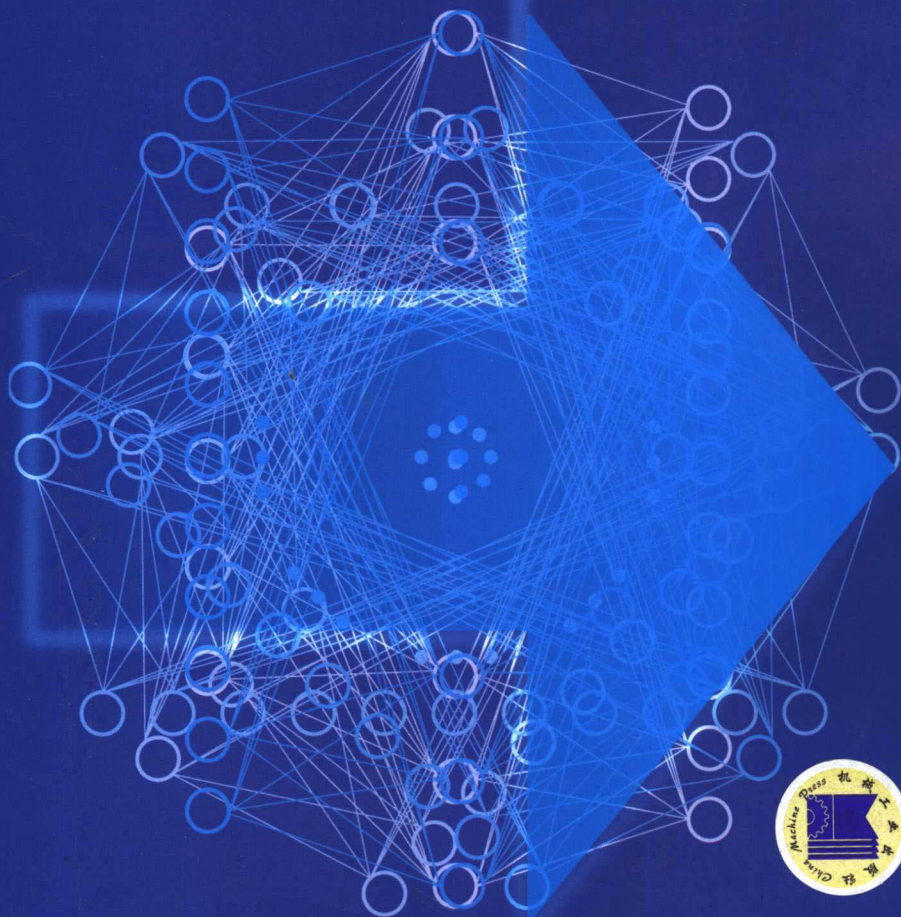


普通高等教育“十一五”规划教材

神经网络实用教程

张良均 曹晶 蒋世忠 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TP183/70

2008

普通高等教育“十一五”规划教材

神经网络实用教程

张良均 曹 晶 蒋世忠 编

胡学钢 主审

机械工业出版社

本书基于 MATLAB 6.5/7 提供的神经网络工具箱,介绍了神经网络常用算法、优化算法及其混合编程实现。全书共分为6章,分别结合实例介绍了人工神经网络概述、实用神经网络模型与学习算法、神经网络算法优化、nnToolKit 神经网络工具包、MATLAB 混合编程技术、混合编程案例。附录中介绍了2NDN神经网络建模仿真平台。全书图文并茂,由浅入深,脉络清晰,融教学与实例于一体,通过大量的神经网络应用实例介绍了神经网络的常用算法及混合编程实现方法,并配有习题。全书可读性和操作性较强。

本书可作为高校自动化、计算机、材料化工、机械工程、数学、电子工程、信息与信息处理等专业的教材和相关专业工程技术人员的参考书,读者可到智能中国网(www.5iAI.com)上下载本书配套程序和电子课件。智能中国网是中国 AI 创业研发俱乐部旗下专业的人工智能网站。

图书在版编目(CIP)数据

神经网络实用教程/张良均等编.—北京:机械工业出版社,2008.2
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-23178-3

I. 神… II. 张… III. 人工神经网络—高等学校—教材
IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 206422 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:贡克勤 版式设计:冉晓华 责任校对:王欣
封面设计:姚毅 责任印制:李妍
北京蓝海印刷有限公司印刷
2008年2月第1版第1次印刷
169mm×239mm·6印张·233千字
0001—4000册
标准书号:ISBN 978-7-111-23178-3
定价:19.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379711
封面无防伪标均为盗版

前 言

自 20 世纪 80 年代末以来,神经网络这个涉及多种学科的新的科技领域,吸引了众多的神经生理学家、心理学家、数学家、计算机与信息科学家及工程师和企业家等进行研究和应用。大量的有关神经网络机理、模型、算法特性分析,以及在各领域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。神经网络日益成为当代高科技领域中方兴未艾的竞争热点。

MATLAB 是一款强大的工程计算和仿真软件,其中的神经网络工具箱提供了大量可直接调用的函数和命令,基本上囊括了目前应用比较成熟的神经网络设计方法。用 MATLAB 来编写各种网络仿真和训练程序,可以使用户从繁琐的编程中解脱出来,大大提高工作效率和解题质量。因此,如何应用神经网络工具箱函数来解决工程实践中的问题已成为燃眉之急。作者根据多年来从事神经网络应用开发以及使用 MATLAB 的经验编写了这本书,书中除了介绍神经网络的实用算法外,还详细介绍了在高级编程语言中如何实现神经网络的混合编程,并配有丰富的实例。

全书内容主要包括:人工神经网络概述,实用神经网络模型与学习算法,神经网络优化算法,nnToolKit 神经网络工具包, MATLAB 混合编程技术,混合编程案例,2NDN 神经网络建模仿真平台。第 1 章人工神经网络概述,介绍了神经网络的基础知识、特点以及应用,使得初学者对神经网络有个基本的了解;第 2 章实用神经网络模型与学习算法,详细地介绍了常用神经网络模型与学习算法,并给出了完整的示例;第 3 章神经网络优化算法,重点介绍了 BP 网络学习算法的改进算法、模糊神经网络、基于遗传算法的神经网络训练方法(GA-BP 法)、小波神经网络;第 4 章 nnToolKit 神经网络工具包,重点介绍 nnToolKit 神经网络工具包。nnToolKit 是一个基于 MATLAB 神经网络工具箱编写的常用神经网络函数的集合,其 M 文件可单独运行,可编译成 MEX、C、CPP,或直接封装成 DLL 库,在脱离 MATLAB 环境的情况下,直接供高级语言调用,并给出工程实践中的 4 个完整实例:基于 LM 算法进行房地产开发风险预测,模糊神经网络预测地基沉降量,基于遗传神经网络的图像分割,小波神经网络在 1-D 插值上的应用;第 5 章 MATLAB 混合编程技术,详细介绍了 MATLAB COM Builder、Excel Builder 等 MATLAB 混合编程技术,同时介绍了一个案例——电力行业的漏窃电预测;第 6 章神经网络混合编程案例,完整地介绍了一个案例——个人资信评级系统;附录 2NDN 神经网络建模仿真工具介绍了目前国内较受欢迎的,由作者开发的

2NDN 神经网络建模仿真平台, 这个平台能帮助使用者大大提高开发人工神经网络的效率。全书通过翔实的神经网络混合编程实例为读者讲述了神经网络的常用算法及混合编程实现方法, 全书图文并茂, 深入浅出, 脉络清晰, 可读性强。相信广大读者通过认真学习本书, 能快速学会神经网络技术及其混合编程实现方法。

本书由中国 AI 创业研发俱乐部策划并组织编写, 广州万友软件张良均、广东技术师范学院教师曹晶、广东药学院教师蒋世忠负责全书的编写与审校工作, 第 1 章由曹晶、蒋世忠编写, 第 2 章由蒋世忠、曹晶编写, 第 3 章由蒋世忠、张良均编写, 第 4、5 章由曹晶编写, 第 6 章及附录由曹晶、张良均编写, 全书由张良均统稿。中国 AI 创业研发俱乐部会员田大新、程起才、李刚、谭显胜、冰露、田慧欣、马琼雄、李增祥、李超、杨富森、刘宇、潘永刚等为图书的组织及书稿的材料整理提供了帮助与意见, 另外, 还有不少俱乐部会员在本书的编写过程中也付出了自己的劳动。在本书的编写过程中, 合肥工业大学计算机学院胡学钢教授, 给出了具体的指导意见, 广州万友软件有限公司提供了大量的神经网络源程序及详尽案例, 在此一并表示衷心的感谢。

本书可作为高等学校理工类各专业高年级本科生和研究生的神经网络课程的教材, 也可作为各领域工程技术人员的参考用书, 还可作为其他科技工作者应用神经网络的参考资料。

由于时间仓促加之作者本身水平有限, 书中错误之处在所难免。在此, 敬请各领域专家和广大读者批评指正。

联系方式如下:

咨询电话: (020) 85562483

电子邮件: service@5iai.com

智能中国: <http://www.5iAI.COM>

<http://www.2nsoft.cn/bbs>

编 者

目 录

前言

第 1 章 人工神经网络概述	1
1.1 神经网络的基本概念	1
1.1.1 生物神经元的结构与功能特点	1
1.1.2 人工神经元模型	2
1.1.3 神经网络的结构及工作方式	3
1.1.4 神经网络的学习	5
1.2 神经网络的特点及其应用	7
1.2.1 神经网络的特点	7
1.2.2 神经网络的应用领域	7
练习题	8
第 2 章 实用神经网络模型与学习算法	9
2.1 MATLAB 快速入门	9
2.1.1 MATLAB 界面组成	10
2.1.2 MATLAB 基本运算	11
2.1.3 MATLAB 绘图函数	15
2.2 感知器神经网络模型与学习算法	17
2.2.1 单层感知器	17
2.2.2 单层感知器的学习算法	18
2.2.3 单层感知器的 MATLAB 实现	19
2.2.4 多层感知器	24
2.3 线性神经网络模型与学习算法	25
2.3.1 线性神经网络模型	25
2.3.2 线性神经网络的学习算法	26
2.3.3 线性神经网络的 MATLAB 实现	27
2.4 BP 神经网络模型与学习算法	31
2.4.1 BP 神经网络模型	31
2.4.2 BP 网络的标准学习算法	32
2.4.3 BP 神经网络学习算法的 MATLAB 实现	34

2.5 径向基函数神经网络模型与学习算法	37
2.5.1 RBF神经网络模型	38
2.5.2 RBF网络的学习算法	39
2.5.3 RBF网络学习算法的MATLAB实现	40
2.6 自组织神经网络模型与学习算法	42
2.6.1 自组织特征映射神经网络结构	42
2.6.2 自组织特征映射网络的学习算法	43
2.6.3 自组织网络学习算法的MATLAB实现	44
2.7 学习向量量化(LVQ)神经网络模型与学习算法	48
2.7.1 LVQ神经网络结构	48
2.7.2 LVQ神经网络的学习算法	48
2.7.3 LVQ神经网络学习算法的MATLAB实现	50
2.8 Elman神经网络算法模型与学习算法	53
2.8.1 Elman神经网络结构	53
2.8.2 Elman神经网络学习算法	54
2.8.3 Elman神经网络学习算法的MATLAB实现	54
2.9 Hopfield神经网络模型与学习算法	57
2.9.1 离散Hopfield神经网络	58
2.9.2 连续Hopfield神经网络	61
2.9.3 Hopfield神经网络的MATLAB实现	63
2.10 Boltzmann神经网络模型与学习算法	65
2.10.1 Boltzmann机的网络结构	66
2.10.2 Boltzmann机学习算法	67
2.11 模糊神经网络	68
2.11.1 模糊神经网络主要形式	69
2.11.2 模糊神经网络模型	70
2.11.3 模糊神经网络学习方法	71
2.11.4 模糊逻辑MATLAB函数	71
练习题	72
第3章 神经网络优化方法	73
3.1 BP网络学习算法的改进	73
3.1.1 消除样本输入顺序影响的改进算法	73
3.1.2 附加动量的改进算法	74
3.1.3 采用自适应调整参数的改进算法	75

3.1.4 使用弹性方法的改进算法	75
3.1.5 使用拟牛顿法的改进算法	75
3.1.6 基于共轭梯度法的改进算法	76
3.1.7 基于 Levenberg-Marquardt 法的改进算法	76
3.2 基于遗传算法的神经网络优化方法	77
3.2.1 概述	77
3.2.2 遗传算法简介	78
3.2.3 遗传算法工具箱	79
3.2.4 用遗传算法优化神经网络权值的学习过程	81
3.3 小波神经网络	81
3.3.1 概述	81
3.3.2 小波神经网络参数调整算法	83
3.3.3 小波神经网络的 MATLAB 函数	86
练习题	86
第4章 nnToolKit 神经网络工具包	88
4.1 nnToolKit 简介	88
4.2 nnToolKit 函数库	88
4.3 应用举例	100
4.3.1 基于 LM 神经网络的房地产开发风险预测模型	100
4.3.2 自组织特征映射网络进行图像识别	107
4.3.3 模糊神经网络预测地基沉降量	112
4.3.4 基于遗传神经网络的图像分割	117
4.3.5 小波神经网络在 1-D 插值上的应用	121
练习题	124
第5章 MATLAB 混合编程技术	125
5.1 概述	125
5.2 COM 生成器 (COM Builder)	125
5.2.1 创建 nnToolKit 的 COM 组件	125
5.2.2 nnToolKit 组件的安装	128
5.2.3 VB 调用 nnToolKit 神经网络工具包实现混合编程	130
5.2.4 CB 调用 nnToolKit 神经网络工具包实现混合编程	135
5.2.5 VC 调用 nnToolKit 神经网络工具包实现混合编程	139
5.3 Excel 生成器 (Excel Builder)	146
5.3.1 创建 nnxToolKit 的 Excel 插件	146

5.3.2 nnxToolKit 组件的安装	149
5.3.3 nnxToolKit 组件集成到 VBA	149
5.3.4 创建图形用户界面	152
5.3.5 保存和测试插件	160
5.3.6 分发应用程序	161
5.3.7 应用示例	161
练习题	164
第 6 章 神经网络混合编程案例	165
6.1 概述	165
6.2 预测评价指标体系	165
6.3 预测评估模型	166
6.4 有效模式和样本集的确定	167
6.5 样本库的建立和归一化处理	168
6.5.1 样本库的建立	168
6.5.2 归一化处理	169
6.6 系统实现	169
练习题	170
附录 2NDN 神经网络建模仿真工具	171
1. 2NDN 神经网络建模型仿真工具简介	171
1.1 2NDN 主要特点	171
1.2 2NDN 功能简介	172
2. 基于时间序列的股票趋势预测模型	173
3. 用 2NDN 神经网络建模型仿真工具实现混合编程	178
练习题	182
参考文献	184

第 1 章

❖ 人工神经网络概述 ❖

人工神经网络 (Artificial Neural Networks, ANNs), 也简称为神经网络 (NNs), 是模拟生物神经网络进行信息处理的一种数学模型。它以对大脑的生理研究成果为基础, 其目的在于模拟大脑的某些机理与机制, 实现一些特定的功能。目前, 人工神经网络已应用于很多领域。本章主要对人工神经网络的基本理论做一个全面简要的介绍。

1.1 神经网络的基本概念

1.1.1 生物神经元的结构与功能特点

人工神经网络从生物神经网络发展而来, 一个神经元就是一个神经细胞, 在人类大脑皮层中大约有 100 亿个神经元, 60 万亿个神经突触以及它们的连接体。

神经元是基本的信息处理单元。生物神经元主要由细胞体、树突、轴突和突触组成。

(1) 细胞体 细胞体是神经元的主体。由细胞核、细胞质和细胞膜 3 部分构成。它是神经元活动的能量供应地, 也是进行新陈代谢等各种生化过程的场所。

(2) 树突 从细胞体向外延伸出许多突起的神经纤维, 这些突起称为树突。神经元靠树突接受来自其他神经元的输入信号, 相当于细胞体的输入端。

(3) 轴突 由细胞体伸出的最长的一条突起称为轴突, 轴突比树突长而细, 用来传出细胞体产生的输出电化学信号, 相当于细胞体的输出端。

(4) 突触 神经元之间通过一个神经元的轴突末梢和其他神经元的细胞体或树突进行通信连接, 这种连接相当于神经元之间的输入输出接口, 称为突触。

现代生理学研究已经证明: 人类大脑的活动, 不是一个生物神经元所能完成的, 也不是多个生物神经元功能的简单叠加, 而是多单元的非线性的动态处理系统。

1.1.2 人工神经元模型

人工神经元是人工神经网络操作的基本信息处理单位。人工神经元的模型如图 1-1 所示，它是人工神经网络的设计基础。

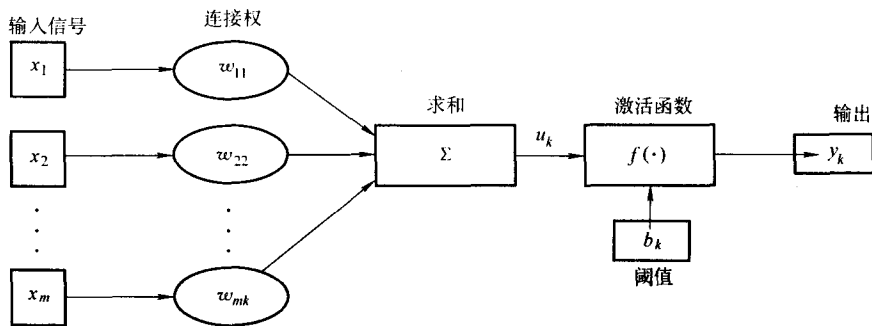


图 1-1 人工神经元模型

人工神经元模型可以看成是由 3 种基本元素组成：

- (1) 一组连接 连接强度由各连接上的权值表示，权值可以取正值也可以取负值，权值为正表示激活，权值为负表示抑制。
- (2) 一个加法器 用于求输入信号对神经元的相应突触加权之和。
- (3) 一个激活函数 用来限制神经元输出振幅。激活函数也称为压制函数，因为它将输入信号压制（限制）到允许范围之内的一定值。通常，一个神经元输出的正常幅度范围可写成单位闭区间 $[0, 1]$ ，或者另一种区间 $[-1, +1]$ 。

另外，可以给一个神经元模型加一个外部偏置，记为 b_k 。偏置的作用是根据其为正或为负，相应地增加或降低激活函数的网络输入。一个人工神经元 k 可以用以下公式表示：

$$u_k = \sum_{i=1}^m w_{ik} x_i$$

$$y_k = f(u_k + b_k)$$

式中 x_i ($i=1, \dots, m$) —— 输入信号；

w_{ik} ($i=1, \dots, m$) —— 神经元 k 的突触权值（对于激发状态， w_{ik} 取正值；对于抑制状态， w_{ik} 取负值； m 为输入信号数目）；

u_k —— 输入信号线性组合器的输出；

b_k —— 神经元单元的偏置（阈值）；

$f(\cdot)$ —— 激活函数；

y_k —— 神经元输出信号。

激活函数主要有以下3种形式： $v = u_k + b_k$

(1) 域值函数 即阶梯函数，当函数的自变量小于0时，函数的输出为0；当函数的自变量大于或等于0时，函数的输出为1。用该函数可以把输入分成两类：

$$f(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases}$$

(2) 分段线性函数 该函数在(-1, +1)线性区内的放大系数是一致的，这种形式的激活函数可以看作是非线性放大器的近似，如图1-2a所示。

$$f(v) = \begin{cases} 1, & v \geq 1 \\ v, & -1 < v < 1 \\ -1, & v \leq -1 \end{cases}$$

(3) 非线性转移函数 该函数为实数域R到[0, 1]闭集的非连续函数，代表了状态连续型神经元模型。最常用的非线性转移函数是单极性 Sigmoid 函数曲线，简称S型函数，其特点是函数本身及其导数都是连续的，能够体现数学计算上的优越性，因而在处理上十分方便。单极性S型函数定义如下：

$$f(v) = \frac{1}{1 + e^{-v}}$$

有时也采用双极性S型函数（即双曲正切）等形式：

$$f(v) = \frac{2}{1 + e^{-v}} - 1 = \frac{1 - e^{-v}}{1 + e^{-v}}$$

单极S型函数曲线特点如图1-2b所示。

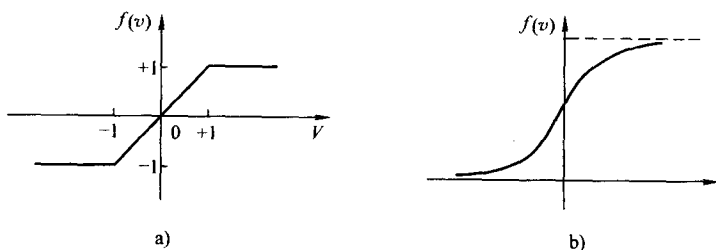


图1-2 激活函数

a) 分段线性函数 b) 单极S型函数

1.1.3 神经网络的结构及工作方式

如果将大量功能简单的神经元通过一定的拓扑结构组织起来，构成群体并行式处理的计算结构，则这种结构就是人工神经网络。

将一个神经元的输出送到另一个神经元作为输入信号称之为连接，每个连接通路对应一个连接权系数，相同神经元经过不同的连接方式将得到具有不同特性的神经网络。

根据神经元的不同连接方式，可将神经网络分为两大类：分层网络和相互连接型网络。

1. 分层网络

分层网络将一个神经网络模型中的所有神经元按照功能分成若干层。一般有输入层、隐含层（中间层）和输出层，各层顺次连接。

输入层接收外部输入模式，并由各输入单元传送给相连的隐含层各单元；隐含层是神经网络的内部处理单元层，神经网络所具有的模式变换能力，如模式分类、模式完善、特征抽取等，主要体现在隐含层单元的处理，根据模式变换功能的不同，隐含层可以有多层，也可以一层没有；输出层产生神经网络的输出模式。

分层网络可以细分为 3 种互联方式：

(1) 单纯的前向网络（见图 1-3a） 输入模式由输入层进入网络，经过中间各层的顺序模式变换，由输出层产生一个输出模式，便完成一次网络状态的更新。

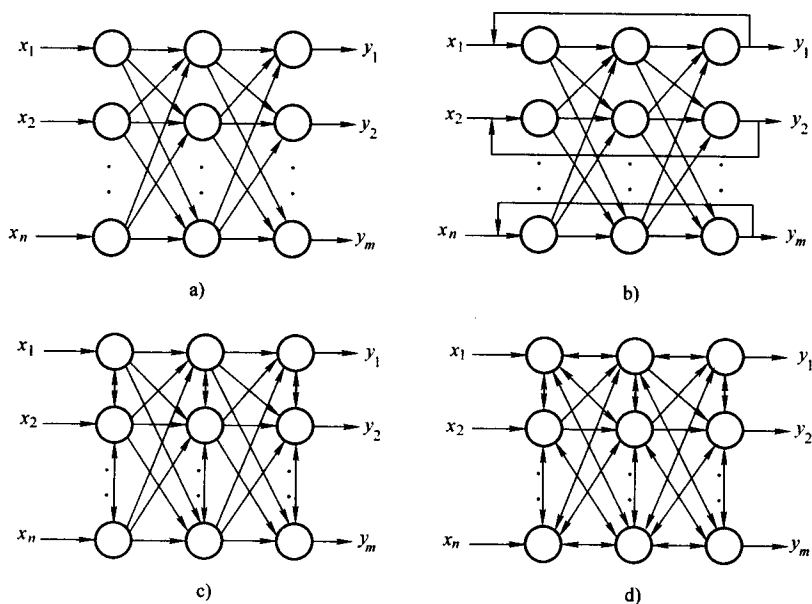


图 1-3 神经网络的连接方式

a) 单纯的前向网络 b) 具有反馈的前向网络 c) 层内互联前向网络 d) 互联网络



(2) 具有反馈的前向网络 (见图 1-3b) 反馈的结构形成封闭环路, 具有反馈的单元也称为隐单元, 其输出称为内部输出, 而网络本身还是前馈型的。

(3) 层内互联的前向网络 (见图 1-3c) 同一层内单元的相互连接使它们彼此之间相互制约, 限制同一层内能同时激活的单元个数, 而从外部看来还是前向网络。一些自组织竞争网络就采用这种拓扑结构。

2. 相互连接型网络

如图 1-3d 所示, 所谓相互连接是指网络中任意两个单元之间都是可达的, 即存在连接路径。互连网络又分为局部互连和全互连。全互连网络中每个神经元的输出都与其他神经元相连, 而局部互连网络中, 有些神经元之间没有连接关系。

对于简单的前向网络, 给定某一输入模式, 网络能迅速产生一个相应的输出模式, 并保持不变。但在相互连接的网络中, 对于给定的某一输入模式, 由某一网络参数出发, 在一段时间内处于不断改变输出模式的动态变化中, 网络最终可能产生某一稳定的输出模式, 但也可能进入周期性振荡或混沌状态。

1.1.4 神经网络的学习

1. 学习方式

神经网络的学习也称为训练, 指的是神经网络在受到外部环境的刺激下调整神经网络的参数, 使神经网络以一种新的方式对外部环境作出反应的一个过程。

能够从环境中学习和在学习中提高自身性能是神经网络最有意义的性质, 神经网络经过反复学习来达到对环境的了解。

神经网络的学习方式可分为有导师学习、无导师学习和再励学习。

(1) 有导师学习 亦称监督学习, 它需组织一批正确的输入输出数据对。将输入数据加载到网络输入端后, 把网络的实际输出与期望 (理想) 的输出相比较得到误差, 然后根据误差的情况修改各连接权值, 使网络能朝着正确响应的方向不断变化下去, 直到实际的输出与期望输出之差在允许范围之内。

(2) 无导师学习 亦称无监督学习, 这时仅有一批输入数据。网络初始状态下, 连接权值均设置为一小正数, 通过反复加载这批输入数据, 使网络不断受到刺激, 当与曾经历的刺激相同的刺激到来时, 响应连接权以某一系数增大, 重复加入的同样刺激使相应的连接权增大到接近 1 的某值。这一自组织的方法, 使网络具有某种“记忆”能力以至形成“条件反射”, 当曾经学习过或相似的刺激加入后, 输出端便按权值矩阵产生相应的输出。

(3) 再励学习 亦称强化学习。这种学习介于上述两种情况之间, 外部环境对系统输出结果只给出评价 (奖和罚) 而不是给出正确答案, 学习系统通过强化那些受奖励的动作来改善自身性能。



2. 学习算法

学习算法是指针对学习问题的明确规则，学习类型是由参数变化发生的形式决定的，不同的学习算法对神经元的权值调整的表达式是不同的。没有一种独特的学习算法适用于设计所有的神经网络。选择或设计学习算法时还需要考虑神经网络的结构及神经网络与外界环境相连接的形式。

(1) Hebb 学习规则 它是 D. O. Hebb 根据生物学中条件反射机理，于 1949 年提出的神经元连接强度变化的规则，属于无导师学习。其内容为：如果两个神经元同时兴奋，则它们之间的突触连接加强。如果神经元 i 是神经元 j 的上层结点，用 v_i 、 v_j 表示神经元 i 和 j 的激活值（输出）， w_{ij} 表示两个神经元之间的连接权，则 Hebb 学习规则可以表示为：

$$\Delta w_{ij} = \eta v_i v_j$$

式中 η ——学习速率。

Hebb 学习规则是人工神经网络学习的基本规则，几乎所有神经网络的学习规则都可以看作 Hebb 学习规则的变形。

(2) δ 学习规则（误差校正学习算法） 误差校正学习算法的适用面比较宽一些，它可用于非线性神经元的学习过程，且学习样本的数量也没有限制，甚至于它还容忍训练样本中的矛盾之处，这也是神经网络容错性能的表现方式之一，误差校正学习算法是根据神经网络的输出误差对神经元的连接强度进行修正，属于有导师学习。设 (X^k, D^k) ， $k=1, 2, \dots, n$ 为输入输出样本数据对，其中， $X^k = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ ， $D^k = (d_1, d_2, \dots, d_p)^T$ 。把 X^k 作为网络的输入，在连接权的作用下，可得到网络的实际输出 $Y^k = (y_1, y_2, \dots, y_p)^T$ 。设神经元 i 到 j 的连接权为 w_{ij} ，则权的调整量为：

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_j v_i$$

$$e = \frac{1}{2} \sum_{o=1}^q (d_o(k) - y_o(k))^2$$

式中 η ——学习速率；

δ_j ——误差函数对神经元 j 输入的偏导数；

v_i ——第 i 个神经元的输出。

误差校正学习算法是神经网络中非常重要的一类算法，前馈网络的 BP 算法即是 δ 学习规则。

(3) 随机学习算法 在上面谈到的误差学习算法通常采用梯度下降法，存在局部最小问题。随机学习算法通过引入不稳定因子来处理这种情况。如果把神经网络的当前状态看作一个小球，神经网络的误差函数看作是超平面，当小球达到局部最小值时，增加不稳定因子，即对小球加一个冲量，则小球会越过峰值点，而达到全局最小点，即神经网络最终收敛于全局最小点。一般而言，不稳定



因子是从大到小逐渐变化的，只要其变化足够慢，学习时间足够长，总存在一种状态使得神经网络可从局部最小跳出，而无法从全局最小跳出，从而使神经网络收敛于全局最小点。比较著名的随机学习算法有模拟退化算法和遗传算法。

(4) 竞争学习算法 有导师的学习算法不能充分反映出人脑神经系统的高级智能学习过程，人脑神经系统在学习过程中各个细胞始终存在竞争。竞争学习网络由一组性能基本相同，只是参数有所不同的神经元构成。对于一个输入模式内各子模式的作用，每个神经元通过互相竞争来做出不同的反映，每个神经元的激活范围遵循某种特定的限制。

竞争学习的基本思想是：竞争获胜的神经元权值修正，获胜神经元的输入状态为1时，相应的权值增加，状态为0时权值减小。学习过程中，权值越来越接近于相应的输入状态。竞争学习属于无导师算法。Kohonen提出的自组织特征映射网络（Self-Organization Map, SOM）及自适应共振网络（Adaptive Resonance Theory, ART）均采用这种算法。

1.2 神经网络的特点及其应用

1.2.1 神经网络的特点

神经网络的基本属性反映了神经网络特点，主要表现在：

1. 并行分布式处理

神经网络具有高度的并行结构和并行实现能力，具有高速寻找优化解的能力，能够发挥计算机的高速运算能力，可很快地找到优化解。

2. 非线性处理

人脑的思维是非线性的，故神经网络模拟人的思维也应是非线性的。这一特性有助于处理非线性问题。

3. 具有自学习功能

通过对过去的历史数据的学习，训练出一个具有归纳全部数据的特定的神经网络，自学习功能对于预测有特别重要的意义。

4. 神经网络的硬件实现

要使人工神经网络更快、更有效地解决更大规模的问题，关键在于其超大规模集成电路（VLSI）硬件的实现，即把神经元和连接制作在一块芯片上（多为CMOS）构成ANN。神经网络的VLSI设计方法近年来发展很快，硬件实现已成为ANN的一个重要分支。

1.2.2 神经网络的应用领域

近些年来神经网络在众多领域得到了广泛的运用。在民用应用领域的应用，

如语言识别、图像识别与理解、计算机视觉、智能机器人故障检测、实时语言翻译、企业管理、市场分析、决策优化、物资调运、自适应控制、专家系统、智能接口、神经生理学、心理学和认知科学研究等；在军用应用领域的应用，如雷达、声纳的多目标识别与跟踪、战场管理和决策支持系统、军用机器人控制各种情况、信息的快速录取、分类与查询、导弹的智能引导、保密通信、航天器的姿态控制等。

练 习 题

1. 什么是人工神经网络？研究人工神经网络的目的是什么？
2. 人工神经网络是从哪些方面去模拟人的智能的？
3. 如何理解人工神经网络的学习能力？有哪几种学习方法？
4. 偏置的作用是什么？激活函数的作用是什么？激活函数有哪些主要形式？