

DOI:10.13203/j.whugis20170324



文章编号:1671-8860(2017)11-1506-12

智能时代测绘与位置服务领域的挑战与机遇

刘经南^{1,2} 高柯夫^{1,2}

1 武汉大学卫星导航定位技术研究中心,湖北 武汉,430079

2 地球空间信息技术协同创新中心,湖北 武汉,430079

摘要:由人工智能引发的智能革命星火,正向各行各业蔓延,测绘与时空位置服务的相关方法、技术、产业形态和商业模式所面临的挑战与机遇,是值得深入思考的问题。从人工智能的内涵、历程和趋势出发,阐述了对新一代人工智能特征的理解,并对智能时代来临所带来的机遇和挑战进行了分析。聚焦到测绘与位置服务领域,认为其作为行业,不会消失但必须转型,并分析了转型的可能路径;作为学科,不会扩张但须跨界、交叉和融合;作为职业,将会出现蓝领消失,创客、智士领军的局面。测绘与位置服务行业需要充分挖掘自身优势,将系统性思维、时空观思维和创造性思维作为开启智能时代大门的钥匙,才能实现测绘与位置服务行业向绿色、智能、泛在发展的整体转型。

关键词:人工智能;测绘;位置服务;智能时代

中图法分类号:P208; P237.9

文献标志码:A

1997年5月,世界排名第一的国际象棋大师卡斯帕罗夫以2.5:3.5的总比分不敌美国国际商用机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)公司的“深蓝”人工智能(artificial intelligence, AI)程序,在人与AI的智力对抗史上具有里程碑式的意义。然而,此时AI在围棋上的棋力尚不如业余棋手。

2017年5月,Google公司的“阿尔法围棋”(AI程序)以3:0的总比分完胜世界排名第一的围棋大师柯洁,可以说攻克了人类棋类对弈上最后的智力堡垒,大大超出人们的预估。“阿尔法围棋”的团队负责人表示,“阿尔法围棋”在自我对弈中已无需人类棋谱帮助,可以实现自我进步^[1]。其震撼性和带动效应从目前席卷全球的人工智能产业浪潮可见一斑。

20a的时间,硅基的人工智能在特定领域实现了对于碳基的人类智能的某种超越,那么,是否可能实现全领域超越的智能时代成为人们思考的重大问题。

劳动力密集型产业的工人岗位正逐步被工业

机器人取代,司机的职位在未来5~10a将逐步被自动驾驶车辆所取代,医生的外科手术和内科医疗诊断将越来越依赖医疗手术机器人和医疗智能诊断平台的辅助,基于人工智能的个性化、游戏化、沉浸式的在线互动教学模式对于学生的吸引力将迫使教师改进传统课堂教学模式。一名精通法律条文和诉讼流程的律师需要专门知识头脑和阅历的历练,而IBM的“沃森”(AI程序),能够在几秒内完成准确度达90%的法律顾问,比起准确度只有70%的人类律师,既便捷又准确^[2]。

由人工智能引发的智能革命星火,正向各行各业蔓延,行业兴衰和职业更替的周期将越来越短,人们对自己的工作还有多久会被机器取代这一问题值得思考。百度前首席科学家吴恩达曾提出一条准则:如果人类进行一项思考时间少于1s的任务,那么不久的将来或许能用人工智能自动化完成这项任务^[3]。

聚焦到测绘行业,随着智能传感设备和测量设备的精确性、智能性、实时性和可靠性越来越高,以前要由人跋山涉水、手提肩扛甚至冒着生命

收稿日期:2017-10-12

项目资助:国家重点研发计划(2016YFB0501801);中国工程院重大咨询研究项目(2016-ZD-03-07);中央高校基本科研业务费专项资金(2042016kf0051)。

第一作者:刘经南,教授,中国工程院院士,在大地测量坐标系理论、卫星定位应用、软件开发和重大工程应用方面做出了一系列开创性工作,推动了省级及城市连续运行卫星定位服务系统在中国的建设;先后获得5次国家科技进步奖,多次省部级科技进步奖。
jnliu@whu.edu.cn

通讯作者:高柯夫,博士。gao@whu.edu.cn

危险来完成的勘测类工作,以及测绘过程中的数据采集职能,在智能时代将逐步由智能设备或机器人来完成。专职野外型从业人员的需求量从长期看将会逐步萎缩,传统测绘学科的相关知识结构和建设重点也必将有所调整。

与此同时,随着地理空间信息资源的深度融合和地理信息产业的蓬勃发展,测绘对象的范畴也将扩大到陆、海、空、天甚至互联网络及人自身等领域。多尺度、个性化、智能化、全天候的测绘服务型需求会越来越多,又会产生诸如统一时空基准的四维地理信息服务,无时不有、无处不在的泛在位置服务,室内外一体、智能无缝的协同精密定位服务等新职能。

如果说泛在测绘是互联网时代的测绘,那么,在“互联网+”及其之后的人工智能和智能时代,特别是与大数据、云计算、移动互联网、人工智能技术、智能制造技术和机器人技术的结合,测绘与时空位置服务的技术、产业形态和商业模式的机遇与挑战,也是需要深入思考的问题。

1 人工智能及其引爆的智能革命

机器能否有思想或智能,国际上人工智能研究作为一门科学的前沿和交叉学科,尚无统一的定义。人工智能之父之一的马文·明斯基(Marvin Minsky)将其定义为“让机器做本需要人的智能才能够做到的事情的一门科学”。代表人工智能另一条发展路线——符号派的司马贺(Herbert A. Simon)则认为,智能是对符号的操作,最原始的符号对应于物理客体。计算机科学理论奠基人图灵(Turing)在论文《计算机器和智能》中提出了著名的“图灵测试”,即如果一台机器能够与人展开对话(通过电传设备),并且会被人误以为它也是人,那么这台机器就具有智能。

对于人工智能研究所能达到的高度,目前存在 3 种观点:

1) 弱人工智能观点认为不可能制造出能真正地推理和解决问题的智能机器,这些机器只不过看起来像是智能的,只是来改善经济社会发展所需要的一些技术条件和发展功能。

2) 强人工智能观点认为有可能制造出非常接近于人的智能,真正能推理和解决问题,这需要脑科学的突破,即机器与人类一样拥有进行所有工作的可能,关键在于自动地认知和拓展,预计 2050 年达到^[4]。

3) 超人工智能是脑科学和类脑智能有极大发

展后,机器产生了自我意识,并拥有超人的机能和智能等,目前仅存在于文艺作品中,但有不少科学家努力探索超人工智能。

不难看出,目前的研究还处于弱人工智能阶段。回顾人工智能发展历程,从 1956 年达特茅斯会议的召开标志着人工智能研究的开启,历经 60 a,两起两落,每次兴起都是人工智能算法有了新的突破,比如 50 年代神经网络的提出,80 年代反向传播算法的出现。而每次低潮又是计算性能和数据规模的局限,未能满足实际应用的需求,从而导致政府和投资的冷落。自 2013 年始,以深度学习为代表的神经网络算法为核心,在大数据和图形处理器(graphics processing unit, GPU)大规模应用的推动下,在语音识别、图像识别领域达到甚至超过了人类平均水平,迎来了人工智能研究的第 3 次高潮。

人工智能技术在数据生产、采集、存储、计算、传输和应用流程的渗透,随着网络的成熟和泛在而不断加深。核心算法、计算性能、大数据以及应用需求等方面的成熟度同步,形成合力,引爆了一场波及大多数领域的智能革命,受到各国政府的重视和产业投资的追捧,也预示着新智能技术(intelligent technology, IT)时代的到来。

2017 年,著名科技咨询公司 Gartner 发布技术成熟度曲线,其中人工智能相关技术达 12 项,备受市场关注。进入到曲线的人工智能相关技术包括深度学习、强化学习、通用智能、自动驾驶、认知计算、商业无人机、对话用户界面、企业分类法和本体管理、机器学习,智能微尘、智能机器人、智能空间^[5]。Gartner 认为,未来 10 a,随着通用人工智能、神经形态硬件、深度强化学习、量子计算、脑机接口等技术的上升,人工智能将成为最具颠覆性的技术。

2 智能时代的来临及其冲击

互联网的演化正从移动互联网向物联网迈进。与此同时,基于各种网络对广域或全球性物态、事态的感知、认知及对目标、终端设备远程控制的膨胀性需求又激发了物联网向工业互联网(或称信息物理系统)(cyber physical system, CPS)的迈进。大数据的海量累积,不断对更强大的计算能力和更智能的计算方法提出新的要求,新一代人工智能建立在各种前沿技术加速互联互通的基础上,使社会生产和消费从工业化向自动化、智能化转变,人类因此进入到智能时代,这是

科技发展的必然结果。

2017-06-29以“迈向大智能时代”为主题的首届世界智能大会在天津召开。大会发布《天津宣言》，认为以智能科技为代表的新技术革命，其影响之大、渗透之广、植入之深前所未有，智能科技产业形成从宏观到微观各领域的智能化新需求，将重塑全球经济结构，催生新技术、新产品、新产业、新业态、新模式，打造智能经济、智能社会和智能生活。越来越多简单性、重复性、危险性的任务由新一代人工智能完成，个体创造力将得到极大发挥。围绕提高人民生活水平和质量的目标，加快人工智能深度应用，将为我国经济发展注入新动能，形成泛在随动的智能化环境，全社会的智能化治理水平将大幅提升，社会运行更加安全高效，人们能够最大限度享受便捷生活和提升获得感。

同时，智能科技应用与产业发展，将对道德伦理、安全隐私、法律法规、商贸金融以及人才培养、劳动就业、知识产权保护等方面产生影响和冲击，积极应对、主动作为，让智能科技成果更好地服务人类命运共同体，是国际社会的共同责任^[6]。

2.1 智能时代人工智能的特征

经过60多年的演化，特别是在移动互联网、物联网、大数据、云计算、神经科学和脑科学等新理论、新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下，人工智能加速发展，呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征^[7]。

其中，深度学习作为这一波人工智能高潮的代表性技术，极大拓展了人工智能的领域范围。与传统的为解决特定任务、硬编码的软件程序不同，深度学习是用大量的数据来训练模型，通过各种算法从数据中学习如何完成任务。深度学习模型属于机器学习中的神经网络，而神经网络的历史可以追溯到上世纪80年代^[8]，随着各类数据的不断积淀，信息社会演进到大数据时代，才让深度学习重放异彩。深度学习的本质是通过多层非线性变换，从大数据中自动学习统计性特征，深层的结构使其具有极强的表达能力和学习能力，尤其擅长提取复杂的全局特征和上下文信息，而这是浅层模型难以做到的。如今已有数种深度学习框架，如深度神经网络、卷积神经网络、深度置信网络和递归神经网络被应用于计算机视觉、语音识别、自然语言处理、音频识别与生物信息学等领域，并获取了很好甚至超过人类的效果。

跨界融合，则强调了新一代人工智能系统的数据源特征。通过跨界不同类数据的智能融合和

综合算法，提升认知能力和智能决策水平是其宗旨。随着传感设备的日新月异和泛在网络不断演进，自动采集的海量感知数据，随同已有的人工处理数据，被用于训练并驱动人工智能的生成，呈现从文字、图像、音频、视频等单一媒体形态逐步过渡到跨领域、跨类别、跨环境、跨媒体、跨平台、跨层级的多种媒体形态一体化的特征。感知作为信息系统与物理世界的连接纽带，其对物理世界抽象能力的高低和精准度决定了其是否能创造出高级的人工智能系统。未来的AI系统应拥有类人甚至超人的智能感知和跨媒体的感知计算能力，包括类人和超人的主动视觉、自然声学场景的听知觉感知、自然交互环境的言语感知及计算、面向媒体感知的自主学习、大规模感知信息处理与学习引擎、城市全维度智能感知推理引擎等方面^[9]，而如何实现跨界的并发协同和融合处理就成为了研究和应用的关键问题。

人机协同，体现了新一代人工智能在人与机器的交互形态上，呈现由“人机分立”到“人机协同”，最终向“人机合一”发展的总体趋势。机器的信息感知、计算和存储能力已经达到甚至超过人类，然而，在没有人工干预的情况下，机器却缺乏发明出高效优雅算法的能力。“阿尔法围棋”所呈现出来的超强棋力，既来自于强大的机器计算性能，更取决于结合了强化学习与深度学习的人类算法。与其说是机器战胜了人类，不如说是人机协同的增强版让人类战胜了自己。在脑科学领域，左脑被视为逻辑脑和科学脑，右脑则是艺术脑和创造脑。机器在摩尔定律的加持下，可以说已经胜过人类的最强左脑。然而，尚无迹象表明，机器能以某种形式像人类右脑那样进行自主创新、创造和创意活动。自出生起，就习惯于左右脑协同工作的人类，在与机器增强的左脑协同下，将更加专注于右脑功能的开发，并尝试将人的作用或认知模型引入到人工智能系统中，形成混合-增强智能的人机协同形态，从而实现人类与机器的共同进化。

群智开放，体现的是在开放复杂网络信息环境中，新一代人工智能将从强调精英专家的知识模拟走向众包、众创，由下而上、跨层级、跨粒度涌现群体智能的特征。源于对蚁群、蜂群、鱼群、鸟群等社会性生物群体行为的研究，通过复杂系统内部个体之间的局部协同及与环境互动，涌现出在系统规模上才能观察到的新逻辑、新形态和新模式。在互联网环境下，已经有群体计算、参与式感知、社群感知等相关研究，通过互联网组织结构

以竞争和合作等多种自主协同方式来共同应对挑战性任务。未来万物互联的泛在网环境,将人与人、人与物、物与物相互连接,恰如钱学森先生提出的开放式复杂巨系统^[10],借鉴自然界群体智慧的涌现现象,研究整体大于局部之和的机理,将会为开放环境下的复杂系统决策任务的解决提供新途径。大数据驱动下的人工智能系统,将人类知识的智能库与深度学习的机器智能相互赋能增效,形成人机物融合的“群智空间”^[11]。群体智能将有可能成为泛在网智能生态系统的智力内核,从下到上涉及泛在网各层次的所有组织及关系网络。中国拥有全球最大的互联网及移动互联网市场,为群智研究提供了良好的平台基础,推动群智众创服务平台在智能制造、智慧城市、智慧农业、智慧医疗等重要领域广泛应用,将有利于形成群体智能驱动的创新应用系统和创新生态,占据全球价值链高端。

自主操控,体现了新一代人工智能在自主无人系统的智能化水平上接近或达到,甚至在某些方面超过人类的趋势特征。自主无人系统的智能技术,包括无人车、无人机、服务机器人、空间机器人、海洋机器人、无人车间和智能工厂等^[12]。未来 10~20 a,中国城市轨道交通及高速铁路的全自动无人驾驶将逐步推进,无人驾驶车辆在局部地区和环境将实现商业化应用,无人机将实现多行业规模化、产业化应用。自主无人系统产业将有效缓解中国“人口红利”消失对经济发展的冲击,成为世界经济进步的新引擎,在空间探测、深海探测、极地科考等军民融合领域发挥重要作用。同时,中国已迈入老龄化社会的门槛,随着自主无人系统的复杂动态场景感知与理解、实时姿态调整和精准定位、面向复杂环境的适应性协同精密导航等关键技术的飞速发展,服务型机器人将大量进入家庭,届时,拥有 3.5 亿个家庭的中国,家庭服务机器人的销量将如现在的手机一样,保守估计也有上亿台,而全世界总需求量将达到几十亿台。这个以万亿美元计的未来大市场不仅将包括目前计算机、无线通信、网络和软件在内的种种上游资源,单是催生出的机器人维修与配套市场就难以想象其规模。日、美、欧和中国的业界专家们都已预见到,这将是未来多年间,任何产业也无法比拟的大市场。

2.2 智能时代的机遇

新一代人工智能相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件升级等整体推进,正在引发链式突破,推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能

化加速跃升。目前,各国均在政策层面强调和推动人工智能的发展,力争抢占产业技术的制高点。

美国于 2016 年 10 月发布了《为人工智能的未来做好准备》《国家人工智能研究与发展战略规划》两份报告,将人工智能上升到美国国家战略高度,确定了美国在人工智能领域 7 项长期战略^[13];欧盟主攻以超级计算机技术来模拟脑功能,启动“人脑项目”,并在人工智能立法方面未雨绸缪;英国科学和技术委员会于 2016 年 10 月发布《机器人和人工智能》的报告,呼吁政府介入监管和建立领导体制。2017 年 1 月,英国政府宣布了“现代工业战略”,增加的 47 亿英镑的研发资金将用在人工智能、智慧能源技术、机器人技术和 5G 通信等领域;日本依托在智能机器人领域的全球领先地位,于 2015 年提出了“世界机器人创新基地”“世界第一的机器人应用国家”“迈向世界领先的机器人新时代”3 大核心目标,并制定了五年计划。2016 年日本政府提出名为“超级智能社会”的未来社会构想,并于 2017 年制定了人工智能产业化路线图。

国内近几年也出台了扶植人工智能发展的相关政策,如国务院发布的《中国制造 2025》提出加快发展智能制造装备和产品,《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》明确提出人工智能作为 11 个重点布局的领域之一,《“十三五”国家科技创新规划》中智能制造和机器人成为“科技创新-2030 项目”重大工程之一等政策文件,积极推动人工智能在各个细分领域的渗透。2017 年 7 月 8 日,中国首部国家级人工智能发展规划——《新一代人工智能发展规划》由国务院印发,标志着新一代人工智能发展提升到国家战略层面。

目前,中国在全球人工智能方面的研究和应用处于第一梯队。从全球人工智能申请专利数量来看,美国、中国、日本位列前三,且数量级接近,3 国占总体专利的 73.85%。位列第 4 的德国人工智能专利数量仅为中国的 27.8%,美国的 16.8%^[14]。

全球人工智能企业数量集中分布在美国、中国、英国等少数国家,3 国企业数量占总数的 65.73%。与人工智能企业分布相同,美、中、英 3 国融资规模为全球最大,但三者间的规模差距较大,美国为英国的 21.9 倍、中国的 6.96 倍。

加速积累的技术能力与海量的数据资源、巨大的应用需求、开放的市场环境有机结合,是中国人工智能发展的独特优势。目前,中国在人工智能领域的国际科技论文发表量和发明专利授权量

已居世界第二,语音、视觉识别技术已处于国际领先水平。人工智能创新创业日益活跃,一批龙头企业加速成长,在国际上获得广泛关注和认可。中国具备了领先人工智能领域的所有要素,包括政府资助、人口众多、研究界活跃,以及一个期待技术变革的社会。人工智能的研究和应用,将为中国的产业升级和供给侧改革创造“换道超车”的机遇期。

2.3 智能时代的冲击和挑战

人工智能是影响面巨大的颠覆性技术,可能带来就业结构的改变、新的阶层分化、冲击法律与社会伦理、侵犯个人隐私、挑战国际关系准则和权力格局等问题,将对政府管理、经济安全、社会稳定乃至全球治理产生深远影响。例如,如果人工智能的决策导致意外甚至犯罪,谁应当对其负责,人工智能创作的知识产权归谁所有,人工智能研发人员有哪些法律权利与义务,谁可以拥有个人数据,数据应以何种方式共享而又能保护隐私,面对日趋严峻的网络安全攻击又该如何保护数据安全,一旦人工智能拥有超级能力,又该用哪些措施进行管控,海量数据规模和算法复杂度的提升带来的高耗能如何解决等问题。

因此,必须高度重视可能带来的安全风险,加强前瞻预防与约束引导,最大限度降低风险,确保人工智能安全、可靠、可控发展,有效保障国家安全和个人隐私。史蒂芬·霍金、伊隆·马斯克及超过1 000名人工智能和机器人研究员曾共同签署请愿信,要求禁止在战争中使用人工智能,并警告“自动化武器”可能带来可怕灾难^[15]。人类需要通过类似核安全公约一样强有力的国际公约,来确保人工智能系统的和平使用,以保障世界各国的安全。一些国家原本期待快速增长的人口能够推动劳动力密集型经济的发展,如印度。但如果这样的大国,让大量人力工作岗位被机器取代,将加大国家间的发展鸿沟,甚至可能出现新的社会动荡。机器智能在信息多元、数据体量、决策效能等方面远优于人类,这一优势可能会被掌握其技术的企业用以诱导甚至控制不同人群的行为习惯,人类如何保持行为与决策的自主地位,都是值得深刻思考的问题。

另一方面,虽然中国的人工智能研究和应用热度很高,还必须清醒地认识到中国人工智能整体发展水平与发达国家相比仍存在差距,缺少重大原创成果,在基础理论、核心算法以及关键设备、高端芯片、重大产品与系统、基础材料、元器件、平台软件与接口等方面差距较大。有行业影

响的人工智能开发平台和产业生态尚未形成,也没有产生世界知名的人工智能重大产品,缺乏支持行业发展的试验平台和数据集,适应人工智能发展的基础设施、政策法规、标准体系亟待完善。

人工智能尖端人才同样远远不能满足需求。人工智能领域的竞争,主要体现为人才之争。只有投入更多的科研人员,不断加强基础研究,才会获得更多的智能技术。中国企业的人工智能转型,不仅需要依靠研发费用和研发人员规模上的持续投入,还应该加大基础学科的人才培养,尤其是在算法和计算性能领域。一些企业可以通过学习国外先进的产品和技术,充分发挥国内的研发成本优势和行业风险把握优势等,来获得在中国乃至国际市场份额的突破。

为应对智能时代的上述冲击和挑战,《新一代人工智能发展规划》给出了较系统的研发部署:瞄准应用目标明确、有望引领人工智能技术升级的基础理论方向,加强大数据智能、跨媒体感知计算、人机混合智能、群体智能、自主协同与决策等基础理论研究。布局前沿基础理论研究,针对可能引发人工智能范式变革的方向,前瞻布局高级机器学习、类脑智能计算、量子智能计算等跨领域基础理论研究。开展跨学科探索性研究,推动人工智能与神经科学、认知科学、量子科学、心理学、数学、经济学、社会学等相关基础学科的交叉融合,加强引领人工智能算法、模型发展的数学基础理论研究,重视人工智能法律伦理的基础理论问题研究。

《新一代人工智能发展规划》还明确了中国发展人工智能的“三步走”战略:到2020年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步;到2025年人工智能基础理论实现重大突破,部分技术与应用达到世界领先水平;到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,成为世界主要人工智能创新中心。“三步走”战略作为国家层面的顶层设计,为中国在人工智能领域达到世界领先水平树立了明确的发展目标。

3 智能时代的测绘与位置服务的机遇与挑战

人工智能和智能时代的到来,意味着颠覆性的技术革命和传统性观念的革新,智能时代的测绘与位置服务领域同样需要重新审视自己,以应对未来的机遇与挑战。

3.1 作为行业,不会消失,但须转型

时间和空间位置是人类生存和发展一切活动的基础,人类永远需要了解基于时空位置的生存和发展环境,永远需要获取时空位置对地球、太空进行层次观测。因此,测绘与位置服务作为一个行业是不会在智能化浪潮的冲击下消失的。

另外,了解自身生存和发展环境的现状和变化,并与环境相适相生,是人类生存和发展的重要演化动力。随着科技的发展和社会的进步,人类对时空位置信息的需求从事后走向实时和瞬间,从静态走向动态和高速,从粗略走向精准和完备,从陆地走向海洋和天空,从区域走向广域和全球,从地球走向深空和宇宙。目前,正从实体空间走向虚拟网络空间,从自然走向人类社会和人自身。为满足这些广泛而巨大的新需求所带来的机遇与挑战,测绘与位置服务行业必须推进本身的转型升级。否则,不进则退,生存空间将会越来越小。

测绘与位置服务行业曾借助计算机技术实现了从模拟到数字的转型,借助互联网和移动互联网技术,又实现了信息化的转型。如今,借助卫星定位和遥感等技术,测绘与位置服务在准确性、实时性、可靠性、泛在性、可持续性方面的能力不断提高,再融合云计算和大数据技术,正在实现从传统测绘到泛在测绘的新一轮转型^[16]。智能化革命浪潮冲击下的测绘与位置服务行业,又产生了向智能化转型的新需求。由此,构成了泛在化和智能化双重转型的复杂叠加。显然,若测绘与位置服务行业的内涵和外延不与时俱进,必将制约这一双重转型的成功而造成行业的衰退。

本文认为,对于测绘与位置服务行业转型中其内涵作用的认识,就是要深刻体会作为产生和获取时空位置大数据的行业,测绘与位置服务的优势如何发挥,而作为人工智能和智能革命中数据、算法、计算能力三大支柱的基础支撑,时空位置大数据的顶梁柱作用又如何发挥。另外,从同类和跨界的不同类大数据中找出数据间的关联,直接发现事物的结果并找出其原因是大数据智能的思维模式和处事哲学,是支撑智能决策的核心。而时空位置的关联始终是获取数据间关联的最普适、最可信、最坚强的关联。因此,时空位置大数据的智能发掘和利用,其共享方式和规则将是测绘与位置服务行业转型绕不开的机遇与挑战。另一方面,对测绘与位置服务行业外延在转型中作用的认识,就是测绘与位置服务行业及其信息和数据必须实现跨界融合,并遵循群智开放。跨界融合和群智开放既是组织行为学上 21 世纪的最

伟大创新,也是人工智能当前发展加速的最关键特征。

例如,对未来自动驾驶或无人驾驶汽车而言,价格便宜的厘米级精度卫星导航接收机、高精度低漂移惯导、前视后视和侧视摄像机和激光雷达等是其标配,它们既是汽车行驶时的场景感知设备,又都是高精度实时泛在测绘设备,能够产生全天候、全道路实时场景及车流、人流实时状态大数据。测绘与位置服务行业占有直接提供精准时空基准服务的先机,还有这些数据融合处理获取三维高分辨率视频数据的长期积累,如何构建好实时、无缝、可靠、高精度的位置服务平台满足百万、千万级自动或无人驾驶用户的需求,如何跨界共享这些数据,如何通过众包、众筹的群智开放,利用这些数据支持众创进一步开发智能产品,满足大众和社会各界的需求就是测绘与位置服务行业现在就要规划的行业转型目标和任务。

在测绘与位置服务向智能化转型的过程中,规划建设一批智能化新型基础设施迫在眉睫。

1) 建立新型的一体化智能测绘与位置服务基础设施。包括建立对地观测智能感知的基础设施(陆海空天环境感知网),形成低轨遥感卫星或可附加导航增强与通信信号组成的太空平台,区域性定点遥感高空平台,区域性中空和低空移动遥感平台,作为地基增强时空位置基准的卫星连续运行参考站和作为地基感知网平台的物联网,共同感知地球表层信息,即事件、目标、信息的特征及其发生的时间和位置状态及其变化。这些信息和数据是产生智能活动的前提条件和必要条件,也是测绘实现从静态感知获取信息到动态感知、从定时动态感知到实时和永久性监测的转型所必须建立的基础设施,如图 1 所示。

2) 构建测绘行业大脑。在构建上述对地观测智能感知基础设施以获取信息和数据的基础上,智能时代的测绘与位置服务也必须将感知提升到高级认知阶段。一方面要通过信息、数据和人工智能满足传统测绘所需要的地物、地貌分类等认知,并用图示符号或编码体系表征其数学和物理特征。另一方面要利用已有的卫星定位地基增强网络获取实时、精准、连续的时空位置大数据与其他行业数据跨界融合,通过深度学习、群智开放等技术手段为各行各业和相关大众提供高精度位置基准服务、跨界时空信息监控和管控智能化服务。因此,测绘大脑在功能上应具备:(1)记忆和思维能力。能简约或按需动态存储感知到的外部事件的历史和现状,存储前人思维产生的知识,同时能

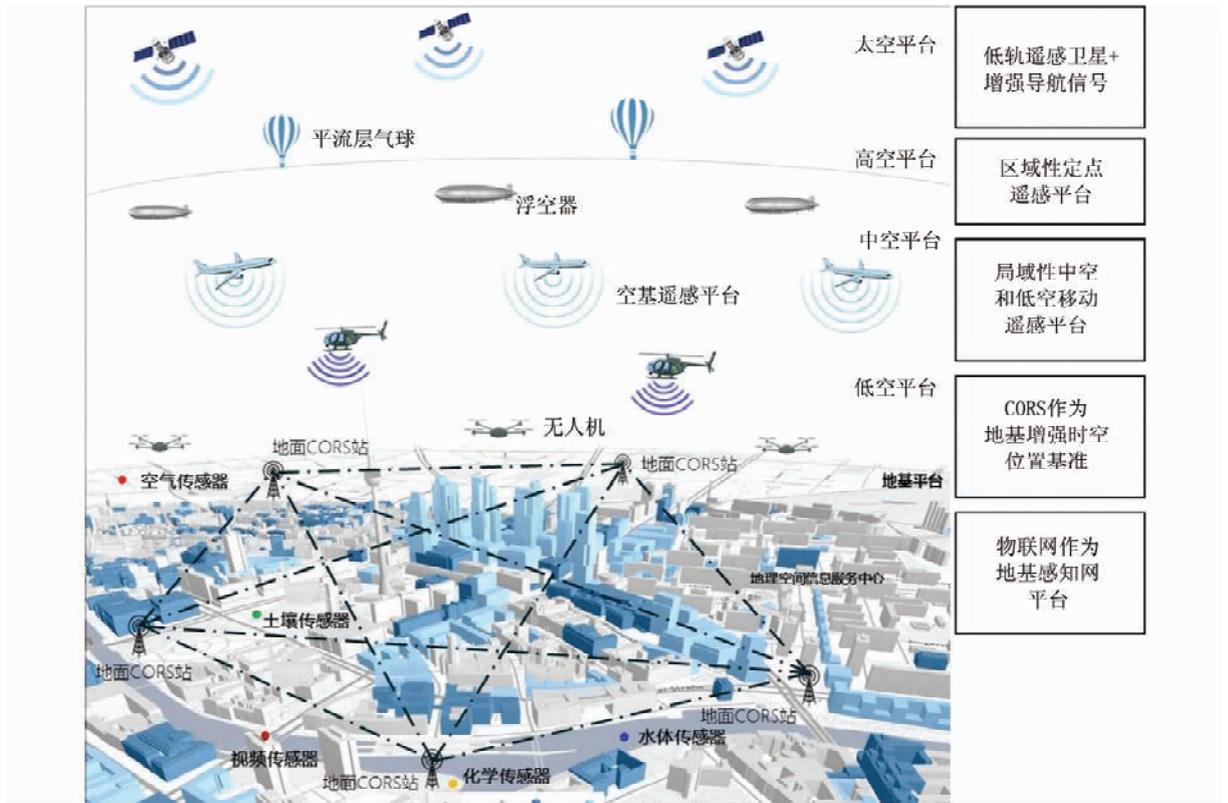


图1 对地观测的智能感知基础设施

Fig. 1 Intelligent Perceptual Infrastructure for Earth Observations

够利用已有的知识对过去和现在的信息特征状态进行分析、计算、比较、判断、联想,形成新的知识,并利用动态信息和新的认知在指定的时间点做出改变事件、目标位置、姿态或状态的决策与控制。(2)学习能力和自适应能力。通过事件、目标与环境的相互作用,不断学习积累经验和知识,使其自身能够适应环境变化,这些变化多与时间和位置相关。(3)管控决策能力。对外界的感知所形成的刺激做出反应,形成决策并传达相应管控的信息。(4)智慧化能力。更强的感知能力、记忆和思维能力、学习和自适应能力、决策管控能力,进而拥有预测和预判的能力。

拥有了这些能力的智能化硬件环境可以构成测绘大脑,物联网可看作与大脑中枢神经系统及其控制连接的感觉神经系统和运动神经系统,通过终端节点具有感知和控制能力。一体化的陆海空天网信息基础设施构成了大脑的信息传输通路。大数据则是测绘大脑各神经系统在运转过程中传输和计算的信息源。过去50年随着互联网的快速扩张而数据量急速膨胀,未来的数据体量将为测绘大脑形成人工智能知识池提供充分的原材料。云计算则可看作测绘大脑的中枢神经系统,它通过服务器、网络操作系统、神经元网络、大

数据和基于大数据的人工智能算法对测绘大脑的其他组成部分提供计算能力。人工智能算法则作为测绘大脑产生智能的核心思维方法,不仅通过算法如深度学习和机器学习与大数据结合,也运用到测绘大脑的神经末梢、神经网络和智能终端中,使得各个神经系统同时提升认知能力。

测绘大脑的硬件环境是依托于互联网、专有云和公有云的协同,并通过互联网和物联网实现对端、对事物和目标(人或物)的管控。随着人类对脑结构及其功能认知的深化,测绘大脑的硬软件环境也将随之进化。其结构如图2所示。

3.2 作为学科,不会扩张,但须跨界

测绘学科从来都是先导性、基础性学科,而不是主导性、主干性学科。其先导性、基础性使其不会消亡,其非主导性、非主干性使其也不会过度扩张。但在信息时代,特别是互联网、物联网阶段,跨界则生、守成则死,善处则生、孤高则死。抓住信息时代对时空位置服务的需求,实现学科间的交叉和知识内涵的跨界融合,服务于行业跨界需求,是学科发展之道。应鼓励测绘学科在原有基础上拓宽人工智能专业教育内容,形成“测绘+人工智能”跨学科专业培养新模式。

人工智能是基于数据和算法解决不确定性的

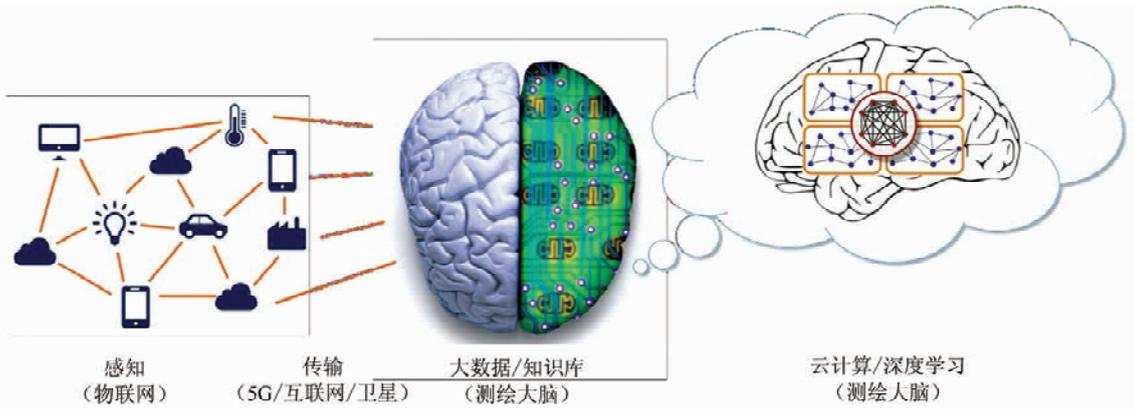


图 2 测绘大脑框架示意图

Fig. 2 Framework of Surveying and Mapping Brain

理性判断工具,随着其应用领域不断扩大,其与数学等自然科学、计算机等技术科学的交叉融合将越来越深,构成许多跨界融合的工具性智能方法模块。这些工具性模块也使得测绘学科与其他自然科学及技术科学的跨界融合越来越容易。另一方面,解决人类生存问题的各类工程,除了需要科学技术支撑之外,还必须融合如艺术、哲学、心理学、人类学、社会学、政治学、组织管理学等学科的知识、经验和思维方式,才能建造一个符合生态需求、人文和社会需求的现代化、智能化工程。而这些人文学科或创意性强,或影响因素复杂多变,或相应大数据不够充分,使得不确定性更高,跨界融合工具性模块等智能方法一时较难形成。因此,作为工程学科的测绘学科研究者,还必须具备人文社会科学的相应知识基础和思维方式,使思维更富想象力,更具发散性,更有创意感,更有法规意识,更有文化内涵,更有生态观念,才能满足现代工程对人才能力和素质的要求。

3.3 作为职业,蓝领消失,创客、智士领军

随着智能传感设备和测量设备的精确性、智能性、实时性和可靠性越来越高,以前要由人跋山涉水、手提肩扛甚至冒着生命危险来完成的勘测工作,在智能时代将逐步由智能设备或机器人来完成。特别是地球空间信息智能感知网络的形成和成熟,专职数据采集型的蓝领从业人员,需求量将会逐步萎缩,甚至消失。

大数据的发掘、应用和服务是需要创意的。创意是一切创新、创造、创业的灵感和先导。善于结合测绘行业和跨界服务发展需求,开展创意构思,善于运用已有的开放源代码智能软件、深度学习软件构建新的智能应用,善于运用众筹开发多种应用型智能软件、智能装备的创客将引领潮流;善于捕捉市场机遇,利用大数据资源开发互联网

新应用的极客将成为新科技的弄潮儿;善于思考测绘未来发展智能模式,提出解决方案的智士将成为新的行业领军人物。

4 智能时代的测绘与位置服务的机遇

4.1 智能时代测绘行业的优势

测绘行业掌握了时空位置数据的基准:法律地位上的空间位置基准^[17],应用意义上的时间同步基准,对于经济民生、节能减排、国家安全、社会治理等领域是至关重要的基础支撑。测绘行业有时空位置基准的法律主导解释权,时空位置数据精确性、特征性、复杂性标准的制定权,在一定领域里,对于中国在国际上获得相关话语权举足轻重。

测绘行业已建立了位置大数据产生、获取、感知和服务的基础设施以及新的类似基础设施的法律上的管辖权,可以为政府治理、公共服务、产业发展、技术研发等领域提供时空大数据基础信息数据库,依托国家数据共享交换平台、数据开放平台等公共基础设施,通过整合社会各类数据平台和数据中心资源,可以形成覆盖全国、布局合理、链接畅通的一体化服务能力,为国家经济建设和社会治理大数据应用提供基础设施支撑。此外,测绘行业通过服务也能够掌握交通流、人流、物流等重要的时空信息流。随着技术进步,时空位置作为时空基准必将进入移动和工业互联网领域,对资金流、信息流、能源流这些数据流也能提供管控和协同服务的能力,因而承载着最有价值的,涉及经济、社会、文化、国家安全乃至政治和个人的地理信息和时空位置信息。总之,测绘行业有跨界合作的广泛机遇,智能道路就会越走越宽;反

之,利用行业优势,心怀管控之私,智能道路则会越走越窄,优势终将失去。

4.2 智能时代测绘行业的机遇举例

智能时代测绘行业的机遇源于不断增长的时空位置服务需求,例如位置服务的范畴将不局限于地球表层信息,还将涵盖到人体本身(如智能虚拟个人的建立和服务,时空环境对特殊人群影响,流行疾病的时空特征分布等),建立与人体的动态和姿态变化相适应的人体时空参考框架,并实现传感生命体征的参数与人体器官健康运行宏观和微观状态的精准融合。在位置服务的范畴涵盖到人体本身之后,对于医疗的认知度和精准度将提升到一个新的层次。位置服务将作为精准医疗的动态时空基础,对于医疗方式、医养模式和医院智慧管理带来深远影响。

此外,加快培育具有重大引领带动作用的人工智能产业,促进人工智能与各产业领域深度融合,形成数据驱动、人机协同、跨界融合、共创共享的智慧经济形态,也将是未来的重要趋势之一。

智慧经济就是创意、创新、创造、创业经济,是创新性知识在产业经济中占主导、创意产业成为龙头的知识经济形态,包含智慧城市、智能交通、智慧农业、智慧医疗、智慧能源等^[18]。如智能交通,就是要对与道路、车辆、人及环境相关的位置数据进行全面感知(实现人、车、路、环境全面互联),对每一条道路进行交通全时空感控,对每一辆汽车进行交通运行全过程管控(进路控制、运行控制、出路控制、安全控制)。其核心就是建立具有智能精准控制的车联网和智能网联汽车。因此,智能精准控制的车联网就是一个提供精准时空位置服务的CPS网络,远程时空位置精准协同控制是其必备需求。

互联网和通信网络的能源消耗和其降耗问题也是“互联网+”必须面临的另一巨大挑战。据美国国家矿业协会资助的一项研究显示^[19],全球移动通信网络每年耗电达1.5万亿千瓦时,相当于德国和日本用电的总和,达到全球发电总量的10%以上,比航空业耗能还要多出50%。

随着各个行业互联网化发展趋势的日益明显,网络基础设施建设、维持和更新所占耗能将会越来越大。采用北斗系统作为授时源进行时间同步,不仅可以实现网络时间同步精度从目前的城域范围毫秒级和广域范围微秒级到全球范围纳秒级的飞跃,而且可以简化时间同步(授时源-时间传送-时间分配)的流程。如果能做到互联网中的每一关键节点(如基站、网关、路由、服务器等)设

备都加载北斗时间位置测量模块,实现高精度的时钟同步和位置感知,时钟同步的设备将能够在没有通信的情况下进行协作,极大地提高网络数据传输效率,减轻网络带宽负荷,减少网络延迟以及数据包丢失,降低设备尤其是无线设备的功耗。

新的智慧经济业态也会给测绘行业带来新的机遇。比如共享经济、非场所经济等,基于泛在位置服务、CPS以及移动智能移动终端实现人-机-脑融合和远程感控,可实现非现场劳动,使人们从固定劳动时间和固定场所中解放出来,释放智慧劳动的效能,这也是人类智慧生活的开始。智慧生活拓展了人们非现场的活动时空,将出现非现场的工作、交流和交易。这些都极大地依赖于时间和空间位置信息的智能化获取。

4.3 测绘行业把握机遇的钥匙

逻辑思维,奠定了古希腊和欧洲高度发达的思辨文化。牛顿机械论思维,引发了人类的第一次科技革命。相对论思维和不确定性思维,驱使人类进入了信息时代。互联网时代则诞生了以大数据、零距离、趋透明、慧分享、便操作、惠众生为主要特征的互联网思维^[20]。随着4G/5G通信的发展,手机等移动设备的迅速普及,移动互联网时代又有了以去中心化和伙伴经济为特征的移动互联网思维。本文认为,到了人工智能时代,以下3个思维方式将成为测绘行业开启智能时代大门的钥匙。

1) 系统性思维是智能时代最为重要的思维方式。在物理层面,融合的高效智能算法、节能设计、软硬件芯片化集成将是必然的趋势。融传感器、模数转化、中央处理器、控制器于一体的系统级封装(system in package, SIP)是微型化从感知到认知,再到反馈控制集成智能终端的普遍形式。人工智能的本质也是服务,硬件只是服务的载体,最好的人工智能服务会成为云端的服务、“隐形”的服务,而硬件将高度集成化、微缩化。如随着自然语音处理技术的成熟,会话式用户界面极可能成为下一代智能服务的入口,这是一个足以颠覆搜索引擎和移动应用程序的应用场景^[21]。另外,跨界融合、群智开放、共享经济等都需要思维方式的整体性和系统性。

2) 时空观思维在智能时代将贯穿宏观和微观两个层面。智能发展的目的是让其为人类发展种种难题提供多维的,即古今中外不同区域、不同文化、不同思想与智慧的解决思路。因此,需要从历史时间维度、地理空间维度、文化哲学维度采集和建立数据、经验和知识等各类大数据,通过人工智

能方法为难题的解决提供智慧。这就是智能时代需要的时空观思维。要对数百年的老行业,特别是数十年的新行业的经验与知识建库;要对跨世界各洲、各国相关行业、企业的经验、知识、专家进行建库,为建立测绘大脑提供知识养料。泛在测绘在时空域上也有宏观和微观两个发展方向,测绘界对精准位置的应用与服务已有精到的认识,当今要把时间特别是精准时间应用与服务作为泛在测绘的主要任务。就时空观而言,在宏观上,所谓不谋万世者,不足以谋一时,不谋全局者,不足以谋一域;在微观上,所谓不积跬步无以至千里,不积分秒,难以成大事。

3) 创意性思维。智慧经济就是创意、创新、创造、创业经济,是创新性知识在产业经济中占主导、创意产业成为龙头的知识经济形态。人工智能驱动创意革命时代的到来,数据和知识将成为经济增长的第一要素,人机协同成为主流生产和服务方式,跨界融合成为重要经济模式,共创共享成为经济生态基本特征,个性化需求与定制成为消费新潮流。因此,在泛在测绘的应用层面,还需要有创意思维。做到“跟着兴趣走”,即把兴趣、探索、创意作为智能与智慧产生的源动力;“跟着感觉走”,即感知作为智能的数据基础;“跟着认知走”,即把认知的不断完善作为智能与智慧化的核心。正如 GPS 的首任总设计师帕金森教授所指出的:全球卫星导航系统同时提供时空位置解决方案,它的应用只受人们想象力的限制。

5 结 语

智能时代的来临所带来的巨大挑战与机遇是空前的,将引起未来至少五十年的产业变革、社会变革、权力格局变革、资源分配变革及思维模式变革。每个国家、区域、行业的领导者和个人都必须认真思考,积极应对,既做一个推动发展的积极参与者,也做一个消解负面影响的清醒批判者。

在智能变革时代,行业的转型、资源的重组、权力格局的变化、智能主导权对人的行为、思维的变化与自主决策的影响,是对行业和个人最大的挑战。

测绘与位置服务行业应牢牢把握时空位置服务在基础设施、数据资源和法律标准的掌控优势,转变思维方式,树立系统性思维、时空观思维和创意性思维,通过跨界融合,服务社会,服务国家安全,争取智能化的主导权,实现测绘与位置服务向绿色、智能、泛在发展的整体转型。

参 考 文 献

- [1] Deepmind Corporation. Full Length Games for Go Players to Enjoy [EB/OL]. <https://deepmind.com/research/alphago/alphago-vs-alphago-self-play-games/>, 2017
- [2] Hudson A. ‘40% of Jobs’ Taken by Robots by 2030 but AI Companies Say They’re Here to Help [EB/OL]. <http://metro.co.uk/2017/05/10/40-of-jobs-taken-by-robots-by-2030-but-ai-companies-say-theyre-here-to-help-6628469/>, 2017
- [3] Ng A. What Artificial Intelligence can and can’t Do Right Now [EB/OL]. <https://hbr.org/2016/11/what-artificial-intelligence-can-and-cant-do-right-now>, 2016
- [4] Oltermann P. Jürgen Schmidhuber on the Robot Future: “They Will Pay as Much Attention to us as We Do to Ants” [EB/OL]. <https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/18/robot-man-artificial-intelligence-computer-milky-way>, 2017
- [5] Gartner Corporation. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 [EB/OL]. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>, 2017
- [6] Mao Zhenhua, Li Kun. World Intelligence Conference Issued the “Tianjin Declaration” Called for Creating Intelligent Technology to Build Intelligent Economy [EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/tech/2017-06/30/c_1121243621.htm, 2017 (毛振华,李鲲.世界智能大会发表《天津宣言》呼吁共创智能科技共建智能经济 [EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/tech/2017-06/30/c_1121243621.htm, 2017)
- [7] The State Council. Notice of the State Council on Printing and Distributing a New Generation of Artificial Intelligence Development Plan [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017 (国务院.国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017)
- [8] Ciucci F. Deep Learning Is Not the AI Future [EB/OL]. <https://www.linkedin.com/pulse/deep-learning-ai-future-fabio-ciucci>, 2017
- [9] Tian Y, Chen X, Xiong H, et al. Towards Human-Like and Transhuman Perception in AI 2.0: A Review [J]. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 2017(1): 58-68
- [10] Qian Xuesen. Open and Complex Giant System Re-

- view[J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 1991(1):1-4(钱学森. 再谈开放的复杂巨系统[J]. 模式识别与人工智能, 1991(1):1-4)
- [11] Li Wei, Wu Wenjun. Swarm Intelligence: An Important Direction for New Generation of Artificial Intelligence[EB/OL]. http://stdaily.com/index/kejixinwen/2017-08/03/content_564559.shtml, 2017(李未, 吴文峻. 群体智能: 新一代人工智能的重要方向[EB/OL]. http://stdaily.com/index/kejixinwen/2017-08/03/content_564559.shtml, 2017)
- [12] Zhang T, Li Q, Zhang C, et al. Development Trend of Intelligent Unmanned System [J]. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 2017(1): 68-86
- [13] Xinhua Net. Artificial Intelligence Power Strategy [EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/globe/2017-03/29/c_136168263.htm, 2017(新华网. 人工智能大国战略[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/globe/2017-03/29/c_136168263.htm, 2017)
- [14] Wuzhen Think Tank. Wuzhen Index: Global Artificial Intelligence Development Report 2016 [EB/OL]. <http://sike.news.cn/hot/pdf/10.pdf>, 2016(乌镇智库. 乌镇指数: 全球人工智能发展报告2016[EB/OL]. <http://sike.news.cn/hot/pdf/10.pdf>, 2016)
- [15] Bao Damin. Five Strategies for Future Development of Chinese Artificial Intelligence[EB/OL]. <http://www.iyiou.com/p/47545>, 2017(鲍达民. 中国人工智能未来发展的五大战略[EB/OL]. <http://www.iyiou.com/p/47545>, 2017)
- [16] Liu Jingnan. The Concept and Development of Ubiquitous Mapping & Surveying and Ubiquitous Positioning[J]. *Digital Communication World*, 2011(S1):28-30(刘经南. 泛在测绘与泛在定位的概念与发展[J]. 数字通信世界, 2011(S1):28-30)
- [17] The National People's Congress of the People's Republic of China. Surveying and Mapping Law for People's Republic of China [EB/OL]. http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-04/27/content_2020927.htm, 2017(中国人大网. 中华人民共和国测绘法[EB/OL]. http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-04/27/content_2020927.htm, 2017)
- [18] Chen Shiqing. What Is Intelligent Economy[J]. *Business Culture*, 2016(29): 14-16(陈世清. 什么是智慧经济[J]. 商业文化, 2016(29): 14-16)
- [19] Vereecken W, van Heddeghem W, Deruyck M, et al. Power Consumption in Telecommunication Networks: Overview and Reduction Strategies [J]. *IEEE Communications Magazine*, 2011, 49(6): 62-69
- [20] Chiang J, Lin C. A Bite of China: Is 'Internet Thinking' a Fad? [EB/OL]. <https://www.forbes.com/sites/ceibs/2014/05/20/a-bite-of-china-is-internet-thinking-a-fad/#2eb5c7e1a817>, 2014
- [21] Mallya H. How Google Is Going from Mobile-First to AI-First While Competition Heats Up[EB/OL]. <https://yourstory.com/2016/10/google-ai-strategy/>, 2016

Challenges and Opportunities for Mapping and Surveying and Location Based Service in the Age of Intelligence

LIU Jingnan^{1,2} GAO Kefu^{1,2}

¹ GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China

² Collaborative Innovation Center of Geospatial Technology, Wuhan 430079, China

Abstract: The sparks of an intelligent revolution, triggered by artificial intelligence, are spreading to all walks of life. The challenges and opportunities for methods, technology, as well as industrial and business models of mapping, surveying, and location based services, are a question that has to be considered in depth. The development paths and trends in artificial intelligence, are discussed for an understanding of the characteristics of the new generation of artificial intelligence. The opportunities and challenges brought by the coming age of intelligence are analyzed. Focusing on the field of mapping, surveying and location based services, this paper argues that this industry will not disappear but has a new impetus towards transformation. The possible paths for transformation are discussed. As an academic discipline, it will not expand, but fuse and cross disciplinary borders. As a career, it will make blue collar work an evaporating endeavor, while a number of makers and thinkers will become leading

figures. The mapping, surveying, and location based service industry needs to fully tap their own advantages, with systemic thinking, space-time thinking and creative thinking as the key to open the door of the age of intelligence. Thereby, an overall transformation for mapping, surveying and location based service industry to be green, intelligent, pervasive development can be achieved.

Key words: artificial intelligence; surveying and mapping; location based service; age of intelligence

First author: LIU Jingnan, professor, the Academician of Chinese Academy of Engineering. He has been engaged in the research of geodetic theories and applications, including national coordinate system establishment, GNSS technology and software development, as well as large project implementation. And a lot of significant projects have been accomplished under his lead, e. g. provincial and city CORS system establishment. As an academic authority in GNSS field, he has been awarded more than 10 national or provincial prizes for progress in science and technology. E-mail: jnliu@whu.edu.cn

Corresponding author: GAO Kefu, PhD. E-mail: gao@whu.edu.cn

Foundation support: The National Key Research and Development Plan, No. 2016YFB0501801; The Major Consulting Research Project of Chinese Academy of Engineering, No. 2016-ZD-03-07; the Fundamental Research Funds for the Central Universities, No. 2042016kf0051.