

近二十年土地利用与生态系统服务的可视化研究

——基于CiteSpace的知识图谱分析

禹怀亮^{1*}, 张雪珠^{1#}, 陈 帅¹, 王 超¹, 唐拥军², 邓文叶¹

¹新疆工程学院化学与环境工程学院, 新疆 乌鲁木齐

²塔里木大学水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔

收稿日期: 2025年4月7日; 录用日期: 2025年4月30日; 发布日期: 2025年5月15日

摘 要

气候变化和人类活动强度的增加, 对生态系统服务构成了一定的压力和影响。最主要的压力因素是土地利用的变化。文章以中国知网近二十年发表的核心论文为数据源, 采用CiteSpace6.3.R1版本进行了知识图谱与文献计量分析, 从发文量、发文机构、研究团队、关键词进行了知识图谱的运算和可视化。研究得出该领域目前研究的热点、主要的研究团队和未来的研究趋势。一是多区域土地利用动态变化所引起的生态服务价值的变化。二是基于不同目标下的多情景土地利用变化预测以及由此导致生态服务价值的变化。三是生态系统服务内部的协同和权衡变化。土地利用变化会引起区域生态格局的变化, 进而影响生态系统服务及其价值的变化, 研究对优化区域生态系统服务与集成, 对区域生态系统管理、可持续发展具有重要的现实意义。

关键词

土地利用, 生态系统服务, 可视化分析, CiteSpace

Visualization Study of Land Use and Ecosystem Services in the Last Two Decades

—A Knowledge Graph Analysis Based on CiteSpace

Huailiang Yu^{1*}, Xuezhu Zhang^{1#}, Shuai Chen¹, Chao Wang¹, Yongjun Tang², Wenye Deng¹

¹School of Chemistry and Environmental Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi Xinjiang

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 禹怀亮, 张雪珠, 陈帅, 王超, 唐拥军, 邓文叶. 近二十年土地利用与生态系统服务的可视化研究[J]. 可持续发展, 2025, 15(5): 169-179. DOI: 10.12677/sd.2025.155136

Abstract

Climate change and the increasing intensity of human activities have exerted certain pressures and impacts on ecosystem services. The main stressor is land use change. Based on the core papers published by CNKI in the past two decades, this paper uses CiteSpace6.3.R1 version to conduct knowledge graph and bibliometric analysis. The calculation and visualization of knowledge graph are carried out in terms of the number of published papers, publishing institutions, research teams and keywords. The current research hotspots, main research teams and future research trends in this field are obtained. The first is the change of ecological service value caused by multi-regional land use dynamic change. The second is multi-scenario land use change prediction based on different objectives and the resulting changes in the value of ecological services. Third, the synergy and tradeoff change within ecosystem services. Land use change will cause the change of regional ecological pattern, and then affect the change of ecosystem services and their value. The research has important practical significance for optimizing regional ecosystem services and integration, and for regional ecosystem management and sustainable development.

Keywords

Land Use, Ecosystem Services, Visual Analysis, CiteSpace

Copyright © 2025 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

随着全球气候变化与人类活动强度的增加,生态系统服务供需关系发生了一定的变化。这为人类福祉和可持续发展目标带来了新的压力[1]。土地利用变化直接影响着生态系统服务的种类、数量和空间分布,土地利用变化会导致生态系统服务供给的变化,因此土地利用变化是导致生态系统服务功能发生变化的主要驱动力之一[2]。生态用地的数量会直接影响生态系统服务的供给。我国目前关于土地利用分类的最新标准中并没有生态用地的概念,关于生态用地的论述,目前最近的研究认为生态用地指的是区域或城镇土地中以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型,即能够直接或间接改良区域生态环境、改善区域人地关系(如维护生物多样性、保护和改善环境质量、减缓干旱和洪涝灾害和调节气候等多种生态功能)的用地类型[3]。生态用地是生态系统服务和生态产品提供的基本载体,对区域生态用地进行合理的识别与规划,将十分有利于区域的可持续发展。

本文以近二十年中国知网的核心论文为数据来源,采用 CiteSpace 进行知识图谱的分析,得出该研究领域最近的成果以及研究趋势,以期能够推进该领域研究的不断发展与深化,并推进该领域中文研究的持续发展。

2. 数据来源与研究方法

本研究选取 2003~2023 年 CNKI 期刊数据库,使用高级检索以主题“土地利用”与主题“生态系统

服务”进行精确检索，包含中英文拓展。共得到期刊论文 3353 篇，从检索结果中，选取 SCI 来源期刊、EI 来源期刊，CSSCI 来源期刊，北大核心来源期刊，共得到 2385 条结果，经人工筛选，剔除报刊、综述性成果，共得到 2371 条结果。文章的所有分析均采用 CiteSpace6.3.R1 版本，分时时间序列切片选择两年，分析方法选择路径寻址和综合网络分析。数据的统计和分析均采用 Excel 软件完成。

3. 结果与分析

3.1. 发文量分析

从文献统计结果来看，我国土地利用与生态系统服务相关的中文研究成果有 2385 篇。如图 1 所示，主要可以分为三个发展阶段：(1) 起步期。研究起步阶段为 2004~2007 年，论文发文量年均少于 30 篇。研究领域主要集中于土地利用与生态系统服务价值，生态系统服务价值评估。

(2) 酝酿期。时间主要为 2008~2015 年，论文年均发文量为 80 篇左右，研究领域集中在土地利用变化对生态系统服务功能的影响，土地利用变化对生态系统服务价值的影响，并以不同地区、不同地域类型进行了实证研究。在这一阶段后期，随着我国城市化进程的不断加快，出现了很多在城市化背景下基于景观格局变化的生态安全评价研究。

(3) 快速发展时期。时间段为 2016~2023 年，发文量从 2016 年的 117 篇增加到 2023 年的 257 篇，年均增长率达 17.5%。且从 2020 年起，每年的发文量均大于 200 篇，在 250 篇左右，这一阶段前期的研究重点是土地利用变化引起的生态服务价值变化，以及土地利用变化引起的生态安全的变化和对后续发展的挑战。后期更加关注多情景模拟下土地利用变化模拟所引起的生态系统服务价值的时空变化，更从城市群、流域、发展区划等多区域尺度探讨了土地利用对生态系统服务的影响。

从发文数量来看，土地利用经过了起步期，酝酿期，快速发展期，未来将会进入稳定发展期。

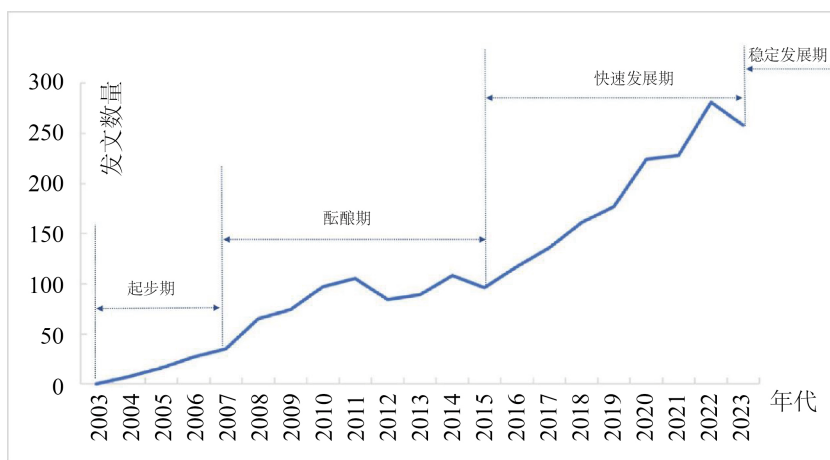


Figure 1. Number of core paper publications in the last 20 years (Data source: CNKI)

图 1. 近 20 年核心论文发文量(数据来源于中国知网)

3.2. 研究团队分析

通过分析作者之间的交叉合作情况，可以了解该研究领域的核心作者、学科状况[4]。利用 CiteSpace 进行文献的研究团队分析，选择节点类型(Node Types)为作者(Author)，对 2385 条数据进行可视化图谱分析，图中“N=245，E=185”，该文献分析软件常用“N”表示作者出现的位置节点，表示在土地利用与生态系统服务领域的研究中共有 245 位作者发表了论文。连线代表作者互相合作的情况，线宽越粗，

表示作者之间的合作越紧密。从图 2 中可以看出, 彭建、任志远、白中科、刘焱序是这种研究领域的代表团队。任志远及其团队主要研究生态系统服务权衡、协同及时空变化方面的研究, 其主要区域为陕西省自然和行政区域[5]-[7]。彭建及其团队主要致力于生态安全格局的研究, 包括基于生态系统服务簇小尺度区域生态用地功能分类, 生态安全与生态系统退化风险, 生态安全格局构建[8]-[11]。白中科及其团队主要研究矿区土地利用变化对生态系统服务功能价值的影响, 矿区城乡生态系统服务权衡与协同, 资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[12]-[15]。其中, 彭建、刘焱序团队之间的关联性较强。

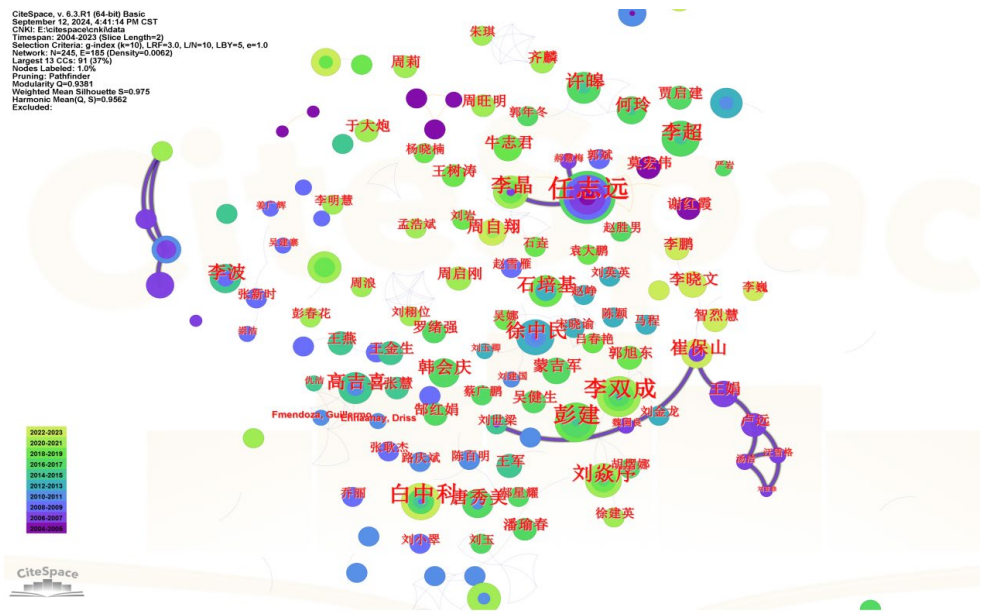


Figure 2. Co-authorship network knowledge map (Image source: author's own drawing)
图 2. 作者共现网络知识图谱(图片来源: 作者自绘)

3.3. 发文机构分析

利用 CiteSpace 进行发文机构分析, 得出的结果如下(图 3), 图谱中共有 121 个节点, 92 条连线, 整体网络密度为 0.0127, 表明机构间有着较为紧密的交流与合作, 已经形成了较为明显的合作网络。中国科学院大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院生态研究中心城市与区域生态国家重点实验室、西北师范大学、中国地质大学(北京)依次成为发文量最高的前五名单位。中国科学院地理科学与资源研究所从 2005 年起, 累计发文量 78 篇, 中国科学院大学从 2012 年起, 累计发文量 139 篇, 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从 2008 年起, 累计发文量 56 篇, 西北师范大学地理与环境科学学院从 2010 年起, 累计发文量 53 篇。此外, 经过分析发现, 发文机构之间的合作较为紧密, 表现为机构之间的连线较多(如图)西北师范大学、陕西师范大学、河北农业大学等均取得了一定的发文量, 发文量在 30 篇左右, 各个结构结合自身所在地区, 对当地不同尺度的土地利用变化与生态系统服务开展了大量的研究, 并且, 受地理因素影响, 发文机构和发文作者具有一致性。

3.4. 关键词分析

关键词分析是 CiteSpace 软件的核心功能, 通过关键词的共现分析, 可以了解该领域研究的共性和创新性。通过关键词的聚类分析, 可以了解该领域研究的不同方向, 有助于使后来研究者快速找到自己的研究方向。通过关键词的突显分析, 可以了解该领域研究在较长时期内的创新性研究。



Figure 3. Research institution co-occurrence network knowledge map (Image source: author's own drawing)
图 3. 研究机构共现网络知识图谱 (图片来源: 作者自绘)

3.4.1. 关键词共现分析

经过 CiteSpace 的计算可视化得到关键词共现图谱(图 4), 图谱中字体越大, 说明该关键词出现的频率越高, 节点越大, 说明有关该关键词的发文量越大, 节点圈层的颜色越深, 说明发文时间距离现在越近。图 4 中字体最大为土地利用, 说明该关键词出现的频率最高。其次为生态系统、生态价值和景观格局, 结合发文量和时间节点, 发现研究主要集中于: (1) 基于不同发展情景下的生态系统服务价值的预测, 如张莉金等在共享社会经济路径和典型浓度路径的科学组合情景模拟下对我国生态系统服务价值进行了评估, 以期能够为我国生态系统保护、生态功能区划制定和气候变化应对等方面提供科学依据和决策支持[16]。胡丰等基于 2000~2020 年土地利用数据, 使用土地利用转移矩阵、改进的当量因子法和 MCCA 模型, 揭示太行山区土地利用和 ESV 变化特征, 开展 2035 年 ESV 多情景模拟[17]。(2) 土地利用变化对生态服务价值的影响。土地是提供生态系统服务的基础支撑, 土地利用变化会引起生态系统服务价值的变化, 对过去数十年土地利用引起的生态服务价值进行评估, 可以对当地的生态产品价值实现和生态管理提供基础的科学支撑。张百婷等对 1990~2020 年祁连山地区土地利用变化引起的生态系统服务价值进行了演化分析, 并得出调节服务是该地区最为重要的生态功能[18]。张龙江等基于可持续发展目标 SDG15.3.1, 对滇中城市群 2000~2020 年土地利用变化引起的生态系统服务价值进行了评估, 发现土地退化导致生态系统服务价值的损失[19]。(3) 生态系统服务是人类社会发展的基础, 良好的生态系统服务提供的生态产品会助力于社会经济更好更快发展。学者们开展了更多关于生态系统服务价值的测算, 生态系统服务价值的转移等研究。刘晖等基于 Meta 分析的转移矩阵, 研究了长白山地区的土地利用类型变化与生态服务价值转移的规律[20]。马超等对张掖市高台县黑河中游流域生态系统服务价值估算, 明确了该地区生态系统服务的变化[21]。

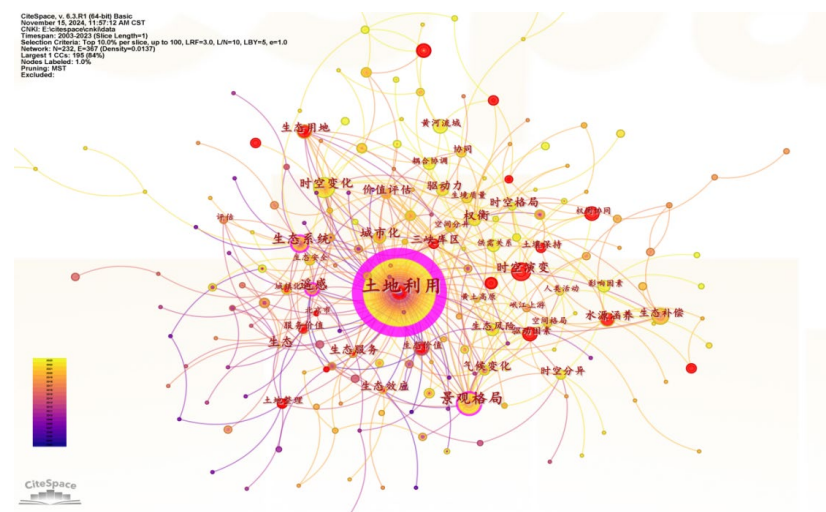


Figure 4. Keyword co-occurrence network knowledge map (Image source: author’s own drawing)

图 4. 关键词共现网络知识图谱(图片来源：作者自绘)

3.4.2. 关键词聚类分析

在 CiteSpace 中，基于关键词共现分析，对联系比较紧密的关键词进行聚类汇总，就可以得到关键词聚类图谱(图 5)和聚类表(表 1)。模块值(Q 值，即 Modularity)和平均轮廓值(S 值，即 Weighted Mean Silhouette)主要反应网络结构和聚类的清晰度。当 Q 值 > 0.3 时，表示聚类结构显著；当 S 值 > 0.7 时，表示聚类令人信服。图 5 显示，Q 值 = 0.8585，S 值 = 0.9631，表明本研究产生的聚类图谱的聚类结构显著且符合聚类要求。本文利用 CiteSpace 中的 LLR 算法对关键词进行聚类，得到了 13 个聚类，如表 1 所示。序号从 0 到 13，聚类内包含的关键词越多，排列的数字就越小。

Table 1. Keyword clustering table in land use and ecosystem services research field

表 1. 土地利用与生态系统服务研究领域关键词聚类表

序号	轮廓值	聚类名称	关键词
0	1	土地整治，土地利用类型	土地利用，服务价值，土地整治，权衡，碳储量
1	0.96	生态价值，土地利用类型	生态价值，环境响应，榆阳区，延安市，三江平原
2	0.957	人类福祉，生态水利	生态用地，价值评估，人类福祉，热点分析，情景模拟
3	0.949	时空变化	时空变化，城市化，城镇化，文献计量，研究热点
4	1	三峡库区	三峡库区，生态系统，驱动力，重庆市，价值系数
5	0.929	生态源地，关键区域	生态廊道，生态源地，生态安全格局，最小累积阻力模型，生态网络
6	1	景观指数	景观格局，景观指数，土地整理，权衡关系，南京市
7	0.911	权衡	权衡，协同，土地利用，生态补偿，生态系统服务
8	0.961	影响因素，土地利用风险评价	时空演变，影响因素，气候变化，敏感性，空间格局
9	0.966	当量因子	遥感，当量因子，地理信息系统，地理探测，永定河
10	0.926	产水量	产水量，时空格局，黄河流域，invest 模型，国土空间
11	0.949	生物多样性价值	生态，黄骅市，优化，模型，计算
12	0.932	时空差异	生态效应，时空分异，福州市，评估，生态屏障
13	1	水源涵养，土地利用类型	水源涵养，水土保持，invest 模型，水质净化，土地利用

图 5 中关键词聚类图谱中的数字表示为从小到大所包含的文献量依次递减。在聚类中,以“土地利用”为主题的研究发文量最多,这与文章研究方法采用“土地利用”为关键词进行检索有很大的关系。“生态系统服务”作为本研究的主要研究内容,从关键词聚类结果看,主要利用遥感的方法对城市化引起的土地利用变化进行研究,进而导致生态系统服务的变化,从时间和空间尺度来看,表现为生态系统服务的时空演变和时空差异。研究会区域的生态区划奠定基础,为区域生态廊道的建立提供理论支撑。同时,生态系统服务之间具有此消彼长的关系,有学者研究在小流域内,碳储量、产水量和土壤保持量以协同关系为主,在区域内,则以权衡关系为主[22]。更有研究发现粮食供应和碳固定具有空间协同关系,而与水文调节、土壤保持存在显著的权衡关系[23]。

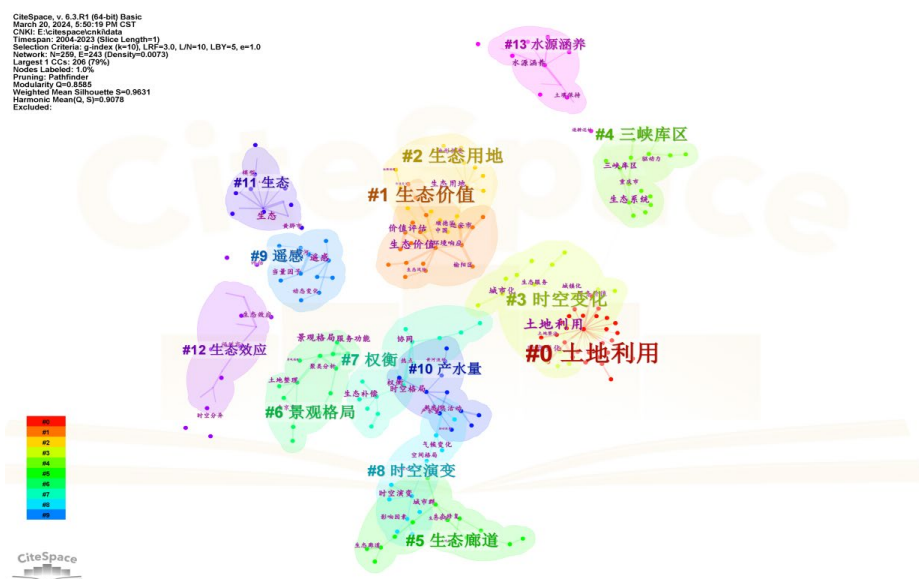


Figure 5. Keyword clustering network knowledge map (Image source: author's own drawing)
图 5. 关键词聚类网络知识图谱(图片来源: 作者自绘)

3.4.3. 关键词突显分析

文章对 2004 至 2023 年土地利用与生态系统服务的关键词进行了突现性检测,得到突现图谱(图 6)。突现节点越多(红线越长),表明该领域越活跃,突现强度越大,说明该领域受到的关注越高。时空演变、土壤保持、权衡协同、水源涵养、情景模拟、权衡协同是近八年一直出现的节点,说明这些领域在近年来仍然是关注的热点和焦点,从 2004 年到 2014 年,生态价值、遥感、生态系统、服务价值、土地整理、生态用地、生态服务成为突现节点最多的关键词,说明该段时间对于土地利用变化引起的生态系统服务价值的研究最多。从 2015 年到 2021 年,生态服务、土壤保持是突现节点最多的关键词,说明该领域研究较为活跃。从 2018 到 2023 年,关于水源涵养、时空演变成为新的研究热点,2021 至 2023 年,权衡协同、情景模拟成为新的研究热点。

3.5. 研究趋势分析

本研究对 8 个关键词进行了时间线图的聚类分析(图 7),从不同时段高频关键词分布来看,研究内容随着时间线的推荐越来越丰富,同时,新的研究热点也出现较多。

(1) 在“#1 生态价值”中,主要研究方向为生态价值评估,生态价值的区域差异和时空差异,土地利用变化对生态价值的影响。早在 2006 年,就有学者开展了生态价值变化的区域性差异研究,基于生态

价值最大化的土地优化布局等研究[24] [25]，至 2015 年，开展了很多基于政策变化的生态服务价值变化[26] [27]，至 2020 年以后，更多关注于生态价值的时空变化以及土地利用变化所引起的生态价值的变化[28] [29]。

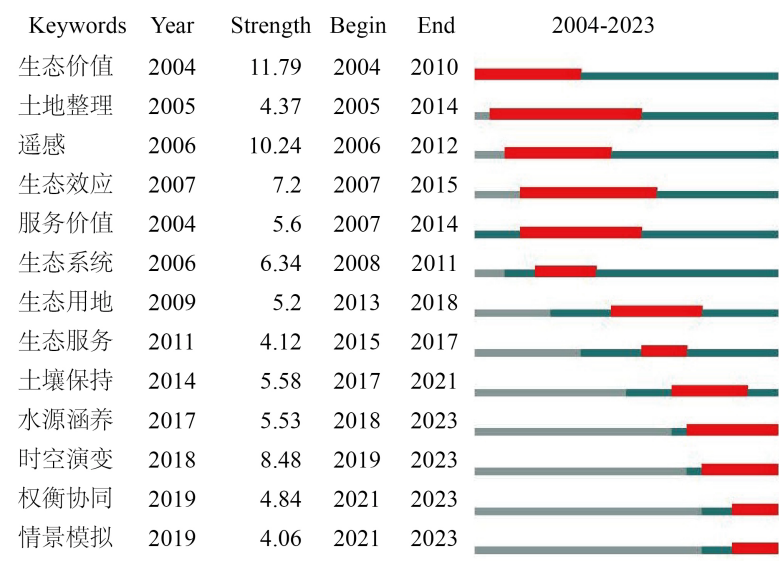


Figure 6. Keyword burst knowledge map (Image source: author’s own drawing)
图 6. 关键词突现知识图谱(图片来源：作者自绘)

(2) 在“#2 生态用地”中，学者们主要研究了生态用地的概念、分类，基于生态价值最大化的生态用地配置[3] [30]。这个研究方向的研究内容较少，在 2021 年后，这类研究逐渐消失。

(3) 在“#3 时空变化”、“#4 三峡库区”、“#5 生态廊道”、“#6 景观格局”、“#8 时空演变”是最近几年研究的热点。时空变化和时空演变具有相似的含义，最早的此类研究可以追溯到 2006 年闵捷等对武汉市土地利用与生态系统服务价值做的时空变化分析[31]，在国家政策发展导向下，城市群、河流域、湖区逐渐成为新的发展功能单元，学者们也针对性地开展了生态服务价值变化的研究[32]-[34]。景观格局是基于土地利用破碎度的研究，破碎度会影响生态用地的连续性，进而对生态系统服务产生影响。有学者利用湿地景观进行了实证研究，结果表明，破碎度的增加会降低湿地的碳储存服务和水体净化服务水平，但对总体生态系统服务水平影响不大[35]。生态系统服务的动态评估相较于静态评价更有利于反应区域生态安全格局，生态系统服务价值的动态损益情况可对区域生态安全格局构建产生重要影响，可为区域城市开发边界与生态保护红线划定提供科学参考。生态系统服务还可与生态廊道相结合构建区域生态安全格局，为生态脆弱区生态系统和物种保护提供决策工具[36] [37]。

(4) 在“#2 生态用地”、“#7 权衡”、“#9 遥感”、“#10 产水水量”、“#12 生态效应”中，生态用地是土地利用类型中提供生态服务的用地类型，一般采用遥感识别地类的方法获得具体的用地面积。生态系统服务内部的权衡与协同是生态系统服务的另一个研究热点。生态系统服务从服务对象可以分为社会服务和生态服务，社会服务主要包括美学服务、文化服务、游憩服务，生态服务主要包括生境质量、碳储量、水源供给、气候调节等服务。社会服务与生态服务之间存在显著的空间依赖性，其中社会价值低，生态价值高的区域是最主要的空间聚集特征[38]。生态服务内部也具有权衡和协同的关系，土壤保持服务和产水量服务存在权衡关系，碳储存和生境质量的相关性最高，而土壤保持和碳储存之间的相关性呈现弱化，城市化能够引起碳储存和生境质量强烈的协同下降[39]。生态服务的权衡也与空间有一定关系[40]。

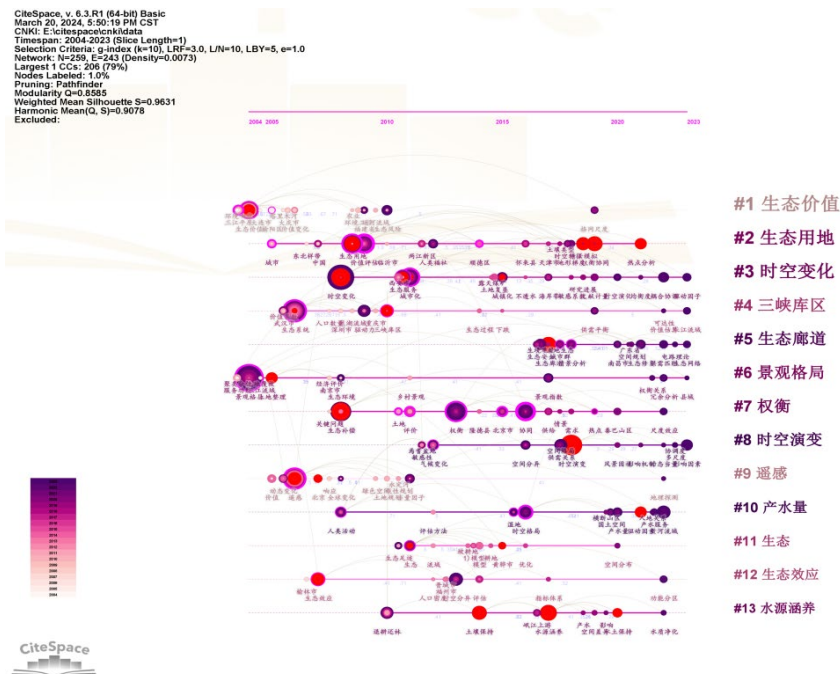


Figure 7. Research trend knowledge map (Image source: author's own drawing)
 图 7. 研究趋势知识图谱(图片来源: 作者自绘)

4. 结论与讨论

文章采用 CiteSpace 软件对中国知网的文献进行了研究分析, 没有进行外文数据库分析, 在结果上可能存在一定偏差, 但能够较为准确地得到中文的研究热点和过程。

(1) 发文量和发文机构。以土地利用与生态系统服务为主题的发文量在逐年增加, 经过了起步期、酝酿期、快速发展期三个阶段, 从 2022~2023 年, 发文量呈现一定的回落, 未来, 以这个主题的发文量将会逐渐趋于平缓。也预示着研究进入成熟的阶段。该主题论文的发文机构呈现“集中与分散”相结合的特点, 中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院生态研究中心成为这一主题研究的最主要机构, 也成为该领域理论研究的引领机构。地方高校结合自身所在地区的地理特点、发展特点, 开展了较多的应用性研究, 这也促进了该领域研究机构呈分散布局的特点。

(2) 研究内容与展望。基于土地利用的生态系统服务研究主要集中于三部分研究内容。一是生态系统服务的动态和静态研究, 静态研究集中于生态系统服务的定量化研究, 利用一定的指标体系对生态系统服务价值进行测算, 不同的指标体系测算出来的价值有所差异, 目前, 测算体系趋于稳定, 这一研究内容更多将会侧重于不同区域、功能区的研究。动态研究是基于较长时间的土地利用数据, 在基于用地转移矩阵的基础上, 利用多种模型反应生态系统服务对土地利用动态变化的响应。二是生态系统服务的时空变化或演变。生态系统服务在大尺度空间和时间关系中, 会呈现一定的变化规律, 此种变化规律逐渐成为该领域研究一个热点, 同时, 也有诸多关于不同因素变化导致生态系统服务变化的研究[41]。研究结果将会对适应气候变化的生态系统管理提供科学参考。而基于不同情景进行的土地利用和生态系统服务价值的动态变化特征及规律, 是研究的另一热点领域, 其主要研究趋势继承、耕地保护、生态保护、耕地与生态兼顾等模式下生态系统服务价值的变化趋势, 及此种变化趋势是哪种生态用地变化的原因[42]。三是生态系统服务内部的权衡与协同作用, 这种权衡和协同会对国土空间开发格局产生重要的影响, 进而影响生态功能区和生态红线的划定, 构建区域生态安全格局和生态廊道。对于具体的土地利用空间,

不同的功能导向会影响区域整体的生态系统服务价值,因此,研究区域内部生态系统服务之间的关系就显得尤其重要。研究首先利用 InVEST 模型对不同生态系统服务进行测算,再利用空间自相关和权衡协同度(ESTD)模型测算生态系统服务与空间的关系及其内部的权衡与协同。

(3) 讨论。生态系统服务价值是生态系统研究的重要议题,不同地域尺度下,同一区域的生态功能和定位会发生细微的变化。不同发展情景,不同发展目标均会引起土地利用类型的变化,土地利用类型的变化会引起生态系统服务价值的变化。在人类社会活动强度不断增大的前提下,如何更好地进行国土空间规划,更好地划定区域生态功能区,做好生态保护和生态修复规划,使得区域生态服务价值最大化,实现可持续发展,高质量发展,成为可持续发展的重要议题,在研究范围逐渐从单体走向全域的背景下,流域生态系统服务价值时空演变亦或成为研究热点之一。

基金项目

国家社会科学基金项目(23BSH066), 新疆工程学院博士基金启动项目(2023XGYBQJ02)。

参考文献

- [1] Lu, Z., Li, W. and Yue, R. (2024) Investigation of the Long-Term Supply-Demand Relationships of Ecosystem Services at Multiple Scales under SSP-RCP Scenarios to Promote Ecological Sustainability in China's Largest City Cluster. *Sustainable Cities and Society*, **104**, Article ID: 105295. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105295>
- [2] 李屹峰, 罗跃初, 刘纲, 等. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响——以密云水库流域为例[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 726-736.
- [3] 邓红兵, 陈春娣, 刘昕, 等. 区域生态用地的概念及分类[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1519-1524.
- [4] 曾小桥, 卢东, 贺碧玉. 我国旅游共享经济研究评述——基于 CiteSpace 的文献可视化分析[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(8): 1179-1184.
- [5] 刘焱序, 任志远, 李春越. 秦岭山区景观格局演变的生态服务价值响应研究——以商洛市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(3): 109-114.
- [6] 孙艺杰, 任志远, 赵胜男. 关中盆地生态服务权衡与协同时空差异[J]. 资源科学, 2016, 38(11): 2127-2136.
- [7] 孙艺杰, 任志远, 郝梦雅, 等. 黄土高原生态系统服务权衡与协同时空变化及影响因素——以延安市为例[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3443-3454.
- [8] 彭建, 李慧蕾, 刘焱序, 等. 雄安新区生态安全格局识别与优化策略[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 701-710.
- [9] 姜虹, 张子墨, 徐子涵, 等. 整合多重生态保护目标的广东省生态安全格局构建[J]. 生态学报, 2022, 42(5): 1981-1992.
- [10] 张子墨, 姜虹, 徐子涵, 等. 面向多重生态保护目标的广东省生态系统服务退化风险情景模拟[J]. 生态学报, 2022, 42(3): 1180-1191.
- [11] 吴健生, 钟晓红, 彭建, 等. 基于生态系统服务簇的小尺度区域生态用地功能分类——以重庆两江新区为例[J]. 生态学报, 2015, 35(11): 3808-3816.
- [12] 杨凯, 曹银贵, 李胜鹏, 等. 晋北典型矿农城复合区生态系统服务价值权衡与协同[J]. 生态学报, 2022, 42(23): 9857-9870.
- [13] 陈美景, 王庆日, 白中科, 等. 黄河流域资源型城市土地利用转型及其对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2023, 43(22): 9459-9470.
- [14] 刘小翠, 白中科, 马萧, 等. 露天开采及土地复垦对生态系统服务功能价值影响变化的对比研究——以内蒙古胜利东二号露天煤矿为例[J]. 资源与产业, 2010, 12(4): 74-78.
- [15] 乔丽, 白中科, 张耿杰, 等. 矿区生态系统服务价值变化驱动因素分析——以平朔矿区为例[J]. 中国矿业, 2009, 18(10): 51-53, 73.
- [16] 张莉金, 白羽萍, 胡业翠, 等. 不同 SSP-RCP 情景下中国生态系统服务价值评估[J]. 生态学报, 2023, 43(2): 510-521.
- [17] 胡丰, 陈瑶, 张长春, 等. 基于 MCCA 土地利用情景模拟的太行山区生态系统服务价值时空演变及预测[J]. 环境科学, 2024, 45(10): 5912-5923.

- [18] 张百婷, 李宗省, 冯起, 等. 基于土地利用变化的 1990-2020 年祁连山地区生态系统服务价值演化分析[J]. 生态学报, 2024, 44(10): 4187-4202.
- [19] 张龙江, 赵俊三, 陈国平, 等. 基于 SDG15.3.1 的土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持学报, 2024, 38(2): 268-277.
- [20] 刘晖, 李春波, 韩旭龙, 等. 基于 Meta 分析的长白山地区土地利用变化与生态系统服务价值转移[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 293-300.
- [21] 马超, 王宏伟, 马晓芳, 等. 张掖市高台县黑河中游流域生态系统服务价值估算[J]. 湿地科学, 2021, 19(6): 762-766.
- [22] 杨阳, 窦艳星, 王云强, 等. 黄土丘陵沟壑区典型小流域生态系统服务权衡与协同关系研究[J]. 生态学报, 2022, 42(20): 8152-8168.
- [23] 刘洪秀, 赵华甫, 冯新伟, 等. 黑龙江农田生态系统服务权衡与协同[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(2): 160-171.
- [24] 曹顺爱, 吴次芳, 余万军. 土地生态服务价值评价及其在土地利用布局中的应用——以杭州市萧山区为例[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 197-200.
- [25] 梁守真, 李仁东, 朱超洪. 洞庭湖区生态服务价值变化区域差异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 196-200.
- [26] 陈戡, 李江风, 徐佳. 基于 GWR 的湖北省社会经济因素对生态服务价值的影响[J]. 中国土地科学, 2015, 29(6): 89-96.
- [27] 郭强, 戴文远, 苏木兰, 等. 快速城镇化地区建设用地扩张对生态用地及生态服务价值的影响——以福建省晋江市为例[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2015, 31(5): 91-98.
- [28] 朱利英, 魏源送, 王春荣, 等. 1980-2015 年北运河流域土地利用时空变异及其对生态服务价值的影响[J]. 环境科学学报, 2021, 41(1): 301-310.
- [29] 姚富明, 韦燕飞, 童新华. 贵港市土地利用转型及生态服务价值研究[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(15): 207-215.
- [30] 夏敏, 张子红, 赵炳梓, 等. 快速城镇化地区镇域生态用地变化模拟及其生态系统服务价值响应[J]. 土壤, 2018, 50(5): 1022-1031.
- [31] 闵捷, 高魏, 李晓云, 等. 武汉市土地利用与生态系统服务价值的时空变化分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 170-174.
- [32] 温玉玲, 张小林, 魏佳豪, 等. 鄱阳湖环湖区生态系统服务价值时空变化及权衡协同关系[J]. 地理科学, 2022, 42(7): 1229-1238.
- [33] 毋兆鹏, 张金燕, 王娟娟, 等. 精河流域绿洲土地利用及生态系统服务价值时空变化研究[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(9): 1168-1175.
- [34] 唐秀美, 刘玉, 任艳敏, 等. 基于需求的京津冀地区生态系统服务价值时空变化研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2021, 57(1): 173-180.
- [35] 范育蕾, 夏哲一, 魏雪, 等. 四个时期长江经济带湿地生态系统服务对景观格局响应研究[J]. 湿地科学, 2024, 22(1): 139-147.
- [36] 马晓琳, 郭莎莎, 徐扬, 等. 生态脆弱区生态安全格局构建研究[J]. 生态学报, 2023, 43(22): 9500-9513.
- [37] 韩增林, 赵文祯, 闫晓露, 等. 基于生态系统服务价值损益的生态安全格局演变分析——以辽宁沿海瓦房店市为例[J]. 生态学报, 2019, 39(22): 8370-8382.
- [38] 马月伟, 潘健峰, 蔡思青, 等. 生态系统服务社会价值与生态价值的权衡与协同关系——以普达措国家公园为例[J]. 地理科学, 2022, 42(7): 1283-1294.
- [39] 刘小波, 王玉宽, 刘勤, 等. 基于城市化梯度的中国西南地区生态系统服务权衡与协同[J]. 生态学报, 2023, 43(22): 9416-9429.
- [40] 张铭丹, 李运刚. 瑞丽江-大盈江流域生态系统服务权衡与协同关系研究[J]. 水土保持研究, 2023, 30(6): 415-422.
- [41] 超宝, 赵媛媛, 武海岩, 等. 2000-2020 年蒙古高原生态系统服务及其对气候因子的响应[J]. 干旱区地理, 2024, 47(9): 1577-1586.
- [42] 黄贞斌, 李红波. 武汉城市圈土地利用及生态系统服务价值时空演变多情景模拟[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(12): 2542-2557.