

国内外人工智能的研究热点对比与前沿挖掘

王友发, 陈 辉, 罗建强

江苏大学 管理学院, 江苏 镇江 212013

摘 要: 为了直观地了解人工智能领域发展现状及研究前沿, 剖析国内外研究存在的异同点, 助力国内人工智能研究。以 Web of Science 数据库和 CNKI 数据库的 2008—2019 年期刊论文为依据, 借助 Citespace 软件对期刊论文进行科学知识图谱绘制和可视化分析。根据客观数据和科学知识图谱发现: 2016 年后, 人工智能领域迎来新的研究热潮, 且呈现“中美双雄”的格局; 在发文质量上, 北美区域是当前人工智能研究水平最高的区域; 目前, 人工智能研究的主力军是高校, 且尚未形成产学研相结合的体系; 研究主题具有鲜明的时代特征, 人工神经网络、算法、大数据、机器人、计算机视觉、法律伦理学等成为当下的研究热点; 最后根据人工智能研究脉络演进图与高频实现词提出该领域的“深度强化学习”“人工智能+”“智能社会科学”三个研究前沿, 为后续人工智能研究提供方向建议。

关键词: 人工智能; 知识图谱; 研究热点; 研究前沿

文献标志码: A **中图分类号:** G353.1; TP18 **doi:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2102-0315

Research Hotspots and Cutting-Edge Mining of Artificial Intelligence

WANG Youfa, CHEN Hui, LUO Jianqiang

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China

Abstract: In order to intuitively understand the development status and research frontier of artificial intelligence, analyze the similarities and differences between domestic and foreign research, and help domestic artificial intelligence research. Based on the journal papers from 2008 to 2019 in Web of science database and CNKI database, scientific knowledge mapping and visual analysis of journal papers are carried out with Citespace software. According to the objective data and the map of scientific knowledge, it is found that after 2016, the field of artificial intelligence ushers in a new upsurge, and presents a pattern of “China and the United States”. In terms of the quality of published papers, North America is currently the region with the highest level of artificial intelligence research. At present, the main force of artificial intelligence research is colleges and universities, and the system of combining production, teaching and research has not yet formed. The research topics have distinct characteristics of the times, and artificial neural networks, algorithms, big data, robots, computer vision, legal ethics and so on have become the current research hotspots. Finally, according to the evolution of artificial intelligence research context and high-frequency words, three research frontiers of this field, namely “deep reinforcement learning”, “artificial intelligence +” and “intelligent social science”, are put forward to provide direction suggestions for the follow-up artificial intelligence research.

Key words: artificial intelligence; knowledge graph; research hotspots; research frontier

人工智能作为一项引领未来的战略性技术,正在深刻地改变了人们的生产和生活方式,并影响着一个国家和民族的命运。近年来,中国在高科技领域取得令人瞩目成就的同时,也引起以美国为首的资本主义强国的偏见与警觉。特别是近两年,美国深陷“修昔底德陷阱”,不惜动用国家力量加大对华为、字节跳动等中国高科技

企业的蓄意抹黑和围猎力度^[1],妄图复制“阿尔斯通”事件,强力遏制中国科技崛起的发展势头。据此,习近平总书记指出人工智能是突破欧美等发达国家对中国进行技术封锁的重要战略抓手,是中国抓住新一轮科技革命和产业变革的重要历史机遇。除此之外,新冠肺炎在全球范围内的肆虐也将人们关注的目光投向人工智能、大

基金项目: 江苏省社科基地项目(18JD018)。

作者简介: 王友发(1981—),男,博士,副教授,研究方向为管理科学、智能制造、科技创新管理;陈辉(1995—),男,硕士研究生,研究方向为管理科学、人工智能、科技创新管理;罗建强(1973—),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为生产/服务运作管理、技术/服务创新、管理决策分析。

收稿日期: 2021-02-25 **修回日期:** 2021-04-09 **文章编号:** 1002-8331(2021)12-0046-08

数据、机器人等高科技领域。目前,人工智能发展再次受到高度关注。

人工智能是一门涉及计算机技术、法律、行为学、心理学、哲学、语言学、管理学等多个领域的综合性学科,众多学者从不同角度展开探讨。如基础理论研究方面:自 John McCarthy 在达特茅斯会议首次提出人工智能以来,人工智能迅速发展形成结构主义^[2]、功能主义^[3]和行为主义^[4]三大理论体系。在此基础上,钟义信^[5]提出“机制主义”,以实现“信息—知识—智能”的转换。技术应用方面:在深度学习理论、大数据、高性能计算、计算成本的综合作用下,人工智能逐步进入产业化阶段,如智能家居^[6]、智能制造^[7]、智能驾驶^[8]等受到学者的高度重视。社会学方面:人工智能的快速发展暴露了社会学中失业与贫富差距问题、伦理困境、法律问题、社会治理等盲点^[9],众多学者围绕这些热点问题展开了相关探讨。尽管众多学者对厘清人工智能领域研究做出了极大的贡献,但人工智能发展势头迅猛,现有研究主要从国内或者国际视角出发对人工智能相关研究进行梳理,未揭示国内外研究存在的相同点及差异以及人工智能未来发展趋势。鉴于此,本文采用知识图谱方法系统梳理人工智能领域的总体格局,揭示该领域的热点演进和研究前沿,为后续人工智能研究提供方向,助力人工智能研究。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究方法

知识图谱是指用可视化技术来发现、描述、分析以及最终展示数据或文本之间的相互关系,主要流程包括数据源选择、数据采集、数据处理、数据导入、参数设置、知识图谱绘制和分析几个步骤。目前,可用于知识图谱绘制的主流软件有:Citespace、SAS、RefViz、TDA等,但由于Citespace可以直接分析知网文献,故选择Citespace作为本文的研究工具。该软件由华人学者陈超美教授基于JAVA程序于2003年开发,通过绘制关键词、研究热点、时间脉络等知识图谱客观地描述和预测人工智能的研究现状和研究趋势。

1.2 数据来源

国外文献以 Web of Science 数据库中的 SCI-EXPANDED 和 SSCI 期刊为数据源,该数据库是国际科学界公认的权威数据库之一,以文献内容权威、数据完整规范、便于计算机整理分析而出名。本文将检索表达式设置为:主题=“artificial intelligence”,时间跨度为 2008—2019 年,以“article”为文献精简类型,检索到 13 380 条文献记录。国内文献以 CNKI 数据库中 CSSCI 和 EI 期刊为数据源。CSSCI 数据库在中文文献方面的影响力、内容覆盖度上具有明显优势,在人工智能领域多数属于人文社科类的研究;而 EI 数据库是著名工程技术类综合性检索工具,基本不收录纯理论的研究内容,偏重工程应用,两类数据库相互补充。为尽可能全面了解人工智能领域的研究现状,本文将检索表达式设

置为:主题=人工智能,时间跨度为 2008—2019,数据来源为 CSSCI 和 EI,检索到 5 548 条文献记录。最后,剔除与主题相关度不大的记录,共得到 15 954 篇样本文献。

2 人工智能研究的总体格局分析

通过对发文量、学科及期刊分布、核心作者及研究机构、国家(地区)分布的可视化分析对国内外人工智能领域进行总体格局分析。

2.1 发文量分析

2.1.1 国外发文量分析

某一领域的发展状况可以从该领域发文量历时性变化趋势中得到反映^[10]。图 1 显示 SCI 和 SSCI 数据库中 2008—2019 年人工智能发文数量。总体上看,国外人工智能领域的发文数量持续增长。尤其在 2015 年以后,人工智能发文量呈现显著的增长趋势,2016—2019 年发文量占样本比重的 55%。这说明人工智能研究领域具有很大的潜力,并且各国将人工智能上升至国家战略层面。可以预见,人工智能研究正在进入高速化发展阶段,相关文献数量即将进入爆炸式的增长阶段。

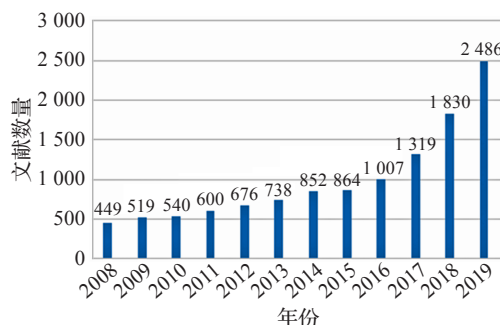


图1 2008—2019年国外人工智能研究文献数量分布

2.1.2 国内发文量分析

从图 2 可以看出,国内人工智能发文量先呈现小幅度下降趋势,后又增长迅猛。具体表现为在 2008—2014 年,受国内硬件设施、计算速度等因素的限制,学术圈尚未重视人工智能的发展,导致该阶段文献数量呈小幅度下降趋势;从 2015 年至今,该阶段人工智能发文量明显增多,特别是 AlphaGo 事件发生后,人工智能再次成为学者研究的热点,紧接着国家发布《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》以及《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020 年)》,涉及到理论探索、技

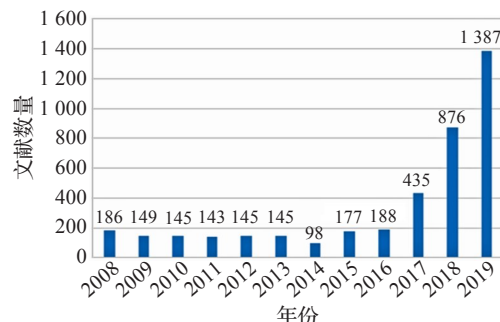


图2 2008—2019年国内人工智能研究文献数量分布

术更新以及与行业相结合的应用实践,将人工智能研究推入发展高潮。

总体而言,国内外的人工智能发文量都在2016年左右迎来爆发式增长。其原因是深度学习、大数据等技术的突破,打破了人们对人工智能产品的预期,掀起人工智能革命的第三次浪潮。

2.2 核心作者及研究机构分布

2.2.1 国外核心作者及研究机构分布

(1)核心作者方面:通过对研究人员分析,可以掌握一个领域的核心作者,促进学术交流与合作。对期刊论文发表作者进行统计(表1),从发文量角度来说,KISI O的发文量居首,ZHNG J、RAJA MAZ等紧随其后,在一定程度上表明这几位学者在人工智能领域具有一定的影响,但只从发文量角度分析必然有一定的片面性。篇均被引频次反映学者对学科发展的贡献和影响,其值越大,影响力越大;Web of Science数据库通常以H-index指标评价学者学术成就,其值越高,影响力越大。因此,本文以篇均被引频次和H-index这2个指标评估学者在人工智能领域的影响力。由表1可知:ZHNG J虽在发文量上高于RAJA MAZ、CHENG MY、LIU Y,但从篇均被引频次和H-index值大小角度看,RAJA MAZ、CHENG MY、LIU Y在人工智能领域的影响力应超越ZHNG J,那么可以得出:KISI O、RAJA MAZ、CHENG MY、LIU Y在人工智能领域有较大的影响力。进一步分析上述作者发表文献内容可以看出,他们的研究大多突出基础理论创新与技术应用研究这两大主题。

表1 发文量前8的核心作者

发文量	被引频次(去除自引)	篇均被引频次	H-index
41	1 124	27.93	17
40	272	6.68	9
39	514	21.26	19
37	280	7.23	9
34	489	14.85	15
34	262	7.76	7
34	188	5.56	8
33	327	9.94	8

(2)机构分布:10 965条文献涉及全球7 937个机构,由于篇幅原因,本研究只分析发文量排名前八的机构(表2)。结果显示:高校是人工智能研究领域研究的

主力军;八家研究机构中有四家属于中国,初步可以得出中国在人工智能领域具有较强的科研实力;从篇被引频次角度看,美国斯坦福大学远超其他机构,表明美国斯坦福大学在人工智能领域有着突出的学术优势和地位;虽然中国在发文量方面处于领先水平,但在篇均被引频次方面落后于美国、伊朗等国家,表明我国在人工智能领域的研究水平与国际领先水平相比还存在一定的差距。

2.2.2 国内核心作者及研究机构分布

(1)核心作者分析:知网数据库通常以学者的发文量作为评判学者学术成就的标准之一,因此引用普赖斯定律挖掘人工智能的核心作者群,促进学术交流与研究。核心作者群发文阈值 $Mp=0.749\times\sqrt{Npmax}$ (其中 $Npmax$ 为最高产作者发文数)。经统计,高奇琦发文量最多,有17篇。因而得到核心作者最低发文量为3.1篇,按照取上限整数原则为4篇(表3)。

表3 人工智能研究核心作者分布(前8位)

作者	发文量	机构团队	研究主题和方向
高奇琦	17	华东政法大学	智能社会科学
李伟	15	中国农业大学	计算机视觉检测技术
王伟	14	北京航空航天大学	智能设计与拓扑优化
徐英瑾	12	复旦大学	人工智能哲学
刘宪权	11	华东政法大学	人工智能法律
刘宏	9	哈尔滨工业大学	空间机器人技术
赵杰	9	哈尔滨工业大学	机器人传感器
王飞跃	9	国防科学技术大学	智能系统控制与管理

根据8位核心作者的研究内容突出了当前人工智能社会学和机器自动化技术发展两大主题,同时覆盖了人工智能时代下的智慧媒体、智能教育、智能算法等多个层面。主要包括:以“高奇琦”和“刘宪权”为核心的华东政法大学对人工智能时代下自动驾驶、机器人权利、知识产权等方面的法律思考;“徐英瑾”为核心的复旦大学对人工智能层面上关于人与机器主导地位的伦理探索;以“刘宏”和“赵杰”为核心的哈尔滨工业大学对语音识别、机器学习等自动化技术理论的探索与创新;以“李伟”为核心的中国农业大学对智慧农业的探索。

(2)机构分布:网络密度是指网络结构中被分析主体(节点)之间实际联结的数目与可能存在的最大的联结数目之比,表明网络中各个节点之间关系的紧密程

表2 人工智能发文机构分布(前8位)

机构	国家	发文量	被引频次总计	篇均被引频次
STANFORD UNIV(斯坦福大学)	美国	73	3 068	42.03
UNIV TABRIZ(大不里士大学)	伊朗	97	1 627	16.77
NANYANG TECHNOL UNIV(南洋理工大学)	新加坡	71	1 157	16.30
UNIV TEHRAN(德黑兰大学)	伊朗	96	1 515	15.87
HONG KONG POLYTECH UNIV(香港理工大学)	中国	73	1 099	15.05
CHINESE ACAD SCI(中国科学院)	中国	195	2 557	13.11
NATL TAIWAN UNIV SCI TECHNOL(国立台湾科技大学)	中国	76	984	12.95
TSINGHUA UNIV(清华大学)	中国	73	854	11.70

度,通常密度越高,节点之间的联系越紧密,反之不然^[11]。由图3可知,机构合作的网络密度仅为0.002 7,该数值较低,意味着国内尚未形成极具凝聚力的科研群体。另外,国内人工智能领域研究机构以理工类学院为主,人文社科类的学院为辅,具体包括计算机学院、机械学院、哲学院等为该领域的主阵地,但缺乏科创企业的加入。除此之外,中国科学院也是该领域的重要研究力量,主要涉及机器人技术研究,而官方跻身人工智能的研究更表明了人工智能研究的战略意义。

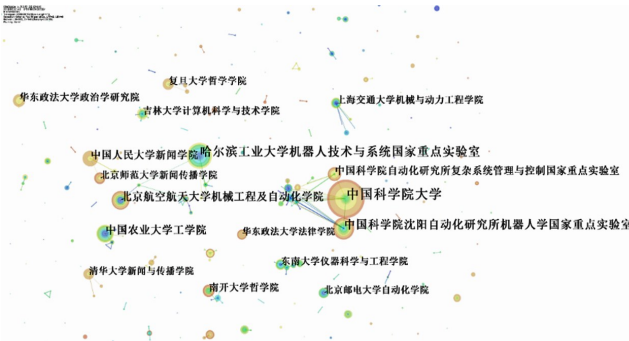


图3 人工智能研究机构图谱

从研究机构层面来看,国内的科研机构、高校与生产企业联系不紧密,造成科技成果与产业发展需求不匹配,这也就导致国内科研成果转化不顺畅。而美国、欧盟和日本等发达国家则呈现企业、政府机构和高校联合参与的态势,形成了一个知识产权确权、维权和商业化的完善的产业链条。

2.3 国家(地区)分布

为了更清晰地掌握世界范围内的人工智能研究布局情况,从而获知各国(地区)在该领域的总体研究实力^[12]。本研究从发文量、篇均被引频次和被引频次(≥50篇)3个角度对国家(地区)进行分析(表4)。从国家层面看:美国与中国在发文量方面呈现出中美“双雄”的格局,是人工智能领域的研究大国;但从篇均被引频次、被引频次大于等于50篇数量方面,中美存在差距,这可以说明,美国在发文质量上更胜一筹,表明美国在该领域具有较强的科研实力以及权威性。从区域层面看:在篇均被引频次、被引频次大于等于50篇数量方面,以美国、加拿大为首的北美区域是当前人工智能研究水平最高的区域,其次以英国、西班牙为首的欧洲区域,该区域

表4 国家(地区)发文量分布(前8位)

国家	发文量	被引频次 (去除自被引)	篇均被引频次	被引频次 (≥50篇)
美国	2 101	28 308	13.78	114
中国	2 059	16 265	8.22	55
英国	880	12 932	14.97	47
土耳其	473	10 090	22.20	36
伊朗	829	8 698	11.47	35
印度	659	6 269	9.79	25
西班牙	793	7 461	9.76	20
加拿大	454	4 089	9.13	14

的总体研究水平也较高,再次是以中国、土耳其、印度为首的亚洲区域,说明亚洲人工智能领域整体研究水平不高,缺乏高质量的研究论文,与北美、欧洲区域相比还存在一定的差距。

3 人工智能研究的发文主题分析

通过建立关键词知识图谱、关键词脉络演进图谱和高频突现词表对国内外人工智能领域进行发文主题分析,揭示人工智能领域的研究热点与研究前沿。

3.1 研究热点分析

3.1.1 国外研究热点分析

利用 Citespace 软件绘制国外人工智能领域的关键词知识图谱(图4)。从图中获知,关键词频次和中心度较高的有:Artificial Intelligence(人工智能)、Classification(分类)、Model(建模)、System(系统)、Prediction(预测)、Neural Network(神经网络)、Algorithm(算法)等,结合关键词频次和中心性总结人工智能研究热点如下。

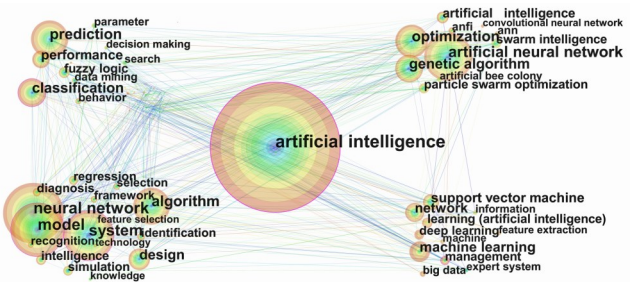


图4 国外人工智能研究热点知识图谱

(1)数据挖掘方面:通过算法搜索挖掘出知识库有用的信息,应用于市场分析^[13]、科学探索^[14]、疾病预测^[15]等。主要的研究热点包括 Prediction(预测)、Classification(分类)等。Hadavandi 等^[16]将遗传模糊系统和人工神经网络结合形成计算智能,构建股票价格预测专家系统以支持预测过程的智能化和提高预测的精准性。未来,企业决策将越来越重视数据的收集与挖掘,如果说,互联网的上半场拼的是价格、速度、模式,而互联网的下半场需要拼品质、耐力和技术。

(2)模式识别方面:对表征事物或者现象的各种形式信息进行处理分析,以及对事物或现象进行描述分析分类和解释的过程。Esteva 等^[17]通过实例验证深度卷积神经网络以其高容错性、鲁棒性及自组织性可以模仿或代替人的思维,在皮肤疾病分类的表现与人类专家不相上下。在传染性极强、潜伏期久、危害极大的新冠肺炎面前,模式识别与医疗的融合避免了医患双方的直接接触,基于已构建的知识库实现病理判断。但知识库的规模从根本上决定智能诊断的瓶颈,因此,学者应更注重该方面理论的研究,实现技术革新与理论研究齐头并进。

(3)智能算法方面:算法作为人工智能的根基,只有“扎根”越深才能自如的应对复杂、多变的实际问题。Omkar 等^[18]基于人工蜂群算法设计叠层复合材料构件

的多目标优化通用模型,根据三个失效准则(基于失效机理的失效准则、最大应力失效准则和蔡武失效准则)验证智能算法优越性。Karaboga^[19]对比了微分进化、粒子群优化、进化算法与人工蜂群算法在多维数值问题上的性能,仿真结果表明,人工蜂群算法性能更优,更易解决高维工程问题。

(4)机器学习方面:研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为,通过不断完善自身的性能,达到操作者的特定要求。深度学习是机器学习的一个新兴领域,也是人工智能第三次热潮兴起的重要推手,其根本在于建立、模拟人脑进行分析学习的神经网络,模仿人脑的机制来解释数据。Arel等^[20]概述并总结深度机器学习领域现状,并预测卷积神经网络和深信网络研究具有很大的前景。深度学习作为这一轮人工智能兴起的根本原因,但因其不可解释的特性被冠以“黑盒子”称号,值得学者高度重视。

3.1.2 国内研究热点分析

在分析国外研究热点的基础上,为进一步了解和对比国内同行的研究动态,本文利用Citespace软件绘制出国内人工智能领域的关键词知识图谱(图5),并梳理出节点之间的网络关系,具体如下。

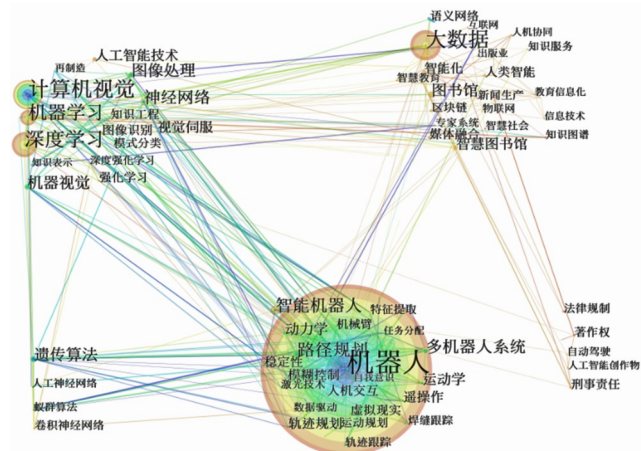


图5 国内人工智能研究热点知识图谱

(1)以机器人系统为中心,旨在协助或取代人类的工作。主要研究热点包括多机器人系统、智能机器人、路径规划等。近年来,随着“人口红利”的逐渐消失,越来越多的行业急需用机器人来替代人力。“机器换人”一方面可以节约劳动力成本,提高全员劳动生产率,另一方面推动企业由“制造”向“智造”转型。张艳华等^[21]进行实证研究后,指出“机器换人”从长期角度看,“机器换人”效应趋近于0。在此次新冠肺炎疫情期间,由于大量劳工无法按期返岗,诸多生产企业出现产品生产不及时、跟不上需求的情况。鉴于此,智能制造再次提上日程,值得学者高度重视。

(2)以计算机视觉为中心,旨在用机器观测代替人眼观测,实现机器对视频的理解从而完成目标检测。主要研究热点包括图像识别、机器学习、深度学习等。随

着信息时代的发展,未来的信息社会将会有至少90%的流量源自图像和视频数据,让机器“看懂”这些视觉数据,掌握解决具体的计算机视觉任务的方法是国内外学术界和工业界最关注的问题。行人检测技术作为计算机视觉的研究热点及难点,苏松志等^[22]提出未来行人检测技术可以从多视角和遮挡问题、特殊场景下的行人检测问题、设计自适应的检测器三个方面进行研究;由于深度学习理论和计算机视觉中的鲁棒性算法还未成熟,如何丰富深度学习和鲁棒性算法的理论基础成为了计算机视觉的一个关键科学问题。

(3)以人工智能算法为中心,主要研究热点包括遗传算法、模型、卷积神经网络等。算法虽是属于基础方面的研究,但人工智能的高速发展离不开基础研究的突破性进展。卢瑾等^[23]基于双重遗传算法机制针对动静态障碍物同时存在的复杂环境进行路径规划,可快速有效地找到同时能避开静态障碍物的最优路径。人工智能市场的巨大利益诱惑众多企业进军人工智能产业,并都号称研发技术得到了显著进步。但“徐匡迪之问”揭去人工智能算法外表华丽的面纱,产业发展过度依赖开源代码和现有数学模型,真正属于中国的东西不多。学者必须高度重视人工智能核心底层算法面临“卡脖子”窘境,积极开展相关研究和实践。

(4)以大数据应用为中心,主要研究热点有智慧图书馆、智慧教育、智慧媒体等。基于我国重视教育的基本国情以及新冠疫情对线下教育的冲击,人工智能与传统教育结合的线上教学模式不仅提供定制化教育,而且可以缓解疫情对学术教育的冲击。因此国内的应用领域研究多关注教育信息化、媒体融合等主题。杨现民等^[24]指出人工智能教育存在教育数据的数量与质量“短板”、技术“嫁接”难度大、人机信任危机、缺乏AI人才与课程体系四大发展难题。新冠疫情作为大数据发展的一个重要契机,学者更应将研究热点聚焦于疫情追踪、传播演化、预测、资源配置等方面,坚决打赢疫情防控攻坚战。

(5)以智能社会科学为中心,主要研究热点有版权、伦理、刑事责任、人工智能犯罪等。Rosalind Picard曾指出“机器的自由化程度越高,就越需要道德标准”,而即将到来的人工智能时代正在冲击当下社会的法律、伦理道德体系。高奇琦等^[25]对人工智能发展与未来的可能性做相关分析,从国内外对于电子人权的讨论、机器人的刑事责任、人工智能作品的侵权问题等角度提出人工智能将对法律产生多方位的挑战;郭建伟等^[26]提出完善相关立法、加强对相关技术与产品的管理力度以及提升群众的认知素养来规避人工智能带来的伦理问题。然而,学者并未重视“机器焦虑”和“技术恐惧”等核心议题,所以“机器焦虑”和“技术恐惧”所引发的社会学问题将是未来研究的一个重点领域。

综合国内外的研究热点,可以发现它们存在诸多差别。主要表现为以美国为首的国外研究偏重布局人工

智能基础层和技术层方向,而中国研究更注重布局人工智能应用层与社会科学方向。一方面是由于中国人工智能研究起步相对较晚^[27],在基础层、技术层存在资金、技术壁垒,另一方面是由于我国政策侧重于互联网领域,资金投向偏向终端市场^[28]。这就导致国内的研究更多的是在人工智能基础架构之上的上层应用,而国外牢牢地掌握着人工智能技术的核心。

3.2 脉络演进分析

3.2.1 国外脉络演进分析

由于上述基于社会网络分析的研究热点知识图谱暴露出无法展示人工智能研究主题变化的弊端。因此,作为上述的重要补充,对研究热点绘制 TimeZone View 视图(图6)可以更清晰地展示研究主题变迁和知识流向^[29]。从图6中可以看出,国外人工智能研究主题呈现出理论研究与技术应用并驾齐驱的总体趋势。近10年研究热点大致可分成两个时间段:第一阶段是2008—2015年,该阶段侧重于基础理论和方法的研究。这一阶段,由于计算能力、计算成本、理论基础等因素的限制,人工智能研究未能跳出实验室的禁锢,主要研究热点包括人工神经网络、智能算法、深度学习等。第二阶段是2016年至今,在移动互联网、大数据、云计算等新一代信息技术的快速发展,人工智能所处的信息环境、数据基础发生了巨大而深刻的变化。愈加海量化的数据,持续提升的运算力,不断优化的算法模型,驱动人工智能进入新的发展阶段,人工智能在应用层面获得前所未有的成功。主要包括金融^[30]、医疗^[31]、国土安全^[32]、军事国防^[33]等。

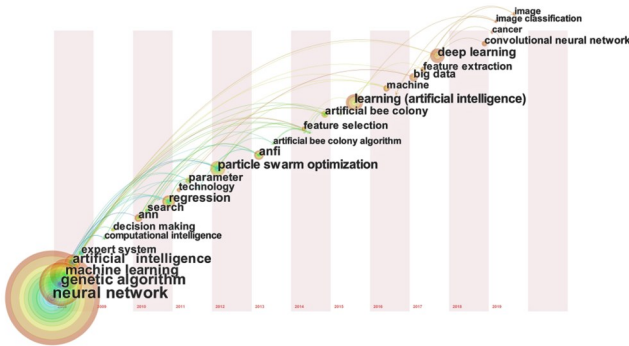


图6 国外人工智能研究热点时间线图

3.2.2 国内脉络演进分析

由于国内外文化特质不一样,研究基础的差异,学者们关注点的不同,国外的人工智能脉络研究图不能揭示国内人工智能的发展历程与动态。因此,利用 Citespace 软件绘制国内人工智能领域研究主题变化图谱(图7)。

从时间序列图可以看出中国人工智能领域具有鲜明的时代特征。2008—2014年主要对以机器人技术和计算机视觉技术为特征的人工智能技术的探索,2008年金融危机后,世界各国纷纷推出机器人产业发展战略,机器人技术、计算机视觉技术逐渐成为人工智能领域的研究热点,尤其在2013年国家颁布《关于推进工业机器

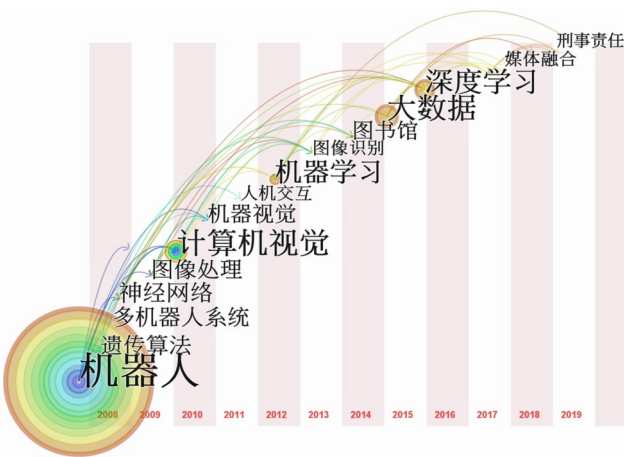


图7 国内人工智能研究热点时间线图

人产业发展的指导意见》后,让机器人变得更加智能,如机器人的轨迹规划、机器视觉和人机交互等成为研究者的关注重点。2016年,AlphaGo 事件发生后,全球人工智能研究迎来了第三次热潮。随着大数据、云计算、深度学习等技术的飞速发展,越来越多的人工智能应用落地,“人工智能+X”的创新模式成为新一轮的研究热点,该类研究有利于促进人工智能技术与社会各行业的融合提升,建设若干标杆的应用场景创新,实现低成本、高效益、范围广的普惠型智能社会^[34]。为了确保人工智能的健康可持续发展,使其发展成果造福于民,2017年,联合国成立人工智能和机器人中心,人工智能的社会学被提上日程,国内学者就人工智能以及机器拟人化后可能出现的法律现象做出预测,以期在机器人权利、自动驾驶责任判断、人工智能相关的侵权与刑事责任等方面提出建设性建议。

综上所述:2008—2014年阶段,由于研究基础的差异,国外的研究主题紧扣基础层研究,主要有 Genetic Algorithm (遗传算法)、Neural Network(神经网络)等,而国内的研究主题侧重机器人技术、计算机视觉等市场终端应用;2016年以后,“人工智能+X”成为研究热点,在《美国优先:令美国再次强大的预算蓝图》《联邦政府人工智能战略要点》等政策的影响下,国外学者深入研究人工智能在医疗、金融、国防安全领域的应用,而国内学者受《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划》等相关政策的影响,研究重心囿于互联网应用领域。

3.3 研究前沿趋势分析

上述基于社会网络分析的研究热点知识图谱和热点时间线图全面地显示了人工智能领域的当前热点及其演变路径,但却对未来趋势的揭示不够。为了更好地指导后续研究,需要对该领域做一个未来研究前沿分析。

突现率是反映文献被引频次或关键词出现频次变化率的关键指标,而基于突现率来分析研究前沿在当前文献计量分析中较为普遍^[35]。据此,将 15 954 篇文献导入 Citespace 软件中,绘制人工智能研究突现词(表5),

根据突现词的出现频次和Burst值进一步分析人工智能研究的前沿问题。

表5 人工智能研究突现词

领域	突现词	频次	Burst
国内	机器人	549	37.91
	计算机视觉	109	18.03
	大数据	102	13.27
	遗传算法	30	11.32
	深度学习	82	4.98
	法律主体	11	4.22
	Learning(学习)	262	40.45
国外	Big data(大数据)	135	35.10
	Expert system(专家系统)	118	25.93
	Feature extraction(特征提取)	97	25.16
	Neural network(神经网络)	103	17.66
	Pattern recognition(模式识别)	49	17.65

综合高频突现词和脉络演进分析可对人工智能研究前沿预测如下：

(1)深度强化学习。突现值较高的有深度学习、Expert system(专家系统)、Learning(学习)、Neural network(神经网络)、遗传算法。深度学习作为人工智能第三次热潮繁荣重要推手，目前已在图像、语音识别等方面实现技术落地。但随着高新技术的不断发展，现有的应用场景不断向纵深拓展，深度学习过度依赖大量标注数据的弊端制约了人工智能发展进入“通用人工智能”阶段^[36]。深度强化学习在处理复杂、多方面和决策方面显示出的巨大潜力被认为是通往“通用人工智能”的一条道路，这也将成为人工智能领域的热门话题。

(2)“人工智能+X”。突现值较高的有机器人、计算机视觉、大数据、Pattern recognition(模式识别)、Feature extraction(特征提取)。在信息技术的支撑下，“人工智能+X”的创新模式成为了新一轮的研究热点。目前，人工智能开始在城市、医疗、物流、汽车、金融等行业渗透，已形成了高达700亿的市场规模。而且，此次突发的新冠疫情也给“人工智能+X”带来发展机遇，尤其在制造、医疗、物流、教育等行业。在医疗行业，工信部2月4日发布《充分发挥人工智能赋能效用，协力抗击新型冠状病毒感染的肺炎疫情倡议书》，将推动AI辅助诊断、AI药物研发、AI服务等领域驶入发展“快车道”；在制造行业，时值春节，大量劳工无法按期返岗对部分劳动密集型传统企业冲击较大，难以保证救援物质的生产供应。鉴于此，以人工智能技术为主要标志的智能制造再次提上日程；在物流行业，救援物资如何穿越重重关卡到达使用者手里成为打赢疫情防御攻坚战的重要影响因素，也是值得物流企业深思的话题。面向未来物流长期发展，构建智能化、自动化和可视化供应链运作体系，是物流企业在抗疫之后首先需要思考的；在教育行业，在“新冠”疫情的冲击下，全球都在实行线下教育，再结合“非典”疫情的思考，AI教育将被越来越多的家长、学生所

接受，人工智能将打造下一代教育变革。除此之外，智能安防、新零售模式^[37]、智能驾驶、智慧金融等也值得学者高度关注。

(3)智能社会科学。突现值较高的有法律主体。在人工智能技术的冲击下，人工智能既扮演道德行为者，又扮演道德容受者的角色。但由于法律、伦理的滞后性，现有的法律、伦理体系并不能很好地解释“人工智能产权”“电子人权”“技术恐惧”“隐私安全”等法律、伦理现象。因此，学者需秉承“阿西莫夫三大定律”，从社会学的角度系统全面地考虑如何对待人工智能系统，提前做好相应规划。

4 研究结论

本文采用了文献计量方法，对Web of Science和CNKI数据库中2008—2019年内关于人工智能文献从总体格局和发文主题两个方面进行统计分析，得到以下结论：

(1)从文献数量上看，2008—2019国内外文献数量总体上都处于增长趋势，并在2016年开始呈现爆炸式增长，成为近年来最热门的研究主题，且研究成果丰富。作为国家战略性新兴产业和横断性学科，人工智能发展前景广阔，预计未来人工智能研究将持续升温，文献数量也将呈现爆炸式增长。

(2)从研究机构 and 学者方面来看，高校是人工智能领域研究的主力军，科创企业的知识产出较少，尚未形成真正意义上的产学研相结合的体系。最后，国内外研究学者和研究团队虽然都突出基础理论创新与技术应用研究这两大主题，但各团队间合作较少。因此，各领域的学者应当加强跨学科交流合作，避免重复研究和资源浪费。

(3)从国家层面看，中、美两国是全球人工智能研究领域的引领国家，从篇均被引频次、被引频次大于等于50篇数量上看，中国与美国的研究水平相比还存在一定的差距；从区域层面看，北美是当前人工智能研究水平最高的区域，亚洲排名次于北美、欧洲地区。

(4)从关键词知识图谱、脉络演进看，人工神经网络、机器学习、算法、大数据、法律等是国内外的研究热点。并且随着计算能力、信息技术的迅猛发展，人工智能开始在更多的领域深入渗透，“人工智能+X”有望成为未来发展新生态模式。但深入剖析人工智能突现词发现，国外更注重人工智能基础架构的研究，而国内的研究更多的是在基础架构之上的上层应用，这足以表明国外牢牢地掌握着人工智能技术的核心。除此之外，人工智能的快速发展带来的社会问题也成为了新一轮的研究热点。

(5)从研究趋势看，深度强化学习、“人工智能+”、智能社会科学将是人工智能的研究前沿。基于目前人工智能依然处于“专用人工智能阶段”的现状，深度神经网络研究依然是未来的研究重点；此外，受全球新冠疫情

的影响,“人工智能+X”的生态模式将在制造、医疗、物流、教育等多个行业迎来新的发展机遇,在迎接机遇的同时也要考虑人工智能技术应用给社会带来的法律、伦理等困扰,提前展开布局。

参考文献:

- [1] 磨惟伟.美国打压中国网络科技企业的真实意图及对我国未来科技工作的相关启示—花旗“帝”国的傲慢与偏见[J].中国信息安全,2019(6):84-87.
- [2] MCCULLOCH W S, PITTS W.A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity[J].Bulletin of Mathematical Biology, 1943, 5: 115-133.
- [3] MC CARTHY J H.A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence[J].AI Magazine, 2006, 27(4): 279-289.
- [4] BROOKS R A.Intelligence without representation[J].Artificial Intelligence, 1991, 47: 139-159.
- [5] 钟义信.机制主义:人工智能的统一理论[J].电子学报, 2006(2):317-321.
- [6] 刘超,徐志方,王方前,等.面向智能家居的物联网操作系统应用框架设计[J].现代电子技术,2020,43(23):143-145.
- [7] 熊雋,陈运军,陈林.基于多机器人的智能生产线仿真设计[J].机床与液压,2020,48(15):66-71.
- [8] 张振珠,何娜.基于总线的无人自动驾驶仪决策系统设计[J].中国工程机械学报,2020,18(3):220-224.
- [9] 汪怀君.技术恐惧与技术拜物教——人工智能时代的迷思[J].学术界,2021(1):197-209.
- [10] 蔡建东,马婧,袁媛.国外CSCL理论的演进与前沿热点问题——基于Citespace的可视化分析[J].现代教育技术, 2012, 22(5): 10-16.
- [11] 罗家德.社会网络分析讲义[M].北京:社会科学文献出版社,2005:134-146.
- [12] 彭丽,叶充.基于Web of Science的人工智能研究计量分析[J].图书情报研究,2015,8(4):53-59.
- [13] ZHAO J, ZHANG Q, TIAN L.Market revenue prediction and error analysis of products based on fuzzy logic and artificial intelligence algorithms[J].Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2020, 11(2):1-8.
- [14] AWAIS M, LI Wei, MUHAMMAD A, et al.Using IoT innovation and efficiency in agriculture monitoring system[J].Journal of Botanical Research, 2020(2):14-20.
- [15] RONG G, MENDEZ A, ASSI E B, et al.Artificial intelligence in healthcare:review and prediction case studies[J].Engineering, 2020, 6(3).
- [16] HADAVANDI E, SHAHANDI H, GHANBARI A.Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting[J].Knowledge- Based Systems, 2010, 23(8): 800-808.
- [17] ESTEVA A, KUPREL B, NOVOA R A, et al.Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks[J].Nature, 2017, 542(7639): 115-118.
- [18] OMKAR S N, SENTHILNATH J, KHANDELWAL R, et al.Artificial Bee Colony(ABC) for multi-objective design optimization of composite structures[J].Applied Soft Computing, 2011, 11(1): 489-499.
- [19] KARABOGA D, BASTURK B.On the performance of artificial bee colony(ABC) algorithm[J].Applied Soft Computing Journal, 2008, 8(1): 687-697.
- [20] AREL I, ROSE D C, KARNOWSKI T P.Deep machine learning-a new frontier in artificial intelligence research [Research Frontier][J].IEEE Computational Intelligence Magazine, 2010, 5(4): 13-18.
- [21] 张艳华.制造业“机器换人”对劳动力就业的影响——基于北京市6家企业的案例研究[J].中国人力资源开发, 2018, 35(10): 136-146.
- [22] 苏松志,李绍滋,陈淑媛,等.行人检测技术综述[J].电子学报,2012,40(4):814-820.
- [23] 卢瑾,杨东勇.基于双重遗传算法机制的路径规划[J].系统仿真学报,2008(8):2048-2051.
- [24] 杨现民,张昊,郭利明,等.教育人工智能的发展难题与突破路径[J].现代远程教育研究,2018(3):30-38.
- [25] 高奇琦,张鹏.论人工智能对未来法律的多方位挑战[J].华中科技大学学报(社会科学版),2018,32(1):86-96.
- [26] 郭建伟,王文卓.如何规避人工智能带来的伦理问题[J].人民论坛,2018(31):56-57.
- [27] 张鑫,王明辉.中国人工智能发展态势及其促进策略[J].改革,2019(9):31-44.
- [28] 卫平,范佳琪.中美人工智能产业发展比较分析[J].科技管理研究,2020,40(3):141-146.
- [29] 长青,王鼎,徐立丽,等.知识图谱视角下《科学管理研究》刊文计量分析[J].科学管理研究,2016,34(3):28-32.
- [30] LI P.Research on the application and security of artificial intelligence in financial industry[C]//IOP Conference Series:Materials Science and Engineering, 2020.
- [31] BONDERMAN D.Artificial intelligence in cardiology[J].Journal of the American College of Cardiology, 2018, 71(23):2668-2679.
- [32] WILSON L, GAHAN M, LENNARD C, et al.A systems approach to biometrics in the military domain[J].Journal of Forensic Sciences, 2018, 63(6).
- [33] HOROWITZ M C, KAHN L, MAHONEY C.The future of military applications of artificial intelligence: a role for confidence-building measures[J].Orbis, 2020, 64(4): 528-543.
- [34] 谭铁牛.人工智能的历史、现状和未来[J].智慧中国,2019(Z1):87-91.
- [35] 陈秋红,朱侃.国内农业经济研究40年:热点主题与研究前沿——基于高被引论文关键词大数据的分析[J].河南师范大学学报(哲学社会科学版),2019,46(1):65-72.
- [36] 万里鹏,兰旭光,张翰博,等.深度强化学习理论及其应用综述[J].模式识别与人工智能,2019,32(1):67-81.
- [37] 王砚羽,苏欣,谢伟.商业模式采纳与融合:“人工智能+”赋能下的零售企业多案例研究[J].管理评论,2019,31(7):186-198.