

脑机融合技术的哲学审思

张学义¹ 潘平平² 庄桂山³

(1. 东南大学 哲学与科学系 南京 211189; 2. 华为技术有限公司 南京研究所 南京 210012;

3. 东南大学 成贤学院 南京 210088)

摘要: 脑机融合是以脑机接口为基础技术,包括脑-机、机-脑、脑-脑等不同信息传输方式的技术统称。在理想状态下的脑机融合系统中,大脑与电脑等外部设备彼此互相适应、协同工作,大脑与电脑之间传递信息互通有无,实现生物脑的感知认知能力与机器的高速计算、处理能力的完美结合。虽然该技术目前还停留在探索性试验阶段,但蕴含着广阔的应用前景和巨大的现实空间。在该技术的潜在图景还未完全实现之前,有必要进行深入的哲学审视:脑机融合融合了人-机-物,却有可能造成彼此类属关系的混乱,从而对人-机-物的本体论结构进行重构,同时引发价值体系的重塑和隐私的编码化、可视化,促使人类步入“超人类主义”与“后人类主义”时代。

关键词: 脑机融合; 脑机接口; 混合智能系统; 数字化生存; 本体论重构

中图分类号: N031

文献标识码: A

文章编号: 1674-7062(2020)06-0076-07

近年来,继人工智能、虚拟现实等技术引发广泛关注之后,脑机融合技术也逐渐从“梦想照进现实”成为各界人士热议的话题。2016年9月,美国斯坦福大学的研究者们利用脑机接口技术让一只猴子在一分钟内敲打出莎士比亚的经典台词“To be or not to be, That is a question”。2017年2月,美国斯坦福大学电气工程教授克里希纳·谢诺伊(Krishna Shenoy)和神经外科教授杰米·亨德森(Jaimie Henderson)发表论文,宣布他们可以让三名瘫痪患者通过简单想象就能精准控制电脑屏幕上的光标,甚至其中一名患者可以在1分钟之内大约输入8个英文单词。2017年4月,美国著名企业家兼科学家埃隆·马斯克(Elon Musk)宣布成立了Neuralink公司,投入大量资金研究脑机接口技术,希望通过以此方式增强人类的能力。2017年7月,美国国防部也公布了一项“脑芯片”巨额投资计划,其目的也是开发一种脑机接口,让人脑与电脑连接,为战士提供“超级感受”。2019年7月,马斯克便宣称,Neuralink公司的

脑机接口技术取得了突破性进展,植入技术对被试脑损伤更小,传输数据更多。

一 脑机接口的类型

何为脑机融合技术?简言之,该技术是以脑机接口技术为基础,包括脑到机、机到脑、脑到脑等不同信息传输方式的技术统称。作为技术基础的脑机接口(Brain-Computer Interface,简称“BCI”)则是指在生物(人或动物)大脑与外部设备或环境之间建立起一种新型的实时通讯与控制的系统,从而实现脑与外部设备的直接交互^[1]。它结合了神经生理学、计算机科学和工程学的方法、进路和概念,致力于在活体大脑和人工执行器之间建立实时双向联系^{[2]767}。不难看出,这里的“脑”意指有机生命形式的大脑或神经系统,“机”主要指可感知、计算及执行的外部设备。“脑机接口是连接大脑和机器的双向信息传输通道,机器端通过记录和解码大脑信号来感知生物端的意图和状态,生物端通过接受机器

【收稿日期】 2020-07-18

【基金项目】 国家社科基金重大项目“问题哲学理论前沿与理论创新研究”(18ZDA026);“技术创新哲学与中国自主创新的实践逻辑研究”(19ZDA040);江苏省道德发展高端智库

【作者简介】 张学义(1983-),男,安徽阜阳人,哲学博士,东南大学哲学与科学系副教授,研究方向为科学哲学等。

端的编码刺激来获得命令和反馈”^{[3]13}。

(一) 根据脑机接口与大脑的连接方式不同,一般将脑机融合分为三类:

1. 侵入式脑机融合(Invasive BMI)。该方式通过神经外科开颅手术,直接将记录神经活动的电极丝植入大脑灰质层,当神经元发生电活动时,便可通过电极丝传入记录电极之中,因此能够快速识别、解码神经信号。其优点是精准度、信噪比都比较高,能够获取不同的信号^[4]。但缺点也很明显,即开颅手术会带来脑部创伤,术后可能出现胶质疤痕,同时还可能引发机体的免疫排斥、生物兼容性以及难以预测的风险等^[5]。目前该类型脑机接口主流的支撑技术为多通道在体电生理记录技术(multichannel),即用单个或多个神经元电极丝植入大脑皮层,记录神经元放电活动;该技术主要应用于医学治疗,帮助重症瘫痪病人恢复运动功能;或者用于科学研究中的动物实验^{[1][2]768-772}。

2. 非侵入式脑机融合(Noninvasive BMI)。该方式无需外科手术,就像佩戴头饰一样戴上脑电帽,利用电极记录、分析大脑发出的电信号。其优势是操作简单、便捷,安全无损伤。但是信噪比较低,由于体外记录其可测神经范围、精准度有限,且易受到其他部位的肌肉信号、噪音因素等干扰^[6]。目前,这种脑机融合直接用于脑部治疗的实例并不多,主要还是采集脑部信号用于科学研究。非植入式脑机融合典型的设备就是颅外脑电图扫描仪(EEG)。通常是让生物主体戴上脑电图扫描仪,收集、记录其头

部产生的电信号。随后,将这些微弱的信号放大并传输入到计算机进行处理,再通过机器学习等算法,将这些信号转化为相应的行为动作^{[2]768-772}。

3. 半侵入式脑机融合(Semi - invasive BMI)。该方式与侵入式原理相似,但不是植入电极丝而是将密集芯片放入大脑皮层外的脑膜上。这种脑机接口可探测、解析脑皮层外部的神经电信号,对脑部损失相对较小,但记录的深度和精度不及侵入式脑机接口。目前皮层外脑电记录技术(Electrocorticogram,简称 ECoG),主要用于癫痫、颅脑外伤等有需要开颅手术的临床病人。

(二) 根据信息传输的方向,一般又将脑机融合分为三类:脑到机、机到脑、脑到脑融合:

1. “脑 - 机”融合是指信息由大脑向计算机等外部设备传输信息,以达到驱动、控制外部设备效果的融合方式。该方式是在传统神经科学研究手段的基础上发展起来的,研究者们最初是为了观测、分析神经元活动而将生物大脑的模拟信号转换为被分析的数字信号,再存储到计算机信息系统中;后来把这种技术用于脑机接口的研究中。首先通过电、光、氧等脑信号检测技术采集大脑神经元的变化活动信号;再对神经信号进行识别、分类处理,进而解析该信号变化的行为意图,分析其情绪变化、心智状态等;最后再运用计算机等设备将解析出的生物端思维信号转换为可以驱动外部设备的命令信号,从而实现生物端对外部设备的直接控制和施加影响。(如图1)。

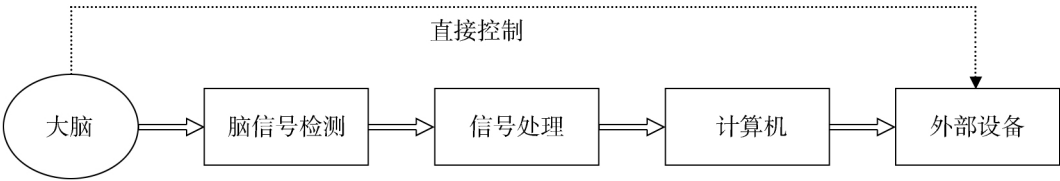


图1 脑到机融合

2. “机 - 脑”融合是指由计算机等外部设备向大脑传输命令信号,以刺激生物端产生某种特定感受和行为的融合方式。该技术通过计算机对信息进行精细编码,再将编码过的信号转化成光、电、磁等刺激形式,作用于生物的大脑或者神经系统的某些

特定部位,使得生物端产生某些特定的感应或者做出某种行为动作。大脑等生物端反过来也能通过接受机器端产生的刺激来解析其“意图”,进而做出相应的反应。目前,其实际应用于临床辅助唤醒重症昏迷患者和制造动物机器人(如图2)。

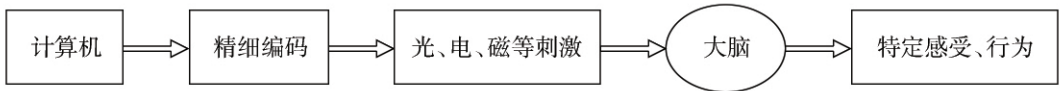


图2 机到脑融合

3. “脑 - 脑”融合,即是将信息由生物大脑₁向另一生物大脑₂传输以实现不同生物体之间交互的

融合方式。首先通过电、光、氧等脑信号检测系统探测出生物大脑₁的神经信号,并对这些神经信号实

时编码,然后通过计算机将编码信号传输给另一生物大脑₂,从而与生物大脑₂进行交互作用。这种交互作用实时性较强,为多主体生物端的信息交流提

供了可能(如图3)。事实上,脑到脑融合仍是以计算机为中介,技术支撑上是“脑-机”与“机-脑”的综合,外在表现为“脑-机-脑”的互联。

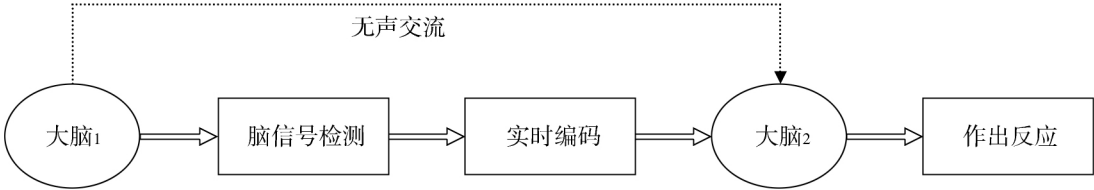


图3 脑到脑融合

借助脑机接口的多种技术实体支撑,脑机融合能够形成一个更为广泛的混合智能系统(如图4):该系统包含生物端和机器端,生物端分为记忆与意图层、决策层、感知与行为层,机器端分为目标和知识库层、任务规划层以及感知与执行层。生物端或机器端内部可形成同构交互,彼此间亦可形成异构交互^{[7]645-647}。在生物端,可通过对其记忆和意图施加干预或影响,最大限度地调动生物智能,使之主动完成任务。机器端通过对生物行为和神经信号的“阅读”、感知及对外部环境的判断,在任务规划层运用机器学习等方法与生物端进行协调配合,生物端为了避免惩戒或者得到奖赏、获取得利益也会主

动与机器端协同合作。在感知和执行能力方面,生物端和机器端各有优劣,而通过脑机融合构建起来的混合智能系统则可以综合彼此的优势,弥补对方的劣势,形成优势互补。综上所述,脑机融合技术综合了脑-机、机-脑、脑-脑等三种融合技术。在未来的脑机系统中,不同生物体之间即可实现更加迅捷、深入的信息交互,生物端与机器端亦需互相适应、相互学习、协同合作,从而将生物端的敏锐感知、有效执行的能力与机器端的高速计算、巨量存储、快速处理的能力有机结合,实现人-机-物的共生系统^[8-9]。

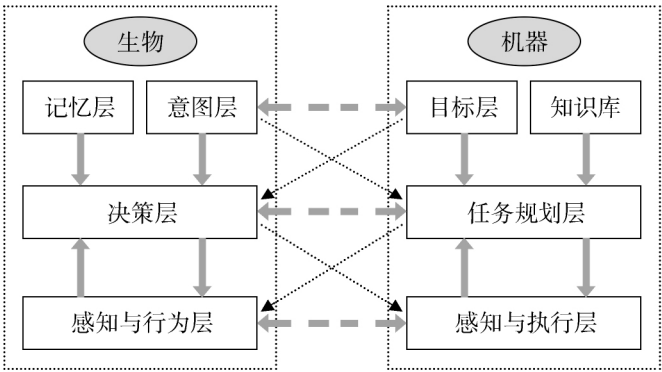


图4 脑机智能混合系统^{[7]648}

二 脑机接口的现实应用及其问题

一般而言,脑机融合技术通过信号采集、信息处理、再编码与信息反馈等步骤得到技术实现。目前,在医疗康复、教育培训、智能家居、游戏娱乐、军事科技以及实验室研究等方面有着探索性应用。根据脑机接口的信息传输方式,可分为三种应用类型:(1)“脑控”式应用。此类应用最初在医疗康复领域展开,主要用于辅助运动神经机能丧失的患者控制轮椅、机械手臂、智能机器等。如在2014年在巴西举行的第20届足球世界杯开幕式上,一位高位截瘫患

者通过大脑控制神经外骨骼设备为该届世界杯开出第一球。(2)“读脑”式应用。研究人员通过机器记录、解析人或动物的脑电信号,进而窥测其心智意图。如2013年,日本京都一研究所利用核磁共振成像设备来解读被试的梦境。(3)“控脑”式应用。目前主要应用于动物实验和人与人的“脑-脑”联合。前者是通过侵入式或半侵入式脑机接口,按照人的意图,通过机器对动物行为意图进行控制;后者主要以非侵入方式实现人与人的交流。如在2014年11月,研究者将一名被试的运动想象脑电信号通过经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation,简称

TMS) 传输到另一个被试脑部的皮质运动区,从而引起对方手部做出敲击的动作^{[3][14]}。在可以预期的将来,人类乃至不同生物体之间亦可能实现更加深度和广泛的无障碍“神交”^[10]。

目前,这些应用大多还处在探索性研究阶段,因此也存在着诸多现实性难题。

1. 安全性问题。如上文所述,侵入式脑机接口需要通过手术在生物大脑皮层植入电极或芯片;而这种手术可能会导致出血和感染,对生物脑组织造成损伤,术后还可能产生排异反应等;随着时间的推移,长期植入的电极、芯片也面临腐蚀、老化、位置迁移等问题。另外,在使用过程中,有可能出现因更换有线电源而产生后续多次手术创伤问题或者无线数据传输中能量损耗问题以及在数据处理时出现的数据安全问题等。这些会在不同程度上影响到脑机接口用户的生理、心理、生活质量乃至生命安全等。

2. 精确性问题。生物的脑电信号纷繁复杂,如何精确地从这些庞杂的信号中提取有效的信息,对于脑机接口技术来说仍然是较大的课题,目前并无安全可靠的途径。同时,生物的心智状态与其行为之间也不是简单的线性对应关系;一般来说,生物大脑往往通过多种信号将某种心智状态转换为某一具体行为,而对该心智状态、脑电信号与行为之间的对应关系往往并不是很清晰,在此情形下贸然对其进行读取、解析就有可能带来很多不确定的风险。因此,在使用过程中,因脑机接口设备、使用方式等问题,导致对传输信号的“误读”或“错读”,将会对脑机系统使用者和利益相关者造成极大的损失和伤害。

3. 知情同意问题。在现行的脑机融合技术应用用于医疗康复领域时,需要患者在完全自愿的情况下,与研究人员、医生之间就脑机设备的使用、医疗措施的风险、收益乃至责任、义务等进行充分的沟通和协商。但实际情况是,对于使用脑机接口存在的风险和后果往往是研究者和医生也很难完全确定的,这就很难做到知情同意。另外,对于一些特殊病患如“闭锁综合征患者”,他们无法正常地和外界进行沟通和交流,医生和研究人员也就很难理解其真实意愿,如何切实保护其权益是脑机系统应用中需要面对的问题。

4. 使用界限问题。根据用途,脑机融合技术主要分为治疗型和增强型。对于前者,人们一般比较容易接受,它可以帮助病患改善生存状况,获得正常的生活能力,提升生命质量;对于后者,则存在着诸多争议。到底多大程度上属于增强,即治疗与增强

的界限在哪里,是否允许增强以及如何规范增强?当脑机融合与人类增加、人工智能等技术结合起来以后,这些问题自然就成为人们关注的话题。

5. 社会公平问题。随着脑机融合技术的应用由康复治疗转为生物增强,就可能引发社会公平问题。生物增强能够给人类带来生理、心智等机能提升和加强,使其在未来的社会竞争与社会资源分配中占据有利地位,因此它将成为人们竞相追逐的目标。然而并非社会所有阶层的人员都能平等使用该技术。当该技术被技术、资本、政治等因素控制之时,它只能被少数人、少数阶层所独占和使用,就会产生新的社会不平等问题,扩大心智能力、财富占有、社会资源、政治地位等方面的差距^[11]。

以上是脑机融合技术在应用中的基本状况和存在的现实难题。在未来,脑机融合将会在安全性、精确性、稳定性和智能化方面得到进一步提升和完善。

三 哲学的审度与忧思

2020年5月7日,马斯克又向世界高调宣布:脑机接口将在一年内植入人脑。他旗下的Neuralink公司研究的脑机接口排异概率更小、更安全,在原则上可修复任何大脑问题^[12]。然而,即使马斯克及其代表的脑机接口研究者们解决了很多技术性难题,该技术应用所带来深刻变化依然值得人们警惕。鉴于该技术变革可能带来的潜在影响,我们有必要在这一技术梦想还未完全照进现实之前进行深入的哲学审视。

1. 人、机、物等类属界限消解。随着脑机接口技术和相关设备的不断发展,不管是通过侵入式、半侵入式还是非侵入式脑机系统,生物(人或动物)端便可通过脑机接口设备将大脑神经信号转化为数字信号,向机器端发送命令或任务信号,而机器端则利用机器学习等方法读取生物端“意图”,执行其命令或任务,以达到大脑驱动、操控机器的目的——“脑-机”型融合;机器端亦通过对信息进行精细编码,再将编码信号转化成光、电、磁等刺激,作用于生物大脑的特定部位,使得生物端产生特定感应或者实施特定行为动作——“机-脑”型融合;抑或是生物脑以机器为中介实现与其他生物脑进行交互的“脑-脑”型融合。人脑或动物脑以侵入(或半侵入)方式被植入电极丝或芯片,或以非侵入方式佩戴上脑电帽,以光、电、磁等方式传输脑电信号或接收刺激信号,以驱动、控制外部设备,或者被外部设备所驱动、操控。如四肢瘫痪病人可以借助脑机接口设备握住

并拿起杯子;研究者通过多通道在体记录技术在恒河猴脑部植入电极丝,使之可以控制机械手臂,够到并抓住物体;医疗人员采用深部脑刺激等“机-脑”接口技术唤醒深度昏迷的病患;实验室中可以“制造”出甲虫、蜜蜂、大鼠等不同类型的动物机器人等^{[3][12-17]}。在这些不同类型的脑机系统中,人、机、物等原有类属的清晰界限被打破。原本自然的人类或动物不再“自然”,其物理大脑被植入或安装了设备,其心智状态、思维活动等可被解码、修正,其感知、执行能力等可被修复或增强。原来的机器、物体等非人类力量(如光、电等信号系统、刺激设备以及计算机系统、机械手臂等)也不再是冷冰冰的工具和手段,而成为人类、动物延展了的认知-行为系统的一部分;它们在重塑生物有机体的同时也重构了自身。譬如,能够握住并拿起杯子的瘫痪病人、可以控制机械手臂的恒河猴以及各种类型的动物机器人,因安置了脑机接口设备,就不再是原来的自然存在了,而那些设备也因参与了有机体建构而融入其中,不再只是客体性人工物了。如此一来,我们日常所理解的人、机、物等基本概念的边界在脑机融合系统中就变得愈发模糊,甚至是混乱。原本肉身的人类因安植了机械设备而成为所谓的“赛博格”(Cyborg),抑或人与动物的合体,甚至是脑脑交互的“联脑人”。而动物、机器等也因与人的连接而升级为具有“拟主体性”的存在——这里的“拟主体性”既包括机器智能体在功能上的模仿,也包括人类主体性在机-物上的延展。原来界限分明的类属界限如今变得模糊不清,原本固有的物种鸿沟也逐渐被抹平。

2. 人-机-物的本体论重构。如上文所言,脑机混合智能体的出现极有可能引发传统人、机、物等基本类属概念的模糊与认知困难。而这些困难现象的背后是这些基本类属概念所指实体遭了解构;人、机、物面临着本体论层面的重构。在滚滚而来的数字化时代,原本的人、机、物都被抹除各自特性而被统一符码化为数据-信号-信息,笔者将此进程称之为“数字化生成过程”。在此生成过程中,数据-信号-信息解构了人、机、物等独特的实体性,而重构出人-机-物的混合智能体的实在性;换言之,数据-信号-信息衍变成人-机-物的混合智能体自我建构或被建构的本体论特征和结构^[13]。通过数据化算法操作方式,人-机-物便与数据-信号-信息之间建立起映射性的相关关系。但凡纳入脑机融合系统的相关者,均可被数字化表征与重塑:原

本只可意会、不可言传的心智状态(mental states)被“降序”为可编码、可解析的数字化符号;原本冷冰冰的机器、物体也具备了“主体性”“意向性”,骤然间有了“情感”“意识”甚至“灵魂”。更为本质的是,在此数字化的解构与重建进程中,人类固有的“自然属性”逐渐被消解:从数字化身体的重组,到数字化大脑重塑,再到数字化心智的重建,人类自我与镜像自我、现实身份与数字身份、肉身化心灵与数字化心智交织迭代……一言以蔽之,传统意义上的人类主体性地位遭受前所未有的挑战。人类不再是以自然肉身为载体和基础的有机存在,而是与机器等无机物的联合而成的混合存在^{[1][14]}。

随着脑机融合技术的发展,并与生物增强技术、人工智能技术等深度融合,人们就可能从最初的医疗康复走向人类和动物的生命增强,会从实验室研究走向产业化的批量制造。在可预见的将来,增强型“赛博格”“动物机器人”“联脑人”就会与自然肉身之人在现实中“遭遇”。这些集生物智慧、机器智能于一体的脑机混合智能体在物理性器官和精神性心智等方面都将全面超越自然肉身之人,成为一种“超主体性”存在,即以汇聚人类集体智慧于一身的混合智能个体面貌出现的“超强存在”。由此,人类将在这种深度技术化自身的进程中逐步迈入“超人类主义时代”和“后人类主义时代”。如果说,“超人类主义”是为了在生理、心智、道德等层面全面提升人类自身,还是传统人类中心主义的延续和强化的话,那么“后人类主义”将真正对人类中心主义构成挑战。它消解了自然之人的具身性、优越性与独特性,取消了人与机器的边界、自然与人工的界限,消融了人与技术的分野。人类乃至生命,不再仅仅是自然的产物,也是深度技术化的产物,是自然和人造的混合物;也不再只有固定形态和本性,而是处于不断生成和干预的未完成状态。在“超人类主义时代”和“后人类主义时代”接踵而来之际,人类将遭遇自我身份认同与人格同一性的终极难题,需要不断经受“我是谁”“我们是谁”“何为人?”“何为人类?”的灵魂拷问^{[1][15]}。

3. 人-机-物的价值体系重塑。在数字化生成过程中,数据-信号-信息重构了人-机-物的混合智能体的本体论特征和结构;在“后人类主义时代”,人的主体性遭到消解,那么,在价值论层面也必然引发深刻的变革,原有以人类为中心的价值体系需要重塑。在未来的脑机系统中,人类可实现对机器的控制或者通过与智能机器联合生成“超主体

性”存在,智能化的机器也可实现对他人、他物(包括动物)的驱动与操控。原来的人、机、物关系逐渐演变成人-机-物关系,或作为整体的混合智能体[人-机-物]与自然状态下的人、机、物关系。作为整体的混合智能体[人-机-物]因具备了“拟主体性”“主体性”乃至“超主体性”在价值体系中自然就形成了“拟伦理性”甚至“超伦理性”——需要说明的是,这里的“拟伦理性”既包括人机交互过程中的有限自主智能体扮演的伦理角色,也包括人类主体通过脑机系统在机-物上的延展出来所执行的伦理功能;而“超伦理性”则是如增强型“赛博格”所具备的既有人类主体身份又融合机-物特质的超强混合智能体的伦理角色与功能。不论是“拟伦理性”还是“超伦理性”,其处理原则就不再仅仅基于传统人类中心主义的立场,而要兼顾混合智能体、自然人、人类乃至有限自主的智能体的多重利益关系。譬如,混合智能体是否具有独立的自由意志?其产生的行为是否应视为独立自主的行为?该行为产生的后果是应该由其整体负责还是由混合智能体中的某些关联者承担以及区分、界定混合智能体中关联者的所应承担的具体责任?混合智能体与自然的人、机、物如何以及以何种原则相处?如果在混合智能体之间或者与自然的人、机、物之间产生矛盾冲突如何化解?有没有相应的调节和约束机制?等等诸如此类的问题就会接踵而至。因此需要在脑机系统建构的关系网络中,透视不同主体、拟主体、超主体的伦理角色与关系,才能厘清各自的伦理责任与价值诉求^[16]。不难看出,因混合智能体具备了“拟伦理性”“超伦理性”,原来以人类为中心的伦理价值体系在面临这些新问题时就不再适用;如何重塑一套兼顾[人-机-物]混合智能体、人类主体以及非人类力量的关系的价值体系是摆在未来人类面前的沉重课题。

与此同时,脑机融合技术带来的更为迫切的现实问题在于人类隐私的保护。它通过对由人类大脑发出的神经信号进行解码,剖析出其中的规律,便可推测、解读出人的思维活动与行为意图,那些只能在科幻电影中看到的“读脑”“读心”(reading mind)或“脑控”等场景便会变为现实。在未来的脑机系统中,混合智能体既可与其他关联者交互,也可操控其他关联者。脑机融合技术的掌控者可通过读取、编码包括人类在内的其他生物体的心智内容,甚至可以将其下载与传播,将每个关联者思维深处的隐秘空间向外界敞开,任意敞露于光天化日之下。在这

样被构建起来的混合智能网络中,每个关联个体的隐私均可被数字化地刻画出来。如若辅之以大数据可视化技术,便可将这一切以更加鲜活的图景呈现于他人面前,被操控者就变成了所谓的“透明人”,如同赤身示众、一览无余的囚徒一般。如此,每位身处数字化时代的个体,在其主体性身份被数字化重建之后,不想为外人所知的隐私秘密也要陷于被窥视、被围观的窘境之中^[1,10]。

概言之,脑机融合技术既给我们展现了心驰神往的美好前景,也带来了深刻而严峻的现实隐忧;该技术可能引发的本体论重构与价值体系的重塑以及已经照进现实、亟待解决的应用伦理问题,都需要我们在积极拥抱技术变革、享受因变革带来的实际效益的同时,还需保持审慎、清醒的态度面对其可能带来的冲击甚至威胁。

【参 考 文 献】

- [1]张学义,潘平平.脑机融合技术的应用与审思[N].中国社会科学报,2018-03-20(6).
- [2]LEBEDEV M A, NICOLELIS M A L. Brain-machine interfaces: from basic science to neuroprostheses and neurorehabilitation [J]. Physiological reviews, 2017, 97(2).
- [3]俞一鹏.脑机融合的混合智能系统:原型及行为学验证研究[D].杭州:浙江大学,2016.
- [4]HASSAN A, HUDA M N, SARKER F, et al. An overview of brain machine interface research in developing countries: opportunities and challenges [C]// TAKASE H. International conference on informatics, electronics and vision. Piscataway: IEEE, 2016: 396-401.
- [5]BURWELL S, SAMPLE M, RACINE E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review [J]. BMC medical ethics, 2017, 18(1): 1-11.
- [6]尧俊瑜,鄢长杰.脑机接口技术研究综述[J].现代计算机(专业版),2017(27):81.
- [7]吴朝晖,俞一鹏,潘纲,等.脑机融合系统综述[J].生命科学,2014(6).
- [8]王伟.脑机接口:打开神经控制的黑箱[J].中国经济报告,2017(9):80-81.
- [9]吴朝晖,潘纲.脑科学的新手段新技术:信息+系统+智能视角[J].科学通报,2015(10):914-916.
- [10]宁晓路,曹永福,张颖,等.脑机接口技术应用的伦理问题分析[J].医学与哲学,2018,39(9A):35-44.
- [11]李佩,薛贵.脑机接口的伦理问题及对策[J].科技导报,2018,36(12):38-45.
- [12]中关村物联网产业联盟.马斯克向全球宣布:脑机接口将在一年内植入人脑 [EB/OL]. (2020-07-07) [2020-07-08]. <https://new.qq.com/rain/a/20200707A04VZ200>.

- [13]张轶瑶,田海平.大数据时代信息隐私面临的伦理挑战[J].自然辩证法研究,2017(6):32-36.
- [14]张学义,倪伟杰.行动者网络理论视阈下的物联网技术[J].自然辩证法研究,2011(6):30-35.
- [15]张灿.应对人类增强技术的挑战[N].中国社会科学报,2020-06-30(9).
- [16]段伟文.人工智能时代的价值审度与伦理调试[J].中国人民大学学报,2017(6):98-107.

Philosophical Reflection on Brain – Machine Integration Technology

ZHANG Xue – yi¹, PAN Ping – ping², ZHUANG Gui – shan³

(1. *Department of Philosophy & Science, Southeast University, Nanjing 211189, China;*

2. *Nanjing Research Center, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., Nanjing, 210012, China;*

3. *Chengxian College, Southeast University, Nanjing 210088, China)*

Abstract: Brain – machine integration is a general term of brain – machine interface technology, which integrates different information transmission methods including brain – to – machine, machine – to – brain, and brain – to – brain. In the ideal brain – machine integrated system, the information is transmitted between brain and computer or between brain and brain, and the brain and external devices adapt to each other and work together so as to realize the perfect combination of the biological brain’s cognitive ability and the machine’s high – speed computing and processing ability. Although the technology is still in the stage of medical auxiliary treatment and scientific experiments, there is a vast space for development and huge realistic possibility. Before the technology is fully realized, it is necessary to have an in – depth philosophical and ethical reflection: brain – machine integration integrates human – machine – object, but it may cause the confusion between the concepts of belonging to each other, the reconstruction of the ontological structure of human – machine – object, and the coding and visualization of human privacy, which further lead to the dilemma to be snooped and promote mankind to enter the era of “Transhumanism” and “Post – humanism”.

Key words: Brain – machine Integration; Brain – machine Interface; Cyborg Intelligent System; Digital Subsistence; Ontological Reconstruction

(责任编辑 殷 杰)