

基于文献计量学的国土空间景观格局与 生态系统服务关系研究

郭盈初, 张 军*

(东北林业大学园林学院, 哈尔滨 150040)

摘 要:近年来,随着全球气候变化、生态退化和土地利用冲突的加剧,国土空间景观格局优化和生态系统服务提升成为生态文明建设中的重要议题。研究通过文献计量学分析,使用 CiteSpace 和 Bibliometrix 探讨生态系统服务与景观格局交叉领域的研究进展。结果表明:国内研究起步较晚,且在国际研究网络中中国的影响力较为有限;与国际的合作相比,国内机构间的合作频度较低;生态系统服务与景观格局研究的主题不断扩展,逐步由单一的评价研究转向复杂的社会生态系统研究。明晰景观格局与生态系统服务之间存在着复杂的相互作用关系,高异质性与良好的景观连通性有助于增强生态服务,过度破碎化会降低生态服务功能。同时,对全球变化带来的新挑战和生态系统服务与景观格局的未来发展提供支持与建议。

关键词:生态系统服务;景观格局;风景园林;文献计量学

中图分类号:TU98 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)10-0018-15

0 引言

随着全球气候变化、生态退化和土地利用冲突问题的加剧,生态系统的结构、功能及其提供的服务发生显著改变,使得人类社会赖以生存和发展的生态基础遭到严重破坏。如何优化国土空间的景观格局,促进生态系统服务的供给,保障生态环境的可持续协调发展,成为当今社会关注的核心议题。联合国《2030年可持续发展议程》提出了“可持续城市和社区”“气候行动”“陆地生态保护”等多项目标,强调国土空间的优化与生态系统保护的协同作用^[1]。中国作为全球生态文明建设的重要推动者,在国家发展战略中明确指出要加强国土空间规划,优化国土空间景观格局,以促进自然资源高效利用,提升生态系统服务可持续供给能力^[2]。自然资源部于2019年启动的国土空间规划“一张图”系统^[3],通过构建“生态保护红线-环境质量底线-资源利用上线”三线管控体系^[4],为景观格局优化提供了制度保障。《全国国土空间规划纲要(2021-2035年)》明确提出构建“三区四带”国家生态

安全屏障,要求将生态系统服务价值纳入国土空间规划决策体系^[5]。2023年中央一号文件强调实施山水林田湖草沙一体化保护修复工程,标志着中国进入“全域全要素”生态治理新阶段^[6]。因此,探讨国土空间中景观格局与生态系统服务的相互作用关系,科学指导国土空间规划和生态保护措施,对实现可持续发展具有重要意义。

目前,国内外在生态系统服务与景观格局的交叉领域已形成较为系统的理论体系,并取得丰富的研究成果。近年来的研究表明,景观格局与生态系统服务之间存在着紧密的相互联系^[7]。不同的景观结构、斑块分布、多样性、连通性等特征,会对生态服务的提供产生直接影响^[8],而生态系统服务的质量和稳定性反馈于景观的空间结构与功能^[9],二者之间的关系已逐渐成为生态学、环境学和城市规划学等多个学科领域的交叉研究热点。现有文献多以个别案例研究为主,缺乏宏观的定量分析和全局视角。而文献计量学通过对大量文献数据的统计分析,不仅能够揭示学科领域的发展脉络、学术合作网络及重要研究方向,还能够发现潜在的研究空白与前沿问题,

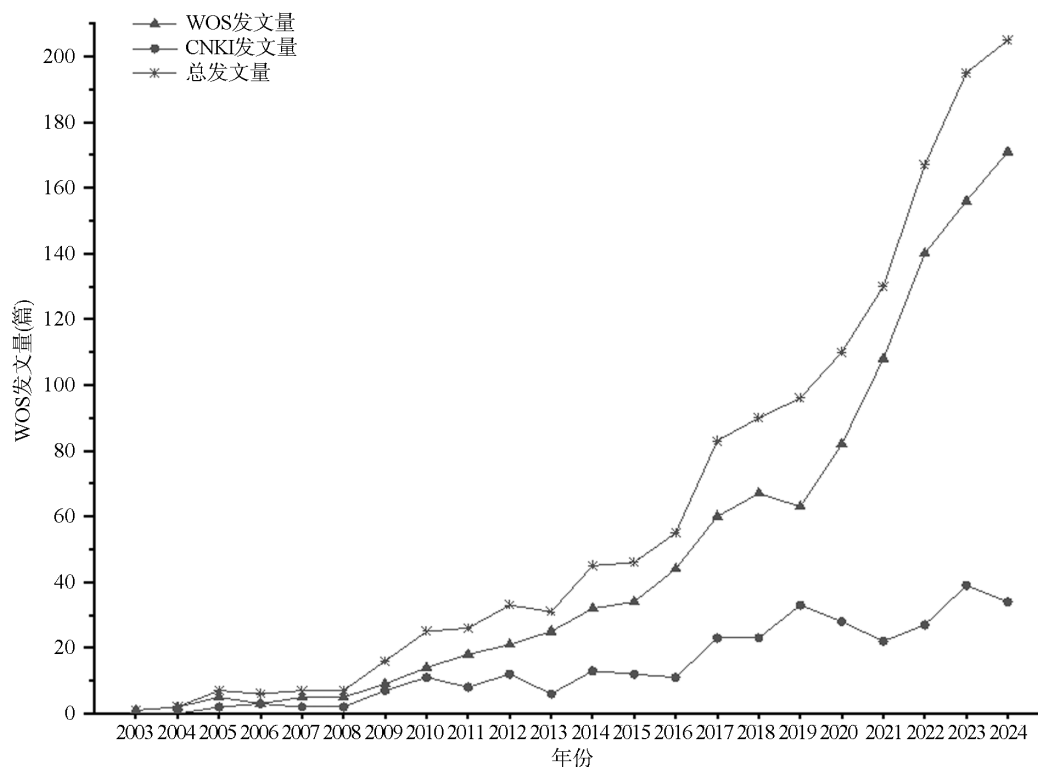


图1 国内外年发文章量统计图

为制定未来的研究方向和发展战略提供科学依据^[10]。因此,研究基于知识图谱,对中国知网和Web of Science 平台的文献进行可视化计量分析,旨在揭示国内外生态系统服务与景观格局交叉领域的研究进展,探讨该领域的核心研究主题、关键作者、主要研究机构及其合作网络。同时,通过分析研究热点与发展趋势,进一步揭示景观格局与生态系统服务的相互作用关系及演变脉络。

1 研究方法 with 数据收集

文献计量学是一种定量研究的方法,通过统计学和数学方法定量分析文献的各种属性,研究学术领域的结构、发展趋势、研究热点、学术影响力等,揭示学术研究和科学发展的规律与趋势。本研究综合运用 CiteSpace(6.2.4)和 R(4.4.2)语言的程序包 Bibliometrix,直观地分析有关研究领域的文献信息。CiteSpace 强调可视化分析^[11],直观地呈现领域内的研究结构、热点主题和演化趋势。Bibliometrix 适合进行大规模数据处理和定量分析^[12],尤其擅长引文分析、作者分

析、期刊影响力分析等。因此,将 CiteSpace 的可视化优势与 Bibliometrix 的定量分析优势相结合,有助于为学术研究提供更深刻地洞察,确保研究结果的全面性、准确性和深度。

研究通过 Web of Science(WOS)核心合集数据库和中国知网(CNKI)数据库获取数据,文献检索截止时间为 2024 年 12 月。在 Web of Science(WOS)核心合集数据库中以“Ecosystem services”和“Landscape patterns”为检索主题词检索英文期刊,检索文献类别限定为“Article”,经过人工除杂筛选后共得到国际文献 1065 篇。在中国知网(CNKI)数据库中使用高级检索以“生态系统服务”和“景观格局”为关键词进行检索,检索范围限定为期刊,并经过人工除杂筛选后最终共获取中文文献 318 篇。

2 结果

2.1 发文章量分析

依据 Web of Science(WOS)核心合集数据库和中国知网(CNKI)数据库获取的文献数据进行统计分析得到年发文章量统计图(图 1)。从总发

文量来看,生态系统服务与景观格局相关研究起始于 2003 年,2003 年 - 2008 年处于起始阶段,整体呈现不断增加的趋势;2009 年 - 2014 年为初步发展阶段,2009 年总体发文量突破 10 篇,自此步入稳步发展时期;2015 年至今为快速增长阶段,2015 年出台了联合国气候变化框架公约(UNFCCC)及巴黎协议等生态政策^[13],促进了生态系统服务与景观格局相关研究的发展,直至 2024 年末仍处于高速发展时期。

从国内和国际上的发文量来看,国际学界 2003 年就已发表生态系统服务与景观格局相结合的研究文献,而国内 2005 年才出现相关研究的文献,表明国内的研究在发展初期稍显滞后性。2005 年至 2010 年间国内与国际的年发文量均有增加,但国际的发文量更多。自 2011 年起国内发文量与国际上发文量的变化趋势具有较大差距。随着生物多样性和生态系统服务政府间科学平台(IPBES)的建立^[14],2011 年到 2019 年间国际上的发文量逐年稳步增加,国内外的年发文量差距不断拉大。在国内 2011 年至 2016 年间,该阶段的年发文量具有小范围波动,《生态文明体制改革总体方案》等生态政策的提出为生态系统服务与景观格局的相关研究提供了新的落脚点^[15]。2016 年至 2019 年国内年发文量不断增加,我国在 2016 年出台了《“十三五”生态环境保护规划》^[16],进一步推动了生态修复与绿色发展,该阶段是国内相关研究快速发展的黄金时期,但发文量仍低于国际。2019 年至 2024 年

间年发文量波动较多,处于发展的暂缓期,且国内发文量与国际发文量的差距更加显著。

2.2 发文机构

根据 CiteSpace 对机构发文量和合作关系的分析,国际文献中的机构数量明显高于中文文献,且国际机构间的合作更为频繁。在景观格局与生态系统服务的研究中,国际发文机构 394 个,国内机构为 304 个。国际发文量前 10 的机构主要来自中国、美国和法国(表 1),其中中国机构占比超过半数,中国科学院发文最多,共 103 篇。国际合作关系中(图 2),中国科学院、法国国家农业食品与环境研究院和加利福尼亚大学是主要合作核心,彼此联系紧密。这些机构及北京师范大学、澳大利亚国立大学、苏黎世联邦理工学院和北京大学在全球学术网络中具有较高的中心性和影响力。

国内发文量前 10 的机构大多数为高校(表 2),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发文最多,达 12 篇。国内机构的合作网络(图 3),以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和中国科学院大学为核心,形成了主要的合作网络。南京师范大学、中国环境科学研究院、中国地质大学(北京)等为次要核心,构成辅助性合作网络。尽管国内机构间合作关系密切,但相比国际合作,国内合作的频次、发文量和整体影响力仍有提升空间。

表 1 景观格局与生态系统服务相关研究中国际发文量前 10 的机构

排名	国际机构发文量频次/篇	国际文献发文机构
1	103	中国科学院
2	40	北京师范大学
3	33	中国科学院大学
4	26	中国地质大学
5	24	中国科学院生态环境研究中心(RCEES)
6	23	加利福尼亚大学
7	21	法国国家农业食品与环境研究院
8	21	北京林业大学
9	20	法国国家科学研究中心(CNRS)
10	20	中国地理科学与自然资源研究所



图2 景观格局与生态系统服务相关研究中国际机构合作关系图谱

表2 景观格局与生态系统服务相关研究中国内发文量前10的机构

排名	国内机构发文频次/篇	国内发文机构
1	12	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
2	11	中国科学院大学
3	6	陕西师范大学旅游与环境学院
4	5	南京师范大学地理科学学院
5	4	国土资源部土地整治重点实验室
6	4	南京农业大学公共管理学院
7	4	中国地质大学(北京)土地科学技术学院
8	4	中国地质大学(武汉)公共管理学院
9	4	武汉大学资源与环境科学学院
10	4	河南大学环境与规划学院
11	4	中国科学院地理科学与资源研究所
12	4	北京师范大学地理科学学部地表过程与资源生态国家重点实验室
13	4	宁波大学地理与空间信息技术系

2.3 发文作者分析

在发文作者数量方面,国际文献发文作者577人,国内作者128人,国际文献发文作者远高于国内作者。在发文作者合作网络方面(图4、图5),国际文献及国内文献的合作网络都较为分散,整体组团化特征不显著,但国际作者间

的联系程度更加密切。国际文献发文作者网络由 Schirpke, Uta、Plieninger, Tobias、Newton, Adrian C 为核心的主要组团构成主体构架,多个分散小组团作为辅助。中文文献发文者合作网络的主要组团分别以刘世梁、刘焱序、刘瑞清和杨树清为核心,其余组团分散度和独立性较高。

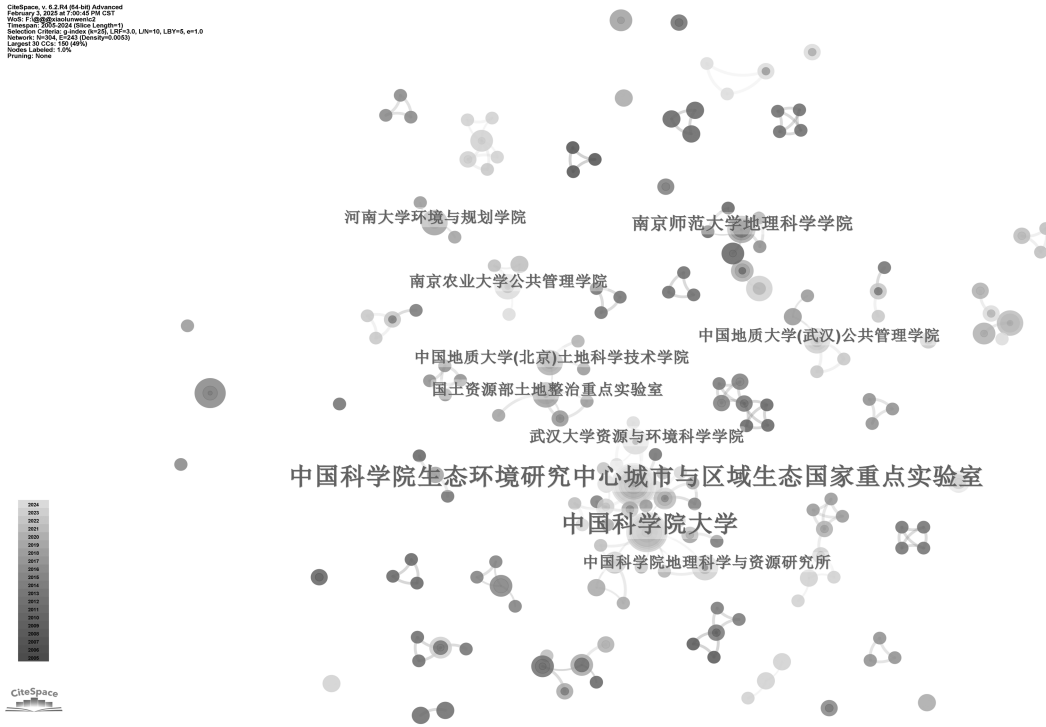


图 3 景观格局与生态系统服务相关研究中国内机构合作关系图谱

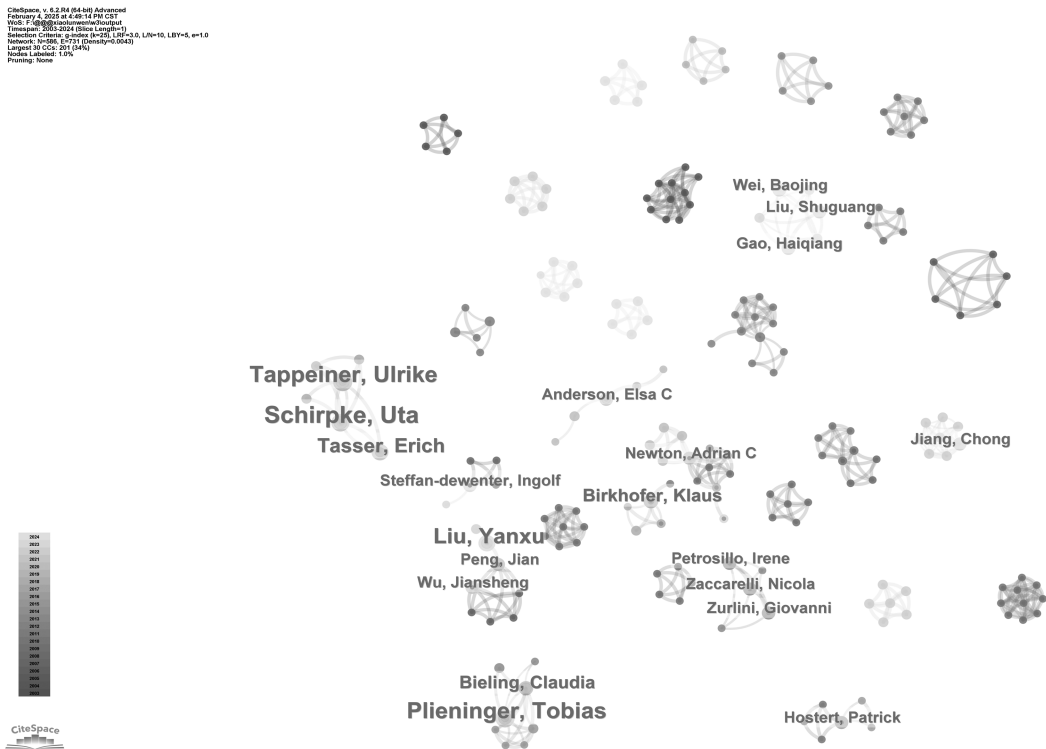


图 4 景观格局与生态系统服务相关研究国际文献作者合作关系图谱

2.4 国内外关键词时区图

关键词时间线图在文献检索分析中具有不可替代优势,能够直观展示研究领域的演变趋

势,并清晰揭示不同学科间的交叉点,帮助研究者识别兴起与衰退的研究主题。国际文献中关键词可分为 9 个主要类别(图 6、表 3),其中聚类

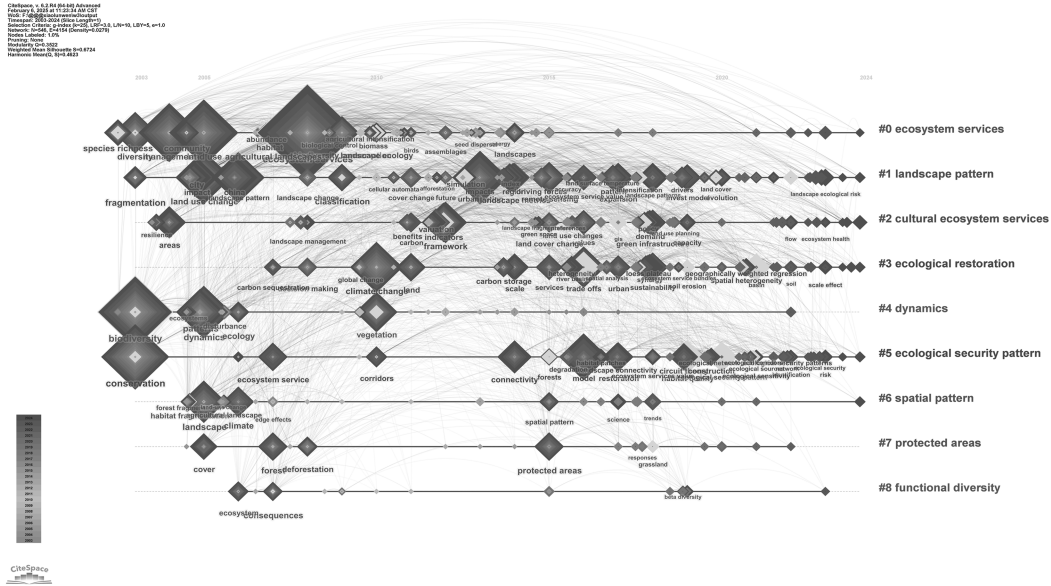


图 6 景观格局与生态系统服务相关研究中国际关键词时间线图谱

表 3 景观格局与生态系统服务相关研究中国际文献关键词聚类表

聚类号	聚类标题	关键词
#0	ecosystem services (生态系统服务)	ecosystem services(生态系统服务); land use(土地利用); management(管理); diversity(多样性); species richness(物种丰富性); community(社区); agricultural landscapes(农业景观)
#1	landscape pattern (景观格局)	land use change(土地利用变化); urbanization(城市化); landscape pattern(景观模式); impact(影响); city(城市); classification(分类); landscape metrics(景观度量); fragmentation(破碎度); remote sensing(遥感)
#2	culture ecosystem services (文化生态系统服务)	framework(框架); indicators(指标); valuation(评估); green infrastructure(绿色基础设施); policy(政策); challenges(挑战); carbon agriculture(碳农业); health(健康); cultural(文化)
#3	ecological restoration (生态恢复)	climate change(气候变化); trade offs(权衡); sustainability(可持续性); land(土地); basin(盆地); energy(能源); services(服务)
#4	dynamics (动态)	biodiversity(生物多样性); dynamics(动力学); patterns(模式); vegetation(植被); ecology(生态学); ecosystems(生态系统); disturbance(干扰); aboveground biomass(地面生物量)
#5	ecological security pattern (生态安全格局)	conservation(保护); landscape connectivity(景观连通性); habitat quality(生境质量); ecological security pattern(生态安全模式); restoration(恢复); circuit theory(回路理论)
#6	spatial pattern (空间模式)	landscape(景观); climate(气候); spatial pattern(空间模式); habitat fragmentation(生境破碎化); trends(趋势); agricultural landscape(农业景观); forest fragmentation(森林破碎化)
#7	protected areas (保护区)	forest(森林); protected areas(保护区); cover(覆盖率); deforestation(森林砍伐); grassland(草原); responses(响应); habitat loss(栖息地丧失); extinction risk(濒临灭绝的风险);
#8	functional diversity (功能多样性)	consequences(后果); ecosystem(生态系统); functional diversity(功能多样性); species diversity(物种多样性); richness(丰富度); ecosystem function(生态系统功能)

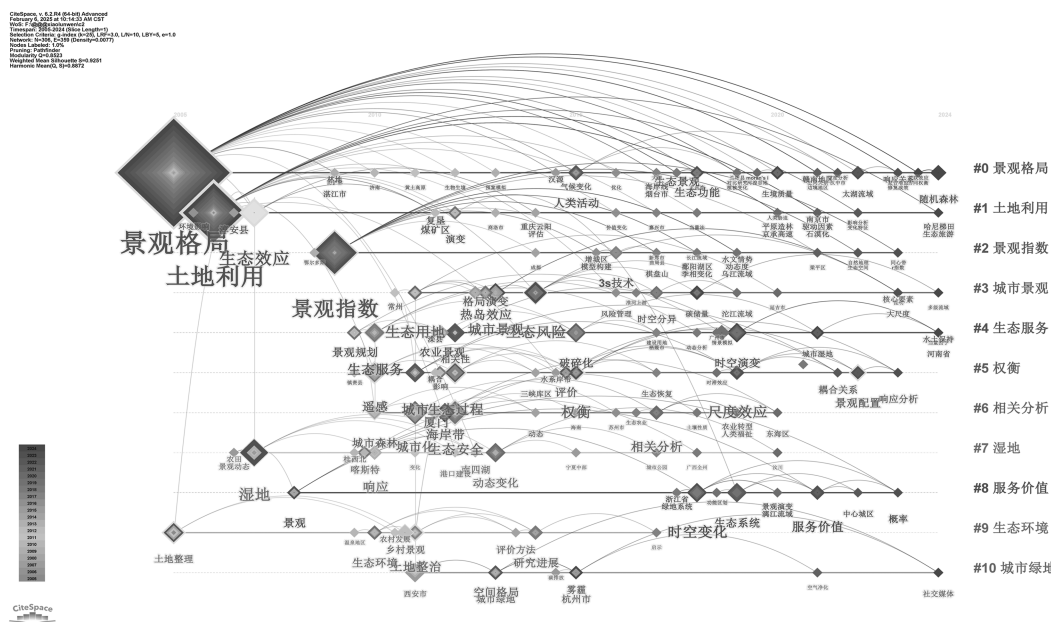


图7 景观格局与生态系统服务相关研究中国内关键词时间线图谱

聚类#7 湿地始于2007年,关注湿地的动态变化响应。聚类#8 服务价值的关键词多集中于研究后期,内容主要为生态系统的时空演变和生态系统服务价值。聚类#10 聚焦于城市绿地的空间格局及城市碳排放。

2.5 关键词突现

关键词突现是指某些关键词在特定时间段内突发性地出现,并迅速增加其频率,可揭示研究学术热点和前沿动态。本研究分别从国际和

国内两个角度,生成了生态系统服务与景观格局相关研究中10个影响力较大的突显关键词,结果如图8和图9所示。由图8可知,国际文献中“conservation(保护)”一词在2003年就被重点应用,突显强度最大为8.88。在国际前十的关键词突显中,研究可分为三个阶段,第一阶段(2010年)反映了景观格局与生态系统服务的研究逐渐聚焦植被在生态系统中的作用及其在景观尺度上的空间与时间变化,推动了生态系统服

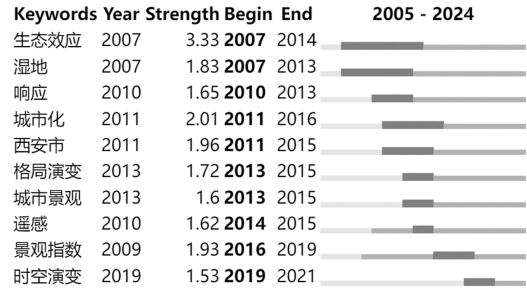
表4 景观格局与生态系统服务相关研究中国内文献关键词聚类表

聚类号	聚类标题	关键词
#0	景观格局	景观格局;人类活动;气候变化;生态功能;随机森林;太湖流域;生境质量
#1	土地利用	土地利用;生态效应;演变;分析框架;复垦;演化特征;煤矿区
#2	景观指数	景观指数;3s技术;南水北调;水文情势;动态度
#3	城市景观	生态风险;城市景观;生态用地;热岛效应;格局演变;碳储量;环境效应;时空分异
#4	生态服务	时空演变;生态服务;破碎化;相关性;景观规划;农业景观;城市湿地;情景模拟
#5	权衡	生态过程;遥感;城市;尺度效应;权衡;景观配置;评价;影响
#6	相关分析	生态安全;城市化;海岸带;相关分析;厦门;城市森林
#7	湿地	湿地;动态变化;响应;喀斯特
#8	服务价值	时空变化;生态系统;服务价值;景观
#9	生态环境	土地整治;研究进展;生态环境;乡村景观
#10	城市绿地	空间格局;城市绿地;雾霾;社交媒体;碳排放



务理论与评估方法的发展。第二阶段(2011 - 2013 年)图 8 显示景观格局与生态系统服务相关(生物多样性)、species richness(物种丰富性)、conservation(保护)、valuation(评估)、tradeoffs(权衡),标志着研究逐步进入生态服务评估与权衡分析的新时代,促进了多学科融合。第三阶段(2012 - 2021 年)则强调了生态系统服务的量化评估、文化维度的融入以及流域尺度的综合分析,为政策制定和资源管理提供了科学支持,推动了生态系统服务理论发展和实践应用。

国内关键词突现图如图 9 所示,突现强度最大的为生态效应,起始于 2007 年,强度为 3.33。生态效应涵盖了人类活动、自然过程、景观变化等因素对生态系统功能和供给的影响,强调景观格局对生态系统服务的促进或抑制作用。中文文献主要聚焦于景观格局变化、生态效应量化评估及人类活动的调节作用等方面,为生态修复、保护和资源管理提供了支持。国内文献突现强度前十的关键词可分为三个阶段,第一阶段



(2007 年)突现关键词为生态效应与湿地,研究集中在生态景观格局与生态系统服务景观破碎化及其对生态功能的影响国内关键词突现 GIS 技术评估湿地景观破碎化及其生态影响;第二阶段(2010 - 2016 年)研究逐渐转向城市景观格局变化及其对生态系统服务的影响,关键词如“响应”“城市化”“西安市”“格局演变”等,推动了城市景观的定量分析,为城市生态学和景观规划提供支持;第三阶段(2016 - 2019 年)景观格局与生态系统服务的研究进一步深化,聚焦于景观指数和时空演变的分析,强调景观变化的时空动态演化对生态服务的影响,为生态保护和景观规划提供了更加精细化的决策依据。

2.6 主题演变

国际文献主题演变展示了三个阶段,不同研究主题的演变趋势(图 10)。通过连接不同时间段中的关键词,可以观察到主题的变化、融合与

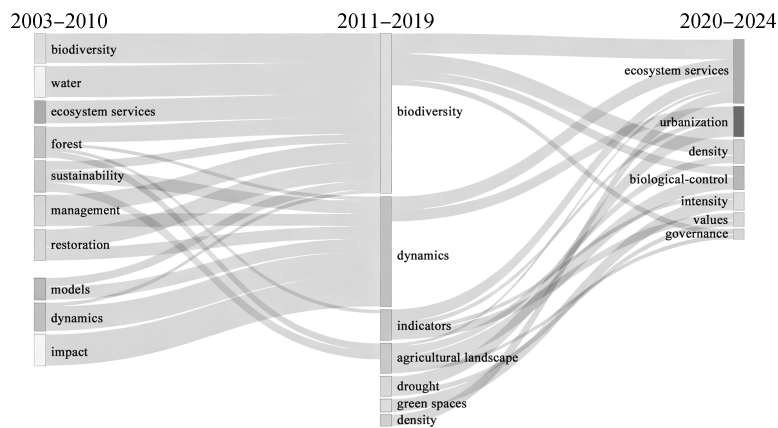


图 10 国际文献主题演变图

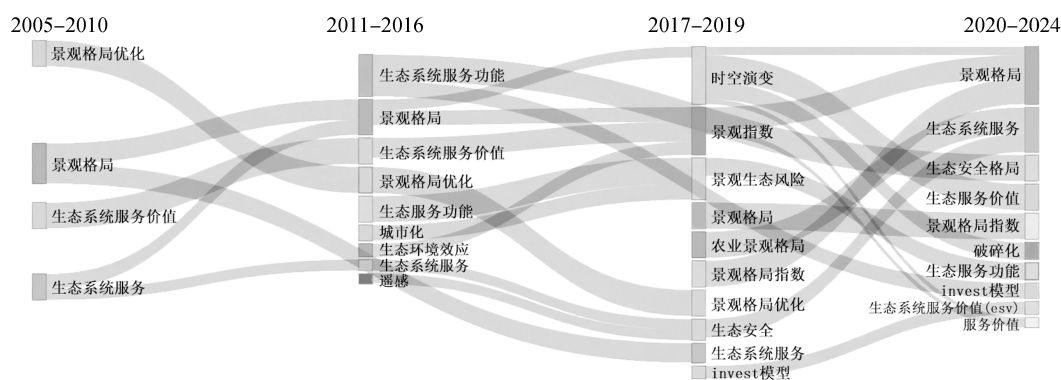


图 11 中文文献主题演变图

发展。2003 - 2010 年为早期研究阶段,主要关注可持续性和生态系统服务,研究集中在理解自然系统的功能、生态服务评估及环境资源保护管理,揭示供应服务与调节、文化服务之间的权衡关系,强调服务多样性与调节服务的正相关性^[17]。此外,有研究分析了农业用地对生物多样性及生态系统服务的影响,强调多样化景观能提升复原力和生态系统服务^[18]。2011 - 2019 年为多样化发展阶段,研究开始聚焦生态系统变化的动态过程和定量评估方法,推动生态保护理论向管理与政策工具的实质性转化^[19]。还有学者强调环境管理政策在恢复景观尺度的生态系统服务中的重要性^[20]。2019 - 2024 年生态系统服务与景观格局的研究中生态系统服务仍然占有较大比重。强调社会变革和城市化背景下生态系统功能的保持,以及生态服务、景观格局与城市化之间的关系^[21]。还有学者分析了“景观—气候—生态系统”间的关系,提出未来研究应关注生态服务变化对景观格局的反馈影响,从而提升区域可持续性^[22]。

国内文献主题演变展示了国内主题演变的四个阶段(图 11)。2005 - 2010 年为研究初期,主要集中在基础生态学 and 环境保护领域。研究内容多为生态系统服务的评价和生态修复方面的基础理论的构建。学者们探讨了生态系统服务价值与景观格局的响应关系,提出增加景观的蔓延度与有效网络面积和连通性、降低破碎度,可以增强生态系统服务价值^[23,24]。2011 - 2016

年为全面深化发展阶段,研究逐渐进入成熟期,气候变化、城市化和环境治理等新兴主题逐步纳入讨论。学者们更加关注人类活动对生态系统和景观格局的影响,将环境问题放置在全球气候变化和可持续发展的大框架下进行探讨^[25]。2017 - 2019 年为多学科综合研究阶段,学者们更加关注绿色基础设施、城市生态学等跨学科的研究,强调如何在城市化进程中融合生态保护与发展。傅伯杰院士提出景观格局、生态过程和生态服务之间的耦合关系,并提出基于生态服务的景观生态管理方法^[26]。2020 - 2024 年为第四阶段,这一阶段的研究逐渐聚焦于生态系统服务、景观格局与可持续性的结合,研究焦点逐步向解决现实问题的方向转移。有学者基于生态服务价值和景观格局分析提取生态源地,识别生态廊道,构建了生态安全网络格局,为生态保护政策提供参考^[27]。

与国际文献相比,国内文献早期更加聚焦于基础环境评估和生态修复,而国际文献早期即关注全球性环境问题和生态系统服务。随着时间的推移,国内文献逐渐与国际研究接轨,特别是在气候变化和可持续发展等全球问题上展现出前瞻性。

3 景观格局与生态系统服务间关系探讨

3.1 景观格局对生态系统服务的影响

景观格局是指景观中不同生态系统或土地利用类型的空间配置及其相互关系。它通过影

响生态过程、物质循环和能量流动,进而对生态系统服务的供给产生深远影响。基于前文的文献计量分析,近年来景观格局与生态系统服务关系研究逐渐成为生态学和环境科学领域的热点。关键词共现分析显示,景观格局的空间异质性、连通性、破碎化程度等特征是景观格局和生态系统服务相关研究中的高频关键词,这些特征直接决定了生态系统服务的类型、数量和质量。景观空间异质性通过影响生态系统功能的多样性,进而影响生态系统服务的提供。高异质性的景观通常包含多种生态系统类型能够提高生态系统的稳健性,并增强系统对环境变化的适应能力。研究表明,景观异质性越高,生物栖息地的丰富度越高,有利于维持生物多样性。例如,森林、湿地和农田的混合配置的区域异质性景观能够增强区域的水源涵养能力,同时提供粮食生产和生物多样性保护等多重服务^[28]。高连通性的景观能够促进物种迁移、基因流动和物质循环,有助于减少生境隔离,提高生物多样性,从而增强授粉、种子传播和碳储存等服务,进而维持生态系统服务的稳定性^[29],而破碎化的景观则会阻碍这些过程,导致生态系统服务功能的下降^[30]。景观破碎化对生态系统服务产生的负面影响也值得同样值得关注,高度破碎化的城市景观可能加剧热岛效应,削弱生态系统调节局部气候的服务能力^[31]。同时,景观过度破碎化会导致生境丧失和隔离、生态网络断裂,降低生态系统的稳定性和恢复力,进而影响生态系统服务的供给能力^[32]。

3.2 生态系统服务对景观格局的响应与反馈

基于前文的主题演变分析以及土地利用变化和景观恢复力等关键词的突显,反映了研究者对生态系统服务和景观格局之间的调节作用的关注。生态系统服务不仅受景观格局的影响,同时也通过反馈机制对景观格局产生反作用。生态系统服务的供给和需求变化会驱动土地利用和景观格局的调整,进而形成动态的相互作用关系。这种反馈机制在生态脆弱区尤为明显,在该区域生态系统服务的供给能力直接决定了土地

利用方式的优化方向。例如,黄土高原地区的退耕还林工程显著增加了植被覆盖率,改变了原有的农田景观格局,提升了区域的水源涵养和土壤保持能力^[33]。随着城市化进程的加快,人类对食物供给、水资源调节和休闲娱乐等生态系统服务的需求日益增长,生态系统服务的需求变化也会驱动景观格局的调整。例如,城市周边的农田可能被转化为建设用地,以满足城市扩张的需求,从而改变区域的景观格局^[34]。此外,生态系统服务的退化会引发景观格局的恢复与重建。生态系统服务的退化往往促使政府和社会采取生态修复措施,这一过程改变了区域的景观格局,具体可表现为生态恢复工程、景观重塑和自然保护措施。例如,湿地退化导致水源涵养和生物多样性保护服务下降,进而推动湿地恢复工程的实施,重新塑造了区域的景观格局^[35]。

3.3 景观格局与生态系统服务的新发展

随着全球变化和人类活动的加剧,景观格局与生态系统服务的关系研究面临新的挑战 and 机遇。未来的研究需要关注以下几个方面:

(1) 多尺度与跨尺度的研究。传统的景观格局与生态系统服务研究多局限于单一尺度,难以全面揭示其复杂关系。近年来,多尺度与跨尺度的研究逐渐成为热点。例如,在网格尺度和区域尺度的对比分析中,可以揭示生态系统服务在不同尺度下的权衡与协同关系,以及景观配置对生态系统服务供给能力的影响程度^[36]。网格尺度分析有助于识别局部景观要素对生态系统服务的精细化作用,而区域尺度研究则有助于理解宏观景观格局对生态系统服务供需关系的整体性影响。通过整合不同尺度的数据和方法,研究者能够更全面地理解景观格局与生态系统服务的相互作用。

(2) 增强生态网络的韧性与复合性。未来景观格局的优化不仅要提升生态连通性,还需融合气候适应性、可持续性、社会公平性等多重目标,打造更具弹性的生态网络^[37]。首先,突破传统最小累积阻力模型的静态局限,综合考虑气候变化、物种迁移等因素,优化生态连通性。例如,

基于气候适应型廊道设计,可以增强物种对极端天气的抵御能力。其次,实现城市-乡村生态网络耦合,加强城市与乡村之间的生态系统服务流动,将传统生态网络拓展至城乡景观体系,如优化农业景观的生态缓冲带,可以提升碳汇和水土保持功能^[38]。

(3)从静态评估走向智能化动态管理。传统的生态系统服务评估多基于静态数据,而未来的研究方向将逐步向智能化、动态化、实时反馈的综合评估模式转变。随着大数据、人工智能、遥感监测等技术的发展,生态系统服务的管理模式正从被动评估向主动优化演进,以实现更精细化的景观格局调控。例如,基于机器学习的遥感分析能够精准识别景观格局的时空变化特征,并预测其对生态系统服务供给能力的影响,从而为优化景观结构提供科学依据^[39]。此外,结合基因测序技术,可以深入解析不同景观格局对生物多样性的影响,提高生态系统健康监测的精确度。同时,物联网与高分辨率遥感技术的结合,为构建动态监测体系提供了可能,使得研究者能够实时评估景观格局变化对生态系统服务供给的影响。例如,通过高精度传感器网络对城市绿地的微气候调节功能进行动态监测,可优化绿地布局策略,以最大化缓解城市热岛效应^[40]。数字孪生技术的应用,使得生态系统的虚拟仿真成为可能,从而能够实时模拟和预测不同景观管理策略下的生态系统服务变化^[41]。这种技术手段不仅有助于揭示景观格局与生态系统服务之间的复杂动态关系,还能够增强决策的科学性,提高公众参与度,并促进政策制定的透明化和精准化。

4 结语

研究通过文献计量学分析,结合 CiteSpace 和 Bibliometrix 工具,系统梳理了生态系统服务与景观格局交叉领域的研究进展,揭示了国内外该领域的发展脉络、关键主题、主要研究机构及作者合作网络,为未来研究提供了理论支持和实践指导。

(1)在文献研究概述方面。自 2003 年起,生态系统服务与景观格局的研究逐步发展,近年来进入快速增长阶段。国内研究起步较晚,影响力较为有限,但随着政策支持和环保意识的提升,研究数量和质量逐步增长。国际上,中国科学院、加利福尼亚大学和法国国家农业食品与环境研究院等机构成为学术核心,而国内则以中国科学院生态环境研究中心和北京师范大学为中心,国内合作频度较低,跨学科合作亟需加强。

(2)在研究内容与热点趋势分析方面。从早期的生态安全格局和景观模式的关系,到中期的文化生态服务、土地利用变化、生态保护等问题,再到近些年集中在气候变化、功能多样性及其与生态系统服务的关系等方面,研究焦点逐步从传统的自然景观格局向更为综合和复杂的社会生态系统转变,涉及的研究方向越来越多元。

(3)景观格局与生态系统服务的关系方面。研究内容逐步从传统的自然景观格局转向更为复杂的社会生态系统。景观的空间异质性、连通性和破碎化程度对生态系统服务的供给产生深远影响,而生态系统服务的供给和需求变化也会反作用于景观格局的调整。随着全球变化和人类活动的加剧,未来研究应更加关注多尺度与跨尺度的分析、生态系统服务的权衡与协同、景观可持续性以及新技术的应用,通过多种技术手段与数据来源的整合,更加精准地揭示景观格局与生态系统服务的复杂关系,为科学的景观管理与生态保护提供决策依据。

参考文献(References):

- [1] Agbedahin A V. Sustainable development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, efficacy, eminence, and future[J]. Sustainable development, 2019, 27(04): 669 - 680.
- [2] 孙新章. 中国参与 2030 年可持续发展议程的战略思考[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(01): 1 - 7.
- [3] 黄滢冰, 徐启恒, 苏盼盼, 等. 国土空间治理视角下“多规合一”平台模式探讨[J]. 世界地理研究,

- 2019, 28(06): 88 - 97.
- [4] 岳文泽, 王田雨, 甄延临. “三区三线”为核心的统一国土空间用途管制分区[J]. 中国土地科学, 2020, 34(05): 52 - 59.
- [5] 中共中央 国务院. 全国国土空间规划纲要(2021—2035 年)[EB/OL]. (2022 - 10) [2025 - 03 - 20]. <http://www.mnr.gov.cn/>.
- [6] 中共中央 国务院. 关于做好 2023 年全面推进乡村振兴重点工作的意见[EB/OL]. (2023 - 02 - 13) [2025 - 03 - 20]. <http://www.moa.gov.cn/ztl/zhengcefabu/2023zyyh/>.
- [7] 许大为, 宁钰杭, 陈鹏. 基于文献计量分析的国土空间景观格局与生态风险交叉研究分析[J]. 黑龙江国土资源, 2024, 22(01): 30 - 37.
- [8] Huang J, Xia Z, Liu L. Impacts of landscape configurations on ecosystem services and their trade - offs across different landscape compositions[J]. *Ecosystem Services*, 2024, 70: 101666.
- [9] Li Y, Zeng C, Liu Z, et al. Integrating landscape pattern into characterising and optimising ecosystem services for regional sustainable development[J]. *Land*, 2022, 11(01): 140.
- [10] Öztürk O, Kocaman R, Kanbach D K. How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal[J]. *Review of managerial science*, 2024: 1 - 29.
- [11] Geng Y, Maimaituerxun M. Research progress of green marketing in sustainable consumption based on CiteSpace analysis[J]. *Sage Open*, 2022, 12(03): 21582440221119835.
- [12] Aria M, Cuccurullo C. bibliometrix: An R - tool for comprehensive science mapping analysis[J]. *Journal of informetrics*, 2017, 11(04): 959 - 975.
- [13] Bakhtiari F. International cooperative initiatives and the United Nations framework convention on climate change[J]. *Climate Policy*, 2018, 18 (05): 655 - 663.
- [14] 吴军. 生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台第一次全体会议在德国召开[J]. 生物多样性, 2013, 21(01): 135.
- [15] 中共中央 国务院. 生态文明体制改革总体方案[EB/OL]. (2015 - 09 - 21) [2025 - 03 - 20]. http://www.gov.cn/guowuyuan/2015 - 09/21/content_2936327.htm.
- [16] 国务院. “十三五”生态环境保护规划[EB/OL]. (2016 - 12 - 05) [2025 - 03 - 20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016 - 12/05/content_5143290.htm.
- [17] Raudsepp - Hearne C, Peterson G D, Bennett E M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(11): 5242 - 5247.
- [18] Tschamtk T, Klein A M, Kruess A, et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management[J]. *Ecology letters*, 2005, 8(08): 857 - 874.
- [19] Mitchell M G E, Bennett E M, Gonzalez A. Strong and nonlinear effects of fragmentation on ecosystem service provision at multiple scales[J]. *Environmental Research Letters*, 2015, 10(09): 094014.
- [20] Jones K B, Zurlini G, Kienast F, et al. Informing landscape planning and design for sustaining ecosystem services from existing spatial patterns and knowledge[J]. *Landscape ecology*, 2013, 28: 1175 - 1192.
- [21] Liu L, Chen X, Chen W, et al. Identifying the impact of landscape pattern on ecosystem services in the Middle Reaches of the Yangtze River Urban Agglomerations, China[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2020, 17 (14): 5063.
- [22] Gilman J, Wu J. The interactions among landscape pattern, climate change, and ecosystem services: progress and prospects[J]. *Regional Environmental Change*, 2023, 23(02): 67.
- [23] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 桂西北典型喀斯特区生态系统服务价值对景观格局变化的响应[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(05): 1174 - 1179.
- [24] 刘键, 陈尚, 夏涛, 等. 黄河三角洲湿地景观格局变化及其对生态系统服务的影响[J]. *海洋科学进展*, 2008, 26(04): 464 - 470.
- [25] 苏常红, 傅伯杰. 景观格局与生态过程的关系及其对生态系统服务的影响[J]. *自然杂志*, 2012, 34 (05): 277 - 283.

- [26] 王书明, 张志华. 景观格局——生态过程——生态系统服务的系统耦合——傅伯杰景观生态学思想述评[J]. 鄱阳湖学刊, 2017, 9(02): 78 - 83 + 127.
- [27] 崔嵩, 杜显磊, 贾朝阳, 等. 黑龙江省生态系统服务价值估算及其生态安全格局构建[J]. 环境科学, 2024, 45(11): 6489 - 6500.
- [28] 卢训令, 刘俊玲, 丁圣彦. 农业景观异质性对生物多样性与生态系统服务的影响研究进展[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4602 - 4614.
- [29] 黄秋淞, 何浩. 耦合生态系统服务和景观连通性的环塔里木盆地绿洲区生态安全格局研究[J]. 干旱区地理, 2024, 47(10): 1745 - 1754.
- [30] Zhang W, Fan Y, Wang B. Ecological Network Construction Based on Ecosystem Services and Landscape Pattern Indices in the Tabu River Basin[J]. Land, 2024, 13(12): 2209.
- [31] Jian L, Xia X, Liu X, et al. Spatiotemporal variations and multi - scenario simulation of urban thermal environments based on complex networks and the PLUS model: A case study in Chengdu central districts[J]. Sustainable Cities and Society, 2024: 105833.
- [32] Pu J, Shen A, Liu C, et al. Impacts of ecological land fragmentation on habitat quality in the Taihu Lake basin in Jiangsu Province, China[J]. Ecological Indicators, 2024, 158: 111611.
- [33] 谢展, 李萍, 刘文倩, 等. 气候变化和植被恢复对黄土高原水源涵养功能时空变化的影响[J]. 生态学报, 2024, 44(23): 10915 - 10935.
- [34] Zhang Z, Wang Q, Feng Y, et al. The spatio - temporal evolution of spatial structure and supply - demand relationships of the ecological network in the Yellow River Delta region of China[J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 471: 143388.
- [35] Guo R Z, Lin L, Xu J F, et al. Spatio - temporal characteristics of cultural ecosystem services and their relations to landscape factors in Hangzhou Xixi National Wetland Park, China[J]. Ecological Indicators, 2023, 154: 110910.
- [36] 陈俊辰, 贺淑钰, 薛晶, 等. 多尺度生态系统服务的权衡关系及其对景观配置响应——以湖北省为例[J]. 生态学报, 2023, 43(12): 4835 - 4846.
- [37] Xi H, Huang C, Ou W, et al. An assessment framework for landscape sustainability based on ecosystem service supply - flow - demand[J]. Landscape Ecology, 2024, 39(03): 57.
- [38] 刘敏, 曹蕾, 杨学亮, 等. 应对暴雨灾害的乡村生态空间韧性网络构建路径与优化策略——以北京佛子庄乡为例[J/OL]. 中国农业资源与区划, 1 - 21[2025 - 03 - 19]. net. webvpn. nefu. edu. cn/kcms/detail/11. 3513. S. 20240716. 1150. 026. html.
- [39] Huang X, Han X, Ma S, et al. Monitoring ecosystem service change in the City of Shenzhen by the use of high - resolution remotely sensed imagery and deep learning[J]. Land Degradation & Development, 2019, 30(12): 1490 - 1501.
- [40] Cheung P K, Nice K A, Livesley S J. Impacts of irrigation scheduling on urban green space cooling[J]. Landscape and Urban Planning, 2024, 248: 105103.
- [41] Shen J, Wang J, Wu T, et al. Building landscape ecological network with multi - scenario connectivity based on network fault tolerance index and networking technology in graph theory[J]. Ecological Indicators, 2024, 166: 112417.

作者简介:

第一作者:郭盈初,1999年生,女,内蒙古赤峰人,博士,东北林业大学,主要研究方向为景观生态规划、景观生态健康。Email:guo15232021@nefu.edu.cn;

通讯作者:张军,1971年生,男,哈尔滨人,博士,东北林业大学,教授,主要研究方向为城市规划、建筑设计、健康城市、城市遗产保护。Email:Zhangjun - nefu@nefu.edu.cn

Bibliometrics – Oriented Study on the Relationship between Landscape Patterns and Ecosystem Services in Territorial Space

GUO Yingchu, ZHANG Jun *

(College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: As global climate changes intensify, ecological degradation, and land use conflicts have underscored the need to optimize landscape patterns and enhance ecosystem services within territorial spaces, which are critical components of ecological civilization construction. This study utilizes bibliometric analysis with CiteSpace and Bibliometrix to examine the research progress at the intersection of ecosystem services and landscape patterns. The results indicate that domestic research in this field is relatively late, and its influence within the international research network remains limited. Additionally, collaboration among domestic institutions is comparatively low, while international cooperation is more frequent. The research focus is broadening, shifting from single – dimension evaluations to more complex studies of social – ecological systems. The study also reveals that landscape patterns and ecosystem services are intricately interconnected. High landscape heterogeneity and strong connectivity enhance ecological services, whereas excessive fragmentation diminishes the function of ecological services. Finally, the findings provide valuable insights and recommendations to address emerging global challenges and guide the future development of ecosystem services and landscape pattern research.

Key words: ecosystem services; landscape pattern; landscape gardening; bibliometrics