

土地分离与共享框架的研究现状及应用拓展

胡甜^{1,2}, 吴健生^{1,2*}, 彭建², 李卫锋³

(1. 北京大学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, 广东 深圳 518055; 2. 北京大学城市与环境学院地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京 100871; 3. 香港大学建筑学院城市规划与设计系, 香港 999077)

摘要:“土地分离”与“土地共享”是2种不同的土地利用思维方式,反映人类土地利用的决策选择。中国有大量包含土地分离和共享思维的实践,但缺乏将这些实践案例纳入统一体系的研究范式。土地分离与共享框架最初用来探索粮食生产与生物多样性保护的权衡关系。经过10多年的发展,其理论内涵和研究内容不断丰富,是地理资源与环境领域重要的研究议题。论文在解析土地分离与共享框架内涵的基础上,综述土地分离与共享框架的相关研究成果,探讨土地分离与土地共享的策略选择。研究发现土地分离与共享相关研究存在从农业环境主题向城市管理主题转化的趋势,而且除了强调单一生物多样性保护和农业生产外,还有少数研究开始关注碳储存、土壤保持等其他生态系统服务类型;尽管土地分离与土地共享策略各有其优势和局限,但在目前的研究和实践中,土地分离比土地共享更受青睐。论文基于土地的多功能性进一步扩展该框架在城市用地管理中的应用,可为复杂社会—生态系统可持续发展提供路径指导。

关键词:土地分离;土地共享;生态保护;生物多样性;自然栖息地;土地利用决策

科学进行土地利用布局是实现可持续发展的重要基础。土地分离与共享框架是由Green等^[1]提出,围绕粮食产量和生物多样性探讨最适宜的土地利用策略。Green认为农业耕作对生物多样性造成很大威胁,需要通过选择合理的土地利用方式,在保障粮食产量的同时保护生物多样性。土地分离与共享框架的研究领域涉及环境、农业、生态、地理等多个学科。近年来,其研究内容不断增加,概念内涵与研究主题也不断丰富。研究的科学问题主要围绕哪种土地利用决策能够更好地协调生态环境保护与人类生产需求的矛盾。土地分离可理解为高密度、集约化的土地利用方式,土地共享可理解为低密度、粗放的土地利用方式。

土地分离与共享框架已经在世界很多地区开展了实践研究^[2]。中国的土地利用实践中也包含了大量土地分离与共享思维的决策方式。在快速城市化地区,紧凑和蔓延作为2种不同的城市发展形

态被管理者所认可,其本质是土地分离与土地共享思维的体现。此外,为协调用地矛盾,维持城市系统的可持续发展,管理者通常采用将地块单独划拨出来的方式进行保护,如建立生态保护区、划定生态控制线以及划定建设用地边界等;在农业土地利用中,从设立基本农田保护区到严控耕地红线等政策,都包含了土地分离的策略思维^[3]。相比较而言,中国的土地利用实践更偏好土地分离,土地共享的案例较少,这与欧洲等地区由于可分离的自然栖息地面积有限^[4],在进行土地利用方式决策时更偏好土地共享的情况不同。

虽然中国存在大量包含土地分离与共享思维的管理和实践案例,针对各种要素资源的空间优化和配置方式进行了一定程度的探索,但目前的研究更多局限在格局与过程的科学范式下,没有明确的研究对象,对其基本理论、技术和方法体系的研究也相对缺失。土地分离与共享框架在国际上发展

收稿日期:2019-04-01;修订日期:2019-09-27。

基金项目:国家自然科学基金项目(41671180)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41671180.]

第一作者简介:胡甜(1989—),女,山东潍坊人,博士生,主要从事景观生态与土地利用研究。E-mail: tianahu@pku.edu.cn

*通信作者简介:吴健生(1965—),男,湖南新化人,教授,主要从事景观生态学、遥感与GIS研究。E-mail: wujjs@pkusz.edu.cn

引用格式:胡甜,吴健生,彭建,等. 土地分离与共享框架的研究现状及应用拓展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(5): 880-888. [Hu Tian, Wu Jiansheng, Peng Jian, et al. Development and prospect of the land-sparing versus land-sharing framework. Progress in Geography, 2020, 39(5): 880-888.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.05.015

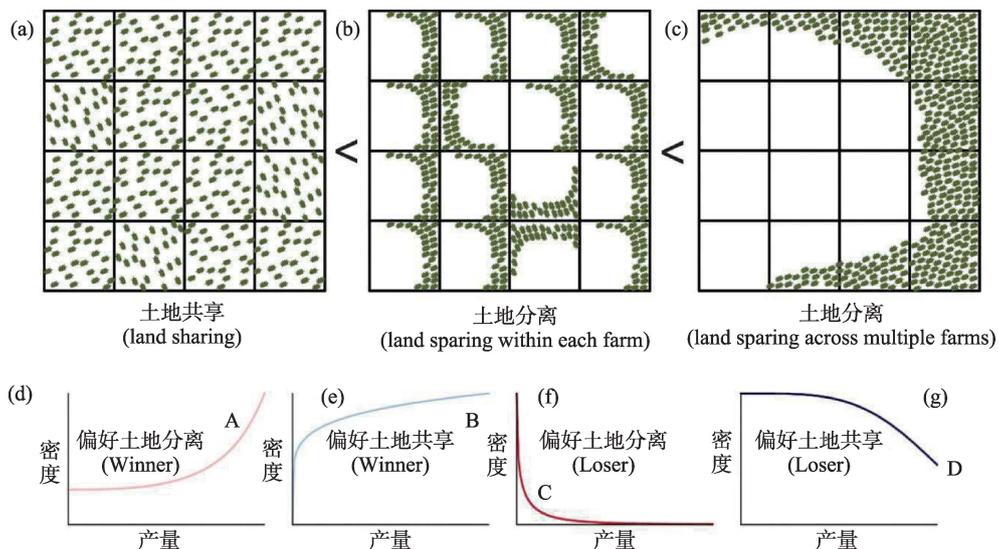
了十几年,聚焦土地利用决策的有效性,已经形成了较为完整的方法论,能够为理解中国不同土地利用决策的理论内涵、研究多范式状态下地理要素的相互作用机制提供有效的工具和路径指导。本文首先解析土地分离与共享框架的概念内涵;并在Web of Science 核心数据库中以“土地分离”(land sparing)和“土地共享”(land sharing)为主题检索317 篇文章,对土地分离与共享框架的研究趋势、热点主题和研究领域的演变过程进行分析;探讨已有研究中对土地分离与土地共享的策略选择;在现状分析的基础上对土地分离与共享框架的应用范围和研究内容进行拓展。

1 土地分离与共享框架的研究现状

在Green最初发表的文章中,土地共享也被称为“野生动植物友好农业”(wildlife-friendly farming),指的是为了降低肥料和杀虫剂的负面效应,将自然保护区或半自然的栖息地斑块保留在农场或乡村中,通过低密度土地利用的方式进行农业生产;而土地分离则是为了满足农业生产和生态保护的双重目标,尽可能将有潜力的农业用地转化为自然栖息地进行保护,并采用高密度土地利用的方式提高单位面积农用地产量^[1]。图1为土地分离与共享框架的2种不同土地利用决策的图解。其中图1a表示土

地共享,即自然栖息地与农业用地镶嵌分布;图1b表示土地分离,每个农场中的自然栖息地与农业用地在空间上分离;图1c表示在不同的研究尺度中,土地分离与土地共享可以转化,在小尺度上的土地共享形式,在大尺度范围可能变为土地分离。

进行土地分离与土地共享的决策选择,使用最普遍的方法是密度—产量曲线(图1)。密度—产量曲线最初是由Green提出的,分别获取表征自然栖息地生物多样性的种群密度和表征农业用地生产能力的产量,形成种群密度与产量的关系曲线。依据相关关系和曲线形状决定选择哪种土地利用决策。种群密度与农业用地产量的关系共有4种类型。图1d和1e中曲线A和B显示种群密度与产量总是呈现正相关关系,即随土地生产强度的增加,种群密度呈增加的趋势,表明高强度、高效率的土地生产方式更有利于生物多样性的保护。图1f和1g中曲线C和D显示种群密度与产量总是呈现负相关关系,即随土地生产强度的增加,种群密度呈降低的趋势,表明低强度、低效率的土地生产方式更有利于生物多样性保护。曲线的形状可表征哪种土地利用策略能在满足农业生产的同时带来最小的负面环境效应。凹函数曲线(A和C)表示在土地分离策略下能维持较高的生物多样性。凸函数曲线(B和D)表示在土地共享策略下能维持较高的生物多样性。



注:图a、b、c中点代表自然栖息地;d、e、f、g中的A、B、C、D为密度—产量曲线,表征土地分离与土地共享的决策选择。来源于Phalan等^[5]和Balmford等^[6]。

图1 “土地分离与共享框架”图解

Fig.1 Schematic diagram of the land-sparing versus land-sharing framework

密度—产量曲线为量化研究生物多样性对土地利用方式的敏感性提供了方法路径,实质是对农业产出和生物多样性2种土地功能的权衡关系探讨。其结果目前在很多研究中已经被验证,并得到有效的结论^[7]。在实证研究中生成密度—产量曲线,需要测量种群密度和农业产量2个主要参数。其中种群密度可以通过在自然栖息地和农业用地范围内选点或设置样方实现^[8]。然而,只有2个维度的比较过于强调农业强度对生物多样性的影响,对于其他影响因素无法考虑在内。有研究指出,依据密度—产量曲线的形状来进行土地利用方式决策忽略了景观的结构异质性^[9],事实上不同景观配置对生物多样性效应具有重要的潜在影响^[7]。另外,随着土地利用强度的提高,很多物种会呈现急剧下降,使得密度—产量曲线的形状呈现凹形,更有可能得益于产量最大化下的土地分离方式^[10]。基于以上考虑,有研究通过设置不同的土地利用情境,通过比较不同情境下的生物多样性,得出了不尽相同的结论^[11-12]。

土地分离与土地共享的界定具有尺度依赖性,在不同尺度上的研究结论存在差异,因而需要探讨适宜于决策的最佳尺度。如在单一的农田尺度上,土地利用方式可界定为“分离”,但对多个农田组成的大尺度区域来说,土地利用方式则表现为“共享”。这与景观空间异质性的相对性有关。目前的研究并未探讨适宜于决策的最佳尺度,导致观测结果存在不确定性。

2 土地分离与共享框架相关研究的计量分析

在Web of Science核心数据库中以“土地分离”(land sparing)和“土地共享”(land sharing)为主题词进行检索(截至2018年底),共筛选相关研究论文317篇,对土地分离与共享框架的研究现状进行分析。

学术界普遍认为“土地分离与土地共享”作为研究主题首次出现是2005年Green等^[11]发表在*Science*的文章,该文截至2018年被引次数已经达到956次。但通过梳理相关文献发现“土地共享”一词早在1973年就已经出现,是由Hartman^[13]提出,关注土地共享在印度农村中的应用。而且,一直到2004年,相关研究中土地共享出现的次数多于土地分离。说明在该主题的早期研究阶段,相较于土地分离,共享思维被更广泛地接受和应用。2005年土地分离与土地共享作为2种不同的土地利用策略被Green正式提出。自此,土地分离与共享框架的相关研究论文数量和被引频次逐年上升(图2)。其中,相关研究论文的数量在2012年之后年呈现明显的增加趋势,从2011年的9篇增长为2012年的20篇。被引频次发生显著增加是从2013年以后。2013年相关研究的被引频次为683次,2014年达到1073次。经过10多年的发展,土地分离与共享框架已经被越来越多的学者关注,土地分离与土地共享哪种策略更有效成为热点研究议题。

使用CiteSpace提取相关研究的关键词,并对关键词频次进行统计(图3)。其中,“农业环境科学”

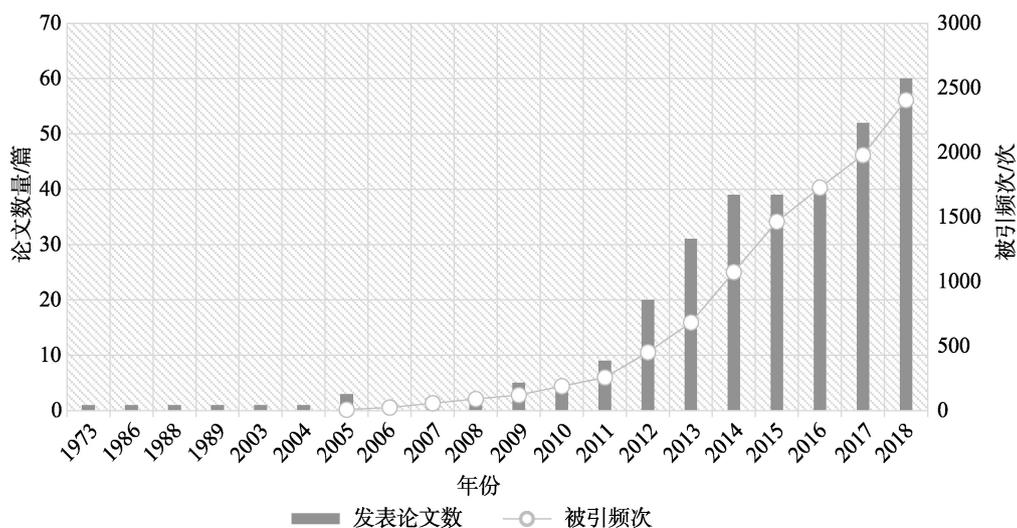
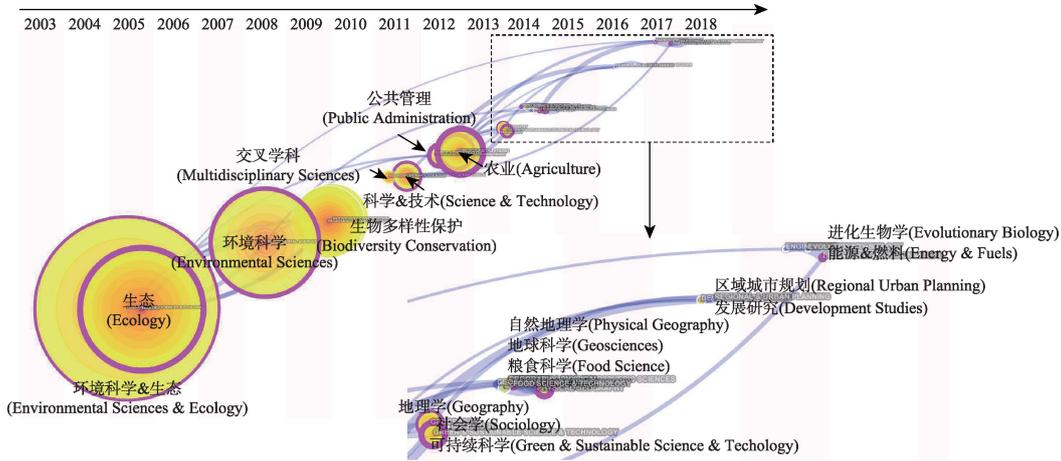


图2 “土地分离与共享框架”相关研究每年的论文数量和被引频次

Fig.2 The number of article on the land-sparing versus land-sharing framework and the sum of times cited per year



注:运用CiteSpace按类别提取关键词,设置节点阈值为“Top60”,生成时区视图。平均轮廓值Silhouette=0.89 > 0.7, 模块值Modularity Q=0.61∈[0, 1]。

图4 土地分离与共享框架研究领域的演变趋势。

Fig.4 Trend of change in the land-sparing versus land-sharing framework research field

al Urban Planning)所引用。2014年,自然地理学(Physical Geography)、地球科学(Geoscience)以及食物科学(Food Science)等呈现较大的中心度,反映了土地分离与共享框架在这些新研究领域的成果具有一定的影响力。

3 土地分离与共享的决策选择

目前对哪种土地利用策略能更有效协调人类利用土地的需求与生态环境保护还没有一致性的结论。分析317篇研究论文,有234篇明确表明了对土地分离或土地共享策略的偏好。其中,有85篇认为土地分离的效益优于土地共享;有46篇更偏好土地共享;有103篇认为土地分离和土地共享各有其优势和局限性,需要针对具体情况进行分析。

多数研究认为土地利用强度的提升会对区域整体生物多样性或其他生态系统功能产生消极影响,即土地分离更有利于自然栖息地保护^[14]。一方面,土地分离将自然栖息地单独分离出来,减缓了农业用地对自然栖息地的侵占速度,降低了人为活动的干扰^[15]。另一方面,土地分离有利于减少生境破碎,形成大片绿色空间,保持生态功能的完整性(表1)。此外,相比较于土地共享策略的低密度生产方式,集约化的土地利用提高了单位面积土地的产量,更受到农场主和管理者的青睐。

然而,土地分离政策因为存在溢出效应^[16],在很多地区的实施效果并不尽人如意。如老挝政府

采用土地分离的策略来进行森林保护,但高集约化土地利用带来了产业的快速扩张,结果侵占了更多分离出的自然栖息地^[17]。还有一些地区实行土地分离的政策,虽然自然栖息地的面积增加了,但生物多样性却持续下降^[18]。这主要是因为土地分离策略虽然能够在短时间内节约出更多的自然栖息地,但从长期效应来看,随着自然栖息地范围的不断扩大,政府的管理能力可能被削弱,公众对自然环境损失风险的关注和讨论也会逐渐变少。因此,采用土地分离策略进行自然栖息地的保护时,建议划定适当范围的优先保护区域,同时综合考虑成本效益。

对一些地区来说,土地共享是更好的选择。有研究发现在景观高度破碎化的地区,当内部斑块表现出明显的边缘效应时,敏感物种会更偏好混合的土地利用方式^[19]。另外,土地利用的产出有较远的渗透距离时,土地共享往往是追求综合效益的最优方案^[20]。土地分离会抑制自然更新的过程,因此在

表1 土地分离与共享框架的优势和局限性

Tab.1 Advantages and limitations of the land-sparing versus land-sharing framework

方式	优势	局限
土地分离	减缓农业用地对自然栖息地的侵占速度 保持生态功能完整性	存在溢出效应 抑制自然更新过程 公众对损失风险的关注和讨论相对减少
土地共享	避免边缘效应 有利于保护敏感物种	土地利用效率低下 对农场主的要求较高

自然资源匮乏、生态恢复能力弱的地区需要优先考虑土地共享策略^[8]。

土地分离与土地共享的决策选择受到土地利用现状、生态环境条件以及社会经济政策的限制，不同的环境背景下进行的策略选择存在差异。如土地分离与土地共享的决策选择可能与城市化水平有关。城市化水平高的地区表现出明显的土地分离偏好；而在低城市化率的地区，需要针对不同物种具体分析对土地分离和土地共享策略的偏好^[21]。土地利用决策面对的核心问题是如何更好地提升土地利用产出的同时又减少环境负外部性。选择哪种土地策略需要考虑抵消选择另一种土地利用策略的机会成本。

4 土地分离与共享框架的应用拓展

土地分离与共享框架本质是多种土地功能的权衡选择，反映的是景观结构的异质性功能的影响，目的是使人类所需功能的效益最大化。目前大多数对土地分离和土地共享的研究仍沿袭Green^[1]最初提出的粮食生产和生物多样性的权衡。随着研究的深入，该框架表现出一定的局限性。

首先，全世界范围的城市化进程使得人地矛盾的依存主体从农业系统向城市复杂系统转变。目前有大约54%的人口居住在城市，到2050年这一比例将提升到66%^[22]。城市成为人类活动的主要聚集地，人与自然的连接已经不单是农业环境主题下的

获取食物，还包括城市建设与保护生态环境资源的博弈。在复杂的城市社会—生态系统，利用土地分离与土地共享思维构建人与地的连接关系，可以为建设用地和生态用地的数量配比和空间配置提供研究范式和路径指导。最先提出将土地分离与共享框架的应用领域由农业环境向城市系统延伸的是Brenda等^[23]。Stott等^[24]进一步对城市系统中的土地分离与土地共享的概念进行了界定，将土地共享定义为粗放的城市扩张过程中建设用地和自然栖息地镶嵌布置，将土地分离定义为集约紧凑的城市化过程伴随大型、连续分离的绿色空间。目前已有少量研究开始尝试评估城市系统中土地分离与土地共享策略的优劣^[25]。

其次，自然栖息地具有多功能性，除了维持生物多样性外，还提供水源涵养、调节微气候、娱乐文化等多种生态功能。目前的土地分离与共享框架强调生物多样性在环境议题中的地位，忽略了自然栖息地其他重要的生态功能，简化了土地利用决策的过程^[25]。有研究已经证明土地分离和土地共享的方式除了影响物种密度，对其他生态功能如授粉、碳储存等也会产生影响^[26-27]。另外，单一强调粮食产量是人类利用土地的唯一产出，作为土地利用决策的依据，忽略了其他人类需求^[28]，无法清晰界定不同土地利用用途的权衡关系。

本文构建了土地分离与共享的拓展框架(图5)，主要包括研究领域和研究内容2个方面的补充完善。一方面，将土地分离与共享框架的研究领域从

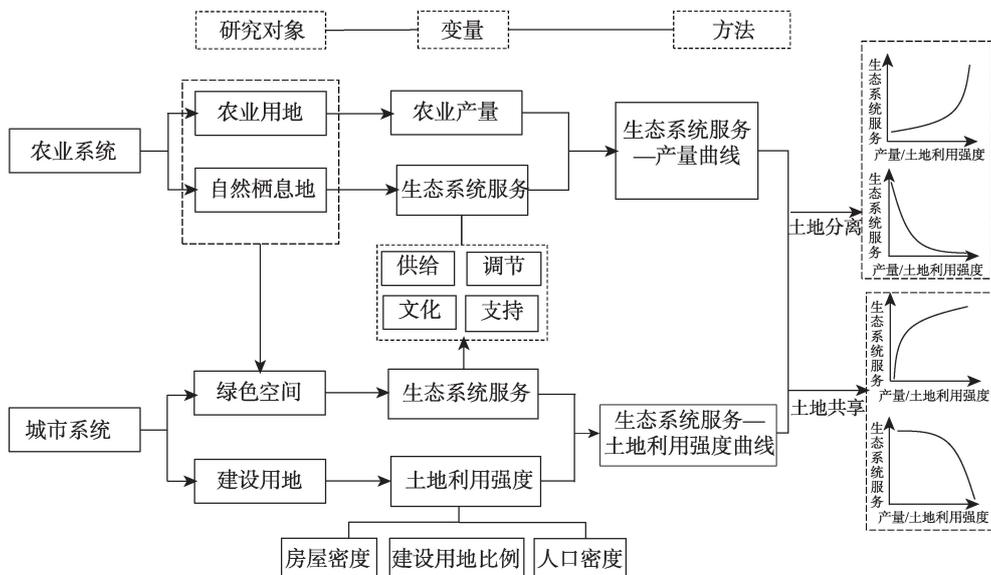


图5 土地分离与共享拓展框架

Fig.5 The extended land-sparing versus land-sharing framework

农业环境向复杂城市系统延伸。虽然农业系统和城市系统是2种不同的研究主体,但二者具有相似性和可类比性。城市扩张与农业耕种都导致生态功能的退化和生态环境的破坏,主要的用地矛盾前者为建设用地和自然栖息地,后者为农业用地和自然栖息地。如图5所示,拓展框架中包括农业系统和城市系统2部分,研究对象包括农业用地、自然栖息地和建设用地。不同的系统关注的问题不同,面临的权衡关系也存在差异。在农业系统中,基本沿袭目前已有研究中的内容和方法,关注农业生产对自然栖息地的胁迫;在城市系统中,考虑农业用地能够提供多种类型的生态系统服务,在城市生态环境保护中具有重要的作用。因此在本框架中将农业用地和自然栖息地看作绿色空间,关注的是建设用地对绿色空间的胁迫。另一方面,土地分离与共享框架的研究内容由单一的粮食生产与生物多样性之间的权衡分析转变为协调水质净化、土壤保持、休闲娱乐等多种类别的生态系统服务。在本框架中,自然栖息地的产出使用生态系统服务表征,包括供给、调节、文化、支持4种类型。建设用地的产出使用土地利用强度表征,如房屋密度、建设用地比例或人口密度等指标。进行土地利用决策选择的方法为生成权衡曲线,其中城市系统使用生态系统服务—土地利用强度曲线,农业系统使用生态系统服务—产量曲线。

5 结论与讨论

5.1 讨论

(1) 中国有大量的土地利用实践,目前并未归入土地分离和土地共享的知识体系内。管理者在进行土地利用决策选择时,因考虑到政策效力和监管成本,通常简单地采用土地分离的方式^[9]。同时由于诸多研究强调土地利用的规模效用以及功能的连接性和完整性,规避景观的破碎化,这一定程度上造成了土地共享策略在中国的缺失。土地分离与土地共享的决策工具能够丰富中国土地利用方式的多样性选择。在进行用地规划布局时,需要在理解不同策略作用机理的基础上,从人类需求出发,建立优化调控的路径。

(2) 如何对异质性进行界定是土地分离与共享相关研究需要进一步考虑的。景观异质性是景观生态学的重要研究内容,关注不同尺度斑块镶嵌的

复杂性,决定了物种、能量以及重要生态过程的流动和分布。实际上,土地分离强调的是一种低景观异质性的管理方式,而土地共享强调的是高景观异质性的管理方式。如何对异质性进行界定还面临诸多挑战,需要进一步研究。是否可以借鉴景观生态学的异质性分类,将空间异质性、时间异质性和功能异质性综合纳入决策过程中,还需要基于实证对研究范式进行完善。

(3) 土地分离或土地共享策略各有其局限性,并不是土地利用方式的必然选择。虽然,在国外很多的土地利用实践和管理中,相较于土地共享的低密度生产方式,土地分离采用集约化的土地利用方式,有利于提高单位面积土地的产量,更受到农场主的青睐^[29-30],但土地分离和土地共享互相结合更可能是未来土地利用的最优决策。土地分离与共享框架仅仅提供了2种思维方式,表达2种极端选择。未来研究需要在这2个极端项中间增加更多的可选项,结合景观的异质性程度,进行土地利用决策的非线性优化。

5.2 结论

(1) 土地分离与共享框架相关论文的数量和被引频次从2005年至今呈现逐年上升的趋势。土地分离与共享策略的研究热度逐年增加,已经被越来越多的学者所关注。土地分离与共享决策的主要研究领域为农业。目前的相关研究除了单一强调生物多样性保护外,逐渐开始关注其他生态功能类型。此外,“管理”“规划”“城市化”“韧性”等关键词的出现,说明该框架的相关研究已经开始关注城市这一研究对象。

(2) 土地分离与土地共享策略的研究领域涵盖农业、生态、环境、地理、规划等多个学科,在不同的阶段表现出不同的研究热点领域。2003—2006年是土地分离与土地共享策略研究的热点时期,热点研究领域为生态和环境科学。该时期奠定了土地分离与土地共享框架的研究基础,研究成果被后来多个时期引用。在发展过程中,出现了很多新的热点研究领域,如2013年可持续科学呈现较大的中心度,2016年出现的研究热点领域区域城市规划以及2014年的自然地理学。说明土地分离与共享框架的理论内涵不断丰富和发展。

(3) 现有的土地分离与共享框架具有局限性,需要重新构建人与地的连接关系,进行理论拓展,为复杂城市社会—生态系统可持续发展提供研究

范式和路径指导。一方面,“土地分离与共享框架”研究领域从农业环境向复杂城市系统延伸。另一方面,研究内容由单一的粮食生产与生物多样性之间的权衡选择向协调水质净化、土壤保持、休闲娱乐等多种供给、调节、文化、支撑等类别生态系统服务转变。

参考文献(References)

- [1] Green R E, Cornell S J, Scharlemann, et al. Farming and the fate of wild nature [J]. *Science*, 2005, 307: 550-555.
- [2] Habel J C, Weisser W W, Eggermont H, et al. Food security versus biodiversity protection: An example of land-sharing from East Africa [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2013, 22(6-7): 1553-1555.
- [3] 冯喆, 许学工, 周建, 等. 基于生态系统服务视角的“土地分离与共享框架”解析 [J]. *地理科学进展*, 2016, 35(9): 1100-1108. [Feng Zhe, Xu Xuegong, Zhou Jian, et al. Land sparing versus sharing framework from ecosystem service perspective. *Progress in Geography*, 2016, 35(9): 1100-1108.]
- [4] Marr E J, Howley P, Burns C. Sparing or sharing? Differing approaches to managing agricultural and environmental spaces in England and Ontario [J]. *Journal of Rural Studies*, 2016, 48: 77-91.
- [5] Phalan B, Onial M, Balmford A, et al. Reconciling food production and biodiversity conservation: Land sharing and land sparing compared [J]. *Science*, 2011, 333: 1289-1291.
- [6] Balmford A, Green R, Phalan B. What conservationists need to know about farming [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 2012, 279: 2714-2724.
- [7] Dotta G, Phalan B, Silva T W, et al. Assessing strategies to reconcile agriculture and bird conservation in the temperate grasslands of South America [J]. *Conservation Biology*, 2018, 30: 618-627.
- [8] Sato C E, Wood J T, Stein J A, et al. Natural tree regeneration in agricultural landscapes: The implications of intensification [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2016, 230: 98-104.
- [9] Norris F H, Stevens S P, Pfefferbaum B, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness [J]. *American Journal of Community Psychology*, 2008, 41: 127-150.
- [10] 杨梅, 刘章勇. 农业土地共享和土地分离及其潜在的生物多样性效应 [J]. *中国生态农业学报*, 2017, 25(6): 787-794. [Yang Mei, Liu Zhangyong. Agricultural land sharing/sparing and their potential effects on biodiversity. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2017, 25(6): 787-794.]
- [11] Dauber J, Miyake S. To integrate or to segregate food crop and energy crop cultivation at the landscape scale? Perspectives on biodiversity conservation in agriculture in Europe [J]. *Energy Sustainability and Society*, 2016, 6(1): 25. doi: 10.1186/s13705-016-0089-5.
- [12] Zarrineh N, Abbaspour K C, Griensven A V, et al. Model-based evaluation of land management strategies with regard to multiple ecosystem services [J]. *Sustainability*, 2018, 10(11): 3844. doi: 10.3390/su10113844.
- [13] Hartman C. Land sharing in rural India [J]. *Natural History*, 1973, 82(1): 33-43.
- [14] Barral M P, Benayas J M R, Meli P, et al. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2015, 202: 223-231.
- [15] Sushinsky J R, Rhodes J R, Possingham H P, et al. 2013. How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts? [J]. *Global Change Biology*, 2013, 19: 401-410.
- [16] Didham R K, Barker G M, Bartlam S, et al. Agricultural intensification exacerbates spillover effects on soil biogeochemistry in adjacent forest remnants [J]. *PLoS One*, 2015, 10(1): e0116474. doi: 10.1371/journal.pone.0116474
- [17] Vongvisouk T, Broegaard R B, Mertz O, et al. Rush for cash crops and forest protection: Neither land sparing nor land sharing [J]. *Land Use Policy*, 2016, 55: 182-192.
- [18] Rosemary H, Craig M, Michael D, et al. Why biodiversity declines as protected areas increase: The effect of the power of governance regimes on sustainable landscapes [J]. *Sustainability Science*, 2015, 10(2): 357-369.
- [19] Johansson O, Rauset G R, Samelius G, et al. Land sharing is essential for snow leopard conservation [J]. *Biological Conservation*, 2016, 203: 1-7.
- [20] Lamb A, Balmford A, Green R E, et al. To what extent could edge effects and habitat fragmentation diminish the potential benefits of land sparing? [J]. *Biological Conservation*, 2016, 195: 264-271.
- [21] Soga M, Yamaura Y, Koike S, et al. Land sharing vs. land sparing: Does the compact city reconcile urban development and biodiversity conservation? [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2014, 51: 1378-1386.
- [22] The Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. World urbanization prospects: The 2014 revision [R]. New York, USA: United Nations, 2014.

- [23] Brenda B L, Richard A F. Sharing or sparing? How should we grow the world's cities? [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2013, 50: 1161-1168.
- [24] Stott I, Soga M, Inger R, et al. Land sparing is crucial for urban ecosystem services [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2015, 13: 387-393.
- [25] Caryl F M, Lumsden L F, Ree R, et al. Functional responses of insectivorous bats to increasing housing density support 'land-sparing' rather than 'land-sharing' urban growth strategies [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2016, 53: 191-201.
- [26] Jager H I, Kreig J A F. Designing landscapes for biomass production and wildlife [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2018, 16: e00490. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00490.
- [27] Williams D R, Phalan B, Feniuk C, et al. Carbon storage and land-use strategies in agricultural landscapes across three continents [J]. *Current Biology*, 2018, 28: 2500-2505.
- [28] Quandt A. Farmers and forest conservation: How might land sparing work in practice? [J]. *Society & Natural Resources*, 2016, 29: 418-431.
- [29] Fischer J, Abson D J, Butsic V, et al. Land sparing versus land sharing: Moving forward [J]. *Conservation Letters*, 2013, 7(3): 149-157.
- [30] Tschamtker T, Tylianakis J M, Rand T A, et al. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes: Eight hypotheses [J]. *Biological Reviews*, 2012, 87(3): 661-685.

Development and prospect of the land-sparing versus land-sharing framework

HU Tian^{1,2}, WU Jiansheng^{1,2*}, PENG Jian², LI Weifeng³

(1. Key Laboratory for Urban Habitat Environmental Science and Technology, School of Urban Planning and Design, Peking University, Shenzhen 518055, China; 2. Key Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

3. Department of Urban Planning and Design, Faculty of Architecture, University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China)

Abstract: Land sparing and land sharing are two alternative land-use strategies, which was framed by Green in 2005. The land-sparing versus land-sharing framework was initially designed to explore trade-offs between food production and biodiversity conservation by means of the density-yield curve. A debate on whether the land-sparing strategy or the land-sharing strategy is optimal has been on-going in the last 10 years and it has enriched relevant theories. Considering that there are many land-sparing practices but limited relevant research to provide guidance for land management in China, in this article we introduced the land-sparing versus land-sharing framework as a new perspective. We reviewed 317 articles in the Web of Science database and conducted bibliometric analysis for a better understanding of the context, methodology, and principles of the framework. The current status and historical trend referring to major topics and research subjects were analyzed. We also summarized decision-making options in previous studies and further advanced the framework from two aspects, focusing on land multi-functionality and the parallel between agriculture and urban systems. We found that land-sparing strategy was more prominent comparing with land-sharing strategy in studies and practices around the world in spite of the pros and cons of each. The advanced framework in this study extended the research object from agriculture to urban, and integrated the diversity of ecosystem services. This study may provide some guidance for the sustainable development of the social-ecological system and enrich the theoretical basis of the land-sparing versus land-sharing framework.

Keywords: land sparing; land sharing; ecological conservation; biodiversity; natural land; land use strategy