

人工智能发展的新方向——人机物三元融合智能



王海涛¹ 宋丽华² 向婷婷¹ 刘力军¹

¹ 南京审计大学金审学院 南京 210023

² 陆军工程大学指挥控制工程学院 南京 210007

(haitmail@126.com)

摘要 随着人工智能的快速发展和广泛应用,信息学、社会学、物理学和哲学等多个学科快速交叉融合,孕育了一个崭新而富有活力的研究领域——人机物智能(Human Cyber Physical Intelligence, HCPI)。人机物智能亦称三元融合智能(Ternary Fusion Intelligence),反映了物理空间、信息空间和社会空间的有机融合,是人工智能未来发展的重要方向和前沿课题之一。针对这一人工智能学科新兴的研究热点,从人机物三元融合智能的起源谈起,综述了三元融合智能的基本概念、相关研究内容和应用概况。首先,介绍了三元融合智能的产生背景及定义内涵;然后,说明了三元融合智能的交互关系和典型特征;进而,阐述了三元融合智能的关系模型和系统模型。在此基础上,探讨了三元融合智能近期的实现目标和技术途径。最后,较为全面地总结归纳了三元融合智能的研究现状和几类典型应用场景,并展望了其未来发展趋势。

关键词: 人工智能;信息物理系统;人机物智能;三元融合智能;普惠计算;态势感知

中图分类号 TP18

New Development Direction of Artificial Intelligence – Human Cyber Physical Ternary Fusion Intelligence

WANG Hai-tao¹, SONG Li-hua², XIANG Ting-ting¹ and LIU Li-jun¹

¹ Jinshen College, Nannjing Audit University, Nanjing 210023, China

² College of Command Control Engineering, PLA AEU, Nanjing 210007, China

Abstract With the rapid development and wide application of artificial intelligence, informatics, sociology, physics and philosophy subjects are converging rapidly, which gives birth to a novel research field—human cyber physical intelligence (HCPI). HCPI is also known as ternary fusion intelligence. It reflects the organic integration of physical space, information space and social space, and is one of the important directions and cutting-edge topics for the future development of artificial intelligence. Aiming at this new research hotspot of artificial intelligence, starting with the origin of the ternary fusion intelligence, the basic concepts, related research contents and application development of the ternary fusion intelligence are summarized. Firstly, the backgrounds and definitions of ternary fusion intelligence are introduced. Then, the interaction patterns and typical characteristics of ternary fusion intelligence are explained. Next, the relationship model and system model of ternary fusion intelligence are elaborated. On this basis, the near-term realization goals and technical approaches of ternary fusion intelligence are discussed. Finally, the research status, typical applications and development trend of ternary fusion intelligence are summed up systematically.

Keywords Artificial intelligence, Cyber physical system, Human cyber physical intelligence, Ternary fusion intelligence, Computing for masses, Situation awareness

1 引言

人工智能的概念从被提出至今已经经历了 70 周年,但是直到最近十年云计算、大数据、物联网、移动计算的迅猛发展,人工智能才得到高速发展,并逐步走向 AI 2.0 时代^[1]。AI 2.0 时代,在某些特定领域人工智能系统的智能甚至超过了人类,如 IBM 的 Watson 智力问答系统、Google Deepmind 的 AlphaGo 围棋手和苹果公司的 Siri 智能语音助手等。尽管如此,人工智能仍面临诸多难以解决的技术和伦理问题,例如人

的思维和认知难以在现有人工智能的理论框架中得到解释^[2]。目前,人工智能在存储容量、计算速度、搜索能力和工作持久性方面远强于人类,并且它从源头就没有认知偏见。这意味着人工智能具备更多的数字逻辑和语言智能,在特定场景、既定规则和预设任务的情况下比人类效率更高,但在有情感、有意向性、需要学习推理的复杂情境下仍显得幼稚呆板、反应迟钝^[3]。必须承认,人脑与电脑各有所长,人和机器智能有很大的互补性,充分整合人脑和电脑特长的人机融合智能是未来智能科学发展的一条必由之路。

本文已加入开放科学计划(OSID),请扫描上方二维码获取补充信息。

基金项目:国家自然科学基金(61871400)

This work was supported by the National Nature Science Foundation of China(61871400).

通信作者:宋丽华(1936241606@qq.com)

近年来物联网的发展和應用如火如荼,极大拓展和延伸了传统互联网的覆盖范围、感知能力和适用场合^[4]。物联网实现了物物互联和人机互联,人与人、物与物、人与物都可在一定规则下自由交互和产生联系,整个世界变成了一个有机融合信息空间和物理空间的信息物理系统(Cyber Physical System, CPS)^[5]。也就是说,除了人类社会和物理世界两大空间之外,出现了不容忽视的第三空间——信息空间。目前,随着大数据、物联网和人工智能等信息技术的发展应用,物理世界、数字世界和人类社会之间的界限逐渐变得模糊,人类世界开始从由社会空间和物理空间够成的二元世界转变成了“人(Human)、机(Machine)、物(Things)相互融合”的三元世界,社会系统、信息系统和物理环境构成了一个动态耦合的复杂巨系统,人类社会、人造机器和自然万物在三元世界里相互依存,协调发展^[6]。因此,在CPS快速发展和应用背景下的人机融合智能必将是人-机-物智能相互融合、相互促进的三元融合智能(Ternary Fusion Intelligence),反映了物理空间、信息空间和社交空间的交互融合(见图1),即人机物融合智能。人机物融合智能是一种由人、机、环境相互作用而产生的新型智能形式,它既不同于人的智能也不同于人工智能,是一种有机结合机器智慧和人类智慧的新一代智能科学体系。从技术角度看,人机物融合智能就是综合应用物联网、移动互联网、通信、大数据、云计算、人工智能等技术,使人类社会、物理世界和信息空间实现互联渗透、相互作用,将智能融入万物,实现无缝对接和协同计算。

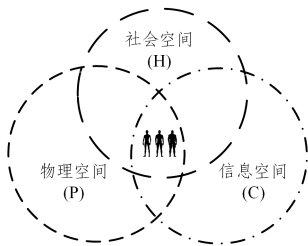


图1 三元融合智能涵盖的三大空间

Fig. 1 Three spaces of ternary fusion intelligence

2 三元融合智能交互关系和特征

2.1 人机物的关系

要实现人机物融合智能,必须在了解人机物关系的基础上促进人机物良性融合交互。由于计算机可以看作一种特殊的物品,人机物关系泛指人们在从事生产生活过程中与计算机和世界万物产生的相互作用关系。从人类进化发展的角度看,人类在劳动过程中不断地改造着自然和人类本身,并不可避免地要与劳动对象发生联系,这种联系广义地称为人机物关系^[7]。

人机物的关系的核心是人机关系,因为这是人机物智能交互的主要形式,甚至在泛计算主义者眼中,万物皆为计算机。解读现代意义下人与计算机的关系,关键在于理解软件的本质。在动态的信息观视角下,软件的本质是人机交互界面,并使计算机更加智能。计算机通过软件携带了人类的意图与智能属性,人机关系更接近于人际关系,基于融合与协同,人与计算机实现了一种共生关系。Licklider在他的论文《人机共生》中提出:“人机共生是在人类与电子计算机之间合

作交互所期待的发展。”从世界观的角度看,人与计算机应彼此协调运作、交互配合,共同完成认识世界、改造世界的目标^[8]。

人机物融合智能需要一种合理、良好的人机关系,当前的人机关系更多地表现为一种从属关系,如奴役关系或工具关系^[9]。但时至今日,以计算机为代表的智能机器已不仅仅是人类的工具,它们已经融入到人类的文化、经济与生活中,延伸了人的器官与知觉,同时将人类拉进了一种融合了虚拟空间和物理空间的信息生态圈,对人类的思维与行为不仅产生重大影响,甚至达到了某种意义上的“控制”。有理由相信,当机器智能发展到一定程度时,机器具备了自主智能性时,人机关系应逐步发展成一种彼此信任、相互合作的伙伴关系,人与机器和其他物体之间都可以通过一种标准化的信息语言进行沟通 and 协作,共同创造一种健康、舒适、安全、高效的开放网络社会。

2.2 特征

随着互联网向物联网延伸而覆盖物理世界,信息世界正在从人机共生转型到人机物三元融合的世界。人机物融合智能是更深层次的人工智能模式,具有如下显著特征。

2.2.1 人机物深度融合

人机物融合智能源自人机融合,而人机融合智能的研究最早源自人机交互这个领域。在人机交互领域,一个重要的研究思路是要求人和机器协同配合、建立充分的理解和信任,人要理解机器的思维方式,机器也要学习人的世界观和价值观,并在设计人机交互系统时考虑彼此的特点和局限。有效的人机智能融合常常意味着将人的思想带给机器,机器需要考虑使用者的个性、习惯和偏好,电脑与心灵相互感应,充分发挥两者的优势,如结合人类的直觉思维能力和机器的信号检测和处理能力等。

2.2.2 深层态势感知

人机物融合智能是在人机融合智能的基础上充分考虑人类所处的自然物理世界,也就是所谓的态势环境。人机物融合智能中的一大技术挑战是深层态势感知。深层态势感知不仅仅是对环境态势的简单感知,更是充分考虑人的喜好和机器能力的深层次认知,既要了解客观环境,还要分析环境、用户和机器之间的相互关系。人机物融合智能系统不仅具备自组织、自适应、自优化特性,还具有他组织和互适应的特点,是一种基于期望-选择-预测-控制闭环的自主智能体。

2.2.3 以人为核心

在人机物智能技术的推动下,未来将会出现人类社会、机器虚拟空间、物理自然空间通过数据信息联通互动、虚实交融的景象,形成以人为中心的人机物三元融合的新社会形态。在这个新的社会形态中,人与机器、人与自然将和谐相处,共生共荣,是一种新型的伙伴关系。随着人机物融合智能研究的发展和應用,人工智能系统将更关注基于情景感知的个性化定制,使用者将在更大程度上参与系统的设计和实现过程,甚至成为该过程的一个重要环节。

3 三元融合智能模型

3.1 关系模型

人机物智能融合系统的核心是在物理环境、信息环境和

社会环境组成的三元世界中,实现人类智能和机器智能的交互融合,系统要素之间的关系模式如图 2 所示。图中,人类通过认知属性对环境进行感知,其认知过程可分为意图层、决策层、感知行为层;机器通过计算属性对外界环境进行感知,其计算感知过程也分为目标层、规划层、感知执行层。关系模型强调人类和机器在同层次以及多层次之间的多尺度融合,强调人类、机器和物理环境三者之间的深度信息交互和智能融合^[6]。

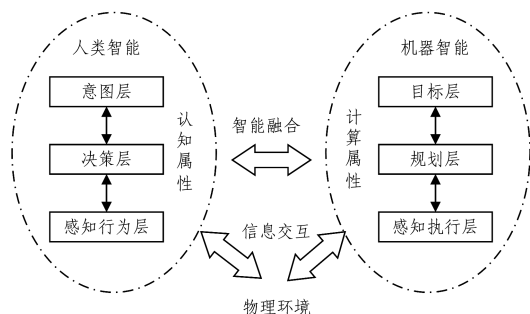


图 2 人机器关系模型
Fig. 2 HCP relation model

3.2 系统模型

如上节描述的人机器融合智能特征,在人机器三元融合系统中,人将处于整个系统的核心环节,全面介入整个系统的所有层次和运转环节,与物理环境和机器系统加强沟通与协作,实现人、智能机器与自然万物在系统全生命周期的融合共生和协调发展。基于这种研究思路,一种可能的人机器三元融合智能系统模型如图 3 所示。该系统模型采用分层架构,自下而上包含态势感知层、认知处理层和目标决策层 3 个层次。

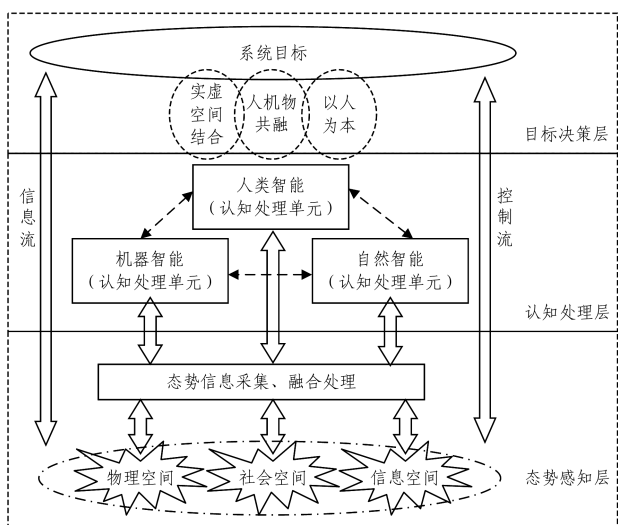


图 3 人机器三元融合智能系统模型
Fig. 3 System model of HCP ternary fusion intelligence

系统模型的最底层是态势感知层,需要综合考虑系统所处的自然物理空间、人类社会空间和机器信息空间,基于物联网、云计算、大数据和 5G 通信等最新信息技术手段采集、处理和融合来自不同空间的数据,形成深层态势感知能力。

第二层是认知处理层,该层是系统模型的核心,一方面需要根据下层获取的态势感知信息了解全局态势,另一方面需要遵循系统的全局优化目标。认知处理层将基于人工智能技术,充分发挥人类智能、机器智能和自然智能的综合效能,包

括机器的存储、计算、搜索能力与人的推理、反馈、联想和学习能力以及自然万物的资源供给和多样适应能力。基于人、机器和自然物的认知处理单元都可根据环境和目标的变化不断学习和调整,并且各个认知单元需要协作行动来优化系统全局目标^[10]。在认知处理层,机器智能、人类智能和自然智能相互融合,协同处理来解决问题。机器有效地支持人完成组织的任务,人有效辅助监管机器执行任务和学习,需要指出的是,不排除在有些情况下,认知处理层由于缺少必要的信息而不得自主作出处理行为,由此导致的系统性能降级称为无知代价,但是带来的好处却是控制开销的减少,并且在获得充足信息后可立即调整决策行为恢复系统性能。

系统模型的最上层是目标决策层,该层将遵循以人为本的系统设计理念,在充分尊重用户个性化需求的基础上根据系统任务和能力资源确定适当的全局优化目标,进而做出科学决策驱动整个系统的良性运转。脱离全局目标的认知处理单元的自主行为可能会导致不期望的后果,例如机器和人的操作目标可能会出现冲突,这时必须在服从全局目标的原则下指导各认知单元的处理行为。如果人机器融合智能系统存在多个优化目标,考虑到优化所有目标难以实现,必须有所取舍,并且每个认知单元必须充分理解全局目标以及各自的能力。

4 实现目标与技术途径

4.1 实现目标

三元融合智能是当前信息科学和社会科学的一次革命,物联网、大数据和人工智能的快速发展和深度应用,使人类社会由简单的人际社会逐渐过渡到人机共生型社会,进而向由多人、多机、多物协调共生的动态开放的三元网络社会发展。

三元融合智能的主要目标是实现人(Human)、机(Machine)和物(Things)的深度融合,构建无所不在的宽带网络以互联所有人与物,缔造以人为中心、人与自然万物和谐共生的新型社会生态系统。在人机器智能融合的社会,希望真正实现每个人自由、全面的发展。每个人都将成为一个中心信息节点,围绕个人兴趣组织、利用信息资源进行生产、生活和创造,在终身教育、创新创业、社交休闲、购物娱乐、医疗健康等方面享受更精准、更舒适、更高质量的服务。

例如,在未来智能家居中,家庭内布署的各种传感器构成的传感网可以监控用户行为以提供辅助或提示信息,此外家庭内的各种智能装置(如家庭服务机器人)可以根据用户需求执行各种操作和完成特定任务。一方面,传感网可以为机器人执行任务提供足够详细的情景信息,而机器人也可以辅助传感网转发数据、增强数据处理能力和节省能量。尽管传感网提供了大量感知信息,但仍需要人提供必要的操作管理。也就是说,机器人、传感网和人需要相互协调来高效完成既定任务,通过了解人的行为和意图,可以花费较小的成本为家庭成员提供尽可能好的服务,减少智能家居系统部署配置的复杂性和时间。

当前,人工智能产生了两种新的发展思路:一是智能自主系统,希望机器能通过感知环境,自主地规划与决策行动;二是人机融合增强智能系统,人和机器通过信息空间紧耦合,形成人机协同共生的智能系统^[11]。可以预见,未来信息服务业必将在人机器三元智能融合的趋势下向普惠计算时代踏步前进,实现高增值、低成本、可持续的普惠信息服务发展目标。

4.2 技术途径

若要实现上述人-机-物三元融合智能的目标,可以考虑采用以下技术途径。

(1) 实现一种以人为本、惠及全民的普惠计算范式

普惠计算是指以全民普惠为目标的计算模式,普惠就是让广大人民群众都能够低成本、高增值、可持续地获得信息技术发展带来的收益;计算包括信息变换过程的各个环节,如信息获取(感知)、传输、处理、存储和展示。具体而言,在普惠计算范式下个人计算需求成为主流服务模式,通过加强人-机-物三元融合,使传统的计算模式从信息空间扩伸延展到人-机-物三元世界,综合利用人类社会(人)、信息空间(机)、物理世界(物)的智力、计算、数据和物质资源,基于云计算、大数据、物联网、移动通信、光子信息等技术支撑,为人民群众提供高性能、低成本、可靠、安全的个性化信息服务^[12]。

(2) 实现一种由人、嵌入式系统(机器)和物理环境构成的开放环境

典型的人-机-物三元世界由人、嵌入式系统和物理环境构成。其中,嵌入式系统用于增强人与物理世界的交互。嵌入式系统通过传感器采集监控人的肢体、心理和思维活动,进而推断用户的意图,将用户意图转换为机器可识别的控制信号,由机器充当人的智能代理辅助人与物理环境的交互活动。最后,人可以根据和物理世界的交互情况来制定调控决策,以此来改善今后的交互过程。为了实现这种开放交互的三元世界,需要在人机交互、受控辅助机器人、虚拟现实、无线体域网、嵌入式系统设计和意图推断算法等一系列研究领域取得突破性进展^[13]。

人-机-物融合交互的核心是人机协同合作衍生出的人机共生智能,即人类智能与机器智能及网络环境相互融合构成的超级智能。人机共生智能在承认人机之间存在冲突的前提下强调人机之间的互动关系,并采用两种技术途径展开:一是“从机到人”,即发展类似于人类智能的人工智能系统,如自主无人系统;二是“从人到机”,未来的人类智能将不再局限在个人的大脑之中,人的心灵边界将会延伸扩展到机器和环境,从而形成一种生物-环境-技术的融合体^[14]。例如,脑机接口等技术的发展将使人的大脑与外部网络计算环境紧密结合成为可能。

5 研究和应用现状

5.1 研究发展现状

进入 21 世纪后,全球各国愈加重视以人工智能为代表的技术革命。2008 年美国率先提出了“智慧地球”的发展理念,基于互联网和物联网,并充分运用超级计算机和云计算,使人类以更加精细、动态的方式工作、学习和生活,从而在世界范围内提升“智慧水平”^[9]。随后,欧盟制定了“物联网行动计划”,日本提出了 U-Japan 计划,韩国也推出了“U-Korea”战略^[15]。2009 年,我国政府提出了“感知中国”的信息技术发展策略,旨在构建“普惠泛在的信息网络体系”^[12]。上述一系列研究计划为人-机-物融合智能的产生和发展奠定了坚实的物质基础。

近年来,人机交互逐渐成为一个重要的研究领域并取得了丰硕成果,人机交互手段从简单的键盘、鼠标和显示屏,发展到智能语音、虚拟现实、大数据可视化、自然语言理解、图像

与视频识别、动作捕捉等新型方式^[16]。在人机交互技术快速发展的同时,人机融合的增强智能系统也已出现,如蓝牙耳机、智能腕表、谷歌眼镜等各种可穿戴设备,人-车共驾系统、脑控或肌控外骨骼机器人、人机协同手术机器人等。

目前,随着物联网和人工智能的发展和應用,人-机-物融合智能的相关研究已引起世界的普遍关注,并促进了新的交叉学科领域形成^[14]。例如,美国哈佛大学已经开展了演进计算研究,美国卡内基梅隆大学也开始了计算思维和计算可持续性的研究,斯坦福大学也将人机相互补偿和增强的智能协同系统列为未来人工智能的重要发展趋势之一。美国国家标准与技术研究院(NIST)发布了“21 世纪网络物理系统的战略研发机遇”战略规划,欧盟批准了未来新兴技术旗舰计划项目“人脑工程”,期望实现人类智能与机器智能的深度融合及协同工作。

近年,中国政府和科研机构积极推动人-机-物三元融合相关研发进程。2007 年,中科院提出了“普惠计算”的新型计算范式,以应对未来数十年的 IT 挑战。2009 年,中科院发布《中国至 2050 年信息科技发展路线图》报告,强调了建设普惠泛在信息网络的重要性,并提出了人-机-物三元世界和信息技术普惠大众的思想^[17]。2011 年,中国科技部和国家自然科学基金委员会出版的《2011—2020 年信息技术发展》战略研究报告展望了人-机-物三元融合智能的发展趋势。2012 年 8 月,中科院启动了“面向感知中国的新一代信息技术研究”战略性先导科技专项,提出针对当前信息系统面临的终端规模可扩展性、海量数据处理、能耗和安全四大根本性挑战,创建满足“人-机-物”三元融合需求的新一代信息技术体系,支撑国家信息化发展的战略需求^[18]。2016 年,中国工程院启动了“中国人工智能 2.0”重大咨询项目,一致认为未来的人工智能将是人、计算机和互联网融合在一起运行的混合智能系统。2017 年 7 月中国发布的《新一代人工智能发展规划》明确提出了人工智能发展的五个新方向,其中之一就是人机混合增强智能,研究融合人工智能计算属性和人的认知属性的强人工智能^[19]。与此同时,国内以中山大学为代表的多所高校和研究机构成了人-机-物智能融合实验室。2018 年 10 月,宁波人工智能产业研究院联合国内 9 家产学研单位牵头设立的全国第一个“人-机-物融合智能创新平台”,将支撑宁波建设贯通物端智能芯片、边缘智能软件平台、先进智能计算平台、工业智能服务平台的创新产业链,并在国内率先形成面向制造业的人-机-物融合智能产业生态。

5.2 应用场景

近年来,随着人工智能的飞速发展,人类社会正向人-机-物三元智能融合型社会迈进,智能工厂、智慧城市和智慧国家等都是在这一历史进程中人-机-物三元融合智能的一些典型应用体现。

5.2.1 智能工厂

当前信息化与工业化协同一体化发展的趋势日益明显,许多国家公布了支持其经济转型的国家工业化发展战略,包括美国的工业互联网、德国的工业 4.0 和中国的制造 2025^[20]。作为实现工业互联网的重要的载体,智能工厂(Intelligent Plant)成为了当前三元融合智能系统研究和应用的一个重要领域。智能工厂是当今工厂在设备智能化、管理现代化、信息计算机化的基础上达到的新阶段,其内容不仅包含

智能设备和自动化系统的集成,还涵盖了智能仓储、智能车间、智能品质管控和企业管理信息化等方面^[21]。

智能工厂作为传统工厂的智能化升级和改造,是典型的人机共存系统。在智能工厂中,采购、运输、加工、生产、库存和销售等传统主要依赖人工操作的流程都将由少量高科技工人协同计算机控制的机器人、计算机数控加工设备、无人运输车和自动化仓库设备共同完成,很多生产车间成为真正的无人车间。智能工厂是智能工业发展的新方向,智能工厂将充分利用人工智能、物联网、大数据技术和云计算技术,提高生产过程的可控性,减少生产流水线的人工干预,引入合理的规划调度,加强信息管理服务^[22]。未来十年,以人工智能技术与先进制造技术的融合应用为支撑,通过增强机器对制造环境与自身状态的感知能力,增强机器设备对人的指令及行为的理解能力,实现生产制造过程中人和机器间的能力互补,对产品和环境变化的快速应变,将形成大幅度提高生产效率的智能化工厂。

5.2.2 智慧城市

自智慧城市(Smart City)概念提出到2010年左右,全球智慧城市建设进度缓慢,源于没有革命性的技术突破。2010年之后,以物联网、大数据、云计算和人工智能为代表的新一代技术开始爆发,开启了智慧城市建设的新时代^[23],例如,欧盟推出的“i2010战略”、德国柏林的“2020年电动汽车行动计划”、巴西的“智慧城市管理系统”、韩国的“U-Korea”、日本的“e-Japan”等,智慧城市建设已被多个国家列入发展战略规划。中国以2012年住建部发布《关于开展国家智慧城市试点工作的通知》为契机,在全国掀起了智慧城市建设的热潮。

智慧城市是基于技术和知识创新引领的城市信息化高级形态,实现信息化、工业化与城镇化深度融合,有助于缓解“大城市病”,提高城镇化质量,实现精细化和动态管理,并提升城市管理成效和改善市民生活质量。智慧城市绝不仅仅是信息技术在城市各行各业的智能化应用,更强调人的智慧参与、以人为本、知识创新和可持续发展等内涵^[24]。智慧城市建设涵盖多个领域,包括但不限于:智慧公共服务、智慧城市综合体、智慧物流体系、智慧制造体系、智慧贸易体系、智慧能源应用体系、智慧社会管理体系、智慧交通体系、智慧健康保障体系、智慧安居服务体系、智慧教育文化服务体系等。

5.2.3 智慧国家

当前,新一轮科技产业变革正推动着人类社会向新的社会形态演进,世界很多发达国家已认识到本轮科技革命的重大意义,相继制定了相关战略规划并展开了相关实践,如德国、英国、韩国、新加坡和日本等^[25-26]。

德国利用坚实的工业基础强力部署“工业4.0”,将制造业向智能化转型,最大化发挥其工业强国的优势^[21]。2014年10月,德国政府发布《新高科技战略》,确定了数字经济与社会、可持续化发展的经济和能源、办公数字化、健康生活、智能交通、公民网络安全六大优先发展领域。2017年3月,英国政府正式发布《数字英国战略》,该战略共涵盖数字化互联、公民数字技能、数字经济、宏观经济数字化、网络安全、数字化政府以及数据利用与保护七大方面。韩国目前不仅拥有全球领先的信息基础设施,而且韩国的信息化建设还在国际上被广泛认为是可借鉴的成功模式。早在2012年9月,韩国就提出了“智慧韩国”的发展目标,明确了5个重点发展领域,包括人

工智能、虚拟现实与增强现实、无人驾驶汽车、轻质材料、智慧城市。2014年,在前期项目“智慧国2015”的基础上,新加坡政府公布了“智慧国家2025”的十年计划。新加坡智慧国家的核心理念是3C:连接(Connect)、收集(Collect)、理解(Comprehend),一方面强调网络互联、数据共享和信息技术广泛深入的应用;另一方面,不仅没有忽略人的因素和作用,反而更加强调人的主观能动性。2016年1月,日本政府首次提出建立高度融合网络空间和物理空间、以人工智能技术为基础、以提供个性化服务为核心的“超智能社会”概念。“超智能社会”以网络空间与物理空间的高度技术融合为基础,人与机器人、物理环境和谐共存,可超越地域、年龄、性别和语言等限制,针对诸多细节与多样化潜在需求及时提供相对应的产品和服务,是能够实现发展经济与解决社会问题相协调的社会形态,也是能够满足人们对高品质生活预期、以人为中心的社会形态。

结束语 当前,人-机-物三元融合智能研究仍然处于起步阶段。在新科技革命的推动下,综合利用人类社会、信息空间、物理世界的资源,通过人-机-物智能技术,将形成以人为本的人-机-物三元融合社会。在人-机-物三元融合社会里面,每个人都成为一个创新的节点和资源组织的节点,可以在一定程度上实现自由而全面的创新、创造和发展。展望今后人类社会的发展,将以发展数字经济、智慧城市、智能社会为抓手,以促进人-机-物三元融合为方向,创新发展模式、生产方式和生活方式,塑造人类永续发展的知识文明形态。要着眼构建人与自然的伙伴关系,将人、自然、技术相结合,建设生态环保的新型智能的社会形态和创新空间。着眼人机共融、同处一个空间、协同工作和生活,建设集成完善的智能型基础设施、共享型网络服务平台、智慧型超级社区、开放型创新环境。着眼示范引领,建设一个功能集成化、交通便捷化、服务智慧化、资源可循环利用的绿色、安全、宜居型城市,成为中国未来城市和区域发展的样板和先锋,引领中国乃至世界的转型发展。

参 考 文 献

- [1] WANG W L. Introduction to artificial intelligence[M]. Beijing: Higher Education Press, 2017.
- [2] LI D Y, YU J. Introduction to artificial intelligence[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2017.
- [3] LIU W. Considerations on some important problems of artificial intelligence[J]. Academic Frontier, 2016, 6(4): 6-11.
- [4] CHARITH P, ARKADY Z, PETER C. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Surveys[J]. IEEE Communication Surveys & Tutorials, 2014, 16(1): 414-430.
- [5] ZHOU J, ZHOU Y H, WANG B C. Human-Cyber-Physical Systems in the Context of New-Generation Intelligent Manufacturing[J]. Engineering, 2019, 5(4): 624-636.
- [6] LIU W. Integration of human and machine intelligence-the future development direction of artificial intelligence [J]. Academic Frontier, 2017, 6(10): 16-21.
- [7] LU H M, LI Y J, CHE N M. Brain Intelligence: Go beyond Artificial Intelligence[J]. Mobile Networks and Applications, 2018, 23(9): 368-375.
- [8] LICKLIDER J C R. Man-Computer Symbiosis[J]. IRE Transactions on Human Factors in Electronics, 1960, 1(3): 4-11.