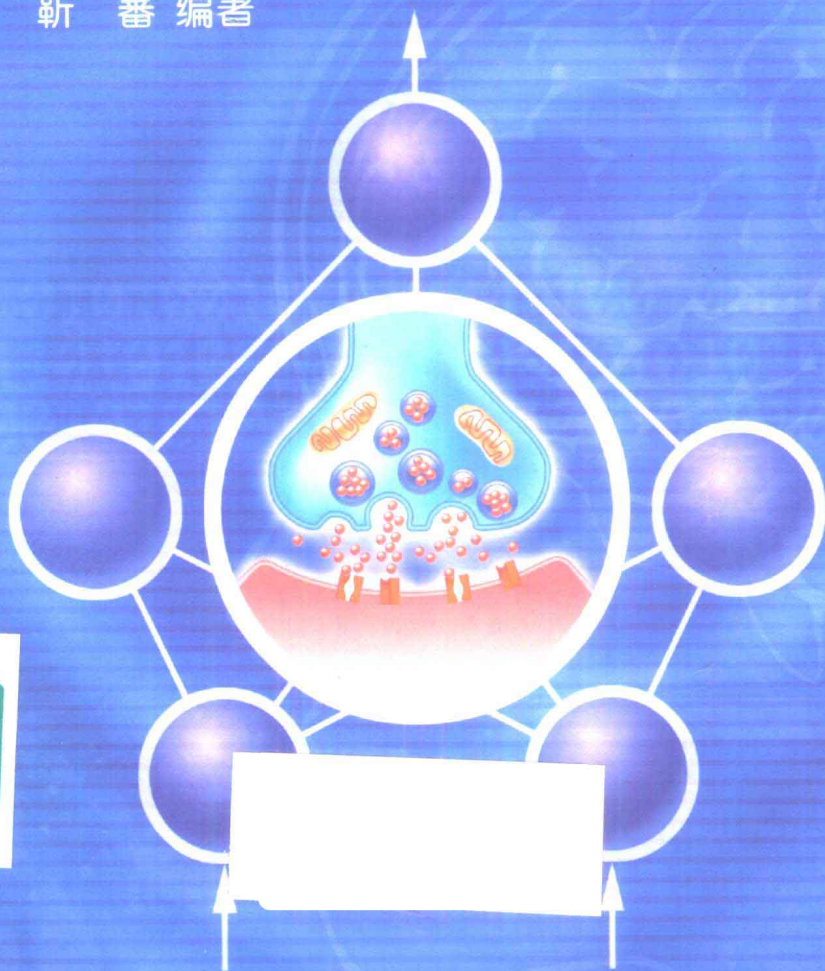


新世纪学术专著丛书

神经计算智能基础

原理·方法

靳蕃编著



西南交通大学出版社

神经计算智能基础

原理·方法

靳 蕃 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

神经计算智能基础 原理·方法: 汉、英对照/靳蕃著.
成都: 西南交通大学出版, 2000. 1

ISBN 7-81057-376-4

I. 神… II. 靳… III. 电子计算机—编码—数字技术 IV. TP 301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 51847 号

**本书无四川省版板防盗标识, 不得
销售; 版权所有, 违者必究, 举报有奖,
举报电话: (028)6636481、6241146、7600560。**

神经计算智能基础 原理·方法

靳 蕃 编著

*

出 版 人 宋绍南

责任编辑 张 雪 林 贞

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

成都飞机工业公司印刷厂印刷

*

开本: 850 mm×1168 mm 1/32 印张: 14.9375

字数: 358 千字 印数: 1~4000 册

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-376-4/TP·183

定价: 20.00 元

内 容 提 要

本书面向 21 世纪智能科学发展的需要,首次在神经计算智能的领域内,仿效人类大脑高级智能活动的特征,将人工神经网络、模糊逻辑技术和进化计算等多种智能信息处理方法有机地综合在一起,为今后研究开发具有高度智能的神经计算机奠定基础。

全书共分八章,内容包括:智能科学发展概论;智能的生物特征与本质;人工神经网络;模糊逻辑基础;联想记忆与编码;进化计算;混沌与分形;模糊神经计算智能系统。

本书适合于从事计算机科学、人工智能、自动控制、信息工程、认知科学、应用数学和神经生物学等专业领域研究的广大科技人员阅读,也可作为高等学校相关专业的研究生、高年级大学生以及对探索智能奥秘感兴趣的读者参考使用。

序

80年代中后期以来,在世界范围内掀起了探索和研究神经网络的热潮。特别是从1988年在东京召开的IWITA'88,到1998年在北京召开的NN&B'98,东亚各国在发展神经网络理论,推动神经网络应用并且和脑科学相结合的研究等方面,作出了许多的贡献。

我的中国同行、西南交通大学靳蕃教授最近所完成的《神经计算智能基础 原理·方法》一书,就是从进一步模仿人类大脑高级智能的角度出发,将人工神经网络和模糊逻辑、进化计算等有机地结合起来,这是一种有益的合理的尝试。

未来的21世纪,是信息科学大发展的时代,也是人类探索大脑智能奥秘的时代。我相信在大家的共同努力下,一定会在神经计算智能方面取得新的进展和突破。

甘利俊一

SHL. Am

前 言

浩瀚宇宙，奇妙无穷，星回斗转，万物丛生。在这个蔚蓝色地球上，人为万物之灵。人类用大脑中的智慧认识客观，改造世界。用机械化减轻体力劳动，用电气化改善生活环境。在世纪之交的信息化浪潮中，科学技术和精神物质文明正以前所未有的速度向前迅猛发展着。

然而，正如“不识庐山真面目，只缘身在此山中”的诗句所描述的那样，在我们对周围客观世界认识越来越清楚的同时，对自己天天都在使用的大脑产生智慧的机理奥秘却仍然迷雾茫茫，一知半解。近半个世纪以来，用人工方法实现人脑智能的研究终于提上了议事日程。建立在符号操作基础上并从功能去模拟人脑的传统人工智能，在专家系统、问题求解等领域中取得了成功，但是却遇到知识表达和知识获取方面的巨大困难。按照联结主义思路从结构上仿效人脑神经结构的人工神经网络，在自学习、自适应等方面显现出特有的优势，但是离人类大脑所具有的复杂的、多功能全方位的高级智能行为还有着巨大的差距。至于模糊逻辑和进化计算等一些属于智能信息处理的方法，也只能是在非精确信息处理和自动寻优等某些方面有若干近似于人脑智能行为的特点。看来，无论是被称为符号主义的传统人工智能(AI)，被称为联结主义的神经网络(NN)，或者被称为行为主义的进化计算(EC)，它们单独均构造不出人类大脑所具有的高级智能来。

因此，自90年代初以来，人们开始认识到，将多种智能信息处理方法有机地结合在一起，互相取长补短，是一条逐渐接近人类大脑智能的合理而有效的途径。本书作者正是在这一期间，在为博士、硕士研究生讲授这方面课程的同时，和西南交通大学神经网络与信息研究所的同志们一道，先后承担了国家“八六三”计划和国家自然科学基金

金有关模糊神经计算的基础研究,以及国家攀登计划项目中有关神经网络用于组合优化的研究。从这些研究项目中获得的成果与启示,极大地丰富了本书的有关章节内容。作者深信,神经计算智能与传统人工智能有机配合、优势互补,是仿效由右半球(形象思维)和左半球(抽象思维)组成的人类大脑的合理可行方案。

本书共分八章,第一章对半个世纪以来从不同途径发展智能科学进行概括分析和哲学上的反思。第二章以大脑结构和功能为中心,阐明生物智能的本质和特征。第三章人工神经网络与第四章模糊逻辑是构造模糊神经计算智能系统的重点内容。第五、六、七章分别介绍了联想记忆与编码、进化计算、混沌与分形。第八章中以较多的篇幅对模糊神经计算智能系统进行了研讨。

本书中不仅凝聚着西南交通大学神经网络与信息技术研究所全体老师和博士、硕士生长期研究工作中的辛勤劳动成果,也汇集了所引用文献中国内外广大同行专家的精辟见解。清华大学吴佑寿院士和东南大学何振亚教授的热情鼓励,西南交通大学出版社的大力支持,铁道部专家基金的资助和范俊波副教授、何奉道副教授等在工作上的协调配合,促成了本书能顺利地编写出版,对此作者深深地表示感谢。

作者还要特别感谢国际著名的神经网络学家甘利俊一教授(Prof. Dr. Shun-ichi Amari)热情地为本书作序。还应当提到并表示诚挚谢意的,是我的妻子常季坤女士为整理校对书稿付出了默默的劳动。

未来的世纪是知识经济的新世纪,未来的千年是通过智能探索使人类进一步从脑力劳动中解放出来的千年。智能扩展信息,信息创造财富。从某种意义上来说,谁占领了智能信息高科技的这个制高点,谁就能在科学技术进步的竞赛中处于领先的地位。

衷心地希望广大的读者对本书中存在的缺点错误提出宝贵的批评和指正,更热切地期望有更多中华有志之士参加我们的行列,携手探智能,联盟攻大关,为早日登上这座尚未被征服的智能信息科学顶峰而努力。

目 录

第一章 智能科学发展概论

§ 1.1 智能的探索	1
§ 1.2 智能的涵义	2
1.2.1 生物智能	3
1.2.2 人工智能	5
1.2.3 计算智能	5
1.2.4 智能 ABC	6
§ 1.3 电脑的发展历程	7
1.3.1 集成电路技术的进步	8
1.3.2 Von Neumann 计算机的发展	9
1.3.3 人机大战的启示	11
§ 1.4 传统 AI 的成就与局限性	12
1.4.1 AI 的兴起与发展	12
1.4.2 AI 的成就	14
1.4.3 传统 AI 的局限性	16
§ 1.5 人工神经网络的发展历程与反思	18
1.5.1 早期的五种计算模式	18
1.5.2 马鞍形的发展历程	21
1.5.3 ANN 研究现状的反思	26
§ 1.6 智能科学的相关技术	29
1.6.1 模糊逻辑	29
1.6.2 进化计算	30
1.6.3 粗集理论	32
1.6.4 混沌与分形	33
1.6.5 区组设计	36
§ 1.7 智能科学中的若干哲学问题	38
1.7.1 老三论与老三论	38
1.7.2 思维数学方法	39

1.7.3 值得认真思考的哲学概念	41
1.7.4 几对相互矛盾的哲理关系	42
§ 1.8 智能科学发展展望	44
1.8.1 研究智能的三条途径	44
1.8.2 模糊神经计算智能	46
1.8.3 未来世纪的智能科学	48

第二章 智能的生物特征与本质

§ 2.1 脑的哲学思考	50
2.1.1 巨系统观下的人脑	50
2.1.2 脑的三个表征	52
2.1.3 物质与精神间的有序映射	54
2.1.4 脑的复杂性	54
§ 2.2 脑的结构与功能	56
2.2.1 脑的构造	56
2.2.2 神 经 元	59
2.2.3 神经膜及其电特性	61
2.2.4 H—H 非线性动态方程	66
2.2.5 动作电位脉冲的传递	69
§ 2.3 视觉系统的剖析	73
2.3.1 智能与视觉	73
2.3.2 眼的机能	74
2.3.3 串并行的视觉信息处理	76
2.3.4 功能分区	77
§ 2.4 记忆与遗忘	81
2.4.1 记忆的类型	81
2.4.2 联想记忆	84
2.4.3 遗忘现象	85
§ 2.5 意识与思维	86
2.5.1 意识的产生	86
2.5.2 两类信号系统	89
2.5.3 学习机制	89
2.5.4 思维方法	91
2.5.5 注意力集中	93
§ 2.6 生物智能系统的启示	94
2.6.1 生物神经系统智能活动的特征	94

2.6.2	三个子系统的协同工作	97
2.6.3	现有电脑和人脑的比较	98
2.6.4	设计模糊神经计算智能系统的原则	100

第三章 人工神经网络

§ 3.1	人工神经元	101
3.1.1	M—P 模型	101
3.1.2	函数的近似	103
3.1.3	布尔函数的神经元实现	104
§ 3.2	感知机	106
3.2.1	感知机的特性	106
3.2.2	感知机的分类功能	109
3.2.3	感知机分类示例	111
§ 3.3	神经网络学习机制	114
3.3.1	学习方法类别	115
3.3.2	学习算法	116
3.3.3	感知机学习	118
3.3.4	ADALINE	122
§ 3.4	前馈型 BP 网络	123
3.4.1	激励函数	123
3.4.2	BP 学习算法	125
3.4.3	网络的逼近能力	130
3.4.4	网络的泛化能力	132
3.4.5	隐含层单元数的选定	135
3.4.6	对 BP 网络的评价	136
§ 3.5	反馈型 Hopfield 网络	137
3.5.1	求解 TSP 与计算复杂性	137
3.5.2	离散型 Hopfield 网络	140
3.5.3	连续型 Hopfield 网络	141
3.5.4	用神经网络方法求解 TSP	144
3.5.5	计算能量函数优化方法的评价	147
§ 3.6	Kohonen 自组织网络	149
3.6.1	自组织概念	149
3.6.2	自组织学习算法	151
3.6.3	学习算法参数选择	151
3.6.4	在声控打字机中的应用	153

§ 3.7 几类特殊的神经网络	155
3.7.1 径向基函数网络	156
3.7.2 细胞神经网络	159
3.7.3 群组设计网络	162
3.7.4 广义同余神经网络	167
3.7.5 协同神经网络	173

第四章 模糊逻辑基础

§ 4.1 智能的模糊特征	177
4.1.1 模糊的必要性	177
4.1.2 模糊的相对性	178
4.1.3 模糊的普遍性	179
§ 4.2 模糊集合的基本概念	179
4.2.1 经典集合及其运算	179
4.2.2 模糊集合及其表达	182
4.2.3 模糊子集的运算	184
4.2.4 模糊集的几何表示	186
§ 4.3 隶属函数	189
4.3.1 确定隶属函数的方法	189
4.3.2 常见的模糊分布	193
§ 4.4 模糊区间与模糊中心	201
4.4.1 主观模糊与客观模糊	201
4.4.2 模糊区间数与模糊中心数	202
4.4.3 相对模糊率	204
4.4.4 模糊区间数的运算	205
§ 4.5 模糊集合与经典集合的联系	205
4.5.1 λ 水平截集	205
4.5.2 分解定理	207
4.5.3 扩张原理	208
§ 4.6 模糊矩阵与模糊关系	209
4.6.1 模糊矩阵及其运算	209
4.6.2 模糊矩阵的合成	211
4.6.3 模糊关系	212
4.6.4 模糊综合评判	213
4.6.5 泥石流沟严重度的模糊判释	215
§ 4.7 模糊控制	218

4.7.1 模糊控制的特点	218
4.7.2 模糊控制规则	219
4.7.3 模糊倒车控制	222

第五章 联想记忆与编码

§ 5.1 联想与智能	227
5.1.1 两种不同的记忆方式	227
5.1.2 联想与创造发明	228
5.1.3 联想与汉明距离	229
§ 5.2 联想网络	232
5.2.1 联想网络的类型	232
5.2.2 联想记忆的结构	234
5.2.3 特征矢量与联想	235
§ 5.3 联想学习	240
5.3.1 赫布学习——相关矩阵	240
5.3.2 吸引子与吸引域	243
5.3.3 联想存储的容量问题	247
5.3.4 伪逆矩阵方法	247
5.3.5 正交投影	250
§ 5.4 模糊联想记忆	253
5.4.1 矩阵联想存储器	254
5.4.2 模糊联想运算	256
5.4.3 赫布型 FAM	257
5.4.4 双向 FAM	259
5.4.5 多模式对 FAM	263
§ 5.5 稳定吸引子与编码	267
5.5.1 Hopfield 网络的稳定吸引子	267
5.5.2 神经网络用于组合编码	268
5.5.3 DHNN 与纠错码	271
5.5.4 DHNN 搜索非周期自相关序列	278

第六章 进化计算

§ 6.1 生物进化的启示	282
6.1.1 生物进化论的形成与发展	282
6.1.2 生物进化的基本特点	283

§ 6.2 进化计算的种类	284
6.2.1 遗传算法 GA	285
6.2.2 进化规划 EP	286
6.2.3 进化策略 ES	288
§ 6.3 遗传算法的原理和方法	290
6.3.1 随机优化方法	290
6.3.2 遗传算法的描述	293
6.3.3 遗传算法的基本操作	293
6.3.4 遗传算法中的概率分析	297
§ 6.4 遗传算法求解 TSP	300
6.4.1 参数设置	300
6.4.2 算法流程	303
6.4.3 算法的改进	304
6.4.4 计算实例	305
§ 6.5 遗传算法的其他应用	309
6.5.1 遗传算法与人工神经网络	309
6.5.2 配送中心选址解法	310
6.5.3 车站到发线运用	312
6.5.4 在数字电路测试中的应用	314
§ 6.6 进化计算的评价	317

第七章 混沌与分形

§ 7.1 混沌现象与混沌学	319
7.1.1 混沌学的诞生	319
7.1.2 脑神经系统中的混沌	321
§ 7.2 混沌神经元模型	323
7.2.1 虫口模型	324
7.2.2 李雅普洛夫指数与维数	329
§ 7.3 生命的节律	331
7.3.1 节律的多样性	331
7.3.2 稳 态	332
7.3.3 极 限 环	333
7.3.4 混沌与分岔	335
§ 7.4 分 形	336
7.4.1 从混沌到分形	337
7.4.2 Cantor 集	340

7.4.3 Koch 曲线	341
7.4.4 Mandelbrot 集	342
§ 7.5 混沌与分形的应用	344
7.5.1 混沌应用于保密通信	344
7.5.2 地球物理学中的分形方法	346
7.5.3 分形图像编码	349

第八章 模糊神经计算智能系统

§ 8.1 神经网络和模糊技术的融合	356
8.1.1 融合的趋势	356
8.1.2 模糊逻辑和神经网络的比较	357
8.1.3 FL 与 NN 的融合方法	359
§ 8.2 模糊神经网络	360
8.2.1 手写体数字识别用 FNN	360
8.2.2 聚类分析用 FNN	363
8.2.3 提取规则用 FNN	366
§ 8.3 模糊神经计算智能系统组成	373
8.3.1 智能信息处理的分类	373
8.3.2 计算智能系统的体系结构	375
§ 8.4 特征的选择提取与排序	377
8.4.1 事物特征的描述	377
8.4.2 特征的选择	379
8.4.3 离散 K—L 降维变换	380
8.4.4 主分量分析法	387
8.4.5 特征的排序	390
§ 8.5 学习样本	394
8.5.1 学习样本的作用	394
8.5.2 粗集理论	395
8.5.3 样本空间参数变换与分析	398
8.5.4 致密性遍历性相容性	400
§ 8.6 FNN 的体系结构	404
8.6.1 模糊神经元与可调神经元	404
8.6.2 几种模糊神经网络	408
8.6.3 注意力集中的实现方案	412
8.6.4 基于区组设计的对称均衡拓扑结构	413
§ 8.7 计算智能的满意输出原理和方法	416

8.7.1	生物智能活动的满意解原则	416
8.7.2	有关满意度的传统提法	418
8.7.3	静态满意度与动态满意度	422
8.7.4	满意度的运算法则	426
8.7.5	基于满意度的 TSP 解法	428
§ 8.8	计算智能在未来世纪中的发展	434
8.8.1	设计构造计算智能系统的基本原则	434
8.8.2	综合智能控制系统示例	435
8.8.3	几个待解决的关键问题	438
8.8.4	结 束 语	441
参考文献		442

第一章

智能科学发展概论

§ 1.1 智能的探索

科学技术经历 20 世纪的巨大发展,迈向了以信息技术为火车头的新时代和新千年。如果说机械化、电气化作为人手的延伸已显著地减轻了人类体力劳动强度的话,那么,信息化、智能化将作为人脑的扩展而大大地提高脑力劳动的效果。

翻开人类进化发展的数百万年历史,就可以发现,在漫长的岁月中,人们为了争生存求发展,战天斗地,对周围大自然环境进行着不懈的探索和改造。在锻炼出一双灵巧多能的手的同时,也造就成一个宇宙间结构最精细、机理最奥妙、功能最完善的大脑。

然而,很长时期以来,这个大能揣度宇宙结构、小能构思原子模型的无比聪明的大脑,却对自身机理奥妙茫然不知。智能是迄今尚未解决的三大起源难题(宇宙、生命、智能起源)之一。科学家 D. H. Hubel 1988 年曾经说道:“到火星去的问题要比弄懂神经如何解决问题容易些。”如今,“火星探路者”飞船不仅于 1997 年 7 月 4 日成功登陆火星,还由带轮子的火星车不断向地球发回清晰的照片。而人们对大脑高级智能活动的机理和运作方法,仍然处于一知半解的初期阶段。

由于智能科学的重要性以及探索智能的艰巨性,人工智能与空间工程、生物工程一道被并列为当代三大尖端科学工程。智能的机理、生命的诞生、宇宙的起源、物质的本质被称为有待解决的四大基本难题。

值得注意的是,在市场经济日益发展的今天,智能这个词常常被当作可以增值的形容词加在各类商品上,什么智能大厦、智能卡、智能洗衣机等等,似乎智能是一种业已在众多商品中实现了的流行技术。为此,有必要首先对智能的定义和内涵有所认识 and 了解。

§ 1.2 智能的涵义

智能 (Intelligence), 也常称为智力或智慧, 是指人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力, 它集中表现在反映客观事物深刻、正确、完全的程度, 以及应用知识解决实际问题的速度和质量上, 往往通过观察、记忆、判断、联想和创造等表现出来。按照新版的牛津现代高级英语词典^[10], 智能被定义为学习、理解和推理的能力 (The power of learning, understanding and reasoning)。

在这里有必要把常见的几个信息科学名词的确切涵义加以阐明:

- **数据 (Data)** 它是客观事物属性、数量、位置及其相互关系等的抽象表示;

- **信息 (Information)** 信息是数据所表示的含义, 单位是比特 (Bit);

- **知识 (Knowledge)** 知识是以多种方式把一个或多个信息关联在一起的信息结构。通常我们所说的消息 (Message), 可以理