

2020年美国人工智能发展概况及思考

张 昊

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 2020年, 新冠肺炎疫情肆虐全球, 但世界各国依然重视科技发展。美国为了维持科技领域的优势地位, 持续加大对人工智能的研发投入, 在多方面取得重要进展, 其人工智能研发投入与科研产出持续保持较高水平, 自然语言处理、脑机接口、智能自主系统等领域关键技术取得重要突破, 人工智能在智慧交通、智慧农业、智慧医疗等方面应用落地持续加速。本文总结美国2020年度人工智能领域的发展态势和重大突破, 并提出我国应在理论上尽快补齐短板, 技术上实现自主可控, 加快建设科技强国。

关键词: 美国; 人工智能; 研发投入; 关键技术; 产业应用

中图分类号: C01 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2021.08.008

人工智能(AI)的概念诞生于1956年达特茅斯会议, 经过几十年的发展, 人工智能跨越了运算智能, 在感知智能技术上逐渐成熟, 并迎来了向认知智能不断迈进的新阶段。伴随着新一轮科技革命的兴起, 人工智能日益成长为具有引领性的技术, 并对经济发展、科技创新、社会生活等方面产生重大影响。2020年, 新冠肺炎疫情肆虐全球, 人工智能技术在抗疫期间发挥了重要作用。美国高度重视人工智能的发展, 占据人工智能的领先地位, 在不同领域有重要突破。

1 研发投入及产出居世界首位

美国对人工智能基础研究十分重视, 研发投入持续提高。自第二次世界大战以来, 作为美国经济和军事力量支柱的技术优势已经受到威胁。根据美国人工智能国家安全委员会(the National Security Commission on Artificial Intelligence, NSCAI)的报告, 美国将尽其所能保持其创新领导地位和全球地位, 并通过协调和调整美国的优势来赢得人工智能领域的竞争^[1]。委员会得出结论: 美国必须采取行

动部署人工智能系统, 并在人工智能创新上投入更多资源, 以保护其安全、促进其繁荣。就自身来讲, 美国对于资金的吸引力强劲, 根据英国Tech Nation机构发布的新兴技术投资排行榜, 2015年到2019年间, 美国吸引人工智能投资920亿美元, 占全球总数的一半以上。高昂的研发投入和优渥的待遇, 进一步吸引了更多优秀人才前往美国发展, 使美国的科研产出也居于世界领先地位。

1.1 研发投入

美国在人工智能的研发投入上持续加码。2020财年, 美国联邦政府机构的研究与开发(R&D)预算约为1341亿美元, 人工智能预算申请额高达9.27亿美元^[2], 网络和信息技术研发计划(Networking and Information Technology Research and Development, NITRD)进行了历史上首次预算补编, 政府机构、科技计划和项目的投资总额为9.735亿美元, 同时新设立一个项目组成领域——人工智能研发^[3], 各类人工智能研发投资保持较高水平。2021财年, 特朗普政府大幅增加非国防人工智能资金预算, 呼吁该部分资金在两年内

作者简介: 张昊(1996—), 男, 研究实习员, 主要研究方向为国际人工智能技术发展。

收稿日期: 2021-06-12

翻一番。美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）的人工智能基金超过 8.5 亿美元，与 2020 财年的预算相比，增加幅度在 70% 以上。特朗普政府还为能源部科学办公室增加了 5 400 万美元研究经费，用于关键人工智能技术的研究，为美国国立卫生研究院追加了 5 000 万美元，用于人工智能治疗慢性病的研究。此外，美国多位议员联合推出了《无尽前沿法案》（Endless Frontier Act）^[4]，该法案提出十大关键技术，倡议美国政府在未来 5 年内投入 1 000 亿美元进行研发，其中将人工智能列为重点发展领域。

从 2018—2020 年美国军方对人工智能研发经费的投入来看，如图 1 所示，总体研究经费呈逐年增长趋势，美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）和美国国防部长办公厅（Office of the Secretary of Defense, OSD）的人工智能经费有显著提升，其中美国国防部长办公厅预算申请最多，主要是由于联合人工智能中心和 Maven 计划均在美国国防部长办公厅下进行。海陆空三军增长比例较为平缓，陆军占比最大，进一步体现了美军对人工智能赋能作用的重视，以及美国根深蒂固的技术致胜的思维。

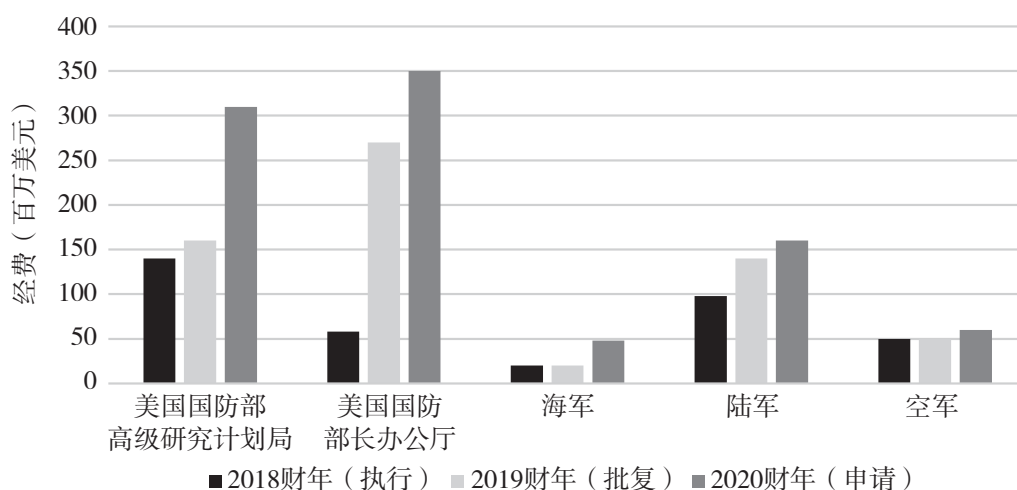


图 1 2018—2020 年美国人工智能研发经费变化

数据来源：美国国防预算文件。

1.2 科研产出

美国的科研产出占据世界榜首。根据北京智源人工智能研究院的《人工智能下一个十年》，2009 年到 2020 年间，美国被人工智能领域 45 个顶级会议和期刊录取论文的学者数量为 49 116 人，录取论文量为 69 764 篇，人均产出为 1.4 篇，录取论文量比中国多出 44 346 篇^[5]。

细分领域上，美国优势依然明显。根据 2020 年国际计算语言学协会年会（ACL）数据，美国被接收论文数量为 305 篇，超过中国（185 篇）、英国（50 篇）、德国（44 篇）和日本（24 篇）被接受论文数量之和，可见美国在自然语言处理技术上实力雄厚。如图 2 所示，2020 年国际神经信息处理

系统会议（NeurIPS 2020）上，谷歌以被接收 169 篇论文排名全球高校和研究机构榜首，斯坦福和麻省理工学院分列二、三位，微软排名第四。在接收论文中，有 238 篇论文至少有一个谷歌或 DeepMind 合著者，有 296 篇论文至少有一家斯坦福分支机构。从投稿人的地区分布来看，有 1 178 篇论文来自美国，数量上占据绝对优势。中国和英国以 259 篇和 195 篇分列二、三名，如图 3 所示。

依据上述数据，美国在自然语言处理领域和神经信息处理领域处于领先地位，实力强大的科研机构 and 高校为美国的技术创新提供源源不断的内生动力，以良性循环推动美国科技实力的进步。

专利方面，目前美国科技专利数量和人工智能

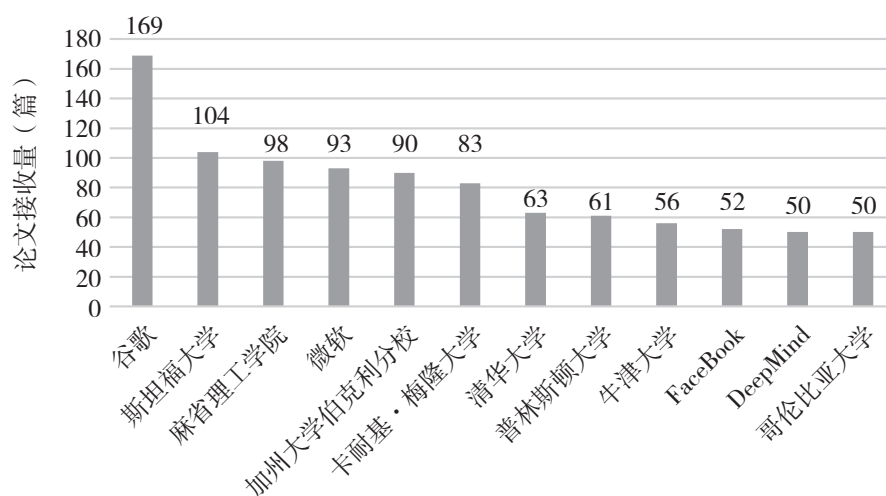


图2 不同机构 NeurIPS 2020 论文接收量

数据来源：NeurIPS 2020 论文接收名单。

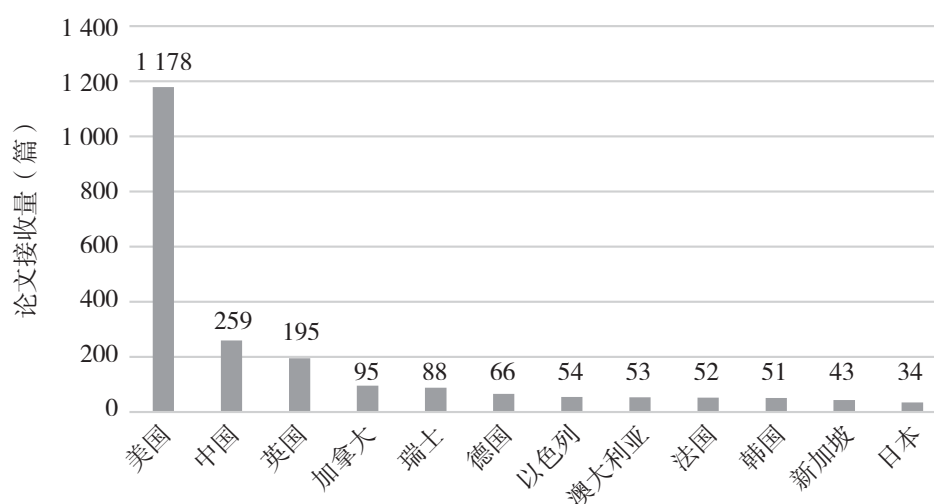


图3 不同国家 NeurIPS 2020 论文接收量

数据来源：NeurIPS 2020 论文接收名单。

专利数量均居世界第二,专利技术价值居全球首位。从全领域看,2019年,美国的全球国际专利申请排名首次落后于中国,位列世界第二。根据世界知识产权组织(WIPO)数据,2020年专利合作条约(PCT)框架下专利申请量增长了4%,达到27.59万件申请,是有史以来的最高数量。全球国际专利申请排名前五的国家中,中国申请量为68720件,同比增长16.1%;美国申请量59230件,同比增长3%;日本同比减少4.1%;韩国同比增长5.2%;德

国同比减少3.7%^[6],如图4所示。

美国专利商标局(USPTO)发布的报告《人工智能发明:追踪美国的人工智能专利传播》显示,美国专利商标局收到的人工智能专利申请数量从2002年的3万件增长到2018年的6万多项^[7]。同时,从PCT专利申请量上看,美国人工智能领域的PCT专利申请量占其申请总量的41%^[8],在专利的技术价值上独步全球。

根据世界知识产权组织的跟踪记录,1960年

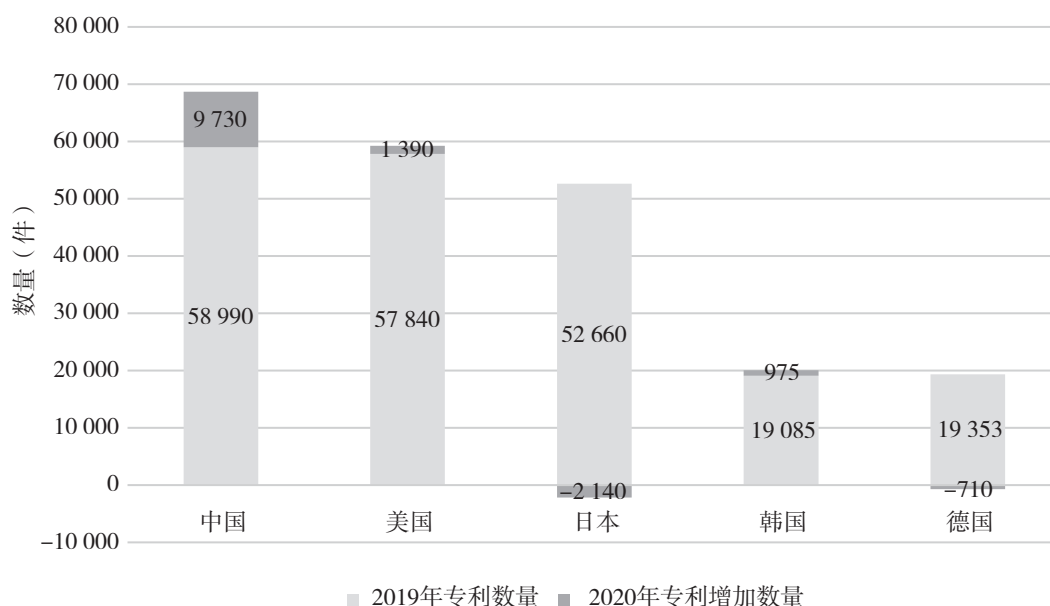


图4 2019—2020 年世界各国科技专利数量变化

数据来源：世界知识产权组织。

到2018年之间，人工智能领域PCT专利申请数量上，美国为1 863件，高于中国（1 085件）和欧洲（1 074件），美国每百万人占有的人工智能PCT专利数量为11.3件，远高于欧洲（4.3件）和中国（1.4件），高水平人工智能专利数量和人均拥有量位居世界首位，如图5所示。

2 不同领域技术突破显著

2020年，美国在人工智能不同技术领域都获得了突破，并对技术发展趋势起到重要的引领作用。自然语言处理领域涌现出众多大规模模型。计算机视觉技术的研究核心从平面向三维转移，生成对抗网络（GAN）研究持续火热，目标检测、语义

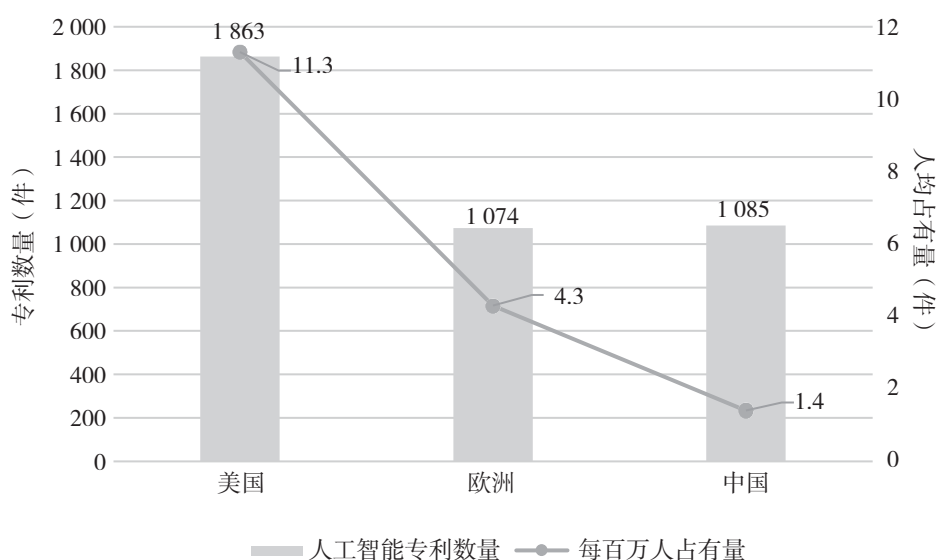


图5 不同地区人工智能 PCT 专利数量及人均占有量

数据来源：世界知识产权组织。

分割等任务能力不断深化,人工智能科研应用更加多样。

2.1 自然语言处理

在自然语言处理技术上,美国引领了该领域的创新。尤其是谷歌,从 Transformer 模型的提出到 2018 年 BERT 模型的诞生,谷歌在自然语言处理领域提出了诸多引领性的模型。

谷歌推出了多语言模型 mT5,最大可运行 130 亿参数,涵盖 101 种语言,在资源不足的情况下也能进行分析与理解^[9]。谷歌人工智能发布的预训练模型 ELECTRA 实现了小样本下的高性能表现,只需先前模型 1/4 的计算量,就能在 GLUE 排行榜上达到同等性能,并且在单个 GPU 上的训练时间缩短到了 4 天,效率高于 BERT 模型^[10]。OpenAI 发布的 GPT-3 模型,含有 1 750 亿参数量,是先前最大模型 Turing-NLG 的 10 倍以上,该模型解决了以往过分依赖标签数据和领域数据过拟合的问题,能够实现自动编写应用程序、制作可视化图表等一系列功能。然而 GPT-3 模型仍存在诸多短板,例如训练成本过高,其单次训练成本高达数百万美元;存在隐私侵犯风险;缺乏常识,无法进行因果推理和常识判断等。

2.2 智能自主系统

智能自主系统成果主要包括自动驾驶汽车、智能机器人和无人机等,美军在该领域的发展起到了重要的推动作用。

在美国国防部高级研究计划局资助的“阿尔法狗斗”模拟人机空战中,人工智能系统以 5 比 0 的战绩完胜人类,是通过人机协作实现空战自动化的重要突破。美国军方 XQ-58A“女武神”隐身无人机实现了与海军和空军的战斗机半自主编队飞行,实现双向数据共享,解决了 F-22 和 F-35 战斗机无法直接通信的难题,使美军朝着实现军事物联网的方向又迈进一步。此外,“收割者”无人机基于机器学习算法,加快了人类决策者发现和确定目标的过程。美国陆军资助的 RE2 机器人公司,开发了移动机器人操纵系统,通过双臂操纵系统和无人车,使战斗医生能够远程评估并将战场上受伤的士兵带回治疗。

群体智能方面以无人机群蜂飞行试验为主。2020 年 9 月,美国国防部高级研究计划局主导的“进攻性蜂群使能战术”(OFFSET)项目完成第四轮外场试验,能够保卫多个目标。同年 10 月,美国国防部高级研究计划局实施了“小精灵”项目的第三次飞行试验,成功验证了自主编队飞行和保障飞行安全方面的技术。商用方面,波士顿动力是智能机器人的典范,其量产的足机器狗 Spot 已被用来监控建筑工地的进度等,大幅提升人类工作效率,双足机器人 Atlas 能够完成复杂的人类体操动作,在物料搬运等方面有极大潜力。

2.3 脑机接口

美国在脑机接口领域处于世界第一梯队,并持续取得具有引领性的突破。早在 2014 年,脑机接口先驱米格尔·尼科莱利斯就通过该技术,使一位下身瘫痪的少年依靠大脑控制机械骨骼运动,在巴西圣保罗世界杯开幕式上开出第一球。

2020 年 4 月,美国 Battelle 研究所和俄亥俄州立大学的研究团队,利用脑机接口系统恢复了严重脊髓损伤患者的手部触觉,为通过意念控制智能终端开辟了新的道路,实现了该领域的重要突破。8 月,马斯克 Neuralink 公司在活体猪身上实践了侵入式的脑机接口,并获得人体实验许可。此外,匹兹堡大学和卡耐基·梅隆大学团队开发了能够从不稳定性中自动恢复的脑机接口技术,而不需要人工干预调整,该自校准过程实现了神经修复学领域的重要目标^[11]。

3 人工智能应用落地加速

美国在自动驾驶、智慧医疗、智慧农业等方面领先世界,但在语音识别、计算机视觉等技术的产业应用上不及中国。新冠疫情期间,人工智能技术也得到了广泛应用,例如,人工智能算法缩短了研发新冠疫苗的时间,计算机视觉技术能帮助医生提高诊断效率等。

3.1 智能交通

智能交通系统(ITS)方面,目前其在美国国内的应用范围已达 80% 以上。美国智能交通系统应用在车辆安全系统(占 51%)、电子收费(占

37%)、公路及车辆管理系统(占28%)、导航定位系统(占20%)、商业车辆管理系统(占14%)方面发展较快。

自动驾驶汽车是智能交通的重要一环,美国是该领域的领军国家。Waymo是目前全球估值最高的自动驾驶公司,已有62 000辆克莱斯勒Pacifica的自动驾驶出租车队运营。2020年,特斯拉Model 3累计销量36万辆,连续三年登顶全球电动车销量榜首,其自动驾驶技术也不断成熟。除了特斯拉、Waymo等大型自动驾驶企业,还有诸如Cruise、Nuro、Aurora等初创公司,企业创新活跃度较高。根据加州交通管理局(DMV)发布的2020年全年自动驾驶数据,排名前三的分别是美国的Waymo、Cruise与中国的AutoX,其中两次人工干预之间的平均行驶里程数(MPI)均在2万英里到3万英里区间(约3万公里到5万公里),分别为29 945英里、28 520英里和20 367英里。从数据可看出,虽然中国公司进入前三,但实际成绩与美国还有差距,在自动驾驶领域美国仍占据优势。由于自动驾驶潜力巨大,未来智慧交通在创造智慧城市、提升社会智能水平方面将发挥更大作用。

3.2 智慧农业

美国在智慧农业的应用上领先世界。当前,美国农业部门采用多种人工智能解决方案,能够提高作物产量、降低劳动成本、发现作物和牲畜疾病、提高产品质量等。

以种植业为例,Blue River Technologies公司的机器视觉技术能够获取农作物的生长状况,判断杂草位置,进行精准灌溉、施肥和除草,将农药和化肥的使用量减少90%,并且该公司建立了覆盖全美的农业数据库,帮助农民更好地掌握农场情况。Descartes Labs公司通过分析卫星图像,能够对农作物的产量做出精准预测,以玉米为例,该技术的预测数据比往年准确99%以上。Infosys公司利用基于机器视觉的无人机和各类传感器,采集植物高度、空气湿度、土壤肥力等18种数据,并上传到Infosys信息平台进行大数据分析,用于指导企业进行生产和育种。

当前,美国正在建立农民商业网络(FBN),将通过聚合的农场数据为单个农民成员提供提高产量的解决方案。根据美国高盛公司预测,智慧农业2025年将达到200亿美元的潜在市场总额,仅在美国境内,通过机器学习等降低成本和提高效率,每年就能节约近30亿美元的劳动力成本。

3.3 智慧医疗

在智慧医疗技术领域,美国将大量的人工智能技术应用于遗传综合症、肺癌、乳腺癌、创伤后应激障碍等多种疾病的治疗和诊断,同时,还利用其进行蛋白质折叠体结构的研究、抗菌耐药性基因的检测和识别以及新药的开发。尤其是新冠疫情爆发以来,智能医疗的应用开启了新的时代。

根据弗若斯特沙利文咨询公司估计,到2021年,智能医疗的收入将从2014年的6亿美元升至60亿美元,年均复合增长率达到40%。在美国,智能医疗商用化最成功的是IBM的沃森系统,可以提供系统性的医疗解决方案。此外,初创公司大批出现,2013年以来美国就有至少100家初创企业取得明显成果。其中医疗影像与诊断是增长最快的领域,例如斯坦福大学投资的Butterfly Network公司,其制造的便携式医学成像装置,能够使超声波核磁共振检查的速度更快,精准度更高。

具体应用方面,吴恩达的斯坦福团队开发了一种深度神经网络,可基于心电图信号分类10种心率不齐以及窦性心律和噪音,准确度高达83.7%,超过了人类心脏病医生78.0%的准确度,该研究发表在Nature Medicine上。2020年10月,李飞飞入选美国国家医学科学院(National Academy of Medicine)成为正式成员,其设计的人工智能医疗系统可以减少医院里的交叉感染、提高重症监护室(ICU)的效率和质量、帮助照顾老人。此外,李飞飞利用人工智能传感器和算法帮助改善患者和临床医生医疗服务^[12]。同月,美国罗格斯大学的研究团队发明了智能药物递送系统,可以减少受损神经组织的炎症,有助于治疗脊髓损伤和其他导致神经紊乱的疾病。

4 思考

从人工智能技术整体发展趋势上看,数据智能是发展核心,依托大数据的机器学习是提升智能水平的关键路径。自然语言处理、智能自主系统等关键技术逐渐成熟,应用落地不断加速。而脑机接口等类脑智能处于研发攻关早期,仍需进一步探索和完善。此外,人工智能多学科融合的趋势愈发明显,与自然科学的结合更加紧密。加强创新理论研究,促进技术应用落地,是推动人工智能发展的基石。人工智能与自然科学日益交融,进一步促进了智能水平的提高。在未来,人工智能将由当前语音识别与生成、计算机视觉等单模态技术向融合性强的多模态技术发展,并不断向兼具可解释性和鲁棒性的新一代人工智能进军。

从美国角度看,美国在关键技术上占据明显优势,产业应用上处于世界前列,但中国加快赶超,美国的优势逐渐缩小。根据斯坦福《人工智能指数报告》,在过去的10年间,美国的人工智能会议论文引用量一直高于中国,然而2020年,中国人工智能期刊的论文全球引用量首次超过美国。就业岗位方面,从2019年到2020年,美国的人工智能岗位发布总数下降了8.2%,是6年以来首次下降,而81.8%的国际毕业生会留在美国工作,人工智能人才就业形势趋于严峻。综合当前复杂国际形势看,美国虽然拥有十分深厚的基础,但维持其科技领先的难度增大;根据政府报告,其依然会持续加强在基础研究方面的投入,加快关键技术攻关,尽其所能保障“霸主”地位。

从我国角度来看,随着计算机系统解决问题和执行任务的能力不断提高,人工智能技术在民用、军事方面的应用将更加广泛,对经济社会发展、国防等方面的影响将持续增强,我国应更加重视人工智能的发展。我国发展人工智能有良好的基础和优势,近年来我国在人工智能领域实现了众多突破,人工智能专利数量也赶超美国,发展势头强劲。然而,面对当前基础研究薄弱、重大系统和平台缺失

的问题,要在基础研究、关键技术、生态环境、产业应用等方面进行系统布局,实现产学研共同推进,及时把握人工智能技术跃迁的重大窗口。在中长期阶段持续加强科研攻关,在理论上尽快补齐短板,技术上实现自主可控,提高国产率。持续加强开源开放,充分发挥企业创新主体作用,推动校企联合,深化国际合作,不断推动人工智能技术的大规模应用,建立人工智能发展的良好环境。■

参考文献:

- [1] NSCAI. 2021 Final Report[R/OL]. [2021-03-11]. <https://www.nscai.gov/2021-final-report/>.
- [2] CRS. Federal research and development funding: FY2020[EB/OL]. [2021-03-11]. <https://fas.org/sgp/crs/misc/R45715.pdf>.
- [3] OSTP. American Artificial Intelligence Initiative: Year One Annual Report[R/OL]. [2020-10-09]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/02/American-AI-Initiative-On-e-Year-Annual-Report.pdf>.
- [4] 116th Congress. Endless frontier act[EB/OL]. [2021-03-11]. <https://www.congress.gov/bil-l/116th-congress/senate-bill/3832>.
- [5] 智源人工智能研究院. 人工智能下一个十年[EB/OL]. [2021-03-11]. <https://static.aminer.cn/misc/pdf/zpAIreport2020.pdf>.
- [6] WIPO. 创新不息: 尽管发生2019冠状病毒病大流行, 2020年产权组织国际专利申请量仍继续增长[EB/OL]. [2021-03-11]. https://www.wipo.int/pressroom/zh/articles/2021/article_0002.html.
- [7] USPTO. Inventing AI tracing the diffusion of artificial intelligence with U.S. patents[EB/OL]. [2021-03-11]. <https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/OCE-DH-AI.pdf>.
- [8] 余颖. 加快从专利大国转向专利强国[N]. 经济日报, 2018-12-10(9).
- [9] Xue L, Constant N, Roberts A, et al. mT5: A massively multilingual pre-trained text-to-text transformer[EB/OL]. [2021-03-11]. https://www.researchgate.net/publication/344828501_mT5_A_massively_multilingual_

- pre-trained_text-to-text_transformer.
- [10] Clark K, Luong, M, Le Q, et al. ELECTRA: Pre-training text encoders as discriminators rather than generators[EB/OL]. [2021-03-11]. https://www.researchgate.net/publication/340134249_ELECTRA_Pre-training_Text_Encoders_as_Discriminators_Rather_Than_Generators.
- [10] Degenhart A D, Bishop W E, Oby E R, et al. Stabilization of a brain-computer interface via the alignment of low-dimensional spaces of neural activity[J]. Nature Biomedical Engineering, 2020, 4(7): 1-14.
- [11] Haque A, Milstein A, Li F. Illuminating the dark spaces of healthcare with ambient intelligence[J]. Nature 2020(585): 193-202.

General Situation and Thinking of Artificial Intelligence Development in the United States in 2020

ZHANG Hao

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: In 2020, the COVID-19 epidemic swept the world, which brought great impact to the world's economic and social development. However, countries all over the world still attach great importance to the development of science and technology, and the field of artificial intelligence presents a trend of accelerating breakthrough. In order to maintain the dominant position in the field of science and technology, the developed countries led by the United States continue to increase the R&D investment in artificial intelligence, and have made important progress in many aspects. This paper summarizes the important breakthroughs in the field of artificial intelligence in the United States in 2020 from three aspects: investment and output, vital technologies, and industrial application, and puts forward the future development trend of artificial intelligence technology and the strategic orientation of artificial intelligence in China.

Keywords: the U.S. ; artificial intelligence; R&D investment; key technology; industrial application