

基于文献的养老科技学科体系研究^{*}

黄鲁成 李 晋 吴菲菲

(北京工业大学经济与管理学院 北京 100124)

摘 要 [目的/意义]养老科技创新是应对人口老龄化的重要途径,识别养老科技学科体系不仅是研究的需要,也是指导相关领域人才培养的基础。[方法/过程]以养老科技研究文献为数据源,通过建立 WoS 学科分类与国务院学位委员会学科分类之间的映射,构建养老科技学科体系;然后运用社会网络分析方法识别核心学科,并对核心学科的研究态势进行分析。[结果/结论]研究发现:养老科技具有三层学科体系结构;养老科技核心学科为生物化学与分子生物学、计算机科学、跨学科应用、神经科学、公共、环境、职业健康、药理学和药剂学;在养老科技核心学科的研究方面,我国无论发文数量,还是科学影响力都与其他国家存在差距,应该加强国际合作,提升在养老科技核心学科方面的研究水平。

关键词: 养老科技; 学科体系; 核心学科; 科学影响力; 社会网络分析

中图分类号: G350

文献标识码: A

文章编号: 1002-1965(2020)02-0063-09

引用格式: 黄鲁成,李 晋,吴菲菲. 基于文献的养老科技学科体系研究[J]. 情报杂志, 2020, 39(2): 63-71.

DOI: 10.3969/j.issn.1002-1965.2020.02.011

Research on the Gerontechnology Subject System Based on Literature

Huang Lucheng Li Jin Wu Feifei

(College of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

Abstract [Purpose/Significance] Gerontechnology innovation is an important way to deal with the aging of the population. Identifying the gerontechnology subject system is not only the need of research, but also the basis for guiding the cultivation of talents in related fields. [Method/Process] Using the research literature of gerontechnology as the data source, the paper establishes gerontechnology subject system by establishing the mapping between the WoS subject classification and the disciplinary classification of the State Council. Then the social network analysis method is used to identify the core subjects, and analyze the research situation of core subjects. [Result/conclusion] The study found that the gerontechnology subject system has a three-tiered academic structure; the core subjects of the gerontechnology are biochemistry and molecular biology, computer science, interdisciplinary applications, neuroscience, public, environment, occupational health, pharmacology and pharmacy. Our research on the core subjects of the gerontechnology, regardless of the number of documents issued, or scientific influence, has gaps with other countries, we should strengthen international cooperation and improve the research level in the core subjects of gerontechnology.

Key words: gerontechnology; subject system; core subject; scientific impact; social network analysis

0 引 言

随着生育率的下降和预期寿命的增加,世界上许多国家老年人口的数量正在快速增加,老年人口数量在总人口数量中的比例也在增加。根据 2019 年 1 月

21 日国家统计局公布的最新人口数据,截止 2018 年底,我国 60 岁及以上人口为 2.49 亿人,占总人口的 17.9%,65 岁及以上人口占总人口的 11.9%,占世界老年人口总量的 25%。我国已经进入老龄化社会并且正处在老龄化程度不断加深的阶段,即将从老龄化社

收稿日期: 2019-07-16

修回日期: 2019-08-09

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“依靠科技创新应对人口老龄化跨学科研究”(编号: 17ZDA119)研究成果之一。

作者简介: 黄鲁成 (ORCID: 0000-0001-9255-0226), 男, 1956 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 科技与产业创新管理; 李 晋 (ORCID: 0000-0002-6794-2436), 男, 1994 年生, 硕士研究生, 研究方向: 科技与产业创新管理; 吴菲菲 (ORCID: 0000-0002-6869-7751), 女, 1962 年生, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 科技与产业创新管理。

会迈入老龄社会。

养老科技是应对人口老龄化的重要途径。养老科技(gerontechnology)起始于人口老龄化发展中,人们对老龄化与技术关系的研究。1982年Koncelik出版了《老龄化与产品环境》,1984年Robinson和Birren出版了《老龄化与技术进步》,1988年Fozard和Fisks发表了“人因工程与人口老龄化”一文。1988年荷兰埃因霍芬理工大学为解决老年人对技术的需求和技术能够提供有用性、可用性和可承受产品服务之间的差距,提出了一个名为gerontechnology的教育与研究项目,其目的是支持和鼓励整个大学在这一领域的教育和研究,并促进教育、产业和医疗机构在该领域的开发活动。最初这些活动主要局限于生命科学和社会科学领域,而后又整合了人因工程和功效学。直到1991年第一届国际养老科技(Gerontechnology)国际会议召开,会议主办者成功说服了许多技术、社会和医学科学研究人员加入进来,这一概念才被人们所接受。Gerontechnology是由“gerontology”(老年医学)和“technology”(技术)组成,并被定义为“是关于科技与老龄化的研究,以便为老年人提供更好的生活和工作环境,更适宜的医疗”。

由于养老科技是伴随人口老龄化形成发展的,因此养老科技的发展主要从人口老龄化程度比较高的欧美和日本起始,并形成三条发展路径,一条是美国学者为主的发展路径,一条是欧洲学者为主的发展路径,还有就是以日本学者为主的发展路径。日本最早将Gerontechnology译成福祉科技,在我国台湾和香港将Gerontechnology译为福祉技术或福祉科技,大陆学者通常也采用福祉科技或福祉技术译法(本文作者前几年发表的学术论文大都采用这种名词概念),但也有老年科技的使用法,“老年科技”的用法容易产生误解,容易被理解为由老年人从事科学技术研究。实际上,在学术研究对外来关键词的翻译,既要考虑对概念内涵的准确把握,又要兼顾该概念的易于理解和传播,特别是能够与我国的相关问题快速对接。本文中我们采用了养老科技的说法,主要考虑到“养老”在我国传统文化中非常重要,使用频率高,采用养老科技的说法,更符合人们的习惯,不容易产生歧义,且与国家高度重视的养老问题形成明确的关联。

国际养老科技学会在阐述养老科技的使命时指出,“养老科技作为一个技术领域,它将现有和正在发展的技术与老年人的愿望和需求联系起来,使得养老科技成为社会可持续性的一个关键因素,因为它涉及以技术为基础的产品、服务和环境,以及改善老年功能和生活质量”。Thomas等认为养老科技是指可以满足老龄化社会需求的技术,由“老年医学”和“技术”组

成,其中老年医学更多关注生物学、心理学、社会学和医学方面的研究,技术则涉及物理、化学、机械、电子工程、信息和通信工程等科学。Chen等认为养老科技是可以增加老年人独立生活和社会参与的健康、舒适和安全的数字产品或者服务^[1]。

综上所述,养老科技具有以下特点:养老科技是人们在研究应用科学技术应对人口老龄化挑战过程中发展起来的,在科技领域“养老科技”是一个比较新的概念;养老科技是一个组合概念,即由老年(医)学和科学技术组合的概念,它以多学科交叉为基础,其中老年(医)学方面主要涉及生理学、心理学、社会学与人口学、医学与康复,工程科技主要包括生物物理与生物化学、建筑学、信息交流、机械电子与机器人、人因工程与设计等;养老科技是满足老年(人)社会多方面需求为目的的科学技术,它在老年人健康与自尊、居住与日常生活、行动与交通、交流沟通、工作与闲暇等领域发挥着日益重要的作用。

根据上述分析,我们认为养老科技是以应对人口老龄化挑战、满足老年人物质与精神需求为目的,在多学科交叉基础上形成的科学技术。养老科技创新的产出形式包括产品、服务和年龄友好的空间环境。在我国,与养老科技相关的概念还有智能化养老、智慧养老、智慧健康养老,这三个概念有递进发展的过程,但与养老科技还是有很大差别的概念。

国内学者一般认为,智慧养老是面向居家老人、社区及养老机构的传感网系统与信息平台,并在此基础上提供实时、快捷、高效、低成本的、物联化、互联化、智能化的养老服务^[2]。朱勇在题为《智能化养老引领未来》指出,“智能化养老就是运用智能控制技术提供养老服务的过程,或者说智能化养老是以互联网、物联网为依托,集合运用现代通信与信息技术、计算机网络技术、老年服务行业技术和智能控制技术,为老年人提供安全便捷健康舒适服务的现代养老模式”。2017年2月20日,工业和信息化部、民政部和国家卫生计生委发布的《智慧健康养老产业发展行动计划(2017-2020年)》指出,“智慧健康养老利用物联网、云计算、大数据、智能硬件等新一代信息技术产品,能够实现个人、家庭、社区、机构与健康养老资源的有效对接和优化配置,推动健康养老服务智慧化升级,提升健康养老服务质量效率水平”。从国外学者的研究看,学术期刊上的相关文献很少,如在Scopus和Web of Science数据库检索含有“smart aging”的论文非常少。有学者认为智慧养老是通过利用生物医学、计算和通信技术,应对各种医疗挑战,减轻老龄化的影响,改善老年人的生活^[3]。

据此,我们认为,养老科技(gerontechnology)与智

慧(健康)养老还是有区别的: 养老科技的形成发展历史更长远, 被国际学术界接受的程度更高, 而智慧养老出现的比较晚, 学术接受和使用的程度比较低。“智慧”本身是对各种科技综合应用结果的一种描述——灵活性、适应性、有效性、应变性, 而不是一种具体的技术, 因此它从属于科技; 从国内研究和实践看, “智慧养老”更多体现为“服务”, 即便涉及到产品, 主要属于提供“服务”所需要的产品, 而不是最终由老年人使用的产品; 从技术特性看, “智慧养老”主要以信息技术为基础, 而养老科技不仅以信息技术为基础, 还包括包容性设计等。

养老科技的重要研究内容之一是它的学科体系及其核心学科的识别, 这对于我国应对人口老龄化布局学科建设, 加强核心学科的学术研究和人才培养具有重要意义。本文将围绕这一主题展开研究, 并根据研究结论提出相关对策建议。

1 研究综述

在科学计量学领域, 有一些常用的学科分类体系, 比如 WoS(Web of Science) 学科分类体系^[4]、基本科学指标(ESI) 学科分类体系^[5]等。其中 ESI 学科分类体系共有 22 个学科, 每本期刊只属于一个学科; WoS 学科分类体系包括 252 个学科, 是通过期刊进行划分的, 其学科分类与期刊是多对多关系, 即一本期刊可以对应多个 WoS 学科分类, 一个 WoS 学科分类同时对应多本期刊。此外, 我国国务院学位委员会和教育部在 2011 年颁布的《学位授予和人才培养学科目录(2011 年) 》的学科分类中, 包括 13 个学科门类以及 110 个一级学科。为了更好的将人才培养与研究相关联, 以及更好的进行口径一致的基于学科的研究现状比较, 已有学者尝试将文献分类与人才培养中的学科分类实现映射, 如: 孟婧等人^[6]将 WoS 数据库中学科字段内的 252 学科概化到 ESI 的 22 个学科, 用于对比中日 SCI 论文学科交叉合作网络特征。

H. Bouma 等^[7]定义了一个老年学科与技术学科的交叉矩阵, 其中老年学科主要由社会学、心理学、人口学及康复学构成; 技术学科主要由化学、生物化学、建筑学、信息与通信工程、机电一体化、机器人学、设计

学等构成。叶春蕾等^[8]构建了都市农业领域的学科影响力网络, 对其进行中心度和结构洞分析, 识别了此领域的核心学科。有学者提出养老科技研究实力评价指标体系, 从研究活跃度、学术影响力和研究新颖性对比分析了主要研究国家的研究实力^[9]。毛荐其等^[10]从多维度和长时间跨度的视角对我国储能技术的科学能力进行了测度, 并进行了国家比较分析。

这些研究成果为本研究奠定了基础, 同时也存在如下局限性: 一是虽然有学者对养老科技包含的相关学科进行了初步探讨^[7], 但并未建立该领域的学科体系; 二是关于养老科技领域核心学科识别尚未见到相关成果; 三是对于养老科技研究态势^[9]的分析, 是在未明确核心学科的情况下展开, 分析结果对于提升核心学科竞争力缺乏支持。基于此, 本文提出了如下的研究思路: 首先利用现有研究文献的学科分类了解相关研究的主要知识内容和涉及的知识领域, 借鉴已有基于文献的学科分类研究成果提出养老科技学科体系构建方法; 然后, 利用构建的学科体系分析并识别核心学科; 再后, 比较养老科技核心学科的研究态势; 最后, 提出我国发展养老科技的问题和对策。

2 研究设计

针对目前该领域研究存在的不足和本文要解决的问题, 特确立如下研究框架(如图 1 所示)。

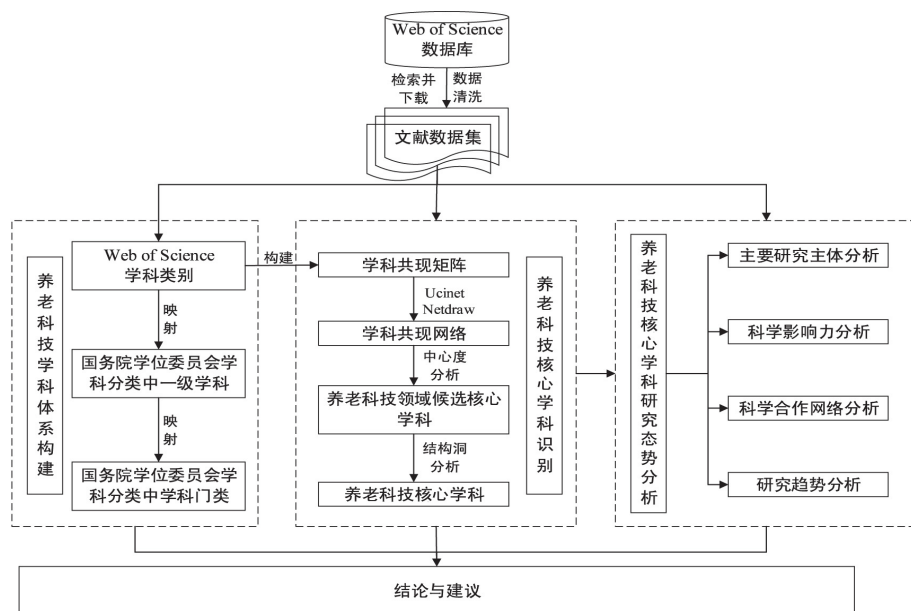


图1 本文研究框架

2.1 养老科技学科体系构建 由于已经有专家对 WoS 学科分类与我国国务院学位委员会学科分类中的一级学科进行了映射^[11], 为了保证后续分析结果的客观性, 构建养老科技学科体系时, 采用了此映射表。首先, 对养老科技文献中的“WC-学科”字段进行词频统计, 并按降序排列; 然后将其与我国国务院学位委员

会学科分类中的一级学科进行映射;最后将一级学科与学科门类进行映射,得到养老科技学科体系。

2.2 养老科技核心学科识别 识别应对人口老龄化所必须的学科体系,一方面要获得其所包括的所有学科,另一方面更需要识别其中的核心学科,为此领域的学科发展和人才培养提供决策支持。通过构建学科共现网络,利用中心度分析识别养老科技候选核心学科,进一步通过结构洞分析来识别核心学科。

2.3 养老科技核心学科的研究态势分析 养老科技核心学科的研究态势分析,一方面通过国际比较可以找出我国在养老科技核心学科的优势和不足,定位我国在此领域研究的国际战略地位,另一方面有助于了解此领域的研究现状,把握研究趋势,进一步促进我国养老科技产业的快速发展。本文从主要研究主体、科学影响力、科学合作网络和未来研究趋势四个方面分析养老科技核心学科的研究态势。

a. 主要研究主体分析。基于发文数量的视角,从国家和研究机构两个方面对研究主体进行分析,并对各个国家在不同的核心学科中的发文数量进行对比,比较各个国家在不同核心学科中的研究地位。

b. 科学影响力分析。通过构建不同的评价指标,从不同的视角分析国家的科学影响力,明确各个国家的科学研究所处的战略地位,从而发现自身的不足并找到差距。

c. 科学合作网络分析。从国家合作网络的视角,通过计算不同的指标,对各个学科的国家合作网络特征进行分析,从而探究目前国家合作的现状和存在的问题,为相关管理部门提供决策支持。

d. 未来研究趋势分析。明确各个核心学科的研究热点主题和研究前沿主题,为国家确立研究重点主题提供参考借鉴。

3 养老科技学科体系构建

3.1 数据获取 在老年医学、养老科技专家的参与下,经过反复试检索及修改,最终制定如下检索策略: (TS=((“aged people” or “aged person*” or “aged patient*” or “aged adult*” or “aged citizen*” or “age*” individual*” or “ageing people” or “ageing person*” or “ageing patient*” or “ageing adult*” or “ageing citizen*” or “ageing individual*” or “aging people” or “ageing person*” or “ageing patient*” or “ageing adult*” or “ageing citizen*” or “ageing individual*” or “old people” or “old person*” or “old patient*” or “old adult*” or “old citizen*” or “old women” or “old man” or “older people” or “older person*” or “older patient*” or “older adult*” or “ol-

der citizen*” or “older women” or “older man” or “senile people” or “senile person*” or “senile patient*” or “senile adult*” or “senile citizen*” or “senile individual*” or “senior people” or “senior adult*” or “senior person*” or “senior citizen*” or “senior patient*” or “senior individual*” or “aging population” or “population aging” or geriatric*” or elderly or “late-life” or later life) and (technique*” or technolog*” or innovat*” or product*” or facility or device or apparatus or “educational equipment*” or tool*” or solution or goods)) or gerontechnolog*)) not (TS=((insect*” or pest*” or bug*” or plant*” or larva*” or oviposition*” or animal*” or pollen*” or biomass or “egg production*” or “prey*” or predator*” or predation*” or urticae*” or parasitoid*” or predator*” or aphid*” or mating*” or moth*” or grasshopper*” or beetles or lizard*” or host*” or parasite*” or reptile*” or crustacean*” or fish*” or insecticide*” or weathering or habitat*” or perch*” or species or breed*)) and WC=((ZOOLOGY or Archaeology)) 通过主题进行检索,出版时间为所有年份,文献类型为 Article,语种为 English,在 Web of Science 核心合集中(包括 SCI-EXPANDED/SSCI/A&HCI/CPCI-S/CPCI-SSH)检索得到与养老科技相关的文献共 79 365 篇,检索时间为 2018 年 10 月 25 日,以 TXT 格式下载数据的全记录及参考文献。

3.2 养老科技学科体系构建 首先对养老科技文献包括的 236 个 WoS 学科类别与我国国务院学位委员会学科分类中的一级学科进行映射,然后进行一级学科和学科门类之间的映射,最终构建了学科门类—一级学科—WoS 学科的三层学科体系结构,共包括 12 个学科门类(军事学除外)以及 77 个一级学科,并对 WoS 学科进行编码,由五位数字构成,其中第一位表示学科门类,前三位表示一级学科,部分结果如表 1 所示。

表 1 养老科技学科体系(部分)

学科门类	一级学科	WoS 学科
04 教育学	402 心理学	40201 心理学
		40202 临床心理学
		40203 与其它学科有关的心 理学
		40204 实验心理学
		40205 发展心理学
		40206 行为科学
		40207 应用心理学
		40208 社会心理学
		40209 生物心理学
		40210 教育心理学
		40211 数学/统计心理学
		40212 精神分析学

续表1 养老科技学科体系(部分)

学科门类	一级学科	WoS 学科
08 工学	810 信息与通信工程	81001 电信科学
	811 控制科学与工程	81101 机器人学
		81102 自动化及控制系统
		81201 计算机科学, 信息系统
		81202 计算机科学, 跨学科应用
	812 计算机科学与技术	81203 计算机科学, 人工智能
		81204 计算机科学, 控制论
		81205 计算机科学与技术, 方法
		81206 计算机科学, 硬件
		81207 逻辑学
		81301 建筑学
	813 建筑学	81301 建筑学

3.3 养老科技领域核心学科识别

3.3.1 中心度分析 节点的中间中心度越高, 对其他节点的影响程度越大, 越可能成为网络中的核心节点; 节点的点度中心度越高, 表明其与网络中其他节点直接相连的个数越多, 在网络中的地位越高, 越可能是核心节点。通过 Python 编程语言构建学科共现矩阵, 将共现矩阵导入 Ucinet 中, 对养老科技领域的学科网络进行中心度分析, 分析结果如表2所示。

表2 学科网络中心度分析

学科	中间中心度	学科	点度中心度
公共, 环境, 职业健康	9.773	公共, 环境, 职业健康	28.761
计算机科学, 跨学科应用	6.298	药理学及药剂学	23.894
环境科学	4.551	神经科学	23.451
生物化学与分子生物学	4.394	生物化学与分子生物学	22.124
经济学	4.224	计算机科学, 跨学科应用	19.912
药理学及药剂学	4.066	医学研究和实验	19.912
神经科学	3.363	康复学	18.584
康复学	3.177	生理学	18.584
生物学	2.825	与其它学科有关的心理学	17.699
环境研究	2.715	遗传学与遗传	17.699
地球科学, 多学科	2.705	神经病学	17.699
能源与燃料	2.438	肿瘤学	17.699
生物医学工程	2.327	小儿科学	17.257
土木工程	2.314	环境科学	16.814
生物技术和应用微生物学	2.288	精神病学	16.372

表2列出了中间中心度和点度中心度分别排名前15的节点, 其中公共、环境、职业健康、计算机科学、跨学科应用、环境科学、生物化学与分子生物学、药理学及药剂学、神经科学和康复学这7个学科是中间中心度和点度中心度都比较高的, 可能成为网络中的核心节点, 即养老科技领域的候选核心学科。

3.3.2 结构洞分析 网络的结构洞分析主要包括: 有效规模、效率、限制度和等级度。网络中节点的有效规模越大, 说明节点的影响力越大, 效率是与有效规模相关的指标。网络中节点的限制度越小, 该节点对其他节点的影响力越大, 等级度是与限制度相关的指标。为了进一步确立养老科技领域的核心学科, 即确定7个候选核心学科哪些是核心学科, 本文对学科

网络进行了结构洞分析, 分析结果如表3所示。

表3 候选核心学科的结构洞分析

学科	有效规模	效率	限制度	等级度
生物化学与分子生物学	46.131	0.923	0.164	0.362
计算机科学, 跨学科应用	40.586	0.902	0.264	0.48
环境科学	34.925	0.919	0.202	0.445
神经科学	48.27	0.911	0.187	0.424
康复学	38.146	0.908	0.212	0.408
公共, 环境, 职业健康	61.042	0.939	0.151	0.483
药理学及药剂学	49.513	0.917	0.14	0.297

根据表3, 在7个候选核心学科里, 公共、环境、职业健康、药理学及药剂学、神经科学、生物化学与分子生物学、计算机科学、跨学科应用这5个学科在网络中的有效规模大, 并且限制度较少, 说明其对其他学科的影响力较大, 是养老科技领域的核心学科。

3.4 养老科技核心学科的研究态势分析 本文从主要研究主体、科学影响力、科学合作网络和未来研究趋势四个方面对核心学科的研究态势进行分析。

3.4.1 主要研究主体分析 主要研究主体分析包括对主要发文国家和研究机构的分析。通讯作者被认为是科研团队中把握研究方向, 起主导作用的研究者, 本文从养老科技核心学科论文的“RP-通讯作者地址”字段得到论文的国别信息, 对国家发文数量进行统计, 按照通讯作者的国别来统计, 表4给出了养老科技核心学科主要发文国家(发文量排名前10位的国家)的发文数量和所占份额。

表4 养老科技核心学科主要发文国家发文数量及所占份额

国家	论文数量	占比(%)	国家	论文数量	占比(%)
美国	3365	31.48	日本	426	3.99
英国	707	6.61	中国	379	3.55
加拿大	574	5.37	荷兰	374	3.50
意大利	501	4.69	法国	370	3.46
澳大利亚	495	4.63	其他	3047	28.51
德国	451	4.22			

从表4中可以看出, 美国在养老科技领域核心学科的发文章数最多, 是世界上在养老科技核心学科的最活跃的科学产出者。10个主要发文国家主要集中在欧美国家, 亚洲仅有中国和日本。我国在此领域的发文章数仅排名全球第八, 发文章数仅为379篇。近年来我国人口老龄化程度不断加剧, 我国应该更加重视在养老科技领域核心学科中的基础研究。

主要发文国家在不同核心学科的发文章数分析可以对各个国家的科学产出进行对比分析, 结果如图2所示。

根据图2, 对于生物化学与分子生物学, 发文章数排名前三的国家是: 美国、中国和意大利; 对于计算机科学、跨学科应用, 发文章数排名前三的国家是: 美国、英国和中国; 对于神经科学, 发文章数排名前三的国家

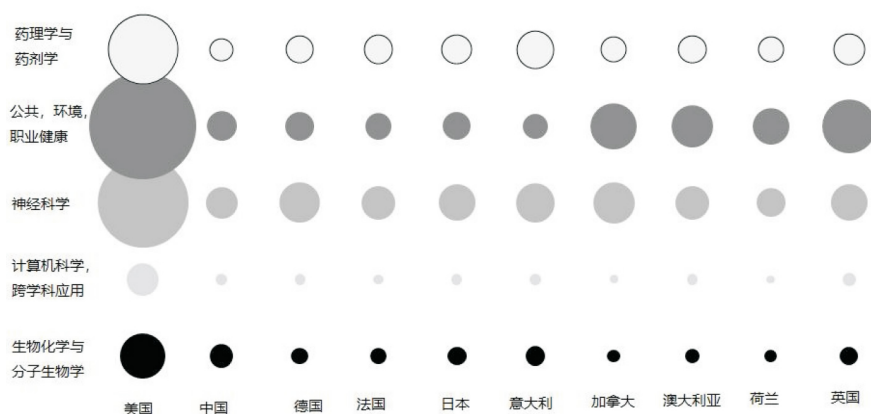


图2 主要发文国家的核心学科发文数量分布是:美国、加拿大和德国;对于公共、环境、职业健康,发文数量排名前3的国家是:美国、英国和加拿大;对于药理学和药剂学,发文数量排名前3的国家是:美国、意大利和英国。从科学产出的视角,美国在5个核心学科的发文数量均排名第一,说明美国已经在核心学科的科学研究中属于领导者。英国在计算机科学、跨学科应用、公共、环境、职业健康、药理学和药剂学这3个核心学科发文数量均排名前三,表明英国在这些学科的研究中处于领先地位。我国在生物化学与分子生物学、计算机科学、跨学科这两个核心学科中处于有利地位,但和美国相比,仍然存在很大差距。

研究机构作为科研活动的主要场所,决定国家的整体科研水平^[12]。通过分析各个机构的发文量,可以明确该研究机构在本领域的研究能力和影响力,表5中列出了发文量排名前10位的机构。

表5 发文数量排名前10位的机构

排名	机构	国家	数量/篇
1	加利福尼亚大学	美国	417
2	伦敦大学	英国	305
3	哈佛大学	美国	271
4	宾夕法尼亚州立大学	美国	189
5	多伦多大学	加拿大	175
6	法国国家健康与医学研究院	法国	172
7	伦敦大学学院	英国	160
8	北卡罗来纳大学	美国	158
9	得克萨斯大学	美国	140
10	美国国立卫生研究院	美国	139

根据表5,养老科技领域核心学科的主要发文机构主要集中在欧美国家,这与欧美发达国家的人口老龄化程度有关,其中美国有6个机构,英国有2个机构,加拿大和法国各1个,说明美国的研究机构在养老科技领域核心学科的基础研究中占据有利地位,而我国的研究机构并没有进入全球前10。

3.4.2 科学影响力分析 由于基于引文的单一指标具有一定的局限性^[13],难以全面反映论文的科学影响力,因此本文通过多维度指标来充分说明论文多

产国家的科学影响力。H指数被定义为论文被引频次大于等于H的数量,H指数越高,表示论文的科学影响力越大。由于H指数会受到论文规模的影响,不能直接运用到机构或者国家层面的研究。有学者提出 H_m 指数^[14],机构或国家的 H_m 指数可以被定义为: $H_m = H/TN^{0.4}$,其中H为机构或国家的H指数,TN为机构或国家发表

论文的数量。主要发文国家的H指数和 H_m 指数如表6所示。

表6 养老科技核心学科的主要发文国家的H指数与 H_m 指数

国家	TN	TC	AC	H指数	H_m 指数
美国	3365	104980	31.2	128	4.97
英国	707	21919	31	71	5.15
加拿大	574	14549	25.35	63	4.96
意大利	501	8043	16.05	43	3.58
澳大利亚	495	10301	20.81	46	3.85
德国	451	11034	24.47	51	4.42
日本	426	6857	16.1	41	3.64
中国	379	4121	10.87	34	3.16
荷兰	374	10517	28.12	51	4.77
法国	370	8392	22.68	47	4.41

注:TN是发文数量,TC是总被引频次,AC是篇均被引频次

通过战略坐标图^[15]来定位我国在养老科技核心学科中的国际战略地位。横坐标表示发文数量,纵轴表示 H_m 指数,由于发文数量和 H_m 存在较大差距,战略坐标图中的横坐标采用以10为底的对数坐标。最后,分别以发文量和 H_m 的均值作为中线,可以将战略坐标图划分为四个象限,分别是:高产高影响力、低产高影响力、低产低影响力和高产低影响力。主要发文国家的战略坐标图如图3所示。

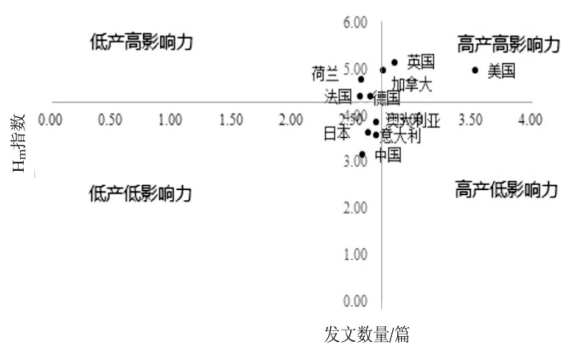


图3 养老科技核心学科主要发文国家的战略坐标图

根据图3,美国、英国和加拿大位于第一象限,属于高产高影响力国家,属于此领域的研究领导者。荷兰、法国和德国位于第二象限,属于低产高影响力国

家属于此领域的研究潜在竞争者。中国、日本、澳大利亚和加拿大位于第三象限,属于低产低影响力国家,属于此领域的研究落后者。我国距离原点最远,说明我国无论发文数量,还是科学影响力,在核心学科的科学研究的都与其他国家存在差距。

Bornmann 等人^[16]将最频繁引用论文的百分比 $PP_{itop10\%}$ 定义为: $PP_{itop10\%} = NC_{itop10\%} / TNC_i$, 其中 TNC_i 表示该国家在此领域发表论文的总量, $NC_{itop10\%}$ 表示该国家在此领域发表前 10% 最频繁引用论文的数量这个指标可用来衡量一个国家高质量的科学产出。通过计算,美国、加拿大、英国和荷兰高于世界期望水平,德国和法国接近世界期望水平,而中国、日本、澳大利亚和意大利则低于世界期望水平。从高质量的科学产出来看,我国目前仍然落后于其他国家,在科学研究的过程中,要同时兼顾发文“数量”和“质量”。

3.4.3 科学合作网络分析 由于学术论文的指数增长,科学合作网络已经成为网络研究领域中的一个关键问题^[17],主要包括作者合作网络、机构合作网络以及国家/地区合作网络。科学合作不仅可以提高科研团队的整体实力,还可以有效地促进作者、机构以及国家/地区之间的知识交流。

下载得到的 WoS 数据中“C1”字段为论文全部作者的详细地址,其中包括作者所属的国别等信息。由于 WoS 数据库不同年份数据格式不一致,需要对其进行预处理。预处理主要包括:将“C1”字段缺失的记录去除、将没有国别信息的相关记录去除,得到待分析的数据集。首先通过编写 Python 编程语言提取每篇论文的国别信息;然后构建各个核心学科的国家/地区合作矩阵;最后将合作矩阵导入 Ucinet 中,通过计算各个核心学科合作网络的相关指标,分析各个核心学科的国家/地区网络特征。

本文主要通过社会网络分析中的网络密度、网络聚类系数、平均度中心性以及网络平均距离指标来研究养老科技核心学科的国家科学合作网络的特征。其中网络密度用来表示节点之间交互的紧密程度,网络密度越大,节点之间的交互就越频繁;网络聚类系数用来识别网络中是否存在中心节点的趋势,聚类系数越大,网络更倾向于某个小团体之间的交互;网络平均距离是用来衡量信息传播速度和网络紧密程度的重要指标,指网络中所有节点之间最短路径的平均长度。

国家合作强度是指跨国家/地区合作的论文数量占论文总数的比例。在 5 个核心学科中,神经科学的国家合作强度最高,达 25.49%;生物化学与分子生物学次之,达 24.91%;药理学和药剂学的国家合作强度最低,达 18.35%。将国家/地区共现矩阵导入 Ucinet 和 Pajek 软件中计算各个网络指标,结果如表 7 所示。

表 7 养老科技核心学科的国家/地区科学合作网络的特征

网络特征	生物化学 与分子 生物学	计算机科 学跨学 科应用	神经 科学	公共, 环境, 职业健康	药理学和 药剂学
网络节点数量	56	44	72	121	80
网络密度	19.09%	13.42%	19.41%	11.20%	21.55%
网络聚类系数	0.66	0.66	0.74	0.76	0.78
平均度中心性	10.5	5.77	13.78	13.44	17.03
网络平均距离	2.01	2.34	1.98	2.18	2.01

从网络节点数量来看,公共、环境、职业健康的网络规模最大,达到 121 个国家,药理学和药剂学次之,计算机科学、跨学科应用最少,仅 44 个国家。从网络密度来看,只有药理学和药剂学国家合作网络密度超过 20%,其他 4 个核心学科均低于 20%,说明其合作网络还不够密集,在科学合作上仍然有上升空间。5 个核心学科的网络聚类系数都介于 0.65 ~ 0.8 之间,表明各个学科合作网络中国家之间的连通性较高,合作较为频繁。从平均度中心性来看,除了计算机科学、跨学科应用,其他 4 个核心学科的平均度中心性都大于 10,表明其合作范围较大,合作关系密切。5 个核心学科的网络平均距离都在 2 左右,表明其合作网络的路径长度较短,连通性较高。

为了对比不同国家在各个核心学科中的科学合作网络中所处的位置,通过 NetDraw 对合作网络进行可视化,本文给出了两个代表性的合作网络,分别是计算机科学、跨学科应用学科的国家/地区合作网络和公共、环境、职业健康学科的国家/地区合作网络,节点越大,表明其合作国家数量越多,可视化结果如图 4 和图 5 所示。

根据图 4 和图 5,从节点大小来看,美国与世界上其他国家/地区的合作更为广泛,处于网络的中心位置,其次是英国。通过对比两个合作网络,与计算机科学、跨学科应用学科相比,我国在公共、环境、职业健康学科更倾向于和其他国家/地区展开科学合作。我国应该继续加强与其他国家的合作交流,一方面可以提高我国在此领域的科研成果产出,另一方面通过合作,可以提高我国在国际上的学科影响力。

3.4.4 未来研究趋势分析 未来研究趋势是指在近期(2016–2018 年)新出现的研究主题或者过去已经出现且在近期成为热点的主题^[18]。其中过去已经出现且在近期成为热点的研究主题为研究热点主题;近期新出现的研究主题为研究前沿主题。

将研究文献按时间进行划分,划分为 1991–2015 年和 2016–2018 年两个阶段,使用 python 程序分别得到两个时间段内各个关键词及词频列表;对两个关键词列表进行交叉分析,分别得到过去(1991–2015 年)已经出现且在近期(2016–2018 年)成为热点的关键词(见表 8)和近期新出现的关键词(见表 9)。

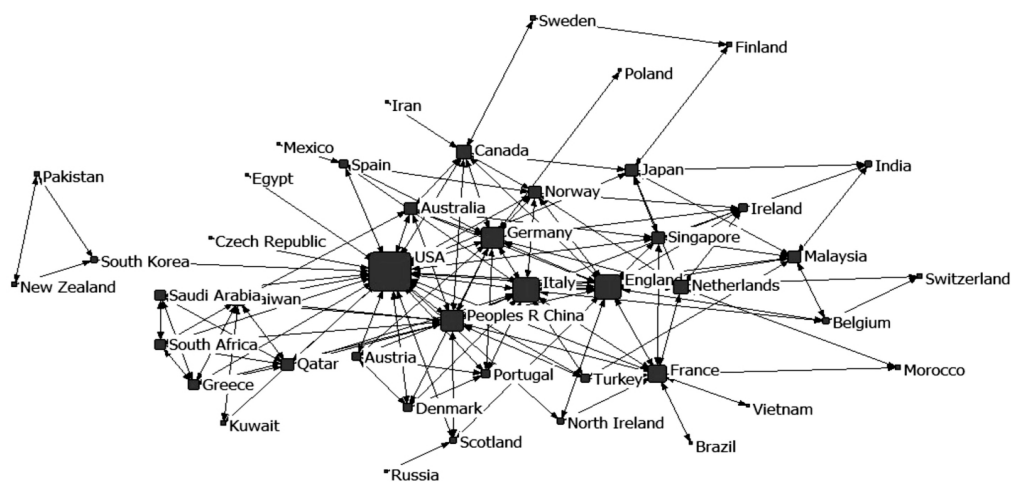


图 4 计算机科学、跨学科应用学科的国家/地区合作网络

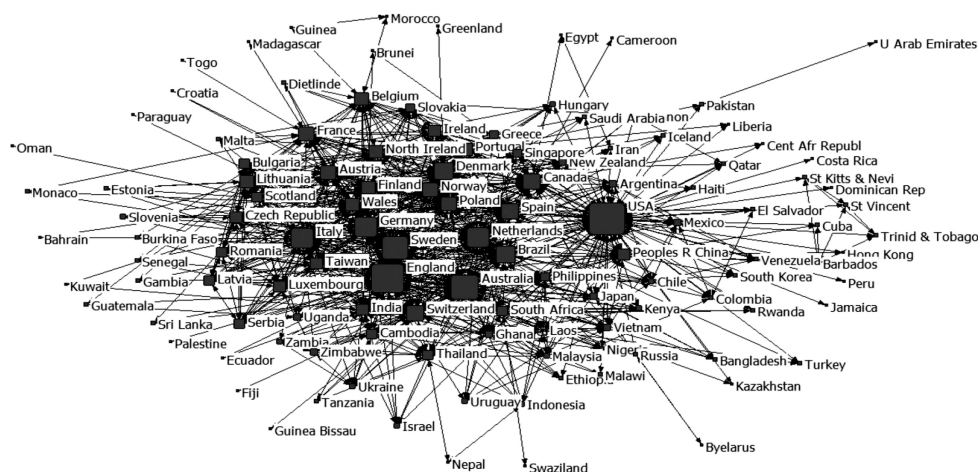


图 5 公共、环境、职业健康学科的国家/地区合作网络

表 8 5 个核心学科的研究热点主题

学科	研究热点主题
生物化学与分子生物学	神经退行性疾病、神经保护
计算机科学、跨学科应用	机器学习、预测、数据挖掘、远程医疗、跌倒、辅助生活
神经科学	虚拟现实、步态分析、老年痴呆症、认知
公共、环境、职业健康	慢性疾病、远程医疗、辅助技术、独立生活
药理学和药剂学	初级卫生保健、老年护理、基因表达、风险评估

表 9 5 个核心学科的研究前沿主题

学科	研究前沿主题
生物化学与分子生物学	DNA 甲基化
计算机科学、跨学科应用	电子健康记录、健康信息技术、物联网 深度学习、可穿戴设备、可穿戴传感器 可穿戴技术
神经科学	帕金森综合症、移动设备、机器人技术
公共、环境、职业健康	生物监测、信息与通信技术
药理学和药剂学	急性护理、姑息治疗

根据表 8 和表 9, 养老科技核心学科的研究热点主题主要集中在远程医疗、辅助生活、跌倒检测、老年痴呆症护理、慢性病护理和机器学习等方面。研究前沿主题主要集中在信息与通信技术、机器人技术、可穿戴技术、急性护理以及姑息治疗等方面。

4 研究结论与对策建议

本文以养老科技研究文献为数据源, 首先通过建立 WoS 学科分类与我国国务院学位委员会学科分类之间的映射, 构建了学科门类—一级学科—WoS 学科的三层学科体系结构; 然后通过社会网络分析中的中心度和结构洞分析, 识别了养老科技领域的核心学科; 最后以核心学科为分析对象, 从主要研究主体、科学影响力、科学合作网络和未来研究趋势四个方面对其研究态势进行分析。通过上述分析, 可以得到如下结论, 同时针对我国在养老科技核心学科领域所面临的问题和差距, 提出相应的对策建议。

a. 养老科技的三层学科体系结构中, 包括 12 个学科门类、77 个一级学科和 236 个 WoS 学科分类, 反映出养老科技的学科基础是多学科交叉。因此, 应鼓励采用交叉学科方法开展养老科技研究, 特别是老年(医)学与工学、心理学、经济学等的交叉学科研究, 各类涉及养老科技的国家科技计划项目招投标, 应特别重视研究方案中交叉学科方法的应用。唯有如此, 才能提高养老科技创新研究的科学性、有效性。另一方面,

随着我国人口老龄化程度的不断提高,高等院校和科研机构要特别重视,在养老科技领域培养交叉学科人才。

b. 通过对学科共现矩阵进行中心度和结构洞分析,识别出养老科技领域的核心学科为公共、环境、职业健康、药理学及药剂学、神经科学、生物化学与分子生物学、计算机科学、跨学科应用。养老科技领域核心学科的主要发文机构主要来自于欧美发达国家,在发文量排名在前10位的研究机构中,其中有6个来自美国,而我国在养老科技领域核心学科的发文量位于全球第八。从发文数量来看,我国在生物化学与分子生物学、计算机科学、跨学科这两个核心学科中处于有利地位,但和美国相比,仍然存在较大差距,在其他3个核心学科领域,我国还处于不利地位。因此,面对我国人口老龄化的迅速发展,高校的重点学科建设应特别重视这些领域学科发展,为应对人口老龄化提供学科基础和理论研究人才。鼓励科研人员在这些学科领域展开相关研究,不断缩小与其他国家的差距,逐渐占领该领域研究的制高点。

c. 我国无论发文数量,还是科学影响力,在核心学科的科学产出都与其他国家存在差距;从高质量的科学产出来看,我国目前仍然落后于其他国家。因此,建议国家自然科学基金和社会科学基金项目,以及教育部科技计划项目,应在这些养老科技核心学科研究中进行重点布局,一方面提升我国在养老科技学科基础研究的影响力,另一方面,为养老科技研究及应用提供理论支撑。

d. 从科学合作网络的视角来看,5个核心学科的合作网络规模存在差异;网络密度较低,合作网络还不够密集,仍然存在上升空间;合作网络路径长度较短,连通性较高,合作较为频繁。通过对国家合作网络进行可视化,发现美国处于网络的中心位置,与其他国家的合作次数最多,我国与其他国家的合作次数较少。人口老龄化是全球人口发展趋势,先于我国进入老龄社会的国家,在该领域的科学研究与技术研发方面,领先我国属于正常现象,这也决定了我国在开展养老科技研究中,特别需要加强与其他国家的合作,通过合作和交流,提高我国养老科技竞争力和整体实力;通过合作强化我国在养老科技领域的话语权,为我国养老科技原始创新进入国际市场营造良好外部环境。

e. 通过对未来研究趋势的分析,得到养老科技核心学科的研究热点和前沿主题。其中热点主题包括:远程医疗、辅助生活、跌倒检测、老年痴呆症护理、慢性病护理和机器学习等方面。前沿主题包括:信息与通信技术、机器人技术、可穿戴技术、急性护理以及姑息治疗。对于研究热点主题,要拓宽研究的广度和深度,

注重寻找新的发展路径,注重跨学科合作。对于研究前沿主题,要重点分析其颠覆性,分析其跨领域应用的可能性,及早展开相关研究,努力占领研究制高点。

参考文献

- [1] Chen K, Chan A H S. Gerontechnology acceptance by elderly hong kong chinese: A senior technology acceptance model (STAM) [J]. *Ergonomics* 2014, 57(5): 635-652.
- [2] 什么是智慧养老? 智慧养老包含哪些内容? [EB/OL]. [2018-02-27]. <https://www.chashebao.com/yanglaobaodian/17314.html>.
- [3] Song I Y, Song M, Timakum T et al. The landscape of smart aging: Topics, applications, and agenda [J]. *Data & Knowledge Engineering* 2018, 115: 68-79.
- [4] Crespo J A, Herranz N, Li Y et al. The effect on citation inequality of differences in citation practices at the web of science subject category level [J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology* 2014, 65(6): 1244-1256.
- [5] 岳晓旭, 袁军鹏, 黄萃, 等. 基于ESI学科分类的中国科研国际合作主导地位变迁分析 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2018, 39(4): 3-17.
- [6] 孟婧, 邱长波. 中日SCI论文学科交叉合作网络特征的对比分析 [J]. *情报科学* 2018, 36(8): 34-38.
- [7] Bouma H, Fozard J L. Gerontechnology as a field of endeavour [J]. *Gerontechnology* 2009, 8(2): 68-75.
- [8] 叶春蕾. 基于Web of Science学科分类的主题研究领域跨学科态势分析方法研究 [J]. *图书情报工作* 2018, 62(2): 127-134.
- [9] 黄鲁成, 张璐, 吴菲菲, 等. 老年福祉技术研究的国际比较 [J]. *情报杂志* 2015, 34(10): 22-27.
- [10] 毛荐其, 孙静林, 刘娜. 中国储能技术的科学能力测度与国际比较 [J]. *科研管理* 2016, 37(12): 19-27.
- [11] 2012全球对比(GC)升级版中的中国国务院学位委员会学科分类法 [EB/OL]. <http://ipsience-help.thomsonreuters.com/incitesLiveESI/5777-TRS/version/1>.
- [12] 吴菲菲, 张亚茹, 黄鲁成, 等. 面向老年人的环境辅助生活技术研究态势分析 [J]. *科技管理研究* 2016, 36(20): 99-103, 148.
- [13] 张春阳, 梁启华. 基于Web of Science知识共享科学研究现状及发展态势分析 [J]. *图书馆学研究* 2016(18): 20-29.
- [14] Molinari J F, Molinari A. A new methodology for ranking scientific institutions [J]. *Scientometrics* 2008, 75(1): 163-174.
- [15] 侯海燕, 王嘉鑫, 胡志刚, 等. 中国科学计量学研究的国际影响力 [J]. *科学学研究* 2018, 36(4): 609-621, 634.
- [16] Bornmann L, Felix de Moya Anegón, Leydesdorff L. The new excellence indicator in the world report of the scimago institutions rankings 2011 [J]. *Journal of Informetrics* 2012, 6(2): 333-335.
- [17] Li J, Zhang J, Li H et al. Network and community structure in a scientific team with high creative performance [J]. *Physica A: Statistical mechanics and its applications* 2018, 508: 702-709.
- [18] 黄鲁成, 王小丽, 吴菲菲, 等. 国外创新政策研究现状与趋势分析 [J]. *科学学研究* 2018, 36(7): 1284-1293.

(责编: 贺小利; 校对: 王平军)