

自然资本研究的文献计量学与可视化分析

梁金水, 李 源, 尹增强 *

(大连海洋大学海洋科技与环境学院, 大连 116023)

摘要: 自然资本是生态服务系统的重要组成部分, 是人类生存发展的必要条件, 是经济-社会-环境持续健康发展的重要支撑。本文基于 Web of Science (WOS) 数据库的核心合集数据库, 应用 CiteSpace 和 VOSviewer 软件对自然资本 2001—2022 年学科发展态势和热点研究进行可视化分析。结果表明: (1) 自然资本的主要发文国家分别是美国、中国、英国、澳大利亚和加拿大, 美国位居首位中国紧随其后, 中美两国在自然资本研究领域远领先于世界其他国家; (2) 在自然资本文章发表机构中, 中国科学院、澳大利亚国立大学、牛津大学、斯坦福大学、昆士兰大学、北京师范大学位列前六, 中国机构在自然资本研究机构文章发表中位居前列, 中科院发文量领先于其他发文机构; (3) 近 20 年间自然资本研究文章发表量一直呈现指数型增长, 在 2013—2022 年间呈现爆发式增长; (4) 研究热点涵盖了资源管理、可持续发展、气候变化、生态服务、环境保护和生物多样性等, 说明自然资本领域的研究需要多学科领域科学技术支撑, 该领域研究的深入推动了其他学科领域发展。

关键词: 自然资本; 知识图谱; CiteSpace; VOSviewer; 研究热点

DOI: 10.48014/csdr.20230405001

引用格式: 梁金水, 李源, 尹增强. 自然资本研究的文献计量学与可视化分析[J]. 中国可持续发展评论, 2023, 2(2): 37-48.

0 引言

自然资本 (natural capital) 是指能从自然环境中导出有利于生计的资源流和服务的自然资源存量 (如土地和水) 和环境服务 (如水循环)。自然资本是生态服务系统的重要组成部分^[1], 是人类生存发展的必要条件^[2]。第一次工业革命开始, 人类在资源开发、土地利用、城市化进程和工农业发展等破坏了生态系统平衡导致生态功能退化, 引发的生态环境问题持续加重, 成为人类社会发展和生态环境恶化的主要胁迫因素^[3]。20 世纪 80 年代以来, 联合国和相关机构陆续发布《我们共同的未来》, 《二十一世纪议程》和《千年生态系统评估》^[4] 等文

件, 在世界各国的共同努力下, 生态环境有所改善, 但全球仍有 50% 以上的生态系统服务功能退化^[5,6]。解决生态系统服务功能退化问题, 就是解决环境污染生态系统破坏问题, 是提升自然资本存量和流量的基本保障, 有利于全球人类社会生存发展的福祉提升。自然资本价值量变化与全球可持续性发展密切相关, 自然资本作为可持续发展的重要动力, 是促进生态环境保护, 保障社会经济持续健康发展重要支撑。

自然资本最初由 Vogt 在 1948 年讨论国家债务时提出, 他认为自然资源是国家发展的资本。由此, 自然资本研究进入萌芽阶段, 相关学者开始对自然资本的内涵、作用、理论和方法进行研究探

* 通讯作者 Corresponding author: 尹增强, zqyin@dlou.edu.cn

收稿日期: 2023-04-05; 录用日期: 2023-05-11; 发表日期: 2023-06-28

基金项目: 国家重点研发计划项目 (项目号: 2019YFD0901302) 和大连市科技创新基金项目 (项目号: 2021JJ11CG001) 资助。

讨^[7,8],在国际研究中 Costanza 和 Daly 等^[9]在讨论自然资本与可持续发展关系时认为,自然资本是人类社会可持续发展的极小条件。Wackemagel 和 Rees 等^[10]认为,自然资本能够产生一个可持续性的自然资产存量,是资源的存量与地球生态圈组成的系统可以实现自然系统自循环。Ekins^[11]指出自然资本不能被人造资本所替代、重要生态环境功能使自然资本称之为关键自然资本。谢高地^[1]、欧阳志云等^[12]、陈仲新等^[13]对我国的生态资产评估方法大多以单位面积价值对总量进行的静态估算,基于面积价值计算方法;于勇德等^[14]、王宗明等^[15]、潘耀忠等^[16]利用遥感技术进行了生态系统生态资产价值量进行核算,丰富了生态资产核算手段。自然资本核算与资源管理成为生态学与生态经济学的全球研究热点方向,在全球^[17]、不同国家^[18]地区^[19]和区域^[20]之间开展生态系统服务价值评估^[21,22],初步建立全球不同地域的自然资本核算理论框架,探索不同生态系统、不同服务类型自然资本评估方法^[23-26]。方恺等^[27]认为自然资本是人类利用自然物质、能量及自然提供的生态服务总称,在环境管理政策方面促进区域的可持续发展^[28]。20 世纪 90 年代我国开始实施中西部退耕还林、还草项目、三北防护林工程、国家水体和大气污染防治重大专项等,都取得了建设性的生态保护成效,习总书记提出“绿水青山就是金山银山”,意在表明自然生态系统服务功能的重要性,自然生态系统具有自然价值,可以作为资本进行投资,促进自然生态系统功能对人类福祉供给,推进生态文明建设,实现长久的可持续发展^[29]。分析自然资本研究现状,探索自然资本研究热点态势,有利于把握自然资本的核心发展方向,有利于我国生态环境保护政策的制定,有利于后来者深入了解自然资本研究。

本文基于 CiteSpace 和 VOSviewer 科学知识图谱软件,在 WOS 数据库中的核心合集数据库中,对 2001—2022 年自然资本研究文献进行检索对结果可视化分析。知识图谱可视化分析可以直观地反映自然资本研究态势,提供一个系统、客观的综述,使得该领域的研究更清晰、更容易溯源^[30,31]。知识图谱可视化分析补充了传统的以叙事为基础的文献评论,增加了文献之间的关系可视化,图文并茂

地展示该领域的研究现状和发展态势。这项研究以三个目标方向为指导:①了解自然资本领域研究在国家、机构和作者之间合作的特点^[32];②发现该领域被引用最多的学者,文献、识别该领域的主要涉及学科和研究演进过程^[33-35];③帮助学者深入了解自然资本研究进程,识别领域发展热点方向为后续研究工作的开展提供参考。

1 数据来源与方法

1.1 处理工具

知识图谱可视化是利用信息可视化来进行海量数据分析,探究主题总体架构、核心概念、分支结构、发展历程、研究现状以及未来趋势等。CiteSpace^[36]知识图谱是由陈超美教授开发用来对海量信息进行分析、挖掘进行科研文献可视化的应用软件^[37],该软件被广泛应用于数据挖掘与信息可视化,可通过绘制信息可视化图谱的形式来表现出某一研究领域的合作关系、热点分析和演变趋势^[38]。

VOSviewer^[39]是由荷兰莱顿大学科学技术研究中心的 Nees Jan van Eck 和 Ludo Waltman 博士在 2010 年联合开发的一款文献分析可视化软件,在可视化知识图谱分析中,其功能是对文献进行可视化分析,分析样本数据容量大,图形分析和呈现能力极强^[40]。CiteSpace 和 VOSviewer 作为绘制科研知识图谱的文献计量学软件,在世界范围内科学研究中得到了广泛运用。

1.2 数据来源

数据来源于 WOS 核心合集数据库,根据自然资本的研究内容,在数据库中对“natural capital”主题词进行检索,语言检索条件设置为“English”,选择 2001—2022 年“article”和“review”类别的全文数据,最后共计获得 9694 篇有效样本文献。

1.3 分析方法

在 CiteSpace 中通过用户选择不同选项进行可视化,时间切片选择一年,在数据修剪设置中选择

探索者和剪枝切片网络剪枝合并网络关系,在可视化窗口中设置静态集群视图和突现合并网络,可以直观地看到设置不同主体词汇时展现的不同结构关系网络图。运用了 CiteSpace 的中心度计算、频率统计、聚类系数和突发检测等方法分析,在对结果进行分析之后,选取一些有代表性的关系矩阵来展示本文,包括学科门类、共同作者、国家、机构、共同出现的关键词、高被引作者、高被引参考文献和高被引期刊等。

在 VOSviewer 软件中导入数据,选择导入数据设置出现频率在 15 及以上的关键词,选择共现关键词进行可视化分析导出结果,其他可视化视图方法同上保持一致。

2 结果和分析

2.1 自然资本发文量变化

自然资本研究发文量如图 1 所示,从近 20 年文章发表趋势来看,自然资本研究文章数量逐年快速增长,自然资本领域的研究投入持续性增加不断加强,文章发表数量在 2001—2012 年间呈现指数型增长持续稳步增长,到 2013—2022 年之间文章发表数量快速增长并呈现爆发式增长趋势。结果表明,自然资本正受到学者们越来越多的关注,越来越多的自然资本研究正在进行。

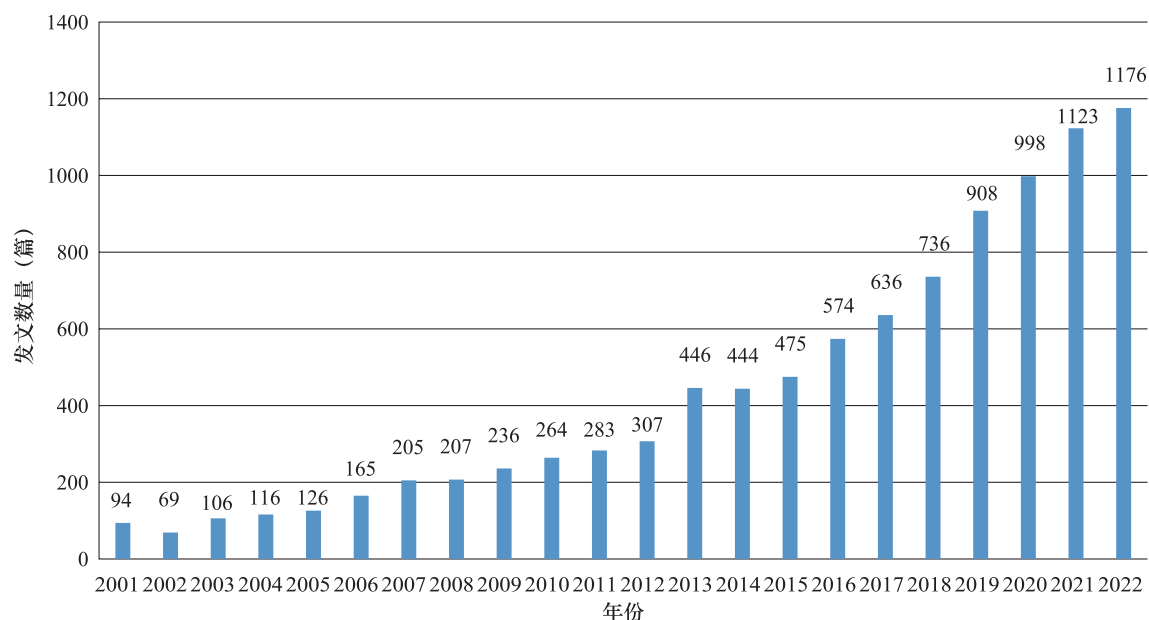


图 1 发文量变化趋势图

Fig. 1 Chart of variation trend in the number of articles published

2.2 世界各国研究概况

如图 2 所示,在自然资本研究中的发文数量分析中,选择排名前 20 的发文国家。图 2 中大小不一的球体表示不同国家发表文章的数量,球体越大发文量越多。如表 1 所示,该领域的主要发文国家首先是美国,其次是中国、英国、澳大利亚、加拿大、意大利、德国、荷兰、法国和印度。在前 10 位中,荷兰、法国和印度的发文量低于 400 篇,这三个国家研究相对薄弱,相比之下首先是美国,其次是中国、英国、澳大利亚以及加拿大等国家具有较高的发文数

量,表明它们在自然资本研究领域发挥着重要的作用,对自然资本研究发展具有的贡献突出。

从世界各大洲文章发表量看,北美洲以美国和加拿大为代表,亚洲以中国、印度和日本为代表,欧洲以英国、意大利、德国、荷兰和法国为代表,南美洲和澳洲分别以南非和澳大利亚为代表,分析发现研究成果主要集中在美国、中国、英国、澳大利亚和加拿大等国家,自然资本研究主要集中在发达国家,但中国在其中占有重要地位,相对于世界上其他的发达国家,中国在自然资本研究领域的研究成果丰硕在该领域中有着重大的贡献。

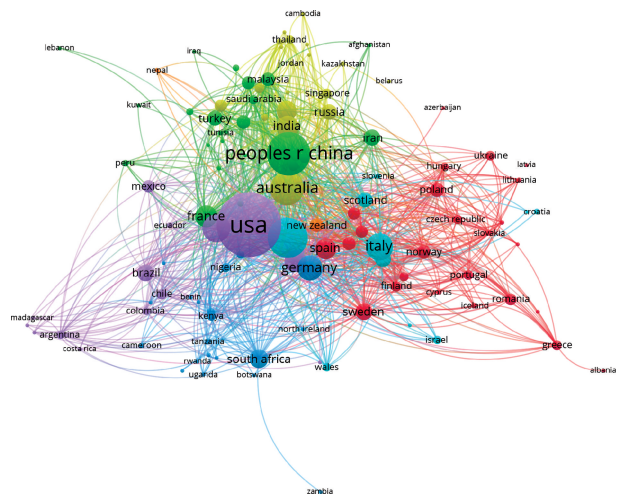


图 2 国家共现知识图谱
Fig. 2 National co-occurrence knowledge map

2.3 世界主要研究机构

从机构共现图,图 3 和表 2 中可以看到世界上不同的研究机构在自然资本领域的贡献情况,同时体现出科研机构在该领域的研究基础和研究实力。由图 3 和表 2 可知,在自然资本机构文章发表中,首先是中国科学院、澳大利亚国立大学、牛津大学、斯坦福大学、昆士兰大学、北京师范大学、英属哥伦比亚大学、剑桥大学、墨尔本大学和世界银行等。从前十位的文章发表机构来看,中国科研机构在自然

资本领域近 20 年的文章发表中处于国际领先地位,以中国科学院和北京师范大学为代表的发文数量均排在前六。从发文机构国家分布来看主要分布在中国、英国、美国、加拿大、澳大利亚、荷兰和瑞典等国家,说明着重关注自然资本领域的研究机构主要分布在欧洲、澳洲、北美洲等一些发达国家和亚洲的中国。

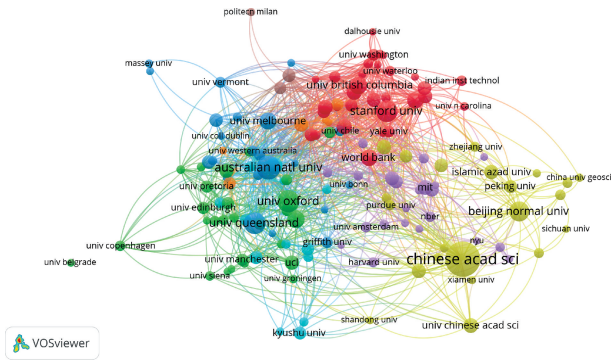


图 3 机构共现知识图谱
Fig. 3 Organization co-occurrence knowledge map

相对于其他发达国家,中国的科研机构在自然资本领域的研究中取得比较好的研究成果,如图 3 所示中国的研究机构具有高度的中心性优势,说明许多中国研究者在自然资本领域的研究成果较多,尤其是来自中国科学院的研究者,说明我国着重关注自然资本领域的研究。

表 1 基于发文量的前 20 国家/地区
Table 1 Top 20 countries/regions based on number of publications

排名	数量	国家	排名	数量	国家
1	2519	USA(美国)	11	301	SPAIN(西班牙)
2	1182	CHINA(中国)	12	292	JAPAN(日本)
3	1044	ENGLAND(英国)	13	243	SOUTH AFRICA(南非)
4	757	AUSTRALIA(澳大利亚)	14	211	SWEDEN(瑞典)
5	535	CANADA(加拿大)	15	201	BRAZIL(巴西)
6	500	ITALY(意大利)	16	197	IRAN(伊朗)
7	443	GERMANY(德国)	17	171	SCOTLAND(苏格兰)
8	342	NETHERLANDS(荷兰)	18	164	TURKEY(土耳其)
9	341	FRANCE(法国)	19	144	POLAND(波兰)
10	334	INDIA(印度)	20	143	NEW ZEALAND(新西兰)

表 2 基于发文量的前 20 机构

Table 2 The top 20 institutions based on the number of publications

排名	数量	机构	排名	数量	机构
1	162	Chinese Acad Sci(中国科学院)	10	57	Wageningen Univ(瓦格宁根大学)
2	94	Australian Natl Univ(澳大利亚国立大学)	12	56	Michigan State Univ(密歇根州立大学)
3	86	Univ Oxford(牛津大学)	13	51	Colorado State Univ(科罗拉多州立大学)
4	83	Stanford Univ(斯坦福大学)	13	51	Minnesota Univ(明尼苏达大学)
5	82	Univ Queensland(昆士兰大学)	15	50	McGill Univ(麦吉尔大学)
6	74	Beijing Normal Univ(北京师范大学)	16	49	MIT(麻省理工学院)
7	64	Univ British Columbia(英属哥伦比亚大学)	17	48	Univ Florida(佛罗里达大学)
8	62	Univ Cambridge(剑桥大学)	17	48	Arizona State Univ(亚利桑那州立大学)
9	59	Univ Melbourne(墨尔本大学)	17	48	Stockholm Univ(斯德哥尔摩大学)
10	57	World Bank(世界银行)	17	48	UCL(伦敦大学学院)

2.4 高被引文献分析

高被引文献是指论文在相关领域具有奠基作用和一定创新性促进研究领域发展的文章,文章对领域的研究具有推动作用,具有普适性受广泛关注。反映了文章是否被引文章主要被引次数,出版物被引用的次数越多,说明它在该领域的作用就越大。见图 4 和表 3 被引次数在 100 次及以上的文獻分別是“Costanza R”“Coleman JS”“Sachs JD”“Gylfason T”“Rockstrom J”“R. S. de Groot”“Bebbing-ton A”和“F. Ploeg”等人发表的高被引文献,自然资本领域研究起源于 20 世纪,上述文献在 1988—2014 年之间发表,被引频次突出,说明在该领域中上述文献对学科的研究贡献突出。且上述文献涵盖了资源管理、可持续发展、生态服务、环境保护、人类代际交替、教育和经济发展等,从自然层面到人类社会层面,呈现出多学科跨领域交汇发展。代表自然资本研究在前人基础之上具有一定创新性和突破性进展,为后续相关学者深入学习开拓了新思路。

根据表 3 可知,高被引文献研究范围涵盖了资源管理、可持续发展、生态服务、环境保护、人类代

际交替、教育和经济发展等,从自然层面到人类社会层面,呈现出多学科跨领域交汇发展,并促进了自然资本与其他领域研究的交互发展。

如图 4 所示“Costanza R”“Coleman JS”“Sachs JD”三人是中心性节点最大同时被引用频次也是最多的,与后续的学者研究具有比较大的关联性。在自然资本领域他们的研究发现奠定了该领域的发展基调指明了发展路径,同时该领域研究进展的传承性比较强,有利于该研究领域的人才培养和研究发展。

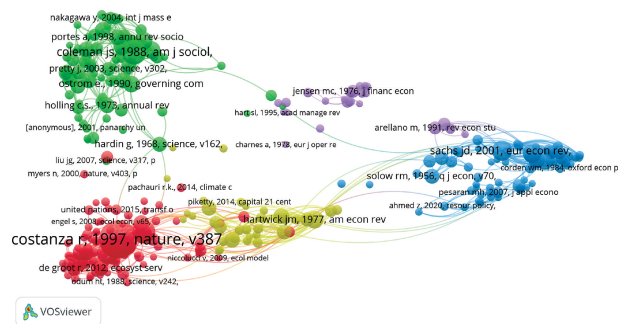


图 4 高被引文献图

Fig. 4 Map of highly cited literature

表 3 高被引文献

Table 3 Highly cited literature

排名	频次	作者	被引文献	期刊	发表年份
1	394	Costanza R et al.	The value of the world's ecosystem services and natural capital ^[41]	<i>Nature</i>	1997
2	199	Coleman JS et al.	Social capital in the creation of human capital ^[42]	<i>American Journal of Sociology</i>	1988

续表

排名	频次	作者	被引文献	期刊	发表年份
3	184	Costanza R et al.	Natural capital and sustainable development ^[43]	<i>Conservation Biology</i>	1992
4	165	Costanza R et al.	Changes in the global value of ecosystem services ^[44]	<i>Global Environmental Change-human and Policy Dimensions</i>	2014
5	153	Sachs J D et al.	The curse of natural resources ^[45]	<i>European Economic Review</i>	2001
6	134	Gylfason T et al.	Natural resources, education, and economic development. ^[46]	<i>European Economic Review</i>	2001
7	129	Rockstrom J et al.	A safe operating space for humanity ^[47]	<i>Nature</i>	2009
8	113	R. S. de Groot et al.	A typology for the classification,description and valuation of ecosystem functions,goods and services ^[48]	<i>Ecological Economics</i>	2002
9	108	Bebbington A et al.	Capitals and capabilities: a framework for analyzing peasant viability,rural livelihoods and poverty ^[49]	<i>World Development</i>	1999
10	106	F. Ploeg et al.	Natural resources:curse or blessing? ^[50]	<i>Journal of Economic Literature</i>	2011

2.5 研究关键词分析

关键词是论文主要内容和研究主题的高度概括,关键词频次反映了该关键词有关的论文发表数量。如图 5 所示在五大类不同颜色球体当中,个体越大表示频次越高,也表示在该领域的研究中越重要。结果表明,在关键词共现分析中总体分成五个簇团组分别以“ecosystem service”“management”“natural capital”“sustainability”和“impact”为代表关键词形成一个热点方向,同时分别在各自的簇团内部与其他关键词相互关联紧密。在这五大类热点方向中,五大类内部的关键词与其他大类研究热点的也存在着相互关联,同时存在大聚集小聚居的网络关系,呈现总-分-细分的树状结构关系网络。由图 5 可知,在自然资本的研究中,五大类簇团之间也存在着相互依存的关系,说明自然资本研究中形成多条研究路线齐头并进相互交叉的发展态势。

由此可知在自然资本领域已经形成了多学科融合的发展态势,多学科的交叉合作将更有利于该领域的不断发展壮大,更有利于该领域在自然生态环境保护中做出更大贡献。

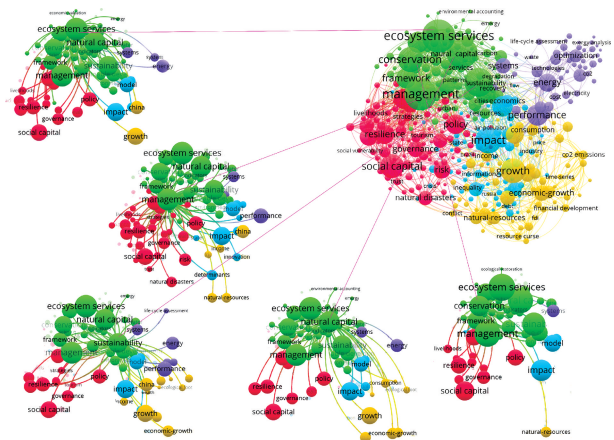


图 5 自然资本关键词共现知识图谱
Fig. 5 Natural capital keyword co-occurrence knowledge map

表 4 关键词频次
Table 4 Keyword frequency

排序	频次	关键词	排序	频次	关键词
1	692	ecosystem service	11	352	sustainable development
2	660	management	12	352	model
3	621	natural capital	13	335	framework
4	557	sustainability	14	334	climate change
5	493	impact	15	330	policy
6	464	conservation	16	329	resilience
7	453	growth	17	297	energy

续表

排序	频次	关键词	排序	频次	关键词
8	432	socialcapital	18	292	china
9	371	biodiversity	19	287	vulnerability
10	367	performance	20	269	risk

2.6 研究关键词聚类分析

为了进一步挖掘自然资本领域热点和潜在研究方向,利用 CiteSpace 对关键词聚类进行了共现分析,得到关键词聚类知识图谱(图 6)和关键词共现网络聚类表(表 5)。由图 6 中的聚类可反映出自然资本研究领域的热点包括“human capital”“sustainable development”“social capital”“ecosystem service”“3d ecological footprint”“natural capital”“embodied energy”“overlapping generations”“livelihood capital”“disasters”“natural experiment”“rural-to-urban immigrants”“natural environment”“predator-prey model”“amazon basin”和“environment functions”16 个聚类标签。同时表示由这 16 类关键词组成了自然资本研究的热点网络。由此可知,随着创新技术发展和人们价值观的改变,热门研究领域也在不断创新,对自然资本进行更多更深入的研究。

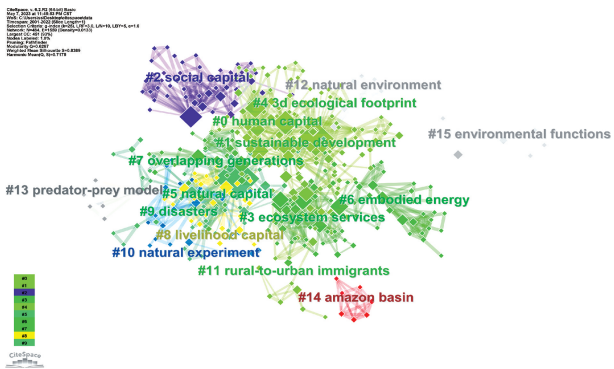


图 6 自然资本关键词聚类共现知识图谱

Fig. 6 Natural capital keyword clustering co-occurrence knowledge map

表 5 关键词聚类大小及平均年份

Table 5 Keywords clustering size and (mean) year

排序	聚类大小	关键词聚类	(平均) 年份
0	52	human capital	2014
1	52	sustainable development	2012

续表

排序	聚类大小	关键词聚类	(平均) 年份
2	47	social capital	2009
3	43	ecosystem service	2013
4	35	3d ecological footprint	2013
5	34	natural capital	2009
6	33	embodied energy	2011
7	30	overlapping generations	2011
8	28	livelihood capital	2017
9	28	disasters	2013
10	24	natural experiment	2014
11	14	rural-to-urban immigrants	2017
12	11	natural environment	2003
13	7	predator-prey model	2009
14	7	amazon basin	2022
15	6	environment functions	2003

2.7 研究趋势分析

基于 CiteSpace 软件引文的突现词探测算法对其同义词和相近词进行归拢,得出自然资本领域的突现词图。如图 8 所示:(1)在 2003—2010 年之间有“critical natural capital”“ecological economics”“environment management”“perspective”“natural resource management”和“valuation”等突现词,在该时间段的突现词代表生态经济学和可持续发展是该阶段热度较高的关键词。(2)在 2010—2013 年中有“social capital”和“environment”两个突现词,表示该领域的研究开始由自然层面向人类社会层面转化。(3)在 2015—2020 年突现词为“conservation”“vulnerability”“strategy”“genuine savings”“indicators”“resources”和“energy”,在这个阶段中研究者们开始考虑大自然做功的效率、能源、环境退化和资源环境管理策略等方面对自然资本的影响,在理化指标研究的基础之上拓展了自然资本的研究内容。(4)“financial development”“curse”

“impact”“institutional quality”和“africa”突现率一直延续至今,可说明这 5 个关键词为自然资本目前研究的主要发展趋势。

从突现词强度在 3 以上的“natural resource management”“social capital”“strategy”“financial development”和“impact”等热点突现词中可知,在自然资本领域的研究已经开始进入深水区之中,该领域中的研究方向由宏观研究进入微观深入探索、到自然层面变化到人类社会层面的影响、再到区

域研究跨入全球性分析。从目前研究成果分析,在全球尺度上来说从全球气候变化、碳排放、城市化、工农业发展等方面开展研究,在区域化研究中从人类局部战争、商业采伐、填海造陆、铁路公路建设和人类足迹干扰等方向开展研究,在微观尺度中从不同纬度高原、山川、极寒带的植物生长以及受人类干扰的天然高原湿地、滨海湿地、人工湿地、草原地物和森林地物等微观影响因素进行研究。

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

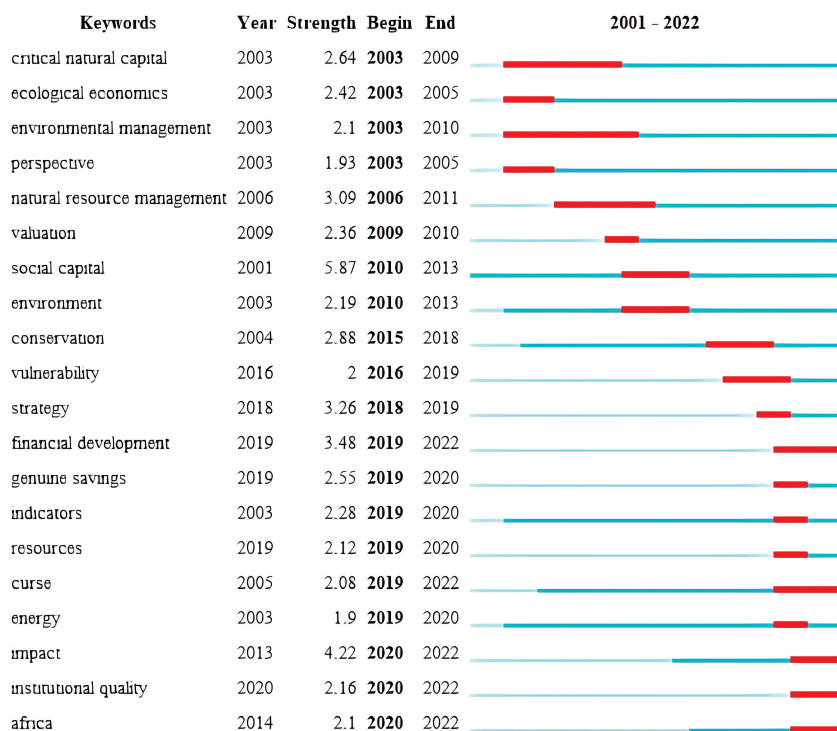


图 7 自然资本关键词突现图谱

Fig. 7 Natural capital keyword emergent map

3 结论与展望

3.1 结论

随着人类社会对大自然开发的深入,当前对自然资本概念的研究逐渐清晰,该领域的研究越发受到学术界的关注。为揭示近 20 年自然资本研究发展态势,总结前人研究成果,本文运用文献计量分析软件 VOSviewer 和 CiteSpace 对自然资本进行可视化分析,与传统的文献综述法相比较,更全面地展示自然资本研究的结构和演进路线等。

综上所述得出如下结论:(1)在联合国和其他组织与科研机构的共同努力下,自然资本研究取得了丰硕成果;在全球、国家、区域和地区的尺度上分别取得了较好的研究进展,在不同时间和空间尺度上对全球生态环境保护做出了突出贡献;(2)在自然资本的研究中研究领域由宏观,区域和微观三个尺度组成,随着研究的深入涉及的学科领域不断增加,热点研究领域也开始跨学科交叉互联;(3)中国在自然资本研究领域占据着十分重要地位,在众多的自然资本研究国家中,中国是为数不多的发展中国家,在该领域研究中的成就高于绝大部分发达国家。

家,为自然资本发展做出突出贡献,为我国自然资本核算研究,生态系统价值服务功能的发展以及未来生态环境保护的管控措施实施,生态环境相关法律法规的制定奠定了理论基础。

3.2 展望

本研究通过分析自然资本领域的研究现状和发展趋势,为今后的研究者提供了参考资料,指明了研究方向。不过,本文研究样本数据仅来自 Web of Science 核心数据库的英语出版物文章,有文献资料收录不全的风险,需要对该领域进行更深入的探索。在未来的研究中,将考虑结合其他数据库的相关文献进行分析,更好地把握自然资本研究的发展趋势。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 谢高地. 生态资产评价: 存量、质量与价值[J]. 环境保护, 2017, 45(11): 18-22.
- [2] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems (1997) [M]. Yale University Press, 2013.
- [3] Assessment M E. Ecosystems and Human Well-being [M]. Island Press United States of America, 2005.
- [4] Hrabanski M. Private sector involvement in the millennium ecosystem assessment: using a un platform to promote market-based instruments for ecosystem services [J]. Crossref, 2017, 27(6): 605-618.
<https://doi.org/10.1002/EET.1780>
- [5] 余韵, 杨建锋. 浅析地质多样性对生态系统服务的作用与贡献[J]. 中国国土资源经济, 2021, 34(4): 23-28.
- [6] 杨武, 陶俊杰, 陆巧玲. 基于生态系统服务视角的人类福祉评估技术方法体系[J]. 生态学报, 2021, 41(2): 730-736.
- [7] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, et al. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets[J]. Ecological Indicators, 2012, 21: 17-29.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- [8] Daily G, Polasky S, Goldstein J, et al. Ecosystem services in decision making: time to deliver[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009, 7(1): 21-28.
<https://doi.org/10.1890/080025>
- [9] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 等. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [10] 董天, 张路, 肖燚, 等. 鄂尔多斯市生态资产和生态系统生产总值评估[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3062-3074.
- [11] Zanka B, Bagstad B-K J, Voigt B. 模拟城市蔓延对自然资本存量和生态服务功能流的影响: 美国华盛顿州普吉特海湾的案例研究[J]. 城市规划学刊, 2016(3): 126.
- [12] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价[J]. 生态学报, 2004(10): 2091-2099.
- [13] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000(1): 17-22, 113.
- [14] 于德永, 潘耀忠, 刘鑫, 等. 湖州市生态资产遥感测量及其在社会经济中的应用[J]. 植物生态学报, 2006(3): 404-413.
- [15] 王宗明, 国志兴, 宋开山, 等. 2000—2005 年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 136-146.
- [16] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 等. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2004(4): 375-384.
- [17] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital [J]. Ecological Economics, 1998, 25(1): 3-15.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2)
- [18] Azad M A S, Ancev T. Assessing the dynamics of natural capital on farms: A soil natural capital indicator[J]. Ecological Economics, 2020, 168: 106500.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106500>
- [19] 李真, 潘竟虎, 胡艳兴. 甘肃省生态资产价值和生态经济协调度时空变化格局[J]. 自然资源学报, 2017, 32(1): 64-75.
- [20] 张丙宣, 杨婷, 倪玮苗. 绿水青山转化为金山银山的机制——以浙江省遂昌县的 GEP 核算为例[J]. 社会治理, 2021, 58(02): 25-30.
- [21] 李跃林, 宁天竹, 徐华林, 等. 深圳湾福田保护区红树林生态系统服务功能价值评估[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(2): 41-49.
- [22] 江波, 陈媛媛, 肖洋, 等. 白洋淀湿地生态系统最终服务价值评估[J]. 生态学报, 2017, 37(8): 2497-2505.
- [23] 吴玲玲, 陆健健, 童春富, 等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境, 2003(5): 411-416.
- [24] 徐伟平, 康文星, 何介南. 洞庭湖区生态系统服务功能价值分析[J]. 草业学报, 2016, 25(1): 217-229.

- [25] Tallis H, Ricketts T H, Daily G C, et al. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*[M]. Oxford University Press, 2011.
- [26] Barbier E B. The protective value of estuarine and coastal ecosystem services in a wealth accounting framework[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2016, 64(1): 37-58.
<https://doi.org/10.1007/s10640-015-9931-z>
- [27] 方恺, Reinout Heijungs. 自然资本核算的生态足迹三维模型研究进展[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(12): 1700-1707.
- [28] Ekins P, Simon S, Deutsch L, et al. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability[J]. *Ecological Economics*, 2003, 44(2): 165-185.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00272-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00272-0)
- [29] 王新庆. “绿水青山就是金山银山”的基本形态生态资产及价值形式分析[J]. *林业经济*, 2019, 41(2): 22-25.
- [30] Andrea, Rey-martí, Domingo, et al. A bibliometric analysis of social entrepreneurship[J]. *Journal of Business Research*, 2016, 69(5): 1651-1655.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.033>
- [31] Pitkow J E, Piroli P L, Mackinlay J D, et al. Method and apparatus for clustering a collection of linked documents using co-citation analysis[P]. US, 2000.
- [32] Thelwall M. Bibliometrics to webometrics[J]. *Journal of Information Science*, 2008, 34(4): 605-621.
<https://doi.org/10.1177/0165551507087238>
- [33] Cobo M J, López-herrera A, Herrera-viedma E, et al. Science mapping software tools: review, analysis, and cooperative study among tools [J]. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, 2014, 62(7): 1382-1402.
<https://doi.org/10.1002/asi.21525>
- [34] Klavans R, Boyack K W. Identifying a better measure of relatedness for mapping science [J]. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, 2014, 57(2): 251-263.
<https://doi.org/10.1002/asi.20274>
- [35] White H D, McCain K W. Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972-1995[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1998, 49(4): 327-355.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(19980401\)49:43.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(19980401)49:43.0.CO;2-4)
- [36] Chen C. Citespace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359-377.
<https://doi.org/10.1002/asi.20317>
- [37] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 242-253.
- [38] Chaomei Chen, Zhigang Hu, Shengbo Liu, et al. Emerging trends in regenerative medicine: A scientometric analysis in CiteSpace[J]. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 2012, 12(5): 593-608.
<https://doi.org/10.1517/14712598.2012.674507>
- [39] Eck N, Waltman L. VOSviewer: a computer program for bibliometric mapping[R]. *Erim Report Series Research in Management*, 2009.
- [40] Sood Sandeep-Kumar, Kumar Navin, Saini Munish. Scientometric analysis of literature on distributed vehicular networks : VOSViewer visualization techniques[Z]. Springer Science and Business Media LLC.
- [41] Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(15): 253-260.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2)
- [42] Coleman J. Social capital in the creation of human capital [J]. *American Journal of Sociology*, 1988, 94: S95-S120.
<https://doi.org/10.1086/228943>
- [43] Costanza R, Daly H. Natural capital and sustainable development [J]. *Conservation Biology*, 1992, 6(1): 37-46.
<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- [44] Costanza R, Groot R, Sutton P. Changes in the global value of ecosystem services[J]. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 2014, 26: 152-158.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- [45] Sachs J D, Warner A M. The curse of natural resources [J]. *European Economic Review*, 2001, 45(4-6): 827-838.
[https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(01\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00125-8)
- [46] Gylfason T. Natural resources, education, and economic development[J]. *European Economic Review*, 2001, 45(4-6): 847-859.
[https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(01\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00127-1)
- [47] Rockström J, Steffen W, Noone K, et al. A safe operating space for humanity[J]. *Nature*, 2009, 461(7263):

- 472-475.
<https://doi.org/10.1038/461472a>
- [48] Groot R, Wilson M, Boumans R. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3):393-408.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- [49] Bebbington A. Capitals and capabilities: a framework for analyzing peasant viability, rural livelihoods and poverty [J]. *World Development*, 1999, 27 (12): 2021-2044.
[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(99\)00104-7](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(99)00104-7)
- [50] Ploeg F. Natural resources: curse or blessing? [J]. *Journal of Economic Literature*, 2011, 49(2):366-420.
<https://doi.org/10.1257/jel.49.2.366>

Bibliometric and Visual Analysis of Natural Capital Studies

LIANG Jinshui, LI Yuan, YIN Zengqiang^{*}

(College of Marine Technology and Environment, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: Natural capital is an important part of the ecological service systems, a necessary condition for human survival and development, and an important support for the sustainable and healthy development of the three dimensions of society, economy and environment. Based on the core ensemble database of Web of science (WOS) database, this paper uses CiteSpace and VOSviewer software to visualise and analyze the subject development trend and hot research of natural capital from 2001 to 2022. The results show that: 1. The major publishing countries in natural capital are the United States, China, the United Kingdom, Australia and Canada, with the United States in first place followed by China, and China and the United States are far ahead of the rest of the world in natural capital research. 2. The Chinese Academy of Sciences, the Australian National University, the University of Oxford, Stanford University, the University of Queensland and Beijing Normal University are the top six publishers in natural capital research institutions, with the Chinese Academy of Sciences leading the way in terms of the number of articles published. 3. In the past 20 years, the number of articles published on natural capital research has been growing exponentially, with an explosive growth during 2013-2022. 4. Research hotspots cover resource management, sustainable development, climate change, ecological services, environmental protection and biodiversity, etc., indicating that natural capital needs scientific and technological support from multi-disciplinary fields, and in-depth research in this field also promotes the development of other disciplines.

Keywords: Natural capital; knowledge graph; CiteSpace; VOSviewer; research hotspot

DOI: 10.48014/csdr.20230405001

Citation: LIANG Jinshui, LI Yuan, YIN Zengqiang. Bibliometric and visual analysis of natural capital studies[J]. Chinese Sustainable Development Review, 2023, 2(2): 37-48.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

