DOI: 10.20103/j.stxb.202408231993
王瑞琳,马克明.鸟类公民科学数据应用研究进展——基于文献计量分析.生态学报,2025,45(10): - .
Wang R L, Ma K M.Research on the application status of bird citizen science data based on bibliometrics.Acta Ecologica Sinica,2025,45(10): - .

鸟类公民科学数据应用研究进展
——基于文献计量分析

王瑞琳[1,2],马克明[1,2,*]
1 中国科学院生态环境研究中心区域与城市生态安全全国重点实验室,北京　100085
2 中国科学院大学,北京　100049

摘要:公民科学自诞生以来,逐渐成为全社会共同参与的科学活动。鸟类研究中,基于公民科学数据所做的科研成果不断增加,但目前对本领域的研究现状尚无全面系统的分析。本文使用 CiteSpace 软件,基于 Web of Science 核心数据库中 1984—2024 年 8 月间的 925 篇文献,通过关键词时间线演化图谱、关键词聚类图谱和热点涌现分析等方式,对公民科学数据在鸟类研究中的应用现状进行文献计量分析。结果表明:(1)学科发展至今大概经历了三个发展阶段,发文量先后经过了匀速增加、呈指数型增加和波动中有所下降的发展趋势。(2)目前国外科研机构在本领域内比较活跃,这些机构的研究内容经历了从基础数据描述性研究到算法升级、模型开发再到数据应用扩展和新技术引用的转变过程。(3)研究主题聚类结果显示,本领域可被划分为种群动态、物种分布、农业环境政策和鸟类繁殖调查等 20 个聚类,鸟类种群研究、外界影响研究、鸟类医学研究和鸟类生理研究四个大方向。“公民科学”、“分布范围变化”、“生物多样性”和“气候影响”将是本领域未来的研究热点。
关键词:公民科学数据;鸟类研究;文献计量分析

Research on the application status of bird citizen science data based on bibliometrics

WANG Ruilin[1,2], MA Keming[1,2,*]
1 *State Key Laboratory for Ecological Security of Regions and Cities, Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Science, Beijing* 100085, *China*
2 *University of Chinese Academy of Science, Beijing* 100049, *China*

Abstract: Citizen science has progressively evolved into a scientific endeavor that engages the entire society since its inception. In avian research, studies utilizing citizen science data are on the rise, yet a thorough and systematic assessment of the research landscape in this domain is lacking. This study employs CiteSpace software to conduct a bibliometric analysis of the application status of citizen science data in ornithological research, utilizing keyword timeline evolution maps, keyword clustering maps, and hotspot emergence analyses of 925 publications from 1984 to August 2024 in the Web of Science core collection.The results show that: (1) The evolution of the field has spanned three phases, with the number of publications exhibiting a pattern of steady growth, exponential rise, and fluctuating decline. (2) Currently, international scientific research organizations are particularly engaged in this domain, with their research focus transitioning from initial descriptive analysis of foundational data to algorithm refinement, model innovation, and subsequently to data application expansion and the incorporation of innovative technologies. (3) The thematic clustering of research results indicates that the field can be categorized into 20 distinct clusters, including population dynamics, species distribution, agricultural

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0505800)
收稿日期:2024-08-13;　　**网络出版日期**:2025-00-00
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: mkm@ rcees.ac.cn

environmental policies, and avian breeding surveys, as well as four overarching research directions: avian population studies, external impact analyses, ornithological medical research, and avian physiological investigations. "Citizen science", "range shift", "biodiversity" and "climate impact" will be future research hotspots in this field.

Key Words: citizen science data; bird studies; bibliometric analysis

公民科学数据正式诞生于20世纪80年代,随着科学技术发展,公众的科学素养提升,公众参与公民科学的热度逐渐提高,这使科学不再是有高门槛的专业人士准入领域,而是全民都可以参与的社会活动[1—3]。公民科学活动可以在很多领域展开,本文主要探讨公民科学数据在鸟类研究中的应用现状。南非开普敦大学最早启动了正式的公民观鸟项目、美国康奈尔大学鸟类学实验室的研究人员首创了"公民科学"这一词汇,经过四十余年的发展,公民科学活动由早期的基础观察数据收集,发展为数据分析和解读、基于数据的模型应用和基于数据的引申研究等[4—6]。研究者围绕鸟类繁殖调查、气候变化、种群丰度、群落生物多样性、栖息地选择模式、物种对物候的响应和基因的表达等方面做了很多研究[7—9],越来越多的研究证实公民科学数据可被有效应用于科学研究和保护政策制定等领域。公民科学项目在大范围的景观尺度上获得海量的物种分布、丰度和它们随时间变化的信息,这些数据经过适当的分析后,可用来准确地捕捉广泛分布、高度流动的物种的景观尺度年际和内部分布动态[1, 10]。公民科学数据收集为履行对生物多样性保护和监测的集体义务、参与环境评估和促进国际生物多样性监测等起到重要的促进作用[11]。然而目前相关研究主要着眼于数据的收集情况总结和数据的实际应用层面,对于数据的整体应用现状、研究方向的转变、研究热点演化等方面尚未有系统性的研究。本文对相关文献进行文献计量学统计和分析,基于关键词生成的时区演化图、关键词聚类网络和关键词涌现性分析等,对研究发展约四十年的成果作进一步的梳理和总结,旨在揭示学科的发展过程和演变趋势,以期为本领域的相关研究提供参考。

1 数据来源和研究方法

在 Web of Science 核心数据库中,以 ALL=((“GBIF” OR “citizen science” OR movebank OR “eBird” OR “BBS”) AND bird)为检索式,搜索文献类型为“article”“review article”“book chapters”。对文献检索结果进行去重处理,最终得到以 Web of Science 核心数据库为主要数据来源的检索文献925篇,时间跨度为1984年至2024年8月。

使用 CiteSpace 对以上数据进行分析,该软件基于结构洞和觅食理论,自动分离出无用信息,在海量文献中生成学科发展脉络,找到学科演化的关键节点,并对学科内的关键词、相关研究、合作机构或合作作者间的网络图谱进行可视化展示[12—14]。

2 结果与分析

2.1 文献发表趋势分析

对本领域文献发表趋势进行统计,图1为年发文量变化趋势图,本领域的年发文量在1984年到2001年之间缓慢稳定增加;2002年到2013年之间显著增加;2014年到2024年之间发文量稳中有降。结合发文量变化趋势和学科进化理论[14],将该领域的学科发展大致分为3个阶段。第一阶段,相关研究处于起步阶段,学科发展处于探索期,在这一时期,南非开普敦大学启动了公民观鸟项目、美国康奈尔大学鸟类学实验室的研究人员首创了“公民科学”这一词汇[2]。学科发展的第二阶段,全世界范围内开始有更多的公民科学活动出现,参与人数可达数百万,相关的研究也迅速增加。在第三阶段,公民科学活动在全球范围内广泛开展,数据积累量已达到一定规模,基于公民科学数据的相关研究也有稳定增加,在数据的收集、筛选、清洗和计算方面,均取得了一定的进展[1, 15],然而在2020年,新冠这一流行病开始在全球范围内爆发,降低了公众对公民科学活动

的参与度,影响了原始数据的积累,因而导致第三阶段后期,相关研究的发文量有显著下降[16]。

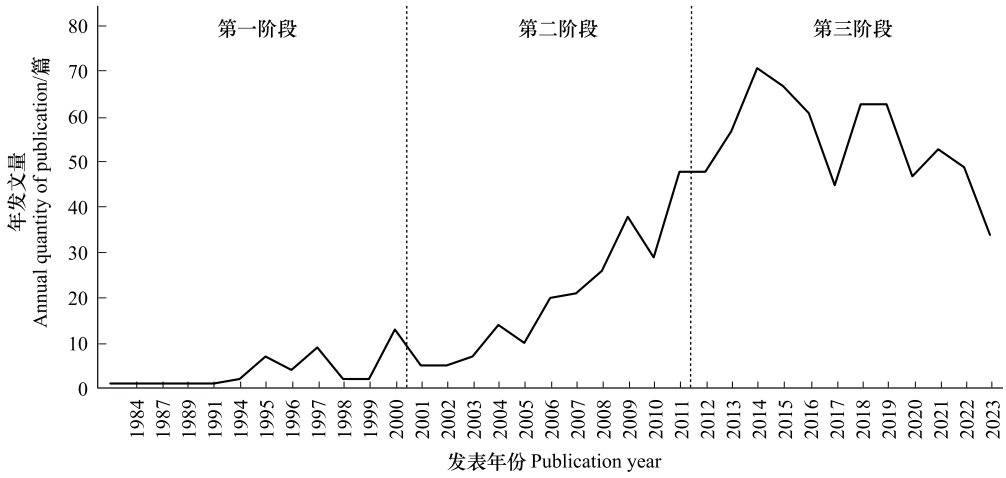

图 1　相关研究年度发文量走势图(1984—2024 年)

Fig.1　Chart of annual publications from 1984 to 2024

2.2　主要研究机构及合作情况分析

分析研究机构的合作网络和涌现性,可以快速了解本领域内权威机构间的合作情况,并找出最具影响力的科研机构,便于研究者有针对性地查阅领域内相关文献。

研究机构的合作网络如图 2 所示。以研究机构发文的关键词为聚类依据,科研机构的合作网络被划分为 12 个聚类。其中,有的科研机构重点研究特定物种,比如康奈尔大学和牛津大学主要研究加拿大威森莺,英国生物技术与生物科学研究理事会和爱丁堡大学主要研究物种是鸡。英国鸟类基金会、剑桥大学和皇家鸟类

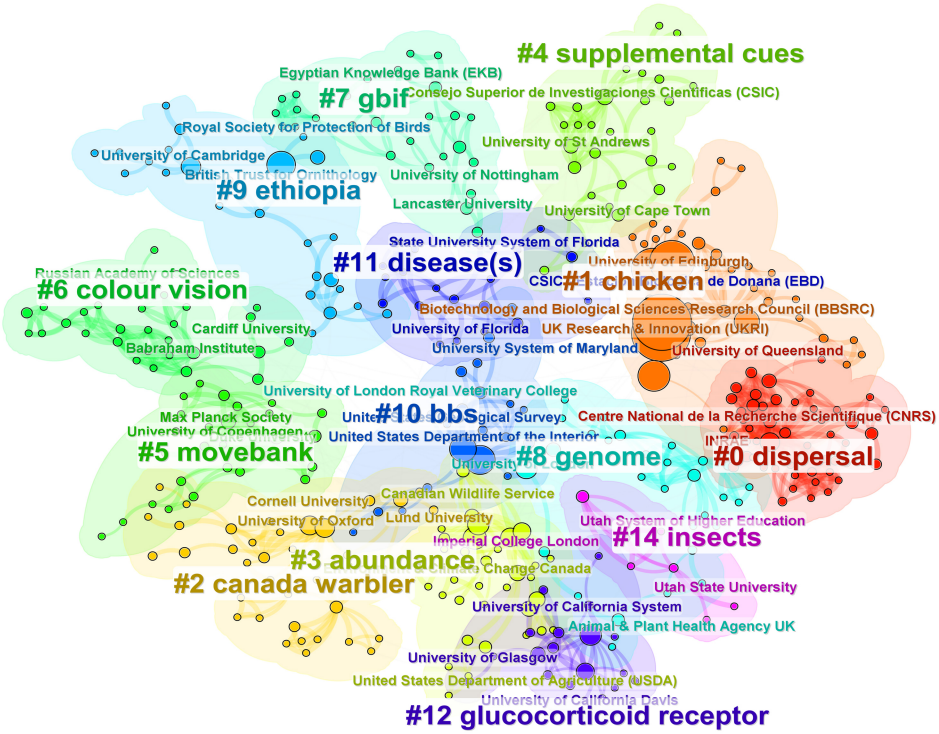

图 2　研究机构聚类图谱

Fig.2　Clustering map of research institutions

保护学会主要研究范围是埃塞俄比亚。犹他州立大学则主要研究鸟类与昆虫间的物种互作关系。全球生物多样性信息网络(GBIF)、北美鸟类繁殖调查(BBS)、移动银行(MOVEBANK)和电子鸟(eBird)是目前国际上四大主流鸟类公民科学数据库。但这里的聚类结果中,并未形成 eBird 的聚类,这说明在物种分布数据使用层面,GBIF 的影响力已超过 eBird。而在这里具有明确聚类的全球生物多样性信息网络、北美鸟类繁殖调查和移动银行三大公民科学数据库聚类中,北美鸟类繁殖调查和移动银行都体现了数据库创建单位对各自数据库数据使用的绝对统治力。而全球生物多样性信息网络聚类下,各科研机构的发文量、单位间的联系紧密程度都大致相当,说明该数据库真正做到了数据的开放性、公开性和公平性。

以发文机构的活跃起始时间为依据给研究机构的聚类结果排序,结果如表 1 所示。具有高涌现性的研究机构中,有三家机构来自加拿大,五家来自美国,六个来自英国。其中,加拿大的科研单位在本领域早期脱颖而出,他们的主要研究方向为种群丰度,加拿大野生动物管理局使用欧洲和北美的鸟类调查数据,强调了非作物栖息地对农田鸟类生物多样性保护的重要性[17];加拿大环境与气候变化部通过回顾北美鸟类繁殖情况调查的历史,描述并总结被调查的所有物种的趋势结果,重点介绍了草地繁殖鸟类,旱地繁殖鸟类和空中食虫鸟类 3 类保护问题[18]。随着时间推移,基于北美的鸟类调查数据的公民科学数据积累达到一定体量,以北美的鸟类调查数据为主要数据源的科研单位,如美国内政部、美国地质调查所和美国农业部开始在本领域内具有高涌现系数,这些单位的主攻方向都是基于北美鸟类调查数据估算物种丰富度、探究影响物种丰富度的因素[19—20]。而当本领域内的研究发展到第三阶段,各机构的研究方向开始有了明显的转变。英国鸟类基金会和圣安德鲁斯大学分别从不同尺度上探讨鸟类群落组成随气候的年际变化[21—22],而罗斯林研究所和爱丁堡大学则另辟蹊径,从广泛收集到的物种数据中,选出在众多领域均具有代表性的指示物种,研究其基因和遗传基础[23]。虽然加拿大野生动物管理局和加拿大环境与气候变化部在学科发展的后期,与其他机构在同时期内不具有高涌现性,但根据各机构的发文趋势来看,这两家单位在本领域一直有稳定成果输出。在做本领域内的研究时,可将这两家机构的成果作为学习重点。

2.3 研究热点与前沿分析

以关键词为基础在 CiteSpace 中生成时区演化图,按关键词出现的时间顺序和引用关系对关键词节点进行排序和连线,以反映本研究领域在不同时间段研究主题的发展变化趋势和领域内知识的内在联系,找出本领域内重要研究阶段和热点演化趋势[1,3]。

结合图 3、图 4 表 2,各阶段的研究内容和研究热点可总结如下:

1984—2001 年,学科发展处于起步阶段,通过查阅文献可知,北美鸟类繁殖情况调查始于 1966 年,是一项长期的、大尺度的、国际化的鸟类监测项目[24],在本文所提取到的文献信息中,其数据最早于 1984 年应用于相关研究,至今在本研究领域共出现过 92 次,是整个关键词网络中出现频次最高的节点[25]。此外,“鸟类”、“保护区”、“丰度”、“多样性”等都是这一时期出现的高频词,这一时期具有涌现性的关键词为“破碎化”,结合以上两点,说明在此阶段,研究内容侧重于原始数据积累,而具有高涌现性的关键词“破碎化”,说明在此阶段,鸟类公民科学数据被广泛应用于鸟类保护区现状、鸟类种群动态、种群丰度和鸟类栖息地质量等方面的研究[17, 26—27]。

2002—2014 年,随着学科的进步和发展,研究内容得到进一步细化和深入。越来越多的文献开始基于公民科学数据进行实证研究,研究内容从丰度、多样性和变化趋势等单一现象的描述,转向鸟类群落、种群丰度、生物多样性等对气候变化的响应这些复合性研究[28—31]。在上一研究阶段作为高频次出现的北美鸟类繁殖情况调查、丰度和栖息等,在此阶段具有高涌现性,这反应了以北美鸟类繁殖情况调查数据为主的公民科学数据积累到了一定的体量,并在种群丰度和栖息地方面有广泛应用。在此阶段,“农场鸟类”和“分布”是涌现强度仅次于“北美鸟类繁殖情况调查”的涌现关键词,“栖息地”和“农场鸟类”是本阶段涌现时间最长的关键词,说明这一时期,农场是鸟类公民科学数据获取的主要场所,并且相关研究集中在鸟类栖息地分布、农场鸟类与其他物种间的冲突等方面[31—34]。

表 1　发文机构统计表(1984—2024 年)

Table 1　Statistical table of publishing institutions from 1984 to 2024

机构 Institutions	国家 Country	发文量 Counts	始发年 Year	涌现强度 Strength	涌现起 Begin	涌现终 End	1984—2024
National Wildlife Research Centre-Canada	Canada	13	1996	5.59	1996	2005	
Environment & Climate Change Canada	Canada	44	1996	4.7	1996	2005	
Canadian Wildlife Service	Canada	38	1996	4.31	1996	2005	
United States Department of the Interior	USA	75	1998	9.82	1998	2011	
United States Geological Survey	USA	64	1998	8.94	1998	2011	
United States Department of Agriculture (USDA)	USA	32	1998	6.16	1998	2011	
United States Forest Service	USA	21	2001	5.52	2001	2011	
Rothamsted Research	UK	53	2003	5.55	2008	2013	
British Trust for Ornithology	UK	72	2000	3.81	2010	2012	
University of St Andrews	UK	13	2010	4.2	2014	2016	
University of California Davis	USA	23	2012	5.2	2015	2018	
Roslin Institute	UK	172	2005	5.49	2018	2019	
University of Edinburgh	UK	185	2005	4.41	2018	2019	
University of London Royal Veterinary College	UK	14	2012	4.16	2018	2022	

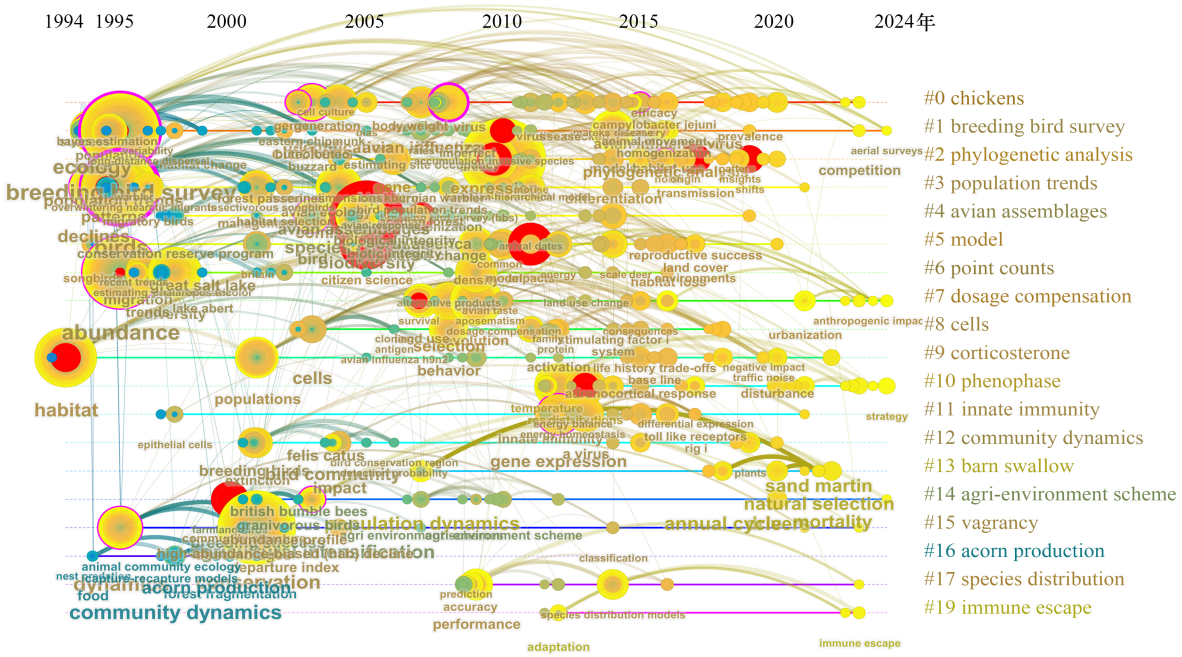

图 3 关键词时间线演化图(1984—2024 年)

Fig.3 Keywords Timeline evolution map from 1984 to 2024

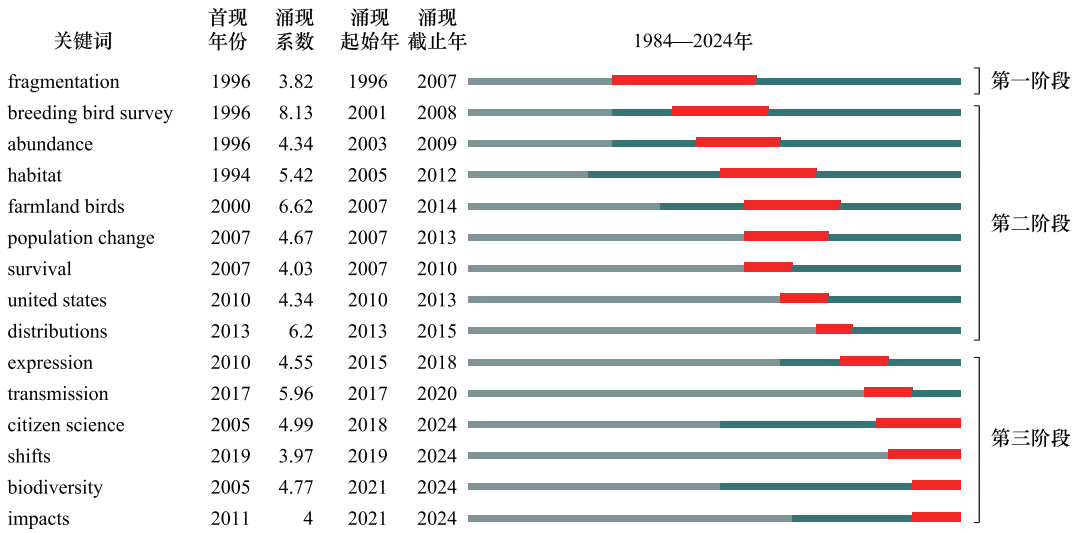

图 4 关键词涌现图

Fig.4 Keywords with the Strongest Citation Bursts

2015—2024 年 8 月,随着数据的积累和研究方法的突破,基于公民科学数据的相关研究在传统的生态学领域基础上产生了鸟类医学和鸟类生理学等新兴领域分枝。“基因”的“表型”、“序列”、“系统发育分析”等成为新的研究方向,公民科学数据集的应用范围已不再局限于田间调查、宏观尺度等层面,物种的免疫反应、禽流感的传播、物种系统发育等方面的研究均有公民科学数据集的参与[35—37]。在传统生态学领域,“公民科学”、“分布范围变化”、“生物多样性”和“气候影响”等得益于数据的积累、新技术的开发和研究方法的创新改进,在实证研究和假设验证层面,有了新的扩展和突破[38, 39],凭借着高涌现性,这些关键词无疑是本领域未来几年的研究热点[40—42]。

表 2　关键词频次和具有突现性的关键词信息

Table 2　Keywords frequency and keywords with the strongest citation bursts

年份 Year	关键词 Keywords		年份 Year	关键词 Keywords	
	频次 Frequency	涌现性 Burst Strength		频次 Frequency	涌现性 Burst Strength
1984—2001 年	北美鸟类繁殖情况调查(92)	破碎化(3.82)		表型(30)	生存率(4.03)
	鸟类 (90)			响应(30)	美国(4.34)
	保护区(84)			物种丰度(26)	分布(6.2)
	丰度(81)			影响(26)	
	多样性(53)			气候(25)	
	模式(44)		2015—2024 年	传输(13)	表型(4.55)
	栖息地(43)			转换(10)	传播(5.96)
	种群趋势(43)			基因(8)	公民科学(4.99)
	衰退(32)			北部(7)	转换(3.97)
	动态(29)			序列(7)	生物多样性(4.77)
2002—2014 年	气候变化(85)	北美鸟类繁殖情况调查(8.13)		黄体生成素(6)	影响(4)
	生态多样性(76)	丰度(4.34)		免疫反应(6)	
	公民科学(37)	栖息 (5.42)		禽流感(6)	
	进化(36)	农场鸟类(6.62)		系统发育分析(6)	
	群落(32)	种群变化(4.67)		栖息地利用(6)	

2.4　研究主题聚类分析

CiteSpace 使用聚类轮廓值来评判聚类效果,聚类轮廓值大于 0.3,即可视为图谱结构显著[12, 14]。本文的聚类轮廓值均大于 0.8,可视为聚类结果具有高显著性,说明其结果主题明确,结论可靠。综合图 3 和表 3,可将研究热点分为鸟类种群研究、外界影响研究、鸟类医学研究和鸟类生理研究四个方向。

鸟类种群研究是本领域自诞生起便有的最基础的研究方向。起初,公民科学数据被用来记录、反应鸟类迁徙这一自然现象,这一“监控”过程实时反应了物种的种群动态,随着数据的积累,逐渐被科研人员用来系统地研究区域内多个物种整体种群动态、种群趋势、分布范围和迁徙模式等[21, 43—44]。从特定年份的鸟类调查数据中,能明显看到个别种群数量呈下降趋势,使用层次模型、线性模型等,对数据进行科学分析,并对结果进行比较,找出物种数量的增减模式和影响因素,并有针对性地提出保护建议[11, 45]。后来,数据的积累达到了一定的程度,研究对象和研究内容都得到了进一步的细化,研究方法也取得了突破性的创新,研究者有足够体量的数据去研究种群中个别群体或个别物种的迁徙模式,比如迁徙群体中个体的游离状态、特定物种比如燕子的种群动态等[10, 46]。

外界影响研究这一方向又可细分为自然影响和人为影响。物候期和橡果产量可视为自然影响。随着越来越多的国家、地区或组织积极开展鸟类调查项目,有多项研究基于大尺度、多源的公民科学数据,量化不同物候期,气候变化对不同营养水平物种的相对影响;还有研究使用鸟类丰度的长期数据,检验当地物候与群落指标时空趋势之间的关系[22, 47]。“橡果产量”这一分类名称是根据研究的关键词自动生成的,可将其引申为作物产量对物种的影响。随着北美鸟类繁殖调查数据的数据量已经积累至一定规模,研究人员以该数据集为基础,提出一些指数来测量多种常见物种的区域数量,确定橡树的桅杆作物是群落功能的重要决定因素[48—49]。农业环境政策属于人为影响。英国的环境管理机构为解决农田生物多样性下降的问题,利用欧洲的繁殖鸟类调查数据,对农田鸟类种群变化的影响进行评估,证明了制定正确的农业环境政策,可以有效实现环境管理计划目标、改善农田生物多样性下降的问题[50]。从图 2 可以看到,“农业环境政策”在整个关键词聚类网络中,起到桥梁作用,物种分布和农场鸟类等关键词与其有密切联系,说明农业环境政策对物种分布、农场鸟类有重要影响。

鸟类医学和鸟类生理学是公民科学数据的新应用方向。公民科学数据的采集方式具有简单、直接、快捷和非专业等特点,而鸟类医学和鸟类生理学是两个专业性极强且对环境、手法有高标准和高要求的研究方向。根据聚类结果,阅读相关节点下的代表性文献,发现公民科学数据在此起到“指示剂”或“风向标”的作用。研究人员在公民科学数据库中发现,某物种在不同数据库中均表现出某种现象,为研究其成因,研究人员转而采用实验室手段对其进行进一步研究[51—52]。如利用 1994—2006 年英国种鸟调查数据,计算基因点特异性多样性和群落专业化指数,探讨了物种多样性和鸟类群落的不同组成部分的变化模式,为监测气候变化的影响提供了强有力的指标[47]。随着数据的积累和学科的发展,这种数据使用方式展现了一种使用公民科学数据的全新思路。但结合图 3 的关键词时间线演化图和图 4 关键词涌现图可知,鸟类医学和鸟类生理学目前并不是本领域的主要研究方向。

表 3 关键词频次和具有突现性的关键词信息

Table 3 Keywords frequency and keywords with the strongest citation bursts

主题集群 Topic cluster	聚类编号 Cluster number	聚类大小 Size	聚类轮廓值 Silhouette	平均年份 Mean year	聚类名称 Cluster name	代表文献 Representative literature
鸟类种群	1	55	0.809	2003	北美鸟类调查	Tulloch (2013 年)
The avian population	3	47	0.861	2001	种群趋势	Nebel (2010 年)
	5	38	0.81	2012	模型	Bled (2011 年)
	6	36	0.853	2002	点位统计	Boulinier (1998 年)
	12	24	0.889	2007	种群动态	Devictor (2012 年)
	13	22	0.999	2020	燕子	Pedersen (2018 年)
	15	21	0.908	2005	游离状态	Chandler (2017 年)
	17	12	0.949	2012	物种分布	Tuanmu (2014 年)
外界影响	10	28	0.888	2019	物候期	Thackeray (2016 年)
External factors	14	22	0.902	2006	农业环境政策	Baker (2012 年)
	16	21	0.959	1999	橡果产量	Mcshea (2000 年)
鸟类免疫学	0	67	0.9	2013	禽类	Conceicao (2020 年)
Avian immunology	4	41	0.905	2006	禽流感组合	Tulloch (2013 年)
	7	32	0.898	2016	剂量补偿	Howe (2013 年)
	11	25	0.971	2011	先天免疫	Bassett (2014 年)
	19	6	0.994	2019	免疫逃离	Iqbal (2012 年)
鸟类生理学	2	50	0.852	2013	系统发育分析	Davey (2012 年)
Avian physiology	8	30	0.961	2012	细胞	Oppel (2015 年)
	9	28	0.889	2012	皮质脂酮	Neble(2010 年)

3 结论与展望

3.1 结论

本文使用 CiteSpace 知识图谱可视化软件,以公民科学数据在鸟类研究中的应用为主题,对 1984 年 1 月—2024 年 8 月 Web of Science 核心库中的 925 篇文献进行文献计量研究,从年发文量、科研机构合作网络和主题聚类与热点演变等方面进行分析,得出以下结论:

(1)公民科学数据在鸟类研究中的应用,相关研究大致可被划分为 1984—2001 年,2002—2013 年和 2014—2024 年三个发展阶段。前两个阶段发文量增速明显,第三阶段发文量稳中有降。

(2)相关研究主要数据来源为全球生物多样性信息网络(GBIF)、北美鸟类繁殖调查(BBS)和移动银行(MOVEBANK)这三个平台。相关的研究机构主要来自欧美国家,共有 14 家高度活跃的科研机构。其中,加拿大野生动物管理局和加拿大环境与气候变化部在本领域内有持续稳定的科研产出。

(3)本领域的研究方向经历了从鸟类种群丰度、多样性和栖息地等现状描述,到物种对气候变化的响应、种群变化、分布变化和外界环境对物种的多方面影响,再到产生鸟类系统发育和鸟类医学新分支的转变。“公民科学”、“分布范围变化”、“生物多样性”和“气候影响”将是本领域未来的热点研究趋势。

(4)主题聚类结果表示,本领域可被划分为 20 个聚类主题,鸟类种群研究、外界影响研究、鸟类医学研究和鸟类生理研究四个方向。其中,鸟类种群研究和外界影响研究是本领域的主要研究方向。

3.2　展望

随着公民科学的普及,公民科学数据的积累取得重要进展,鸟类公民科学数据的应用范围也在迅速扩展,应用领域不仅局限于传统生态学,研究方法和技术手段也有重大升级。为推动本领域的研究发展,未来应该关注以下几个方面:

(1)积极推动原始数据的积累。数据积累是公民科学数据更广泛应用于科学研究的基础。目前国际上重要国家或地区的公民科学数据积累已有一定成效,但全球数据积累程度并不一致,尤其是中国的相关研究并未在各种聚类结果中有所显现。公民科学数据是未来科学研究的重要数据来源,应通过积极宣传,提高民众对公民科学的参与度等方式,促进公民科学原始数据的积累。

(2)注重公民科学数据使用方法的开发。随着数据积累、计算机性能的提高,一些过去无法实现的模型或猜想都可以得到实现或验证。探索新模型和新方法,可以提高数据使用效率,延展数据的应用面,验证更多普适规律,为科学研究注入活力,促进科学发展。

参考文献(References):

[1] Fink S, Gross A, Senn-Irlet B, Scheidegger C. Citizen science data predict high potential for macrofungal refugia outside protected riparian areas. Fungal Ecology, 2021, 49: 100981.

[2] 李大光. 世界“公民科学家”的起源与发展. 中国科技教育, 2019(2): 6-7.

[3] Greenwood J J D. Citizens, science and bird conservation. Journal of Ornithology, 2007, 148(1): 77-124.

[4] Fournier A M V, Drake K L, Tozer D C. Using citizen science monitoring data in species distribution models to inform isotopic assignment of migratory connectivity in wetland birds. Journal of Avian Biology, 2017, 48(12): 1556-1562.

[5] Clemens R, Rogers D I, Hansen B D, Gosbell K, Minton C D T, Straw P, Bamford M, Woehler E J, Milton D A, Weston M A, Venables B, Wellet D, Hassell C, Rutherford B, Onton K, Herrod A, Studds C E, Choi C Y, Dhanjal-Adams K L, Murray N J, Skilleter G A, Fuller R A. Continental-scale decreases in shorebird populations in Australia. Emu-Austral Ornithology, 2016, 116(2): 119-135.

[6] Bradsworth N, White J G, Isaac B, Cooke R. Species distribution models derived from citizen science data predict the fine scale movements of owls in an urbanizing landscape. Biological Conservation, 2017, 213: 27-35.

[7] Yuan Y, Buckland S T, Harrison P J, Foss S, Johnston A. Using species proportions to quantify turnover in biodiversity. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 2016, 21(2): 363-381.

[8] Jiguet F. Method learning caused a first-time observer effect in a newly started breeding bird survey. Bird Study, 2009, 56(2): 253-258.

[9] Zawadzki L C, Veit R R, Manne L L. The influence of population growth and wind on vagrancy in a North American passerine. Ardea, 2019, 107(2): 131.

[10] Fink D, Auer T, Johnston A, Ruiz-Gutierrez V, Hochachka W M, Kelling S. Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. Ecological Applications, 2020, 30(3): e02056.

[11] Chandler M, See L, Copas K, Bonde A M Z, López B C, Danielsen F, Legind J K, Masinde S, Miller-Rushing A J, Newman G, Rosemartin A, Turak E. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. Biological Conservation, 2017, 213: 280-294.

[12] 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.

[13] Chen C M, Ibekwe-SanJuan F, Hou J H. The structure and dynamics of cocitation clusters: a multiple-perspective cocitation analysis. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2010, 61(7): 1386-1409.

[14] Chen C M. Science mapping: a systematic review of the literature. Journal of Data and Information Science, 2017, 2(2): 1-40.

[15] Sullivan B L, Aycrigg J L, Barry J H, Bonney R E, Bruns N, Cooper C B, Damoulas T, Dhondt A A, Dietterich T, Farnsworth A, Fink D, Fitzpatrick J W, Fredericks T, Gerbracht J, Gomes C, Hochachka W M, Iliff M J, Lagoze C, La Sorte F A, Merrifield M, Morris W, Phillips T

B, Reynolds M, Rodewald A D, Rosenberg K V, Trautmann N M, Wiggins A, Winkler D W, Wong W K, Wood C L, Yu J, Kelling S. The eBird enterprise: an integrated approach to development and application of citizen science. Biological Conservation, 2014, 169: 31-40.

[16] LeTourneux F, Grandmont T, Dulude-de Broin F, Martin M C, Lefebvre J, Kato A, Bêty J, Gauthier G, Legagneux P. COVID19-induced reduction in human disturbance enhances fattening of an overabundant goose species. Biological Conservation, 2021, 255: 108968.

[17] Freemark K E, Kirk D A. Birds on organic and conventional farms in Ontario: partitioning effects of habitat and practices on species composition and abundance. Biological Conservation, 2001, 101(3): 337-350.

[18] Sauer J R, Pardieck K L, Ziolkowski D J Jr, Smith A C, Hudson M R, Rodriguez V, Berlanga H, Niven D K, Link W A. The first 50 years of the North American breeding bird survey. The Condor, 2017, 119(3): 576-593.

[19] Boulinier T, Nichols J D, Sauer J R, Hines J E, Pollock K H. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. Ecology, 1998, 79(3): 1018.

[20] Andrew Royle J, Kéry M. A Bayesian state-space formulation of dynamic occupancy models. Ecology, 2007, 88(7): 1813-1823.

[21] Devictor V, van Swaay C, Brereton T, Brotons L, Chamberlain D, Heliölä J, Herrando S, Julliard R, Kuussaari M, Lindström Å, Reif J, Roy D B, Schweiger O, Settele J, Stefanescu C, Van Strien A, Van Turnhout C, Vermouzek Z, WallisDeVries M, Wynhoff I, Jiguet F. Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. Nature Climate Change, 2012, 2: 121-124.

[22] Thackeray S J, Henrys P A, Hemming D, Bell J R, Botham M S, Burthe S, Helaouet P, Johns D G, Jones I D, Leech D I, MacKay E B, Massimino D, Atkinson S, Bacon P J, Brereton T M, Carvalho L, Clutton-Brock T H, Duck C, Edwards M, Malcolm Elliott J, Hall S J G, Harrington R, Pearce-Higgins J W, Høye T T, Kruuk L E B, Pemberton J M, Sparks T H, Thompson P M, White I, Winfield I J, Wanless S. Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. Nature, 2016, 535(7611): 241-245.

[23] Warren W C, Clayton D F, Ellegren H, Arnold A P, Hillier L W, Künstner A, Searle S, White S, Vilella A J, Fairley S, Heger A, Kong L S, Ponting C P, Jarvis E D, Mello C V, Minx P, Lovell P, Velho T A F, Ferris M, Balakrishnan C N, Sinha S, Blatti C, London S E, Li Y, Lin Y C, George J, Sweedler J, Southey B, Gunaratne P, Watson M, Nam K, Backström N, Smeds L, Nabholz B, Itoh Y, Whitney O, Pfenning A R, Howard J, Völker M, Skinner B M, Griffin D K, Ye L, McLaren W M, Flicek P, Quesada V, Velasco G, Lopez-Otin C, Puente X S, Olender T, Lancet D, Smit A F A, Hubley R, Konkel M K, Walker J A, Batzer M A, Gu W J, Pollock D D, Chen L, Cheng Z, Eichler E E, Stapley J, Slate J, Ekblom R, Birkhead T, Burke T, Burt D, Scharff C, Adam I, Richard H, Sultan M, Soldatov A, Lehrach H, Edwards S V, Yang S P, Li X, Graves T, Fulton L, Nelson J, Chinwalla A, Hou S F, Mardis E R, Wilson R K. The genome of a songbird. Nature, 2010, 464(7289): 757-762.

[24] Ankori-Karlinsky R, Kalyuzhny M, Barnes K F, Wilson A M, Flather C, Renfrew R, Walsh J, Guk E, Kadmon R. North American Breeding Bird Survey underestimates regional bird richness compared to Breeding Bird Atlases. Ecosphere, 2022, 13(2): e3925.

[25] Savory C J, Hodgkiss J P. Influence of vagotomy in domestic fowls on feeding activity, food passage, digestibility and satiety effects of two peptides. Physiology & Behavior, 1984, 33(6): 937-944.

[26] Baillie S R, Boobyer G, Perrins C M, Brenchley A, Bryant D M, Ormerod S J, Rehfisch M M, Tasker M L, Wilson J D. The conservation uses of ringing data. Conclusions of the JNCC/BTO workshop, 4-5 November 1995, Norwich. Ringing & Migration, 1999, 19(sup1): 119-127.

[27] Belthoff James R, Powers Leon R, Reynolds Timothy D. Breeding birds at the Idaho national engineering and environmental laboratory, 1985—1991. The Great Basin Naturalist, 1998, 58(2): 167-183.

[28] Eybert M C, Geslin T, Questiau S, Feunteun E. Shorebird community variations indicative of a general perturbation in the Mont-Saint-Michel bay (France). Comptes Rendus Biologies, 2003, 326: 140-147.

[29] Baillie S R, Robinson R A, Clark J A, Redfern C P F. From individuals to flyways: The future of marking birds for conservation. Ringing & Migration, 2009, 24(3): 155-161.

[30] Ge Z M, Wang T H, Zhou X, Wang K Y, Shi W Y. Changes in the spatial distribution of migratory shorebirds along the Shanghai shoreline, China, between 1984 and 2004. Emu-Austral Ornithology, 2007, 107(1): 19-27.

[31] Lok T, Overdijk O, Piersma T. Migration tendency delays distributional response to differential survival prospects along a flyway. The American Naturalist, 2013, 181(4): 520-531.

[32] Albright T P, Pidgeon A M, Rittenhouse C D, Clayton M K, Wardlow B D, Flather C H, Culbert P D, Radeloff V C. Combined effects of heat waves and droughts on avian communities across the conterminous United States. Ecosphere, 2010, 1(5): 1-22.

[33] Millsap B A, Zimmerman G S, Sauer J R, Nielson R M, Otto M, Bjerre E, Murphy R. Golden eagle population trends in the western United States: 1968—2010. The Journal of Wildlife Management, 2013, 77(7): 1436-1448.

[34] Descamps S, Bêty J, Love O P, Gilchrist H G. Individual optimization of reproduction in a long-lived migratory bird: a test of the condition-dependent model of laying date and clutch size. Functional Ecology, 2011, 25(3): 671-681.

[35] Pasick J, Handel K, Robinson J, Bowes V, Li Y, Leighton T, Kehler H, Ridd D, Cottam-Birt C. Relationship between H5N2 avian influenza

viruses isolated from wild and domestic ducks in British Columbia, Canada. Avian Diseases, 2007, 51(1 Suppl): 429-431.

[36] Aoki D, Sakamoto H, Kitazawa M, Kryukov A P, Takagi M. Migration-tracking integrated phylogeography supports long-distance dispersal-driven divergence for a migratory bird species in the Japanese archipelago. Ecology and Evolution, 2021, 11(11): 6066-6079.

[37] Russell K M, Smith J, Bremner A, Chintoan-Uta C, Vervelde L, Psifidi A, Stevens M P. Transcriptomic analysis of caecal tissue in inbred chicken lines that exhibit heritable differences in resistance to *Campylobacter jejuni*. BMC Genomics, 2021, 22(1): 411.

[38] Tirozzi P, Massimino D, Bani L. Avian responses to climate extremes: insights into abundance curves and species sensitivity using the UK breeding bird survey. Oecologia, 2024, 204(1): 241-255.

[39] de Oliveira M E, Gonçalves C F, Machado C B, Galetti P M Jr. Modeling responses of Brazilian Atlantic Forest mammals assemble to climate change. Biodiversity and Conservation, 2024, 33(2): 463-483.

[40] Yun J, Shin W, Kim J, Thorne J H, Song Y. Citizen-science data identifies the daily movement patterns and habitat associations of a nocturnal urban-invading bird species (*Corvus frugilegus*). Urban Ecosystems, 2024, 27(5): 1407-1416.

[41] Goldsmit J, McKindsey C W, Schlegel R W, Deslauriers D, Howland K L. Predicted shifts in suitable habitat of interacting benthic species in a warmer and invaded Canadian Arctic. Elem Sci Anth, 2024, 12(1): 00018.

[42] Camila Pacheco-Riaño L, Rumpf S, Maliniemi T, Flantua S G A, Grytnes J A. Reliability of presence-only data for assessing plant community responses to climate warming. Ecography, 2024, 2024(7): e07213.

[43] Nebel S, Mills A, McCracken J D, Taylor P D. Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient. Avian Conservation and Ecology, 2010, 5(2): art1.

[44] Tuanmu M N, Jetz W. A global 1-km consensus land-cover product for biodiversity and ecosystem modelling. Global Ecology and Biogeography, 2014, 23(9): 1031-1045.

[45] Bled F, Andrew Royle J, Cam E. Hierarchical modeling of an invasive spread: the Eurasian collared-dove *Streptopelia decaocto* in the United States. Ecological Applications, 2011, 21(1): 290-302.

[46] La Sorte F A, Hochachka W M, Farnsworth A, Sheldon D, Van Doren B M, Fink D, Kelling S. Seasonal changes in the altitudinal distribution of nocturnally migrating birds during autumn migration. Royal Society Open Science, 2015, 2(12): 150347.

[47] Davey C M, Chamberlain D E, Newson S E, Noble D G, Johnston A. Rise of the generalists: evidence for climate driven homogenization in avian communities. Global Ecology and Biogeography, 2012, 21(5): 568-578.

[48] McShea W J. The influence of acorn crops on annual variation in rodent and bird populations. Ecology, 2000, 81(1): 228.

[49] Holmes R T, Sherry T W. Thirty-year bird population trends in an unfragmented temperate deciduous forest: importance of habitat change. The Auk, 2001, 118(3): 589-609.

[50] Baker D J, Freeman S N, Grice P V, Siriwardena G M. Landscape-scale responses of birds to agri-environment management: a test of the English Environmental Stewardship scheme. Journal of Applied Ecology, 2012, 49(4): 871-882.

[51] Oppel S, Dobrev V, Arkumarev V, Saravia V, Bounas A, Kret E, Velevski M, Stoychev S, Nikolov S C. High juvenile mortality during migration in a declining population of a long-distance migratory *Raptor*. Ibis, 2015, 157(3): 545-557.

[52] Davey C M, Devictor V, Jonzén N, Lindström A, Smith H G. Impact of climate change on communities: revealing species' contribution. The Journal of Animal Ecology, 2013, 82(3): 551-561.