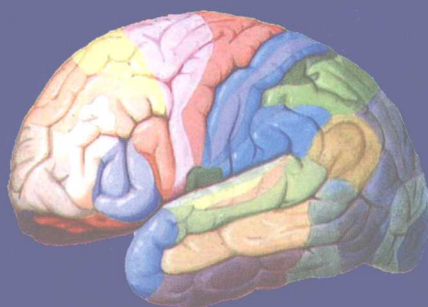




智能科学技术著作丛书

多中枢自协调拟人脑 研究及应用

韩力群 涂序彦 著



科学出版社

www.sciencep.com

智能科学技术著作丛书

多中枢自协调拟人脑 研究及应用

韩力群 涂序彦 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在国内外关于脑模型与智能机已有工作成果的基础上,在脑科学、神经科学等新进展、新成果的启发下,从生物控制论和大系统控制论的观点出发,应用大系统结构分析方法,对人脑的全局脑结构、整体脑功能进行体系结构分析,突出信息处理的智能特性,淡化信息处理的生理特性,从而提出模拟人脑结构和功能的“多中枢自协调拟人脑”的总体方案。提出用感知中枢、思维中枢和行为中枢实现拟人的感知智能、思维智能和行为智能,并给出三种中枢的建模、调控与实现方案。采用大系统协调控制方法实现人工左右脑自协调以及多中枢的自协调,并给出拟人脑思维中枢和人工胼胝体的左右脑协调方案与实现技术。同时在此基础上介绍了“多中枢自协调拟人脑”研究成果在卷烟烟叶分级、软件人情感控制模型、农业机械视觉导航等系统中的应用。

本书可供从事智能科学与技术、信息科学、控制科学与工程、计算机科学与技术、机器人学等研究领域研究者和工程技术人员参考,也可作为高等院校相关专业研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

多中枢自协调拟人脑研究及应用/韩力群,涂序彦著. —北京:科学出版社,2009

智能科学技术著作丛书

ISBN 978-7-03-024498-7

I. 多… II. ①韩…①涂… III. 人工智能—研究 IV. TP-18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 063940 号

责任编辑:童安齐/ 责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/ 封面设计:耕者设计工作室

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009 年 5 月第一次印刷 印张: 10 3/4

印数: 1—2 000 字数: 200 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《智能科学技术著作丛书》序

“智能”是“信息”的精彩结晶,“智能科学技术”是“信息科学技术”的辉煌篇章,“智能化”是“信息化”发展的新动向、新阶段。

“智能科学技术”(intelligence science&technology,IST)是关于“广义智能”的理论方法和应用技术的综合性科学技术领域,其研究对象包括:

- “自然智能”(natural intelligence,NI),包括:“人的智能”(human intelligence,HI)及其他“生物智能”(biological intelligence,BI)。
- “人工智能”(artificial intelligence,AI),包括:“机器智能”(machine intelligence,MI)与“智能机器”(intelligent machine,IM)。
- “集成智能”(integrated intelligence,II),即:“人的智能”与“机器智能”人机互补的集成智能。
- “协同智能”(cooperative intelligence,CI),指:“个体智能”相互协调共生的群体协同智能。
- “分布智能”(distributed intelligence,DI),如:广域信息网,分散大系统的分布式智能。

1956年,“人工智能”学科诞生,50年来,在起伏、曲折的科学征途上不断前进、发展,从狭义人工智能走向广义人工智能,从个体人工智能到群体人工智能,从集中式人工智能到分布式人工智能,在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。如果说,当年“人工智能”学科的诞生是生物科学技术与信息科学技术、系统科学技术的一次成功的结合,那么,可以认为,现在“智能科学技术”领域的兴起是在信息化、网络化时代又一次新的多学科交融。

1981年,“中国人工智能学会”(Chinese Association for Artificial Intelligence,CAAI)正式成立,25年来,从艰苦创业到成长壮大,从学习跟踪到自主研发,团结我国广大学者,在“人工智能”的研究开发及应用方面取得了显著的进展,促进了“智能科学技术”的发展。在华夏文化与东方哲学影响下,我国智能科学技术的研究、开发及应用,在学术思想与科学方法上,具有综合性、整体性、协调性的特色,在理论方法研究与应用技术开发方面,取得了具有创新性、开拓性的成果。“智能化”已成为当前新技术、新产品的发展方向和显著标志。

为了适时总结、交流、宣传我国学者在“智能科学技术”领域的研究开发及应用成果,中国人工智能学会与科学出版社合作编辑出版《智能科学技术著作丛书》。需要强调的是,这套丛书将优先出版那些有助于将科学技术转化为生产力以及对社会和国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信,有广大智能科学技术工作者的积极参与和大力支持,以及编委们的共同努力,《智能科学技术著作丛书》将为繁荣我国智能科学技术事业、增强自主创

新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

祝《智能科学技术著作丛书》出版,特赋贺诗一首:

智能科技领域广

人机集成智能强

群体智能协同好

智能创新更辉煌

涂序彦

中国人工智能学会荣誉理事长

2005年12月18日

序

据我对科学技术史的考察和理解：世上本没有科学，也没有技术；科学技术是在人类从“生物学意义进化”阶段向“文明进化”阶段转变的时期才开始发生和逐步发展起来的。“生物学意义进化”的特征是仅靠生物体自身各种器官功能的调整来增强它的能力，是一种“着眼体内”的进化。人类的直立行走和手脚分工，就是这种进化的典型例子。“文明进化”是“着眼体外”的进化，它的特征是利用外部世界的资源来增强自身的能力，这就是制造和使用工具。制造工具的原理就升华为科学，制造工具的经验 and 技巧就沉淀成为技术。所以，科学和技术之所以能够发生并不断得到发展，完全是为“增强人类能力”服务的。这就是为什么把它命名为科学技术的“辅人律”的缘故。

循此继进，可以进一步发现：科学技术发展的轨迹几乎总是按照“增强人类能力”这个需求展开的。农业时代的发展主线是增强人类体质功能的材料科学技术和相应的基础科学，工业时代的发展主线是增强人类体力功能的能量科学技术和相应的基础科学，信息时代的发展主线是增强人类智力功能的信息科学技术和相应的基础科学。这便是在“辅人律”基础上的科学技术“拟人律”。

既然科学技术的作用是“辅人”的，它的发展是“拟人”的，那么，科学技术和利用科学技术所制造的工具就必然与它们的主人——人类形成以人为主以机为辅的共生合作关系。这就是科学技术的“共生律”。

按照科学技术发展的“辅人律”、“拟人律”和“共生律”的启迪，处于 21 世纪信息时代的大背景下，现代科学技术研究的核心、前沿和制高点，就应当是“增强人的智力能力”。显然，脑的研究是核心中的核心，前沿中的前沿，制高点中的制高点。这是“脑”一类学术著作在整体上的重要性和意义。

脑，是迄今所处理的最为复杂的研究对象之一。因此，脑科学的研究可以有很多切入点，如认识脑、模拟脑、保护脑、开发脑、利用脑。认识是基础，模拟是手段，保护、开发和利用是目的；但是，通过模拟也有助于进一步认识脑，从而更好地达到保护、开发和利用的目的。因此，它们相互促进，相辅相成，共同形成一个和谐的研究体系。

《多中枢自协调拟人脑研究及应用》一书的主要理论基础是韩力群教授的博士学位论文。她在攻读博士学位期间，在导师涂序彦教授的指导下，对脑科学研究的文献进行了大量的调查研究，发现关于脑的局部结构的分析和模拟研究比较多，整体性的研究还比较薄弱。然而，对于人脑这种复杂系统来说，整体的认识和模拟是

最有意义的。有鉴于此,他们运用生物控制论和大系统控制论的学术思想对人脑的结构和功能进行了深入的分析,结果认识了人脑结构上的“多中枢”特点和人脑工作上的“自协调”机制。他们认为,人脑至少包含感知中枢、思维中枢和行为中枢;而这些中枢之间是协调工作的。上述便构成了韩力群教授博士学位论文和该书的基本思想。

该书详细阐述了大脑三个中枢的形态结构,根据现有的研究成果提出了模拟三个中枢的方法,在此基础上,又提出了三个中枢之间协同工作的思想和实现模拟的方案,形成了比较系统的“多中枢自协调拟人脑”的智能系统架构。把脑的结构和工作机制有机地联系起来,这是该书最为突出的学术特点。

笔者注意到,国内外有不少研究者认为,只要“人工脑”所包含的人工神经元数量达到或超过人脑生物神经元的数量,人工脑的智能水平就可以超过人脑的智能水平。笔者以为,这些研究者过分强调了“脑的物质结构”,没有或者很少注意“脑的工作机制”。相比之下,该书的作者们的学术观点显然更为合理,更为先进,更为科学。

正因为如此,笔者愿意向学术界推荐这部学术著作。

当然,由于人脑的高度复杂性,目前国内外关于脑的科学研究大体还处在初级阶段。即使现在已经有了功能核磁共振这样一些先进的研究工具,脑科学研究仍然不能回答“脑物质是怎样产生精神(思想)的”这样一个基本问题。但是鉴于脑科学研究的极端重要性,人们在这个领域所取得的任何真正的进步都是值得特别关注和欢迎的。本着这种认识,我向该书的作者们表示衷心的祝贺,并期待着该书作者和更多的研究者们不断有更加精彩的研究成果和相应的著作奉献社会,造福人类。

中国人工智能学会理事长
北京邮电大学教授



二零零九年初春于北京

前 言

“人脑奥秘、生命起源、基本粒子、宇宙空间”是人类认识世界、改造世界的四大迷人难题与科技高峰,吸引了古今中外众多学者们的关注和献身。

由于长期的生物进化、自然选择和优胜劣汰的结果,在地球上已知的生物群体中,“人为万物之灵”,而“灵”的核心是思维与智能。长期以来,脑科学家想方设法了解和揭示人脑的工作机理和思维的本质,人工智能科学家则顽强地探索如何构造出具有拟人智能的人工智能系统,以模拟、延伸和扩展人脑功能,完成类似于人脑的工作。因此,“识脑”和“拟脑”分别是脑科学和人工智能的基本目标。一方面,“识脑”是“拟脑”的基础,人工智能理论方法与实现技术的研究开发,可从脑科学的进展和成果获得启示;另一方面,“拟脑”也可“识脑”提供先进的技术模型与仿真平台。

多年来,我们在生物控制论、人工智能、大系统控制论、人工神经网络、人工情感、人工生命等领域从事科研和教学工作。在此基础上,我们于2002年在中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术研讨会上发表了题为“多中枢自协调人工脑研究”的首篇论文,其后,继续开展了较为系统深入的研究与开发工作。本书就是我们关于“拟脑”研究及应用工作的初步总结。

脑模型与智能机的原型都是人脑或其他生物脑,因此具有不同智能水平的智能机与基于各种脑信息处理机制的脑模型,均可视为不同类型的“人工脑”。国内外在人工智能、人工神经网络、模式识别、智能控制、生物控制论、大系统控制论、人工情感、人工生命等领域进行了大量研究开发,取得了一系列研究成果和应用效果,从而为“拟脑”工作的系统深入开展,积累了重要的科学技术基础与工程应用经验。但是,目前关于“人工脑”的已有工作还处于局部脑结构、简单脑功能的模拟与仿真,需要进一步研究全局脑结构、整体脑功能的模拟与仿真。

我们认为,“拟脑”是对生物脑,重点是人脑的结构和功能的模拟、延伸或扩展。“拟脑”的研究开发具有重要的科学意义和应用价值,不仅有助于推动人工智能、人工情感、人工生命、脑科学、神经科学等科学技术的新进展,促进生物科学与工程技术的边缘新学科的新发展,而且还可用于开发、设计和制造基于拟脑的、具有人工智能和人工情感的新技术、新系统和新产品。

因此,我们在国内外关于脑模型与智能机已有工作成果的基础上,在脑科学、神经科学等新进展、新成果的启发下,从生物控制论和大系统控制论的观点出发,应用大系统结构分析方法,对人脑的全局脑结构、整体脑功能进行体系结构分析,

突出信息处理的智能特性,淡化信息处理的生理特性,从而提出模拟人脑结构和功能的“多中枢自协调拟人脑”的总体方案。以感知中枢、思维中枢和行为中枢,实现拟人的感知智能、思维智能和行为智能;用大系统协调控制方法实现左右脑、多中枢的自协调。

本书共分为9章。第1章为绪论,主要介绍“拟脑”的研究背景、概念模型、系统类型,科学意义及应用价值;第2章重点阐述“拟脑”的生物原型——“人脑”的基本结构和功能、脑功能成像技术应用、“识脑”的主要研究成果总结;第3章介绍“多中枢自协调拟人脑”的总体方案、协调原理;第4章主要论述感知中枢的建模、调控、实现方案和相关算法;第5章介绍思维中枢的建模、调控、实现方案和相关算法;第6章详细阐述行为中枢的建模、调控、实现方案和相关算法;第7章介绍拟人脑思维中枢和人工胼胝体的左右脑协调方案与实现技术;第8章叙述“多中枢自协调拟人脑”研究成果的应用系统;第9章主要介绍“拟脑学”的研究目的、研究对象、研究方法、学科体系、科学意义及应用前景。

本书是我们关于“多中枢自协调拟人脑”研究开发工作的阶段总结,也是“拟脑学”新学科研究探索的初步构架。由于作者水平所限,书中难免有不妥之处,敬请各位专家学者批评指正,同时希望引起相关学科领域的广大年青朋友们的兴趣和关注,加入“拟脑”系统与“拟脑学”的研究行列。

涂序彦

2009年2月4日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	2
1.1.1 本书作者关于拟脑的研究工作基础	2
1.1.2 人工神经网络领域关于拟脑的研究	2
1.1.3 人工智能领域的“拟脑”研究	4
1.1.4 模式识别领域的拟脑研究	6
1.1.5 生物控制论的拟脑研究	8
1.1.6 大系统控制论的拟脑研究	9
1.1.7 人工情感领域的拟脑研究	10
1.1.8 人工生命领域的拟脑研究	12
1.1.9 软件人的拟脑研究	13
1.1.10 认知心理学领域的拟脑研究	14
1.2 拟脑的概念模型	15
1.3 拟脑的种类图谱	16
1.4 拟脑的科学意义与应用价值	17
1.4.1 拟脑的科学意义	17
1.4.2 拟脑的应用价值	17
1.5 小结	18
参考文献	18
第 2 章 脑原型与“识脑”研究	20
2.1 脑科学发展现状	20
2.1.1 脑科学发展概述	20
2.1.2 脑科学研究的科学问题	22
2.1.3 脑科学主要研究成果	23
2.1.4 脑科学对脑高级功能的研究	24
2.2 人脑的形态与功能	24
2.2.1 人体神经系统概述	24
2.2.2 中枢神经系统的形态与功能	26
2.3 基于脑功能成像方法的“识脑”研究	34
2.3.1 脑功能成像技术	35

2.3.2 脑功能成像研究	38
2.4 小结	44
参考文献	45
第3章 多中枢自协调拟脑研究的总体方案	46
3.1 拟脑智能系统构建方案	46
3.2 高级中枢神经系统体系结构	47
3.3 多中枢自协调拟脑智能系统研究内容	49
3.3.1 拟脑智能系统的智能中枢	49
3.3.2 拟脑智能系统的协调机制	50
3.4 多中枢自协调拟脑智能系统研究方案	51
3.4.1 智能信息处理中枢的建模方案	51
3.4.2 调控机制的建模方案	52
3.5 小结	54
参考文献	54
第4章 多中枢自协调拟人脑系统的感觉中枢	55
4.1 感觉系统机制与建模	55
4.2 视觉信息处理系统模型研究	56
4.2.1 计算机视觉研究现状	56
4.2.2 视觉系统模型研究	58
4.3 视觉信息处理系统技术实现研究	63
4.3.1 基于神经网络集成的视网膜模型与算法	63
4.3.2 基于神经网络集成的中继视觉信息处理模型与算法	69
4.4 小结	73
参考文献	73
第5章 多中枢自协调拟人脑系统的思维中枢	74
5.1 思维中枢的人脑原型研究	74
5.1.1 大脑皮层分区与功能定位	74
5.1.2 左右大脑的分工协作	75
5.2 思维中枢的建模方案	76
5.2.1 拟右脑系统建模方案	77
5.2.2 拟左脑系统建模方案	78
5.2.3 人工胼胝体的建模方案	79
5.3 拟右脑模型及算法	79
5.3.1 皮层信息处理的主要特点	79
5.3.2 模式识别网络模型及算法	80

5.3.3 联想记忆网络模型与算法·····	84
5.4 拟左脑模型及技术实现·····	87
5.4.1 知识表示模型·····	87
5.4.2 模糊推理机·····	88
5.5 小结·····	91
参考文献·····	91
第6章 多中枢自协调拟人脑系统的行为中枢 ·····	93
6.1 运动神经系统的调控功能·····	93
6.2 行为中枢的模型研究·····	95
6.3 行为中枢的实现技术·····	96
6.3.1 基于神经网络的小脑模型·····	96
6.3.2 基于嵌入式系统的脑干模型·····	101
6.4 小结·····	102
参考文献·····	102
第7章 多中枢自协调拟人脑系统的自协调机制研究 ·····	103
7.1 人脑神经系统协调机制的特点·····	103
7.2 大系统控制论的协调策略·····	104
7.2.1 多变量协调控制·····	104
7.2.2 大系统协调控制·····	105
7.3 拟人脑智能系统的多中枢自协调·····	106
7.3.1 多中枢递阶协调·····	106
7.3.2 多中枢分散协调·····	106
7.4 拟人脑智能系统的左右脑自协调·····	107
7.4.1 人工胼胝体的综合信息库及其智能管理系统·····	107
7.4.2 人工胼胝体的左右脑信息推拉交换技术·····	109
7.4.3 人工胼胝体的多模式数据接口技术·····	110
7.4.4 人工胼胝体的左右脑协调实现技术·····	111
7.5 小结·····	115
参考文献·····	115
第8章 多中枢自协调拟人脑系统的应用研究 ·····	116
8.1 MCSCAB在烤烟烟叶智能分级系统设计中的应用·····	116
8.1.1 烤烟烟叶计算机分级研究概况·····	117
8.1.2 基于MCSCAB的烟叶分级系统总体方案设计·····	119
8.1.3 基于感觉中枢的烤烟烟叶外观质量检测系统设计·····	121
8.1.4 基于思维中枢的烤烟烟叶分组分级系统设计·····	127

8.1.5 基于行为中枢的烤烟烟叶图像自动采集系统设计	128
8.1.6 与同类系统的对比分析	128
8.2 MCSCAB 在软件人建模中的应用	137
8.2.1 软件人的情感控制	137
8.2.2 基于 MCSCAB 的软件人情感控制模型	139
8.3 MCSCAB 在农业机械视觉导航系统研究中的应用	141
8.3.1 基于 MCSCAB 的农业机械视觉自主导航系统研究内容	141
8.3.2 基于 MCSCAB 的农业机械视觉自主导航系统研究方案	142
8.4 小结	144
参考文献	145
第 9 章 研究展望:拟脑学	146
9.1 拟脑学的科学目标	146
9.2 拟脑学的研究对象	147
9.3 拟脑学的研究内容	148
9.4 拟脑学的学科分支	149
9.5 拟脑学的研究方法	150
9.6 拟脑学的实现技术	151
9.7 拟脑学的科学意义	152
9.8 拟脑学的应用前景	153
9.9 小结	154
参考文献	155
后记	156

第 1 章 绪 论

“人脑奥秘、生命起源、基本粒子、宇宙空间”是人类认识世界、改造世界的四大迷人难题与科技高峰,吸引了古今中外众多学者们的关注和献身。人脑是人的智能的物质基础,是人的生命活动的信息中心与控制中心,因此人脑也是人工智能研究和模拟的中心。

人类具有高度发达的大脑,大脑是思维活动的物质基础,而思维是人的智能的集中体现。长期以来,脑科学家不断认识和揭示人脑的运行机制和思维活动的机理;人工智能科学家则努力探索建造具有拟人智能的人工系统,以模拟、延伸和扩展脑功能,完成类似于人脑的工作。因此,“识脑”和“拟脑”分别是脑科学和智能科学的基本目标。一方面,“识脑”是“拟脑”的基础,人工智能科学技术的创新要借助于脑科学的进展与深化;另一方面,“拟脑”是“识脑”的工具,拟脑模型可为“识脑”提供先进的仿真研究平台。

我们在生物控制论^[1]、人工智能^[2]、大系统控制论^[3]、人工神经网络^[4]、人工情感^[5]等相关领域的科研、教学工作基础上,于 2002 年在中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术研讨会上发表了题为“多中枢自协调人工脑研究”的首篇论文^[6]。本书是我们关于“拟脑”研究及应用工作的阶段总结。

关于“拟脑”的研究与开发,可分为两种途径:其一,脑科学、神经科学、人工神经网络、脑模型的仿生学途径,基于脑科学、神经科学的生物原型,从仿生学观点模仿生物脑,着重于模仿脑的结构与机制,采用电子、光学、机械工程技术方法,建立“仿脑”模型,例如元胞自动机、MP 模型、感知机、认知机、联想机、BP 网络、Hopfield 网络、连接机(connection machine)、人工猫脑等。其二,人工智能、计算机科学、启发程序、专家系统、知识工程、智能机的拟人学途径,基于“物理符号系统”的理念,认为人脑与计算机都是物理符号系统,因而可用计算机模拟人脑的功能和行为,研究开发拟人的智能机及各种智能信息处理系统,例如逻辑理论家 LT、通用解题器 GPS、LISP 机、数据库机 DBM、知识信息处理机 KIPS、IBM 深蓝、智能计算机等。

我们认为,上述两种途径各有侧重、各有长短,应当相互结合、取长补短。因此,我们采取脑模型与智能机结合、结构模拟与功能模拟并重、由仿生学向拟人学发展的第三种途径,研究开发“多中枢、自协调的拟人脑”。

本章论述“拟脑系统”的研究背景,“拟脑”的概念模型与涵义,“拟脑系统”的概念与类型,以及“拟脑”的科学意义及应用前景。

1.1 研究背景

脑模型与智能机的生物原型都是人脑或其他动物脑,因此,具有不同智能水平的、模拟生物脑的结构与功能的各种脑模型和智能机,均可视为不同程度的“拟脑”。20世纪40年代以来,人们已在人工神经网络、人工智能、模式识别、智能控制、生物控制论、大系统控制论、人工情感、人工生命等众多领域进行了大量的关于“拟脑”的前期探索,并取得了一系列进展和成果。上述领域的研究开发成果,为“拟脑”的进一步深入研究积累了重要的科学技术基础与工程应用经验。

1.1.1 本书作者关于拟脑的研究工作基础

我们在拟脑方面的相关研究工作基础如下:

1) 在《生物控制论》一书^[1]中,研讨了“神经系统控制论”及人体生理调节与控制系统。

2) 在《人工智能及其应用》一书^[2]中,研讨了“脑模型”与“智能机”。

3) 在《大系统控制论》一书^[3]中,研讨了人体大系统的“多级控制与协调控制”机理。

4) 在《人工神经网络理论、设计及应用》一书^[4]中,研讨了人工神经细胞、人工神经网络、人工神经系统。

5) 在论文“多中枢自协调人工脑研究”^[6]中,提出了“多中枢自协调拟人脑”的概念模型、体系结构、协调机制、信息模式,研讨了设计方法、实现技术、科学意义及应用前景。

6) 在博士学位论文“多中枢自协调拟人脑智能系统”^[7]中,进一步系统地、深入地研究了“多中枢自协调拟人脑”的设计方法和实现技术,开发了应用系统。

1.1.2 人工神经网络领域关于拟脑的研究

人工神经网络从信息处理的角度对生物脑神经网络进行抽象,用数学和物理方法建立某种“拟脑”模型。人工神经网络远不是人脑神经网络的真实写照,而只是对它的简化、抽象与模拟。但这种简化的“拟脑”模型能反映人脑神经网络的基本特性,它们在模式识别、系统辨识、信号处理、自动控制、组合优化、预测预估、故障诊断、医学与经济学等领域,成功地解决了传统方法难以解决的实际问题,特别是在直觉和形象思维信息处理方面,取得了良好的效果,具有拟人智能特性和广阔的应用前景。

(1) 人工神经网络:基于神经细胞连接机理的拟脑模型^[4,8]

神经细胞是构筑神经系统和人脑的基本单元,具有结构和功能的自组织、自协

调特性,通过可塑的突触耦合,实现神经细胞之间的连接和通信,组成有机的、复杂的神经网络和人脑。人工神经网络是由人工神经细胞的相互连接所组成的、模拟生物神经网络结构的、具有拟人学习、联想、记忆和识别等智能信息处理功能的、基于神经细胞连接机理的拟脑模型。

1943年,W. Mcculloch 和 W. Pitts 在分析、总结生物神经细胞基本性能的基础上,首先提出的人工神经细胞模型,被称为 MP 模型。20 世纪 50 年代末,F. Rosenblatt 研究制作了“感知机”(perceptron),它是一种基于人工神经网络的脑模型,首次使人工神经网络从理论研究走向工程实践。当时,国际上许多实验室仿效制作感知机,分别用于文字识别、声音识别、声呐信号识别及学习记忆方面。但是,由于简单感知机在理论上的局限性以及当时电子技术条件的限制,60 年代落下低谷。60 年代初,B. Widrow 提出了自适应线性元件网络。70 年代,日本学者研制了“认知机”(cognitron)、“联想机”(associatron)。80 年代初期,美国物理学家 J. J. Hopfield 提出了全互联的 Hopfield 神经网络,给出了“旅行商”难题的最优结果。反向传播多层感知机 BP 神经网络的研究开发,突破了简单感知机在理论上的局限性,引起了巨大的反响。人们重新认识到人工神经网络的潜力和应用价值,形成了 90 年代人工神经网络的研究开发及应用的新高潮。

(2) 元胞自动机——基于神经细胞自进化自组织机制的拟脑模型^[9,13]

1956 年,Von Neumann 在算法理论和信息理论综合研究的基础上,提出了元胞自动机(cellular automaton,简称 CA)。其后,S. Wolfram 对 CA 的基本性质作了更系统的阐述和进一步的拓展,可用于模拟自然生物系统与生命活动过程的自进化、自组织现象,如用数学生命对遗传、变异、进化、生长过程和现象进行计算机仿真;用不同的自进化规则、自组织方法,可构建各种不同的拟脑模型。

20 世纪 80 年代末、90 年代初,美国麻省理工学院研制了基于元胞自动机 CA 的多处理器计算机 CAM8,为用自进化、自组织方法组建基于元胞自动机 CA 的拟脑模型,提供了实现方法与技术。日本京都现代通信研究所的“元胞自动机-仿脑计划”(CAM-brain machine project),研究开发了机器猫的拟脑系统,包含约 3770 万个用电子器件实现的“人工神经细胞”。通过模拟自然脑的生物演化过程可提高机器猫人工脑的学习能力,以达到执行特定任务的目的,其智商可与小猫媲美。

(3) 神经计算机——基于神经科学与计算机技术的拟脑模型^[14]

关于人工神经网络模型和算法的理论分析和硬件实现技术的大量研究开发工作,为“神经计算机”(neural computer)走向应用,提供了科学技术和物质基础。人们期望神经计算机重建电脑的形象,极大地提高海量信息处理速度和能力。此外,还望其在更多方面取代传统计算机。

许多专家认为,第六代电子计算机是模仿人脑判断能力和适应能力,并具有可并行处理多种数据功能的“神经计算机”。与基于知识信息处理的第五代计算机不

同,神经计算机的信息不是存在存储器中,而是存储在神经细胞之间的联络网中。若有节点断裂,其仍有重建资料的能力。此外,它还具有联想记忆,视觉和声音识别能力,神经计算机可以识别对象的性质与状态,并能采取相应的行动,而且可同时并行处理实时变化的海量数据,迅速得出结论。传统的信息处理系统只能处理条理清晰、界限分明的数据,而人脑却具有能处理支离破碎、含糊不清信息的灵活性,人们曾期待“第六代电子计算机”具有类似人脑的智慧和灵活性。

据报道,1990年,日本理光公司宣布:研制出一种具有学习功能的大规模集成电路“神经LST”。这是模仿一种人脑的神经细胞的芯片,每块芯片上载有一个神经元,把所有芯片连接起来构成神经网络,利用生物的神经信息传送方式,其信息处理速度为每秒90亿次。日本富士通研究所开发的神经计算机,每秒更新数据速度近千亿次。日本电气公司推出一种神经网络声音识别系统,能够识别出不同人的声音,正确率达99.8%。美国有报道称,研究出一种由左脑和右脑两个神经块连接而成的神经计算机,右脑为经验功能部分,有1万多个神经元,适用于图像识别;左脑为识别功能部分,含有100万个神经元,适用于存储单词和语法规则。纽约、迈阿密和伦敦的飞机场已经用神经电脑来检查爆炸物,每小时可查600~700件行李,检出率为95%,误差率为2%。神经计算机将会广泛应用于各领域,例如,识别文字、符号、图形、语言以及声呐和雷达收到的信号,判读支票,对市场进行估计,分析新产品,进行医学诊断,控制智能机器人,实现汽车和飞行器的自动驾驶,发现和识别军事目标,进行智能决策和智能指挥等^[14]。

1.1.3 人工智能领域的“拟脑”研究

人的智能伴随着人类活动,时时处处普遍存在。如果一个人造系统能够实现需要人的智能才能完成的某种任务,那么,就可以认为它具有某种“人工智能”。人工智能学科的主要目标是研制出具有拟人智能的机器智能系统与拟人的智能机器。

人工智能科学技术领域有三大学派,从不同的观点、用不同的方法进行拟脑研究:符号主义学派(symbolism)对人脑进行功能模拟;连接主义学派(connectionism)对人脑进行结构模拟;行为主义学派(behaviorism)对人脑进行行为模拟。以上三个人工智能学派在拟脑方面各有所长并各有所获:符号主义学派发展了启发式算法、专家系统、知识工程方法与技术,在模拟人脑的逻辑思维智能方面取得了进展;连接主义学派研制了人工神经细胞、人工神经网络模型、脑模型,在模拟人脑的形象思维智能方面开辟了新的途径;行为主义学派在模拟人或动物的基于“感知-动作”模式的智能控制和智能机器人系统的研制方面取得一定进展。

人工智能领域拟脑研究的典型成果如下。

(1) 机器博弈

1956年,A. Samuel 研制了具有自学习功能的跳棋程序,可模拟优秀棋手,记