

# 脑与认知科学课程及其教材编写体会

刘洪波, 冯士刚, 王野\*, 王乃尧

大连海事大学人工智能学院, 辽宁 大连 116026

**摘 要 :** 针对智能科学与技术、人工智能专业缺乏与脑与认知科学课程教学目标和培养目标契合的教材现状, 提出教材建设新思路 and 可行路线, 分析阐述科研教学相长保持教材知识的新颖性, 拓宽科学视野保证教材知识的全面性, 理论实践结合确保教材知识的实用性, 说明教材建设对课程目标和培养目标支撑的有效性。

**关 键 词 :** 脑与认知科学; 新一代人工智能; 智能科学与技术; 类脑智能

## Experience in Compiling the Course of Brain and Cognitive Science and Its Textbook

Liu Hongbo, Feng Shigang, Wang Ye\*, Wang Naiyao

School of Artificial Intelligence, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning 116026

**Abstract :** Aiming at the current situation that there is a lack of textbooks in line with the teaching objectives and training objectives of the courses of brain and cognitive science for the majors of intelligent science and technology and artificial intelligence, this paper puts forward new ideas and feasible routes for textbook construction. It analyzes and expounds that the mutual promotion of scientific research and teaching can maintain the novelty of textbook knowledge, broadening the scientific vision can ensure the comprehensiveness of textbook knowledge, and the combination of theory and practice can ensure the practicality of textbook knowledge, and explains the effectiveness of textbook construction in supporting the curriculum objectives and training objectives.

**Keywords :** brain and cognitive science; new-generation artificial intelligence; intelligent science and technology; brain-like intelligence

### 一、脑与认知科学课程设置

#### (一) 课程目标

《脑与认知科学》是智能科学与技术专业的一门重要的专业基础课程, 是现代脑科学、认知科学、心理学、神经科学、数学、语言学、人类学乃至自然哲学等学科交叉发展的结果, 是一门以脑科学为核心的多学科交叉的研究型课程, 目的是研究人和动物智能活动的本质和规律<sup>[1-3]</sup>。该课程系统地介绍脑与认知科学的基本概念、基本理论、科学研究方法, 如脑与神经系统如何感知周围的世界、来自外界和自身的信息是如何在脑和神经系统中被编码、处理的等核心问题。该课程重点是理解人类如何通过脑与神经系统认知周围的世界, 理解人类正常与非正常的心理和精神状态与脑与神经系统间关系。通过对这门课程的学习, 要求学生掌握脑与认知科学的研究方法、理论, 了解目前脑与认知科学领域的各种研究, 从脑科学视角提出对心理现象的解释, 促进学生对相关心理学科的学习和理解, 促进学生对脑与认知的脑功能与结构以及系统构成、认知现象、神经机理、认知模型的理解, 领悟脑科学、认知科学、人工智能及计算机和信息科学等多学科领域交叉的特点, 形成较为全面系统的知识框架, 对已有成果展开分析与讨论, 并能给智能设计、计算模式与方法及其实践带来

新的启示, 提高学生对外界信息作出科学决策的能力, 为进一步学习理论知识和智能场景中的实践应用打下良好的基础。课程的知识目标和能力目标见表1。

#### (二) 课程结构

课程理论知识共分12部分, 章节安排以面向智能类专业的脑与认知科学知识体系为主线展开, 内容讲解由浅入深, 层次清晰, 通俗易懂。第1章是认知与计算, 介绍认知与元认知, 认知计算及框架, 脑结构、三位一体, 人类脑计划; 第2章是脑与认知科学研究方法与技术, 特别是脑成像技术及其数据处理方法; 第3章介绍神经元及神经信息交流机制, 神经回路和层级, 及其与人工神经网络比较; 第4章介绍视觉理论以及与计算机视觉的区别和联系; 第5章介绍感知与运动, 感觉信息编码方式, 讲解听觉、平衡觉、触觉、痛觉、痒觉、嗅觉、味觉、联觉、知觉以及运动与控制; 第6章介绍注意与意识, 包括注意的生理机制, 注意网络, 注意的信息加工, 变化盲视想象; 第7章讲述学习与记忆的脑神经基础, 特别是学习认知模型、记忆模型、知识构建和表征、知识图谱、贝叶斯大脑, 还有一些未解决的关键问题; 第8章介绍沟通与语言, 主要介绍语言处理模型和自然语言处理相关的方法; 第9章介绍情感与决策, 报偿与动机, 强化学习, 情绪脑, 期望强化, 元学习, 情感计算; 第10章介绍脑发育与可塑性、脑功能网

基金项目: 辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目(辽教通[2022]166号-353), 辽宁省研究生教育教学改革研究项目(辽教通[2022]249号-203), 辽宁省研究生教育教学改革研究项目(辽教通[2023]385号-153), 大连海事大学教改项目(BJG-C2024111)

络与方法；第11章介绍社会对人类智能的影响、社会网络与大数据；第12章介绍人工与系统，以及与奥卡姆剪刀、安全和伦理。

课程实践内容分为经典实验讲解演示、行为实验设计与数据建模、脑功能成像实验设计与仿真建模、神经网络设计与构建实验等四部分，任务在于满足学位教育教学目标，同时承担培养从事教学、科研和管理的高级智能科学与技术专门人才的重要任务。课程目的在于培养学生树立正确的学习目标，培养扎实、认真的科学态度，掌握脑与认知科学基础理论，掌握脑与认知科学行为实验、脑功能成像实验、脑与认知仿真建模、类脑神经网络实验技术和方法，增强学生面向新一代人工智能的实践经验，培养学生分析判断能力、理论联系实际和创新精神，为从事本专业及相关的工程技术工作打下基础。

表1 脑与认知科学课程目标

序号	知识目标	能力目标	实践内容
1	掌握大脑与神经元的结构和功能等基础知识，了解各种认知心理特质（感觉、知觉、学习、记忆、睡眠、动机、语言、情绪、社会认知、脑神经发育与可塑性）的脑神经原理	能调研、分析和判断各种异常脑认知现象脑神经原理，具备对已有成果展开分析与讨论并能针对存在问题提出前瞻性解决方案的能力	基于脑与认知科学近10年的前沿研究，讲解与演示脑与认知科学各专题经典实验，包括感觉与知觉、学习与记忆、成瘾与意识、语言与情绪、推理与决策等，探讨脑与认知科学实验原理和技术。
2	掌握脑与认知科学研究中所使用的基本技术（脑功能成像、电生理、行为心理测评）的原理与方法，掌握基于行为实验数据的认知建模技术和基于脑成像实验的脑网络仿真建模技术	能够独立设计并实施脑与认知科学行为实验、各种脑功能成像实验（fMRI、EEG、ERP、PET、ECT），具备基于实验数据进行分析建模的能力	基于E-prime系统，设计一个基于空间认知的心理物理学实验，基于实验数据建立两性空间认知模型，分析潜在的性别差异；基于SPM系统，分析一个序列的脑功能成像数据，基于大脑的参数估计数据寻找大脑在认知过程中的关键激活点，基于激活点群构建大脑功能网络仿真模型。
3	掌握人工神经网络、深度强化学习、类脑脉冲神经网络、类脑认知模型的原理与设计技术，理解类脑神经网络的模型和时间编码的方式，理解分析类脑神经元模型和神经元模型算法。	能基于软硬件构造多层感知机、深度强化学习网络、类脑脉冲神经网络模型并进行人工智能技术实验，培养追求创新的态度和意识	基于深度学习框架构造基于人脸数据的情绪识别系统；采用多核并行计算模型设计类脑脉冲神经网络并进行简单的图像识别实验，讨论脉冲神经网络的类脑神经元模型和脉冲序列编码方式。

二、脑与认知科学教材建设

（一）教材建设现状

国际上的脑与认知科学教育体系以麻省理工学院为代表，目前MIT 的有关于“脑与认知科学”的开放课程（MIT Undergraduate Course: Brain and Cognitive Science），其信息量大、知识面广，主张脑与心智的研究是不可分割的，并且注重系统性和实践性的分析和研究<sup>[4,5]</sup>。该课程结合了神经生物学、神经科学、心理

学、认知科学与计算机科学等多学科技术，从分子、神经元、神经网络和认知建模的层次了解智能产生的过程和机制。由于脑和认知科学的发展时间较短，知识更新快，当前几乎没有任何一本教材可以涵盖课程所有内容，因此该课程的教材主要是期刊论文和研究报告。这样的作法可以给学生提供既深且广的知识范畴，让学生可以直接接触神经科学和认知科学中最先进、最前沿的领域，但是难以系统地构建知识体系。

国内高等教育机构当前使用的脑与认知科学教材普遍以心理学、认知科学、神经科学专业编写的《认知神经科学》为主。这类教材对生理结构、病理现象有比较详尽的讲解，但是对于理工类专业学生在没有系统学习其相关前序课程的情形下，存在学习吃力、内容学不完等问题，而且也不完全匹配智能类专业的需要，因为智能类专业学习这门课程的目标是衔接智能科学与技术、人工智能方向的先行课程和后续课程，注重神经信息处理、通路、架构、模型，为智能设计、计算模式与方法带来启示。智能科学与技术专业开设已超过15年、人工智能专业开设已经4年，迫切需要与专业核心课程脑与认知科学教学目标和培养目标契合的教材。

（二）教材编写难度

随着智能科学技术的迅猛发展，人类渐渐进入智能时代，新一代人工智能技术逐步进入到科研、产业和实际生活<sup>[6]</sup>。人工智能企图了解智能的实质，而人类的大脑是目前已知的最复杂、最先进、最强而有力的信息处理装置，作为自然智能高级形态的人脑是值得学习和研究的重要内容，脑与认知科学已经成为智能科学与技术专业、人工智能专业的核心课程<sup>[7,8]</sup>。然而，如上所述，作为核心课程的脑与认知科学并没有合适的教材，主要是因为该课程知识点跨度大，知识面覆盖广，知识更新速度快，教材编写存在较大的困难。

1. 知识点跨度大

脑与认知科学是多学科交叉的研究领域，这就决定了其知识点跨度非常大，要讲清楚一个知识点，不仅需要神经科学和认知科学的知识，可能还需要心理学、数学、计算机科学技术，甚至医学、生物化学、生物物理等学科的知识进行参考。例如，要讲授记忆这个知识点，需要认知科学和心理学给出具体的定义、分类、特点及关联概念，需要脑科学和神经科学给出记忆的脑功能模式，需要分子生物学给出记忆的生物分子机制，需要医学给出遗忘症的异常表现和发病机制，还需要生物物理、医学影像学、电生理技术展现有关记忆的实验研究。俗话说，隔行如隔山，知识点跨度大的特点给脑与认知科学教材的编写带来很大的难度。

2. 知识面覆盖广

脑与认知科学多学科交叉的特点也决定了其知识范畴有很大的覆盖广度，这就要求编写教材的老师知识必须要全面，既要熟悉脑科学、认知科学，也要熟悉前沿的人工智能算法，还需要具备智能机器人等人工智能前沿应用领域的研究和应用经验。此外，由于知识的覆盖面广，学生在学习中容易陷入学习目的不明确和学习方法不清楚的困境<sup>[9]</sup>。因此，如何引导学生从复杂抽象的概念中理解简易具体的知识，并能自主创新地、有针对性地进行学习，是脑与认知科学教材的编写的一个难点。

### 3. 知识更新速度快

随着认知神经科学和人工智能领域快速发展,不但知识范围有了新的拓展,而且对原有部分知识有了新的认识,甚至发现原来的观点存在错误<sup>[10]</sup>。如果不能及时更新,不仅影响学生知识体系构建、能力素质培养和将来就业前景,而且严重影响学生学习的积极性和主动性<sup>[11]</sup>。脑与认知科学是一门新兴起的科学学科,涵盖了众多的科技前沿领域,其专业知识更新速度很快,因此在新一代人工智能迅猛发展的背景下,如何做到使教材与时俱进、跟上知识更新的速度是一个关键问题。

## 三、教材编写体会

脑与认知科学教材建设关键在于没有相关前序课程而且只有32学时(24理论学时+8实验学时)的情况下有效地弥合专业跨度、提升教材知识的新颖性、全面性和实用性,下面基于脑与认知科学基础的编写实践,分享一下教材编写的体会。

### (一) 科研教学相长,保持教材知识的新颖性

为了保持教材知识的新颖性,我们采取科研与教学相互促进的办法,教师在教学过程中涉猎课程相关专题的最新研究成果,课堂上分析讲解,并补充进教材中,使教材知识不断更新迭代,同时剔除陈旧知识,保证教材知识的易精新。这样,教材既涵盖课程的基本知识、基本理论、基本结构和基本技能,又不断增加新的知识和技术,拓宽专业知识面。脑与认知科学教材建设,我们将不断吸收脑科学和认知科学相关领域的最新成果,尤其是顶级期刊的研究成果,如Nature、Science、PNAS、Cell、Neuron、Trends in Neuroscience、Trends in Cognitive Science等,以及高质量专业期刊,如Brain、Journal of Neuroscience、Journal of Cognitive Neuroscience等。

例如,人脸识别是视觉模式识别的一个难点,2005年美国加州工学院的Quiroga教授领导的一组神经科学家在Nature杂志发表了一篇文章,其中详细介绍了他在人脑颞叶发现的一个非常有趣的神经元,只要看到詹妮弗·安妮斯顿的照片,它就会不断放电,而出现其他名人的照片时,该神经元则未被激活<sup>[12]</sup>。因为识别面孔的独特性,该神经元被称为詹妮弗·安妮斯顿(Jennifer Aniston)神经元,该论文预示着人脑中的单个神经元可以识别特定的人脸。然而,2017年Cell杂志上的一篇文章提出了新的观点。加州理工学院的神经科学家Tsao和Chang研究发现,大脑皮层中的单个神经元并不能识别整张脸,而是识别一些元素,一系列神经元就像拼图一样拼出了整张脸<sup>[13]</sup>。每个神经元会对一张脸不同特征的特征组合进行响应。这一发现推翻了此前人脸由特定细胞识别的假说,他们通过解码猴子大脑神经细胞的信号,高度还原出了猴子看到的人脸图像。如图1所示。

### (二) 拓宽科学视野,保证教材知识的全面性

如上所述,脑与认知科学是一门交叉学科,涉及的学科包括脑科学、认知科学、心理学、神经生物学、数学、计算机科学、语言学、人类学、物理化学、系统科学乃至自然哲学等,因此在编写教材的时候,应该注意涉猎众多学科与脑与认知科学相关的前沿领

域的最新进展,以保证教材知识的全面性,是教材知识有足够大的覆盖面。我们的策略除了保持关注各学科顶级学术期刊相关的最新成果以外,主要参考世界上出版时间最长的一本综合性的科普杂志——《科学美国人》(Scientific American)。《科学美国人》1845年创刊,距今已有175年,该杂志始终致力于报道对科学和技术的深刻观察,以及激动人心的科学进步,文章的作者囊括了160多位诺贝尔奖获得者以及顶尖的新闻记者。《科学美国人》擅长准确定位科学新动态,总是能提前揭示重要前沿的科学想法,因此,该杂志的地位已经远远超出了科普类杂志,是启迪科学研究学习,和进行素质教育的重要资源。《科学美国人》有两种中译版本,一种是中国大陆地区2006年创刊的《环球科学》,一种是中国台湾地区2002年创刊的《科学人》,这两种杂志都可以翻译《科学美国人》上一个月刊80%左右的文章,翻译质量都很高,可以互相借鉴,综合参考,把各学科最新的研究进展吸收到教材当中,特别是关于量子计算、马尔理论、大脑经济学、贝叶斯大脑、类脑智能等与智能科学相关、以理工为基础的读者感兴趣的课题。

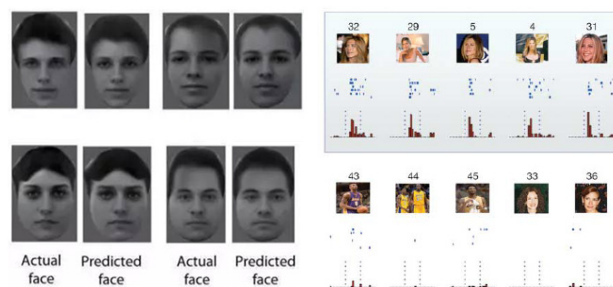


图1 詹妮弗神经元(左)和通过神经元信号预测的视觉人脸(右)

### (三) 理论实践结合,确保教材知识的实用性

脑与认知科学是一门与实验结合密切的、与时俱进的创新研究型学科,教材建设应该兼顾国内外最新研究成果,着眼脑与认知实践技术发展的前沿,突出实践技能训练,合理设计实践教学环节,很好地将理论性与实用性特点结合起来,注重培养新一代人工智能发展所需的实用人才<sup>[13]</sup>。我们编写教材时注重理论与实践相结合,使教材内容新且实用性强,比较脑神经信息处理机理与当前深度学习、强化学习在内的智能模型异同,指出未来发展趋势和工作方向。一方面在编写教材时参考学生的意见注重实践环节内容的实用性和易用性,使学生可以有效地掌握实用性强的实验操作技能。另一方面,鼓励教师在教学过程中,积极主动地承担学生与脑认知相关的创新创业项目的指导工作,注重创新项目的现实性和前沿性,利于知识点和现实“接轨”,学生在学习中进入实用角色快,提升学以致用教学效果。

举个例子,类脑智能是新一代人工智能研究核心内容之一,也是脑与认知科学实践教学的难点和重点。类脑智能是以计算建模为手段,受脑神经机制和认知行为机制启发,并通过软硬件协同实现的新一代机器智能,提出的时间很短,学生理解起来有很大的难度。我们的策略是让学生积极主动地参与到与类脑智能相关的创新创业项目,理论和实践相结合,达到学有所成、学以致用目的。如图2所示,是我们指导的全国大学生计算机设计大赛的创新项目——基于强化学习的意念无人机的技术概图,该项目通过类脑



智能的常用实验技术——脑机接口技术和强化学习算法来实现用人脑意念来控制无人机飞行。该项目获得了计算机设计大赛省赛一等奖，增强了学生对类脑智能的研究兴趣，也大大加深了学生对深度强化学习机制的理解，对脑与认知科学教材实践环节是非常有益的补充。



> 图2 基于强化学习的意念无人机的技术概图

#### 四、总结与展望

脑与认知科学是智能科学与技术专业、人工智能专业的核心课程，在专业课程中占有极其重要的地位。本文作者在脑与认知科学基础教材的编写实践过程中，遵照教指委最新智能科学与技术、人工智能专业及相关专业的培养目标和培养方案，采用科研教学相长的策略，调研国内外最新科研成果，推进新时代思政教育，强化理工基础，注重理论和实践的结合，致力于提升教材知识的新颖性、全面性和实用性<sup>[14,15]</sup>。为了巩固知识体系，本书还配有音视频讲解和课后习题系统解答。本文作者希望该教材能够给智能设计、计算模式与方法及其实践带来有益的启示，为学生和相关人工智能从业者进一步学习和实践新一代智能场景中的应用打下良好的基础。教材出版周期相对较长，如何与时俱进地更新教材章节内容、更合理的设计教材实践环节以及配套更有效地教学素材，以达到教学相长，提高学生自主创新、科学实践和自主建构知识的能力，同时使教材生动有趣、活动多样、轻松自在、树立跨专业信心，需要进一步重点探讨，正好清华大学出版社和本文作者将共同推出相关的数字化教材、多媒体课件、音视频资料下载平台，值得关注。

#### 参考文献

- [1] 谭咏梅, 王小捷, 钟义信. “脑与认知科学基础”教学研究[J]. 计算机教育, 2009(11): 81-85.
- [2] 白立军. “101计划”背景下精品教材建设路径探索[J]. 计算机教育, 2024,(11):11-13+17.
- [3] 徐张宝, 刘明君, 王先超. 新工科背景下大学计算机基础课程教学模式研究[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2024,41(03):117-120.
- [4] 朱丽. 人工智能技术与大学计算机基础课程教学融合路径探索[J]. 大学教育, 2024,(16):60-63.
- [5] Schwartz, M D. Should artificial intelligence be interpretable to humans?[J]. Nature Reviews Physics, 2022(4): 741-742
- [6] 刘辰. 国务院印发《新一代人工智能发展规划》: 构筑我国人工智能发展先发优势[J]. 中国科技产业, 2017(8):78-79.
- [7] 王志良, 李明, 谷学静. “脑与认知科学概论”教材编写体会[J]. 计算机教育, 2011(15): 108-111.
- [8] 祝翠琴. 脑与认知技术发展综述[J]. 无人系统技术, 2020(3): 60-64.
- [9] 代煜, 许林. 脑与认知科学基础课程中学生创新能力培养方式探索[J]. 计算机教育, 2017(10): 58-60.
- [10] 蒋正尧, 姜宏, 谢俊霞. “基底神经节功能”一节内容急需更新[C]. 中国生理学会第七届全国生理学教学研讨会, pp. 11-12, 中国海南, 2003-04.
- [11] 冯士刚, 刘洪波, 张俊. 脑与认知科学主动学习教学研究[J]. 计算机教育, 2011(15): 65-68.
- [12] Quiroga R Q, Reddy L, Kreiman G. Invariant visual representation by single neurons in the human brain[J]. Nature, 2005(435): 1102-1107.
- [13] Chang L, Tsao D Y. The Code for Facial Identity in the Primate Brain[J]. Cell, 2017(169): 1013-1028.
- [14] 冯士刚, 齐倩蕊, 张俊, 刘洪波, 鲁明羽. 智能机器人实践课程自主创新能力培养研究[J]. 计算机教育, 2016(10): 45-48.
- [15] 刘洪波, 陈亮, 冯士刚, 陈飞, 杨万青. 脑与认知课程中的数学基础教学与实践[J]. 计算机教育, 2015, 152(18): 60-63