

文章编号: 1672-6197(2020)01-0046-06

# 基于文献计量的中国人工智能研究知识图谱分析

孙杰, 佟泽华, 姜子元, 师闻笛, 刘晓婷, 薛晓娜  
(山东理工大学科技信息研究所, 山东淄博 255049)

**摘要:** 以2008—2017年CNKI数据库中中文期刊相关论文为数据基础,使用Citespace V等软件,运用文献计量学方法,对我国人工智能研究的知识图谱结构进行可视化分析,绘制出人工智能研究的发文作者合作网络、发文机构、关键词、突现词等知识图谱。研究结果显示:人工智能研究已进入高速发展阶段;研究机构主要集中在高校,但机构之间合作不够紧密,科创企业产出较少;目前人工智能领域研究存在三大均衡性问题:语音识别、计算机视觉、图像处理、无人驾驶、无人机等词汇是近年来研究关键词。人工智能研究趋向多元化,呈现多学科交叉趋势,未来有望出现一大批人工智能科创企业,伦理道德、隐私安全、知识产权等是需要重点关注的方面。

**关键词:** 人工智能; 文献计量; 知识图谱; 趋势分析

中图分类号: G350

文献标志码: A

DOI:10.13367/j.cnki.sdgc.2020.01.009

## Mapping knowledge of artificial intelligence research in China based on bibliometric analysis

SUN Jie, TONG Zehua, JIANG Ziyuan, SHI Wendi, LIU Xiaoting, XUE Xiaona  
(Institute of Scientific and Technical Information, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

**Abstract:** Based on the related papers in Chinese periodicals in CNKI database from 2008 to 2017, this paper uses Citespace V and other software and bibliometrics method to visually analyze the structure of knowledge map of China's artificial intelligence research, and draw the knowledge map of author cooperation network, publishing institution, keywords and emerging words of artificial intelligence research. The research results show that artificial intelligence research has entered the stage of rapid development. Research institutions are mainly concentrated in universities, but the cooperation between institutions is not close enough, and the output of science and innovation enterprises is small. At present, there are three equilibrium problems in the field of artificial intelligence. Speech recognition, computer vision, image processing, unmanned driving, unmanned aerial vehicle are key words in recent years. The research on artificial intelligence tends to be diversified and interdisciplinary, and a large number of artificial intelligence scientific and technological enterprises are expected to emerge in the future. Ethics, privacy and security, intellectual property rights and other aspects are what we need to focus on.

**Keywords:** artificial intelligence; bibliometric analysis; knowledge map; trends analysis

人工智能(Artificial Intelligence, AI)自1956年首次被提出以来,在中国的发展曲折坎坷,几经沉浮<sup>[1]</sup>。随着云计算能力的提升、核心算法的突破、

海量互联网大数据的支撑以及投资力度的加大,人工智能迎来了新纪元<sup>[2]</sup>。近些年,人类不断在科技前沿取得重大突破,人工智能成为智能时代全球科

收稿日期: 2018-11-26

基金项目: 国家社会科学基金项目(13CGL012, 19BTQ077); 山东理工大学青年教师发展支持计划项目(4072-114035)

第一作者: 孙杰,男,458381889@qq.com; 通信作者: 佟泽华,男,1zhhch@163.com

技的焦点和世界各国竞争的关键赛场。为保障国家安全和提高国际竞争力,抓住人工智能这一“弯道超车”的战略机遇,自 2015 年开始,中央先后颁布了《中国制造 2025》《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》《新一代人工智能发展规划》等一系列政策,将人工智能上升至国家战略层面。为了更好地发展人工智能,必须认知其目前的发展状况,在此基础上对其未来发展方向做出准确判断,助力产业健康发展。

本研究数据来源于中国知网(CNKI),使用 CitespaceV、SPSS 等软件,整理分析 2008—2017 年人工智能研究的期刊资料,运用文献计量学方法进行数理分析,期望提高公众认知,助力人工智能研究。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 数据来源

本研究数据均从中国知网(CNKI)数据库检索获得,采用高级检索方式,检索式确定为“主题=人工智能”(精准匹配),来源限定为核心期刊、EI 来源期刊、SCI 来源期刊、CSCD、CSSCI,同时发表时间限定在 2008—2017 年。检索结果共有 9 102 条,为了保证数据具有代表性和准确性,经过辨别、去重、整理得到数据 8 153 条。

### 1.2 研究方法 with 工具

本文以文献计量学为基础,运用数理统计方法,客观地描述和总结我国人工智能的研究现状和未来发展趋势。首先使用 SPSS 对 2008—2017 年的各年度期刊文章进行描述性统计,揭示近 10 年人工智能论文发表数量和发表时间的变化关系和趋势。同时基于 JAVA 环境,使用陈超美教授开发的 CitespaceV 进行可视化分析,以作者、机构、期刊等为研究变量绘制知识图谱,呈现目前我国人工智能研究的发展状况,并对关键词、突现词等进行分析,发现该领域的研究进展和前沿热点。

## 2 国内人工智能研究的时空知识图谱

### 2.1 国内人工智能研究的时间分布

学术论文数量的时间序列变化可以作为衡量某一领域研究的重要指标,发文量时间分布图可以直观地反映不同时期该领域的研究热度<sup>[3]</sup>。本文使用 SPSS 软件对 CNKI 检测到的 2008—2017 年(其

中增加了截至 2018 年 9 月份已发表)每年的论文数量进行统计分析,绘制了不同年度国内人工智能研究发表论文数量变化曲线,如图 1 所示。

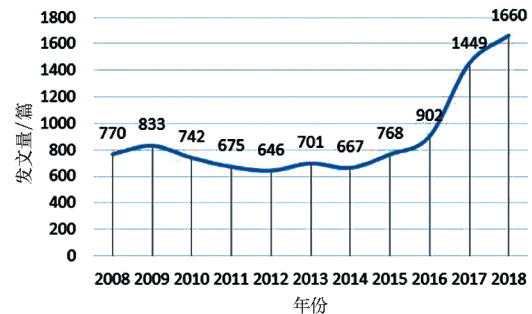


图 1 人工智能研究论文年度发表分布统计图

Fig.1 Number of articles in AI research each year

基于科技文献的增长逻辑曲线<sup>[4]</sup>分析得知,在 2008—2015 年之间,国内年均发文量在 646~833 篇区间波动,说明国内人工智能相关研究处于相对稳定状态。自 2016 年开始,人工智能期刊论文的数量开始出现激增态势,当年增至 902 篇,2017 年突增至 1 449 篇,此外拓展统计的 2018 年发文数量达到 1 660 篇,人工智能的发文量呈现爆炸性增长态势。综合分析可知:当前我国人工智能研究正处于文献增长逻辑曲线的快速发展阶段,在此时期,我国有关人工智能的研究将可能产生丰厚的成果,并且可以预估在该领域的文献数将继续保持上升趋势<sup>[4]</sup>。

### 2.2 国内人工智能研究高产作者知识图谱

通过运行 Citespace,可以分析得到发文作者分布情况知识图谱,以此确定在 2008—2017 年作者发文情况,从而得到在该领域发表论文较多的作者和具有知名影响力的研究学者。美国心理学者 Schvaneveldt 在 1989 年提出了神经网络算法,该方法能够用来分析数据的相似性,经过该方法修剪处理后,得到了人工智能领域作者知识图谱,如图 2 所示<sup>[5]</sup>。

在该图谱中共有 410 个节点,220 个连接,网络密度为 0.002 6。图中作者节点越大,代表出现频次越多,发文数量相对较多。统计得知,在 2008—2017 年共有 386 位学者发表了人工智能领域的研究论文,可见我国在这一领域已经形成了一支较为庞大、稳定的学者队伍。庞大的队伍往往能够捕捉国际研究动向和热点,具有较强的科研能力,代表并引领我国在人工智能方面的研究前沿<sup>[6]</sup>。图中连线表示作者之间的合作强度,其中部分学者团队之间有一定的合作关系,但整体呈现较分散状态。这说明我国在人工智能领域的研究学者众多,但各主

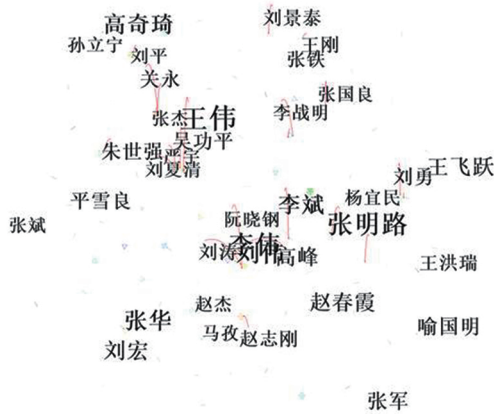


图2 2008—2017年人工智能研究高产作者合作网络  
Fig.2 The mapping knowledge domains of authors in AI research from 2008 to 2017

体之间的合作较少,并未形成有效的合作关系网络。

本文运用德里克·普莱斯公式<sup>[7]</sup>确定人工智能领域高产作者。公式为

$$M = 0.749 (N_{max})^{\frac{1}{2}}$$

式中:  $M$ 为发表文章的数量;  $N_{max}$ 是统计数据中发表论文最多学者的论文数量,发表  $M$ 及以上论文量的作者即为高产作者。通过整理统计2008—2017年的8153篇论文,张明路以23篇居发文量排名首位,因此  $N_{max}$  确定为23,经过计算得  $M = 3.59$ ,取整得4,即发文量达到4篇及以上为高产作者。经过统计,在386位作者中共有79位发文数量在4篇及4篇以上的,其中发文量最多的4位学者为张明路、王伟、负超、李斌,均来自机械工程领域,说明我国在机械工程与人工智能融合创新的研究较为突出。同时发文量超过10篇的作者还有高奇琦、王飞跃、刘伟、高峰、张华、喻国明,他们分别来自政治学、计算机软件及计算机应用、新闻与传媒、机械工程等领域。比较遗憾的是,知识图谱中单独节点较多,节点之间连接较少,说明目前我国在人工智能方面并未形成有效的合作网络,大多处于独立研究状态。

### 2.3 国内人工智能研究机构知识图谱

将数据通过 CitespaceV 软件进行研究机构知识图谱的分析,研究机构可以是某个或某些学术群体的代名词,对研究机构的研究数据进行统计挖掘,可以得到该领域的核心机构,这些机构的动态往往被视为该领域的风向标。

经过调试,得到国内人工智能领域研究机构的知识图谱,如图3所示。其中共有316个节点,102个连接,网络密度为0.002。在统计的8153篇论文中,共有313个机构在过去10年间积极参与人工智

能研究,整理列出论文产出数量排名前22位的机构,见表1。其中中国科学院系统以161篇论文位居第一并遥遥领先,其余的上榜机构大多来自高校。可见,科研院所和高校是目前人工智能知识生产的主要力量。但相比于美国等科技强国公布的数据看,我国企业在人工智能知识生产上整体还比较逊色,在统计的316所机构中仅有科大讯飞股份有限公司、新松机器人自动化股份有限公司、中国移动通信集团有限公司等19家(约占总数6%)来自企业。而目前被公认为中国科技巨头的BAT(百度、阿里巴巴、腾讯)等企业在科研论文的发表上表现并不突出,而相较于美国的IBM、谷歌、APPLE、微软等企业在该项指标中则表现突出<sup>[2,8]</sup>。虽然中国在人工智能方面的应用已经在国际竞争中占据领先地位<sup>[9]</sup>,但是从科研文献的成果可见,中国侧重AI商业场景应用层的发展,而企业的科研产出较少,大多以“高校-企业”产学研合作的方式推动人工智能的应用落地。

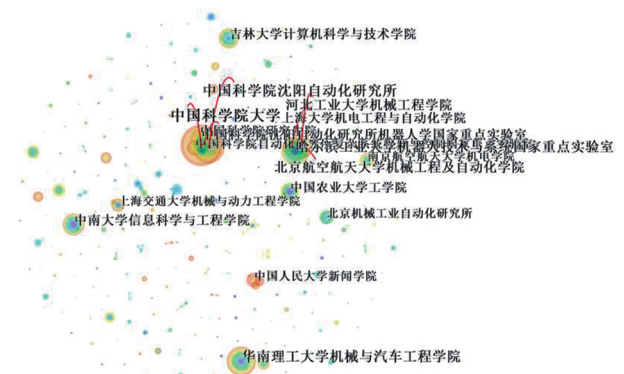


图3 2008—2017年人工智能研究重要机构知识图谱  
Fig.3 The mapping knowledge domains of institutions in AI research from 2008 to 2017

表1 2008—2017年人工智能研究发文量前22位重要机构  
Tab.1 Top 22 institutes of AI research volume from 2008 to 2017

序号	频次	机构	序号	频次	机构
1	161	中国科学院系统	12	22	上海大学
2	50	北京航空航天大学	13	20	南京航空航天大学
3	48	上海交通大学	14	20	华东政法大学
4	40	中国人民大学	15	18	中国社会科学院
5	39	哈尔滨工业大学	16	18	北京师范大学
6	36	华南理工大学	17	17	浙江工业大学
7	34	清华大学	18	15	山东大学
8	27	河北工业大学	19	15	北京科技大学
9	26	武汉大学	20	13	浙江大学
10	25	中南大学	21	13	南京大学
11	22	中国农业大学	22	13	合肥工业大学

### 2.4 国内人工智能研究的期刊分布

核心期刊群为科研人员迅速查找文献和高效掌握学科前沿动态提供了非常重要的情报源。对刊载人工智能研究的期刊进行分析,有助于更准确地掌握目前人工智能的发展广度、深度。本文使用 SPSS 对 8 153 条数据进行了统计,并统计了刊载国内人工智能研究论文重要期刊的前 30 位,见表 2。

表 2 2008—2017 年人工智能研究刊载量前 30 位期刊  
Tab.2 Top 30 journals in AI research from 2008 to 2017

序号	发文量	期刊	序号	发文量	期刊
1	215	机床与液压	16	73	智能系统学报
2	182	机械设计与制造	17	66	计算机应用研究
3	180	制造业自动化	18	66	中国机械工程
4	154	机器人	19	65	计算机测量与控制
5	144	科技导报	20	61	农业机械学报
6	132	计算机工程与应用	21	57	传感器与微系统
7	130	计算机仿真	22	57	机械工程学报
8	123	农机化研究	23	56	机械科学与技术
9	102	农业工程学报	24	56	计算机工程
10	99	组合机床与自动化加工技术	25	56	计算机应用
11	95	青年记者	26	55	机械传动
12	86	微计算机信息	27	52	机械设计
13	81	制造技术与机床	28	51	控制工程
14	77	计算机工程与设计	29	50	华中科技大学学报(自然科学版)
15	74	计算机科学	30	48	自动化学报

通过分析期刊分布发现:以人工智能为主题的 8 153 篇文章,共涉及到 1 195 种期刊,说明人工智能涉及研究领域较广,在各期刊中人工智能研究得到普遍支持和重视,并且人工智能正在各领域内实现渗透融合;在 1 195 种期刊中排名前 30 位的期刊共发表了 2 743 篇,占 33.6%,这些期刊大多是机械、农业、计算机领域,说明这是过去 10 年我国人工智能产出成果较多的领域,表明我国人工智能研究的文献集中,具有相对稳定的期刊来源;同时 1 195 种期刊的前 20% (239 种) 中共发表了约 6 311 篇论文,约占统计数据论文总量的 77.4%,其他期刊虽然都有研究,但绝对数量有限。由此可见,此次分析结果符合二八定律和长尾理论在文献计量学上的应用规律<sup>[10]</sup>。

### 3 国内人工智能研究的内容分析

点和内容向读者展示,关键词在一定程度上表征论文的关键研究内容<sup>[11]</sup>,并且在某段时期某一领域出现频次较高的关键词,往往被视为这一领域的热点和趋势,这被称为词频分析法,关键词词频是文献计量分析中的重要指标<sup>[12]</sup>。

本文使用 CitespaceV 软件,将 2008—2017 年分为 10 个时间区,网络节点选择 Keyword。运行软件得到关键词共现网络。在图中圆形节点代表不同关键词,同时软件根据关键词出现的频率,使用不同的圆圈大小来表示,不同的光圈分别代表不同的发文年份,图谱中的网络节点中心性也是能够反映核心问题的关键指标。经过修剪调整,得到我国人工智能研究关键词知识图谱,如图 4 所示。

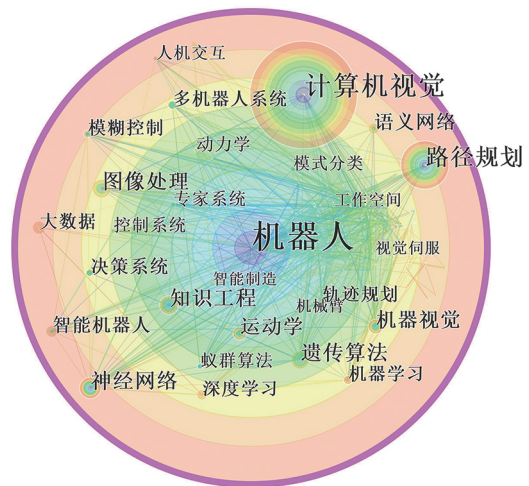


图 4 2008—2017 年人工智能研究关键词共现知识图谱  
Fig.4 The co-appearance network of keywords in AI research from 2008 to 2017

运行后得到的结果为 197 个节点,676 个连接,网络密度为 0.035,较其他共现网络结果更为可观。其中以专家系统、机器人、计算机视觉、路径规划、大数据、神经网络、知识工程、图像处理、遗传算法、深度学习、机器视觉等为核心关键词的结构紧凑,密度较高,说明在这几方面的研究比较热门和深入。但整体来讲,人工智能作为未来科技发展的重要战略方向,其发展应当深度融合到更多领域。

通过统计高频关键词,可以将人工智能的发展从两个维度进行分析,即技术维度和产品维度。深度学习、控制系统、神经网络、数据挖掘等关键词说明在技术维度上我国人工智能的研究精力主要投入在算法层面,而硬件方面的基础性研究投入较少,譬如芯片等高端智能制造技术的相关研究较少;产品维度则主要分为终端产品和行业垂直应用,譬如机

器人、智能驾驶、智能制造、无人机等热点关键词出现频次较高,说明我国目前人工智能行业主要集中在终端产品上,同时在“AI+”的产业垂直服务上,关键词中出现了智慧电网、智慧医疗、智慧物流、虚拟现实、区块链、智慧金融等,但出现频率不高,说明人工智能与各重要领域的融合应用研究应继续深入,跨学科融合有待进一步加强。

尽管关键词共现网络能够为我们展示研究热点,但这并不能等同于研究前沿。陈超美教授指出,研究前沿是在某段时期内出现频率迅猛上升的突现词<sup>[13]</sup>。因此,需要利用 Citespace V 来检测关键词的突现性,把短期内频次迅速增长的词汇分析出来,突现词的动态变化特性和时间分布能够较程度地展示人工智能研究前沿和发展趋势。选择 Keyword 为网络节点,设置词语类型为 Burst Terms,阈值选择 Top 50,点击运行,得到的关键词突现见表 3。

基于人工智能关键词频次和突现情况,本文将人工智能的发展分为三个阶段,即基础起步阶段(2013年前)、稳定发展阶段(2013—2016年)、发展热潮阶段(2016年—目前)。

在第一阶段中,人工智能的研发尚处于基础科研阶段,多以计算机学科成果展示出来,例如受 Hinton 提出深度学习<sup>[14]</sup>(Deep learning)的影响,我国开始出现神经网络、专家系统和遗传算法等研究热潮,同时数据的采集、挖掘、分析、共享,网络通讯,传感器等领域的技术不断发展,并分化出了计算机视觉、语音处理、自然语言处理、规划决策系统等技术方向。此阶段的技术沉淀为日后智能物流、智慧农业、智能医疗等新兴产业的迅速崛起积蓄了力量。

在第二阶段中,人工智能的发展得益于我国国家层面对人工智能产业的大力扶持,期间出台了一系列国家政策,明确提出加快发展新一代科技信息,将人工智能上升至国家重要战略层面。在这一阶段中,以物联网、大数据、信息安全等为核心主题。此外,人工智能发展的驱动力开始从基础设施建设转向了信息技术发展,大数据成为推动人工智能发展的新兴力量。并且,人工智能领域的研究开始逐步落地应用,产生了如图像识别、图像理解、视频识别、语音识别、语义理解、语音合成等具体技术。

在第三阶段中,David Silver 创造性地把深度学习和强化学习融合起来,研制出的 AlphaGo 打败了人类围棋高手,人工智能被广泛热议,其发展进入全推进时期。在此阶段中,关键词共现网络趋于复杂,物联网、云计算、大数据、虚拟现实等新技术成为保

证其发展的中坚力量,并且相关产业发展日渐成熟,在制造、物流、农业、金融、商务、医疗等行业实现了“AI+”的融合创新,自动驾驶、智能医疗、智能投顾、虚拟现实和增强现实等成为研究焦点,并逐步建立起人工智能产业体系,新技术新应用在实体经济中开始落地,加速了落后动能的淘汰。研究发现,随着对人工智能的更全面认识,在《新一代人工智能发展规划》中伦理一词词频达到 15 次。可见在人工智能迅速爆发之后,关于人工智能伦理、法律、社会经济、监管治理、隐私安全等成为了关注的重点问题。知识产权和产权保护越来越得到学者的重视,我国人工智能研究的视野也更加国际化。

表 3 2008—2017 年人工智能研究突现词

Tab.3 Burst terms in AI research from 2008 to 2017

突现词	突现率	起始年	骤减年	突现时间可视化 (2008—2017)
专家系统	9.096	2008	2009	
遗传算法	9.074	2008	2009	
神经网络	9.031	2009	2010	
多机器人系统	6.261	2008	2010	
蚁群算法	6.252	2008	2009	
知识工程	5.757	2008	2009	
粗糙集	5.751	2009	2010	
模糊控制	5.495	2008	2010	
路径规划	5.238	2008	2009	
物联网	5.167	2015	2017	
模式识别	4.882	2008	2009	
滑模控制	4.827	2008	2009	
故障诊断	4.691	2008	2010	
轨迹跟踪	4.437	2008	2009	
自然语言理解	4.437	2008	2009	
计算机应用	4.437	2008	2009	
虚拟现实	4.425	2015	2017	
模式分类	4.299	2008	2010	
智能装备	4.271	2014	2015	
知识表示	4.169	2009	2010	
plc	4.169	2009	2010	
逆运动学	3.992	2008	2009	
智能制造	3.690	2014	2015	
同时定位与 地图创建	3.671	2009	2014	
bp 神经网络	3.613	2008	2014	

人类认知和科技的突破都是呈螺旋式上升发展的,从人工智能发展历史看,经历了几代热潮,人工智能的发展可能还会遇到沉寂时期,直到新的突破,未来的研究将从全信息环境发展到模糊资料与不完

全信息环境的生存,再到自我意识的创造,人工智能的发展还有较长的路<sup>[15]</sup>。

## 4 结束语

### 4.1 结论与预测

本文使用 Citespace、SPSS 等软件,对 CNKI 中 2008—2017 年收录的人工智能文献进行了研究,绘制了高产作者、研究机构和关键词的知识图谱及突现词表。综合本文,得到以下结论:

1) 从国内人工智能研究的发文时间分布来看,人工智能已进入高速发展阶段。2008—2018 年我国人工智能研究的论文产出量总体保持较高水平,并在 2016 年开始呈现爆发式增长,近年来人工智能研究非常热门,并且研究成果丰富。作为国家战略性新兴产业和横断性学科,人工智能的研究已经渗透到各行各业,未来发展前景广阔,预计未来几年人工智能研究将继续升温,论文产出量将继续攀升。

2) 从期刊分布、研究机构、研究学者来看,人工智能研究呈现出三大均衡性问题。人工智能受到各领域研究学者重视,论文分布涉及 1 195 种期刊,达到足够的广度,但 30% 左右的文论集中在机械、农业、计算机领域,可见其他领域研究深度不够。一方面人工智能研究机构主要集中在以“中国科学院系统”为领头羊的高校与科研机构,科创企业的知识产出较少;另一方面研究学者和团队百花齐放,百家争鸣,但各自为阵,高度离散。因此,各领域研究学者应当加强跨学科交流合作,各取所长,企业与研究机构应当加强产学研协同合作,充分发挥技术、资本、市场的力量。人工智能作为以创新为基本特征的新一代高科技技术,决定了其科研选题极为重要,科研学者和机构只有加强交流合作才能避免重复研究和浪费财力物力智力资源。

3) 从关键词知识图谱和文献内容分析,给出了 4 点总结和预测。医疗、物流、城市、金融、汽车等行业关键词的出现,说明人工智能开始在更多领域深入渗透,越来越多的行业将拥抱人工智能技术,尤其服务行业将迎来新变革,因此“人工智能+”有望成为未来发展新生态模式;我国在语音识别、计算机视觉、图像处理、无人驾驶、无人机等应用层面积累了较强的技术储备,根据未来产学研合作深入和资本力量推进的预期,有望出现大批新科创公司,人工智能领域可能产生更多独角兽企业;将关键词归类发现,我国在终端产品研发和行业应用的研究成果较

多,但基础性科学研究基础并不牢靠,具有突破性、原创性、引领性的研究成果屈指可数<sup>[16]</sup>,基础层研究的薄弱可能造成我国人工智能发展后力不足;伦理道德、隐私安全、知识产权和产权保护是我国人工智能研究需要破解的新障碍。

### 4.2 研究展望

本文再现了我国人工智能领域研究的现状、热点与前沿,具有一定参考意义与实际价值。但本文观点仍存在一定的局限性,在后续的研究中将从以下两个方面改进:首先,熟练掌握多种知识图谱分析工具以扩展分析视角,如进一步借助 Bibexcel、HiteCite、Ucinet、NWB Tools 等软件;其次,后续研究中将进一步丰富数据来源,如增加对专利、学位论文、会议论文、重要的报纸论文等的统计与分析,从而帮助研究提供更全面的分析。

### 参考文献:

- [1] 蔡自兴. 中国人工智能 40 年[J]. 科技导报, 2016, 34(15): 12-32.
- [2] 潘云鹤, 薛澜, 梁正, 等. 中国人工智能发展报告 2018[R]. 北京: 清华大学中国科技政策研究中心, 2018.
- [3] 周善阳. 基于知识图谱下我国近 30 年体育产业研究可视化分析[J]. 辽宁体育科技, 2017, 39(6): 11-15, 19.
- [4] 邱均平. 信息统计学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 52.
- [5] 陈悦, 陈超美, 胡志刚, 等. 引文空间分析原理与应用: CiteSpace 实用指南[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 69.
- [6] 高明, 段卉, 韩尚洁. 基于 CiteSpace III 的国外体育教育研究计量学分析[J]. 体育学, 2015, 35(1): 4-12.
- [7] 孙瑞英, 王旭. 基于文献计量的国内物联网研究现状分析[J]. 现代情报, 2016, 36(1): 153-159.
- [8] 朱巍, 陈慧慧, 田思媛, 等. 人工智能: 从科学梦到新蓝海——人工智能产业发展分析及对策[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(21): 66-70.
- [9] 刘斌. 中国成为全球人工智能专利布局最多的国家[N]. 中国知识产权报, 2018-07-25(001).
- [10] 刘艳芬, 桂秀梅. 二八定律与长尾理论在现代图书馆的共生应用[J]. 现代情报, 2009, 29(8): 40-42.
- [11] FREEMAN L C. Centrality in social networks conceptual clarification[J]. Social Networks, 1978-1979, 1(3): 215-239.
- [12] 许智. 图书情报学知识服务的知识图谱分析[J]. 现代情报, 2013, 33(2): 166-170.
- [13] 陈超美. CITESPACE II: 科学文献中新趋势与新动态的识别与可视化[J]. 陈悦, 侯剑华, 梁永霞, 译. 情报学报, 2009, 28(3): 401-402.
- [14] HINTON G, OSINDERO S. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural Computation, 2006(18): 1527-1554.
- [15] 刘韩. 人工智能简史[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017: 2-3.
- [16] 戴国强, 高芳, 徐峰. 人工智能在实际应用中的瓶颈及未来研究展望[J]. 情报工程, 2018, 4(1): 4-12.