

自适应多尺度 网络理论与应用

焦李成 杨淑媛 著



科学出版社
www.sciencep.com

自适应多尺度 网络理论与应用

王学斌 编著

清华大学出版社

自适应多尺度网络理论与应用

焦李成 杨淑媛 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从认知神经科学出发,首先阐述了神经计算的范畴、基本原理、历史、发展与前景,论述了一些经典的、目前仍在神经科学研究领域中得到广泛应用的研究技术,以及一些当前正在兴起的、已处于应用阶段或正待完善的新的模型与方法;进而将后子波分析(或第三代子波分析)与神经计算相结合,提出了自适应多尺度几何网络的概念,详细分析和建立了多种自适应多尺度几何网络模型和自适应学习算法,并且讨论了它们在模式识别、函数逼近、图像识别与数据分类等中的应用。

本书适合信息与通信系统、电子科学与技术、计算机科学与工程、控制科学与工程、智能科学与技术等领域的人员阅读,也可作为相关专业研究生或高年级本科生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

自适应多尺度网络理论与应用/焦李成,杨淑媛著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-021693-9

I. 自… II. ①焦…②杨… III. 人工神经元网络-计算-研究 IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 055269 号

责任编辑:吴凡洁 / 责任校对:钟 洋
责任印制:刘士平 / 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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年5月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008年5月第一次印刷 印张:11 3/4

印数:1—3 000

字数:224 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

前 言

21 世纪是信息社会的生物学时代。从信息科学的角度,用计算的方法研究如何模仿和延伸人脑的思维、意识、推理、记忆等高级精神活动的机理及实现类脑智能信息处理系统的问题,是神经计算科学面临的挑战。神经计算是统计模式识别领域的一个重要分支。近年来神经计算领域的研究已转向信息处理,它们和生物智能方面的联系在慢慢减弱,而与概率统计、信息理论、函数空间理论、调和分析以及计算机视觉等方面的联系日趋紧密。典型的有基于统计推理的 Bayes 网络、基于统计正则理论的 RBF 神经网络、基于量子计算的量子神经网络、基于多尺度分析的子波网络以及基于泛函理论的泛函神经网络等。

考虑高维信息的空间方向性,旨在建立其稀疏有效表示的后子波分析(或第三代子波分析),其在近年来得到快速的发展。不同于子波分析在具有特定尺度-位置的固定空间区域附近提供了局域化的尺度-位置表示,后子波分析具有局域化的尺度-位置-方向的表示方式。它给高维信号处理与图像处理带来了许多实用的新工具,如 Ridgelet、Curvelet、Contourlet、Bandelet、Brushlet、Beamlet、Wedgelet、Framelet、Directionlet 等,这些创新性的思想已经在信号与图像去噪、压缩、分割和融合等任务中得到成功的验证。

本书从认知神经科学出发,首先阐述了神经计算的范畴、基本原理、历史、发展与前景,论述了一些经典的、目前仍在神经科学研究领域中得到广泛应用的研究技术,以及一些当前正在兴起的、已处于应用阶段或正待完善的新的模型与方法;进而将后子波分析(或第三代子波分析)与神经计算相结合,提出了自适应多尺度几何网络的概念,详细分析和建立了多种自适应多尺度几何网络模型和自适应学习算法,并且讨论了它们在模式识别、函数逼近、图像识别与数据分类等方面的应用。

本书共分 10 章。第 1 章介绍了在认知神经科学发展背景中的神经计算技术。第 2 章在统计学习的观点下,分析了经典的 Bayes 决策、单层和多层前向神经网络和学习规则,而后讨论了目前在各领域应用广泛的支撑矢量机网络。第 3 章介绍了神经计算领域最近的一些进展。从第 4 章开始,集中讨论了当前正在兴起的、将神经计算和后子波分析-多尺度几何分析相结合的多种自适应多尺度几何网络模型及其自适应学习算法。其中包括第 5 章的自适应连续脊波网络、第 6 章的离散脊波网络、第 7 章的线性脊波网络、第 8 章的脊波核函数网络、第 9 章的曲线波网络和第 10 章的轮廓波包网络。本书重点部分为第 4~10 章。

本书是西安电子科技大学智能信息处理研究所多尺度几何分析与图像处理课题组和机器学习课题组多年来研究成果的总结。二十多年来,作者及其研究团队在智能信息处理方向承担和完成了数十项国家有关科研任务,获省部级以上科技进步奖多项,出版专著和发表学术论文近百篇。

本书可供信息与通信系统、电子科学与技术、计算机科学与工程、控制科学与工程、智能科学与技术等领域的研究人员参考,也可作为相关专业研究生或高年级本科生的参考用书。

本书所参考的文献已在每章后列出,在此向这些文献的作者表示感谢。限于作者水平,书中难免存在不妥之处,殷切期望读者批评指正。

本书的写作得到了“十五”国防预研项目“先进信号处理及数据处理技术”、国家自然科学基金重点项目“进化计算理论、算法及应用”、教育部重点科研项目“自适应子波 SVM 识别理论”、国家自然科学基金项目“自适应 Bandelet 变换及其在 SAR 图像压缩中的应用”、973 计划子项目“基于多尺度几何分析的 SAR 图像理解与感知”及陕西省自然科学基金项目“自适应 Contourlet 包与在 SAR 图像中的应用”等多个项目的支持。

作 者

2008 年 3 月于西安

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 认知神经科学	3
1.2 神经计算	9
1.2.1 神经计算的研究范畴	12
1.2.2 神经计算的历史与发展	12
1.2.3 神经计算的几个重要研究领域	16
1.3 本书的主要内容	17
参考文献	17
第 2 章 统计学习:神经网络模型	19
2.1 Bayes 理论	19
2.2 单层前馈网络和学习规则	22
2.2.1 感知器训练规则	24
2.2.2 线性单元的梯度下降规则	25
2.2.3 随机梯度下降法	26
2.2.4 线性规划方法	27
2.3 多层网络和反向传播学习规则	27
2.3.1 反向传播算法	28
2.3.2 反向传播算法性能分析	29
2.3.3 改进的反向传播算法	30
2.4 SRM 和 SVM 网络	30
2.4.1 线性支撑矢量机网络	31
2.4.2 非线性支撑矢量机网络	32
参考文献	34
第 3 章 神经计算进展	36
3.1 Bayes 神经网络	36
3.1.1 Bayes 网络	36

3.1.2 Bayes 网络推断	39
3.1.3 Bayes 网络学习	40
3.2 正则学习和 RBF 神经网络	40
3.2.1 具有径向基稳定子的正则网络	44
3.2.2 具有张量稳定子的正则网络	44
3.2.3 具有加性稳定子的正则网络	45
3.2.4 正则网络的 Bayes 解释	46
3.2.5 径向基神经网络	47
3.3 多尺度分析和子波神经网络	48
3.3.1 子波理论	49
3.3.2 多变量函数估计子波网络	50
3.3.3 正交多分辨子波网络	51
3.3.4 多子波神经网络	52
3.4 量子神经网络	53
3.4.1 基于量子双缝干涉实验的计算模型	54
3.4.2 具有量子力学特性的人工神经元模型	55
3.4.3 量子联想记忆模型	56
3.4.4 基于多宇宙观点的计算模型	57
参考文献	59
第 4 章 多尺度几何分析与网络	63
4.1 多尺度分析	63
4.2 多尺度几何分析系统中的方向基	66
4.3 脊波	68
4.4 曲线波	71
4.5 轮廓波	73
4.6 Bandelet	76
4.7 Beamlet	79
4.8 Brushlet	81
4.9 Wedgelet	83
4.10 多尺度几何网络	84
参考文献	86

第 5 章 自适应脊波网络	92
5.1 引言	92
5.2 自适应连续脊波网络	93
5.2.1 网络模型和算法	94
5.2.2 网络收敛性能分析	98
5.2.3 实验和结果分析	101
5.3 广义正则脊波网络	105
5.3.1 网络模型和学习算法	106
5.3.2 实验结果分析	108
参考文献	113
第 6 章 方向多分辨脊波网络	117
6.1 引言	117
6.2 脊波框架	118
6.3 方向多分辨脊波网络	119
6.3.1 网络模型	119
6.3.2 网络隐层节点数目的确定	120
6.3.3 网络训练算法	121
6.4 方向多分辨脊波网络的性质	123
6.5 实验和结果分析	125
参考文献	129
第 7 章 线性脊波网络	130
7.1 核光滑方法	130
7.2 线性脊波模型	133
7.2.1 线性脊波网络	133
7.2.2 学习算法	135
7.3 实验和结果分析	136
参考文献	138
第 8 章 脊波核函数网络	140
8.1 引言	140
8.2 脊波核函数网络	141
8.3 脊波核函数网络的学习算法	142

8.3.1 最小化平方误差算法的正则化核形式	142
8.3.2 基于遗传算法的方向向量优化	143
8.4 实验和结果分析	144
参考文献	149
第9章 曲线波网络模型	151
9.1 引言	151
9.2 图像处理中的曲线波变换	152
9.3 曲线波框架的性质	156
9.4 曲线波网络	157
9.5 实验和结果分析	159
参考文献	162
第10章 轮廓波网络模型	164
10.1 轮廓波网络模型	164
10.2 基于子波包分解的轮廓波包	166
10.3 最优轮廓波包	168
10.4 基于量子遗传算法的最优轮廓波包的构造	170
10.4.1 量子遗传算法	170
10.4.2 量子遗传算法优化轮廓波包	173
10.5 最优轮廓波包网络	174
10.6 实验和结果分析	175
参考文献	177

第1章 绪 论

发源于20世纪70年代的两大领域——认知科学和神经科学,在80年代逐渐合二为一,在90年代形成了新兴的认知神经科学。它以人类意识和智能的脑机制为基本命题,不仅是医学和心理学发展的重大理论基础,也成为生物脑和人工脑(电脑)研究的结合点。专家认为,21世纪人类将在脑科学和认知神经科学研究的几个重大问题上取得突破性进展。

探索生命的本质和智力的起源是科学事业面临的挑战。人脑是具有感知、识别、学习、联想、记忆和推理等功能的最有效的生物智能系统。从远古以来,大脑的秘密就一直吸引着众多哲学家和科学家们探索的目光,研究人脑的这些功能并以机器(计算机)来实现一直是科学发展中极具意义和极具挑战性的问题。在20世纪末,欧美掀起了一股认知与神经科学研究的热潮,发源于70年代的两大领域,认知科学和神经科学取得了较大的进展。一方面,认知科学的核心学科分支——认知心理学、心理语言学、人工智能和人工神经网络的研究,都在各自的研究领域内发现许多难题,需要在人脑认知活动机制中寻求答案。换言之,人类社会对智能信息系统越来越高的需求和遇到的技术难题之间的尖锐矛盾,使得认知科学迫切希望有一个学科在未来继承自己的事业。另一方面,神经科学在过去的二三十年中取得了巨大的进展,例如生物医学成像技术的运用、分子神经生物学和细胞神经科学的发展等,它们为人脑认知障碍和动物认知行为提供脑内机制的许多科学数据,这些都要求神经科学发展一个径直研究认知活动脑机制的新的学科。因此在90年代,一门新的研究人类感知和思维信息处理过程的学科——认知神经科学(cognitive neuroscience),在此背景下应运而生。

认知神经科学又称思维科学,是由心理科学、信息科学、神经科学、科学语言学等多门基础科学交叉而成的一门高度跨学科的新兴科学^[1]。其目标是分析人类大脑皮层的结构,揭示人脑认知过程的机制,用计算机程序实现这一机制并加以验证,进而研究基于认知过程的信息处理,以及基于人类感知与认知机理的智能化信息处理的过程^[2]。世界各地的科学家们正在试图利用认知科学和神经科学的新方法、新技术揭开人类认知活动的脑机制,弄清人类大脑如何调用其各层次上的组件,包括分子、细胞、脑组织区和全脑去实现自己的认知活动。尽管该学科的研究才刚刚起步,但已经显示出十分诱人的前景。

认知神经科学的研究最早开始于欧美,1992~1995年美国M-P基金会连续资助数十个认知神经科学研究项目,欧洲一些主要国家也加强了相应研究项目的资助力度。德国虽然起步较晚,但后起直追,在1997~1999年间建立了最先进的认知神经科学实验基地。目前,许多大学和科研机构的实验室和研究中心都有认知神经科学的研究方向,例如,美国麻省理工学院(MIT)、波士顿大学、加利福尼亚大学等都设有认知科学系或研究中心,他们在世界上最早进行该领域的研究。20世纪80年代,自适应理论研究中心就坚持以3/4原则吸收研究人员和研究生,即在数学、计算机、生理学和心理学四类科学中有三门较好的基础,才能进入该组中的研究工作。另外,美国圣地亚哥Salk研究所、洛杉矶附近的巴沙迪那加州技术大学等都有较好的神经生物学背景,他们主编了*Neural Computation*杂志,提倡以神经生物学实验为基础的神经计算研究。英国伦敦的神经病学研究所下属的Wellcome认知神经科学研究中心专门从事脑功能成像方面的研究,它不仅拥有先进的仪器,在有些研究项目上也走在世界前列,每年在*Science*和*Nature*上发表十余篇文章,在SCI杂志上已发表百余篇文章。此外,还有加利福尼亚大学的神经科学中心,斯坦福大学的语言和信息研究中心,得克萨斯大学的认知和神经科学计划,马塞诸塞州科技学院的脑认知科学中心,Trinity大学的神经科学系,德国Tübingen大学马普生物控制论研究所,英国牛津大学实验心理学系,德国GmbH研究院生物科学部,华盛顿大学的哲学—神经科学—心理学联合计划等。研究人员由研究心理学、神经生理学、语言学、计算机科学、社会学等来自不同领域的人组成。

1995年,美国Gazzaniga教授组织了世界上一百多位学者出版了专著*Cognitive Neuroscience*(《认知神经科学》)^[3],1998年又出版了同名教科书^[4]。英国科学家Rugg 1997年也出版了理论水平较高的*Cognitive Neuroscience*(《认知神经科学》)专著^[2]。这些著作是认知神经科学领域发展成就的重要标志。我国较早就成立了认知科学中心(陈霖),北京大学也有个信息中心(Machine Perception),联合了一些无线电系、计算机系、数学系和心理系的研究人员。内地的主要研究机构有清华大学、北京大学、中国科学院自动化研究所、南京大学、上海交通大学、西南交通大学等。台湾的阳明大学也较早成立了神经科学研究所,为神经科学研究培育人才,奠定研究基础。近年来,已建立研究脑构造及功能必要的工具以进行基因体、神经影像、脑信息科学与认知科学等方面的研究。2005年科技部新批准成立两个认知神经科学领域的国家重点实验室,一个是北京大学的脑与认知科学国家重点实验室,另一个是北京师范大学的认知神经科学与学习国家重点实验室。随着信息化发展的速度增加,国内的学科之间的沟通逐渐增多。2006年5月,认知神经科学和脑成像国际研讨会在北京举行。会议由科技部、中国科学院和卫生部共建的国家大型科学仪器中心——北京磁共振脑成像中心和中国科学院研究生

院、中国科学院生物物理研究所和认知科学重点实验室承办。一批来自美、英、德、日等国的国际著名脑成像研究中心的主任和学术带头人出席了会议,来自高校、研究机构的共 500 余人参加了会议。2006 年 7 月,北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室第一次公众开放日活动,吸引了清华大学、北京大学、北京邮电大学、中国科学院等高校和科研机构众多人员参与。2006 年 10 月,由北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室、美国麻省理工大学 McGovern 脑研究所和脑与认知科学系联合主办的第一届认知神经科学国际学术大会在北京举行。此次会议让世界了解了认知神经科学在中国的蓬勃发展,为中国学者与世界级的认知神经科学家创造了直接对话与交流的机会。40 多位在感知(perception)、语言与大脑(language and the brain)、注意与记忆(attention and memory)、社会行为与社会认知神经科学(social behavior and social cognitive neuroscience)、认知损伤(cognitive impairment)和神经影像与建模(neural imaging and modeling)等领域的国内外知名专家,其中包括近 20 位中外院士在会议上作了大会报告。这次会议不仅推动了中国认知神经科学事业的发展,拓展与国际科研合作领域,而且扩大了中国认知神经科学在国际上的知名度。

1.1 认知神经科学

人类发展至今,上至太空天体、下至地壳洋底、古至宇宙初创、近至最新科技都进行了几乎是透彻的探索和研究。而当我们反躬自省时,人类似乎还对自身充满疑惑和神秘的大脑不甚明了。虽然只有大约 1.4kg,但却由 140 亿个神经细胞组成的人脑是人体中最复杂的部分,也是宇宙中已知的最为复杂的组织结构。脑是人体的神经中枢,人体的一切生理活动,如脏器的活动、肢体的运动、感觉的产生、肌体的协调以及说话、识字、思维等,都是由脑支配和指挥的。脑的复杂性,还在于神经细胞在形状和功能上的多样性,以及神经细胞结构和分子组成上的千差万别。人脑结构的剖面图如图 1.1 所示。

人的神经系统可以分为中枢神经系统和周围神经系统。中枢神经系统包括脑和脊髓,周围神经系统包括脑神经、脊神经和植物型神经。组成中枢神经系统的脊髓接受来自身体的感觉信息,并且把指令传输到肌肉。脑的形态和功能均较脊髓复杂,由延髓(medulla)、脑桥(pons)、中脑(midbrain)、间脑(interbrain)、大脑(cerebrum)和小脑(cerebellum)六部分组成。通常将前三部分合称为脑干(brain-stem)。延髓居于脑的最下部,与脊髓相连,其主要功能为控制呼吸、心跳、消化等。脑桥位于中脑与延髓之间。脑桥的白质神经纤维,通到小脑皮质,可将神经冲动自小脑一半球传至另一半球,使之发挥协调身体两侧肌肉活动的功能。中脑位于脑桥之上,恰好是整个脑的中点。中脑是视觉与听觉的反射中枢,凡是瞳孔、眼球、肌

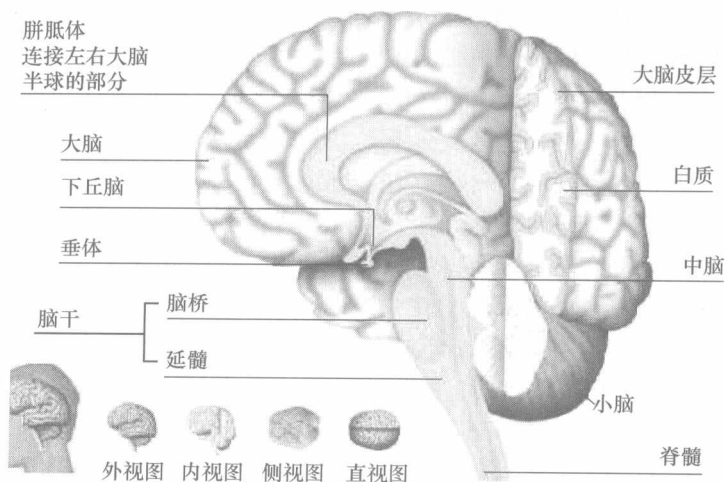


图 1.1 人脑结构的剖面图

肉等活动,均受中脑的控制。此外脑干的中央还有许多错综复杂的神经元集合而成的网状系统(reticular system),它的主要功能是控制觉醒、注意、睡眠等不同层次的意识状态。

脑干上承大脑半球,下连脊髓,呈不规则的柱状形。经由脊髓传至脑的神经冲动,呈交叉方式进入:来自脊髓右边的冲动,先传至脑干的左边,然后再送入大脑;来自脊髓左边者,先送入脑干的右边,再传到大脑。脑干的功能主要是维持个体生命,包括心跳、呼吸、消化、体温、睡眠等重要生理功能,均与脑干的功能有关。间脑被称为在脑的中间,包括丘脑(thalamencephalon)和下丘脑,有时也将间脑列入脑干中。脑干的灰质不是连续的纵柱,而是分离成团块或短柱,称为神经核。脑干的白质主要由纵行的纤维束构成。此外,在脑干内还有网状结构,这种网状结构在脑干中占很大比例,它由灰质和白质相混杂而成。

大脑由左右大脑半球(cerebral hemisphere)构成,其表面覆盖着面积很大的灰质,称为大脑皮质(cerebral cortex)(通常简称为皮质)。人的大脑半球高度发展,它笼盖了间脑、中脑和小脑的上面。左右半球间有大脑纵裂(longitudinal fissure),裂底有连接两半球的横行纤维,称为胼胝体(corpus callosum),使两半球的神经传导得以互通。大脑半球表面凸凹不平,布满深浅不同的沟,沟与沟之间的隆起称为大脑回。

皮质分为两片分离的细胞层,分别位于脑的两侧,这两片神经细胞层总的面积比手帕稍大一点,因此需要充分地折叠后才能容纳在头骨内,神经细胞层的厚度略有变化,一般有2~5mm厚,它就构成了皮层的灰质。灰质主要由神经元、细胞体和分支构成,也包括许多称为“神经胶质细胞”的辅助性细胞。皮质中每平方毫米

约有 10 个神经元,其中神经元之间有些连接是局域的,一般延伸不到一个毫米,最多也只有几个毫米;但有些连接可以离开皮质的某个区域,延伸一段距离,到达皮层的另一些区域或者皮层外的地方。这些长距离的连接表面覆盖着脂肪鞘,它是由一种称为髓鞘质的物质构成。脂肪鞘能够加快信号的传递速度,同时它还呈现出白色亮光表面,因此被称为白质,又称大脑髓质。脑中大约有 40% 是白质,也就是这些长程的连接,生动又简明地说明了脑中的相互连接与通信是如此之多。皮质的下方为白质,白质内埋有左右对称的空腔和灰质团块,前者为侧脑室,后者为基底核。新皮质是大脑皮质中最复杂也是最大的部分;旧皮质(paleocortex)为一个薄片,主要与嗅觉功能有关。海马(有时也称为古皮质)是一个令人感兴趣的高层次结构(这意味着它与感觉系统的输入相距较远)。在信息被传送到新皮质之前,对于一些新的、长程的、系列事件中一个事件的记忆编码要在海马中储存约几个星期。

小脑位于大脑及枕叶的下方,恰在脑干的后面,上面较平坦,下面凸隆,但下面中间部凹陷,容纳延髓。小脑的中间部很窄,卷曲如环,称为小脑蚓;两侧部膨大,称为小脑半球(cerebellar hemisphere);小脑半球下面靠近小脑蚓的椭圆形隆起部分,称为小脑扁桃体。小脑的表层为灰质,称为小脑皮质,内部为白质,称为小脑髓质。白质内埋有几对灰质块称为中央核,其中最大者为齿状核。在功能方面,小脑和大脑皮层运动共同控制肌肉的运动,借以调节姿势与身体的平衡。

在脑前部里最重要的一部分叫丘脑。丘脑这个词来自于希腊语,它的意思是内房,即洞房。丘脑呈卵圆形,由白质神经纤维构成,左右各一,位于胼胝体的下方。它通常被分为二十四四个区域,每个区域与新皮层的一些特定子区域相联系。丘脑的每个区域与皮质区域有大量连接,并且接受由那里传来的信息。这种反馈连接的真正目的还没有弄清楚。来自新皮层的许多其他连接并不都经过丘脑,这些连接还可以直接通往脑的其他部分。丘脑跨在皮层的重要入口,但不是在主要出口上。从脊髓、脑干、小脑传导来的神经冲动,都先终止于丘脑,经丘脑再传送至大脑皮质的相关区域。所以说丘脑是感觉神经的重要传递站。此外,丘脑还具有控制情绪的功能。

下丘脑位于间脑下丘脑沟以下。从脑底面看,下丘脑在视交叉、视束与大脑脚之间。下丘脑是自主神经系统的主要管制中枢,它直接与大脑中各区相连接,又与脑垂体及延髓相连。在下丘脑的全区内含有许多核团,其中以视交叉上方的视上核和脑室旁壁内的室旁核界限最清楚,细胞最大,均属神经分泌性核团。因此,下丘脑的主要功能是管制内分泌系统、维持新陈代谢正常、调节体温,并与生理活动中饥饿、渴、性等生理性动机有密切的关系。视交叉后方有单一的细蒂,称为漏斗,其下端连垂体。垂体是重要的内分泌腺,作为人脑深部的一个结构,它只有花生米大小,它的功能是调节全身的内分泌活动,故被称为“内分泌交响乐的指挥”。

事实上,人脑的结构和功能远比我们的认识复杂得多,正是由于脑的复杂性,造

成了神秘的知觉(consciousness)、记忆、创造,甚至灵魂等精神层面。了解如何从分子组成神经细胞的组合,构造成丰富的精神世界也成了人类科学最大也是最终的挑战。因此,近年来美国、欧洲与日本等国都投入大量经费进行认知神经科学的研究。

认知神经科学研究以两个基本观点为基础。第一,脑的结构与功能具有多层次性。以人类为例,人脑是一个开放的复杂巨系统,是一个约由一千亿个神经细胞组成的高度组织化的器官,有不同种类的神经元和神经元集团、不同种类的神经化学物质、不同种类的神经通路和网络、不同种类的神经电活动,但并非杂乱无章,而是具有明显多样化的多层次结构。典型的,人的大脑分为不同区域,各区域各司其能,如感觉区、运动区、语言区、听觉区和视觉区等,它们中有的主管视觉,有的主管语言,有的主管思考,如图 1.2 所示。

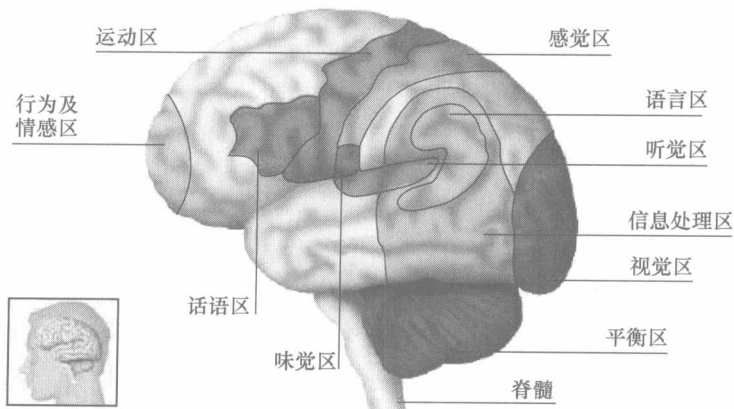


图 1.2 脑感觉中枢分区

第二,脑的结构是脑功能的基础。如人类有着惊人的记忆力,全是亿万个大脑神经细胞的功劳。记忆活动使人不仅能够制订计划,而且能够把思想和观念整理得井井有条,进而进行逻辑思维,将感觉到的信息加以分析和综合。认知神经科学意在揭示心理与脑的关系,这种关系实质是功能与结构的关系。关于这一点,在认知神经科学作为一门学科出现前一直占主导地位的观点是“大脑皮层功能定位说”。但近几十年来,越来越多的研究尤其是脑功能成像研究结果使得定位说需要作进一步修正。

目前,认知神经科学作为一门正式学科,已经有十余年的发展历史。但是,认知神经科学的概念并非在近年来才首次出现。早在 1819 年,医生 Gall(1758~1828 年)和他的学生 Spurzheim(1776~1832 年)提出的“颅相学(phrenology)”可以看做是朝此目标努力的一次大胆尝试。但是由于其时代并不具备达到这一目标所具有的条件,他们的努力最终失败。直到 20 世纪 50 年代末,认知心理学的产生才能够采用实验的方法控制和分析人的心理过程,计算机在生物学中的应用更为

认知神经科学的发展注入了强大的活力,如脑事件相关电位(event-related potentials, ERP)、正电子发射断层扫描技术(positron emission tomography, PET)和功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术等。

自20世纪70年代中期开始,对于人类认知及其运作的研究进入了一个崭新的纪元。来自认知心理学、神经心理学、生理学、神经科学、语言学、信息科学等不同领域的研究人员,基于对“脑-行为”关系的共同兴趣,开始了彼此之间的对话。到了80年代中期,脑造影(brain imaging)技术的突破性发展更提供了不同领域研究人员之间的合作桥梁^[5]。这个新兴的跨领域学科即是认知神经科学。美国的前总统乔治·布什曾宣称1990~1999年为脑研究的10年(the decade of the brain);认知神经科学奠基者之一的Gazzaniga更宣称21世纪为脑研究世纪(the century of the brain),这些宣言象征着人类开始有能力以新的生物科技研究人类神经元的分子生物活动、神经元细胞间的整合、脑可塑性以及脑和行为之间的关系。作为脑科学研究最受瞩目、不可或缺的一环,认知神经科学继承了过去认知心理学的知识、概念以及研究方法,运用新发展的脑造影技术,探讨相关认知行为运作的生理基础。

国外有人预计,在21世纪超级大脑将改变一切。2015年之后,机器人将为所有的人提供基本的生活必需品,并能代替人的工作。到2030年,汽车、飞机和火车将会自动运转,公路上的重大交通意外将被杜绝。到2050年,人类生命的本质也会发生变化。神经植入将扩展人类的知识和思考能力,并且开始向一种复合的人-机关系过渡,这种复合关系将会使人类逐渐停止对生物机体的需要。届时,大量非常微小的机器人将在大脑的感觉区里占据一席之地,并且创造出真假难辨的虚拟现实的仿真效果。换言之,与家人和朋友进行交流不再需要由你来亲自进行。你吃过的最好的食物可以在不同人的陪伴之下反复地享用。到富士山旅行或者参观卢浮宫将会变得毫无意义,因为你的身体能够做到的事情或者感觉到的东西,脑内仿真手段都可以提供。到2099年,将只有很少一部分人仍然保留着生物机体。大多数人将把自己的思想转换成电子电路,以获得永生……

虽然科学家们为我们勾勒出如此美好的生活蓝景,然而到目前为止,制造这样拥有高超智慧的人造脑还是一个梦想。但不论人造脑将是什么样子,为我们带来什么,关于认知神经科学的研究仍然要耐心地进行。进入21世纪后,认知神经科学的研究具有一些新的特点。

1) 脑成像技术研究和多种脑成像技术的综合应用

在过去的20年里,具有立体功能的脑成像技术变成现实,它在认知功能研究上的运用使得脑-行为关系的研究迈进了很大一步。脑成像技术研究表明:认知功能定位在具体的脑区。基于此研究得出的诸多支持定位主义的结论极大地改变了大众关于脑功能的错误看法,如“大脑的道德中枢”,“棋子在大脑中移动的物质基础”,或者“大脑是如何计算出悲伤与欢乐”等。更重要的是,这种定位的观点在许