



DOI: 10.20103/j.stxb.202307101483

叶靓俏, 尹彩春, 赵文武. 基于文献计量分析的联合国可持续发展目标研究. 生态学报, 2023, 43(24): 10480-10489.

基于文献计量分析的联合国可持续发展目标研究

叶靓俏^{1,2}, 尹彩春^{1,2}, 赵文武^{1,2,*}

1 北京师范大学地理科学学部地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

2 北京师范大学地理科学学部陆地表层系统科学与可持续发展研究院, 北京 100875

摘要:厘清联合国可持续发展目标(SDGs)研究的现有进展和发展脉络,有助于深化SDGs研究和推动可持续发展。本文基于Web of Science核心合集数据库,运用可视化分析软件CiteSpace对SDGs相关文献进行文献计量分析,并绘制知识图谱。结果表明:(1)SDGs相关研究经历了萌芽阶段、快速增长阶段和稳定发展阶段,累计发文量呈稳步上升趋势,且涉及学科领域广泛。(2)英国、美国和中国等是SDGs的主要研究力量,发展中国家对SDGs研究的影响也持续增强。(3)环境问题、多方合作、SDGs全球治理与地方化等是SDGs研究的热点方向,而公民健康和推动可持续发展教育是SDGs未来研究的关注重点。鉴于文献计量分析结果,后续研究应重视SDGs评估、扩展指标数据源和制定可持续发展策略等。

关键词:可持续发展目标(SDGs);文献计量法;CiteSpace;知识图谱;研究进展

1987年,世界环境与发展委员会通过《我们共同的未来》,将可持续发展定义为“既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”^[1]。为应对日益加剧的气候变化、环境污染和生态系统退化等全球性危机,2015年9月,《变革我们的世界:2030年可持续发展议程》(以下简称“2030年议程”)在联合国可持续发展峰会上通过。该议程围绕经济、社会和环境三个方面提出17项可持续发展目标(Sustainable Development Goals, SDGs)和169项具体目标,涉及人类福祉、经济发展、气候变化和生态系统保护等多个领域,是全球可持续发展的纲领性文件^[2],标志着可持续发展开始具有数据监测和科学研究支撑^[3]。面向SDGs的全球和区域可持续发展研究已成为国际科学领域关注的前沿热点。

大量研究针对构建不同尺度SDGs指标、评估SDGs进展和开展可持续发展战略优化取得了重要进展。首先,基于联合国SDGs指标框架,许多学者根据区域的自然环境和社会经济的发展情况,改进和完善区域尺度上的本土化SDGs指标体系,并评估区域SDGs的实现进展和预测未来落实潜力^[4-5]。其次,分析各项目标之间和目标内部的相互作用对推进SDGs的落实具有重要意义^[6]。不少研究运用系统聚类分析^[7-8]、统计分析^[9-10]和网络分析^[11-13]等方法分析SDGs的相互关系,进而提出SDGs落实规划和政策制定的建议^[14]。此外,目前也有关于SDGs研究的综述性文献,对已有文献进行了归纳和综合分析^[15-16]。文献计量法有利于系统梳理研究脉络和分布格局,而目前运用文献计量法厘清SDGs研究领域现有进展和发展脉络的研究仍较为缺乏。

鉴于此,本文基于Web of Science核心合集数据库,检索2015年SDGs提出以来国际上关于SDGs的研究文献,运用CiteSpace软件进行文献计量分析,并绘制相关知识图谱,揭示了SDGs研究领域的基本概况、研究内容和前沿进展,并提出研究展望,为后续SDGs研究提供借鉴。

基金项目:国家自然科学基金(42242101,42271292)

收稿日期:2023-07-10; 网络出版日期:2023-11-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoww@bnu.edu.cn

1 数据与方法

本文基于 Web of Science 核心合集数据库,以“TI = (SDG *) AND TS = (" Sustainable Development Goal * ")”为检索规则,检索时间跨度为 2015—2023 年,检索日期为 2023 年 5 月 10 日,共得到 1425 篇文献,筛选文献类型为论文,得到 1132 篇涉及 SDGs 研究的文献,作为本文的数据样本。

本文借助陈超美团队开发的 CiteSpace 6.2.R2(64 bit),对检索文献的年度发文量、研究主体及合作情况、引用文献和关键词等方面进行计量分析^[17]。在 Time Slicing 设置时间段 2015 年 1 月—2023 年 12 月,时间切片为 1 年;分别选择国家(Country)、机构(Institution)、参考文献(Reference)和关键词(Keyword)为节点类型,绘制关于 SDGs 国际研究的知识图谱。具体参数设置如下:(1)构建国家和机构合作网络图谱,节点类型分别选择国家和机构,节点标签显示分别选择 Top 20 和 Top 5%。(2)构建共被引文献知识网络图谱,节点类型选择参考文献,节点标签显示选择 Top 20。(3)构建共被引文献聚类时间线图,节点类型选择参考文献,选取 LLR(Log-likelihood Ratio)算法和关键词进行集群计算,采用时间线图(Timeline)加以显示。(4)突现性检测(Burst Detection),节点类型分别选择国家和关键词,计算其突现强度,选择 Top 10% 显示。

2 发文量和发文学科

年度发表论文数量及其变化趋势能反映 SDGs 研究领域的国际发展态势和受关注程度^[18]。图 1 呈现了 2015—2023 年 SDGs 国际研究年度发文量和累计发文量,总体呈上升趋势。其中,发文趋势可分为 3 个阶段:2015—2017 年是萌芽阶段,累计发文量 36 篇,年发文量缓慢上升,对 SDGs 的研究处于探索阶段;2018—2021 年是快速增长阶段,年均增长约 70 篇,累积发文量快速上升,对 SDGs 的研究力度明显增强;2022 年—至今是稳定发展阶段,年发文量约 300 篇,对 SDGs 的研究力度保持平稳。总体而言,全球持续关注并日益重视 SDGs 研究,研究力度显著增强,聚焦指标优化、数据监测与政治议程建设,强化 SDGs 学术研究与应用实施的结合。

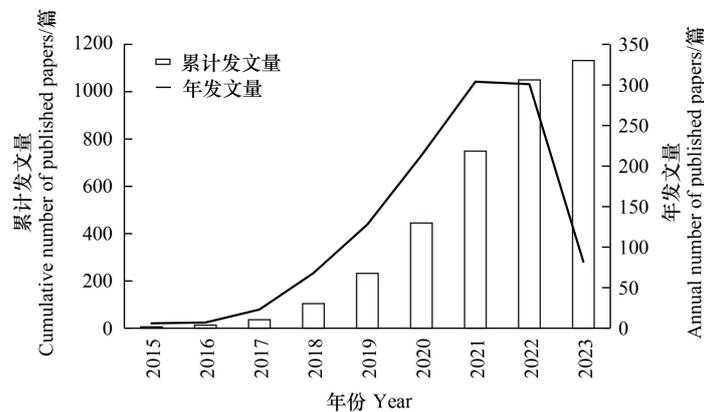


图 1 2015—2023 年 SDGs 国际研究年度发文量及累计发文量(截止 2023 年 5 月 10 日)

Fig.1 Annual number and cumulative number of international published papers of SDGs research from 2015 to 2023 (Until May 10, 2023)

SDGs 研究涉及 119 个学科领域,研究范围较广。表 1 呈现了 2015—2023 年 SDGs 研究发文数量排名前十的学科类别,其中环境科学、绿色可持续科学技术和环境研究发文数量占总样本数量的 89.31%,说明综合考虑生态环境与社会经济的可持续性成为 SDGs 研究的重点关注领域。根据学科类别首次发文年份,环境科学、绿色可持续发展技术和发展研究等研究 SDGs 时间较早,教育学、商学、经济学和遥感学等多学科自 2017 年也在该领域研究中发挥重要作用。由此可见,SDGs 研究从早期的环境可持续性领域,逐步发展成以 17 个 SDGs 为导向的涵盖多学科领域的研究,遥感技术也成为 SDGs 研究的主要方法之一。

表 1 2015—2023 年 SDGs 研究发文量前十的学科类别

Table 1 Top 10 categories publishing papers of SDGs research from 2015 to 2023

学科类别 Category	发文数量 Number of publications	中心性 Centrality	发文量所占比例 Proportion of publications	首次发文年份 Year of initial publication
环境科学 Environmental Sciences	407	0.34	35.95%	2015
绿色可持续科学技术 Green Sustainable Science Technology	326	0.18	28.80%	2015
环境研究 Environmental Studies	278	0.14	24.56%	2015
教育与教育研究 Education & Educational Research	73	0.01	6.45%	2017
商学 Business	57	0.03	5.04%	2017
经济学 Economics	52	0.04	4.59%	2017
发展研究 Development Studies	52	0.01	4.59%	2015
遥感学 Remote Sensing	51	0.02	4.51%	2018
劳动卫生与环境卫生学 Public Environmental Occupational Health	50	0.15	4.42%	2016
管理学 Management	49	0.05	4.33%	2017

3 研究主体及合作情况

3.1 研究国家与机构

图 2 呈现了 2015—2023 年研究 SDGs 的国家(或地区)有 123 个,涉及研究机构 281 个,图中节点大小与国家机构的发文频次呈正相关,节点外圈有紫色圆环则表示该节点的中心度 ≥ 0.1 。其中,英国发文数量最多,为 156 篇,其次分别为美国(150 篇)和中国(128 篇),英国和美国在 SDGs 研究数量有较大优势。涉及的研究机构中,英国的伦敦大学发文量最高(30 篇),其次为中国的研究机构,主要有中国科学院(28 篇)和北京师范大学(15 篇)。总体而言,英国和中国的一些高校对 SDGs 研究的贡献较大。

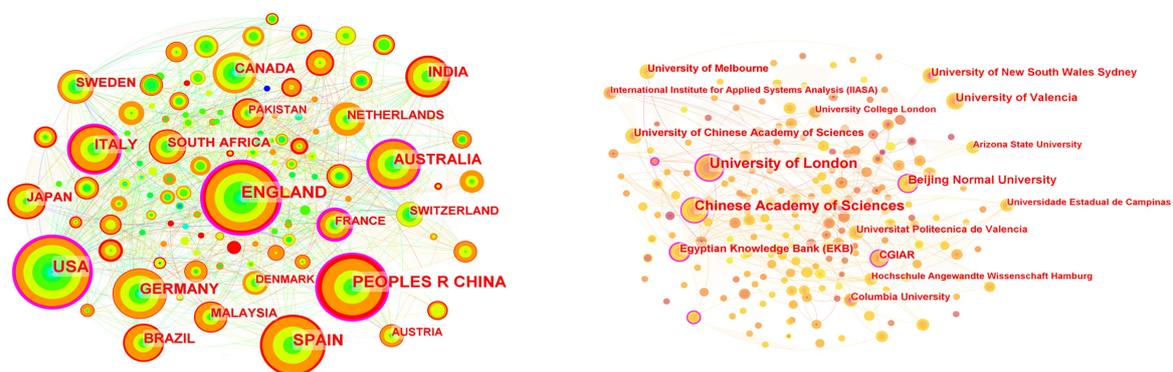


图 2 2015—2023 年研究 SDGs 的国家(或地区)和机构合作网络图谱

Fig.2 Map of the cooperation networks among countries (or areas) and institutions of SDGs research from 2015 to 2023

网络图谱中节点的中介中心性反映了该节点在整个合作网络中的重要程度和影响力^[19]。在研究 SDGs 的国家中,英国的中介中心性最高,为 0.36,其次是美国(0.31)和法国(0.21),表明英国与美国、法国和澳大利亚等国家有较密切的合作,对 SDGs 的研究发展具有重要影响。中国的发文量虽位居第三,但中介中心性只有 0.1,表明在 SDGs 的研究中,中国与国外机构合作较少,发文量虽多,但影响力不高。

突现性是单个变量在某一时段引用频次有较大增长^[17]。表 2 呈现了 2015—2023 年 SDGs 研究最强引用前 14 突现国家(或地区)及其突现性开始和结束年份,反映了某个国家在具体时段对 SDGs 研究的影响程度。在早期(2015—2019 年)SDGs 研究中,发达国家影响较大,包括美国、澳大利亚和德国等。而近年来,发展中

国家在 SDGs 研究领域影响不断增强,尤其是肯尼亚(强影响年份自 2020 年至 2021 年)和土耳其(强影响年份自 2021 年至 2023 年)对 SDGs 后续研究影响较大。

表 2 2015—2023 年 SDGs 研究最强引用前 14 突现国家(或地区)

Table 2 Top 14 countries (or areas) with the strongest citation bursts of SDGs research from 2015 to 2023

国家 Country/Area	年份 Year	强度 Strength	开始 Begin	结束 End
美国 USA	2015	4.96	2015	2018
澳大利亚 AUSTRALIA	2015	3.09	2015	2017
德国 GERMANY	2015	3.00	2015	2018
加拿大 CANADA	2015	2.40	2015	2018
瑞士 SWITZERLAND	2016	3.44	2016	2019
捷克 CZECH REPUBLIC	2016	1.17	2016	2019
爱尔兰 IRELAND	2016	1.03	2016	2017
黎巴嫩 LEBANON	2017	1.50	2017	2019
比利时 BELGIUM	2017	1.07	2017	2018
赞比亚 ZAMBIA	2017	1.00	2017	2019
英格兰 ENGLAND	2015	0.98	2017	2018
俄罗斯 RUSSIA	2018	2.07	2018	2019
肯尼亚 KENYA	2018	1.08	2020	2021
土耳其 TURKEY	2016	1.53	2021	2023

3.2 核心作者及共被引文献

共被引文献是两篇及以上文献同时被其他文献引用形成的共被引关系,共被引频次较高的文献反映了相应研究领域的知识基础^[19]。图 3 呈现了 2015—2023 年 SDGs 研究的高共被引文献及其作者的知识图谱,图中节点大小与作者发文的被引频次呈正相关,节点外圈有紫色圆环表示该节点的中心度 ≥ 0.1 。总体而言,文献共被引频次较高的作者依次为联合国、澳大利亚新南威尔士大学悉尼分校的 Allen Cameron、瑞典斯德哥尔摩国际环境研究院的 Nilsson Mans 和德国波茨坦气候后果研究院的 Pradhan Prajal 等。除了联合国发布的《2030 年议程》和逐年的《可持续发展目标报告》,单个共被引频次较高的文献主要有:Nilsson Mans 在 2016 年发表的文章中评估 SDGs 各目标间和目标内部的相互影响程度^[20],并于 2018 年提出应用分析框架^[21]; Pradhan Prajal 在 2017 年发表的文章中从全球和国家层面分别量化 SDGs 目标内部和跨目标之间的协同和权

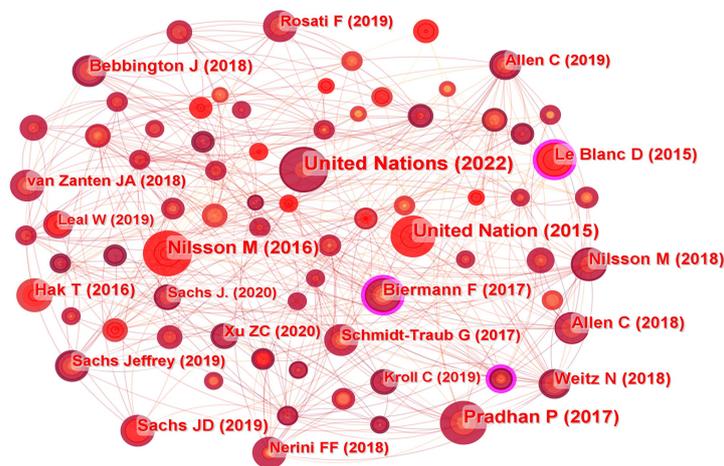


图 3 2015—2023 年 SDGs 研究的高共被引文献及其作者知识图谱

Fig.3 Map of frequently co-cited references and authors of SDGs research from 2015 to 2023

衡作用^[9]; Weitz Nina 在 2018 年发表的文章中采用网络分析技术分析实现 SDGs 各类行动的优先秩序^[22]。

4 研究内容与前沿进展

4.1 共被引文献聚类分析

基于 Citespace 进行聚类分析, 聚类分析指标主要包括: Modularity Q (聚类模块值) > 0.3 , 即聚类结构显著; Mean Silhouette S (聚类平均轮廓值) > 0.5 , 即聚类结果合理, $S > 0.7$, 则聚类结果可信^[23]。本文对 1132 篇 SDGs 相关文献进行共被引分析, 并以关键词作为聚类标签, 得到 41 个聚类集群, Q 值为 0.6062, S 值为 0.8371, 即聚类结果结构显著且可信度较高。图 4 显示了包含文献数量最大的 10 个聚类 (即包含文献数量 ≥ 10), 集群标签序号越小, 则该集群包含的文献数量越多。10 个聚类集群分别是: #0 environment, #1 environmental quality, #2 sustainability reporting, #3 localization, #4 inclusion, #5 indicators, #6 land degradation, #7 strategy for responsible development, #8 sustainable tourism, #9 higher education。

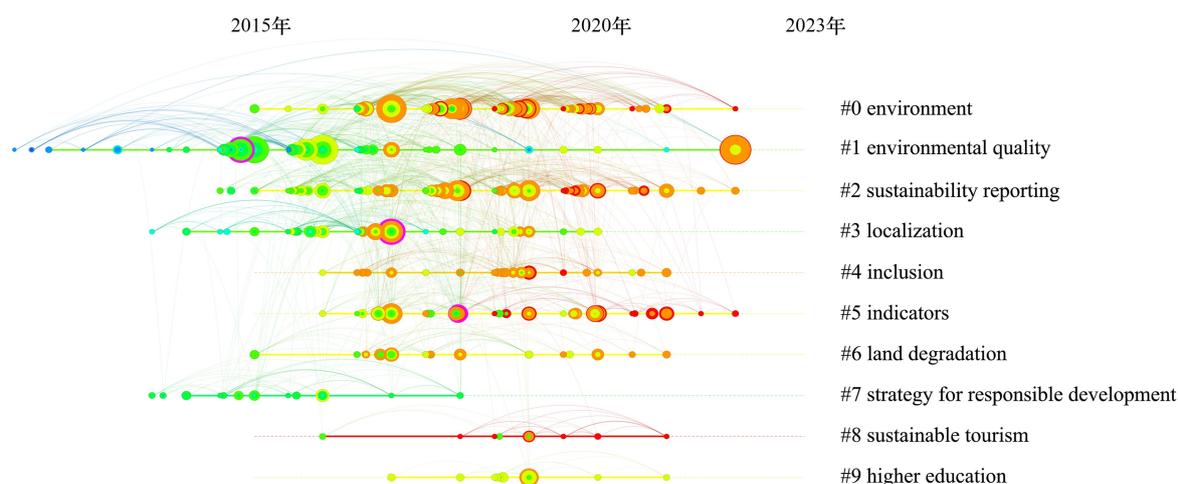


图 4 2015—2023 年 SDGs 研究共被引文献聚类时间线图

Fig.4 Timeline map of co-cited references clustering of SDGs research from 2015 to 2023

聚类#0 environment 包括的主要关键词有: environment, climate change, synergies, UN Agenda 2030, SDGs implementation 等。在全球环境变化的背景下, 气候变化是各国实现 SDGs 的主要障碍之一^[24]。该组文献聚焦评估《2030 年议程》中 17 个目标间的协同和权衡关系^[9,20], 分析如何积极发挥协同效应和解决 SDGs 间的权衡关系^[25-26], 并从人与环境系统分析角度提出相关政策建议以促进 SDGs 的实现^[14,27]。自《巴黎协定》于 2015 年 12 月在第 21 届联合国气候变化大会通过后, 环境尤其是气候变化与 SDGs 的关系受到更广泛的关注。

聚类 #1 environmental quality 包括的主要关键词有: environmental quality, modeling, zero carbon, sustainability science, technology policy 等。该组文献依托不同的模型, 如系统动力学模型^[28-29]和行星边界模型^[30], 分析经济发展、人类福祉和促进生态可持续 (如零碳排放) 的相互关系^[28-29], 定义人类社会可持续发展的环境极限^[30], 并推动数字可持续发展技术等前沿技术的发展^[31]。运用不同模型探索人与自然协同发展的路径是 SDGs 主要研究方向之一。

聚类#2 sustainability reporting 包括的主要关键词有: sustainability reporting, corporate social responsibility (CSR), corporate social responsibility, corporate sustainability, environmental performance 等。该组文献聚焦建立全球伙伴关系, 分析多方 (如各国政府、跨国企业和国际机构等行为主体) 合作对解决 SDGs 实现和监测过程中面临的问题的可行性^[32-34], 并建议将多方合作引入可持续发展目标报告的评分机制^[35-36]。多方合作实现 SDGs 逐渐成为国际社会的共识。

聚类#3 localization 包括的主要关键词有: localization, cities, sustainable development, citizen science, SDG 11 等。该组文献聚焦将 SDGs 的全球治理与地方化相结合,探索加强全球治理和充分发挥各国国情、部门政策及治理机制灵活性的并行路径^[37-38]。尤其在城市可持续发展方面,不少研究在 SDG 11(建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区)框架下,构建衡量城市可持续发展的本土化指标体系^[39-40]。

聚类#4 inclusion 包括的主要关键词有: inclusion, outcomes, global business, life quality 等。该组文献聚焦 SDGs 相关公共政策的包容性问题,即在实现 SDGs 的过程中,充分考虑性别、种族和社会阶层问题,进而推动全人类社会实现经济发展、政治包容和生活水平提高等目标^[41]。

聚类#5 indicators 包括的主要关键词有: indicators, SDGs index, sustainable development, integrated assessment, health 等。该组文献聚焦联合国制定的监测和评价 SDGs 进展情况的指标体系的合理性^[42-43]。许多研究指出现有 SDGs 指标体系较为庞杂、多源数据融合度低,无法准确刻画各国 SDGs 的实际进展情况^[42-43],进而运用多方法优化现有评价指标体系,如建立可持续发展综合指数^[42,44]、促进地理信息技术在评价体系中的运用^[45]、开发系统量化方法评估 SDGs 的时空进展^[46]等。尤其 2019 年 COVID-19 疫情爆发,各国急需掌握与健康相关的 SDGs 指标实际进展情况,以确定优先事项并推进与健康相关的 SDGs 实现^[47]。

聚类#6 land degradation 包括的主要关键词有: land degradation, earth observations, SDG 15.3.1, land productivity 等。该组文献主要以地球观测技术(Earth Observations)为依托,从不同尺度(如全球、区域和国家)监测土地退化情况,为分析 SDGs(如 SDG 15.3.1 已退化土地占土地总面积的比例)的进展情况提供数据支撑^[48-49]。生态系统服务对 SDGs 的实现具有重要贡献^[50],而人类活动导致土地的严重退化将影响生态系统服务价值^[51],破坏人与自然协同可持续性,进而阻碍 SDGs 的实现。因此监测土地退化情况也是 SDGs 研究的重要方面。

聚类#7 strategy for responsible development 包括的主要关键词有: strategy for responsible development, environmental impact assessment, time series analysis, national health priorities, strategic environmental assessment 等。该组文献主要研究与可持续发展相关的政策或发展战略,如环境保护和自然资源管理法规^[52]、可持续消费和生产政策^[53]、人权原则和人类发展优先事项^[54]等,以评估现有发展情况为基础,从宏观政策的角度寻求时间序列上推动长期可持续发展的策略。

聚类#8 sustainable tourism 包括的主要关键词有: sustainable tourism, rural tourism, pacific cultures, local population, islands revitalization 等。可持续旅游是协同促进经济发展、人类福祉和生态治理的重要发展路径,该组文献聚焦将《2030 年议程》与旅游相结合,主要研究内容有:采用“异质建构主义”方法来构建 SDGs 和旅游业结合的框架^[55],后疫情时代绿色健康民宿推广策略的实证分析^[56],开发新型地理空间决策支持系统促进乡村可持续旅游的规划和管理^[57]等。

聚类#9 higher education 包括的主要关键词有: higher education, university, sustainability research, open distance and learning 等。该组文献主要关注教育对于可持续发展研究和政策落实的基础性作用,以及高等教育在可持续发展领域遇到的障碍^[58],探索高等教育支撑 SDGs 实现的路径,强调将可持续发展目标纳入课程内容^[59-60],并分析不同国家在大学中推动 SDGs 实现的战略方法^[61]。

由上述 10 个聚类文献分布年份可得,SDGs 研究对环境问题和可持续发展政策等方面关注较早,随着 SDGs 在全球范围内受到更广泛的关注,相关研究涉及的主题和领域呈现多样化发展趋势,如多方合作、公众健康和土地退化等。

4.2 关键词突现性检测

关键词是每篇文献的重要组成部分,凝练和反映了每篇文献的研究内容^[62]。关键词突现性指在某一时期某关键词在文献中出现次数快速增加使研究领域热点发生变化^[17,63]。因此,近年来突现的关键词在一定程度上可以反映研究前沿。

表 3 呈现了 2015—2023 年 SDGs 研究中最强引用前 20 突现关键词及其突现性开始和结束年份,反映具

体关键词在 SDGs 研究的不同时段的影响程度,可见 SDGs 研究领域具有多元化特征,不同时期呈现不同的研究热点。结合关键词及其突现开始时间,将 SDGs 研究分为三个阶段:(1)2015—2016 年,“poverty”突现开始时间最早,且持续时间较长,表明 SDGs 研究较早开始关注贫困问题(SDG 1),主要研究各国贫困发生率及未来变化趋势。“energy”自 2016 年开始突现,表明能源可持续利用和发展(SDG 7)也是 SDGs 研究早期关注的重要领域之一。此外,“aid”的突现表明通过国际援助支持国家(尤其是发展中国家)消除贫困和发展可持续现代能源也是这一时期的重要研究内容。(2)2017—2019 年,“health”、“global health”和“children”等关键词突现,表明加强全球健康研究(SDG 3),尤其是儿童群体的健康问题是这一时期的研究热点。“millennium development goals”突现,表明全球可持续发展政策的转变对各国发展的影响也是这一时期的重要研究内容。而在研究方法上,“systems”和“systematic analysis”突现表明这一时期强调运用系统分析法评估 SDGs 综合指数并分析不同 SDGs 之间的相互作用关系。(3)2020 年至今,“public health”、“opportunity”和“Africa”突现表明后疫情时代全球尤其是非洲国家的公民健康保障和公共卫生基本服务覆盖率是当前的研究前沿之一。“education for sustainable development”突现则表明推动可持续发展教育特别是高等教育以支撑 SDGs 实现也是 SDGs 的前沿进展。

表 3 2015—2023 年 SDGs 研究中最强引用前 20 突现关键词

Table 3 Top 20 keywords with the strongest citation bursts of SDGs research from 2015 to 2023

关键词 Keywords	年份 Year	强度 Strength	开始 Begin	结束 End
贫困 Poverty	2015	2.02	2015	2020
关心 Care	2016	2.40	2016	2019
未来 Future	2016	2.16	2016	2020
能源 Energy	2016	2.03	2016	2017
援助 Aid	2016	1.82	2016	2018
系统 Systems	2017	2.76	2017	2019
健康 Health	2017	2.75	2017	2018
儿童 Children	2017	2.47	2017	2018
绿色 Green	2017	2.23	2017	2020
恢复力 Resilience	2017	1.94	2017	2018
千年发展目标 Millennium Development Goals	2015	4.30	2018	2019
科学 Science	2018	2.70	2018	2019
全球健康 Global health	2018	2.07	2018	2019
死亡率 Mortality	2019	2.56	2019	2020
系统分析 Systematic analysis	2019	1.97	2019	2020
土地退化 Land degradation	2019	1.97	2019	2020
公共健康 Public health	2020	2.13	2020	2021
机会 Opportunity	2020	1.86	2020	2021
非洲 Africa	2020	1.60	2020	2021
可持续发展教育 Education for sustainable development	2021	1.89	2021	2023

5 结论与展望

5.1 结论

借助 CiteSpace 6.2.R2,本文对 SDGs 研究相关文献进行计量分析,分析了 2015—2023 年 SDGs 研究的年度发文数量及变化趋势、涉及的学科领域、研究主体及其合作情况、研究内容和前沿进展,为深化 SDGs 后续研究提供借鉴。主要结论如下:

(1)从发文量和发文学科来看,2015—2023 年 SDGs 研究年度发文量经历了萌芽阶段、快速增长阶段和稳

定发展阶段,累计发文量呈稳步上升趋势。SDGs 研究涉及学科领域广泛,其中,环境科学、绿色可持续科学技术和环境研究是研究 SDGs 的重要学科领域。

(2)从研究主体及合作情况来看,在研究国家和研究机构中,英国、美国和中国等是 SDGs 的主要研究国家,且以英国的伦敦大学、中国的中国科学院和北京师范大学等为主要研究机构。早期 SDGs 研究由发达国家主导,近年来发展中国家对 SDGs 研究的影响持续增强。在核心作者中,联合国、Allen Cameron 和 Nilsson Mans 等是重要研究力量,而单个共被引频次较高的文献主要涉及 SDGs 各目标间和目标内部的相互作用。

(3)从研究内容和前沿进展来看,环境问题、多方合作、全球治理与地方化、指标、土地退化、可持续发展政策、可持续旅游和高等教育促进可持续发展是 SDGs 研究的热点方向。同时,关键词突现结果显示,后疫情时代全球尤其是非洲国家的公民健康和公共卫生保障、推动可持续发展教育是 SDGs 研究的前沿热点和后续研究的关注重点。

5.2 展望

综上所述,SDGs 研究领域广泛,研究内容多元化,至今已积累了大量研究成果,为后续 SDGs 的研究奠定了基础。根据研究趋势热点和《2030 年议程》实施需求,未来 SDGs 研究需重点关注以下 3 个方面:

(1)构建灵活的具有区域特色的 SDGs 评估指标体系。联合国制定的 SDGs 评估指标体系具有全球性、广泛性和普适性,然而,全球尺度的国家指标无法精确地反映某一具体区域的可持续发展实际情况,影响区域可持续发展政策的制定。因此,在联合国的 SDGs 评估指标体系框架下,需结合区域自然本底和经济社会发展的实际情况,构建符合区域实际的 SDGs 评估指标体系,全面准确地揭示区域 SDGs 具体实现进展,为区域可持续发展政策的制定提供借鉴。

(2)扩展可持续发展指标数据源和完善数据库。目前 SDGs 研究数据来源单一,主要以全球或国家的统计数据为主,较少运用遥感数据。由于遥感数据具有全球覆盖、时间序列完整和空间分辨率高等特点,对于提高 SDGs 指标尤其是自然资源和生态环境类指标数据的可得性具有重要意义。因此,后续研究应重视统计数据和遥感数据相结合,收集和开发与 SDGs 指标相关的遥感数据,完善 SDGs 指标数据库,支撑 SDGs 进展定量评估。

(3)寻求促进可持续发展的策略方案。经文献计量检测,健康与人类福祉和可持续发展教育是 SDGs 后续研究的主要内容。一方面,后疫情时代,各国不断重视公民健康和公共卫生服务的供给。目前已有不少研究评估 COVID-19 对 SDGs 实现造成的影响,但值得注意的是,COVID-19 仅是人类所面临的挑战之一,在未来 SDGs 实现的过程中,面临威胁人类健康的挑战,如何预警风险、保障公民健康和维持可持续发展仍需后续深入研究。另一方面,教育尤其是高等教育是促进 SDGs 实现的重要力量,但如何发展可持续发展教育的研究仍不够细化。相关研究者后续应探索如何使 SDGs 纳入课程内容、评价可持续发展教育成果及其对 SDGs 支撑程度、解决教育在可持续发展领域遇到的障碍等,使教育和科学研究共同支撑 SDGs 的实现。

参考文献(References):

- [1] Manolis E N, Manoli E N. Raising awareness of the sustainable development goals through ecological projects in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 279: 123614.
- [2] 傅伯杰. 联合国可持续发展目标与地理科学的历史任务. *科技导报*, 2020, 38(13): 19-24.
- [3] 张军泽, 王帅, 赵文武, 刘焱序, 傅伯杰. 可持续发展目标关系研究进展. *生态学报*, 2019, 39(22): 8327-8337.
- [4] Chen Y X, Liu C, Li H F, Xue X Z. How do countries along the Maritime Silk Road perform in sustainable use of natural resources? Progress of natural resources-related SDGs. *Ecological Indicators*, 2023, 149: 110194.
- [5] Feng Y Y, Huang C L, Song X Y, Gu J A. Assessing progress and interactions toward SDG 11 indicators based on geospatial big data at prefecture-level cities in the Yellow River Basin between 2015 and 2020. *Remote Sensing*, 2023, 15(6): 1668.
- [6] Bennich T, Weitz N, Carlsen H. Deciphering the scientific literature on SDG interactions: a review and reading guide. *Science of the Total Environment*, 2020, 728: 138405.
- [7] Folke C, Biggs R, Norström A V, Reyers B, Rockström J. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 2016, 21(3): art41.
- [8] Fu B J, Wang S, Zhang J Z, Hou Z Q, Li J H. Unravelling the complexity in achieving the 17 sustainable-development goals. *National Science*

- Review, 2019, 6(3): 386-388.
- [9] Pradhan P, Costa L, Rybski D, Lucht W, Kropp J P. A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions. *Earth's Future*, 2017, 5(11): 1169-1179.
- [10] Warchold A, Pradhan P, Kropp J P. Variations in sustainable development goal interactions: population, regional, and income disaggregation. *Sustainable Development*, 2021, 29(2): 285-299.
- [11] Le Blanc D. Towards integration at last? the sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development*, 2015, 23(3): 176-187.
- [12] Fariña García M C, De Nicolás De Nicolás V L, Yagüe Blanco J L, Fernández J L. Semantic network analysis of sustainable development goals to quantitatively measure their interactions. *Environmental Development*, 2021, 37: 100589.
- [13] Bali Swain R, Ranganathan S. Modeling interlinkages between sustainable development goals using network analysis. *World Development*, 2021, 138: 105136.
- [14] Breuer A, Janetschek H, Malerba D. Translating sustainable development goal (SDG) interdependencies into policy advice. *Sustainability*, 2019, 11(7): 2092.
- [15] Allen C, Metternicht G, Wiedmann T. Initial progress in implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): a review of evidence from countries. *Sustainability Science*, 2018, 13(5): 1453-1467.
- [16] Vanham D, Leip A, Galli A, Kastner T, Bruckner M, Uwizeye A, van Dijk K, Ercin E, Dalin C, Brandão M, Bastianoni S, Fang K, Leach A, Chapagain A, Van der Velde M, Sala S, Pant R, Mancini L, Monforti-Ferrario F, Carmona-Garcia G, Hoekstra A Y. Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs. *Science of the Total Environment*, 2019, 693: 133642.
- [17] Chen C M. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359-377.
- [18] 何奕忻, 蒋海波, 张运春, 王晓锋, 杨刚, 康晓明, 陈槐, 吴宁. 基于 CiteSpace 的小微湿地文献计量分析. *生态学报*, 2022, 42(13): 5516-5530.
- [19] 肖春艳, 胡情情, 陈晓舒, 赵同谦, 郭晓明, 陈飞宏. 基于文献计量的大气氮沉降研究进展. *生态学报*, 2023, 43(3): 1294-1307.
- [20] Nilsson M, Griggs D, Visbeck M. Policy: map the interactions between sustainable development goals. *Nature*, 2016, 534(7607): 320-322.
- [21] Nilsson M, Chisholm E, Griggs D, Howden-Chapman P, McCollum D, Messerli P, Neumann B, Stevance A S, Visbeck M, Stafford-Smith M. Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 2018, 13(6): 1489-1503.
- [22] Weitz N, Carlsen H, Nilsson M, Skånberg K. Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science*, 2018, 13(2): 531-548.
- [23] 常畅, 常禹, 胡远满, 布仁仓, 张恒. 基于文献计量的森林和草原可燃物含水率研究. *生态学报*, 2022, 42(4): 1655-1663.
- [24] Lusseau D, Mancini F. Income-based variation in Sustainable Development Goal interaction networks. *Nature Sustainability*, 2019, 2(3): 242-247.
- [25] Kroll C, Warchold A, Pradhan P. Sustainable Development Goals (SDGs): are we successful in turning trade-offs into synergies? *Palgrave Communications*, 2019, 5: 140.
- [26] Sachs J D, Schmidt-Traub G, Mazzucato M, Messner D, Nakicenovic N, Rockström J. Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nature Sustainability*, 2019, 2(9): 805-814.
- [27] Scharlemann J P W, Brock R C, Balfour N, Brown C, Burgess N D, Guth M K, Ingram D J, Lane R, Martin J G C, Wicander S, Kapos V. Towards understanding interactions between Sustainable Development Goals: the role of environment-human linkages. *Sustainability Science*, 2020, 15(6): 1573-1584.
- [28] Costanza R, Daly L, Fioramonti L, Giovannini E, Kubiszewski I, Mortensen L F, Pickett K E, Ragnarsdóttir K V, De Vogli R, Wilkinson R. Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics*, 2016, 130: 350-355.
- [29] Spaier V, Ranganathan S, Swain R B, Sumpter D J T. The sustainable development oxymoron: quantifying and modelling the incompatibility of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2017, 24(6): 457-470.
- [30] Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell S E, Fetzer I, Bennett E M, Biggs R, Carpenter S R, de Vries W, de Wit C A, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace G M, Persson L M, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 2015, 347(6223): 1259855.
- [31] Pan S L, Zhang S X. From fighting COVID-19 pandemic to tackling sustainable development goals: an opportunity for responsible information systems research. *International Journal of Information Management*, 2020, 55: 102196.
- [32] van Zanten J A, van Tulder R. Multinational enterprises and the Sustainable Development Goals: an institutional approach to corporate engagement. *Journal of International Business Policy*, 2018, 1(3): 208-233.
- [33] Gusmão Caiado R G, Leal Filho W, Quelhas O L G, Luiz de Mattos Nascimento D, Ávila L V. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 198: 1276-1288.
- [34] van der Waal J W H, Thijssens T. Corporate involvement in Sustainable Development Goals: exploring the territory. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 252: 119625.
- [35] Simone P, Francesco R, Andrea V. The determinants of business contribution to the 2030 Agenda: introducing the SDG Reporting Score. *Business Strategy and the Environment*, 2020, 30(1): 404-421.
- [36] Stafford-Smith M, Griggs D, Gaffney O, Ullah F, Reyers B, Kanie N, Stigson B, Shrivastava P, Leach M, O'Connell D. Integration: the key to

- implementing the Sustainable Development Goals. *Sustainability Science*, 2017, 12(6): 911-919.
- [37] Biermann F, Kanie N, Kim R E. Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017, 26/27: 26-31.
- [38] Fenton P, Gustafsson S. Moving from high-level words to local action—governance for urban sustainability in municipalities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017, 26/27: 129-133.
- [39] Klopp J M, Petretta D L. The urban sustainable development goal: indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, 2017, 63: 92-97.
- [40] Valencia S C, Simon D, Croese S, Nordqvist J, Oloko M, Sharma T, Taylor Buck N, Versace I. Adapting the Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda to the city level: initial reflections from a comparative research project. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 2019, 11(1): 4-23.
- [41] Patricia F C, Regina A D A, da Silva Camilla G, Antonio N N, Guerra José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade. The role of universities in the inclusion of refugees in higher education and in society from the perspective of the SDGs. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2023, 24(3): 742-761.
- [42] Diaz-Sarachaga J M, Jato-Espino D, Castro-Fresno D. Is the Sustainable Development Goals (SDG) index an adequate framework to measure the progress of the 2030 Agenda? *Sustainable Development*, 2018, 26(6): 663-671.
- [43] Allen C, Reid M, Thwaites J, Glover R, Kestin T. Assessing national progress and priorities for the Sustainable Development Goals (SDGs): experience from Australia. *Sustainability Science*, 2020, 15(2): 521-538.
- [44] Allen C, Nejdawi R, El-Baba J, Hamati K, Metternicht G, Wiedmann T. Indicator-based assessments of progress towards the sustainable development goals (SDGs): a case study from the Arab region. *Sustainability Science*, 2017, 12(6): 975-989.
- [45] Scott G, Rajabifard A. Sustainable development and geospatial information: a strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-Spatial Information Science*, 2017, 20(2): 59-76.
- [46] Xu Z C, Chau S N, Chen X Z, Zhang J, Li Y J, Dietz T, Wang J Y, Winkler J A, Fan F, Huang B R, Li S X, Wu S H, Herzberger A, Tang Y, Hong D Q, Li Y K, Liu J G. Assessing progress towards sustainable development over space and time. *Nature*, 2020, 577(7788): 74-78.
- [47] Silveira F, da Matta Machado Fernandes L, Paes-Sousa R. The sustainable health Agenda in the Americas: pre-pandemic gaps and 2030 estimates of the SDGs indicators. *PLoS One*, 2022, 17(6): e0270301.
- [48] Anderson K, Ryan B, Sonntag W, Kavvada A, Friedl L. Earth observation in service of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Geo-Spatial Information Science*, 2017, 20(2): 77-96.
- [49] Giuliani G, Mazzetti P, Santoro M, Nativi S, Van Bemmelen J, Colangeli G, Lehmann A. Knowledge generation using satellite earth observations to support sustainable development goals (SDG): a use case on land degradation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2020, 88: 102068.
- [50] Wood S L R, Jones S K, Johnson J A, Brauman K A, Chaplin-Kramer R, Fremier A, Girvetz E, Gordon L J, Kappel C V, Mandle L, Mulligan M, O'Farrell P, Smith W K, Willems L, Zhang W, DeClerck F A. Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 2018, 29: 70-82.
- [51] Peng K F, Jiang W G, Ling Z Y, Hou P, Deng Y W. Evaluating the potential impacts of land use changes on ecosystem service value under multiple scenarios in support of SDG reporting: a case study of the Wuhan urban agglomeration. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 307: 127321.
- [52] Sopykhanova A, Maytanov A, Kiseleva A, Zhamiyeva R. Problems of legal regulation and state policy measures related to nature management in the framework of achieving the SDGs: examples from Russia and Kazakhstan. *Sustainability*, 2023, 15(2): 1042.
- [53] Akenji L, Bengtsson M. Making sustainable consumption and production the core of sustainable development goals. *Sustainability*, 2014, 6(2): 513-529.
- [54] Fukuda-Parr S, Yamin A E, Greenstein J. The power of numbers: a critical review of millennium development goal targets for human development and human rights. *Journal of Human Development and Capabilities*, 2014, 15(2/3): 105-117.
- [55] Hall C M. Constructing sustainable tourism development: the 2030 agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2019, 27(7): 1044-1060.
- [56] Cai G W, Xu L, Gao W J. The green B&B promotion strategies for tourist loyalty: surveying the restart of Chinese national holiday travel after COVID-19. *International Journal of Hospitality Management*, 2021, 94: 102704.
- [57] Mileti F A, Miranda P, Langella G, Pacciarelli M, De Michele C, Manna P, Bancheri M, Terribile F. A geospatial decision support system for ecotourism: a case study in the Campania region of Italy. *Land Use Policy*, 2022, 118: 106131.
- [58] Leal Filho W, Wu Y C J, Brandli L L, Avila L V, Azeiteiro U M, Caeiro S, da Rosa Gama Madruga L R. Identifying and overcoming obstacles to the implementation of sustainable development at universities. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 2017, 14(1): 93-108.
- [59] Brugmann R, Côté N, Postma N, Shaw E, Pal D, Robinson J. Expanding student engagement in sustainability: using SDG- and CEL-focused inventories to transform curriculum at the university of Toronto. *Sustainability*, 2019, 11(2): 530.
- [60] Leal Filho W, Shiel C, Paço A, Mifsud M, Ávila L V, Brandli L L, Molthan-Hill P, Pace P, Azeiteiro U M, Vargas V R, Caeiro S. Sustainable Development Goals and sustainability teaching at universities: falling behind or getting ahead of the pack? *Journal of Cleaner Production*, 2019, 232: 285-294.
- [61] Purcell W M, Henriksen H, Spengler J D. Universities as the engine of transformational sustainability toward delivering the sustainable development goals: "Living labs" for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2019, 20(8): 1343-1357.
- [62] 王耕, 常畅, 石永辉. 基于文献计量的自然资本研究现状及热点. *生态学报*, 2019, 39(21): 8183-8192.
- [63] Chen C M. Science mapping: a systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*, 2017, 2(2): 1-40.