

1999~2019年我国生态安全格局研究进展与热点综述

——基于CiteSpace的知识图谱可视化分析

王佳楠¹, 陈庆锋^{1*}, 程启先², 冯美慧¹, 程港桢³

¹山东师范大学, 地理与环境学院, 山东 济南

²信阳师范学院, 地理科学学院, 河南 信阳

³南京信息工程大学, 环境科学与工程学院, 江苏 南京

Email: *chensdcn@163.com

收稿日期: 2020年11月18日; 录用日期: 2020年12月8日; 发布日期: 2020年12月15日

摘要

在城市化进程加快推进的背后, 生态环境问题日益凸显, 构建区域生态安全格局对地区生态安全保障与规划有着重要的意义。本文基于计量学软件CiteSpace, 以CNKI数据库中以生态安全格局为主题的研究型文献为样本, 分别从发文量、作者分布、研究机构、关键词共现、关键词聚类、突变关键词等方面进行可视化分析并绘制出知识图谱。研究发现, 近20年来我国生态安全格局的研究共经历了三个发展阶段且整体呈上升态势。作者分布呈现出“部分集中, 整体平均”的特点, 各研究机构间联系较弱。关键词共现研究中发现以“生态安全格局”“生态安全”“最小累积阻力模型”等为研究热点。总体来看, 我国生态安全格局研究更加注重基于不同视角展开理论性研究, 对生态安全等进行不同测度的分析评价。在未来研究中将不同学科理论与生态安全格局构建相结合将成为关注的重点角度与方向。

关键词

生态安全格局, CiteSpace, 知识图谱, 可视化分析

Summary of Research Progress and Hotspots of Chinese Ecological Security Pattern from 1999 to 2019

—Visual Analysis of Knowledge Graph Based on CiteSpace

Jianan Wang¹, Qingfeng Chen^{1*}, Qixian Cheng², Meihui Feng¹, Gangya Cheng³

*通讯作者。

文章引用: 王佳楠, 陈庆锋, 程启先, 冯美慧, 程港桢. 1999~2019年我国生态安全格局研究进展与热点综述[J]. 环境保护前沿, 2020, 10(6): 845-854. DOI: 10.12677/aep.2020.106102

¹College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan Shandong

²School of Geographic Sciences, Xinyang Normal University, Xinyang Henan

³School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing Jiangsu

Email: *chensdcn@163.com

Received: Nov. 18th, 2020; accepted: Dec. 8th, 2020; published: Dec. 15th, 2020

Abstract

Behind the acceleration of the urbanization process, ecological and environmental problems have become increasingly prominent, and the construction of a regional ecological security pattern is of great significance to regional ecological security assurance and planning. This article is based on the metrology software CiteSpace, and takes the research literature on the theme of ecological security pattern in the CNKI database as a sample, from the aspects of publication volume, author distribution, research institution, keyword co-occurrence, keyword clustering, and mutation keywords. Perform visual analysis and draw a knowledge map. The study found that in the past 20 years, the study of my country's ecological security pattern has experienced three stages of development and the overall trend is on the rise. The distribution of authors presents the characteristics of "partial concentration, overall average", and the links between research institutions are weak. Keyword co-occurrence research found that "ecological security pattern", "ecological security", and "least cumulative resistance model" are the research hotspots. On the whole, the study of my country's ecological security pattern pays more attention to conducting theoretical research based on different perspectives, and analyzing and evaluating ecological security with different measures. In future research, the combination of theories of different disciplines and the construction of ecological security patterns will become the key angle and direction of attention.

Keywords

Ecological Security Pattern, CiteSpace, Knowledge Map, Visual Analysis

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国城市化工业化进程速度的加快,人与自然环境之间的矛盾日益突出,越来越多的像水土流失、土地退化、生物多样性丧失及海洋生态环境恶化等生态环境问题对国家和区域的生态安全提出巨大的挑战,严重威胁区域生态安全。为了寻求高质量的生活品质和可持续的人类社会发展,人们愈发关注自身生活环境状况,因此,土地利用变化,生态安全格局和生境质量变化等与人类生存发展息息相关的问题受到广泛关注。研究显示,生态安全格局规划是实现区域生态安全的基本保证和重要途径,是公认的发展和保护领土空间的三大战略格局之一[1][2]。生态安全格局旨在解决重要的生态环境问题,并以实现社会效益和生态效益最大化为目标,合理安排该区域内自然资源和人类活动,形成由点,线和面组成的空间格局[3][4]。

基于 CiteSpace 软件的知识图谱可视化分析现已广泛运用于资源科学与环境[5][6][7]、海洋生态[8][9]、农业生态[10][11]、生态旅游[12][13]、生态经济[14][15]、生态安全[16][17]等研究领域,为了快速掌握我国生态安全格局研究的热点和前沿趋势,本文使用 CiteSpace 软件对 CNKI 中以生态安全格局为主

题的研究文献进行了可视化分析, 希望为我国后续生态安全格局的相关研究工作提供相应的依据, 这对生活品质的提升和人类社会的可持续发展有着重要的意义。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

本研究中的数据来源为中国知网(CNKI, China National Knowledge Infrastructure), 选取 CNKI 的 4 类核心期刊中的中文文献: 北大核心、CSSCI、CSCD、EI, 选取检索主题词 = 生态安全格局, 时间跨度 = 1999~2019, 经过筛选、剔除非研究型文献, 整理后共计获得 407 篇有效文献并导出其 Refworks 格式的引文条目, 即为本研究的数据来源。

2.2. 研究方法

常见的文献计量软件有 Ucinet [18]、Bicomb [19]、CiteSpace [20]和 HistCite [21]等, 在此次研究中, 运用 CiteSpace 软件进行可视化分析。CiteSpace 软件系统是由美国华人学者陈超美博士开发, 广泛应用于科学技术研究领域, 它是通过构建知识图谱, 同时识别并展现出该领域的热点关键词、研究进展、前沿方向以及研究作者分布状况的一款软件, 主要步骤为: ① 选取检索条目进行文献的筛选与整理; ② 导出 Refworks 格式的引文条目; ③ 数据源的预处理; ④ 绘制并分析相应的知识图谱。

3. 生态安全格局研究的时空分布

3.1. 文献数量时间分布

年度分析是反映该领域内相关研究的热度与发展趋势的重要指标, 可被称为该研究领域发展情况的“寒暑表”。根据历年我国生态安全格局相关研究的发文数量统计结果绘制出年度发文量统计图(图 1)。由图 1 显示可直观得出, 从 1999 年至 2019 年的这 20 年间, 发文数量在逐年增多, 但论文发表总数较少。整体态势经过了“缓慢增加 - 稳定波动 - 快速增加”3 个阶段。

1) 1999~2005 年发文量较少, 生态安全格局的理念刚刚出现。这个理念最初是由俞孔坚提出的, 它描述了生态安全格局对于维持或控制某些生态过程具有重要意义[22]。虽然该阶段内发文数量呈缓慢增加的态势, 但研究仍处于起步阶段, 年度发文量数均在 10 篇以下;

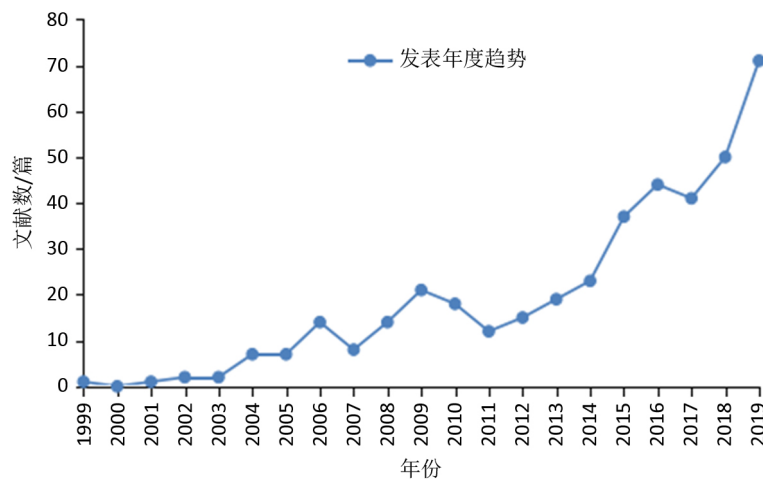


Figure 1. Statistics of the number of posts issued on the ecological security pattern
图 1. 生态安全格局发文量统计图

2) 2006~2011 年, 该阶段内, 我国生态安全格局的研究发文量在波动中增加, 基于不同尺度的生态安全研究逐步出现, 相关研究学者采用不同的方法[23] [24] [25]对生态安全格局进行分析评价及构建;

3) 2012 年以后, 我国生态安全格局的相关研究呈现出快速增长的态势, 伴随着社会经济的快速发展, 生态安全方面[26]的问题受到广泛关注, 基于生态安全格局的不同尺度和领域的研究快速增加。

3.2. 生态安全格局研究空间分布

3.2.1. 作者分布

通过作者共现图谱, 可分析该领域内核心作者及其作者之间的交流与合作现状。运用 CiteSpace 软件对该领域研究文献的发文作者进行可视化分析, 把 Node types 设定为作者 Author, 时间跨度为 1999~2019, 时间切片为 1 年, 运行 CiteSpace 后生成作者共现知识图谱(图 2), 图 2 中显示, 节点 83 个, 连线 106 个, 网络密度为 0.0311, 节点的大小指示作者出现的次数, 即, 节点越大, 作者出现的次数就越多。由图 2 可知, 俞孔坚作者出现的次数位居第一, 其次是李迪华, 依次为 13 次、12 次; 之后是彭建、刘焱序、胡熠娜、杨旸等作者, 其中共有 17 位作者发文数量在 3 次以上。从作者知识图谱中可以看出, 研究生态安全格局的作者群呈现出“部分集中, 整体平均”的分布特点, 其中以 3 位作者为一个研究团队较多, 团队之间的相互引用与合作关系较为薄弱。图中可看出 2 个较为集中的作者群分别是俞孔坚、李迪华、乔青、李海龙、王思思、袁弘、刘海龙组成的研究团队和彭建、吴健生、胡熠娜、李慧蕾、杨旸、田璐、刘焱序组成的研究团队。不同团队、作者群体之间互引较少、合作较弱, 对生态安全格局研究的正常发展有着不利的影响, 学术交流与合作亟待加强。

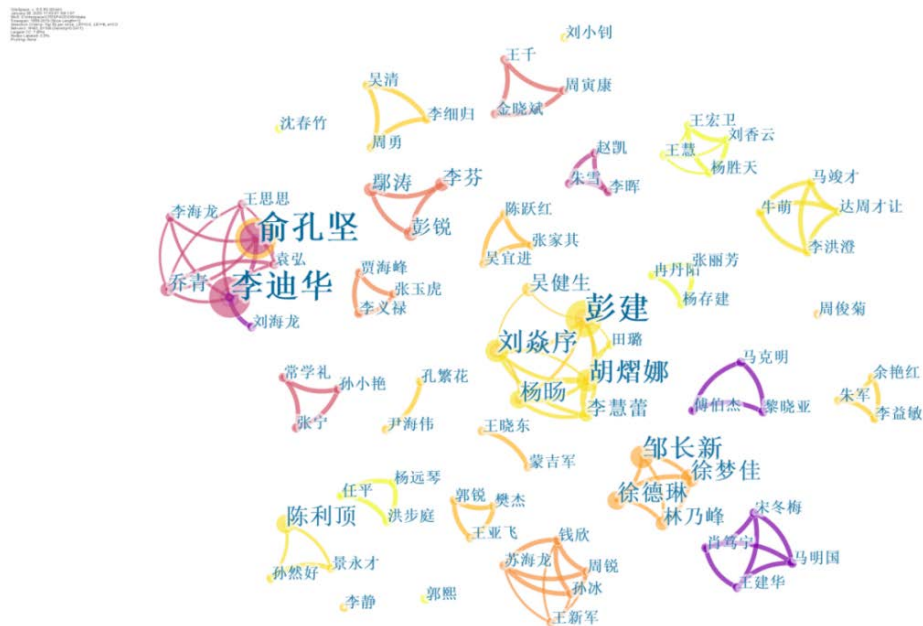


Figure 2. Author's knowledge map in the field of ecological security pattern
图 2. 生态安全格局领域作者知识图谱

3.2.2. 研究机构分布

研究机构指的是从事该领域科学研究的作者所在的科研机构、单位、实验室等, 通过对研究机构进行分析可在一定程度上反映出研究该领域的主要科研机构 and 不同机构之间的合作互引关系。将 Node types 设定为机构 Institution, 其他参数设置与作者参数相同, 运行 CiteSpace 后, 得到节点数 52, 连线数 27,

密度为 0.0204 的研究机构共现知识图谱(图 3)。

从图 3 中可以发现,中国科学院大学、中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室、北京大学景观设计学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所这四所机构节点较大,节点越大代表该机构发文量越多,由此可以得出这四所机构在我国生态安全格局研究领域发文量处于领先地位,学术科研力量较强。但从图中可以看出节点之间的连线较少,连线多少可表示机构之间的合作的程度,且大多数合作为同一研究机构的内部之间的部分合作,像中国科学院大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院东北地理与农业生态研究所、中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室之间的合作,北京大学城市与环境学院地表过程分析与模拟教育部重点实验室和北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院城市人居环境科学与技术重点实验室之间的合作,由此可知各科研机构之间的联系较弱,合作不够紧密,共享与交流性不强。

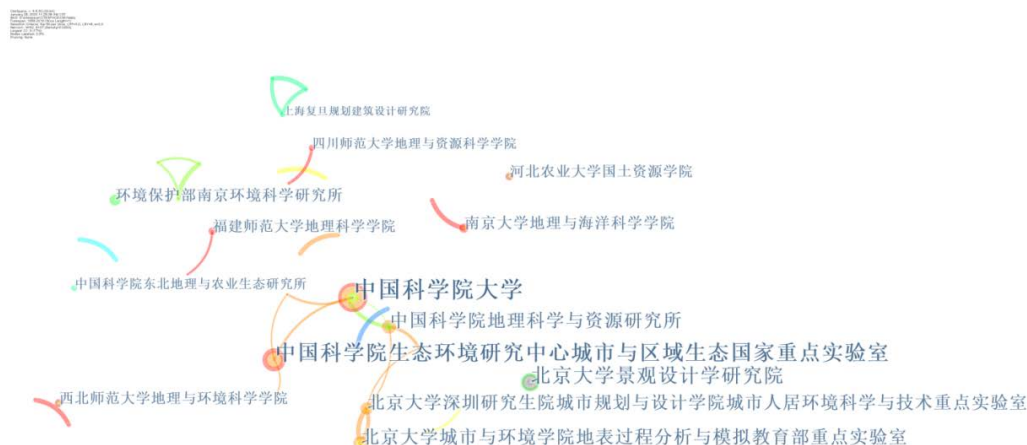


Figure 3. Knowledge map of research institutions in the field of ecological security pattern
图 3. 生态安全格局领域研究机构知识图谱

4. 生态安全格局研究热点主题

4.1. 关键词共现分析

关键词是对研究内容的概括和总结,因此,通过对该领域相关文献中关键词的研究和分析,有助于快速掌握该领域的研究热点,揭示该领域学术研究的发展背景和发展方向。选择节点类型(Node Types) = “Keyword”, 时间切片(Time Slicing) = “1999~2019”, 设置 “Years Per Slice = 1”, 将 “Selection Criteria” 赋值为 “Top N = 50”, 对本阶段文献的研究热点进行分析,得到节点数 81, 连线数 141, 网络密度为 0.0435 的生态安全格局研究关键词共现图谱(图 4)。

由图 4 可以发现,“生态安全格局”“生态安全”“最小累积阻力模型”等关键词的节点较大,这些热词表示我国在 1999~2019 年我国生态安全格局领域的研究热点,这些关键词可具体总结为三个类型:一是“模型方法”,生态安全格局构建中常用到的模型常是最小累积阻力模型[27],又称 MCR 模型,其过程一般是先对生态源地进行识别,然后通过最小累积阻力模型识别出生态廊道,最后构建出生态安全格局。其次是 PSR 模型[23],即压力-状态-响应模型,其基础概念是:人类活动对环境施加“压力”,改变环境的质量和自然资源的数量(即“状态”),总体经济和区域政策(社会反应)是社会对环境变化的响应,后者是通过一个反馈回路来反应人类活动的影响;二是“综合评价”,综合各种影响因素可得出生态安全的评价结果,即土地生态安全[28],生态风险等级[29]和生态重要性[30]等,对生态安全的合理性

评价是格局构建的前提；三是“格局构建”，生态安全格局，景观生态安全格局和景观格局等关键词指的是格局构建的一种类型，格局构建过程中可基于不同的视角，例如基于生态供需视角[31]，基于生物多样性视角[32]，基于生态敏感性视角[33]或者是基于生态保护红线视角[34]等进行生态安全格局构建。

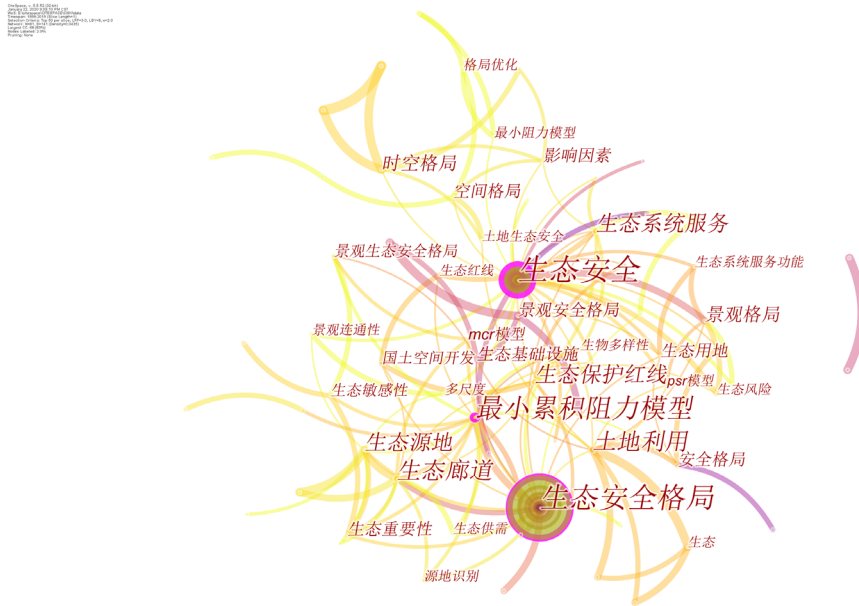


Figure 4. Knowledge map of research keywords in the field of ecological security pattern
图 4. 生态安全格局领域研究关键词知识图谱

4.2. 关键词聚类

通过 CiteSpace 软件将文献中的关键词进行聚类分析生成关键词聚类知识图谱(图 5)。其中 Q 值 = 0.5451 (大于 0.3)，S 值 = 0.7179 (大于 0.5)，说明此聚类视图是显著合理的。这些聚类反映出我国生态安全格局研究领域的热点问题现状，从聚类视图看，共包括“生态廊道”“生态安全”“时空格局”“生态保护红线”“土地利用”“景观安全格局”6 个聚类群，关于生态安全格局的研究主要围绕这些聚类展开(见图 5 和表 1)。



Figure 5. Keyword clustering knowledge map
图 5. 关键词聚类知识图谱

在关键词聚类知识图谱基础上,通过运行 CiteSpace 中的 Summary of Clusters,得到对数似然率(聚类标识词提取算法之一),即为关键词共现网络聚类表(表 1),并选取其中前五个标识词。

Table 1. Keyword co-occurrence network clustering table
表 1. 关键词共现网络聚类表

聚类号	聚类大小	标识词
0	20	生态廊道、生态重要性、生态敏感性、生态安全、生态安全格局
1	15	生态安全、多尺度、粤港澳大湾区、景观格局、生态安全格局
2	12	时空格局、耕地生态安全、影响因素、最小阻力模型、空间格局
3	10	生态保护红线、山水林田湖草、生态红线、生态安全格局、生态安全
4	7	土地利用、生态、优化、安全格局、遥感
5	4	景观安全格局、生态基础设施、反规划、土地利用规划、泉州东海

通过对图 5 和表 1 的关键词共现网络知识图谱的图表分析发现,各聚类中的研究内容存在相互交叉的现象,因此可将我国生态安全格局研究归纳为“安全”“格局”“优化”三个主题领域。1)“安全”研究主题。共现标识词为:生态安全、生态敏感性、生态重要性、生态红线和耕地生态安全等关键词。生态安全是区域可持续发展的必要前提[35],也是格局构建的基础[36][37][38],因此可基于不同的视角例如生态敏感性、生态重要性等视角划定生态红线范围,对生态安全作出合理性评价,将生态红线区域作为构建生态安全格局的源地。2)“格局”研究主题。共现标识词为:生态安全格局、景观格局、空间格局和时空格局等关键词。以生态安全格局为基础来制定区域发展战略是十分重要的[39],基于不同时空尺度对格局构建的研究是构建生态安全格局的重要内容[40]。3)“优化”研究主题。共现标识词为:反规划、土地利用规划、优化和土地利用等关键词。通过分析评价,可识别出生态保护与城市扩张用地冲突的区域,因此可通过不同途径进行和谐:“反规划”[41]是一种景观规划途径,是一种强调通过优先控制未建区域来进行城市空间规划的方法论,是对城市快速扩张的一种应对;土地利用规划[42]则是从生态保护最大利益化出发,对土地布局进行合理的规划从而化解生态保护与城市扩张之间的冲突。

4.3. 研究热点

通过对文献关键词进行突变词分析,可探索目前在生态安全格局研究领域的研究趋势及新兴领域,基于 CiteSpace 软件中 Time Zone 功能得到突变关键词示意图(图 6)。从图 6 中可看出我国关于生态安全格局研究的突变关键词数量较少,这 20 年间仅出现 8 个突变词,且从 2016 年之后没有突现关键词,说明学者关于生态安全格局研究视角相对比较集中。从突变词强度来看,我国生态安全格局突变词强度最高为“生态安全”,频率强度为 6.7319,开始于 2004 年,结束于 2008 年,周期十分短。其次为“生态基础设施”,频率强度为 4.7666,开始于 2005 年,结束于 2014 年,存续周期相对较长,生态基础设施(Ecological infrastructure)是维护生命土地的安全和健康的关键性空间格局,是城市 and 居民获得持续的生态服务的基本保障。2006~2010 年高频词为安全格局和景观安全格局,频率强度分别为 4.3279 和 3.5871,景观中存在着某种潜在的格局,它由一些关键的局部、点及位置关系构成,这种格局对维护或控制特定地段的某种生态过程有着重要的意义,被称之为安全格局[43]。因此,在构建生态安全格局过程中,对景观格局中的生态控制区、生态节点和生态廊道的辨识显得尤为重要。2013~2015 年突变关键词是 gi 和景观生态安全格局,频率强度分别为 3.7561 和 3.8071,其中 gi 是绿色基础设施(Green infrastructure)的简称,gi 是指能够有效维护生态格局并指导人类活动的自然生态网络结构,促进人居环境的改善[44]。而景观生

态安全格局与景观安全格局有着异曲同工之处。2014~2016 年突现词为土地利用和生态保护红线，频率强度依次为 3.2815 和 3.3348，当生态保护与城市扩张发生冲突时要对土地利用进行合理规划，生态保护红线[45]是指在自然生态服务功能、环境质量安全、自然资源利用等方面实行严格管控，以维护国家和区域生态安全及经济社会可持续发展。“生态保护红线”是继“18 亿亩耕地红线”后，另一条被提到国家层面的“生命线” [46]。

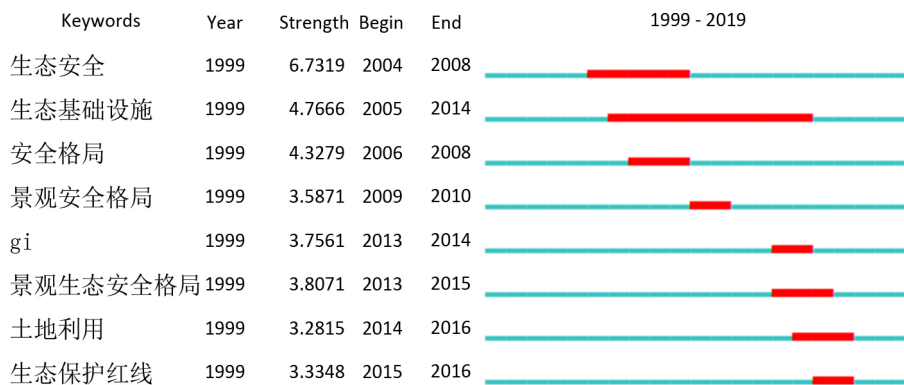


Figure 6. Schematic diagram of mutation keywords in the field of ecological security pattern
图 6. 生态安全格局领域突变关键词示意图

5. 结论与讨论

5.1. 结论

1) 从目前我国生态安全格局研究型文献的发文量来看，文献发表数量整体呈现出上升的趋势，并且从 2012 年以来，发文量快速增加，说明我国生态安全格局的研究开始受到广泛的关注；从作者分布来看，分别以俞孔坚和彭建为代表的研究团队发文量较多，处于领先地位，而整体作者群呈现出“部分集中，整体平均”的分布特点，以 3 人为一个研究团队的占主导地位，各研究团队之间的互引合作关系较弱。

2) 从研究机构来看，研究机构之间发文量差别较大。其中在知识图谱中，中国科学院大学、中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室、北京大学景观设计学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所这四所机构节点较大，表示这些机构发文量较多、占主导地位，但机构之间的连线较少，且大多数合作为同一研究机构的内部之间的部分合作，不同机构之间缺乏合作共享。

3) 从研究热点主题来看，生态安全格局的研究关键词联系密切，主要围绕“生态安全格局”“生态安全”“最小累积阻力模型”“生态廊道”等关键词展开，这些关键词可归结为“模型方法”“综合评价”“格局构建”三种类型；从突变关键词可以看出，这 20 年间我国学者关于生态安全格局的研究视角相对比较集中，自 2016 年后没有出现突变关键词，出现了一个短暂的停滞期。

5.2. 讨论

1) 本文运用 CiteSpace 软件进行生态安全格局知识图谱可视化分析，发现各作者团队之间合作联系不够紧密，在今后的研究中，应该加强合作，互相分享，促进我国生态安全格局方面的研究更加系统化、全面化，在此基础上加强各机构之间的合作、互相分享经验，以促进我国生态安全格局的研究进度和效率。

2) 生态安全格局的知识图谱可视化研究有待进一步深化，一是本文限于 CNKI 数据库中的相关文献，对于外文文献中与生态安全格局的相关内容没有展开讨论；二是本文仅选取了 4 类核心期刊的相关文献，

存在文献数量较少、时间跨度较短等问题,有待后续研究的进一步丰富和完善;三是本文仅采用 CiteSpace 软件,并且对于该软件的使用也较为简单和浅显,以求初步反映生态安全格局的研究进展与热点等内容。

3) 在今后研究中,学科交叉方向将会是重要的新兴领域,希望持续将构建生态安全格局改善生态环境作为目标,将不同学科理论与生态安全格局构建相结合进而研究探讨出不同的构建方法并将其应用到实践中,改善生态环境,同时将实现社会效益和生态效益的最大化作为长远目标[47][48][49],切实做到可持续发展[50]。

基金项目

国家自然科学基金(No. 4207071645; 41877041); 山东省泰山学者奖励计划(No. TSQN201812086)。

参考文献

- [1] 樊杰. 我国国土空间开发保护格局优化配置理论创新与“十三五”规划的应对策略[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(1): 1-12.
- [2] Wang, C., Yu, C., Chen, T., et al. (2020) Can the Establishment of Ecological Security Patterns Improve Ecological Protection? An Example of Nanchang, China. *Science of The Total Environment*, **740**, 140051. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140051>
- [3] Liu, D. and Chang, Q. (2015) Ecological Security Research Progress in China. *Acta Ecologica Sinica*, **35**, 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2015.07.001>
- [4] 李维佳, 马琳, 臧振华, 等. 基于生态红线的洱海流域生态安全格局构建[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(7): 85-95.
- [5] 钱凤魁, 王卫雯, 张靖野, 等. 基于 CiteSpace 的土地利用领域研究态势分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(S2): 344-351.
- [6] 王伟, 邢普耀, 孙蓉. 1992~2017 年中国环境规划研究演进特征与趋势[J]. 中国环境管理, 2019, 11(1): 53-59.
- [7] 翟慧敏, 程启先, 李书覃, 等. 海绵城市理念演变的知识图谱可视化分析[J]. 水资源保护, 2020, 36(2): 34-40.
- [8] 罗莉, 李洪远, 杜志博. 基于 CiteSpace 的海岸带生态恢复知识图谱分析[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 151-157.
- [9] 许瑞恒, 姜旭朝. 国外海洋生态补偿研究进展(1960~2018) [J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2020(1): 84-93.
- [10] 苏启陶, 杜志喧, 钟川, 等. 基于 Citespace 分析我国近 20 年绿色生态农业领域发展现状[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(2): 321-326.
- [11] 何可, 闫阿倩, 王璇, 等. 1996~2018 年中国农业生态补偿研究进展——基于中国知网 1582 篇文献的分析[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(4): 65-71.
- [12] 张洪, 孙雨茜, 司家慧. 基于知识图谱法的国际生态旅游研究分析[J]. 自然资源学报, 2017, 32(2): 342-352.
- [13] 张书颖, 刘家明, 朱鹤, 等. 国外生态旅游研究进展及启示[J]. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1201-1215. <https://doi.org/10.18306/dlkxjz.2018.09.004>
- [14] 毕学成, 苏勤. 生态经济领域研究热点与前沿——基于 Citespace III 的分析[J]. 重庆交通大学学报(社会科学版), 2017, 17(1): 74-81.
- [15] 谢卫红, 董策, 李忠顺. 基于 Citespace 的商业生态系统研究可视化分析[J]. 现代情报, 2017, 37(2): 126-133, 162.
- [16] 秦晓楠, 卢小丽, 武春友. 国内生态安全研究知识图谱——基于 Citespace 的计量分析[J]. 生态学报, 2014, 34(13): 3693-3703. <https://doi.org/10.5846/stxb201211081566>
- [17] 施生旭, 童佩珊. 基于 CiteSpace 的城市群生态安全研究发展态势分析[J]. 生态学报, 2018, 38(22): 8234-8246.
- [18] 谢贤鑫, 陈美球, 田云, 等. 国内近 20 年土地生态研究热点及展望——基于 Ucinet 的知识图谱分析[J]. 中国土地科学, 2018, 32(8): 88-96.
- [19] 朱伟珠, 李春发. 我国生态城市研究领域的热点与发展趋势[J]. 城市问题, 2013(8): 26-31.
- [20] 祝薇, 向雪琴, 侯丽朋, 等. 基于 Citespace 软件的生态风险知识图谱分析[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4504-4515.
- [21] 沈振锋, 黄子纯, 周杰, 等. 基于 HistCite 的河流修复研究历史引文分析[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(3): 83-91.
- [22] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.

- [23] 金辉, 王思. 基于 PSR 模型的武汉城市圈生态安全评价及态势研究[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(1): 352-363.
- [24] 温馨, 朱金勋, 高维新. 异质体制下粤港澳大湾区九市生态安全协同效率实证分析——基于 PSR 和 GIS-DEA 组合模型[J]. 生态经济, 2020, 36(4): 200-205.
- [25] 黄烈佳, 杨鹏. 基于机器学习的武汉城市圈土地生态安全格局识别与优化策略[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(7): 862-869.
- [26] 王根绪, 程国栋, 钱鞠. 生态安全评价研究中的若干问题[J]. 应用生态学报, 2003(9): 1551-1556.
- [27] 陈德权, 兰泽英, 李玮麒. 基于最小累积阻力模型的广东省陆域生态安全格局构建[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(7): 826-835.
- [28] 张茹, 戴文婷, 刘兆顺, 等. 我国北方农牧交错区土地生态安全评价——以白城市为例[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 259-266.
- [29] 谢玲, 邓晓军, 卢月燕, 等. 广西石漠化地区土地利用空间变化的生态风险研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 113-121.
- [30] 王志涛, 门明新, 崔江慧. 沽源县未利用地生态重要性空间识别及其地形梯度特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(2): 256-264.
- [31] 张豆, 渠丽萍, 张桀滢. 基于生态供需视角的生态安全格局构建与优化——以长三角地区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(20): 7525-7537.
- [32] 曲艺, 陆明. 生物多样性保护视角下的城市生态安全格局构建研究[J]. 城市发展研究, 2017, 24(4): 134-137.
- [33] 马世五, 谢德体, 张孝成, 彭正涛, 洪惠坤, 罗卓, 肖玖金. 三峡库区生态敏感区土地生态安全预警测度与时空演变——以重庆市万州区为例[J]. 生态学报, 2017, 37(24): 8227-8240.
- [34] 汤峰, 王力, 张蓬涛, 付梅臣. 基于生态保护红线和生态网络的县域生态安全格局构建[J]. 农业工程学报, 2020, 36(9): 263-272.
- [35] 鞠昌华, 裴文明, 张慧. 生态安全: 基于多尺度的考察[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(5): 626-634.
- [36] 彭建, 赵会娟, 刘焱序, 等. 区域生态安全格局构建研究进展与展望[J]. 地理研究, 2017, 36(3): 407-419.
- [37] 岳德鹏, 于强, 张启斌, 等. 区域生态安全格局优化研究进展[J]. 农业机械学报, 2017, 48(2): 1-10.
- [38] 叶鑫, 邹长新, 刘国华, 等. 生态安全格局研究的主要内容与进展[J]. 生态学报, 2018, 38(10): 3382-3392.
- [39] 刘治彦. 生态涵养区怎样实现可持续发展——基于长江生态安全的渝东北区域战略[J]. 人民论坛·学术前沿, 2015(18): 26-34.
- [40] 周彬, 钟林生, 陈田, 等. 浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子[J]. 地理科学, 2015, 35(5): 599-607.
- [41] 付野, 艾东, 王数, 等. 基于反规划和最小累积阻力模型的土地生态适宜性评价——以昆明市为例[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(12): 136-144.
- [42] Zhou, D., Xu, J. and Lin, Z. (2017) Conflict or Coordination? Assessing Land Use Multi-Functionalization Using Production-living-ecology Analysis. *Science of The Total Environment*, 577, 136-147.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.143>
- [43] 陈利顶, 景永才, 孙然好. 城市生态安全格局构建: 目标、原则和基本框架[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4101-4108.
- [44] 肖华斌, 施俊婕, 盛硕, 等. 生态系统服务优化导向下城市绿色基础设施构建研究——以济南市西部新城为例[J]. 上海城市规划, 2019(1): 45-50.
- [45] 蒋大林, 曹晓峰, 匡鸿海, 等. 生态保护红线及其划定关键问题浅析[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1755-1764.
- [46] 李干杰. “生态保护红线”——确保国家生态安全生命线[J]. 求是, 2014(2): 44-46.
- [47] 饶日光. 关于完善森林生态效益补偿制度的思考[J]. 国家林业局管理干部学院学报, 2011, 10(1): 13-16, 21.
- [48] 廖炜, 杨芬, 吴宜进, 等. 基于物元可拓模型的水土保持综合效益评价[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1464-1471.
- [49] 吴中全, 王志章. 基于治理视角的生态保护红线、生态补偿与农户生计困境[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2020, 26(5): 230-243.
- [50] Gong, Z., Gu, L., Yao, S., et al. (2020) Effects of Bio-physical, Economic and Ecological Policy on Forest Transition for Sustainability of Resource and Socioeconomics Development. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118571.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118571>