

文章编号:1001—7380(2023)01—0051—07

城市绿化生态功能评价研究进展 ——基于 CiteSpace 知识图谱分析

圣倩倩^{1,2,3,4},周成宇^{1,2},祝遵凌^{1,2,3,4,5*}

(1. 南京林业大学风景园林学院,江苏 南京 210037; 2. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心,江苏 南京 210037;
3. 南京林业大学金浦研究院,江苏 南京 210037; 4. 南京林业大学数字化创新设计研究中心,江苏 南京 210037;
5. 南京林业大学艺术设计学院,江苏 南京 210037)

摘要:对城市绿化生态功能进行科学合理的评价,可以为城市绿化的规划和管理提供参考,对人们正确认识和建设绿化起着重要的作用,为城市绿化生态功能的发挥提供重要的依据和保障。该文基于文献计量法、Citespace 软件对生态功能评价领域的发文数量、机构、学科、热点等进行可视化分析,并在阅读分析相关文献的基础上,对城市绿化生态功能的概念、类型等进行概述,总结了当前城市园林绿化生态功能评价体系的多样性,以期为今后城市绿化生态功能评价以及绿化建设管理提供借鉴和参考。

关键词:园林绿化;生态功能;评价体系;研究进展

中图分类号:Q14;Q146;S73;X173;X2 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2023.01.009

Progress of domestic research on ecological function evaluation of urban greening——based on CiteSpace knowledge mapping analysis

Sheng Qianqian^{1,2,3,4},Zhou Chengyu^{1,2},Zhu Zunling^{1,2,3,4,5*}

(1. College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
2. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
3. Jinpu Research Institute, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
4. Research Center for Digital Innovation Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
5. College of Art and Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract:A scientific and reasonable evaluation of the ecological function of urban greening can provide a reference for the planning and management of urban greening, and play an important role in the correct understanding and construction of greening, which provides an important basis and guarantee for the play of the ecological function. Based on bibliometric method and Citespace software, the number of publications, institutions, disciplines and hot spots in the field of ecological function evaluation, and on the basis of relevant literature, were dealt with the concept and types of ecological function of greening in garden cities were outlined and the diversity of the current ecological function evaluation system was summarized. The evaluation of the ecological function and the management of greening construction were expected.

Key words:Landscaping;Ecological function;Evaluation system;Research progress

收稿日期:2022-09-03;修回日期:2022-10-21

基金项目:江苏省社会科学基金青年项目“大数据背景下江苏城市绿化生态功能测评体系构建研究”(21GLC002);教育部人文社会科学项目“城市绿地生态效益测度与高质量协同发展新机制研究——以南京都市圈为例”(21YJCZH131);国家自然科学基金青年科学基金项目“城市道路绿地植物消减交通氮污染物的效应与机理研究”(32101582);江苏省自然科学基金项目“不同植被结构消减交通污染物二氧化氮的效应与机理研究——以南京市为例”(BK20210613);江苏省高等学校自然科学研究面上项目“江苏省乡土园林植物消减交通氮污染的机理及应用研究”(21KJB220008)

作者简介:圣倩倩(1989—),女,安徽蚌埠人,副教授,博士。研究方向:园林植物生态与功能应用。E-mail:qqqs@njfu.edu.cn

* **通信作者:**祝遵凌(1968—),男,河南固始人,教授,博士。研究方向:园林植物生态与功能应用。E-mail:zhuzunling@njfu.edu.cn

随着中国的城镇化率不断上升,城市化水平迅速提高,居民对绿色生态宜居的生活方式要求越来越高,城市绿化的建设和生态居住环境的创造逐渐成为人们关注的焦点。作为城市生态文明程度的象征,城市绿化逐渐成为人们亲近和感受自然的重要手段。其主要是通过植物的蒸腾、吸收、反射等方式,发挥降温增湿、固碳释氧、消减污染物、降低噪音、改善小气候等生态功能^[1],能够极大地提高人居环境舒适度,改善城市环境质量。而城市绿化建设相关评价体系的构建能够在指导城市绿化建设中发挥重要的作用,科学地评价可以为城市绿化的建设和管理提供科学合理的参考价值,进而为城市绿地生态功能和服务的有效发挥提供重要的理论和支持。近年来,针对城市绿化方面的评价体系不断更新,本文将在阐述城市绿化生态功能概念与内涵的基础上,总结城市绿化生态功能评价的指标以及评价方法,展望我国城市绿化建设的研究方向和发展趋势。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

以中国知网(CNKI)作为文献数据库来源,并以其他文献中所涉及的与本研究相关但未被检索到的文献作为增补,收集 2002—2022 年间城市绿化生态功能评价研究的相关文献。为了使检索更加全面准确,通过多次检索策略的比较,将检索条件设置为“关键词=(‘生态功能评价’)或关键词=(‘生态功能’且‘评价’)”,一共获取了 1 840 篇相关文献,经过人工筛选、去重等步骤去除无效论文以及相关性的不大的论文后,将最终获得的 1 470 篇生态功能评价相关文献导入到 Citespace 软件中进行可视化分析。

1.2 研究方法

本文主要采用文献计量法和 Citespace 可视化法对获取的相关文献进行分析,将相关文献的数量、学科特征以图表形式展现,领域相关热点动态以知识图谱可视化展现,通过图示语言的方式揭示生态功能评价领域的发展规律和变化趋势。近年来,该方法在城乡规划、园林绿化、生态学等学科也已初步得到应用。作为当前具有代表性的绘制知识图谱的工具之一,CiteSpace 软件主要是通过不同节点之间的连线,呈现出关键词出现的频率以及关键词之间的联系强弱,这样能够清晰直观地展示出

相关领域的热点动态^[2]。

2 理论基础及领域热点分析

2.1 城市绿化生态功能的内涵

作为城市绿色生态文明建设的重要组成部分,城市绿化生态功能是指绿化在人类日常活动中,直接或间接地提供和满足人类需求的能力。城市绿化能够不断发挥各项生态功能,维持和改善人居环境以及生态系统的稳定性,提高人居环境质量^[3]。在目前的研究中,城市绿化生态功能主要包括净化空气、水体和土壤,固氮释氧,涵养水源,调节小气候,降低噪音,维持生物多样性,提高人体身心健康,以及防护与减灾等^[4]。城市生态功能评价是指对城市绿化的各种生态功能进行实测或者模型模拟研究,以及从不同角度对整体生态功能进行综合评价。而城市绿化生态功能的强弱不仅取决于城市绿化建设的数量、组成结构、分布特征等,还和城市的经济、社会、相关人才科技水平、政府管理水平等要素息息相关。因此,在对城市绿化生态功能进行评价时,尽可能地选择科学且全面的指标类型,通过不同类型的指标对城市绿化生态功能进行评价对于城市绿化建设有着积极的作用,对推动城市生态宜居发展,解决城市人居环境问题具有现实意义。

2.2 研究热点的动态变化

2.2.1 生态功能评价研究文献数量时间分布概况

通过该领域相关发文数量及分布分析,可历时性地反映该生态评价领域的发展状况。从近 20 a 的文献发表年度数量及趋势来看,如图 1 所示,相关领域发文数量整体变化趋势为 2002 年到 2005 之间缓慢增加,2006 年快速增加,2006 年之后呈现波动型增长,增长趋势缓慢,整体发文趋势不太稳定,但总体呈上升趋势。从当前文献发表整体趋势来看,城市绿化生态功能评价研究发文数量将继续增长,绿化生态问题也将得到研究人员更大的重视。

2.2.2 Citespace 发表文献机构可视化结果分析

在 Citespace 软件中选择“institution”为节点类型,“年”为切割频率,对 2002—2022 年之间国内关于生态功能评价研究的文献机构和作者进行可视化分析,并对涉及学科的占比进行分析,如图 2,3 所示。从机构合作图谱上看,国内相关文献发文数量最多的机构是北京林业大学,为 37 篇,其次是中南林业科技大学 31 篇,其他还有中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院大学、福建农林大学等都位列前茅。综合来看,国内生

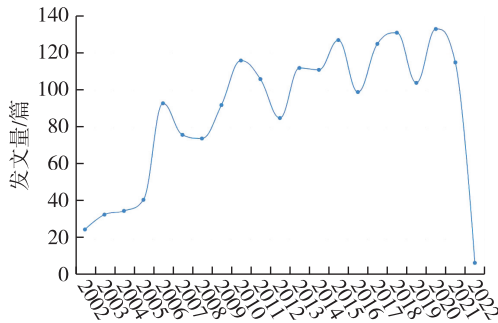


图 1 2002—2022 年国内生态功能评价文献数量

态功能评价研究的发文机构中,以北京林业大学为中心,其他相关研究院辅之,如中国科学院生态环境研究中心、中国环境科学研究院、中国环境监测总站等也对该领域的研究提供大量科研基础。从相关涉及学科来看,主要涉及学科是环境科学与资源利用,其次是林业、农业经济、建筑科学与工程、农业基础科学等。除此之外,也有一些跨学科领域,比如经济体制改革、计算机软件及计算机应用等学科。可以看出,城市绿化建设是需要多学科合作完成的任务。



图 2 国内发表文献机构分布

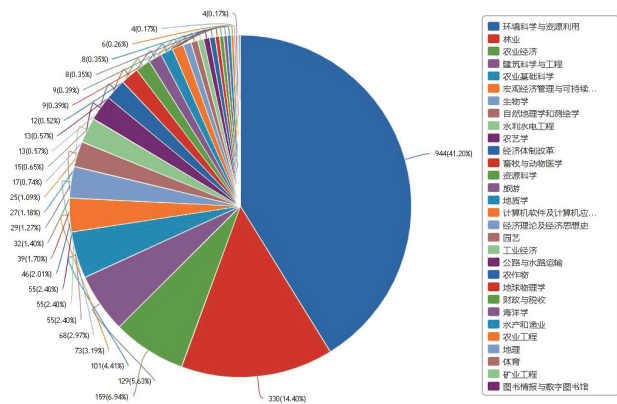


图 3 相关领域学科分布

2.2.3 关键词共现网络 在 Citespace 可视化软件中,选择关键词作为分析节点,年作为时间片段,得

到生态功能评价研究的关键词共现网络图谱(见图 4)。节点越大表明出现的频次越多,出现的时间越早,连接线越宽表示相关度越高。2002 年以来生态功能评价研究主要围绕着生态环境、园林植物、服务功能、土地利用、景观格局、水土保持、水源涵养、城市绿地、城市森林、湿地、生态空间、三维绿量、评价方法、指标体系等关键词展开。其中生态功能评价研究中出现频次频率较高的 2 个关键词分别是“评价方法”和“指标体系”,这表明在生态功能评价中,评价方法和指标的选择是相关研究中重点关注的对象,一直是生态功能评价研究的热点,受到国内学者的广泛关注。

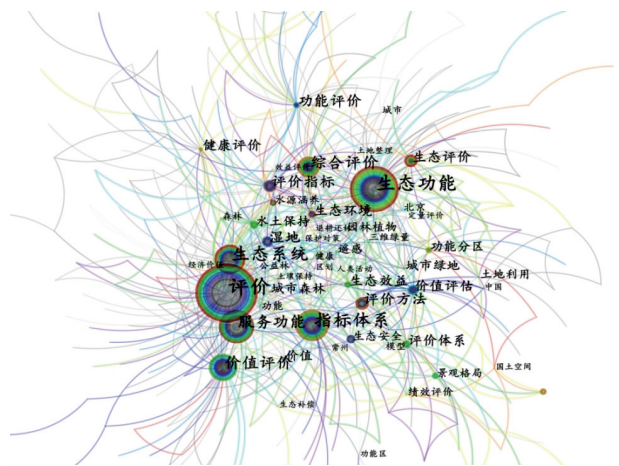


图 4 关键词共现图

3 城市绿化生态功能评价指标类型

近年来,有关城市绿化生态功能的评价方法和指标选择的研究不断更新,相关评价指标的数量和类型也在不断丰富和扩大,逐渐从传统的数量指标扩展到具有质量、结构与功能等特征的多维度、多层次的指标结构,以及扩展到社会、经济、管理等方面的综合指标类型,使得城市绿化生态功能相关评价更加全面。

3.1 数量指标

在城市绿化相关评价指标中,数量指标属于基础性指标,国内外在城市绿化建设中对城市绿地的数量指标都有着一定的要求。其中,国外一些发达国家对绿地数量指标的要求较高,人均绿地面积普遍为 13.5 m² 以上,甚至有的国家超过了人均 60 m²。而我国在 2005 年时,提出人均绿地面积仅 8 m² 的要求,这与国外发达国家在这方面的指标要求存在一定的差距^[5]。所以,在进行绿化相关评价时,往往

将数量型指标作为评价标准,而评估城市绿地功能最常用的指标有绿化率、人均绿化率、公园绿化面积等。1993年,国家建设部颁布的《城市绿化规划建设指标的规定》中将城市人均绿地面积、城市绿地覆盖率和城市绿地率作为基本指标用来评价城市绿地。随后,相关绿地标准中又加入了建成区绿地率、建成区绿化覆盖率、公园绿地面积等数量指标,这些指标已经成为城市绿化评价中最常用的指标^[25]。但是这些指标只是在二维层面上的指标,缺少了三维空间上的数据指标,难以准确衡量城市绿化发挥出的生态功能。随后,开始有学者将绿色容积率、绿视率、屋顶绿化面积、垂直绿化面积等数量型指标纳入绿化生态评价中,但由于这些指标测定比较复杂,实际应用的并不多^[6]。总体来说,我国在进行城市绿化评价中往往会以这些数量指标作为基础,其在一定程度上能够反映城市绿化的发展水平。

3.2 结构指标

城市绿化是否能发挥有效的生态功能,不仅与绿化建设的数量有关,还与城市绿化整体的结构和空间布局密切相关。有研究表明当绿地覆盖率小于40%时,城市绿化建设整体空间结构对生态功能的影响更加显著。所以,在城市绿化建设时,需要合理规划整体结构和布局,在保证有一定数量指标的基础上,使城市整体绿地空间结构更加优化,最大化发挥城市绿地的生态功能^[7]。随着科学技术的发展,越来越多的学者利用3S技术获取绿地的结构指标。如李博等通过RS、GIS软件,计算出城市绿地的优势度、多样性、破碎度、聚集度、连接度和可达性等结构型指标,对城市绿地功能进行评价^[8]。芮建勋在对上海市绿地景观嵌套结构分析时,选择了斑块数量、斑块面积标准差、面积均值、周长均值、分维数等指标^[9]。蔡春雨基于GIS软件计算出公园的斑块类型的总面积、斑块数量、景观类型比例、平均斑块面积等指标,对公园绿地进行景观单元特征分析^[10]。马亚兄等利用遥感影像获取样地信息,计算出多样性指数、蔓延度指数、景观均匀度、分形维数、聚集度指数、斑块密度指数、形状指数等结构型指标^[11]。韩笑等选择蓝绿空间占比、蓝绿融合度、蓝绿用地连通度3个指标评价城市生态系统的整体水平^[12]。赖传芳等以资源状况、高效利用、绿色保护及品质生活4个方面对自然资源生态环境功能进行综合评价^[13]。

3.3 质量指标

质量型指标是近年来研究的热点,目前研究较多有乡土树种比例、生物丰富度、综合物种指数、经济林木比例、绿量、生物丰富度、植物配置合理性、植物群落结构多样性等指标^[14-15]。作为城市绿化指标体系中的三维层面指标,三维绿量在1994年就被提出,但由于测算困难,在绿化评价中没有得到大量运用,随着测量方法的更新发展,该指标也成为了近年来研究绿化评价中的热点指标^[16]。在对城市绿地的研究中,仅仅使用二维绿化指标不足以反映出城市整体绿化水平。因此,作为城市绿地的三维立体指标,三维绿量的研究也将引起越来越多学者的关注。由于当前该类指标研究仍不成熟,数据获取困难,在研究时通常会被忽略,但将成为今后绿化生态评价研究的重要发展方向。

3.4 功能指标

城市绿化功能指标是可以直接反应绿化发挥效益好坏的指标,在我国城市绿地评价研究工作中应用较多。当前,评价指标主要集中在生态功能指标的研究,如固碳释氧、增湿降温、降低噪音、消减污染物等常见指标,除此之外还有很多学者使用环境噪声达标区覆盖率、绿地不透水面的比例、城市空气质量优良率等指标。武静选择PM_{2.5}、PM₁₀、二氧化硫、二氧化氮年平均浓度和空气质量达标天数等5个绿化功能指标,对山西省各级市城乡绿化的生态效益进行评价^[17]。随着大数据的发展,很多指标可以通过公共大数据、软件模型等方式获取,为指标的定量研究提供一定便捷。古润泽等通过建立绿量计算模型,得到城市园林植物吸收CO₂、释放O₂、增湿降温等功能的定量计算方法,并且开发了绿化生态效益评价系统^[18]。王颖等利用i-tree模型定量计算出临安钱王陵公园植物发挥的节约能源、截留雨水、吸收CO₂和改善空气质量等生态效益^[19]。周伟等使用CITYgree模型对城市绿地植被碳存储量及年固碳量进行估算^[20]。除此之外,还有学者引入了居民满意度、市民参与度、居民对城市绿化的需求程度、服务盲区比例、服务人口比例等社会功能指标,以及能够间接反映出城市绿化经济价值的指标,如人均GDP、城镇居民人均可支配收入等经济指标^[21-22]。

3.5 综合评价指标

除了上述单个评价指标的选取外,很多学者将不同类型的指标结合起来构建综合指标体系,包括

社会、经济、管理等其他因素指标,以此对城市整体绿化建设、生态功能发挥进行综合评价。刘滨谊等提出以使用功能、环境质量、结构形态与安全性、经济效益、景观效益等构建城市绿地系统综合评价指标体系^[23]。严晓等在结构与功能 2 个层面选择了类型丰富度、绿色量、分布均匀度、环境效益、气候区效益几个方面的指标群构建城市绿地生态效益综合评价体系^[24]。赵华等选择了技术因素、社会效益、经济效益和生态效益等因素构建了城市绿地节水灌溉效益综合评价^[25]。张利华等提出绿地生存环境优良性、绿地健康状况、居民对绿地感知认识等方面的指标选择新视角,以此构建城市绿地生态系统功能综合评价体系^[26]。庄乾达等从森林的状态、效益、发展 3 个方面构建森林城市建设综合评价^[27]。於青从生态、经济、社会 3 个角度构建海绵城市建设综合效益评价^[28]。王建廷等基于数量特征、社会管理因素及生态功能 3 方面指标构建了城市绿色空间评价指标体系^[29]。张玉等选择了结构、功能、协调度、福祉等 4 个方面的指标构建生态城市综合评价^[30]。张武林等选择了空气质量、热岛效应、植被绿化、资源节约、城市交通、城市空间等方面的评价指标,对西安城市更新项目生态效益的满意度进行了综合评价^[31]。

表 1 生态功能评价主要方法

评价内容	类型	评价方法
生态功能	模型模拟法	City green 模型、i-tree 模型、The Pathfinder 系统、National tree benefit calculator 模型
	指标评价法	德尔菲法(Delphi)、层次分析法(AHP)、主成分分析、模糊评价法、指数法、综合评价法、人工神经网络模型、PSR 框架模型
	价值评估法	市场价值法、替代成本法、重置成本法、避免成本法、享乐价格法、支付意愿法

4.2 城市绿化生态功能评价指标权重的确定

如表 2 所示,目前,评价指标权重的确定主要包括主观、客观以及主客观相结合的 3 种类型方法。主观评价法有层次分析法、德尔菲法、模糊综合评价法等方法。而层次分析法是目前应用最广的指标权重确定方法,该指标评价主要是通过专家咨询来确定权重,用定量的形式判断各元素两两之间的相对重要性,用特征向量作为对应权重^[32]。但是,由于层次分析法、德尔菲法等方法得到的结果较为主观,目前很多学者开始使用一些客观的评价方法,以及主客观相结合的方法。方法主要有主成分分析法^[33]、因子分析法^[34]、变异系数法^[35]、熵权法^[36]、熵权法与层次分析法相结合^[37]、等值权重法^[38]、BP 神经网络综合评价法^[39]等确定指标权重。

4 城市绿化生态功能评价方法的研究现状

4.1 城市绿化生态功能评价运用的主要方法

城市绿化生态功能评价的相关研究,一直以来都是探究城市生态价值的热点话题。城市绿化功能的评价是一个理论和实践结合的复杂问题。随着我国对城市绿化生态建设的不断发展,评价方法也在不断更新,已从最初的定性、定量研究更新发展到现在的定性、定量相结合的研究方法。然而,由于城市绿地功能的复杂性,评价的目标、内容和重点各不相同,所依据的理论和采用的方法也不尽相同,加上缺乏相应的严格标准,使得评价方法和指标的选择更加混乱。如表 1 所示,目前,用于评估城市绿化生态功能的主要方法有指标评价法、价值评估法以及模型模拟法。指标评价法主要是采用不同方面的指标对评价目标进行综合评价;价值评估法是将各项生态功能进行货币化计算,能够直观地对生态功能进行量化;模型模拟法则是基于大量数据、计算公式建立的模型,对生态功能进行评价。目前,对于城市绿化相关的评价,多使用指标评价法,通过不同层级的指标进行综合评价。

4.3 指标标准化处理

指标的标准化处理是确定指标权重过程中的一个重要步骤,这一步操作可以避免指标量纲不同产生的误差。目前,相关的处理方法主要有隶属度法、标准分级赋分法、单因子评价法、规范公式法等。其中,隶属度法是目前较为通用的标准化处理方法之一,该方法通过构建隶属度向量实现指标的标准化^[40]。除此之外,标准分级赋分法也是较为常见的应用方法,主要是将各指标实际值与评价标准分级进行类比,从而确定各指标的得分值。除上述 2 种主要的标准化方法外,还有极差法^[41]、规范公式法^[42]、极值法^[43]、单因子评价法^[44]等。

表 2 指标权重的确定方法

分类	方法	基本原理	优点	缺点
主观评价法	层次分析法	将复杂的目标或因素逐步拆分,通过专家打分来量化指标的重要性程度,从中做出最优选择	系统性强、定性和定量相结合,计算思路 and 过程也比较简单明了	主观性强,仅能在已知方案里选择最佳方案。
	德尔菲法	将问题交给相关领域的专家并征得其意见后,开展整理、归纳、修改、统计等工作,再进行多轮类似的流程,直至最后专家意见一致	可以让每位专家独立做出自己的判断,充分运用自身的学识和经验;且经过数轮反馈后,专家意见将逐渐趋同	评价流程繁琐,需要专家多轮评估,结果较为主观。
	模糊综合评价法	根据隶属度将评价指标进行量化,首先对每一个影响因素单独进行评价,然后再对所有的影响因素综合进行评价,最终得出评价结果	能够将复杂的数据简化,提取的因子变量解释能力较强	评价周期较长;时效性很低;计算比较复杂。
客观评价法	灰色关联度分析法	关联度即 2 个系统中的因素直接的关联性,根据样本数据用灰色关联度来表达各种影响因素之间的关系	能够减少主观因素的影响;有助于解决某些难以统计和量化的问题	数据要求比较严格,在分析中不容易发现数据错误。
	因子分析法/主成分分析法	它的核心就是降维,从所有变量中提取较少的公共因子,用于描述所有指标或者因素之间的关系	能够将复杂的数据简化,提取的因子变量解释能力较强	数据要求比较严格,在分析中不容易发现数据错误;
	熵权法	根据指标含有的信息量来确定指标的权重	计算结果精确度高;适用于大多数指标权重的赋值	缺乏指标之间的横向对比;对样本依赖性较强。
	变异系数法	直接利用各项指标所包含的信息,通过计算得到指标的权重	指标取值差异越大的指标,越能反映被评价单位的差距	不适合指标取值差异较小的指标。
	聚类分析	指将物理或抽象对象的集合分组为由类似的对象组成的多个类的分析过程	用作描述数据,衡量不同数据源间的相似性,以及把数据源分类到不同的簇中	一般聚类个数在 4-6 类,不易太多,或太少。

5 结论与展望

本文借助 Citespace 软件,从宏观层面对国内城市生态功能评价的相关文献进行可视化分析,探讨该领域的发展趋势以及近期的研究热点,并对国内相关评价指标、方法等进行梳理,得到以下结论:

(1)从发文量来看,2002—2022 年生态功能评价相关文献数量不够稳定,波动较大,但总体呈上升趋势。

(2)从机构和学科发文来看,在生态功能评价研究领域中,以高校和研究机构为主体,形成了广泛合作研究的态势;国内研究成果多出自于北京林业大学、中南林业大学等,其他成果分散在各类高校及研究机构,研究主体相对多样化、分散化。除此之外,涉及的相关学科也较为多元,结合了环境科学与资源利用、林业、农业经济等领域,以及经济体制改革、计算软件及计算机应用等跨学科领域。随着经济社会发展,在未来相关领域的研究中,基于多学科视角的评价体系得以持续推进,研究内容可能会倾向在更宏观的尺度上探讨城市绿化生态功能综合评估机制上。

(3)关键词聚类图分析可得,国内文献关键词聚类前几个主要包含评价、生态功能、服务功能、指

标体系、价值评价、生态系统评估等。可以看出,国内关于生态功能评价的研究关注点重合度较高,重点关注生态功能、价值、评价方法以及指标选择等。

(4)对评价方法及指标选择进行总结归类,目前相关评价方法主要有指标评价法、价值评估法以及模型模拟法等,评价的权重确定方法主要有层次分析法、德尔菲法、主成分分析法、因子分析法、变异系数法、熵权法、熵权法与层次分析法相结合、等值权重法、BP 神经网络综合评价法等方法。

通过对近 20 a 生态功能评价的相关研究领域分析,当前关于城市生态功能评价方法多是借鉴国外的相关方法和模型,并且评价方法杂乱,评价指标数据获取困难。建立符合我国地区环境的生态环境功能评价模型,完善城市绿化生态功能评价体系的构建是未来城市生态功能评价的重点研究方向。优化城市绿化开发格局,提高城市环境资源开发能力,推进新型城乡绿化建设是城市生态文明建设的重要任务。在对城市绿化生态评价时应重视理论研究与应用需求的对应性,注重原始指标数据的累积,将城市绿化生态相关的价值评估、环境治理过程等纳入政府实际决策,并重视城市居民对绿化建设的认知与意见,为今后城市绿化生态功能评价提供基础,以实现城市生态功能最大化发挥。

参考文献:

- [1] 刘宇,杜兵,王立清.包头市城市园林绿化生态效益定量评价[J].国土绿化,2008(8):48-49.
- [2] 王俊帝,刘志强,邵大伟,等.基于 CiteSpace 的国外城市绿地研究进展的知识图谱分析[J].中国园林,2018,34(4):5-11.
- [3] 田国行,杨文峰.郑州城市绿地生态效益与优化配置研究[J].河南科学,2001,3(19):300-303.
- [4] 李煜珊,欧阳志云.应重视城市绿地的生态功能研究[J].科技导报,2013,31(21):11.
- [5] 国家建设部.建城[2000]106号,国家园林城市标准[S].
- [6] 孙娇.城市景观建设生态功能评价研究[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [7] 魏斌,王景旭,张涛.城市绿地生态效果评价方法的改进[J].城市环境与城市生态,1997,10(4):54-56.
- [8] 李博,宋云,俞孔坚.城市公园绿地规划中的可达性指标评价方法[J].北京大学学报(自然科学版),2008,44(4):618-625.
- [9] 芮建勋.上海市城市绿地景观空间格局研究[J].生态科学,2006(6):489-492.
- [10] 蔡春雨.基于 GIS 的北京市公园绿地空间格局及演变机制研究[D].北京:北京林业大学,2020.
- [11] 马亚兄,张志斌,笪晓军,等.2007—2016 年嘉峪关市城市绿地生态评价及障碍因子分析[J].地球环境学报,2020,11(3):292-301.
- [12] 韩笑,单峰,贾茵,等.新时期城市园林绿化评价指标研究——以徐州市为例[J].中国园林,2021,37(12):20-25.
- [13] 赖传芳,胡莉,谭森.多指标综合评判在生态功能区自然资源综合评价中的应用——以重庆市两翼地区为例[J].农村经济与科技,2022,33(9):64-67,92.
- [14] 严晓,王希华,刘丽正,等.城市绿地系统生态效益评价指标体系初报[J].浙江林业科技,2003,23(2):68-72.
- [15] 荣冰凌,陈春娣,邓红兵.城市绿色空间综合评价指标体系构建及应用[J].城市环境与城市生态,2009,22(6):33-37.
- [16] 刘立民,刘明.绿量——城市绿化评估的新概念[J].中国园林,2000,16(5):32-34.
- [17] 武静.山西省城乡绿化的生态效益评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(6):178-184.
- [18] 古润泽,李延明,谢军飞.北京城市园林绿化生态效益的定量经济评价[J].生态科学,2007(6):519-524.
- [19] 王颖,蔡建国,张哲琪,等.临安钱王陵公园植物群落结构及生态效益分析[J].浙江农林大学学报,2020,37(4):729-736.
- [20] 周伟,李浩然,黄露,等.重庆市南岸区城市绿地演变及其固碳效益研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2020,39(7):121-125.
- [21] 李文军,袁晓玲.常德生态城市评价指标体系构建及指标值动态变化研究[J].科技创新与生产力,2022(8):85-88.
- [22] 郑西平.北京城市绿地系统功能评价与发展策略[D].北京:北京林业大学,2011.
- [23] 刘滨谊,姜允芳.论中国城市绿地系统规划的误区与对策[J].城市规划,2002(2):76-80.
- [24] 严晓,王希华,刘丽正,等.城市绿地系统生态效益评价指标体系初报[J].浙江林业科技,2003,22(2):68-72.
- [25] 赵华,高本虎,高占义.城市绿地节水灌溉效益综合评价方法[J].中国水利水电科学研究院报,2006,4(2):145-150.
- [26] 张利华,邹波,黄宝荣.城市绿地生态功能综合评价体系研究的新视角[J].中国人口·资源与环境,2012,22(4):67-71.
- [27] 庄乾达,郑国全.浙江省森林城市建设综合评价研究——以杭州市为例[J].林业资源管理,2016(3):122-127.
- [28] 於青.南京市江心洲海绵城市建设综合效益评价研究[D].南京:南京大学,2018.
- [29] 王建廷,员彦文,张新洲,等.京津冀城市群城市绿色空间综合评价研究[J].城市与环境研究,2018(1):55-65.
- [30] 张玉,徐岩,邓鹏翔,等.面向全球城市的生态城市评价体系构建及建设经验研究[J].生态经济,2022,38(9):103-110.
- [31] 张武林,范明月,史辉情.基于市民满意度的城市更新生态效益评价研究——以西安幸福林带为例[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2022,14(2):167-177.
- [32] 邹波,邵丹娜,张利华.城市绿地生态综合评价体系构建及实证分析[J].中国人口·资源与环境,2013,23(7):49-54.
- [33] 周洋,侯淑婧,宗科.基于主成分分析方法的生态经济效益评价[J].统计与决策,2018,34(1):66-69.
- [34] 郝文渊,李文博,王忠斌,等.西藏拉萨河谷拉鲁湿地生态系统健康评价[J].干旱区资源与环境,2013,27(5):95-99.
- [35] 李伟.基于变异系数法的模糊数学模型在城市生态系统健康评价中的应用[J].环境保护与循环经济,2013,33(11):24-27,38.
- [36] 张建军,罗静.基于熵权法的武汉生态城市建设评价[J].资源开发与市场,2011,27(10):887-889.
- [37] 杨天翼,赵强,王奎峰,等.基于层次分析法和熵权法综合评价山东省水生态安全[J].济南大学学报(自然科学版),2021,35(6):566-571,579.
- [38] 罗遵兰,赵志平,孙光,等.松花江流域湿地生态系统健康评价[J].水土保持研究,2015,22(1):106-109,114.
- [39] 郑士腾,孙海龙,罗康洋,等.基于 BP 神经网络的湿地道路生态景观综合评价研究[J].中外公路,2017,37(1):309-314.
- [40] 孙超,陈文,刘逸凡.基于 AHP 法的模糊综合模型在流域生态健康评价中的应用[J].水文,2016,36(3):56-60,96.
- [41] 白祥,韩志全.艾比湖湿地生态系统健康评价研究[J].林业资源管理,201(6):91-94.
- [42] 钱逸凡,楼毅,初映雪,等.洞庭湖国际重要湿地生态系统健康和价值评价[J].湿地科学,2016,14(4):516-523.
- [43] 宋创业,胡慧霞,黄欢,等.黄河三角洲人工恢复芦苇湿地生态系统健康评价[J].生态学报,2016,36(9):2705-2714.
- [44] 徐浩田,周林飞,成遣.基于 PSR 模型的凌河口湿地生态系统健康评价与预警研究[J].生态学报,2017,37(24):8264-8274.