

Z

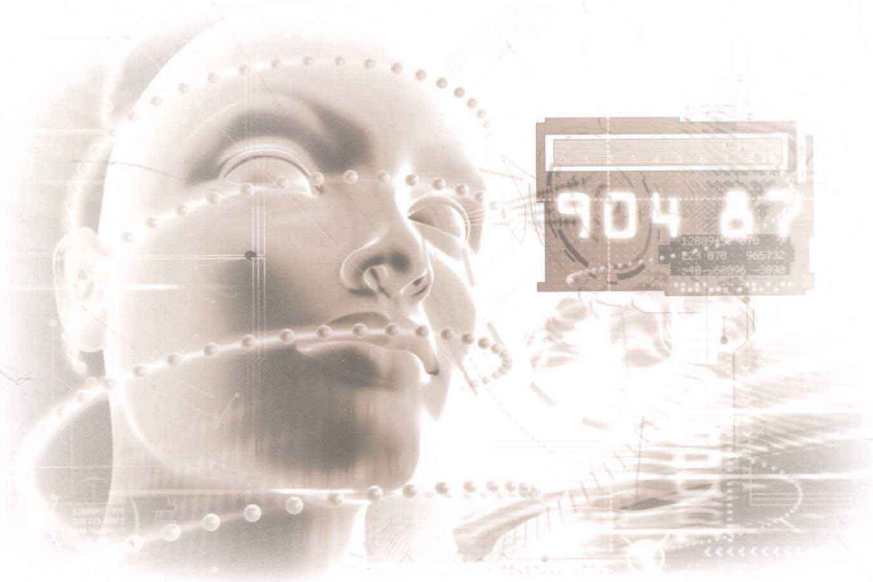
智能科学与技术本科专业系列教材

HINENG KEXUE YU JISHU BENKE ZHUANYE XILIE JIAOCAI

脑与认知科学概论

主 编 王志良

副主编 李 明 谷学静



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

脑与认知科学概论

主 编 王志良
副主编 谷学静 李 明



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 提 要

本书是一本介绍脑与认知科学相关知识的教科书。全书较为全面地介绍了脑与认知科学的基本概念,生动形象地论述了脑科学和认知科学知识在现实生活中的应用,系统地论述了人工大脑、认知计算的相关知识。该书立足于科学前沿,体现了脑科学、心理学、认知科学、生理学及计算机科学与技术等诸多学科领域交叉的特点,在设计和构思上力争为读者提供全面、系统的知识框架,使读者对脑科学与认知科学有一个清晰的认识,期望对各位读者朋友有所帮助。

本书可作为智能科学与技术、计算机科学与技术、电子科学与技术、自动化等专业本科生、研究生的专业课教材或参考用书,还可以作为需要学习和了解脑科学与认知科学相关知识的科研人员及读者朋友的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

脑与认知科学概论 / 王志良主编. --北京:北京邮电大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5635-2718-2

I. ①脑… II. ①王… III. ①脑科学②认知科学 IV. ①R338.2②B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159028 号

书 名: 脑与认知科学概论

主 编: 王志良

责任编辑: 何芯逸

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 378 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2718-2

定 价: 32.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

21 世纪是生物技术和信息技术共领风骚的时代。脑与认知科学(Brain and Cognitive Sciences)作为其中最具挑战性和最活跃的科学前沿之一,已成为全球性的研究热点。通过认识大脑从而认识人类自身是摆在各国科学家面前的首要科学使命。美国、澳大利亚、加拿大、法国、德国等多国合作的国际人类前沿科学计划(Human Frontier Science Program)项目将对人类认知的研究作为这一计划的重点内容;美国将 1990—2000 年命名为“脑的十年”;欧洲于 1991 年开始实施“EC 脑十年计划”;日本在 1996 年推出“脑科学时代”计划;我国政府在《国家中长期科学和技术发展纲要(2006—2020 年)》中,将“脑与认知科学”列为基础研究中的重大科学前沿问题,国家科技部、国家自然科学基金委和中国科学院等机构也先后部署了脑与认知科学领域的科研项目,使脑科学与认知科学在中国得到了前所未有的重视。

脑科学(Brain Science)是研究人脑的结构与功能的综合性学科。大脑是人类的核心,是人类高级于其他物种的本质所在,是人类的智能发源地,我们的一切思维、行为都受到了脑的控制。截至目前,脑科学研究已取得了重大的进展。分子神经生物学从基因和生物大分子的角度,对神经活动基本过程的分子调控机制进行了探索。通过在细胞水平上对神经网络结构与功能之间的关系进行研究,对突触传递及神经系统可塑性以及神经元与神经胶质之间的相互作用有了更深入的了解。脑功能成像技术的出现,使在正常状态下整体研究脑的高级功能活动成为可能。高级脑功能的研究如感觉信息加工、学习与记忆的机理、抉择的神经经济学、语言文字的理解等方面也都取得了重大进展。

认知科学(Cognitive Science)是探索人类的智力如何由物质产生和人脑信息处理的过程。包括从感觉的输入到复杂问题求解,从人类个体到人类社会的智能活动,以及人类智能和机器智能的性质。认知科学的兴起和发展标志着对以人类为中心的认知和智能活动的研究已进入到了新的阶段。认知科学的研究将使人类自我了解和自我控制,把人的知识和智能提高到空前未有的高度。

自 2003 年北京大学在国内率先开设“智能科学与技术”本科专业以来,至今已经有北京科技大学、北京邮电大学、南开大学、西安电子科技大学、厦门大学、湖南大学等数十所高校经教育部批准设立智能科学与技术本科专业。“脑与认知科学”是智能科学与技术本科专业的核心课程,但至今为止还没有系统的综述脑与认知科学的配套教材。作者自

2008年开始在北京科技大学教授此课程。经过几年的教学,对脑与认知科学的知识进行了系统的梳理,形成一套较为完整的知识体系,最终形成此书。鉴于国内还没有合适的配套教材,希望本书的出版能够弥补教材的空缺,并为我国智能科学与技术本科专业的教育教学贡献微薄的力量。

1. 本书编写思路

本书将脑科学和认知科学作为同等的知识主体进行论述。其中,将脑科学描述为“智能科学与技术”的生物学基础,将认知科学描述为“智能科学与技术”的中间件,即从“自然智能”到“机器智能”之间的桥梁。根据教学大纲的要求,并考虑到脑科学与认知科学二者之间的关系,我们将全书分为4篇,共8章。

第1篇为“总论”,整体论述脑科学与认知科学的研究意义、研究现状、研究内容、研究方法以及研究前景。

第2篇为“脑科学”,论述脑科学的基础知识、脑科学知识在现实中的应用,以及利用信息技术模拟人脑功能制造人工大脑。该篇共包含3章:第2章“脑科学基础知识”分析人脑的基本构造、左右脑的联系及协调工作机理、男脑与女脑的区别、大脑的工作原理、神经系统的基本构造,以及现阶段脑科学的基本研究手段;第3章“脑科学知识的应用”从脑与学习、脑与意识及脑与行为三个角度论述了脑科学知识在生活中的应用,并介绍了大脑保养的科学方法,在第2章中学习到的脑科学基础知识应用到现实生活中指导人类大脑的科学开发与保养;第4章“人工大脑”在第2章论述的脑科学知识的基础上,抽象并总结人工大脑的工作模型,并利用信息技术等手段模拟人脑功能实现人工大脑,以及互联网虚拟大脑等概念。

第3篇为“认知科学”,论述认知科学的知识科学、认知计算,以及智能认知系统。该篇共包含3章:第5章“认知科学基础知识”论述了感知、注意、记忆以及知识的构建与表征等基础知识;第6章“认知计算”在第5章的基础上,认为“认知的本质就是计算”,通过几种认知模型,使计算机模拟认知过程成为可能;第7章“智能认知系统实例”论述了仿人机器人、无人驾驶汽车及认知计算机3个智能认知系统的实际应用,使读者可以更直观地体验到认知计算在现实生活中的应用。

第4篇为“实践”,共1章即第8章“脑与认知实验”。共提供了5个实验,即大脑模型认知实验、核磁共振成像体验实验、脑波检测与信息处理体验实验、人工大脑简单记忆功能电路的设计与实现和智能车的设计与实现,可以作为第2、4、6、7章中相关内容的配套教学实验使用。其中“大脑模型认知实验”为课堂演示性实验,即教师通过相关教具、幻灯片等进行展示,使学生认识大脑的基本构造和工作原理等,配合第2章使用;“核磁共振成像体验实验”为体验性实验,即学生通过现场参观或实际操作的方式达到了解核磁共振成像的工作原理等目的,配合第2章使用;“意念耳机体验实验”为体验性实验,即学生通过具体操作意念耳机产品时直观体验脑机接口技术在实际中如何应用,配合第4章使用;“人工大脑简单记忆功能电路的设计与实现”为综合性实验,即学生通过设计并用电路实

现人工大脑的简单记忆功能,配合第4章使用;“智能车的设计与实现”为综合性实验,即学生通过设计并实现一个简单的智能车,配合第6章和第7章使用。

2. 本书特色

本书系统地论述了脑科学、认知科学的基本概念和研究方法,综合前人将脑与认知科学引入到信息科学领域的宝贵思想和最新研究成果,具有如下特色:

(1) 紧跟前沿,反映最新研究成果

作者通过查阅大量的期刊和网络信息,紧跟国内外相关研究机构的最新研究动态。除此之外,作者积极与国外知名研究机构进行学术交流,先后到加拿大多伦多大学、日本九州工业大学进行访问或访学,将国际最新研究动态带回国内,在该教材中与读者分享。

(2) 体现学科交叉

脑科学与认知科学是边缘性交叉学科,是心理学、神经科学、语言学、人类学、人工智能科学乃至自然哲学等学科交叉发展的结果。本书选取各门学科相互交叉、联系的部分,科学地将这些知识进行融合。

(3) 体系结构清晰,知识完整

本书将脑科学与认知科学作为两个并列的知识主题,整合到一本书中。全书分为4篇。第1篇对二者进行简明地综合性论述。第2、3篇依次单独论述脑科学、认知科学,且每篇中各章节都建立在之前章节基础之上,使得知识具备很好的衔接性,又有一定的跨越性。教材的实验全部放在最后,独立形成第4篇。

(4) 强调实用性

本书不是仅仅罗列脑科学与认知科学的基本知识,而是在此基础之上,将脑与认知科学的知识引入到人们的生活实践中,使读者能够科学用脑,理解生活中与此相关的某些现象,具有较强的实用性。

(5) 体现工程性,符合工科专业需求

作为智能科学与技术本科专业的教材,本书汇总了常用的大脑工作模型、认知模型等数学模型,使得学生能够了解和掌握这些模型并根据模型动手开发智能系统。第4章人工大脑和第8章实验等章节对学生动手实践能力的提高将会有很好的帮助和促进作用。

(6) 生动趣味,实例丰富

为了吸引学生的兴趣,本书在每个章节根据知识点,特意穿插生动的实例供学生阅读,增强了趣味性。

(7) 实验、习题齐全,方便教学

本书在第8章安排5个实验,可供教师根据需要作为教学实验使用。每章结束后都安排有丰富的课后习题,并配有详细解答,适合教师教学和学生自主学习。

本书由王志良教授担任主编,谷学静、李明担任副主编。王志良负责制定本书大纲、内容安排并指导文字写作,谷学静、李明负责全书的统稿和组织工作。王志良、洪密参与了第1章的编写工作,谷学静、王慧钰参与了第2章的编写工作,李明、楚舒雅、李昀清、钱

锃参与了第3章的编写工作,王志良、王辉、田九洲、肖鹏参与了第4章的编写工作,王志良、谷学静、毕晓恒参与了第5章的编写工作,王志良、谷学静、张华伟、王嵘、郑思仪参与了第6章的编写工作,王志良、李明、李伟泽、石正原参与了第7章的编写工作,王志良、谷学静、李明、李伟泽、王慧钰、钱锃、田九洲、肖鹏、石正原参与了第8章的编写工作。

本书的出版得到了北京邮电大学出版社的大力支持,作者在此表示诚挚的谢意。衷心感谢中国人工智能学会涂序彦教授、钟义信教授及王万森教授平时的教育理念影响和教学指导。同时感谢国家自然科学基金(60573059)、国家高技术研究发展计划(863计划)(2007AA04Z218)、北京市教育委员会科技计划重点项目(KZ200810028016)、北京科技大学教学改革项目支持给予的支持。

脑与认知科学作为前沿学科领域,正处于蓬勃发展的快速时期,虽然作者在编写过程中倾注了大量的心血,但由于水平有限,书中缺点与疏漏之处在所难免,敬请各位专家以及广大读者批评指正。

王志良
于北京科技大学
2011年5月

对教学大纲的建议

本书可作为智能科学与技术、计算机科学与技术、电子科学与技术、自动化等专业高年级本科生、研究生的专业课教材或参考用书。授课教师可以根据本校的教学技术,灵活调整授课学时。建议授课学时安排如下:

(1) 针对智能科学与技术本科专业教学,要求学生学习本书所讲的全部内容,使其能够掌握脑科学与认知科学的基础知识,并能够使用相关技术手段实际动手设计和开发某些现实应用。可以安排 32 个学时(18 个授课学时和 14 个实验学时),学时建议分配如下:

- ① 第 1 章为 2 个学时(授课 2 个学时);
- ② 第 2 章为 6 个学时(授课 2 个学时,2 个实验各 2 个学时);
- ③ 第 3 章为 4 个学时(授课 4 个学时);
- ④ 第 4 章为 10 个学时(授课 4 个学时,2 个实验分别为 2 个学时、4 个学时);
- ⑤ 第 5 章为 2 个学时(授课 2 个学时);
- ⑥ 第 6 章为 8 个学时(授课 4 个学时,1 个实验 4 个学时);
- ⑦ 第 7 章为 2 个学时(授课 2 个学时)。

(2) 针对其他专业,如计算机科学与技术、电子科学与技术、控制科学与技术、物联网工程等专业的教学,要求学生了解脑与认知科学的基础知识,以及脑与认知科学相关的技术手段,重点掌握教材中与人工智能相关的知识点。可以从中选取 16 个学时进行讲授。

目 录

第 1 篇 总 论

第 1 章 绪论	3
1.1 脑与认知科学的研究意义	3
1.1.1 智能的概念	3
1.1.2 21 世纪是智能科学技术的世纪	5
1.1.3 智能科学技术的生物基础——脑科学	7
1.1.4 智能科学技术的中间件——认知科学	7
1.2 脑科学概述	8
1.2.1 脑科学的研究现状	9
1.2.2 脑科学的研究内容	12
1.2.3 脑科学的研究方法	13
1.3 认知科学概述	14
1.3.1 认知科学的研究现状	15
1.3.2 认知科学的研究内容	18
1.3.3 认知科学的研究方法	19
1.4 脑与认知科学的研究前景	20
本章小结	22
习题与思考	22
参考文献	22

第 2 篇 脑 科 学

第 2 章 脑科学基础知识	27
2.1 脑的基本构造	27
2.1.1 大脑的组成	28

2.1.2	人脑的三位一体学说·····	29
2.1.3	左脑与右脑·····	31
2.1.4	男脑与女脑·····	37
2.2	脑的工作原理·····	40
2.3	神经系统概述·····	41
2.4	脑科学的研究技术·····	44
2.4.1	脑科学的基本研究手段·····	44
2.4.2	事件相关脑电位技术·····	46
本章小结	·····	50
习题与思考	·····	50
参考文献	·····	50
第3章	脑科学知识的应用 ·····	51
3.1	脑与学习·····	51
3.1.1	学习·····	51
3.1.2	脑的开发·····	60
3.2	脑与意识·····	67
3.2.1	意识·····	67
3.2.2	睡眠·····	76
3.3	脑与行为·····	81
3.3.1	脑损伤·····	81
3.3.2	利他行为·····	83
3.3.3	神经经济学·····	84
3.4	大脑的保养·····	91
本章小结	·····	94
习题与思考	·····	94
参考文献	·····	94
第4章	人工大脑 ·····	96
4.1	人工大脑概述·····	96
4.1.1	人工大脑的基本概念·····	96
4.1.2	人工大脑的分类·····	98
4.2	人工大脑相关数学模型·····	99
4.2.1	大脑的统一模型·····	100
4.2.2	神经元模型·····	102

4.2.3	感知模型	104
4.2.4	记忆模型	105
4.2.5	学习模型	109
4.2.6	思维模型	110
4.2.7	情感模型	112
4.3	人工大脑实现技术	118
4.3.1	脑机接口技术	118
4.3.2	神经机器接口技术	127
4.3.3	赛博格技术	130
4.4	人工大脑简单记忆功能的电路设计	133
4.4.1	Hopfield 神经网络	133
4.4.2	电路设计	136
4.5	互联网与神经学的交叉对比研究	137
4.5.1	互联网的新定义	137
4.5.2	互联网类神经元现象	138
4.5.3	互联网虚拟大脑的结构组成	139
4.5.4	互联网虚拟神经元	141
4.5.5	互联网虚拟神经系统	141
4.5.6	互联网与人脑功能结构对比	144
	本章小结	144
	习题与思考	145
	参考文献	145

第 3 篇 认知科学

第 5 章	认知科学基础知识	149
5.1	感知	149
5.1.1	感觉	149
5.1.2	知觉	150
5.1.3	模式识别	152
5.2	注意	153
5.3	记忆	155
5.3.1	记忆概述	155
5.3.2	瞬时记忆	156
5.3.3	短时记忆	156

5.3.4 长时记忆	158
5.4 知识的建构和表征	161
5.4.1 知识的获得	162
5.4.2 知识的建构过程	162
5.4.3 知识的表征	163
本章小结	168
习题与思考	168
参考文献	169
第 6 章 认知计算	170
6.1 认知模型	170
6.2 机器学习	175
6.2.1 机器学习概述及方法分类	175
6.2.2 机器学习应用现状	176
6.3 听觉信息认知计算	177
6.3.1 听觉信息的中枢处理	177
6.3.2 语音编码	180
6.3.3 语音识别	182
6.3.4 语音合成	184
6.3.5 自然语言理解	191
6.4 视觉信息的认知计算	201
6.4.1 视觉的生理机制	202
6.4.2 视觉信息处理	203
6.4.3 Marr 视觉计算理论	205
6.4.4 计算机视觉	206
本章小结	208
习题与思考	208
参考文献	208
第 7 章 智能认知系统实例	211
7.1 仿人机器人	211
7.1.1 仿人机器人概述	211
7.1.2 仿人机器人的关键技术	216
7.1.3 仿人机器人的应用前景	217
7.1.4 结论与展望	220

7.2 无人驾驶汽车	220
7.2.1 无人驾驶汽车研究现状	221
7.2.2 无人驾驶汽车的设计原理	224
7.3 认知计算机	226
7.3.1 认知计算机概述	226
7.3.2 认知科学与计算机	227
7.3.3 人脑与认知计算机	229
本章小结.....	229
习题与思考.....	230
参考文献.....	230

第 4 篇 实 践

第 8 章 脑与认知实验	235
8.1 脑与认知实验教学说明	235
8.1.1 脑与认知实验的教学任务	235
8.1.2 脑与认知实验的要求	235
8.1.3 脑与认知实验的规则	236
8.1.4 脑与认知实验报告基本格式	236
8.2 大脑模型认知实验	236
8.2.1 实验目的	236
8.2.2 实验环境	236
8.2.3 实验步骤	237
8.2.4 思考题	238
8.3 核磁共振成像体验实验	238
8.3.1 实验目的	238
8.3.2 实验环境	238
8.3.3 实验原理	239
8.3.4 实验步骤	241
8.3.5 思考题	241
8.4 脑波检测与信息处理体验实验	241
8.4.1 实验目的	241
8.4.2 实验环境	241
8.4.3 实验原理	241
8.4.4 实验步骤	243

8.4.5	思考题	244
8.5	人工大脑简单记忆功能的电路设计与实现	245
8.5.1	实验目的	245
8.5.2	实验环境	245
8.5.3	实验原理	245
8.5.4	实验步骤	247
8.5.5	实验结果	249
8.5.6	思考题	250
8.5.7	程序附录	250
8.6	智能车的设计与实现	260
8.6.1	实验目的	260
8.6.2	实验环境	261
8.6.3	实验原理	261
8.6.4	实验步骤	263
8.6.5	思考题	265
缩略语		266

第 1 篇 总 论

脑与认知科学(Brain and Cognitive Sciences)作为现今最具挑战性和最活跃的科学前沿之一,已成为全球性的研究热点。脑与认知科学是人类认识大脑和自身,从对外部世界的探索转向对人类自身的探索,从对物质世界的探索转向对精神世界的探索的一把金钥匙。它对于探索意识的产生、智能的运作、大脑的衰老等一系列人类面临的重大问题都具有重大的科学价值。

第1章 绪论

智能科学是关于脑科学、认知科学和人工智能的交叉学科。生物与信息科学相结合,将会极大地推动智能科学的发展。21世纪以来,随着科技的进步,人们对于大脑、大脑的认知和如何用机器实现对人的大脑功能的探索将会加大投入,脑科学、认知科学和超级人工智能将会有长足的进步。

本章首先论述智能、自然智能、人工智能及三者之间的关系;然后给出智能科学的基本概念及智能科学、脑科学和认知科学三者之间的关系;最后分别详细介绍了脑科学与认知科学的研究现状、研究内容及研究方法,并对脑科学与认知科学的研究前景作简单介绍。

1.1 脑与认知科学的研究意义

1.1.1 智能的概念

1. 智能

什么是“智能”?这个问题目前还没有一个统一的结论。《现代汉语词典》对“智能”的解释是“智慧和才能;或者具有人的某些智慧和才能”。《牛津高阶词典》对智能的解释是“以逻辑方式学习、理解、思考事物的能力”(the ability to learn、understand and think in a logical way about things)。

从唯物主义哲学来说,智能是大脑特别是人脑运动的结果或产物。由于人类对自身以及脑的功能原理还没有认识清楚,所以很难对智能给出确切的定义。表 1-1 列举了解释智能的几种理论。

表 1-1 解释“智能”的理论

理 论	主要观点
知识理论	认为智能的基础是知识;一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识,没有知识就不可能有智能
思维理论	认为智能的关键是思维;人的一切智能都来自大脑的思维活动,人类的一切知识都是人类思维的产物
进化理论	认为只能取决于感知和行为,智能就是系统与周围环境不断“感知—动作”的交互中发展和进化的