

国内外医疗人工智能战略及细分领域现状分析*

谢俊祥

张 琳

(中国医学科学院/北京协和医学院医学
信息研究所 北京 100020)

(1 中央团校科研部 北京 100089

2 中国科学院大学 北京 100049

3 中国科学院文献情报中心 北京 100190)

〔摘要〕 介绍国内外医疗人工智能发展历史, 对比国内外医疗人工智能战略政策, 分析其产业细分领域, 包括电子病历、医学影像、健康管理及疾病风险管理、辅助诊疗、药物研发和医院管理 6 个方面, 为我国医疗人工智能政策制定、技术革新和市场占领提出建议。

〔关键词〕 医疗人工智能; 美国; 战略报告

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2020.06.001

Analysis of Strategy and Current Situation of Subdivision Field of Medical Artificial Intelligence at Home and Abroad XIE

Junxiang, Institute of Medical Information, CAMS & PUMC, Beijing 100020, China; ZHANG Lin, 1 Office of Academic Research, Central School of Communist Youth League of China, Beijing 100089, 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, 3 National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

〔Abstract〕 The paper introduces the development history of medical Artificial Intelligence (AI) at home and abroad, compares the strategic policies of medical AI at home and abroad, analyzes the subdivision field of its industry, including six aspects of Electronic Medical Records (EMR), medical image, health management and disease risk management, auxiliary diagnosis and treatment, drug research and development, hospital management, and puts forward suggestions for policy making, technological innovation and market occupation of medical AI in China.

〔Keywords〕 medical Artificial Intelligence (AI); USA; strategic report

1 引言

1956 年人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 概念首次被提出^[1]。自 2016 年起人工智能和医疗进行融合形成医疗人工智能, 2017-2019 年各个国家在医疗人工智能战略政策、研发投入以及企业产品等方面取得长足进展, 人工智能涉及的领域已从

〔收稿日期〕 2020-06-17

〔作者简介〕 谢俊祥, 副研究员, 发表论文 46 篇, 参编论著 3 部。

〔基金项目〕 中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新项目 (项目编号: CIFMS-2017-I2M-1-017)。

最早的辅助诊断、基因测序等方面细分至食物/姿态/病灶识别、影像建模、靶点发现、化合物筛选、智能导诊、慢病管理等具体应用中。本文将对医疗人工智能的 6 个细分领域,即电子病历、医学影像、健康管理及疾病风险管理、辅助诊疗、药物研发和医院管理,从技术、市场、产品等角度进行分析,为我国医疗人工智能的政策制定、技术革新和市场占领提出建议。

2 国内外医疗人工智能发展历史概述

2.1 美国

早期出现的医疗人工智能设备均用于辅助诊断。近年来除医学诊断外美国医疗人工智能侧重于机器学习、计算机视觉、自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)以及智能机器人等领域,研发出一系列产品。在机器学习方面,主要聚焦于基因组学和生物制药行业,如研发药物和个性化治疗系统、视觉研究专注医学成像及识别;在自然语言处理方面,则主要为管理层制定医疗保险和护理管理计划;在智能机器人方面,研制辅助治疗和护理的各种功能机器人,如达芬奇手术系统、Catalia Health 辅助机器人等。随着技术发展,医疗人工智能已经部分达到或超越人类水平,取得里程碑式进展^[2-4]。2017 年斯坦福大学 Esteva 等人在《自然》杂志发表的一篇文章中描述了一款人工智能系统,研究者训练该系统学习识别一个包含 2 032 种不同疾病、129 450 张临床图像的数据集,比较该系统和 21 位执业皮肤科医生的诊断能力,结果显示人工智能系统在皮肤癌诊断方面能力与专业医生不相上下。2018 年谷歌开发的一款深度学习系统在基于前列腺切除标本的前列腺癌分级上达到 70% 总体准确率,而美国执业的普通病理医生平均准确率为 61%。此外在验证集上分级每个样本表现最好的 10 位普通病理医生中,该深度学习系统比其中 8 位更为准确。

2.2 欧盟

20 世纪 70 年代欧盟开始出现在医疗领域的人工智能探索^[5]。1972 年英国利兹大学研发的 AAPH-

elp 可根据患者表征辅助诊断腹痛等相关疾病,1974 年该系统诊断准确率已超过资深医生。由于当时计算机硬件条件的限制, AAPHelp 系统庞大,运行速度缓慢,但其较高的诊断准确率仍为医疗人工智能领域的突破性进展。此后许多新的人工智能医疗产品成果不断出现在人们视野中。1985 年开始医学人工智能会议(Artificial Intelligence in Medicine, AIME)每两年在欧洲举办一次,成为医学人工智能交流论坛和研究社区。近年来欧盟及所辖国家纷纷发布人工智能相关计划,均将医疗人工智能作为其中最重要的一环。2016 年底德国推出 Ada Health 人工智能驱动的医疗健康应用,在全球已有超过 400 万的用户。

2.3 中国

人工智能医疗领域的开发研究起步较晚,但发展迅速。1978 年“关幼波肝病诊疗程序”由多学科专家合作开发。此后我国加快开展人工智能医疗产品研发,具有代表性的有“中医计算机辅助诊疗系统”等。21 世纪以来,我国人工智能在医疗的应用取得长足发展^[1,6]。2016 年 10 月发布百度医疗大脑,大量采集与分析医学专业文献和医疗数据。对患者而言,百度医疗大脑利用先进的图像识别、机器学习技术等对患者上传图片、症状等数据进行自动回复和匹配,为患者提供自诊判断服务。对医生而言,百度医疗大脑利用收集、汇总、分类和整理的海量医疗数据和文献模拟医生问诊流程,帮助医生确诊疑难杂症并对症下药。2018 年 11 月百度发布人工智能医疗品牌“百度灵医”。2017 年 7 月阿里健康发布医疗 AI 系统“Doctor You”,其中的临床医学科研诊断平台以智慧病例矩阵和临床科研数据矩阵为基础,由多源异构医疗数据处理技术和大数据科研辅助分析引擎开发;医学影像平台则基于深度学习阅片辅助引擎,具备影像三维重建等医疗图像处理能力;医师能力培训平台则模拟虚拟患者诊疗,规范医疗操作。2018 年 9 月阿里健康和阿里云联合宣布阿里医疗人工智能系统“ET 医疗大脑”2.0 版本问世。2017 年 11 月腾讯自建首款 AI 医学影像产品“腾讯觅影”,辅助临床医生提升诊断准确率和效率。

3 国内外医疗人工智能战略政策对比分析

3.1 概述

人工智能概念提出近 60 年，近 10 年得到全社会重视，已经上升到多国国家战略层面。在人工智能技术或应用领域具有优势的国家和地区，其在医疗领域反应更为迅速，尤其是在疾病预测、医学影像、健康管理、辅助诊断、药物研发等方向。

3.2 美国

以美国白宫网站（<https://www.whiteho->

use.gov/）的 AI 版块作为数据来源，补充美国相关机构发布的与人工智能密切相关的文档资料，对收集到的数据进行筛选，见表 1。其中《为人工智能的未来做好准备的报告》、《美国国家人工智能研究和发展战略计划》两份重量级报告中，不仅提出要加速人工智能在医疗领域的发展，利用人工智能对并发症进行预测及预防、发展电子化病历、对医疗大数据进行分析挖掘等，还提出在医学诊断领域利用人工智能系统自动执行决策和进行医学诊断，同时指出机器学习及深度学习、计算机视觉、自然语言处理是医疗人工智能关键技术。

表 1 美国人工智能关键战略文档

时间	题名	发布方
2016. 10	《为人工智能的未来做好准备》 (Preparing for the Future of Artificial Intelligence ^[7])	机器学习与人工智能分委会 (MLAI)
2016. 10	《国家人工智能研发战略规划》 (The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan ^[8])	网络与信息技术研究发展分委员会 (NITRD)
2016. 12	《人工智能、自动化与经济报告》 (Artificial Intelligence, Automation, and the Economy ^[9])	总统行政办公室 (EOP)
2018. 05	《2018 年美国工业人工智能白宫峰会摘要》 (Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry ^[10])	白宫科技政策办公室 (OSTP)
2019. 02	《加速美国在人工智能领域的领先地位》 (Accelerating America's Leadership in Artificial Intelligence)	总统

3.3 欧盟^[4-5, 11-14]

欧盟及其成员国人工智能政策及战略，见表 2。其中英国政府的《英国发展人工智能》、《人工智能：未来决策的机遇与战略意义》两份报告中，强调人工智能在医疗领域的 3 大发展方向——辅助诊断、早期预防控制流行病并追踪发病率和图像诊断。法国政府的《法国人工智能战略》中，将医疗

健康作为要优先发展人工智能的 4 个领域之一，决定在国家健康数据研究所的基础上成立包括医保报销数据、临床数据和科研数据为一体的卫生健康数据中心。德国联邦政府则提出将在医疗卫生、护理领域开展应用和研发，同时在医疗卫生方面推广教育、培训和继续教育计划，推进人工智能系统在医疗卫生体系的应用，考虑在医疗卫生领域引入人工智能的强制性标准。

表 2 欧盟及其成员国人工智能政策及战略

时间	题名	发布方
2013	《2014 - 2020 欧洲机器人技术战略研究计划》 (Strategic Research Agenda For Robotics in Europe 2014 - 2020)	欧盟
2016	《地平线 2020 战略——机器人多年度发展战略图》 (Robotics 2020 Multi - Annual Roadmap)	欧盟
2018	《人工智能时代：确立以人为本的欧洲战略》 (The Age of Artificial Intelligence; Towards a European Strategy for Human - Centric Machines)	欧盟
2019	《人工智能道德准则》 (Ethics Guidelines for Trustworthy AI)	欧盟

续表 2

2016	《人工智能：未来决策的机遇与战略意义》（Artificial Intelligence: Opportunities and Implications for the Future of Decision Making）	英国
2017	《英国发展人工智能》（Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK）	英国
2018	《政府对上议院人工智能特别委员会关于英国人工智能的报告做出回应：准备、意愿和能力》（Government Response to House of Lords Artificial Intelligence Select Committee’s Report on AI in the UK: Ready, Willing and Able）	英国
2018	《联邦政府人工智能战略要点》	德国
2018	《联邦政府人工智能战略》	德国
2017	《法国人工智能战略》（French Intelligence Artificielle）	法国
2018	《科学技术议会报告》（The Report by the Parliament for Science and Technology）	法国
2018	《维拉尼报告：人工智能——走向法国和欧洲战略》（The Mission Villani Report: for a meaningful artificial intelligence——towards a French and European strategy）	法国
2019	《芬兰的 AI 时代》	芬兰
2019	《AI 时代的工作》	芬兰

3. 4 中国

我国人工智能政策体系来自国家、省级、市级 3 个层面，其中国家级政策进行宏观指导，省市级政策为具体落实^[6]。国家层面人工智能政策，见表

3。我国将医疗人工智能列为重要应用领域。同时发布关于全国人口健康信息化、健康医疗大数据、互联网医疗等政策，旨在促进医疗大数据快速发展，为人工智能发展奠定基础。

表 3 中国人工智能政策及战略（国家层面）

时间	题名	发布方
2015. 05	《中国制造 2025》	国务院
2015. 07	《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	国务院
2016. 03	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	全国人大
2016. 05	《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》	发改委
2016. 06	《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》	国务院
2016. 08	《“十三五”国家科技创新规划》	国务院
2016. 09	《智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018 年）》	工信部/发改委
2016. 11	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	国务院
2017. 01	《“十三五”全国人口健康信息化发展规划》	原国家卫生计生委
2017. 03	《2017 年政府工作报告》	国务院
2017. 07	《新一代人工智能发展规划》	国务院
2017. 10	《十九大报告》	-
2017. 12	《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》	工信部
2018. 03	《2018 年政府工作报告》	国务院
2018. 05	《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》	国务院
2018. 11	《新一代人工智能创新重点任务揭榜工作方案》	工信部
2019. 03	《关于促进人工智能和实体经济深度融合的指导意见》	中央全面深化改革委员会

4 医疗人工智能产业细分领域分析

4. 1 概述

从资本市场看，在过去 5 年间我国人工智能领域投资出现快速增长，2015 年投资总额为 450 亿

元，而 2019 年上半年共获融资超过 478 亿元，其中对于医疗健康的投资也逐年增长，由 2016 年的不足 100 亿元增加到 2018 年的 200 亿元以上。美国、欧盟也加大对医疗人工智能产业投资，CB Insights 2019 年发布的全球人工智能 100 强企业名单中共有 14 家企业处于卫生保健领域，包括专注于医院管理

的美国 Qventus 公司和 LeanTaaS 公司；专注于药物研发的美国 Insitro 公司、Owkin 公司、Atomwise 公司等；专注于辅助诊疗的 Paige.ai 公司、Mindstrong Health 公司等；以及关注于医疗技术数据采集平台的 Medopad 公司等。随着技术发展、资本运作以及应用落地，医疗人工智能已形成电子病历、医学影像、健康管理、辅助诊疗、疾病风险管理、药物挖掘、医院管理、医院管理平台等一系列产业链。

4.2 电子病历

对电子病历中的自由文本进行语音识别、分词、实体识别、依存句法分析、信息提取等操作，实现自由文本结构化；在病历结构化基础上利用机器学习聚类分析建立诊断模型，进行疾病相关性、患病原因、疾病谱分析等，为临床决策和科学研究提供支持。目前有多家医疗人工智能公司开展病历挖掘，如中国 Airdoc 公司已建立与国内外一流全科医院、专科医院、医疗健康数据中心的合作，以获取高质量的临床医疗数据建立模型；科大讯飞则专注于智能语音识别，其智能语音产品“云医声”已达到很好的语音转录效果。欧洲国家则注重电子病历数据构建和共享时的隐私问题。

4.3 医学影像

医学影像数据分析及判断中最主要的技术是计算机视觉中的数字图像处理技术，主要分为两部分：一是影像识别，应用于感知环节，即将影像非结构化数据结构化，获取有效信息；二是深度学习，应用大量影像和诊断数据不断对神经网络进行深度学习训练，促使其掌握诊断能力。目前主要应用在皮肤癌、肺癌、糖网眼底、食管癌筛查以及部分疾病核医学检查和病理检查等，如谷歌开发的一款深度学习系统在基于前列腺切除标本的前列腺癌分级上达到 70% 总体准确率；“腾讯觅影”AI 影像已实现单一病种到多病种的应用扩展，从早期食管癌筛查拓展至肺癌、糖尿病视网膜病变、乳腺癌、结直肠癌、宫颈癌等疾病筛查等。

4.4 健康管理及疾病风险管理

主要运用计算机视觉、自然语言处理、知识图

谱等人工智能技术，结合健康医疗专业能力，搭建健康医疗智慧大脑，通过 AI 开放平台为全行业提供健康管理赋能。其中谷歌基线研究项目与其健康（Google Fit）平台开发的一系列可穿戴设备数据结合可对传染性疾病进行较为及时、准确的预防，建立数据库和智能分析模型；美国 Welltok 公司的 CaféWell 健康管理优化平台（CaféWell Health Optimization Platform），通过海量数据运算为用户提供健康管理、慢性病恢复和健康食谱等方面指导；爱尔兰 Nuritas 生物科技公司通过建立食品数据库来识别肽是否可以作为食物补充或新的成分，面向消费者推出个性化定制营养方案；中国碳云智能公司通过健康大数据平台对人体健康要素进行监测记录，推出个性化、准确有效的健康管理计划。

4.5 辅助诊疗

涉及的技术包括自然语言处理、深度学习，辅助诊疗系统需要将医学文献、电子病历、诊疗指南等海量信息自动构建医学知识图谱，形成系统医学知识库，随后利用临床诊断案例进行深度学习，通过对医学影像、检查检验结果、病史等多维度深入分析、深度诊断，给出具体病症相关预测。目前辅助诊疗多用于癌症监测，如 IBM 的 Watson 和斯隆凯特琳癌症中心合作，进行大量癌症病历研究信息训练，可为乳腺癌、肺癌、结肠癌、前列腺癌、膀胱癌、卵巢癌、子宫癌等多种癌症提供反馈治疗建议；国内的“腾讯觅影”AI 辅助引擎已通过模拟医生成长学习、积累医学诊断能力，实现食管癌、肺癌等疾病筛查；阿里健康的“Doctor You”承担起医生助手角色，大大降低医生工作量等。

4.6 药物研发

医疗人工智能聚焦于药物研发的靶点筛选、药物挖掘、药物优化 3 个环节。在靶点筛选阶段，利用算法模型对已有药物及已知人体靶点进行交叉匹配；在药物挖掘环节，利用深度学习开发虚拟筛选技术以取代高通量筛选，或者利用人工智能图像识别技术优化高通量筛选过程；在药物优化阶段，借助 AI 能够以直观的方式定性推测生理活性物质结

构与活性关系, 进一步提升药物构效关系分析速度, 快速挑选最具安全性的化合物。

4.7 医院管理

医院需要建立人工智能体系并大力发展人工智能医院管理, 其目的是优化医疗资源配置和弥补医院管理漏洞。一方面, 医疗人工智能可根据电子病历、既往病史等大数据, 从宏观层面协调资源有效分配, 优化医疗资源配置先后顺序, 节省医疗人力成本, 改善就诊体验, 最大程度满足患者诉求; 另一方面, 可通过各种渠道收集患者对医院的评价反馈, 利用自然语言处理技术将非结构化数据处理成能被系统识别的结构化数据, 系统整理分析并进行反馈。目前美国 Qventus 公司和 LeanTaaS 公司专注于医疗管理, 通过 AI 监测患者流量, 能够有效针对患者、病房、设备、时间等资源进行计划、组织、协调、控制, 明显减少患者平均就诊时间、手术等待时间、患者就诊冲突概率, 充分利用医院现有资源, 实现医疗效用最大化。

5 思考与讨论

5.1 政策

美国医疗人工智能仍未有专门战略报告或文件出现, 仅作为国家人工智能整体战略的一部分, 与医疗人工智能的快速发展不相协调, 另外美国政策中虽然提及医疗人工智能问题, 但多强调人工智能关键技术的发展, 对于具体医疗人工智能应用中出现的数据、伦理问题关注较少。欧盟也尚未出现专门的医疗人工智能战略或文件, 相较于美国, 欧盟更加关注于医疗人工智能应用中的伦理准则、标准制定等问题。我国在医疗人工智能方面, 已有初步的专门文件, 但是尚未形成体系, 对于具体医疗人工智能应用中的数据、伦理问题也较少关注。

5.2 市场

医疗人工智能的出现能够有效解决医疗资源短缺、成本支出增加等困境, 同时提高医疗能力和改善医疗体验, 因此具有广阔的发展前景。从目前来

看虽然我国医疗人工智能发展迅速, 资本运作和技术研发能力逐步增强, 但是仍逊色于美国。主要差异是我国医疗智能化程度不足, 不少医疗类项目主要是与医院协作提供简单在线咨询服务, 后端技术开发及创新力不足, 导致大部分医疗人工智能产业未能形成商业模式。

5.3 技术

美国、欧盟和中国均存在以下问题: 一是缺乏有效、统一的医疗信息标准, 数据孤岛现象严重, 数据标注无统一规范, 医疗数据难以实现国家层面共享。二是缺乏明确的监管政策, 医疗人工智能产品申报认证医疗器械种类尚待细究, 进入临床应用的法律标准仍待探讨。三是虽然目前已有医疗数据平台, 但由于医疗数据整体量大, 具体到某一类医疗问题时数据量较小、质量不够高。

6 结语

随着人工智能技术在医疗领域的持续发展和各种应用落地, 已经基本覆盖医疗、医药、医保、医院 4 大医疗产业环节, 在一定程度上简化就医流程、优化医疗资源、改善医疗技术, 但由于其缺乏可行的规则和标准, 使得人工智能医疗仍处于发展中期, 尚有很长一段路要走。

参考文献

- 1 上海交通大学人工智能研究院, 上海市卫生和健康发展研究中心, 上海交通大学医学院. 人工智能医疗白皮书 [EB/OL]. [2020 - 02 - 03]. <http://www.199it.com/archives/839043.html>.
- 2 谢俊祥, 张琳, 李勇. 美国医疗人工智能概况、问题及愿景分析——基于美国人工智能系列报告的解析 [J]. 医疗器械信息, 2019 (9): 24 - 28.
- 3 CAPITAL U. 美国人工智能投资分析报告 [EB/OL]. [2019 - 12 - 02]. <http://www.199it.com/archives/662867.html>.
- 4 Stanford University. AI INDEX [EB/OL]. [2020 - 02 - 05]. <https://hai.stanford.edu/research/ai-index-2019>.

(下转第 14 页)

- py for Cervical Cancer [J]. *Phys Med Biol*, 2019, 64 (11): 115013.
- 31 Ibragimov B. Segmentation of Organs – at – risks in Head and Neck CT Images using Convolutional Neural Networks [J]. *Medical Physics*, 2017, 44 (2): 547.
 - 32 Trebeschi S, Drago S G, Birkbak N J, et al. Predicting Response to Cancer Immunotherapy using Non – invasive Radiomic Biomarkers [J]. *Ann Oncol*, 2019, 30 (6): 998 – 1004.
 - 33 张颖婷, 袁长蓉. 乳腺癌健康管理智能手机应用程序的可用性评价 [J]. *解放军护理杂志*, 2018, 35 (24): 22 – 25, 44.
 - 34 Cambridge, Mass & Paris. Voluntas Announces Market Authorization for Oleena?, First Digital Therapeutic in Oncology. [EB/OL]. [2019 – 08 – 01]. <https://www.businesswire.com/news/home/20190731005737/en/Voluntas-Announces-Market-Authorization-Oleena%E2%84%A2-Digital-Therapeutic>.
 - 35 饶春梅, 杨银玲, 马旭梅, 等. 基于结构化电子病历的护理临床决策支持系统的设计与应用 [J]. *中国实用护理杂志*, 2019, 35 (1): 65 – 69.
 - 36 Xu J, Yang P, Xue S, et al. Translating Cancer Genomics into Precision Medicine with Artificial Intelligence: applications, challenges and future perspectives [J]. *Hum Genet*, 2019, 138 (2): 109 – 124.
 - 37 Tokutomi T, Fukushima A, Yamamoto K, et al. F – tree – GC: a questionnaire – based family tree – creation software for genetic counseling and genome cohort studies [J]. *BMC Med Genet*, 2017, 18 (1): 71.
 - 38 王涛, 季梦婷, 仇晓霞. 肿瘤科护士对智能静脉药物配置机器人使用体验的质性研究 [J]. *护理学杂志*, 2019, 34 (10): 74 – 76.
 - 39 谭立文, 李颖, 张绍祥. 数字化人体建模及其应用 [J]. *中国数字医学*, 2011, 6 (12): 14 – 17.
 - 40 Robinson H, Macdonald B, Broadbent E. Physiological Effects of a Companion Robot on Blood Pressure of Older People in Residential Care Facility: a pilot study [J]. *Australas J Ageing*, 2015, 34 (1): 27 – 32.
 - 41 张柳, 衡艳林, 胡红. 肿瘤患者口服化疗药依从性影响因素的研究进展 [J]. *护士进修杂志*, 2019 (5): 422 – 425.
 - 42 中国电子技术标准化研究院. 人工智能标准化白皮书 [EB/OL]. [2018 – 01 – 24]. <http://www.cesi.ac.cn/images/editor/20180124/20180124135528742.pdf>.

(上接第 7 页)

- 5 European Commission. Artificial Intelligence in Europe: outlook for 2019 and beyond [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. <https://www.linkedin.com/pulse/artificial-intelligence-europe-outlook-2019-beyond-summary-kiebdaj>.
- 6 动脉网. PHILIPS [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. <https://vcbeat.top/>.
- 7 Alan Bundy. Preparing for the Future of Artificial Intelligence [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>.
- 8 Council NSAT. The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf.
- 9 Council NSAT. Artificial Intelligence, Automation, and the Economy [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>.
- 10 Policy TWHOOASAT. Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf>.
- 11 TWHOOASAT. Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry [EB/OL]. [2020 – 03 – 08]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf?latest>.
- 12 Centre EPS. The Age of Artificial Intelligence: towards a European strategy for human – centric machines [EB/OL]. [2020 – 03 – 08]. <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/digitranscope/document/age-artificial-intelligence-towards-european-strategy-human-centric>.
- 13 SPARC. Robotics 2020 Multi – Annual Roadmap [EB/OL]. [2020 – 02 – 03]. https://www.eu-robotics.net/cms/upload/downloads/ppp-documents/Multi-Annual-Roadmap2020-ICT-24-Rev-B_full.pdf.
- 14 SPARC. Strategic Research Agenda for Robotics in European 2014 – 2020 [EB/OL]. [2020 – 03 – 02]. <https://www.eu-robotics.net/cms/upload/topic-groups/SRA2020-SPARC.pdf>.