

模糊数学及其应用丛书

因素神经网络理论及其应用

FACTOR NEURAL NETWORKS AND ITS APPLICATION

刘增良 刘有才 编著

贵州科技出版社

黔新登字(90)03 号

因素神经网络理论及其应用

刘增良 刘有才 编著

贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路 289 号 邮政编码 550001)

※

核工业中南三〇六印刷厂印刷 贵州省新华书店经销

787×1092 毫米 32 开本 8.125 印张 17.5 千字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数 1~2000

ISBN7-80584-296-5/O·013 定价:12.20 元

《模糊数学及其应用丛书》
资 助 单 位

贵州科技出版社

海南省粮油贸易公司

北京爱普亚太电子有限公司

中国人民解放军国防科学技术大学

贵州师范大学

中外合资贵州永兴电子仪表公司

贵阳大光五金站 吴石川

西南交通大学智能控制开发中心

《模糊数学及其应用丛书》

编辑委员会

主 编

- 刘应明 (国务院学位评审员, 国家级有突出贡献的科学家, 博士生导师, 四川大学副校长, 教授, 国际模糊系统协会(IFSA)副主席)
- 汪培庄 (国家级有突出贡献的优秀专家, 博士生导师, 北京师范大学教授, 新加坡大学客座教授, 国际模糊系统协会(IFSA)理事, IFSA 中国分会主席)
- 陈世权 (贵州省有突出贡献的优秀专家, 贵州师范大学软科学研究室主任, 研究员)

编 委 (按姓氏笔划为序)

- 王光远 (中国工程院院士, 国务院学位评审员, 黑龙江省特级劳动模范, 博士生导师, 哈尔滨建筑工程学院工程理论研究所所长, 教授)
- 王国俊 (国家级有突出贡献的优秀专家, 博士生导师, 陕西师范大学校长, 教授)
- 任 平 (暨南大学经济数学教研室主任, 教授, 日本神户大

学客座教授)

吴从炘 (航空航天部有突出贡献的优秀专家, 博士导师, 哈尔滨工业大学数学系主任, 教授)

吴望名 (上海师范大学数学系主任, 教授)

张文修 (西安交通大学研究生院副院长, 教授)

郭桂蓉 (博士导师, 中国人民解放军国防科技大学副校长兼研究生院院长, 教授)

前 言

自从美国扎德(L. A. Zadeh)教授于 1965 年建立模糊集合论以来,由于它在处理广泛存在的一种不确定性——模糊性方面的成功,它在处理复杂系统方面的简捷与有力,在某种程度上弥补了经典数学与统计数学的不足,越来越受到欢迎。在这种背景下,随着模糊工程的开发和应用,模糊技术产品的广泛利用,日本于 1990 年将本田(Honda)奖授予了扎德教授,以表彰这一新方法论的成功。

20 多年来,这一新的数学方法从理论到应用,从软技术到硬技术,都有了很大的发展,得到了越来越多的人的关心和支持,他们迫切希望了解这一新方法的研究与进展。在贵州科技出版社等单位的大力支持下,国际模糊系统协会中国分会(China Chapter of IFSA)和全国模糊数学与模糊系统学会组织编辑了《模糊数学及其应用丛书》。

这套丛书选编了一批学术性较强、应用性较好的模糊数学及其应用的专著,这些专著基本上反映了当前国际和国内水平。这些专著均是执笔者多年研究的成果,反映了当前国际同行的动态,其中多数属国家自然科学基金资助项目和国家 863 高技术计划项目。

我们相信这套丛书的出版,将对国内外模糊数学及其应用的研究与发展起到很好的推动作用。

刘应明

1991. 9

内 容 提 要

本书作为智能工程理论的一部专著,介绍了作者在因素神经网络理论方面的最新研究成果。书中在简述因素神经网络基本概念的基础上,着重阐明了解析型和模拟型两大类因素神经网络的机理、特点、构组方法和运行特性。并给出了其可能的实施途径和应用方法。

本书适合于大专院校,科研单位从事智能科学、系统科学、计算机科学、应用数学、自动控制等领域学习研究的博士、硕士研究生、高年级大学生和工程技术人员阅读。

FACTOR NEURAL NETWORKS AND ITS APPLICATIONS

Synopsis

This book is a research works about intelligent engineering theory and includes recently author's research results of the Factor Neural Networks (FNNs) theory. In this book ,two types of FNNs,Analytic Factor Neural Networks and Analogous Factor Neural Networks ,are emphasis studied and the basic principle ,the characteristics ,the structural method and the dynamic characteristic for them are detailed.

This book is suited to the readers of Doctor's postgraduate,Master's postgraduate,high grades university students and the scientific research personnel who are engaged in the research of Intelligent science, System science, Computer science ,Applied maths, Automatic control etc. in the universities and colleges and scientific research institution.

编写说明

在当代及今后相当长一段时期内,也许再没有哪一项新的技术突破能像“智能机研制成功”那样令人神往并将会对人类社会产生巨大的影响的了。我们这样说,丝毫没有低估人类科技前沿阵地中其它尖端学科(如进行宇宙宏观和微观探索的航天技术及核科学技术,探索生命奥秘的生物工程等)将会对人类科技进步所产生的划时代的影响的意思。但是,不可否认的是,长期以来,研制具有类似人类智能的智能机和智能机器人,一直是人们,无论是专门从事此项研究的科学家还是普通老百姓,殷切期望的一个目标和方向。如果说当代微电子与计算机技术的飞速发展和广泛应用已经为智能机的研制提供了可能的基础,使人们隐隐约约看到了希望。那么,当代国际间激烈的技术和商业竞争,更加剧了人们力图在这一领域内遥遥领先的愿望。

应该肯定地说,经过几十年的奋斗,在走过了一些艰难曲折的不平凡之路以后,人工智能(或者说智能模拟工程)的理论和实践,已经取得了令人瞩目的成绩,开拓了许多成功的和可能的途径。但是,由于智能本身所具有的特殊性,实践也已证明,智能机的研制和智能模拟,的确确实是人类所遇到的科技难题中最难解决的一个。曾记得,在1958年,当时人工智

能的创始人,美国的 Newell 和 Simon 向人们预言“不出十年,计算机将成为世界象棋冠军,除非通过一个比赛规则不准它参加;不出十年,计算机将发现并证明人类还未发现的重要数学定理;不出十年,计算机将谱写出具有相当美学价值并被评论家们认可的乐曲;不出十年,大多数心理学家的理论将能用计算机程序来形成。”的时候,一些人曾十分激动,以为智能机马上就能研制成功。然而,三十多年过去了,Simon 等人的预言至今并未能得到完全的实现。Simon 教授在出席“日本第五代计算机会议”时所讲的一段话,是很耐人寻味的。他说:“从一开始,人工智能和认知科学工作者就因过分乐观而受人指责。我希望我们已为某些乐观而感到内疚了。而且对于一个经历了三十多年历程才走到今天这一步的一个领域来说,我也不认为这种指责和内疚是过分的。”

急于求成也许并不算一种大错。由于期望已久,因而,每当一种理论或一种设想刚刚提出来的时候,人们自然而然地会对其抱有极大的希望,以为看到了“柳暗花明又一村”的曙光。这是可以理解的。但是,人们已经发现,在智能模拟领域,要实现真正的突破,也实在太难了。

人类需要幻想,没有幻想,就没有了人类独有的五彩缤纷的精神世界。但科学不能抱有幻想。科学,特别是智能工程科学,现在最需要的是脚踏实地的探索,是艰苦卓绝的登攀。

本书是《因素神经网络理论及其实现策略研究》一书的继续,是我们在因素神经网络理论研究方面的阶段性成果的总结。书中着重阐明的是解析型和模拟型两大类型因素神经网络各自的机理、特点、构组方法及运行特性,并提出了其可能的实施途径。

为了使读者便于阅读,本书是这样安排的。

第一章是本书的导引。书中简要阐述了作者对智能、智能模拟及智能工程理论等问题的一些看法,提出了智能模拟的前提性条件及完备智能工程系统的概念,并说明了建立起统一的智能工程理论的必要性。

第二章是本书的预备性知识。书中给出了作者所提出的因素神经网络理论中的一些基本概念,并对其做了一些解释性说明。

第三章、第四章是本书的重点。书中分别以解析型因素神经网络及模拟型因素神经网络的观点对现有的各类智能模拟工程理论进行了概括性阐述。其中,第三章主要阐述的是解析型因素神经网络的理论及其实现策略,重点是如何以对象为中心以因素为基础构建解析型因素神经元,并以此为基础实现各种推理及学习,并对模糊推理和模糊搜索的理论及实现方法做了重点的说明。第四章主要阐述的是模拟型因素神经网络的性质及实现方法,其中重点论述的是模拟型因素神经元中网络模块的构建以及模拟型因素神经网络的运行特性。

第五章讨论了组合式因素神经网络的系统设计,其中重点考虑的是组合式系统的状态稳定性和结构稳定性。

第六章给出了两个应用实例。一个是智能型文献检索系统的开发,一个是汽车发动机故障诊断专家系统。书中主要给出的是运用因素神经网络理论指导开发的思路,并以此来做为因素神经网络理论应用的初步说明。

为了避免重复,在《因素神经网络理论及其实现策略研究》一书中论及的内容我们在本书中绝大部分均未涉及。《因素神经网络理论及其实现策略研究》一书已由北京师范大学

出版社出版,有兴趣的读者可以参看原书。

做为阶段性研究的成果,由于时间紧迫,书中论述难免有错,我们衷心希望读者能提出宝贵意见,并希望能有机会与各位同行进行有益的探讨,如有可能,请予以赐教。我们将表示衷心的感谢。

作 者

1994 年 8 月

目 录

第一章 智能模拟与智能工程理论	(1)
第一节 智能与智能模拟.....	(1)
第二节 实现智能模拟的前提性条件.....	(5)
第三节 智能模拟的工程理论	(13)
第二章 因素神经网络理论	(17)
第一节 因素神经元	(17)
第二节 因素神经网络形式化定义及其类型	(31)
第三章 解析型因素神经网络	(37)
第一节 解析型因素神经网络描述模型的构建	(37)
第二节 解析型因素神经元中的推理机制	(52)
第三节 解析型因素神经网络中的非确定性推理 与模糊搜索策略	(65)
第四节 解析型因素神经网络中的类比与联想.....	(100)
第五节 解析型因素神经网络中的学习 与归纳推理.....	(108)
第四章 模拟型因素神经网络	(115)
第一节 智能模拟与模拟型因素神经网络.....	(115)
第二节 模拟型因素神经元的功能结构.....	(120)
第三节 模拟型因素神经元中的前馈型网络模块 与信息映射变换的实现.....	(129)
第四节 模拟型因素神经元中的反馈型动态网络	

模块及其联想记忆功能·····	(141)
第五节 模糊联想存储与模糊联想映射·····	(161)
第六节 模拟型因素神经网络结构分析·····	(170)
第五章 组合式因素神经网络的系统设计	
与系统稳定特性·····	(177)
第一节 组合式因素神经网络的系统设计·····	(178)
第二节 组合式因素神经网络系统的稳定特性·····	(189)
第六章 因素神经网络理论的初步应用·····	(208)
第一节 一种改进型情报检索专家系统·····	(208)
第二节 一种混合型汽车发动机故障诊断 专家系统·····	(216)
结束语·····	(227)
参考文献·····	(230)

第一章 智能模拟与智能工程理论

作为因素神经网络理论提出的背景之一,本章简要阐述了我们对于智能、智能模拟和智能工程理论的一些看法。指出实现智能“工程化”和工程“智能化”是当代科学技术发展的一大趋势,而要实现智能模拟,首要的前提性条件之一就是能实现知识与智能行为的形式化描述并使其可模拟运行。

第一节 智能与智能模拟

人为万物之灵,灵就灵在人有一个有“智能”的大脑,用它可以认识世界和改造世界,从而使人成为了宇宙的主宰。从本质意义上讲,现在人们已经、正在或希望研制的各类智能机及其它智能工程系统,均是人们希望可以在不同程度上来模拟人类智能的智能模拟系统。人们希望制造出这些智能模拟系统的目的,在于希望它们能模拟完成那些“需要人类智慧才能完成”的各种工作,从而,使人类可以有一个得力的“助手”,作为人类大脑功能的延伸,来替代人的部分智能劳动,使人类的

智能行为可以“机械化”。

但是,究竟什么是智能,特别是从工程技术角度(智能模拟角度)如何理解智能,从一定意义上说,它至今仍是一个模糊的概念。

举一个简单的例子,如果我们可以把能完成“需要人类智慧才能完成”的工作的机器叫做智能机的话,(国外有一种定义说,当你拿同一个问题同时去问人和一台机器,若你所得到的答案已分不清是人还是机器回答的时候,那么,所说的机器就可称之为智能机了,也是差不多的含义。)那么,今天广泛应用的能完成复杂数学计算的计算机早就可以叫做智能机了。但实际上人们并不承认它们就是智能机。争辩者说,这些计算机的程序都是人编制的,是人强制输入计算机的,机器的功能只是“机械”地执行,机器本身并无“智能”。但是,为什么有些仅具有初级自适应性视觉和听觉功能的计算机也有人认为它们是“智能机”呢?可见人们现在所说的“智能机”,从外部功能上讲,主要是希望它要比现有的计算机能有更多的灵活性和适应性,当然,从应用方面讲,其所解决的问题也要有更深奥更复杂的内容。

在这里,我们讲让智能计算机能处理更深奥更复杂的问题,意思是希望智能机能像一个有知识的人类专家一样,去处理生产、科研和管理中的一些需要智慧决策的难题,起到一个人类专家的类似作用。

为了便于理解这个问题,在不致混淆的情况下,我们假定可以把一个智能系统广义地理解为一个信息处理系统。这个信息处理系统的功能,主要是一种“信息加工”功能,其智力即“信息加工”的速度和能力(有时也包括信息收集及识别能

力)。若有一组信息 X 输入到这个信息处理系统中, 信息处理系统可实现如下映射:

$$f: \quad X * T \rightarrow Y$$

这里,

Y 称作系统的信息响应或输出。

T 是系统信息变换能力的表达, 称作系统的信息处理算子。

$*$ 是变换运算符。

如果我们认为上式可以表达一个通用信息处理系统的话, 那么, 一个信息处理系统的关键功能是由其 T 算子来表征的。从这个意义上说, 所谓不同的信息处理系统, 仅仅是其 T 算子不同。

根据上述解释, 我们主观认为, 在自然界中, 存在着三类不同的 T 算子, 对应着三类不同的信息处理系统。

第一类系统, T 是固定不变的。

$$\text{记 } T_i = T_0.$$

即系统的输入和输出之间, 保持着基本不变的对应关系。这种主要由系统本身规律所支配的、状态变换已基本固化了的系统, 我们称其为物理型机械式信息处理系统。

第二类系统, T 是线性可变的。

$$\text{记 } T_i = T_0(t)$$

其中

T_i 为 T_0 的线性变异。

在这类系统中, 系统的输入和输出之间不再只是简单的对应, 而是在一个“知识平面”内区域线性可变。即支配系统信息处理行为的总体知识, 可以看作是固定的, 它构成系统的本