

人类脑计划的研究进展

王亚, 李永欣, 黄文华

南方医科大学基础医学院解剖教研室, 广东 广州 510515

【摘要】继人类基因组计划取得成功之后,人类脑研究成为下一个重大挑战目标。人类脑计划由瑞士洛桑联邦理工学院科学家蓝脑计划的发起者马克拉姆发起,包括神经科学和信息科学这两大热点相结合的研究。其目标是建立一个能够为世界各国科学团体使用作为科研合作工具的信息交流平台,该平台将会整合所有有关脑的结构和功能的数据在超级计算机上模拟大脑,让人们能够更加全面了解健康和疾病大脑以及脑部各种活动,期间也希望通过各学科的相互作用能够为神经科学、医药学和科学计算带来新的发展。该平台包含以下6个领域:神经信息学、大脑仿真、高性能计算、医学信息学、神经计算、神经机器人。继欧盟脑计划提出之后,各个国家相继提出相关脑计划,其最终目标是认识脑、研究脑、开发脑和保护脑。目前脑计划的研究内容包括神经元(突触,受体,离子通道)、脑解剖图谱、脑功能成像、神经网络模型等,还包括在实验数据基础上发展起来的神经信息的理论模型和仿真计算,但各个国家的研究方向和研究进展各有不同。本文将综述主要脑研究国家的研究进展,并着重阐述中国脑计划的近况。

【关键词】人类脑计划;脑科学;人工智能;人脑连接计划

【中图分类号】R322.8

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)02-0109-04

Research progression on human brain project

WANG Ya, LI Yong-xin, HUANG Wen-hua

Department of Anatomy, School of Basic Medical Sciences, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Following the triumph of human genome project, human brain research has become the next major challenge around the world. Human brain project is initiated by Henry Markram, the initiator of blue brain project, a scientist at the federal polytechnic school in Lausanne, Switzerland. Human brain project contains two hot fields, neuroscience and information science. Human brain project aims to develop an information and communication platform for the scientific research collaboration among scientific communities worldwide. The platform integrates all the data and knowledge of the brain structure and functions to simulate the human brain on supercomputers, which will let people have a more comprehensive understanding on healthy brain, sick brain, and all kinds of brain activities. The interaction between disciplines is also expected to develop neuroscience, medicine, and computing. The platform contains six fields, neuroinformatics, brain simulation, high-performance computing, medical informatics, neuromorphic computing, and neural robot. After the human brain project proposed by European Union, many countries have initiated related brain projects. The ultimate goals of human brain project are to research, understand, exploit and protect the human brain. Nowadays the research contents of human brain project include neurons (synapses, receptors, and ion channels), brain anatomy atlas, brain functional imaging, neural network model, and the theoretical model and simulation calculation of neural information developing on the basis of the experimental data. But different countries have different research directions and developments. The research progressions of different countries studying on human brain project, especially the development of human brain project in China, are summarized in this paper.

Key words: human brain project; brain sciences; artificial intelligence; human connection project

【收稿日期】2015-10-20

【基金项目】高等学校博士学科点专项科研基金(20134433110012);中国博士后科学基金(2015M572337)

【作者简介】王亚(1989-)女,学术型硕士,从事人体解剖学研究, Tel: 13246869130, E-mail: 1026886963@qq.com。

【通信作者】黄文华(1970-)男,教授,博士生导师,主要从事临床解剖学研究, E-mail: huangwenhua2009@139.com。

前言

人脑长期以来保持着神秘,其病变带来的神经精神性疾病给人类带来的经济和生活负担远远超过其他领域。目前脑功能障碍已成为全球致残的首要因素,全球因脑疾病死亡的人数已达1/4以上。然而

神经精神性疾病预后很差,神经科学研究已经滞后。近年来,计算机等信息科学迅速发展,基于神经科学和信息科学相结合的人类脑计划应运而生。人类脑计划成立于2013年,由瑞士洛桑联邦理工学院科学家马克拉姆发起,该计划吸引了来自26个国家众多合作机构的数百位科学家。自该计划提出后,其他国家纷纷提出各自相关脑研究计划,但研究方向侧重点及进展各异。

1 欧盟脑计划

2013年欧盟推出了15个欧洲国家参与、预期10年由欧盟及其成员国资助的“人类脑计划”。欧盟人类脑计划的目标是开发信息和通信技术平台,致力于神经信息学、大脑模拟、高性能计算、医学信息学、神经形态的计算和神经机器人^[1]。但其更加侧重通过研究脑连接图谱借用超级计算机技术来模拟脑功能,以实现人工智能。在这之前相关文章就对该计划的可行性和研究计划做出相关的介绍^[2]。但其后不久多位科学家就脑计划的研究方向产生了激烈的争议。一些科学家认为Human Brain Project(HBP)计划更侧重利用数据实现人工智能的模拟,涉及的范围狭窄,基础研究被逐步削减,认知科学子计划也从HBP的核心计划中取消^[3],即脑计划虹吸了基础研究的基金^[4]。引发争议后HBP Statement就其本质对争议进行了澄清,并提出HBP将会在建立平台的基础上向神经科学、医药学和信息处理科学完全开放;HBP也会带动对基础医学和信息处理科学的共同发展;对认知神经科学表示认可并将对其合理资助。2014年9月16日,欧盟宣布人脑计划成为重点资助的未来技术与新型技术旗舰研究计划。经过调解,2015年3月19日HBP指出人类脑计划理事会成员接受调解建议,包括国际科学组织理事在内的顶级科学家将会加入到管理工作组,指导该计划朝向全方位合作的科学企业方向进行改革。

在实施人类脑计划的同时,HBP社会和伦理委员会也提出了社会和伦理学的挑战^[5],这同样也是脑计划研究国家共同面临的挑战。(1)目前有众多神经科学家,大量文章、新发现、科学团体、数据采集工具和多种动物模型等,建立统一标准的脑科学面临很大困难。(2)临床数据属于私人性质与其潜在公共利益之前存在着冲突,被采集数据的隐私权受到了极大的挑战。(3)我们很难区分正常大脑和病变大脑。大脑塑造过程中受到生存环境、生活方式、紧张焦

虑、身体其他部分的影响各不相同。(4)我们在创新的过程中应该得到公众的认可和支 持等。以上问题给脑研究带来了极大挑战,不能妥善处理很可能会阻碍脑科学的进展。

2 美国脑计划

美国提出的脑计划更加侧重人类神经元活动状态的研究和研发新型脑研究技术^[6]。1997年“人类脑计划”在美国正式启动。2010年,美国国家卫生研究院(NIH)推出“人脑连接计划”,旨在绘制人的大脑连接图,通过阐明神经通路破解人体复杂的连接图谱来揭示人类能够成为独立个体的过程^[7-8]。人脑连接计划为期5年分两个阶段实施,将应用新型研发的影像学设备获取时间和空间上的数据,绘制出1200个健康人的大脑线路图。“人脑连接计划”的目的是尽可能精确地描绘出大量健康人的脑连接图谱并进一步研究发展中的个体、衰老个体和疾病个体的脑回路,即将人脑的研究结果转换成健康和疾病状态。

2013年4月2日,美国总统奥巴马宣布启动“创新性神经技术大脑研究”计划^[9],旨在绘制出显示脑细胞和复杂神经回路快速相互作用的脑部动态图像,研究大脑功能和行为的复杂联系,了解大脑对大量信息的记录、处理、应用、存储和检索的过程,改变人类对大脑的认识^[10]。最终目的是产生对脑功能障碍的认识,帮助研究人员找到治疗、治愈甚至防止老年痴呆症,创伤性脑损伤等脑部疾病的新方法。已有九大优势项目受到优先资助:建立大脑结构图,统计大细胞类型,开发操作神经环路的工具,开发大规模神经网络记录技术,了解神经细胞活动与个体行为之间的关系,建立人类数据的收集机制,将神经科学实验与理论、模型、统计和计算进行整合,描述人类大脑成像技术的机制、知识传播与培训。目前美国已经研发出了一些对脑计划有重要作用的设备:哈佛大学已经研发出第一台纳米处理器纳米电脑用于脑研究^[11];美国研发的纳米射频电路—纳米电子生物芯片信号发射器包含一个环境反应层,能够固定一个目标对突发事件做出反应,此设备对于研究人类的应激反应将起到重要作用^[12]。斯坦福大学工程系的研究人员已经提交了一个纳米电子神经突触,能够在复杂的环境下感知、适应和做出可能的决定,其有望导致实时脑模拟器的产生,加强我们对神经科学的理解,更多处理复杂环境的设备也将会继续研发。

目前美国的脑计划研究即可行性研究已经进入第二阶段,通过使用先进的信息学工具,使用通用信息数据库,将脑的结构和功能、微观和宏观的研究结果联系起来,绘制出健康、疾病状态下脑内功能、结构、神经网络、细胞和分子生物学的图谱。美国目前面临着在脑研究方面资助下降的问题,将会为进一步研发带来困难^[13]。我们怎样开发出工具绘制出动态图,能否制造出光遗传学的非入侵性工具应用于人脑等这些将会给其带来更大的挑战,因此需要长期努力。

3 日本脑计划

继欧盟、美国之后,2014年日本也启动了大型脑图谱计划(MINDS),目标为了解人类更高层次的脑功能,提高诊断和治疗精神神经系统疾病的效率,根据人脑机制建立创新技术。为达到以上目标,日本将主要关注点之一放在非灵长类动物猕猴身上,其发达的大脑皮层,足够大的脑尺寸,还可运用转基因技术,有望以猕猴为模型绘制脑神经回路的结构和功能图谱,最终使人们了解复杂人脑^[14]。目前该计划根据需求被分为3个主要部分:其一,绘制非灵长类脑的结构和功能图;其二,开发新型尖端性技术支持大脑图谱的绘制;其三,人类神经精神性疾病相关技术的开发。其中猕猴脑部结构图的绘制将会在肉眼、微观与宏观之间和微观三个层面上开展。

日本脑计划的开展需要脑科学研究和创新技术的开发,才能推动人们对脑结构和功能连接的理解,对疾病状态有更加深刻的认识。同时脑计划的前进也需要国际间的合作,各个脑计划成员国之间相互支撑才能有望实现最终的目标。

4 中国脑计划

在美国、欧盟和日本相继提出脑计划后,我国也加快步伐加入了人类脑计划的研究行列。当前,我国已经把脑科学研究列为了“事关我国未来发展的重大科技项目”之一。中国脑计划如何实施?具体的研究方向和侧重点成为了我国需要着重思考的问题。

近期在上海举行的“脑信息与人工智能”科技论坛和复旦脑科学研究发布会上,与会专家表示中国脑计划将从认识脑、保护脑和模拟脑3个方向展开研究,逐步形成脑认知原理的基础研究、脑重大疾病、类脑人工智能三者紧密结合为“一体”“两翼”的研究

格局^[15],即以脑认知原理基础研究带动脑重大疾病研究和类脑人工智能研究。

4.1 脑认知原理的基础研究

中国脑计划不只关心神经元层面,更注重在微观和宏观建立桥梁,注重联结和功能的关系。认知科学研究在认识过程中信息是如何传递的,研究认知过程及其规律,从而揭示脑和神经系统产生心智的过程。认知科学主要涉及的内容有感知觉、注意、记忆、语言、思维与表象、意识等。这些认知活动的机制研究是脑计划的实施基础,在此基础上可更好的运用到对疾病的研究和人工智能化的开发。如中科院的脑研究聚焦在脑功能联结图谱上,它是探索脑疾病工作原理、揭示脑疾病发生机制、发展脑式计算的必由之路。中科院选择了学习、感知、抉择和情感这几个基本功能,旨在通过研究学习机制研究神经退行性疾病、通过研究抉择问题研究成瘾机制、就情感问题研究抑郁、就感知问题研究视听障碍等^[16]。

4.2 脑重大疾病

在我国“人类脑计划”的研究中,需要根据国情发挥自己的优势,必须做好可持续发展的长远计划,体现中国特色不至迷失在激烈竞争中。脑重大疾病的研究应该是中国脑计划研究的特色之一。杨雄里院士在筹备“中国脑计划”中提到,“中国脑计划”如何努力体现中国特色并保障我国脑科学的可持续发展^[20]。我国人口众多,疾病种类更加齐全,建立中国人疾病数据库以及进行重大脑疾病的研究应该更能体现我国的研究价值。脑重大疾病主要包括:精神分裂症、帕金森病、阿尔茨海默病、脑卒中、癫痫、抑郁症、脑肿瘤等,这些重大疾病日益危害人类的健康。对这些疾病的发病机制和防治对策的研究,可更好地探索脑疾病创新性防治对策,为其他脑疾病的防治提供指导,更好地提高脑疾病患者的生存质量。

中国科学院神经科学研究所蒲慕明院士特撰写观点文章“大型脑科学计划往何处去?”,结合中国的国情对人类脑计划进行评价和展望,指出大脑疾病将是中国未来主要的发展方向^[21],建议我们应该关注本国的重大脑疾病,针对社会需要攻克难题,尤其是在早期诊断和早期治疗方面,应该成为中国脑研究计划的目标。

4.3 类脑人工智能

2011年,“谷歌大脑”项目成功实现了机器系统

通过学习而对不同类型猫图像的自动识别,带动了人工智能的发展,使人们快速认识到人工智能的发展潜力^[17]。2015年6月28日在天津召开的“类脑智能创新论坛”上,专家指出可以借助脑科学和神经科学提高传统智能技术。中国工程院院士郑南宁认为,通过对人脑信息处理机制及人类智能的研究,有可能在类脑智能计算理论与技术上有所发展;中国科学院院士谭铁牛也力挺人工智能的发展。因此类脑计算和人工智能可能将会成为“中国脑计划”的重要组成部分^[18]。基于脑科学与类脑计算和人工智能可以促进彼此的发展,上海市政府已将脑科学与人工智能列为了重大科技项目。复旦大学牵头联合浙江大学、华中科技大学等十几所高校及中科院研究所,成立了“脑科学协同创新中心”^[19],有助于推进脑科学的研究和转化,积极参与并推进了“中国脑计划”的实施。

所谓的人工智能即研究人类智能活动的规律,构造具有一定智能的人工系统,研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作,也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术。其基础主要是大脑认知神经活动的规律,通过计算机的模拟使其在处理数据时拥有学习能力,从而达到人的智能化水平。该方向的发现同样需要计算机科学和神经生物学等多学科交叉复合型人才,从而推动人工智能化的发展,构建中国类脑人工智能。

总之,我国应该根据国情开展有中国特色的人类脑计划,以脑认知原理基础研究为体,利用国内外先进技术着重研究脑内部结构和功能图谱;以脑重大疾病研究和类脑人工智能研究为翼,尤其在脑重大疾病研究上体现中国疾病多样性,以中国发病率高、致残致死率高的病种为切入点,解决疾病对患者的困扰;加快类脑计算和人工智能发展,加强国内各高校和研究所多学科合作,紧跟发达国家步伐^[22]。以欧盟国家为鉴,在模拟人脑的同时,加强人脑基础研究。在科学研究的同时,注重伦理道德的约束。脑计划作为最难攻克计划不可能一蹴而就,必须结合分子、细胞、组织、全脑和行为等不同层次进行研究和整合,走可持续发展的道路。积极加入国际科研平台的建设,加强国际间的资源共享,积极学习并利用美国等发达国家开发的新型技术认识脑,研究脑,治疗脑部疾病。

【参考文献】

- [1] AMUNTS K, LINDNER A, ZILLES K. The human brain project: neuroscience perspectives and German contributions [J]. e-Neuroforum, 2014, 5(2): 43-50.
- [2] MARKRAM H, MEIER K, LIPPERT T, et al. Introducing the Human Brain Project [J]. Procedia Computer Science, 2011, 7: 39-42.
- [3] NEUROLOGY T L. The Human Brain Project: mutiny on the flagship [J]. Lancet Neurology, 2014, 13(1): 855.
- [4] FREGNAC Y, LAURENT G. Neuroscience: where is the brain in the human brain project? [J]. Nature, 2014, 513(7516): 27-29.
- [5] Rose N. The Human Brain Project: social and ethical challenges [J]. Neuron, 2014, 82(6): 1212-1215.
- [6] BARGMANN C I. The brain research through advancing innovative neurotechnologies (BRAIN) initiative and neurology [J]. JAMA Neurology, 2014, 71(6): 675-676.
- [7] VAN ESSEN D C, SMITH S M, BARCH D M, et al. The WU-Minn human connectome project: an overview [J]. Neuroimage, 2013, 80: 62-79.
- [8] MARCUS D S, HARWELL J, OLSEN T, et al. Informatics and data mining tools and strategies for the human connectome project [J]. Front Neuroinform, 2011, 5.
- [9] CHURCH G. Brain research through advancing innovative neurotechnologies [J]. Nature, 2014.
- [10] INSEL T R, COLLINS F S. The NIH brain initiative [J]. Science, 2013, 340(6133): 687-688.
- [11] YAN H, CHOE H S, NAM S, et al. Programmable nanowire circuits for nanoprocessors [J]. Nature, 2011, 470(7333): 240-244.
- [12] CARDULLO M W. Dynamically distributable nano rfid device and related method [M]. Cardullo Mario W, 2011.
- [13] ANONYMOUS. BRAIN initiative and human brain project: hopes and reservations [J]. Cell, 2013, 155(2): 265-266.
- [14] OKANO H, MITRA P. Brain-mapping projects using the common marmoset [J]. Neurosci Res, 2015, 93: 3-7.
- [15] 王泰. “中国脑计划”酝酿启动 [N]. 科技日报, 2015-03-18(3).
WANG C. China brain project brewing start [N]. Science and Technology Daily, 2015-03-18(3).
- [16] 郭爱克. 中国脑计划: 在宏观与微观间“架桥” [N]. 文汇报, 2013-08-21(8).
GUO A K. China brain project: the bridge between the macroscopic and microcosmic scale [N]. Wenhui Daily, 2013-08-21(8).
- [17] 费明钰, 陈霄. 人类脑计划: 21 世纪的重大挑战——主要国家和企业脑科学研究计划分析 [J]. 华东科技, 2014(06): 66-68.
FEI M Y, CHEN J. Human Brain Project: twenty-first century's major challenge- Analysis of brain science research in major countries and enterprises [J]. East China Science and Technology, 2014(6): 66-68.
- [18] 陈青. “机器人中医”明年出诊把脉 [N]. 文汇报, 2015-03-18(1).
CHEN Q. "Traditional Chinese medical robot" will be created to feel the pulse next year [N]. Wenhui Daily, 2015-03-18(1).
- [19] 曹继军, 颜维琦. 脑科学会是下一个工业创新点吗? [N]. 光明日报, 2015-04-07(6).
CAO J J, YAN W Q. Will brain science be the next industrial innovation? [N]. Guangming Daily, 2015-04-07(6).
- [20] 杨雄里. 筹划“中国脑计划”需注意两个关键点 [N]. 中国教育报, 2015-03-27(8).
YANG X L. Two key points are needed to pay attention to the planning of "China brain project" [N]. China Education Daily, 2015-03-27(8).
- [21] POO M M. Where to the mega brain projects? [J]. National Science Review, 2014, 1(1): 12-14.
- [22] 姜澎. 中国脑计划将走向何方? [N]. 文汇报, 2015-06-05(7).
JIANG P. Where will the China brain project go? [N]. Wenhui Daily, 2015-06-05(7).