

· 学科进展与展望 ·

生理计算与多模态分子影像的前沿科学问题和关键技术

——第80期“双清论坛”综述

胡斌 姚志军 王威 刘瑞越 梁传江

(兰州大学信息科学与工程学院, 兰州 730000)

[摘要] 2012年9月12—16日,国家自然科学基金委员会第80期双清论坛“生理计算与多模态分子影像的前沿科学问题和关键技术”学术研讨会举行。来自20余所高等院校和科研院所的40余位生理计算和多模态分子影像研究领域的专家、学者出席了本次论坛。与会专家从不同角度围绕情感识别与生理计算、心理计算与生理计算、人机交互与脑机接口、认知与生理计算、多模态分子影像5个中心议题作了26个专题报告。论坛分析和提炼了生理计算相关领域的国际前沿科学问题,并结合我国的研究现状,凝练出在未来5—10年中我国在生理计算和多模态分子影像领域急需关注和解决的重大科学问题。

[关键词] 生理计算,多模态分子影像,双清论坛,科学问题,研究进展

1 会议背景

由国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)主办的第80期双清论坛“生理计算与多模态分子影像学术研讨会”于2012年9月12—16日在甘肃省敦煌市召开。该论坛由兰州大学承办。兰州大学信息科学与工程学院院长胡斌教授、中国科学院自动化研究所田捷研究员、北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室主任罗跃嘉教授和中国科学院心理研究所认知心理学研究室主任傅小兰研究员共同担任论坛主席。来自兰州大学、中国科学院心理所、中国科学院软件所、中国科学院自动化所、北京师范大学、北京科技大学、清华大学、北京大学、北京航空航天大学、北京工业大学、北京交通大学、合肥工业大学、南开大学、中南大学、华中科技大学、华南师范大学、电子科技大学、西安电子科技大学、东南大学、中国科学院深圳先进技术研究院等单位以及中国人民解放军第四军医大学第一附属医院、四川大学华西医院、中国医学科学院北京协和医院、河南省人民医院等临床医院的40余名教授和专家出席了本次会议。与会代表围绕该领域国内外

研究现状,分析和提炼了生理计算领域重要的科学问题,并提出了我国在该领域未来需要重点发展的方向和建议。

生理计算是生命科学、数学、医学、物理学、计算机科学、工程技术学等学科相互渗透而形成的一门新兴学科。基于生理计算与多模态分子影像,本论坛有5个中心议题:(1)情感识别与生理计算:生理与情感的可计算问题是生理计算研究的基础,只有在能正确建立明确的生理与情感之间的对应关系的基础上,生理计算的人机交互才有可能实现。(2)心理计算与生理计算:心理计算是面向自然和谐的人机交互(尤其是脑机接口)研究领域不可或缺的重要方向,也是人工智能研究领域极具挑战性的重要课题。(3)人机交互与脑机接口:自然和谐的人机交互方式是人们长期以来追求的目标。情感是智能的一部分,是与智能不可分割的要素,先进智能(指自然智能与人工智能的高度融合)要取得突破,在很大程度上取决于我们能否赋予机器具有情感能力,包括情感认知和情感创生能力。(4)认知与生理计算。认知科学的目标就是要揭开人类心智的奥秘。认知科学是被世界公认的21世纪最前沿技术,认知与生理计算是当前全球性重大热门课题。

本文于2012年11月1日收到。

为了有效推动多模态分子影像重大研究计划的立项工作得到顺利开展和成功立项,本论坛还有一个中心议题:(5)多模态分子影像。主题涉及多模态分子影像基础研究及其在重大疾病、转化医学领域的一些重大科学问题。基于5个中心议题,有26个专题报告,报告期间有提问讨论,每个议题也集中进行专门研讨。最后半天进行集体研讨,在各个议题整理、汇总的基础上,会议代表结合国内的研究基础及优势提出了未来我国生理计算研究和多模态分子影像领域的若干关键科学问题和未来重点的发展方向。

2 凝练的关键科学问题

2.1 生理计算的机理

(1)生理计算的基础问题研究。在基础研究方面,生理信号的深入理解能描述不同生理状态时不同生理信号间的功能协作机制;在临床研究方面,生理信号的分析可以应用在生命体疾病的监控、诊断和治疗。专家们基于现有的研究成果,结合动态信号处理方法和先进的工程技术,主要提出的科学研究问题有:(i)在不同的尺度上,分析生理信号,研究和理解其与生理特征的关系;(ii)发展生理信号的同步分析新方法,描述产生不同生理信号的器官或系统之间的功能连接。

(2)生理计算认知角度的机理问题。认知是机体认识和获取知识的智能加工过程,涉及学习、记忆、语言、思维、精神、情感等一系列心理和社会行为。认知与情感障碍严重影响个体的社会能力,是社会认知神经科学的核心研究领域之一。主要提出的科学问题:(i)抑郁症的脑机制及干预研究;(ii)焦虑症的脑机制及干预研究;(iii)精神分裂症的认知与情感障碍。

2.2 生理信号采集

目前基于可穿戴计算技术的观测成为生理信号采集的热门,但可穿戴生理测量系统仍然存在许多不足,有多种因素可以干扰到信号的采集。建议生理测量可围绕以下问题研究:(1)时-空测量与表征,主要内容有:多通道生理信号、体征语言与环境空间同步观测原理,系统构架、多维-多态信息表征与存储。(2)可持续观测,这对可穿戴或可植入测量(观测)系统的可耐受性、可用性和稳定性等提出了苛刻要求。(3)无扰观测,这需要非突穿(unobtrusive)、可隐藏和无妨碍(unrestrictive)测量模式、方法和系统。

2.3 信号整合与建模

心理活动的复杂性和隐蔽性决定了生理计算需要综合利用人的各种生理指标和体征信号,从宏观(情感和认知功能水平)和微观(神经系统结构水平)不同层次对人的各种心理状态进行测量、解释和量化评估;心理活动的个体差异性也要求生理计算必须从大量的个体样本中提取人的心理状态的共性特征。因此,生理计算的研究基础必然是人的生理体征“大数据”。

面向人的生理体征“大数据”,多模态数据整合与建模将成为生理计算的重要研究方向。该研究方向主要从数据、信息(特征)、知识(模型)3个层面,就多模态数据融合与计算模型构建展开研究,形成完整的多模态数据-信息-知识整合框架。提出以下3个方面的核心科学问题展开研究:(1)多模态数据的融合,包括脑电信号(EEG/ERP)与功能磁共振成像(fMRI)的融合以及脑功能成像与解剖成像的图像融合;(2)多模态数据特征的融合,包括特征层融合和分数层融合;(3)多通道、多层次研究的计算模型构建与融合——“计算脑”构建。

2.4 生理信号的识别

由于心理活动非常复杂,所以我们需要整合多种生理信号,以提高对某一心理活动识别的准确率。另外,一种生理信号可能包含多类信息,而该类信息之间是有某一种结构关系的,这种结构关系是有助于对心理活动进行识别的。目前,一种新兴的微表情研究有望成为了解人的情绪活动的新的突破口。微表情是一种非常快速的表情,是自发性的表情动作,反映了人试图压抑与隐藏的真实情感。有关微表情的研究,不仅可以加深对人类情绪、情感产生和识别的理解,有助于揭示人类行为的奥秘,而且在众多领域都具有重大的应用价值。

经过讨论,凝练出的科学问题有:(1)融合多类生理信号来提高对某类心理活动的识别;(2)从生理信号中抽取对心理活动具有强鉴别力的特征,同时尽量保留生理信号的结构;(3)微表情计算机自动识别系统。

2.5 人机交互

自然和谐的人机交互来源于“人-人”之间自然和谐的人际交互,其核心科学问题是人与环境相互作用的理解和建模问题。依据目前研究中的实际情况和关键问题,提出以下基本科学问题的研究:(1)体态语言检测和语义理解,包括体态语言信号的检测和识别,体态语义分析模型,体态语言与语

言通信的协调机制和模型;(2)觉察上下境计算支持的“人-物体”交互整体识别和理解,包括视觉恒常性特征的表示和检测,场景整体理解(holistic scene understanding),支持人体活动和环境理解整体求解的上下境模型;(3)多个感觉和效应通道行为的复杂组合问题;(4)自然和谐人机情感交互。

2.6 生理计算的应用

随着生理计算概念的传播以及相关研究的不断积累和深入,其应用领域也逐渐扩展。比如,儿童的学习障碍和精神行为发展障碍问题,如果能够早期判别,就会大大增加干预和改善的机会。同时,我国人口的老龄化现状使得老年人的智力衰退所带来的影响日益严重,通过评测、干预并延缓老年人的智力衰退,对于我国人口整体生活质量的提高和减轻医疗、社会负担十分重要。生理计算还可以通过情感分析与识别技术对网络博客内容中的情感进行解析、推断,从而实现对网络博客情感进行自动分析与预警。针对以上问题,本论坛提出了以下3个的研究方向:(1)对人类智力发展的促进和评测;(2)对老年人生活状态的支持,包括老年人陪护机器人,老人生活辅助的日常活动识别、理解,老年人生活干预;(3)网络情感的预测。

2.7 多模态分子影像

参加论坛研讨的专家、学者一致认为,目前我国的多模态分子影像研究虽然取得了一些成果,但与国际先进水平相比仍有差距,尤其是在成像理论、关键技术和临床应用方面的研究开展得还不够,应当组织全国相关领域的优势力量,针对多模态分子影像基础及应用研究中的关键科学问题和核心技术,开展深入系统的研究。经过与会专家认真、详细和激烈的讨论与交流,论坛达成了共识,初步拟定了多模态分子影像重大研究计划的项目名称:多模态分子影像关键问题及其在重大疾病转化医学中的应用研究。围绕拟定的研究主题,与会专家进一步提炼了多模态分子影像重大研究计划拟解决的核心关键科学问题,即重大疾病在体发生、发展规律及预警和个体化治疗的多模态分子影像研究,认为这是“多模态分子影像”领域未来5年需要迫切研究的核心科学问题,对这些问题的深入研究将会对学科发展具有导向作用。具体需要解决的关键科学问题归纳为如下4个:(1)分子细胞多维在体实时影像示踪及定量分析;(2)靶细胞在体发生、发展、转归规律和病理生理分子影像特征;(3)多模态分子探针的设计和构架及其与靶组织作用的调控规律;(4)发展和利用影像生物标志物,基于实时活体分子病理影像,实现对重大疾病的早期诊断和疗效评价。

FOREFRONT SCIENTIFIC PROBLEMS AND KEY TECHNOLOGIES OF PHYSIOLOGICAL COMPUTING AND MULTI-MODAL MOLECULAR IMAGING —Summary of 80th Shuangqing Forum

Hu Bin Yao Zhijun Wang Wei Liu Ruiyue Liang Chuanjiang
(School of Information Science & Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract The 80th Shuangqing Forum sponsored by National Natural Science Foundation of China entitled “Physiological Computing and Multi-modal Molecular Imaging” was held in DunHuang, Gansu Province during September 12—14, 2012. More than 40 experts and scholars from approximately 20 universities and research institutions in the fields of Physiological Computing and Multi-modal Molecular Imaging attended the forum. The scientists have presented 26 reports on 5 sessions, including emotion recognition and physiological computing, psychological computing and physiological computing, human-computer interaction and brain-machine interfaces, cognition and physiological computing, and multi-modal molecular imaging. Based on the present research in China, the frontiers scientific problems in the field have been proposed and the key scientific problems need to be highlighted in the forthcoming research plans in the future 5—10 years.

Key words physiological computing, multi-modal molecular imaging, Shuangqing Forum, scientific problems, research progress