

学术信息与动态

DOI: 10.5846/stxb201907171510

王坤, 张丽君, 张超, 秦耀辰. 基于 CiteSpace 的生态城市发展研究动态分析. 生态学报, 2021, 41(5): 2097-2105.

基于 CiteSpace 的生态城市发展研究动态分析

王 坤¹, 张丽君^{1,*}, 张 超², 秦耀辰¹

1 河南大学黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室/环境与规划学院, 开封 475004

2 开封大学土木建筑工程学院, 开封 475004

摘要:利用文献分析计量平台和知识图谱可视化技术,分析 2009—2018 年间生态城市研究的发文数量、国际影响力、期刊、学科分布以及研究机构的网络特征,揭示不同时段之间的研究热点变化规律。研究表明:①2009—2018 年间生态城市研究的发文量高达 3983 篇,呈快速增长趋势。②中国在生态城市研究领域中的影响力凸显,但在平均被引次数还有待提高。③在国家合作关系中,城市化较高的国家在生态城市研究领域合作紧密。④高校和科研院所是生态城市研究的主体,虽两者已经初步形成合作网络,但联系与合作程度依然较低。⑤生态城市研究出现频率较高的关键词是城市化、城市生态、生态系统服务和可持续性等,具有较高的中心性。在全球气候与环境变化下,面对新技术方法提供的机遇,生态城市研究要促进多学科融合,深入研究城市复合生态系统的非线性、复杂性特征,关注城市复合生态系统的要素之间以及关键子系统之间的耦合机制。

关键词:生态城市;文献计量;CiteSpace 方法;研究热点

生态城市建设是解决城镇化与生态环境胁迫难题的重要战略措施,是可持续发展研究关注的前沿与热点^[1-3]。生态城市是空间紧凑、充满活力、节约资源能源、与自然和谐共存的人类聚居地^[4],是一种社会-经济-自然复合的生态系统^[5-6]。1971 年联合国教科文组织(UNESCO)发起的人与生物圈(MAB)计划第 11 项首次提出研究城市及工业系统中能量利用的生态学影响。1975 年在 Richard Register 的倡导下,创建了旨在重建与自然平衡的城市的非盈利性组织“城市生态(urban ecology)”,通过推行慢行街道、恢复城市河流、设计和建造日光温室等工作,促进人与自然环境的和谐共生。1987 年 Register《生态城市伯克利》一书的出版,为生态城市界定了明确的概念内涵和规划方案,推动了生态城市研究及规划建设在全球范围的开展^[7]。我国的生态城市研究几乎和国际同步,1972 年中国开始参加 MAB 计划,并成为理事国之一^[8]。1984 年马世骏和王如松先生提出的社会-经济-自然复合生态系统理论奠定了中国生态城市研究的基础^[9]。截至 2016 年,至少有 220 个城市、乡镇、州和地区因其社会效益和生态“清洁”特征被认证为生态城市,因而受到国际社会的极大关注^[10-11]。

面对肯对与质疑,我们有必要进一步分析生态城市最新的研究进展与发展趋势、明确研究热点、探索建设方向。因而,本文利用文献计量方法和知识图谱可视化技术,对生态城市研究最近十年间的文献进行了定量统计和数据分析,探究 2009—2018 年间生态城市研究的发文数量、国际影响力、期刊和学科分布、研究机构的网络特征,揭示不同时段之间的研究热点变化规律,以期对生态城市研究、规划与建设提供参考。

1 研究方法 with 数据

本文数据来源于 Web of Science 数据库中的文献源。为反映生态城市研究的最新进展,研究范围选取最

基金项目:国家自然科学基金项目(41671536,41501588);中国博士后基金项目(2016M600575)

收稿日期:2019-07-17; 网络出版日期:2021-01-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zlj7happy@163.com

近十年(2009—2018 年)发表的文献。将关键词限定为“eco-city”或“ecological city”,最终获取 3983 篇文章(剔除了非学术类会议)。每篇文章均包括题目、作者、机构、出版年、期、卷、关键词和摘要等信息。通过检索的关键词和作者网络结构视图,可视化出作者图谱和关键词图谱,从而,分析出生态城市的演变和当前的研究前沿。

本文借助 CiteSpace 计量工具进行知识图谱分析。CiteSpace 是一款科学文献数据挖掘和可视化分析的应用程序^[12]。利用 CiteSpace 可以对来自学术出版物的文献共引网络、作者共引网络和协作网络进行时间和结构分析^[13],挖掘其隐含信息并借助可视化知识图谱直观呈现相关信息及其相互关联,了解和预测研究热点、前沿、交叉学科和未知领域,从而全面揭示生态城市领域科学知识的发展状况^[14-15]。具体而言,利用 CiteSpace 和文献分析计量平台的关键词共现分析、研究机构聚类分析、影响力特征分析等功能对特定时段生态城市研究的热点和前沿问题进行探讨。

借鉴前人研究的经验^[16-17],在生成图谱的可视化结果中,N 表示网络节点数量,E 表示连线数量,Density 表示网络密度,Modularity Q 是网络模块化的评价指标,Modularity Q 的取值范围为 $[0,1]$,Modularity Q 值越大,表示网络得到的聚类越好,Modularity Q 值 >0.3 就意味着得到的网络社团结构是显著的,Modularity Q 的值在 $[0.4,0.8]$ 之间是可以接受的,Modularity Q 的值接近 1 表示集群内部更紧密的关系和连接。Silhouette 值是用来衡量网络同质性的指标,越接近于 1 反映网络的同质性越高,在 0.5 以上,表示聚类结果具有合理性。Mean Silhouette 应该在 $[-1,1]$ 之间,接近 1 的值表示集群中的文章高度一致或相似。节点表示采用引文年轮,年轮不同的颜色、大小代表着不同的年份和引文数量,用于表示该文献发表至今被引用的历史。词频越大,在图中显示的节点越大。

2 特征分析

2.1 发文数量分析

年度发表文献的数量及变化趋势在总体上反映了该领域的重要性和受关注的程度^[18]。最近十年,Web of Science 数据库中的子集文献总数为 3983 篇。从总体趋势看,2009—2018 年间生态城市研究的发文数量一直处于上升趋势(图 1)。其中,2009—2011 年间,生态城市研究的发文数量缓慢上升。2011—2012 年间,生态城市研究的发文量相对稳定。2012—2018 年间,生态城市研究的发文数量快速上升。这一定程度上说明在气候变化背景下,生态城市的研究在各国得到重视。

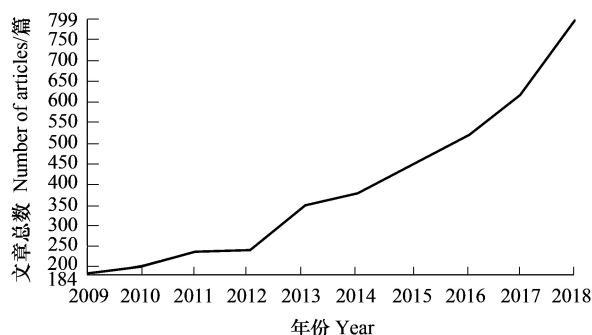


图 1 2009—2018 年间生态城市的发文量变化

Fig. 1 Annual trend of eco-cities publications from 2009 to 2018

从历年主要国家研究文章数量的变化趋势看,2009—2018 年间生态城市研究的文献数量一直处于波动上升趋势(图 2 所示)。中国、美国和英国等国家 2009—2018 年间生态城市研究的发文数量最多,增加较快。其中,中国生态城市研究的文献数量增加最快,说明中国对生态城市建设的需求最旺盛,生态城市发展机遇较多,生态城市建设与实施快速推进。日本、法国、加拿大和土耳其等国家 2009—2018 年间生态城市研究的发文数量波动上升,但上升趋势并不明显。虽然生态城市研究的发文量越来越多,受关注的程度越来越高,但是生态城市研究在一定程度上受政策导向、全球气候变化的影响较深,具有很强的政策趋向性和问题导向性。

2.2 影响力分析

从 2009—2018 年间生态城市研究的发文机构影响力可以看出(表 1),中国的大学和科研机构发文量高、总被引用次数高,但平均被引次数相对较低。具体而言,中国发文总量位居各国首列,其中中国科学院、北京

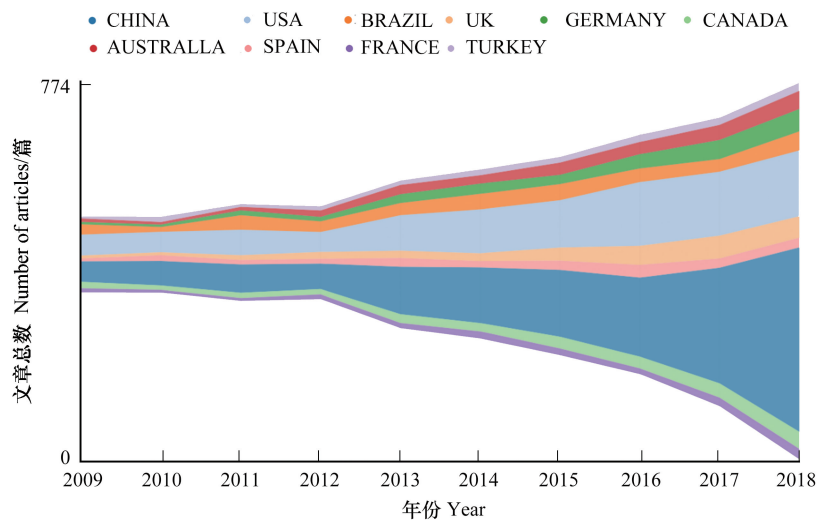


图2 2009—2018 年间主要国家生态城市研究的发文数量变化

Fig.2 Changes of eco-city publications in major countries from 2009 to 2018

师范大学、中国科学院大学、北京大学、南京大学的发文量均位居全球前十,除北京师范大学外,其他机构的发文引用率均在 1.5 左右。美国、墨西哥、巴西、瑞典和澳大利亚的大学和科研机构虽仅有 1 个位列前十,但平均引用率较高,如美国亚利桑那州立大学平均被引次数 5.54,瑞典斯德哥尔摩大学的平均被引次数高达 7.69。虽然中国从生态城市建设如火如荼,研究工作全方位、多层面开展,但是要讲好中国生态城市建设的故事,总结中国生态城市建设的规律与发展路径,还有较长的路要走。

表1 生态城市研究发文量前十的机构

Table 1 Top 10 Institutions for eco-city publications

机构 Institution	文章总数 TNA	总被引用次数 TNC	平均被引次数 ANC	一作总数 TNFA	一作被引次数 NCFA	一作平均被引 ANCFA
Chinese Academy of Sciences 中国科学院	435	582	1.34	228	326	1.43
Beijing Normal University 北京师范大学	170	561	3.3	112	421	3.76
Arizona State University 亚利桑那州立大学	128	709	5.54	31	148	4.77
University of Chinese Academy of Sciences 中国科学院大学	118	58	0.49	3	0	0
National Autonomous University of Mexico 墨西哥国立自治大学	98	113	1.15	47	52	1.11
University of Sao Paulo 圣保罗大学	84	40	0.48	32	13	0.41
Peking University 北京大学	78	131	1.68	33	67	2.03
Nanjing University 南京大学	70	137	1.96	35	64	1.83
Stockholm University 斯德哥尔摩大学	52	400	7.69	17	127	7.47
University of Melbourne 墨尔本大学	52	100	1.92	18	46	2.56

注,TNA:文章总数 Total number of articles;TNC:总被引用次数 Total number of citations;ANC:平均被引次数 Average number of citations;TNFA:一作总数 Total number of first authors;NCFA:一作被引次数 Number of citations for the first author;ANCFA:一作平均被引 Average number of citations for first author

研究成果的期刊分布是反映文章影响力的另一个重要方面。从 2009—2018 年间生态城市研究发文的期刊分布(表2)可以看出,生态城市研究者的论文大多都发表在 LANDSCAPE AND URBAN PLANNING、ECOLOGICAL INDICATORS、JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION、ECOLOGICAL ECONOMICS 等期刊中。其中,LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 是载入文章总数和总被引用次数最多的,而平均被引次数最多的期刊是 ECOLOGICAL ECONOMICS。这说明在近年来全球气候变化条件下,对生态城市研究和气候经济学较

为关注。从 2009—2018 年间生态城市研究文章作者的影响力可以看出(表 3),在生态城市研究的总被引用次数中,排在前十位的作者有一半以上来自中国,说明我国在生态研究中的科研认可度不断提高,在生态研究中的科研能力也不断提升。

表 2 生态城市研究发文量前十的期刊

Table 2 Top 10 journals for eco-city publications

期刊名 Journals	文章总数 Total number of articles	总被引用次数 Total number of citations	平均被引次数 Average number of citations
LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 景观与城市规划	146	658	4.51
ECOLOGICAL MODELLING 生态模型	49	196	4
URBAN ECOSYSTEMS 城市生态系统	93	193	2.08
ECOLOGICAL INDICATORS 生态指标	96	169	1.76
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 总环境科学	90	155	1.72
ECOLOGICAL ECONOMICS 生态经济	29	154	5.31
URBAN FORESTRY & URBAN GREENING 城市林业与城市绿化	84	152	1.81
ECOLOGY AND SOCIETY 生态与社会	42	132	3.14
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 清洁生产杂志	95	131	1.38
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT 环境管理杂志	32	129	4.03

表 3 生态城市研究影响力前十的作者

Table 3 Top 10 authors for eco-city publications

序号 Number	作者 Author	文章总数 TNA	总被引用 次数 TNC	平均被引 次数 ANC	一作总数 TNFA	一作被引 次数 NCFA	一作平均 被引 ANCF	通讯作者 数 NCA	通讯作者被 引数 NCCA
1	Yang, ZF	33	254	7.7	2	3	1.5	20	177
2	Zhang, Y	55	209	3.8	19	142	7.47	18	75
3	Elmqvist, T	16	145	9.06	2	11	5.5	2	11
4	Pickett, STA	12	144	12	3	84	28	3	84
5	Chen, B	32	141	4.41	1	1	1	9	55
6	Wu, JG	14	138	9.86	3	71	23.67	4	85
7	Barthel, S	10	118	11.8	1	10	10	2	32
8	Grove, JM	10	115	11.5	1	16	16	1	16
9	Liu, GY	20	104	5.2	8	44	5.5	2	1
10	Li, F	26	95	3.65	11	67	6.09	13	26

NCA:通讯作者数 Number of corresponding authors;NCCA:通讯作者被引数 Number of citations for corresponding authors

2.3 合作关系分析

分析研究成果的合作关系分布情况,可以为该领域文献搜集和前期成果积累提供方向,并在一定程度上反映研究领域合作的理论基础和实践价值,更能凸显在该领域的研究前沿。从 2009—2018 年生态城市研究的国家和研究机构的影响力可以看出(图 3),生态城市研究的国家合作主要集中在美国、加拿大、英国等经济发展趋势良好的国家,这些国家在生态城市研究中的合作较为紧密,且主要集中在大学和科研机构之中。国家机构之间先进的科学仪器和人才,可以为生态城市的研究提供技术支撑,更为未来生态城市的研究发展提供了较好研究平台。

3 知识图谱分析

3.1 关键词知识图谱分析

本文采用 CiteSpace 对 2009—2018 年生态城市研究文献进行关键词共现分析。选择节点类型(Node Types) = “Keyword”、时间切片(Time Slicing) = “2009—2018”,本阶段的时间跨度较大且各年文献数量较少,设置“Years Per Slice = 3”,从而提高知识图谱在时区上的区分度。将“Selection Criteria”赋值为“TopN = 50”,通过寻径网络算法(Pathfinder)和修剪切片网(Pruning Sliced Networks)对本阶段文献进行关键词(热点)演进

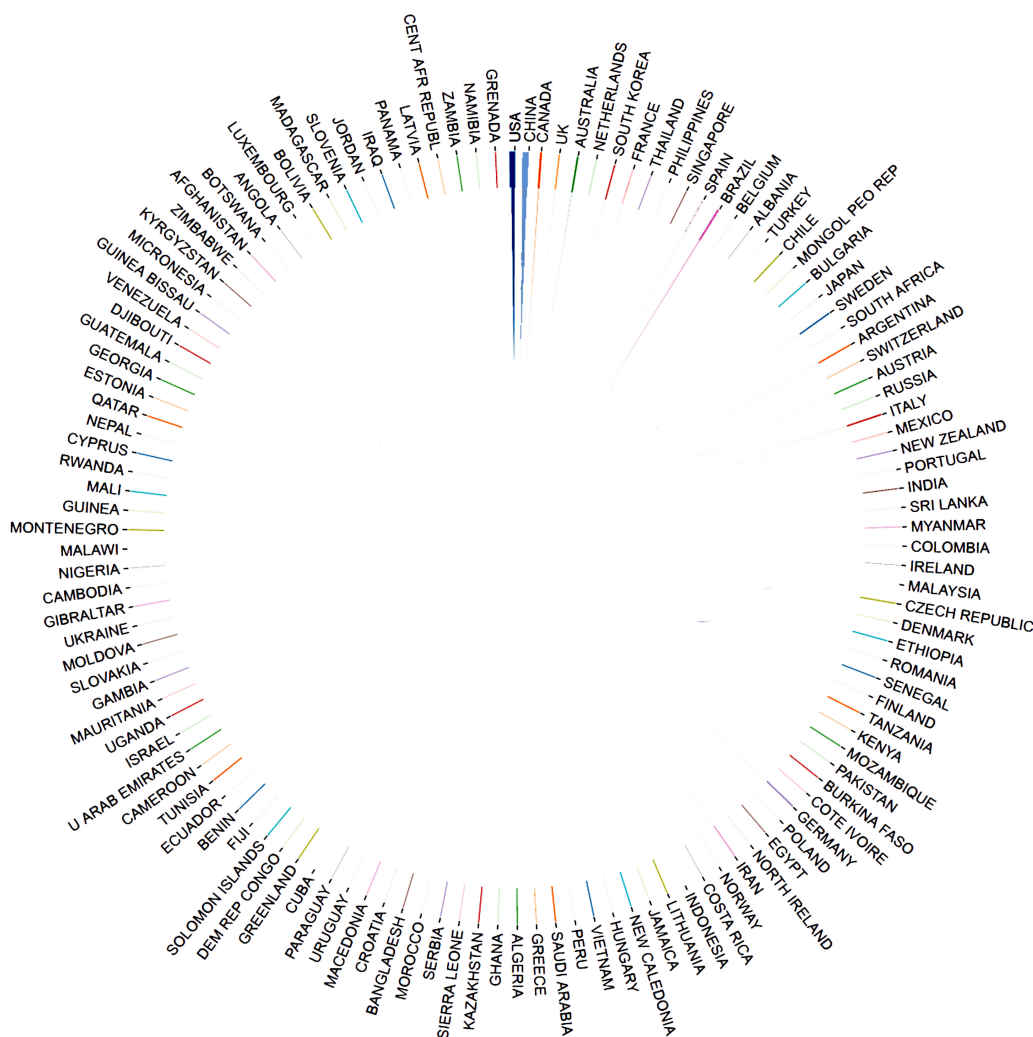


图3 生态城市研究中的国家间合作关系

Fig.3 Cooperation among countries in eco-city research

分析,本文导出的关键词知识图谱,数据量较大,总共得到约 81 个网络节点,彼此之间有相互联系,形成了巨型关键词知识图谱结构。通过 Gephi 软件进行可视化,得到生态城市研究热点演进的时区知识图谱(图 4)。

基于关键词构建的知识图谱网络聚类分析得到 81 个聚类(图 4), Network: $N = 81$, $E = 155$ (Density = 0.0478), Nodes Labeled: 5%, Modularity Q 为 0.5813, Mean Silhouette 为 0.5336,表明网络聚类分析较好。从整体的知识图谱网络结构上,各个网络聚类相互联系,没有分离的聚类,主要网络聚类有:生态城市、生态系统服务、中国和城市化等,也体现出生态城市的发展历程。

在 2009—2018 年间生态城市研究发文章总数中,文章中出现的关键词数量最多的是城市化、城市生态、生态系统服务和可持续性(图 5)。目前,世界上的大部分人口生活在城市地区,未来全球的人口增长也将发生在城市地区,城市化是一种主要的人口趋势,也是全球土地转型的重要组成部分^[19]。但是城市对资源的需求远大于农村,城市人口消耗的资源和处理废物所需要的土地也较大,因此会对城市生态系统和景观产生不利的影响^[20]。城市化是生态城市研究者一直关注的重点。同时,人类的活动也造成了生态系统服务出现不同程度的退化,已经严重威胁到了人类的健康与生存,并影响全球社会环境可持续发展^[21]。生态系统服务成为关注的热点,主要研究区域生态系统管理和决策,确保资源环境保护、自然-经济-生态复合系统的稳定和质量和谐发展^[22]。可持续性通过协调生态、经济和社会,来促进和维持生态系统服务与人类福祉之间的良性

循环,应对城市内外景观的变化。这些关键词是研究者在生态城市研究过程中密切关注的热点。

3.2 研究机构知识图谱分析

在 CiteSpace 参数设置中时间跨度设为“2009—2018”,“time slice”设为 3,“node type”选择“institution”,topN=30,仅使每个时间切片中发文量排在前 30 的机构显示在生成的图谱中,以简化网络。

从研究机构和发文情况看,发表论文数量在 20 篇以上的机构共 65 家,发表论文数量共 2757 篇,占样本论文总量的 69.21%。中国科学院和北京师范大学刊文量最高,具有较高的中心度,位于机构合作网络的中心位置,发表文献数量分别达到 435 篇、170 篇;亚利桑那州立大学、巴西圣保罗大学、瑞典斯德哥尔摩大学、哥伦比亚大学等机构的发文量也较高,这些机构在 CiteSpace 机构合作网络图谱中的字体和节点半径都较大,是生态城市研究的代表性机构。但就中心度而言,巴西圣保罗大学、墨西哥国立自治大学和美国森林服务公司的中心度较低,说明科学研究创新价值较低。在时间序列上,生态城市研究主要集中在 2009 年,在 2009 年哥本哈根世界气候大会召开,承诺 2012 年至 2020 年的全球减排协议,所以,全球对生态城市的研究也得到了高涨(图 6,表 4)。

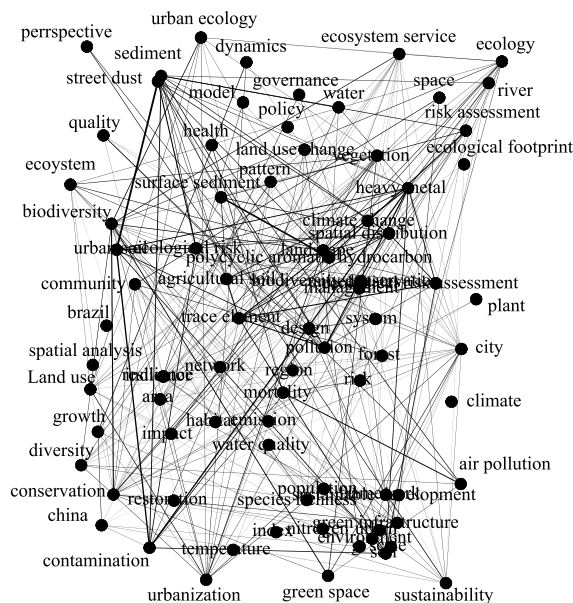


图 4 基于关键词构建的知识图谱

Fig. 4 Knowledge graph based on keywords

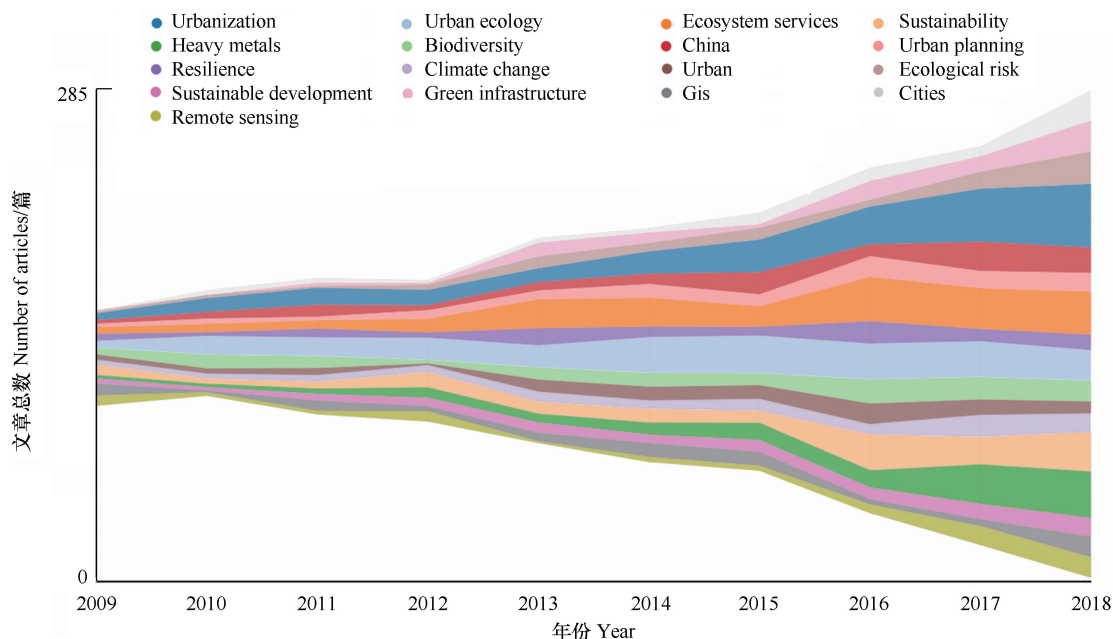


图 5 历年生态城市研究关键词数量的变化

Fig. 5 Changes in the number of key words in eco-city research over the years

从地域空间图谱和发展程度看,经济水平较为发达地区的高校和科研院所生态城市研究的主体。同时,在前 20 个国家科研机构中,中国有 9 家,美国有 5 家,澳大利亚、加拿大、瑞典、巴西、南非、墨西哥各 1 家,地域空间分布不平衡客观上也限制了生态城市研究领域的发展。同时,从研究机构共现网络结构图谱看,有

124 个节点,237 条连线,研究机构共现网络的密度为 0.0311,表明高校和科研院所之间初步形成合作网络,但联系与合作程度依然较低,各研究领域较为独立(图 6)。

4 结论与讨论

本文利用知识图谱可视化技术对生态城市研究的发文数量、期刊分布、机构分布、影响力、国家合作关系等进行了数据挖掘和统计分析,梳理了 2009—2018 年生态城市的总体情况和发展趋势,得出以下研究结论:

(1)2009 年以来,学者们对生态城市研究的刊文量越来越多,生态城市研究受关注的程度越来越高。2009

年随着哥本哈根气候大会的召开,生态城市研究文献数量呈现大幅增长趋势。国家决策、现实需求、科学研究在一定程度上相互促进,推动了生态城市研究的蓬勃发展。

(2)在影响力和国家合作关系中,中国在生态城市研究领域中的影响力凸显,但在平均被引次数上,中国与美国的研究机构还有一定的差距,在外部学术界的认可和接受生态城市在思想上要低于美国研究机构的观点。在国家合作关系中,经济上相对发达的国家在生态城市研究领域合作较为紧密。

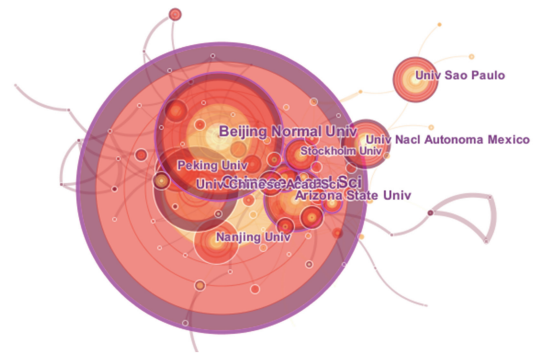


图 6 基于研究机构构建的知识图谱
Fig. 6 Knowledge map based on research institution

表 4 生态城市研究机构的中心度

Table 4 Centrality of eco-city research institutions

机构 Institution	中心度 Centrality	数量 Count	年份 Year
Chinese Academy of Sciences 中国科学院	0.3	287	2009
Beijing Normal University 北京师范大学	0.2	130	2009
Arizona State University 亚利桑那州立大学	0.19	66	2009
University of Melbourne 墨尔本大学	0.17	35	2009
Stockholm University 斯德哥尔摩大学	0.15	38	2009
Columbia University 哥伦比亚大学	0.14	26	2009
National Autonomous University of Mexico 墨西哥国立自治大学	0.07	57	2009
US Forest Service 美国林业局	0.06	28	2013
University of Sao Paulo 圣保罗大学	0.05	55	2009

(3)生态城市研究主要集中在城市经济学、城市规划学、生态学、地理学、环境学等学科,其中生态学、地理学和环境学在生态城市研究中具有重要地位。生态城市研究文献分布最多的学科是城市规划学和生态学,但发表期刊的影响因子不是最高。而生态城市研究在生态经济学中的文献质量普遍较高,尤其是在气候条件变化,对生态城市问题的研究具有较高的理论和实践价值。

(4)从生态城市研究机构及其发文情况看,经济水平较为发达地区的高校和科研院所是生态城市研究的主体。中国科学院和北京师范大学刊文量最高,位于机构合作网络的中心位置。研究机构共现网络的密度为 0.0311,表明高校和科研院所机构之间已经初步形成合作网络,但联系与合作程度较低,各领域研究较为独立。

(5)2009—2018 年生态城市研究出现频率较高的关键词有城市化、中国、生物多样性、生态系统服务、可持续性、生态、气候变化、生态风险、生态城市、城市规划、生态风险评估、重金属污染等比较重要的关键词,具有较高的中心性。

总体而言,生态城市的生命力不仅在于一贯传承的社会-经济-自然复合的生态系统可持续发展,更在于不断追求人地和谐、健康宜居的现实目标。从研究区域看,中国已成为生态文明建设的主战场,生态城市研究与规划建设持续推进,引起全球的极大关注。从研究范式看,生态城市研究经历了由弱可持续发展向强可持续发展的转变。从研究热点看,研究重点从关注可持续的空间形态、可持续的交通转变到可持续的社会与生态环境。生态系统服务、生物多样性、气候变化等成为关注的热点话题。

然而,目前生态城市研究存在的问题在于:首先,生态城市的理论构建有待丰富和完善。城市规划学家、城市生态学家、环境学家等从不同学科范式提出了生态城市研究的评估方法、规划构想、分析要点,但是目前尚无统一的生态城市研究标准。什么样的城市是生态的?通过什么样的机制能实现生态城市?不同国家所处的经济发展阶段、社会经济环境以及地方环境不同,如何协调生态城市建成过程中面对的区域差异性?这些问题依然是我们需要认真回答的理论命题。

其次,城市复合生态系统的社会、经济、自然耦合机制有待进一步揭示。城市社会经济各部门与自然资源、生态环境各要素之间存在复杂的相互作用机制,面对全球增温、资源耗竭、环境恶化、生物多样性锐减等自然约束,如何合理配置社会经济各部门的资源是不可回避的问题。另外,城市是一个开放的复杂巨系统,城市-区域之间的联系会加深或减弱这种耦合机制,如何从要素流的视角处理城市-区域之间的生态发展亦是需要解决的问题。

因而,中国未来的生态城市研究需要从以下方面加强:首先,促进多学科融合。以国家社会经济发展战略为导向,以实现人民美好生活为目标,以“多规合一”国土空间综合规划为契机,以城市生态修复与城市更新为着力点,综合运用空间规划与优化、污染物排放总量限制与排污权交易等手段促进城市社会、经济、自然子系统良性循环。

其次,深入研究城市复合生态系统的非线性、复杂性特征。明确自然子系统的承载力,探寻制约社会、经济子系统发展的自然资源或生态环境阈值。探索区域生态补偿机制,建立区域协同推进生态优先、绿色发展的生态城市建设机制与路径。

第三,拓展全球气候与环境变化下的要素、系统耦合研究。全球气候与环境变化下,城市复合生态系统的突变概率大大增加,维护系统的关键要素、关键系统要给予重点关注。如“食物-能源-水”之间的耦合,社会-生态系统之间的耦合等,应该成为全球可持续转型治理的关键环节。

最后,发挥新技术对生态城市研究与建设的助推器作用。随着大数据时代的到来以及深度学习技术的发展,生态城市研究面临前所未有的机遇。借助3S技术与大数据,生态城市研究的精细化程度提高。利用深度学习技术,生态城市的非线性、复杂性机制有望进一步揭示。另外,新能源、新材料等新技术(如新能源车、分布式太阳能)的发展也生态城市规划与建设带来新的科学问题。

参考文献(References):

- [1] Acuto M, Parnell S, Seto K C. Building a global urban science. *Nature Sustainability*, 2018, 1(1): 2-4.
- [2] McPhearson T, Parnell S, Simon D, Gaffney O, Elmqvist T, Bai X M, Roberts D, Revi A. Scientists must have a say in the future of cities. *Nature*, 2016, 538(7624): 165-166.
- [3] Acuto M, Parnell S. Leave no city behind. *Science*, 2016, 352(6288): 873-873.
- [4] Register R. *Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future*. Berkeley: North Atlantic Books, 1987.
- [5] 马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.
- [6] 王如松,欧阳志云. 天城合一:山水城市建设的人类生态学原理. *现代城市研究*, 1996, (1): 13-17.
- [7] Roseland M. Dimensions of the eco-city. *Cities*, 1997, 14(4): 197-202.
- [8] 黄光宇. 生态城市研究回顾与展望. *城市发展研究*, 2004, 11(6): 41-48.
- [9] 吕永龙,王一超,苑晶晶,贺桂珍. 可持续生态学. *生态学报*, 2019, 39(10): 3401-3415.
- [10] Williams A. China's urban revolution: understanding Chinese eco-cities. *ChinAfrica*, 2017, (11): 64-64.
- [11] Bai X M. Sustainability: China's path to ecotopia. *Nature*, 2017, 550(7674): 37-38.

- [12] Chen C M, Hu Z G, Liu S B, Tseng H. Emerging trends in regenerative medicine: A scientometric analysis in *CiteSpace*. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 2012, 12(5): 593-608.
- [13] Mustafee N, Bessis N, Taylor S J E, Sotiriadis S. Exploring the E-science knowledge base through co-citation analysis. *Procedia Computer Science*, 2013, 19: 586-593.
- [14] 孙威, 毛凌潇. 基于 CiteSpace 方法的京津冀协同发展研究演化. *地理学报*, 2018, 73(12): 2378-2391.
- [15] 刘则渊, 王贤文, 陈超美. 科学知识图谱方法及其在科技情报中的应用. *数字图书馆论坛*, 2009, (10): 14-34.
- [16] Li X J, Ma E, Qu H L. Knowledge mapping of hospitality research—A visual analysis using CiteSpace. *International Journal of Hospitality Management*, 2017, 60: 77-93.
- [17] 安传艳, 李同昇, 翟洲燕, 付强. 1992-2016 年中国乡村旅游研究特征与趋势——基于 CiteSpace 知识图谱分析. *地理科学进展*, 2018, 37(9): 1186-1200.
- [18] Tsolakis N, Anthopoulos L. Eco-cities: An integrated system dynamics framework and a concise research taxonomy. *Sustainable Cities and Society*, 2015, 17: 1-14.
- [19] Pickett S T A, Cadenasso M L, Grove J M, Boone C G, Groffman P M, Irwin E, Kaushal S S, Marshall V, McGrath B P, Nilon C H, Pouyat R V, Szlavecz K, Troy A, Warren P. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(3): 331-362.
- [20] Wu J G, Xiang W N, Zhao J Z. Urban ecology in China: historical developments and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125, 222-233.
- [21] 巩杰, 燕玲玲, 徐彩仙, 郭青海. 近 30 年来中美生态系统服务研究热点对比分析——基于文献计量研究. *生态学报*, 2020, 40(10): 3537-3547.
- [22] 刘焱序, 傅伯杰, 赵文武, 王帅. 生态资产核算与生态系统服务评估: 概念交汇与重点方向. *生态学报*, 2018, 38(23): 8267-8276.