

数字信号处理参考教材系列

人工神经网络与 模糊信号处理

谷萩隆嗣 主编
〔日〕萩原将文 谷萩隆嗣 著
山口 亨



科学出版社
www.sciencep.com

3
1

数字信号处理参考教材系列

人工神经网络与 模糊信号处理

谷萩隆嗣 主编

〔日〕

萩原将文

谷萩隆嗣 著

山口 亨

马 炫 译

科学出版社

北 京

图字:01-2003-1052 号

Neural Network and Fuzzy Signal Processing

Copyright © 1998 by Takashi Yahagi & Corona Publishing Co., Ltd.

All rights reserved.

Chinese translation rights arranged with Corona Publishing Co., Ltd.

Tokyo, Japan.

デジタル信号処理ライブラリー9

ニューラルネットワークとファジィ信号処理

Neural Network and Fuzzy Signal Processing

谷萩隆嗣 萩原将文 山口 亨 株式会社コロナ社

T. Yahagi M. Hagiwara T. Yamaguchi CORONA PUBLISHING CO., LTD.

图书在版编目(CIP)数据

人工神经网络与模糊信号处理/(日)谷萩隆嗣主编,萩原将文等著;马炫译. —北京:科学出版社,2003

(数字信号处理参考教材系列)

ISBN 7-03-011516-3

I. 人… II. ①谷… ②萩… ③马… III. ①人工神经网络 ②模糊系统-信号处理

IV. ①TP183②TN911.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042962 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2003 年 9 月第一次印刷 印张: 7 1/4

印数: 1—4 000 字数: 167 000

定 价: 18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

“数字信号处理参考教材系列”序

近年来,随着数字技术的惊人发展,以前用模拟技术进行处理或者以往根本无法进行数字处理的问题,都可以进行数字处理了。因此,数字技术越来越广泛地应用于诸多领域,而且这些领域对数字技术的要求也变得越来越高的。

最近对电气、电子、信息、通信等领域进行的大规模市场调查表明,很多企业以及研究机构都对数字信号处理技术非常重视,他们在调查问卷的表格中,把数字信号处理填在了“必要性”和“重要性”一栏的首位。从这一社会现象也可以看出,数字信号处理是当今社会急需发展的学科领域之一。

鉴于这种状况,我们以供从事数字信号处理或者准备学习数字信号处理的社会各界人士参考阅读为目的,从更广泛的角度对数字信号处理这一学科进行归纳整理,编写了这套系列书。

本系列书包括以下各册:

1. 数字信号处理基础理论
2. 数字滤波器与信号处理
3. 语音与图像的数字信号处理
4. 快速算法与并行信号处理
5. 卡尔曼滤波器与自适应信号处理
6. ARMA 系统与数字信号处理
7. VLSI 与数字信号处理
8. 信息通信与数字信号处理

9. 人工神经网络与模糊信号处理

10. 多媒体与数字信号处理

上述各册中,第1至第3为基础部分,以大学三、四年级本科生为读者对象;第4至第6为比基础部分内容较深的提高部分,以研究生或者具有同等学历的科研人员及技术人员为读者对象;第7至第10为应用部分,以大学或研究机构的研究人员为主要读者对象,亦可供有一定基础知识的社会各界人士参考阅读。

也就是说,读者可根据自己的兴趣和所掌握的知识基础,有选择地阅读本系列书中的内容。比如,从基础知识开始学习数字信号处理的读者,可选择基础部分的内容;如果已具备了一定的基础知识,则可选择提高部分或者应用部分。从基础知识开始学习的,可按基础部分→提高部分→应用部分的顺序,或者按基础部分→应用部分→提高部分的顺序,根据自己的兴趣有选择地阅读。

本系列的执笔者均为目前仍活跃在相关领域第一线的专家、学者,因而编者有理由相信本系列书能够满足不同层次读者的需求。

另外,考虑到数字信号处理理论及应用技术的迅速发展,今后我们会根据情况及时补充新内容,使本系列书不断充实和完善。

最后,时值本系列书出版之际,谨向对本系列书的出版提供多方帮助的 CORONA 社的各位表示衷心的感谢。

“数字信号处理参考教材系列”策划兼主编

谷菽隆嗣

前 言

人工神经网络和模糊理论,是在对人类及众多生物的适应功能、识别功能、学习功能和判断功能等进行深入研究的基础上提出来的,对于实现高智能系统,进行智能信号处理是非常重要的。

本书首先概要介绍应用神经网络和应用模糊理论的信号处理技术。然后介绍具有代表性的层次型及互联型神经网络,并说明其信号处理方法。进而对模糊性和模糊集合、模糊推理和模糊信号处理等进行阐述。

另外,书中还列举了神经网络和模糊信号处理的各种应用实例。最后介绍了今后以高智能系统为目标的并行处理模型和智能信号处理。

第1章,介绍神经网络与模糊信号处理的概要,并对其特征及发展前景予以叙述。

第2章,介绍层次型神经网络及应用层次型神经网络的信号处理。众所周知,反向传播对层次型神经网络的学习算法很有效,因此先详细说明反向传播,然后叙述学习的快速化和网络结构的最优化。接下来介绍径向基函数网络,并举出具有代表性的学习算法。最后阐述了自组织化映射及其学习算法。

第3章,叙述互联型神经网络和应用互联型神经网络的信号处理。互联型神经网络,可以分为联想存储模型和用于模式识别及优化的神经网络。联想存储模型,由于与人类的

记忆模式相类似,今后将会得到进一步发展。另外,作为以最优化为目的的网络,还将叙述玻尔兹曼机及其学习算法。

第4章,叙述模糊性和模糊集合。首先介绍模糊性和模糊集合的表示,模糊集合的基本运算。然后,详细说明由其他语言形成的模糊集合把具有模糊性意思的语言进行分散表示的概念模糊集合。从信号处理的观点看,概念模糊集合也是重要的概念。

第5章,介绍模糊推理与模糊信号处理。首先介绍模糊信号处理中的模糊推理,然后给出几个关于应用神经网络的模糊推理以及模糊信号处理和模糊控制的例子予以解释。

第6章,列举神经网络和模糊信号处理的几种应用实例。介绍神经网络在模式识别、气象预测和感性信息处理等诸多领域的应用,以及模糊信号处理在建筑领域及交通系统、辅助设计和汽车等领域的应用。

第7章,介绍人类的并行处理模型与智能信号处理。首先说明用神经网络的联想存储智能信号处理。然后举例说明联想存储的模糊联想处理。最后对新型智能信号处理进行了介绍。

本书以高性能智能系统的发展为目标,介绍了神经网络和模糊信号处理。由于智能信号处理领域具有很大的发展前景,因此本书如能对此有所贡献,作者将深感荣幸。

编著者 谷萩隆嗣

编著者简历

谷萩隆嗣 (第6章)

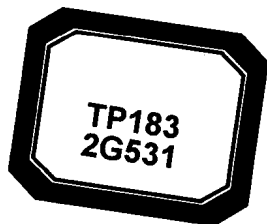
- 1966年 东京工业大学工学部电子工程专业毕业
- 1971年 东京工业大学研究生院工学研究科电子工程专业毕业,获工学博士学位
- 1971年 千叶大学讲师(工学部电子工程专业)
- 1974年 千叶大学副教授(工学部电子工程专业)
- 1984年 千叶大学教授(工学部电子工程专业)
- 1989年~现在 千叶大学教授(工学部信息工程专业)

萩原将文 (第1~3章,第6章,第7章)

- 1982年 庆应义塾大学工学部电气工程专业毕业
- 1987年 庆应义塾大学研究生院工学研究科电气工程专业毕业,获工学博士学位
- 1987年 庆应义塾大学助教(理工学部电气工程专业)
- 1990年 庆应义塾大学专职讲师(理工学部电气工程专业)
- 1995年~现在 庆应义塾大学副教授

山口 亨 (第1章,第4~6章,第7章,附录)

- 1979年 千叶大学工学部电气工程专业毕业
- 1981年 千叶大学研究生院工学研究科电气工程专业硕士毕业
- 1981年~1993年 (株) 东芝公司 工作
- (1989年~1992年 派赴国际模糊工程研究所)
- 1992年 获工学博士学位(千叶大学)
- 1993年~现在 宇都宫大学副教授



目 录

第 1 章	人工神经网络和模糊信号处理概述	1
1.1	神经网络	2
1.1.1	背景	2
1.1.2	神经网络与模糊理论	3
1.1.3	神经网络的兴起	4
1.1.4	神经网络的发展	6
1.1.5	人类的大脑	6
1.1.6	神经细胞的模型化	7
1.1.7	各种神经网络	8
1.1.8	神经网络的特征	10
1.1.9	神经网络应用举例	10
1.2	模糊信号处理	11
1.2.1	模糊集合	12
1.2.2	模糊控制向工业系统的普及	13
1.2.3	以智能信号处理为目标	14
1.2.4	模糊信号处理和数值信号的符号化	14
1.2.5	模糊信号处理和神经网络的融合	15
1.3	前景展望	16
第 2 章	层次型神经网络的信号处理	19
2.1	层次型神经网络概要	20
2.2	反向传播	20
2.2.1	反向传播的基础	21
2.2.2	反向传播算法	23

2.2.3	学习的快速化	27
2.2.4	网络结构的优化	30
2.2.5	反向传播应用举例	33
2.3	径向基函数网络	36
2.3.1	径向基函数网络基础	36
2.3.2	RBF 网络和 BP 网络的比较	39
2.3.3	RBF 网络	40
2.4	自组织化映射	40
2.4.1	无教师学习	40
2.4.2	自组织化映射	41
2.5	学习向量量化	44
2.5.1	学习向量量化	44
2.5.2	LVQ1 算法	44
2.5.3	LVQ2 算法	45
第 3 章	互联型神经网络的信号处理	47
3.1	互联型神经网络概要	48
3.2	霍普菲尔德网络	49
3.2.1	基于相关的联想存储原理	49
3.2.2	霍普菲尔德网络	50
3.3	BAM 及其改进	53
3.3.1	BAM 的构成及工作原理	53
3.3.2	PRLAB	54
3.4	玻尔兹曼机和 MFT 学习	59
3.4.1	玻尔兹曼机的学习算法概要	59
3.4.2	玻尔兹曼分布	59
3.4.3	玻尔兹曼机的学习算法	61
3.4.4	MFT 学习算法	63

第 4 章 模糊性和模糊集合	67
4.1 模糊集合的思想	68
4.2 模糊集合与模糊性的表示	68
4.2.1 隶属函数	69
4.2.2 n -cube 的模糊性表示	70
4.2.3 模糊系统和神经元的共同点	71
4.3 模糊集合的运算	71
4.3.1 模糊补集	72
4.3.2 模糊并集	72
4.3.3 模糊交集	73
4.4 概念模糊集合	73
4.5 模糊度和不确定性	76
第 5 章 模糊推理和模糊信号处理	79
5.1 模糊推理的思想	80
5.2 模糊信号处理中的推理	80
5.2.1 模糊规则	81
5.2.2 模糊推理	82
5.3 应用神经网络的模糊推理	84
5.3.1 模糊系统角度上的神经网络	85
5.3.2 神经网络角度上的模糊系统	85
5.3.3 模糊神经网络的分类和推理方法概要	86
5.3.4 模糊联想推理	89
5.4 模糊信号处理和模糊控制	94
5.4.1 模糊控制的系统构成和稳定性	94
5.4.2 模糊神经网络的学习性	98
5.4.3 模糊控制中的学习性和稳定性	100

第 6 章 神经网络和模糊信号处理应用	109
6.1 神经网络的应用	110
6.1.1 应用于模式识别	110
6.1.2 应用于手语-声音接口	115
6.1.3 应用于气象预测	118
6.1.4 电子宠物中的应用	120
6.2 模糊信号处理的应用	124
6.2.1 建筑相关领域中的应用	126
6.2.2 交通系统领域中的应用	128
6.2.3 辅助设计领域中的应用	131
6.2.4 汽车领域中的应用	137
第 7 章 人类的并行处理模型和智能信号处理	141
7.1 联想存储的智能信号处理	142
7.1.1 情节记忆	142
7.1.2 神经网络的情节联想存储	143
7.1.3 混沌神经元	147
7.1.4 混沌神经网络的联想存储	148
7.2 联想存储的模糊联想处理	151
7.2.1 手语交互式接口	154
7.2.2 智能机器人及其学习	163
7.3 新型智能信号处理	174
7.3.1 模糊联想存储系统中的混沌回想	175
7.3.2 基于混沌回想的构思功能和自组织化	179
7.3.3 并行处理以及进化和淘汰模型	188
附 录 模糊系统与稳定性	193
A.1 线性系统中有理函数的不可约分解表示	194

A. 1. 1	符号定义	194
A. 1. 2	不可约分解表示	194
A. 1. 3	内部稳定性	195
A. 1. 4	强稳定化的可能性	195
A. 1. 5	小增益定理	196
A. 2	基于等价多重线性系统的模糊系统的公式化	197
A. 2. 1	同化多重线性系统和模糊控制器	197
A. 2. 2	同时稳定化问题	199
A. 2. 3	凸结合型多重补偿器问题	200
A. 3	实现基于在线稳定判别条件导出的学习控制	202
A. 3. 1	直升机的模糊模型	202
A. 3. 2	模糊模型式控制器	203
A. 3. 3	直升机控制用模糊控制器的稳定性讨论 ...	203
参考文献		205
索 引		215

第1章

人工神经网络和模糊信号处理概述

1.1 神经网络

1.2 模糊信号处理

1.3 前景展望

以往的信号处理技术以数学上的严密性为前提,因而无法包含模糊性及主观性等人的因素,近几年随着集成电路技术和计算机技术的飞速发展,在与人的信息连接方面,新型信息处理方式受到了人们的关注,其代表就是神经网络与模糊信号处理。本章将对其进行简要叙述。

1.1 神经网络

神经网络(neural network)和模糊理论(fuzzy theory)是比较新的技术,其应用已经从家电产品扩展到了工业机器等诸多领域。

神经网络是对人脑的信息处理方式进行模拟的产物,与以往的方式相比在原理上存在很大不同。这里将对这项技术出现的背景,特别是有关神经网络的特征等内容予以介绍。

1.1.1 背景

现代科学技术是以对现象进行观察和测定,尽可能严密地用数学公式进行表示和求解为基础的。17世纪的牛顿之前,因为没有再现性的方法,一直把对现象的观察和测定认为不是科学的方法,在用数学公式进行表示和求解之后确立了如图 1.1 所示的控制理论、系统理论、电路理论、通信理论、网络理论和语言理论等诸多理论。

的确,随着科学技术的飞速发展,尤其是 20 世纪 60 年代,人类登上月球之后,世界似乎已经变得越来越小了。就现在的个人计算机而言,具有十几年前大型计算机同样或更高的性能,而体积却只有书本那么大,并且使用对象已经渗透到了个人和家庭。

尽管科学技术发展很快,但是我们也应该认识到科学技术在不同领域的实际应用上还处于较低的水平。

例如声音识别技术,就还没有达到实用水平。虽然周围的喧哗声

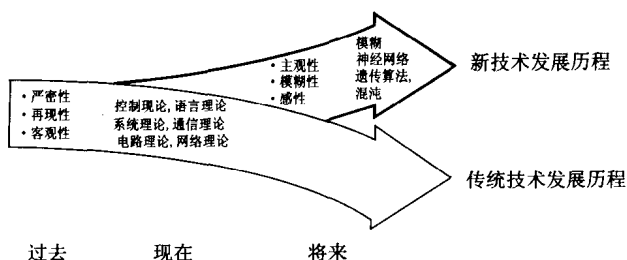


图 1.1 科学技术的发展历程

不能阻碍我们进行谈话,但是实现这种噪音环境下的声音识别仍然是一个难题。还有,我们知道幼儿已经可以在一瞬间认出父母的父母,但是计算机却还不能进行这样的图像识别。

那么,是科学技术不断进步就能够使上述种种难题得以解决,还是科学技术本身就存在某些缺陷呢?

带着这样的疑问,研究者逐渐意识到,以前的科学技术过于追求严密性,而忽视了人类擅长的信息处理方式。也就是,通过经验的积累和不断地学习针对各种各样的问题进行全局考察,弹性对应的方法。目前,人们已经开始利用将这种信息处理方式与严密的科学技术相结合的方法,对涉及到情感、直觉和闪念等单纯利用数值化方法很难解决的问题,进行深入的探讨和研究。

1.1.2 神经网络与模糊理论

为了打破传统科学技术的局限,学者们进行了多方面的具体研究^[1~4],其中之一就是以人类所具有的主观性为原理构筑而成的模糊理论,有关内容将在下节予以介绍;还有一个,是以世界上高度系统化的人脑信息处理方式模板,探讨人脑的信息处理方式及其实现,这方面的研究对象称之为神经网络或人工神经网络(artificial neural network),也就是神经元(人工神经元)的网络。

1.1.3 神经网络的兴起

神经网络的兴起是从 20 世纪 80 年代后期开始的。广义的神经网络在这之前就已经从理论研究阶段发展到了应用阶段。这里,根据表 1.1,以通信领域的应用为例予以介绍。

在信号处理中有被称为自适应信号处理¹⁾的一个领域^[5,6]。自适应信号处理的思想是,使系统中的参数具有可变性,从而完成对状况变化的适应性追踪。神经网络的一个很显著的特征,就是优秀的学习能力。自适应可以被广义地认为是学习,所以适应系统可以看作是一个简化了的神经网络。

表 1.1 使用与神经网络相同原理的系统

* 回声消除器
* 自适应预测器
* 未知系统的模型化
* 天线的旁瓣消除器
* 自适应噪声消除器
* 自适应线频谱增强器

比如,在远距离通话时,如图 1.2 所示,语者的声音会经过对方的连接点返回,这是由于连接点中电子线路不匹配引起的。特别是在使用卫星通话的情况下,由于声音到达需要大约 0.3~0.5s 的时间,语者就会一边听着延迟后自己的声音,一边还要说话,这样的通话是非常糟糕的。

这就需要有一个消除回声的装置即回声消除器,其工作原理即是要产生一个与回声等效的信号从而将回声信号从原信号中剔除。不

1) 参看本系列书中的《卡尔曼滤波器与自适应信号处理》一书。