最好这样解释，即将细胞膜看作动态物体，带有大量的电化学泵，可连续从神经元内吸收钠离子，并且选择性地渗入钾离子。在细胞膜的每一面上的离子浓度都保持大约10:1的比率，细胞内的钾离子多，细胞外的钠离子多〔8，21〕。这样在细胞膜的内

外表面产生了一个大约-70毫伏的电位差，由于细胞膜很薄，就在细胞膜上产生了一个10伏/厘米的电场（足以在空气中产生火花）。

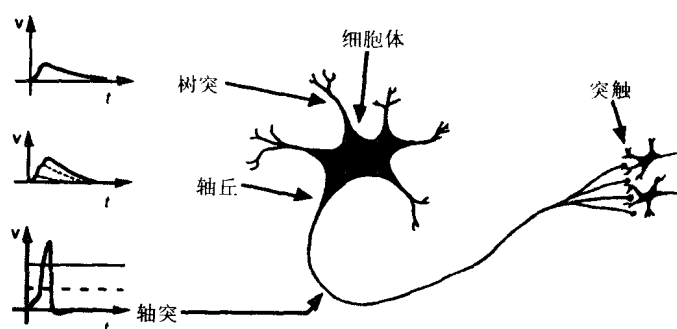


图1.1 生物神经元原型

每一个神经元的点火率由轴突和细胞体的连接区域控制，称为轴丘〔22〕。先前提到的两种离子大小不同，细胞膜内容纳了细长状的蛋白质，其作用如同分流阀。当轴丘上的膜电位升至-60毫伏左右的门槛值之上时，保持钠在邻近的轴突区域的电场不再降低，钠离子渗入进去。这进一步降低了沿着轴突的电位，使电荷的旅行波以大约3000厘米/秒的速度传播，大约是空气中声速的1/10。这些钠通道很快关闭，接着再打开让钾离子渗出的通道以补偿膜电位。很明显这是一个简化的图形，神经元在发送下一个电荷包时必须将其恢复到正常的均衡休眠状态，称为不应期。

根据突触的信息传送过程，于是我们得到神经元动作模型。突触被称为兴奋性的或抑制性的，分别与后突触电位增加还是降低轴丘电位，脉冲激发的可能性是增大还是减弱有关。即输入电压积累的时间长短依赖于膜电阻和电容的大小，其值一般为 3×10^{-9} 纳法(nF)和 8×10^6 欧姆，且乘以2.4毫秒，这段时间之后，电位通过细胞膜释放。这就说明了为什么把细胞体描述成一个积分器，并且用一个线性和来表示。纯积分器将求出每一个输入信号的总和，并且最终总是点火，因而神经元的作用就更类似于耦合计数器。

1.5 人工神经元

单个生物神经元动作的典型模拟如图1.2所示。每一个突触端点的强度由多种因子或权表示，正号表示兴奋连接；相反，负号表示抑制连接。轴丘由各连接接收到的信号总和模拟〔8, 22, 23〕。由于输入信号的累积，神经元的点火率由数字函数表达，其值表示沿着轴突电脉冲发射的频率。

真正神经元的有限动态范围是从无响应到完全点火，因此这个函数通常是非线性的，在0和1之间取值。附加的偏差项也显示在图1.2中，它确定了神经元的自然激励，也就是在没有任何输入信号情况下神经元的状态。这也可以看作是为高点火率的瞬时发作建立阈值，因此，这一项是非线性阀单元。这些非线性单元在神经网络的行为中起了重要的作用，对欲解决的困难进行精确地数学描述，如果这些网络想在各方面都非常有用时，它还是必要的。

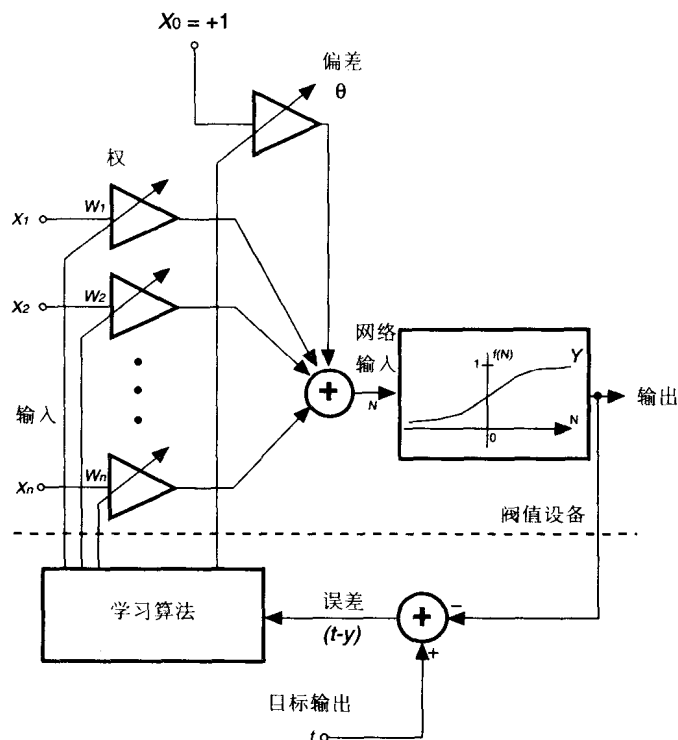


图1.2 神经元模拟

这里描述的基本理论有些变化，如由光滑非线性函数表示的有或无响应由阶跃函数取代〔14〕。神经元可以完全联接，也就是每一个神经元都按着递归网络和其它所有神经元相连，或者是按层排列，即信息从一层接收传至下一层，产生前馈网络。递归网络还要包括一个放松期，在这个时期内，信号在网络中传送，直至调整到一个稳定的状态。从效果上看，前馈网络建立了非线性滤波器阵列。

1.6 神经网络

由于对人工神经网络组成缺少明确、公认的定义，有时也称之为互连模型或并行分布式处理器，这里我们采用最新的观点，即称之为“简单互联单元网络”并包括根据外部提供数据的响应调整各单元之间的连接强度的规则。

在神经网络中有三种主要组成部分，它们是：

- (a) 结点的配置及其相互之间的连接；
- (b) 网络操作的第一个模式，即训练阶段的算法；
- (c) 在第二个操作模式期间，即“回调”阶段解释网络响应的方法。网络的有用特性通常包括非线性特性，它有助于网络的稳定性和鲁棒性〔24〕，但同时也难以分析处理。

现在提出的问题是这种稀疏计算排列是否赋予整个结构不同于常规计算机的特点，还是在多方面对那些常规计算机有所改善。

神经网络研究的原始动力是通过生物系统的观测提出的，如哺乳动物的脑能准确感知任务而且速度要比最强大的计算机还快得多。目标识别、空间搜索、读、听、走等这些例子都涉及到某种形式的模式分析，且在很大程度上是一种自动功能，也就是说，不需要有意识地干预。因此，在没有明确的高层次符号指令的情况下，通过实践学习，也可能尝试自动完成这些任务。由于第1.4节所讲到的神经元的放松期是几毫秒的数量级，这比如今电子电路要慢一亿倍左右，所以这种状态就更令人惊叹了。

由于这些任务涉及到大量的计算，所以与头脑中的事物产生有根本上的区别。一种特别明显的差别就是并行涉及的比例。人脑的皮层只有0.2平方米，厚1毫米，但是却包含了大约 10^{10} 个神经元和 10^{14} 个突触〔25〕。它是一种重要的二维结构，在厚度上成层状，在面积上分成特定的功能区。大量的信息处理发生在皮层的厚度方向上，而相对于一个网络来说，也就是窄和宽，而不是深。这就可看出这种结构同样也适合于人工网络。

通常我们用“100步法则”来描述观察行为，而实际上神经系统完成低级识别任务只需几步而不是很多步。确保生存所必须的快速响应使用的是比现代计算机更慢的简单计算单元完成的。计算量由并行动作的大量神经元共同完成。是所有这些细胞的共同作用，产生网络的模式识别能力。

现在我们谈谈当前神经网络领域令人感兴趣的部分。它是由大量的计算机实验所启发的（见参考书目中的Rumelhart和McClelland（1986）），这些实验论证了人工神经元的小型网络已经显示了一些令人满意的大型生物网络所具有的计算特点，这些总结在表1.1中。

简而言之，用大量高度互联的简单处理单元来取代少量的易识别的符号单元确实改变了系统的计算特性。尤其系统处理缺损信息或有实现缺陷的能力可望从本质上提高。在网络中加入更多的单元可以提高它的性能，并且可以提高网络抵抗元件故障的鲁棒性。

但是，必须强调分布式互联存储信息这一优点，并非是在符号水平上对网络没有清楚的解释，而是实际生物系统正是如此存储信息的。

表1.1 神经网络与常规计算机的对比

神经网络	常规计算机	神经网络	常规计算机
许多简单处理器	少量复杂处理器	简单降级	灾难性失败
少量处理步骤	多个计算步骤	样本训练	直接编程
分布式处理	符号处理		

上述的特点是许多并行处理单元网络的固有性质。事实上这里“许多”的数目远远小于芯片上的50万神经元，因此，纵观目前解问题的分布式方法还很少，只要细心地研究，令人高兴的新的应用将不断地涌现。

1.7 工具箱

本节回顾基本算法，这些算法在本书的后面部分将反复使用。在这里，它们被当作工

译者注：表中的对比项“简单降级和灾难性失败”指在整个处理系统中，某个单元不能正常工作时对整个系统所产生的影响。简单降级指神经网络只是在性能上降低，并不影响网络的正常运行，而常规计算机在此情况下将瘫痪。

具，而在后面的几章中是作为特殊应用探讨的。

通常，算法带给人们的是形式和复杂程度上令人迷惑的变化，还有许多不同的训练机制，并且充满专业术语。有些据说要进行监督，也就是说需要一个“教师”来训练它们，而其它类型完全由自己工作，这就是所说的自组织。有些神经元是完全连接的，即所有神经元都和其它每一个神经元相连，而其它类型是神经元逐层排列，只在相邻层之间进行连接。这些层可以是局部连接的，也就是说，以静态或动态感受也只与前一层上的相邻结点相连。有些网络是递归的，使用反馈回路和固定循环，这些循环最终要松弛进入稳定状态，而另外一些网络是单向的，从一端接收数据从另一端输出数据。有些神经元具有线性响应，有些是“有或无”（即二进制0或1）响应，还有一些要求平滑响应，即在0和1之间连续分布。

虽然不同的网络有不同的特点和特殊的优点与缺点，但它们都可以相同的模式加以描述，例如分布式联想记忆。实例数据的输入和网络的训练过程仅是加载网络机制，它可以有效地存储例子数据中的样本。当调整网络中结点之间互联的权时就是存储数据的过程。样点数据的形式被改变成一种新形式，这种新形式与网络结构和使用的训练算法有关。希望存储的信息可包括样本模式分类，数据中蕴含的规律，或动态系统瞬时行为的预测，其中任何一种信息都可以通过不同的网络使用相同的数据完成存储。

实际上，人工神经网络是一种按分布形式存储信息的通用滤波器。由这一结果产生的特殊性，部分来自于非线性是神经网络中固有的性质这一事实，并且因此由这些系统自然地处理；部分是因为许多独立单元的激励，决定系统的总体响应。这使得模式具有完善功能，因此带有遗失或错误信息的实例数据使得网络重新调用自己存储的模式，同时有误信息被填充或修改。这些网络被称为联想网络（见后面的图1.4）。并且，与已经存入网络中的样本有关的新模式将激发网络重新调用介于相关存储模式响应之间的居中响应。这就是众所周知的联想记忆功能，可将其看作是在适当的网络已知响应之间的内插。通过由高度并行、宽阔的神经网络结构来取代串行流水线式的传统算法，这也是提高速度的硬件实施方法。

下面是在表1.2中所描述的特殊网络例子，讲述网络的原理以及如何应用。它们组成了后面章节中所描述的特殊应用的核心工具。关于算法的更复杂的综述，包括软件模拟所需公式的详细说明及深入描述，参见本章最后的注释书目。

表1.2 网 络 类 型

算法	类型	功能
Hopfield	递归	优化
多层感知器	前馈	分类
Kohonen	自组织	数据编码
变分	预测性	预测

1.7.1 Hopfield网络

由于Hopfield网络具有简单的运行方式，它已成为一个历史性算法。

Hopfield模型〔14〕是典型的递归算法，在这种模型中，所有的结点都和其它每一个结点相连。在图1.3中描述了一个只有4个结点或神经元的小网络。其中， P_1-P_4 表示只有4个象素的图象的象素值。由 T_{ij} 代表每一个连接值，对应象素 P_i 和 P_j 之间连接的强度，任何一个神经元的激励由网络中所有其它神经元信号加权和不是否超过了给定的阈值而决定。它的数学