

# “生产-生活-生态”功能评价研究进展与展望

段亚明<sup>1,2</sup> 许月卿<sup>1,2\*</sup> 黄安<sup>1,2</sup> 卢龙辉<sup>1,2</sup> 冀正欣<sup>1,2</sup>

(1. 中国农业大学 土地科学与技术学院,北京 100193;

2. 中国农业大学 自然资源部农用地质量与监控重点实验室,北京 100193)

**摘要** “生产-生活-生态”功能评价是认识国土空间发展现状的科学依据,对优化国土空间布局、实现区域可持续发展具有重要意义。为全面了解“三生”功能评价的研究现状,以““三生”功能”与““三生”空间”为关键词,搜索CNKI数据库与Web of Science核心合集2010—2020年发表的文献,并通过文献调研法、对比法与归纳法对373篇相关文献进行研究,系统梳理“三生”功能的内涵、承载主体、发展目标、分类与评价方法。分析发现:已有研究对“三生”功能内涵的认识基本一致,但尚未形成统一的“三生”功能分类体系;“三生”功能评价的研究框架与指标设置有待进一步完善。未来应加强“三生”功能内涵、形成机制与相互关系研究,完善“三生”功能分类,建立科学的、差异化的“三生”功能评价指标体系,创新“三生”功能评价方法,提高“三生”功能评价结果的实践应用,将评价结果应用于“三生”功能优化,指导产业发展与公共服务设施布局。

**关键词** “生产、生活、生态”功能; 评价研究; 进展; 展望;

中图分类号 F301.2

文章编号 1007-4333(2021)02-0113-12

文献标志码 A

## Progress and prospects of “production-living-ecological” functions evaluation

DUAN Yaming<sup>1,2</sup>, XU Yueqing<sup>1,2\*</sup>, HUANG An<sup>1,2</sup>, LU Longhui<sup>1,2</sup>, JI Zhengxin<sup>1,2</sup>

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China,

2. Key Laboratory of Agricultural Land Quality, Monitoring and Control of Ministry of Natural Resources, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** The evaluation of “production-living-ecological” functions (PLEFs) is the scientific basis for grasping the development status of geographical space and is of great significance for the optimizing the layout of geographical space and achieving the goal of regional sustainable development. In order to comprehensively understand the progress of the evaluation of PLEFs, “production-living-ecological” functions and “production-living-ecological” space are taken as keywords to search CNKI and Web of Science Core Collection. A total of 373 related papers published from 2010 to 2020 are obtained. Literature review methods, comparative analysis, and induction are employed to systematically summarize the connotation, carrier, development objective, classification and the evaluation methods of PLEFs in these researches. The results show that the researchers have reached a consensus on the connotation of PLEFs, but the unified function classification system has not been formed. The research framework and evaluation index of PLEFs needs further improvement. The future studies should be focused on strengthening the research of connotation, formation mechanism and interrelationships of PLEFs, improving the function classification system and establishing a scientific and differentiated evaluation index system of PLEFs, innovating the evaluation methods and improving the practical applicability of evaluation results that can be applied to the optimization of PLEFs, the guidance of the industry development and the layout of public service facilities.

**Keywords** “production-living-ecological” functions; evaluation research; progress; prospect

收稿日期: 2020-06-23

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41971238)

第一作者: 段亚明, 博士研究生, E-mail: 527931407@qq.com

通讯作者: 许月卿, 副教授, 主要从事土地利用变化与可持续利用研究, E-mail: xmoonq@sina.com

国土空间是经济、社会高质量发展的载体,具有生产、生活等多种功能<sup>[1-3]</sup>。随着工业化与城市化的快速发展,人类活动严重干扰国土空间开发和利用,引发城乡发展失衡、公共服务设施短缺、环境污染、生态系统退化等一系列经济、社会与生态环境问题<sup>[4-5]</sup>。为此,2012年11月中国共产党第十八次全国代表大会会议报告明确提出“优化国土空间开发格局,促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的发展目标<sup>[6]</sup>。2015年中央城市工作会议要求“统筹生产、生活、生态三大布局,提高城市发展的宜居性”<sup>[6]</sup>。因此,我国国土空间开发由过去的“经济建设优先”向“生产、生活、生态统筹发展”转变。“三生”空间识别优化与“三生”功能评价研究迅速成为土地科学、地理学与城市规划学关注的热点<sup>[7-8]</sup>。

“三生”功能评价以国土空间为研究对象,基于土地科学、生态学、地理学、经济学等多学科理论衡量不同空间利用方式对人类生产、生活、生态三大需求的供给能力、满足程度与可持续性<sup>[6,9-11]</sup>。已有研究结果对认识国土空间发展质量,实施国土空间规划,制定产业发展策略、优化公共服务设施配置与区域生态环境保护具有重要参考意义。目前,“三生”功能评价研究主要集中在“三生”功能的内涵、分类与评价指标体系构建。也有研究将“三生”功能理念应用于土地整治<sup>[12]</sup>、资源环境承载力测算<sup>[13]</sup>与土地适宜性评价<sup>[14]</sup>等多个领域。由于“三生”功能评价研究开展时间较短,相关研究仍处于起步阶段。不同研究的理论基础、研究视角与评价目的存在差异,导致相对统一的“三生”功能分类与评价指标体系尚未形成,且“三生”功能的内涵、发展目标与功能承载对象亟待厘清。因此,为推进“三生”功能评价的科学化与规范化发展,本研究以““三生”功能”与““三生”空间”为关键词,搜索CNKI数据库与Web of Science核心合集2010—2020年发表的相关文献。在广泛查阅国内外相关文献的基础上,对“三生”功能评价研究进行系统梳理与回顾,分析“三生”功能评价的研究现状与问题,探讨未来“三生”功能评价的研究思路与发展方向,以期对“三生”功能评价研究的开展提供参考。

## 1 “三生”功能的内涵与分类

### 1.1 “三生”功能内涵

“三生”功能指生产、生活与生态功能,是国土空间的三大主导功能<sup>[15]</sup>。目前,不同研究对“三生”功

能内涵的诠释较为统一。本研究在梳理现有研究成果<sup>[5,10,16]</sup>的基础上,总结“三生”功能的内涵、相互关系、承载主体与发展目标(图1):“三生”功能是在人类需求驱使下,不同的土地利用方式提供的产品与服务,包括各种生物物理过程、直接与间接生产,以及对居住、教育、医疗、休闲与美学等不同需求的供给。生产功能指人类以土地作为劳作对象直接获取各种物质或以土地为承载空间进行社会生产与服务,为维持人类生活提供物质保障。生活功能保障基本物质生活,指人类在土地利用过程中产生的居住、出行、消费、娱乐等各种空间承载、物质和精神保障功能,是人生存品质的体现,对生产功能具有强化作用。生态功能指生态系统与生态过程在维持生态平衡,满足人类基本生态需求,保障人类生产、生活运行所需的基本环境条件中发挥的作用。可持续的生产功能与生活功能都需要生态功能的支持。根据“三生”功能内涵,不同功能的承载主体具有明显差异。生产功能的承载主体为各种生产场地与设施(耕地、工业企业、服务业等)。生活功能的承载主体为各种公共服务与商业设施(住宅小区、商场、学校、博物馆等)。生态功能的承载主体则是各种自然、半自然景观(森林、湖泊、耕地与人工绿地等)。

“三生”功能的形成与发展受人类需求与活动的强烈影响,而需求差异导致各个功能拥有不同的发展目标。改革开放以来我国经济发展取得巨大成就,成为世界第二大经济体,但由此引发的资源枯竭与低效利用、环境污染等负面问题使粗放生产模式难以为继<sup>[5]</sup>。因此,可持续发展作为生产功能发展的新目标,即生产活动不能超越资源和环境承载力的限制。生活功能可概括为由政府提供的公共服务(医疗、教育等)与由市场提供的商业服务(购物)。公共服务受自身属性约束,其发展目标应以公平为第一要义,并覆盖所有服务对象。商业服务的发展受市场影响,但部分功能与人们生活息息相关,应在政府的引导下尽可能扩大服务范围。生态功能的发展应遵循自然规律,人类应对于重要的生态功能区进行保护,对可能对人们正常生产、生活具有威胁的生态脆弱与生态退化区进行修复。而“三生”功能评价的目的便是衡量不同功能承载主体的发展现状与发展目标的差距,进而为“三生”功能优化提供科学依据。

### 1.2 “三生”功能分类

#### 1.2.1 分类依据

“三生”功能分类是对生产、生活、生态功能的细

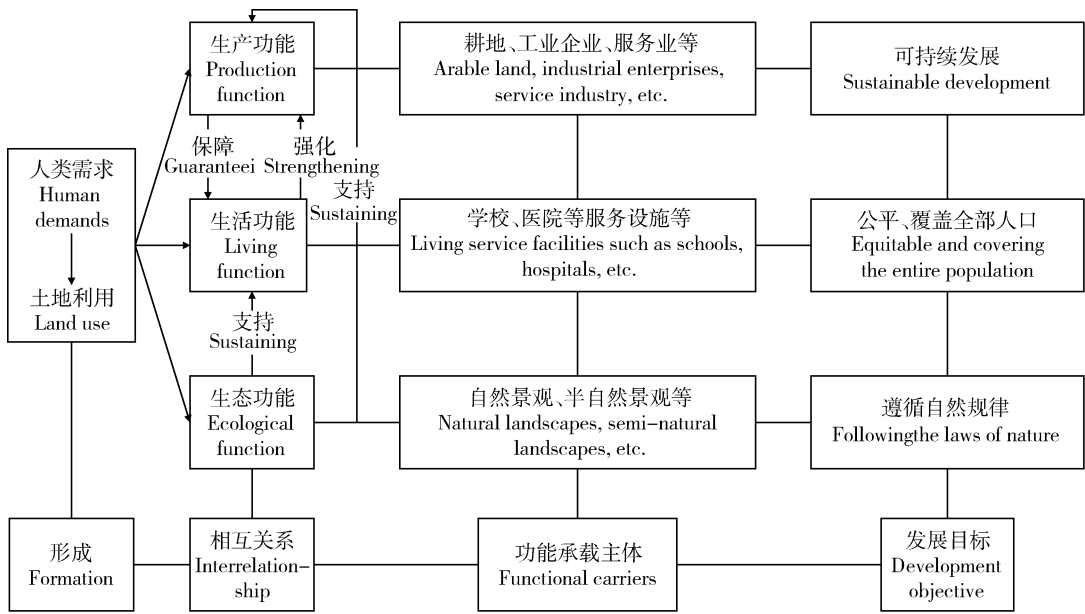


图 1 “三生”功能的成因、相互关系、承载主体与发展目标

Fig. 1 Formation, interrelationship, carrier and development objectives of the PELFs

化,是开展“三生”功能评价的基础性工作。现有研究主要依据土地利用多功能性、生态系统服务与景观功能等理论开展“三生”功能分类<sup>[6,10,17-19]</sup>。土地利用多功能性由农业多功能性演变而来,指不同的土地利用方式对人类需求的满足程度<sup>[20-21]</sup>。相关研究普遍将土地利用功能概括为社会、经济与环境三大功能<sup>[22]</sup>,或社会、经济与生态三大功能<sup>[23]</sup>,并对各项功能进行细分<sup>[24-25]</sup>。生态系统服务是生态系统与生态过程为维持人类生存所提供的自然环境条件与效用<sup>[26-27]</sup>。相关研究可为生态保护区划定、生态资源价值核算及生态补偿提供科学依据<sup>[28-29]</sup>。虽然不同研究的分类方式存在一定差异<sup>[17]</sup>,但整体上生态系统服务可归纳为调节服务、供给服务、支持服务与文化服务<sup>[30]</sup>。景观功能来源于景观生态学与景观规划,用于衡量不同景观对人类需求的满足,其分类方式与生态系统服务分类具有一定的相似性<sup>[10]</sup>。例如,有研究将景观功能分为调节功能、栖息地功能、生产功能、信息功能与承载功能<sup>[18]</sup>或生产、生态与文化功能<sup>[31]</sup>。随着研究的持续深入与经济的不断发展,许多新的功能(服务)被发现,各类分类体系得到不断完善。

### 1.2.2 “三生”功能划分

已有研究主要根据“三生”功能的内涵,通过对上述理论的功能分类进行整合,构建“三生”功能分类体系。例如:单薇等<sup>[32]</sup>基于土地多功能性理论构

建“三生”功能分类体系;李广东等<sup>[10]</sup>通过整合生态系统服务与景观功能分类,对“三生”功能进行细化。但由于尚未形成统一的“三生”功能分类体系,不同研究的功能划分具有一定的差异<sup>[4,32]</sup>。

因此,考虑功能覆盖的完整性与减少不同功能的职能重叠,通过梳理现有文献,汇总“三生”功能分类。生产功能是一个地区经济发展水平、产业结构与生产效率的直接体现<sup>[16]</sup>。主要包括:食物供给、药物供给、基因资源、原材料生产、能源与矿产生产、工业品生产、服务业发展等子功能<sup>[4,10,32]</sup>。生活功能主要包括:居住承载、交通设施、公共服务、医疗设施、基础生活保障、购物与餐饮等物质需求,以及教育与科技、休闲与娱乐、文学与艺术、宗教与历史、美学景观等精神需求<sup>[4,10,18,32-34]</sup>。舒适的居住环境与公平包容的社会氛围,不仅是社会发展的内在要求,也是提高城市竞争力与人才吸引力的关键<sup>[35]</sup>。生态功能主要反映生态环境的质量与承载力,主要包含:气候调节、水文调节、水源涵养、废物容纳与环境净化、缓和自然灾害、传粉与授粉、水土保持、养分循环、防风固沙等子功能<sup>[4,10,18,32]</sup>。

## 2 “三生”功能评价

“三生”功能评价是认识“三生”空间发展质量,实施空间优化的科学基础,可分为单功能评价与“三生”功能综合评价。单功能评价主要关注生活功能

与生态功能,其中生活功能评价以宜居性评价为主,生态功能评价主要基于生态系统服务理论与评估方法开展研究。“三生”功能综合评价方法分为地类合并法与指标体系法。

## 2.1 单功能评价

### 2.1.1 生活功能

宜居性指一个地区居民所体验到的生活质量,也是生活适宜程度的客观评价<sup>[35-36]</sup>。评价指标体系的构建以“生活空间宜居适度”为出发点,且与生活功能分类高度重合,因此宜居性评价与国土空间优化目标不谋而合。研究范围覆盖国家、城市群、省、城市等多种尺度<sup>[37-41]</sup>。国内外研究的评价指标体系设计具有相对一致性,主要关注以下6个方面:1)环境健康:要有新鲜的空气、良好的水质、干净的街区,同时远离各种环境污染或有害物质的威胁;2)安全性:拥有健全的防灾预警系统、良好的法治、有序的社会秩序与安全的日常生活环境;3)生活便利:公平、健全与便利的公共服务设施,包括:医疗、教育、养老、购物、休闲等生活设施;4)便捷、绿色的交通设施;5)宜人的自然环境:舒适的气候、优美的景观与充足的开敞空间;6)人文环境:包容与公正的社会精神,尊重历史与文化<sup>[33-35,38-39]</sup>。

评价方法可归为表征居民感知的主观评价法与测度区域物质环境质量的客观评价法。主观评价通常需要研究者制作问卷,并对社区居民进行访谈<sup>[42]</sup>。调查方法以抽样调查为主,包括:简单随机抽样、等距随机抽样、分层抽样等。简单随机抽样与等距随机抽样适用于受访对象个体间差异较小,分层抽样适用于比较不同群体对居住环境的评价与期望<sup>[43]</sup>。基于问卷调查、访谈的方式可以更准确的把握居民的主观感受,有利于对城市内部区域的宜居性进行精细研究<sup>[44]</sup>。Mahmoudi等<sup>[45]</sup>在调查中发现公共停车位、道路铺设、公共服务设施配套、交通状况是当地民众普遍关注的问题。也有基于主观评价法的大尺度研究,但问卷调查的样本量与研究成本急剧增加<sup>[38]</sup>。Zhan等<sup>[33]</sup>基于9325份问卷从城市安全、公共设施便捷度、自然环境、社会文化环境、交通、环境质量6个维度对全国40个大型城市的居住满意度进行评价。

客观评价法主要利用统计数据、卫星影像、POI等数据,以行政区、小区和格网为主要评价单元开展研究。由于社会、经济统计数据容易获取,因此以行政区为评价单元的宜居性评价居多,评价指标多以

覆盖率、人均拥有量等比例、均值计算为主<sup>[39-40]</sup>。随着城市大数据的丰富,也有研究以小区、格网为评价单元探究区域内部宜居性的空间差异,指标计算以小区或格网中心到不同服务设施的距离为主<sup>[34]</sup>。顾江等<sup>[41]</sup>基于实时交通出行数据构建每个小区的半小时生活圈,从生活、交通、教育等维度评价武汉市主城区的生活便利性。

### 2.1.2 生态功能

生态功能评价以生态系统服务理论与评估方法为基础,主要关注O<sub>2</sub>释放<sup>[46-47]</sup>、CO<sub>2</sub>固定<sup>[48]</sup>、水文调节<sup>[49]</sup>、空气净化<sup>[50]</sup>、授粉<sup>[51]</sup>、土壤保持<sup>[52-53]</sup>、水源涵养<sup>[52,54]</sup>、养分循环<sup>[10]</sup>等子功能。评价方法可归纳为能值化法、货币化法与模型法<sup>[55]</sup>。由于不同生态功能产生的物理量的单位不同,因此,上述方法的最终目的是整合不同生态功能评价结果,显化自然资源的价值<sup>[50]</sup>。能值化法基于能量转换效率将各种生态系统服务产生的物质质量转换为生成相应物质所需要的太阳能<sup>[56]</sup>。货币化法通过市场价值理论将生态系统服务产生的物质质量转换为市场价格<sup>[57]</sup>,或根据谢高地等<sup>[30,58]</sup>核算的单位面积价值量计算生态系统服务价值。模型法是生态系统服务理论与评价方法的软件集成,通过计算机模型核算生态系统服务产生的物质质量或价值量,进而评估不同区域的生态功能<sup>[59]</sup>。目前,基于InVEST(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)、ARIES(Artificial Intelligence for Ecosystem Services)、SolVES(Social Values for Ecosystem Services)与MIMES(Multi-scale Integrated Models of Ecosystem Services)等模型的研究较多<sup>[60-64]</sup>。其中InVEST模型使用简洁、功能多样,受到广泛应用,可定量评价与模拟碳存储、土壤保持、水体净化等多种生态功能<sup>[63,65-68]</sup>。但InVEST模型对一些算法与生态过程的简化,使研究结果具有一定的局限性<sup>[59]</sup>。ARIES模型的开发尚不完整,仅适用于案例区的生态系统服务评价<sup>[69]</sup>。MIMES模型需付费使用,由于价格过高导致使用率相对较低<sup>[70]</sup>。SolVES模型的适用性较强,但需要花费较多时间用于社会调查<sup>[62]</sup>。整体上,基于单位面积价值量可以快速计算特定区域的生态功能,但说服力较低。模型法虽然操作简单,但使用者必须接受部分内置算法的不足。货币化法与能值化法通常需要研究人员具有较好的空间分析技术与生态学基础。目前,相关研究主要使用货币化法对各种生态功能进行评价。

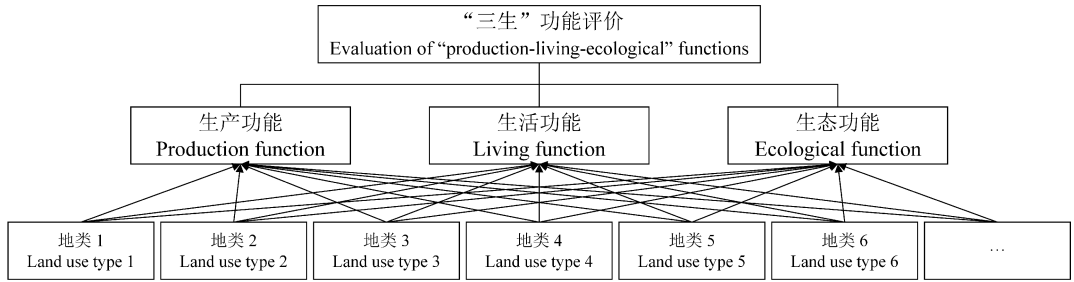
## 2.2 “三生”功能综合评价

### 2.2.1 地类合并法

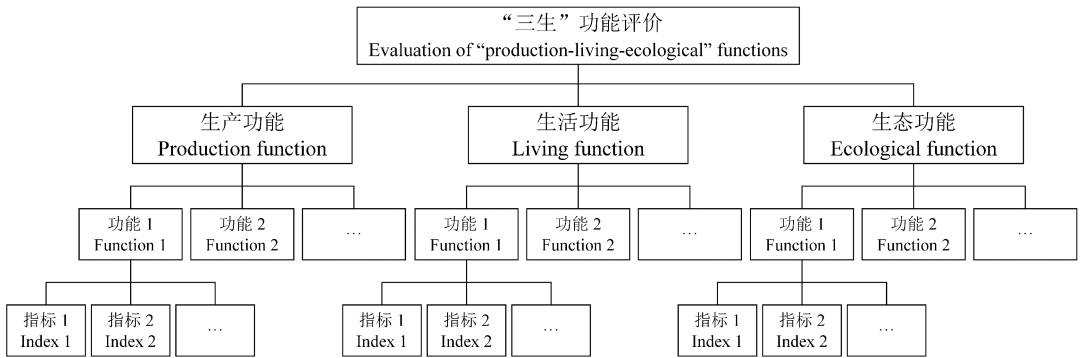
地类合并法(图 2(a))以格网为研究单元,主要基于土地利用/覆被数据进行“三生”功能评价,包括地类功能评分与格网统计两部分<sup>[11,71]</sup>。地类功能评分指根据土地利用类型与土地利用功能的辩证关系或专家经验对每种土地类型的生产、生活与生态功能进行分级赋分<sup>[11]</sup>。格网统计是根据各种地类的评分结果与面积计算每个格网的“三生”功能<sup>[71]</sup>。例如:崔家兴等<sup>[7]</sup>将不同土地利用类型的“三生”功能分为 4 个等级(分别对应 0、1、3、5 分),以 10 km × 10 km 格网为分析单元研究湖北省“三生”功能的空间特征与演变趋势。也有研究根据“三生”功能对不同土地利用类型进行分类,并通过格网内不同功能的土地面积反映“三生”功能强弱<sup>[72]</sup>。

### 2.2.2 指标体系法

指标体系法(图 2(b))主要利用多源数据(社会经济统计数据、遥感数据、土壤数据等),通过构建“三生”功能评价体系,对行政单元或栅格单元的“三生”功能进行定量评价,包括评价体系构建与指标赋权两部分,研究尺度覆盖省、城市群与城市<sup>[4,10,15]</sup>。“三生”功能评价体系的层级设计可归纳为:目标层、准则层、指标层。目标层的设置通常分为生产功能、生活功能与生态功能。准则层为“三生”功能的子功能,主要根据“三生”功能的内涵,并参考土地利用多功能性、生态系统服务分类与景观功能分类进行设置<sup>[10,73-76]</sup>。指标层为衡量各子功能的具体指标,注重衡量不同评价单元的功能大小。受评价目的、研究侧重点以及对“三生”功能理解不同的影响,不同研究对准则层与指标层的设置差异较大<sup>[4,32]</sup>。



(a) 地类合并法  
(a) Land use classification



(b) 指标体系法  
(b) Evaluation index system

图 2 两种“三生”功能综合评价模式

Fig. 2 Two types of evaluation index systems of “production-living-ecological” functions

指标赋权是对各个指标重要性的判断,是各指标计算结果逐级合并的依据,可分为主观赋权法与客观赋权法。主观赋权法以专家打分法、层次分析法为代表,指专家根据实际情况与自身知识确定各指标权重,优点是不会出现指标权重与实际重要性

相悖的情况,但专家经验对评价体系的科学性具有决定作用<sup>[77-78]</sup>。客观赋权法以主成分分析、熵值法、聚类分析为代表,主要根据原始数据之间的关系与特征判断指标的重要性<sup>[79]</sup>。此类方法的优点是具有较强的数学理论作为支撑,但由于未考虑现实情况,

可能出现指标权重与实际情况不符<sup>[80]</sup>。

### 3 对已有研究的评述

目前,不同研究对“三生”功能内涵的诠释相对统一,并针对不同研究区域与尺度,构建了不同的“三生”功能评价体系。但由于“三生”功能评价研究起步较晚,已有研究存在一定的不足,具体包括如下3个方面:

1)“三生”功能分类体系尚未统一。“三生”功能的科学分类是开展“三生”功能评价的基础。目前,相关研究对“三生”功能分类理论关注较少,主要从各自研究角度对“三生”功能内涵进行解读,并借鉴土地利用多功能性、生态系统服务、景观功能分类等理论进行功能分类,缺少对“三生”功能内涵及形成机制的研究,分类体系的设置往往服务于特定研究案例,尚未形成统一的“三生”功能分类框架。

2)“三生”功能综合评价指标体系及方法研究亟需加强。其中,地类合并法操作简单,需要土地利用数据具有良好的分类精度,但研究结果的可靠性与专家知识及研究者对土地功能的判断密切相关,且仅能反映生产、生活与生态3种基本功能。指标体系法的准则层设置、指标计算方法差异较大,没有形成科学的、统一的评价指标体系,因而使不同区域的研究不具备可比性。指标设置仅注重核算各个功能的大小,忽视了不同功能形成的客观原因与背景、居民对不同功能的需求差异以及政府实施国土空间优化的最终目标,进而影响评价结果的准确性与应用性。

3)单功能评价仅限于生活与生态功能,其研究视角、指标计算方法与“三生”功能综合评价内的生活、生态功能评价具有明显差异。生活功能评价以宜居性评价为核心,关于城市内部的研究重点有待转变:①客观评价主要关注各项服务设施的可达性,评价对象与居民需求错位;②主观评价主要以居民评分作为各项指标的评价结果,对研究结果反映的实际问题缺乏深入探讨(如:邻里关系、居住环境质量等),未对问题的形成根源与解决方式进行深入研究。因此,相关研究难以直接指导城市内部生活功能的优化。生态功能评价主要以生态系统服务理论为基础,评价方法成熟且多样,但相关研究注重指标计算,忽视地理环境对生态功能的决定作用以及不同景观在不同地区维持生态安全的独特性。例如,在现有研究框架下,林地的生态功能往往高于草地。

但在我国半干旱地区,草地作为优势景观,比林地更适合当地气候环境,发挥着防风固沙、保持水土等重要功能。南方地区水热条件良好,林地作为主要生态景观,也发挥着相似的生态功能。因此,两种景观在维持相应地区的生态稳定中均具有不可替代的作用,但现有研究难以表征不同景观在不同地区保障生态安全的重要地位。

### 4 对未来研究的展望

本研究对“三生”功能的内涵、承载主体、发展目标、功能分类与相关评价方法进行了系统梳理,分析了“三生”功能评价取得的成果与不足。未来“三生”功能评价应加强以下研究:

1)科学界定统一的“三生”功能内涵,辨析“三生”功能形成机制,完善“三生”功能分类体系。基于人类需求、人地关系理论、供需理论及可持续发展等理论,诠释“三生”功能内涵,辨析“三生”功能之间关系及其形成机制。重视多学科知识融合(如:地理学、土地科学、生态学等),借鉴土地多功能、生态系统服务、景观功能的分类方法,建立多尺度、多层次的“三生”功能分类体系。

2)建立科学的、差异化的“三生”功能评价指标体系。国土空间作为“三生”功能评价的对象,具有组成结构复杂、尺度多变的特点,且不同功能具有明显的地域性与不同的发展目标。因此,应根据“三生”功能内涵、承载主体、发展目标及国土空间优化需要,并结合不同区域的自然、社会经济环境、发展战略与居民需求,通过筛选表征“三生”功能的具体指标,建立适用于不同尺度、不同地域的“三生”功能评价指标体系。评价指标应注重衡量不同功能的发展现状与发展目标的差距。

3)加强“三生”功能评价方法研究。综合集成多源数据(统计数据、遥感数据、地质数据、气象数据等)与多学科方法模型(生态学、环境经济学、气象学等),实现评价结果的栅格化与定量化,衡量不同环境下各项功能的合理性与可持续性,为“三生”功能优化及国土空间管理提供科学依据。在指标赋权方面,应综合运用主观与客观2种赋权方法,提高评价结果的科学性与准确性。

4)加强“三生”功能评价结果的应用研究。目前研究仅停留在功能计算以及对结果的分析与讨论,政策建议以宏观层面的战略指导为主。鉴于“三生”功能由不同的服务设施、景观或产业支撑,“三生”功

能优化的实质是对各个功能承载主体的优化布局。因此,未来可通过改进评价体系与指标计算方法,使评价结果可以直接指导国土空间优化、产业结构调整与完善公共服务设施。

根据以上分析,本研究构建“三生”功能评价研究框架,分为理论层、评价层与应用层(图 3)。理论层基于人地关系理论、可持续发展理论及土地利用多功能性等理论,诠释“三生”功能内涵、形成机制、相互关系、承载主体与发展目标。评价层是对国土

空间各项功能科学性与合理性的检验;生产功能评价考虑了可持续评价模块,用来衡量生产功能的可持续性;生活功能评价涵盖居民日常购物、教育、医疗、出行等多种需求,主要考察各项功能设施对服务目标的覆盖程度与供需差距;生态功能评价与国土空间规划接轨,包含不同地区的主要生态退化问题及重要生态功能。在评价方法上,综合运用多源数据与多学科方法,针对不同功能的特点与评价目的选择合适的计算模型。各功能评价结果可以直接指

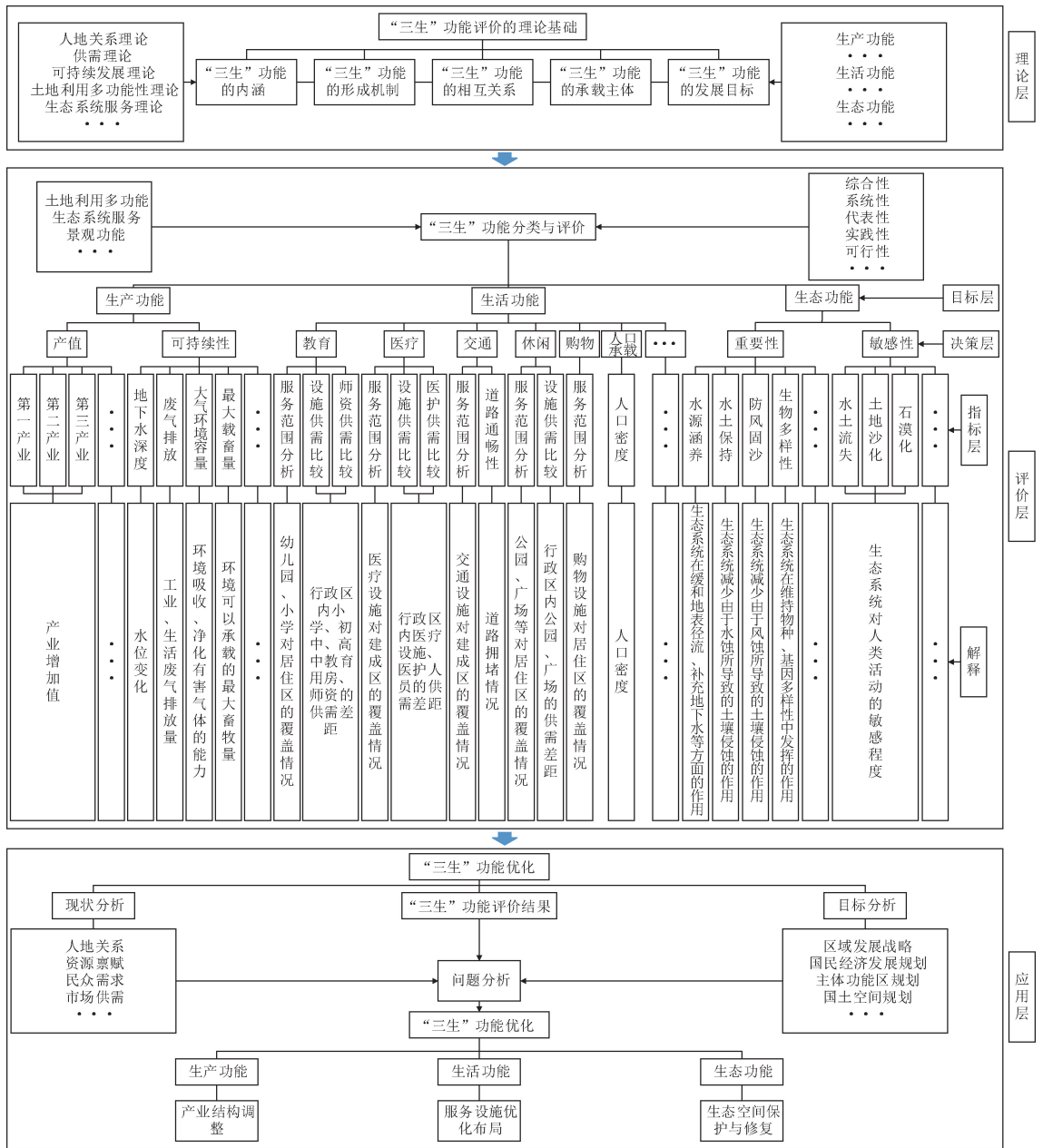


图 3 “三生”功能评价研究框架

Fig. 3 Research framework of “production-living-ecological” functions evaluation

导“三生”功能优化。生产功能评价:可根据承载力评价结果优化产业结构。生活功能评价:各项设施的覆盖范围与供需分析可以指导各类设施布局与各项公共服务资源的优化配置。生态功能评价:评价结果可用于生态红线的划定,有利于对生态重要区与生态脆弱区进行有目的的保护与修复。

## 参考文献 References

- [1] 李晓青,刘旺彤,谢亚文,徐修桥,代杰. 多规合一背景下乡村三生空间划定与实证研究[J]. 经济地理, 2019, 39(10): 146-152  
Li X Q, Liu W T, Xie Y W, Xu X Q, Dai J. The delineation and empirical study of production-living-ecological space in village under the background of multiple planning integration [J]. *Economic Geography*, 2019, 39(10): 146-152 (in Chinese)
- [2] 林佳,宋戈,张莹. 国土空间系统“三生”功能协同演化机制研究:以阜新市为例[J]. 中国土地科学, 2019, 33(4): 9-17  
Lin J, Song G, Zhang Y. Synergistic evolution mechanism of “production-living-ecology” functions in spatial planning system: A case study of Fuxin City[J]. *China Land Science*, 2019, 33(4): 9-17 (in Chinese)
- [3] 刘春芳,王奕璇,何瑞东,王晨. 基于居民行为的三生空间识别与优化分析框架[J]. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2113-2122  
Liu C F, Wang Y X, He R D, Wang C. An analysis framework for identifying and optimizing ecological-production-living space based on resident behavior[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2113-2122 (in Chinese)
- [4] 魏小芳,赵宇鸾,李秀彬,薛朝浪,夏四友. 基于“三生功能”的长江上游城市群国土空间特征及其优化[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1070-1079  
Wei X F, Zhao Y L, Li X B, Xue C L, Xia S Y. Characteristics and optimization of geographical space in urban agglomeration in the upper reaches of the Yangtze River based on the function of “production-living-ecological” [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(5): 1070-1079 (in Chinese)
- [5] 黄安,许月卿,卢龙辉,刘超,张益宾,郝晋珉,王惠. “生产-生活-生态”空间识别与优化研究进展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(3): 503-518  
Huang A, Xu Y Q, Lu L H, Liu C, Zhang Y B, Hao J M, Wang H. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 503-518 (in Chinese)
- [6] 黄金川,林浩曦,漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391  
Huang J C, Lin H X, Qi X X. A literature review on optimization of spatial development pattern based on ecological-production-living space[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(3): 378-391 (in Chinese)
- [7] 崔家兴,顾江,孙建伟,罗静. 湖北省三生空间格局演化特征分析[J]. 中国土地科学, 2018, 32(8): 67-73  
Cui J X, Gu J, Sun J W, Luo J. The spatial pattern and evolution characteristics of the production, living and ecological space in Hubei Province[J]. *China Land Science*, 2018, 32(8): 67-73 (in Chinese)
- [8] 苑韶峰,唐奕钰,申屠楚宁. 土地利用转型时空演变及其生态环境效应:基于长江经济带127个地级市的实证研究[J]. 经济地理, 2019, 39(9): 174-181  
Yuan S F, Tang Y Y, Shen Tu C N. Spatiotemporal change of land-use transformation and its eco-environmental response: A case of 127 counties in Yangtze River Economic Belt [J]. *Economic Geography*, 2019, 39(9): 174-181 (in Chinese)
- [9] 张红旗,许尔琪,朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338  
Zhang H Q, Xu E Q, Zhu H Y. An ecological-living-industrial land classification system and its spatial distribution in China [J]. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1332-1338 (in Chinese)
- [10] 李广东,方创琳. 城市生态-生产-生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65  
Li G D, Fang C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(1): 49-65 (in Chinese)
- [11] 刘继来,刘彦随,李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304  
Liu J L, Liu Y S, Li Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of “production-living-ecological” spaces in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1290-1304 (in Chinese)
- [12] 王婕,魏朝富,刘卫平,钟守琴,张国栋. 基于“三生”视角的山地丘陵区土地整治功能分区:以重庆市綦江区为例[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(3): 155-159  
Wang J, Wei C F, Liu W P, Zhong S Q, Zhang G D. Land consolidation zoning in hilly areas of southwest China based on the function of production, living and ecology: A case study of Qijiang District of Chongqing City [J]. *Areal Research and Development*, 2018, 37(3): 155-159 (in Chinese)
- [13] 方创琳,贾克敬,李广东,王岩. 市县土地生态-生产-生活承载力测度指标体系及核算模型解析[J]. 生态学报, 2017, 37(15): 5198-5209  
Fang C L, Jia K J, Li G D, Wang Y. Theoretical analysis of



- the index system and calculation model of carrying capacity of land ecological-production-living spaces from county scale[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(15): 5198-5209 (in Chinese)
- [14] 李涛, 刘家明, 刘锐, 琚胜利. 基于“生产-生活-生态”适宜性的休闲农业旅游开发[J]. *经济地理*, 2016, 36(12): 169-176  
Li T, Liu J M, Liu R, Ju S L. The development of leisure agriculture based on suitability about “production-living-ecology”[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(12): 169-176 (in Chinese)
- [15] 李欣, 殷如梦, 方斌, 李在军, 王丹. 基于“三生”功能的江苏省国土空间特征及分区调控[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(8): 1833-1846  
Li X, Yin R M, Fang B, Li Z J, Wang D. Research on the functional zoning and regulation of Jiangsu Province's territorial space based on the “production-living-ecological” function[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(8): 1833-1846 (in Chinese)
- [16] 李欣, 方斌, 殷如梦, 董慧芳. 江苏省县域“三生”功能时空变化及协同/权衡关系[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(11): 2363-2377  
Li X, Fang B, Yin R M, Song H F. Spatial-temporal change and collaboration/trade-off relationship of “production-living-ecological” functions in county area of Jiangsu Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(11): 2363-2377 (in Chinese)
- [17] Costanza R, Darge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, Oneill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, Vandenbelt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260
- [18] De Groot R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3): 175-186
- [19] Willemsen L, Verburg P H, Hein L, Van Mensvoort M E F. Spatial characterization of landscape functions[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 88(1): 34-43
- [20] Defries R S, Foley G A, Asner G P. Land-use choices: Balancing human needs and ecosystem function[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2004, 2(5): 249-257
- [21] 刘超, 许月卿, 孙丕苓, 刘佳. 土地利用多功能性研究进展与展望[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(9): 1087-1099  
Liu C, Xu Y Q, Sun P L, Liu J. Progress and prospects of multi-functionality of land use research [J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(9): 1087-1099 (in Chinese)
- [22] Zhang Y N, Long H L, Tu S S, Ge D Z, Ma L, Wang L Z. Spatial identification of land use functions and their trade-offs/synergies in China: Implications for sustainable land management[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 107: 105550
- [23] 刘超, 许月卿, 刘焱序, 孙丕苓, 黄安, 周建. 基于系统论的土地利用多功能分类及评价指标体系研究[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(1): 181-188  
Liu C, Xu Y Q, Liu Y X, Sun P L, Huang A, Zhou J. Research on land use functions classification and evaluation system based on system theory [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2018, 54(1): 181-188 (in Chinese)
- [24] Liu C, Xu Y Q, Huang A, Liu Y X, Wang H, Lu L H, Sun P L, Zheng W R. Spatial identification of land use multifunctionality at grid scale in farming-pastoral area: A case study of Zhangjiakou City, China[J]. *Habitat International*, 2018, 76: 48-61
- [25] Wiggering H, Dalchow C, Glemnitz M, Helming K, Muller K, Schultz A, Stachow U, Zander P. Indicators for multifunctional land use: Linking socio-economic requirements with landscape potentials[J]. *Ecological Indicators*, 2006, 6(1): 238-249
- [26] Egoh B, Rouget M, Reyers B, Knight A T, Cowling R M, Van Jaarsveld A S, Welz A. Integrating ecosystem services into conservation assessments: A review [J]. *Ecological Economics*, 2007, 63(4): 714-721
- [27] Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, Seppelt R. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data[J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 676-687
- [28] Wainger L A, King D M, Mack R N, Price E W, Maslin T. Can the concept of ecosystem services be practically applied to improve natural resource management decisions? [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(5): 978-987
- [29] You S, Kim M, Lee J, Chon J. Coastal landscape planning for improving the value of ecosystem services in coastal areas: Using system dynamics model[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 242(B): 2040-2050
- [30] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(8): 1243-1254  
Xie G D, Zhang C X, Zhang L M, Chen W H, Li S M. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area [J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(8): 1243-1254 (in Chinese)
- [31] Lovell S T, Desantis S, Nathan C A, Olson M B, Mendez V E, Kominami H C, Erickson D L, Morris K S, Morris W B. Integrating agroecology and landscape multifunctionality in

- vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems[J]. *Agricultural Systems*, 2010, 103(5): 327-341
- [32] 单薇, 金晓斌, 冉娜, 范业婷, 刘晶, 周寅康. 江苏省土地利用“生产-生活-生态”功能变化与耦合特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7): 1541-1551
- Dan W, Jin X B, Ran N, Fan Y T, Liu J, Zhou Y K. “Production-living-ecological” function evaluation and coupling coordination analysis of land use in Jiangsu Province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(7): 1541-1551 (in Chinese)
- [33] Zhan D S, Kwan M, Zhang W Z, Fan J, Yu J H, Dang Y X. Assessment and determinants of satisfaction with urban livability in China[J]. *Cities*, 2018, 79: 92-101
- [34] Fu B, Yu D L, Zhang Y J. The livable urban landscape: GIS and remote sensing extracted land use assessment for urban livability in Changchun Proper, China[J]. *Land Use Policy*, 2019, 87: 104048
- [35] 张文忠. 宜居城市建设的核心框架[J]. 地理研究, 2016, 35(2): 205-213
- Zhang W Z. The core framework of the livable city construction[J]. *Geographical Research*, 2016, 35(2): 205-213 (in Chinese)
- [36] Douglass M. From global intercity competition to cooperation for livable cities and economic resilience in Pacific Asia[J]. *Environment and Urbanization*, 2002, 14(1): 53-68
- [37] 李陈. 中国地级及以上城市宜居度时空特征及关联分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(6): 1-7
- Li C. The spatial and temporal characteristics of the livable degree of cities in China[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2014, 28(6): 1-7 (in Chinese)
- [38] 党云晓, 余建辉, 张文忠, 李业锦, 谌丽, 湛东升. 环渤海地区城市居住环境满意度评价及影响因素分析[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 184-194
- Dang Y X, Yu J H, Zhang W Z, Li Y J, Chen L, Zhan D S. Satisfaction evaluation of living environment and influencing factors in the Bohai Rim area [J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(2): 184-194 (in Chinese)
- [39] 湛东升, 张文忠, 余建辉, 谌丽, 党云晓. 基于客观评价的北京城市宜居性空间特征及机制[J]. 地域研究与开发, 2016, 35(4): 68-73
- Zhan D S, Zhang W Z, Yu J H, Chen L, Dang Y X. Spatial characteristics and forming mechanism of urban livability in Beijing based on objective evaluation[J]. *Areal Research and Development*, 2016, 35(4): 68-73 (in Chinese)
- [40] 贾占华, 谷国锋. 东北地区城市宜居性评价及影响因素分析: 基于2007—2014年面板数据的实证研究[J]. 地理科学进展, 2017, 36(7): 832-842
- Jia Z H, Gu G F. Urban livability and influencing factors in northeast China: An empirical study based on panel data, 2007—2014[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(7): 832-842 (in Chinese)
- [41] 顾江, 张晓宇, 萧俊瑶. 基于实时交通出行数据的居民生活便利性评价: 以武汉主城区为例[J]. 城市与区域规划研究, 2017, 9(4): 156-174
- Gu J, Zhang X Y, Xiao J Y. Evaluation on resident living index based on real-time traffic travelling data: A case study on the central city of Wuhan [J]. *Journal of Urban and Regional Planning*, 2017, 9(4): 156-174 (in Chinese)
- [42] Wang Y, Zhu Y M, Yu M J. Evaluation and determinants of satisfaction with rural livability in China’s less-developed eastern areas: A case study of Xianju County in Zhejiang Province[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 104: 711-722
- [43] Harvey C, Aultman-Hall L. Measuring urban streetscapes for livability: A review of approaches [J]. *Professional Geographer*, 2016, 68(1): 149-158
- [44] Bonaiuto M, Fornara F, Ariccio S, Cancellieri U G, Rahimi L. Perceived residential environment quality indicators (PREQIs) relevance for un-habitat city prosperity index (CPI) [J]. *Habitat International*, 2015, 45(1): 53-63
- [45] Mahmoudi M, Ahmad F, Abbasi B. Livable streets: The effects of physical problems on the quality and livability of Kuala Lumpur streets[J]. *Cities*, 2015, 43: 104-114
- [46] Guo Z W, Xiao X M, Gan Y L, Zheng Y J. Ecosystem functions, services and their values: A case study in Xingshan County of China[J]. *Ecological Economics*, 2001, 38(1): 141-154
- [47] Leh M D K, Matlock M D, Cummings E C, Nalley L L. Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2013, 165: 6-18
- [48] 李晶, 李红艳, 张良. 关中-天水经济区生态系统服务权衡与协同关系[J]. 生态学报, 2016, 36(10): 3053-3062
- Li J, Li H Y, Zhang L. Ecosystem service trade-offs in the Guanzhong-Tianshui Economic Region of China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(10): 3053-3062 (in Chinese)
- [49] Su C H, Fu B J, He C S, Lu Y H. Variation of ecosystem services and human activities: A case study in the Yanhe Watershed of China[J]. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 2012, 44: 46-57
- [50] 李丽, 王心源, 骆磊, 冀欣阳, 赵燕, 赵颜创, Nabil Bachagha. 生态系统服务价值评估方法综述[J]. 生态杂志, 2018, 37(4): 1233-1245
- Li L, Wang X Y, Luo L, Ji X Y, Zhao Y, Zhao Y C, Nabil

- Bachgha. A systematic review on the methods of ecosystem services value assessment[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(4): 1233-1245 (in Chinese)
- [51] 刘朋飞, 吴杰, 李海燕, 林素文. 中国农业蜜蜂授粉的经济价值评估[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(24): 5117-5123
- Liu P F, Wu J, Li H Y, Lin S W. Economic values of bee pollination to China's agriculture[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(24): 5117-5123 (in Chinese)
- [52] Qin K Y, Li J, Yang X N. Trade-off and synergy among ecosystem services in the Guanzhong-Tianshui Economic Region of China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, 12(11): 14094-14113
- [53] Li J, Ren Z Y, Zhou Z X. Ecosystem services and their values: A case study in the Qinba Mountains of China[J]. *Ecological Research*, 2006, 21(4): 597-604
- [54] Wang Z M, Mao D H, Li L, Jia M M, Dong Z Y, Miao Z H, Ren C Y, Song C C. Quantifying changes in multiple ecosystem services during 1992-2012 in the Sanjiang Plain of China[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 514: 119-130
- [55] Jiang W. Ecosystem services research in China: A critical review[J]. *Ecosystem Services*, 2017, 26(A): 10-16
- [56] Ma F J, Eneji A E, Liu J T. Assessment of ecosystem services and dis-services of an agro-ecosystem based on extended energy framework: A case study of Luancheng County, North China[J]. *Ecological Engineering*, 2015, 82: 241-251
- [57] Schagner J P, Brander L, Paracchini M L, Maes J, Gollnow F, Bertzky B. Spatial dimensions of recreational ecosystem service values: A review of meta-analyses and a combination of meta-analytic value-transfer and GIS[J]. *Ecosystem Services*, 2018, 31: 395-409
- [58] 黄木易, 方斌, 岳文泽, 冯少茹. 近 20a 来巢湖流域生态服务价值空间分异机制的地理探测[J]. *地理研究*, 2019, 38(11): 2790-2803
- Huang M Y, Fang B, Yue W Z, Feng S R. Spatial differentiation of ecosystem service values and its geographical detection in Chaohu Basin during 1995—2017[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(11): 2790-2803 (in Chinese)
- [59] 戴尔阜, 王晓莉, 朱建佳, 赵东升. 生态系统服务权衡: 方法、模型与研究框架[J]. *地理研究*, 2016, 35(6): 1005-1016
- Dai E F, Wang X L, Zhu J J, Zhao D S. Methods, tools and research framework of ecosystem service trade-offs [J]. *Geographical Research*, 2016, 35(6): 1005-1016 (in Chinese)
- [60] Bagstad K J, Villa F, Batker D, Harrison-Cox J, Voigt B, Johnson G W. From theoretical to actual ecosystem services: Mapping beneficiaries and spatial flows in ecosystem service assessments[J]. *Ecology and Society*, 2014, 19(2): 743-756
- [61] Ruckelshaus M, Mckenzie E, Tallis H, Guerry A, Daily G, Kareiva P, Polasky S, Ricketts T, Bhagabati N, Wood S A, Bernhardt J. Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions [J]. *Ecological Economics*, 2015, 115(SI): 11-21
- [62] Sherrouse B C, Clement J M, Semmens D J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services[J]. *Applied Geography*, 2011, 31(2): 748-760
- [63] Sharps K, Masante D, Thomas A, Jackson B, Redhead J, May L, Prosser H, Cosby B, Emmett B, Jones L. Comparing strengths and weaknesses of three ecosystem services modelling tools in a diverse UK River Catchment[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 584: 118-130
- [64] Boumans R, Roman J, Altman I, Kaufman L. The multiscale integrated model of ecosystem services (MIMES): Simulating the interactions of coupled human and natural systems[J]. *Ecosystem Services*, 2015, 12: 30-41
- [65] 黄从红, 杨军, 张文娟. 生态系统服务功能评估模型研究进展[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(12): 3360-3367
- Huang C W, Yang J, Zhang W J. Development of ecosystem services evaluation models: Research progress [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(12): 3360-3367 (in Chinese)
- [66] He C Y, Zhang D, Huang Q X, Zhao Y Y. Assessing the potential impacts of urban expansion on regional carbon storage by linking the LUSD-urban and InVEST models[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2016, 75: 44-58
- [67] Fisher B, Turner R K, Burgess N D, Swetnam R D, Green J, Green R E, Kajembe G, Kulindwa K, Lewis S L, Marchant R, Marshall A R, Madoffe S, Munishi P K T, Morse-Jones S, Mwakalila S, Paavola J, Naidoo R, Ricketts T, Rouget M, Willcock S, White S, Balmford A. Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania[J]. *Progress in Physical Geography*, 2011, 35(5): 595-611
- [68] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D R, Chan K M, Daily G C, Goldstein J, Kareiva P M, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts T H, Shaw M R. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and trade-offs at landscape scales[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 4-11
- [69] Bagstad K J, Johnson G W, Voigt B, Villa F. Spatial dynamics of ecosystem service flows: A comprehensive approach to quantifying actual services [J]. *Ecosystem Services*, 2013, 4: 117-125
- [70] Cotter M, Haeuser I, Harich F K, He P, Sauerborn J, Treydte A C, Martin K, Cadisch G. Biodiversity and

- ecosystem services: A case study for the assessment of multiple species and functional diversity levels in a cultural landscape[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 75: 111-117
- [71] 金星星, 陆玉麒, 林金煌, 祁新华, 胡国建, 李欣. 闽三角城市群生产-生活-生态时空格局演化与功能测度[J]. *生态学报*, 2018, 38(12): 4286-4295
- Jin X X, Lu Y Q, Lin J H, Qi X H, Hu G J, Li X. Research on the evolution of spatiotemporal patterns of production-living-ecological space in an urban agglomeration in the Fujian Delta Region, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(12): 4286-4295 (in Chinese)
- [72] 李睿康, 黄勇, 李阳兵, 刘李琼, 冉彩虹, 祖琳琳. 三峡库区腹地土地功能演变及其驱动机制分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(3): 594-604
- Li R K, Huang Y, Li Y B, Liu L Q, Ran C H, Zu L L. Analysis of land function evolution and its driving forces in the hinterland of Three Gorges Reservoir Area [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(3): 594-604 (in Chinese)
- [73] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J]. *地理研究*, 2018, 37(6): 1100-1114
- Wang C, Tang N. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality [J]. *Geographical Research*, 2018, 37(6): 1100-1114 (in Chinese)
- [74] 李秋颖, 方创琳, 王少剑. 中国省级国土空间利用质量评价: 基于“三生”空间视角[J]. *地域研究与开发*, 2016, 35(5): 163-169
- Li Q Y, Fang C L, Wang S J. Evaluation of territorial utilization quality in China: Based on the aspect of production-living-ecological space [J]. *Areal Research and Development*, 2016, 35(5): 163-169 (in Chinese)
- [75] Cheng X, Van Damme S, Li L Y, Uyttenhove P. Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods [J]. *Ecosystem Services*, 2019, 37: 100925
- [76] Islam M, Yamaguchi R, Sugiawan Y, Managi S. Valuing natural capital and ecosystem services: A literature review [J]. *Sustainability Science*, 2019, 14(1): 159-174
- [77] 支小军, 李宗阳, 张雪唱, 刘永萍. 三生空间视角下宁夏-内蒙古干旱区城市综合承载力研究[J]. *地域研究与开发*, 2019, 38(1): 65-70
- Zhi X J, Li Z Y, Zhang X C, Liu Y P. City comprehensive bearing capacity of Ningxia-Inner Mongolia Arid Area based on the perspective of production-living-ecological space theory [J]. *Areal Research and Development*, 2019, 38(1): 65-70 (in Chinese)
- [78] 陶慧, 刘家明, 罗奎, 朱鹤. 基于三生空间理念的旅游城镇化地区空间分区研究: 以马洋溪生态旅游区为例[J]. *人文地理*, 2016, 31(2): 153-160
- Tao H, Liu J M, Luo K, Zhu H. The study of spatial division of tourism urbanization area based on the conception of production-living-ecological space: A case study of Mayangxi Ecotourism Area [J]. *Human Geography*, 2016, 31(2): 153-160 (in Chinese)
- [79] 房艳刚, 刘本城, 刘建志. 农业多功能的地域类型与优化策略: 以吉林省为例[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(9): 1349-1360
- Fang Y G, Liu B C, Liu J Z. Territorial types and optimization strategies of agriculture multifunctions: A case study of Jilin Province [J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(9): 1349-1360 (in Chinese)
- [80] 黄安, 许月卿, 郝晋珉, 孙丕苓, 刘超, 郑伟然. 土地利用多功能性评价研究进展与展望[J]. *中国土地科学*, 2017, 31(4): 88-97
- Huang A, Xu Y Q, Hao J M, Sun P L, Liu C, Zheng W R. Progress review on land use functions evaluation and its prospects [J]. *China Land Sciences*, 2017, 31(4): 88-97 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东