

DOI: 10.20103/j.stxb.202412042989

王淇, 邢泽霖, 李雨萌, 梁赛. 上海市全行业土地利用的跨区域产业链驱动机制分析. 生态学报, 2025, 45(13): - .

Wang Q, Xing Z L, Li Y M, Liang S. Driving mechanism for local full-sector land use in Shanghai through multi-regional supply chains. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(13): - .

上海市全行业土地利用的跨区域产业链驱动机制分析

王 淇, 邢泽霖, 李雨萌*, 梁 赛

广东工业大学 生态环境与资源学院 湾区生态安全与绿色发展基础研究卓越中心, 广州 510006

摘要:上海市人口和经济快速增长导致了严峻的土地利用形势。现有研究主要关注上海市社会经济活动的直接土地利用, 其他地区生产消费活动对上海市土地利用的跨区域产业链驱动机制尚不清晰, 无法为缓解上海市土地利用压力的政策决策提供充分依据。构建了一个全行业土地利用核算框架, 并结合环境扩展多区域投入产出模型, 从生产侧、需求侧、供给侧视角识别了多区域产业链中驱动上海市土地利用的关键地区与行业。结果表明, 生产侧视角下, 上海市用地面积最大的行业包括“种植业”和“批发和零售”; 需求侧视角下, 上海对“种植业”产品的需求驱动了大量的本市土地利用, 河南、广东等省份的最终需求对上海市用地的驱动作用显著; 供给侧视角下, 关键初始投入行业包括上海市“种植业”和“批发和零售”, 江苏等省份的初始投入行业间接驱动了较多的上海市用地。研究结果从多视角为上海市土地利用的可持续管理指出着力点, 同时可为其他地区的土地利用研究提供参考。

关键词:土地利用; 产业链; 投入产出分析; 需求侧; 供给侧

Driving mechanism for local full-sector land use in Shanghai through multi-regional supply chains

WANG Qi, XING Zelin, LI Yumeng*, LIANG Sai

Guangdong Basic Research Center of Excellence for Ecological Security and Green Development, School of Ecology, Environment and Resources, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract: Land resources are essential to socioeconomic development, as well as the material basis for human survival. The rapid population growth and accelerated industrialization in Shanghai have resulted in a significant shortage of land resources. Future socioeconomic development is expected to further intensify land use activities, potentially exacerbating the land resource challenges in Shanghai. Moreover, environmental impacts arising from land use changes may negatively affect climate and ecosystems, reduce human well-being, and restrict the coordinated development of society, economy, and environment. Therefore, to address the challenge of land resource scarcity, it is necessary to further optimize the structure of land use and improve land use efficiency. Existing studies primarily focus on the direct land use of socioeconomic activities in Shanghai. However, in addition to being directly affected by local production activities, the land use of a region is also indirectly affected by remote economic activities through multi-regional supply chains. Currently, the multi-regional supply chain driving mechanism of production and consumption activities in other regions (e.g., critical regions and industries) on Shanghai's land use remains unclear. This limits the effectiveness of policy-making on land use pressure mitigation. This study constructs a full-sector land use accounting framework based on road network data, point-of-interest (POI) information, and remote sensing data. Combined with an environmentally extended multi-regional input-output model, it

基金项目:国家自然科学基金项目 (72293602, 52325005)

收稿日期:2024-12-04; **网络出版日期:**2025-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liyumeng@gdut.edu.cn

identifies critical regions and industries driving land use in Shanghai from the perspectives of production, demand, and supply within the multi-regional supply chain network. We find three main findings: (1) On the production side, the industries occupying the largest land use areas include “agriculture” and “wholesale and retail” in Shanghai; (2) On the demand side, Shanghai’s demand for products of the “agriculture” industry drives substantial domestic land use; and the final demand of Guangdong, Henan, and other provinces has driven large amounts of land uses in Shanghai; (3) On the supply side, the primary inputs of industries including “agriculture” and “wholesale and retail” in Shanghai, and the “chemical products” industry in Jiangsu indirectly drive large amounts of Shanghai’s land uses. This study identifies critical supply chain drivers of land use in Shanghai, providing multiple perspective policy decisions on alleviating land resource scarcity. Findings of this study have three policy implications: (1) For critical production-side industries, intensive land use measures (e.g., rational land planning) can be adopted to improve land use efficiency; (2) For critical demand-side industries, optimizing consumption behaviors of their products can encourage upstream suppliers to improve the productivity, which can alleviate land resource scarcity of the whole supply chains; (3) For critical supply-side industries, economic incentives can be introduced to optimize the distribution of products to downstream industries of more efficient land uses, which can facilitate the land use efficiency of the whole supply chains. The findings in this study provide the hotspots for sustainable management of land use in Shanghai from multiple perspectives. The analytical framework of this study can provide a reference for land use management in other regions. Improving the extraction and classification processes of POI data in future work can help to reduce the uncertainty of land use estimation results of this study.

Key Words: land use; supply chain; input-output analysis; demand; supply

土地资源是社会经济活动的重要载体,为人类生存和发展提供了物质基础^[1-2]。20 世纪以来,人口的快速增长和城市工业化进程的加快导致土地资源严重紧缺^[3-4]。未来为满足经济发展需求,土地利用活动可能会进一步加强,土地将逐渐成为全球范围内的稀缺资源。此外,土地利用变化引起的生态环境效应(如城市热岛效应^[5]、生物多样性损失^[6]等)将对气候和生态系统产生负面影响,损害人类福祉,阻碍社会、经济 and 环境的协调发展^[7-9]。因此,为应对土地资源稀缺性的挑战,需要进一步优化土地利用结构,提高土地利用效率。

上海市作为我国的经济中心和国家新型城镇化规划的主体区域,面临严峻的土地利用形势^[10]。截至 2022 年底,上海市城镇化率高达 89%,位居全国第一^[11]。城镇化进程带动上海市经济发展的同时也改变了土地配置结构,导致了土地资源紧张和用地需求矛盾的双重挑战。一方面,随着城镇化带来的产业结构转型和人口规模扩大,现有土地资源无法满足居民对生活、交通和教育等的需求;另一方面,城市化用地需求使得城市用地向农业用地不断扩张,加剧城市建设与农村农业生态用地之间的冲突^[12]。因此,优化上海市土地利用结构,缓解土地资源稀缺问题对于上海市加快建成现代化国际大都市至关重要。现有研究分析了上海市土地利用的时空变化特征及影响因素。例如,Zhang 等^[13]基于地理信息系统(GIS)和遥感技术模拟了 1979—2008 年上海市的土地利用变化情况,为上海市城市规划政策提供支持;史利江等^[14]构建了 1994—2006 年上海市土地利用数据库,分析了上海市不同行业土地利用的时空变化特征及驱动力。现有研究主要关注上海市社会经济活动的直接土地利用,忽略了产业链上其他地区生产消费活动对上海市土地利用的跨区域驱动作用。

一个地区的土地利用除了受本地生产活动的直接影响,还受到远程经济活动通过跨区域产业链产生的间接影响^[15]。例如,在需求侧视角下,学者们揭示了产业链上最终消费活动对土地利用的跨区域驱动机制^[16-17]。Chen 等^[16]结合多区域投入产出(MRIO)模型,分析了我国区域间贸易对省际土地利用的驱动作用;Ke 等^[17]构建了全行业土地利用碳排放核算框架,并结合 MRIO 模型揭示了深圳市产业链活动驱动的隐含土地利用碳排放。在供给侧视角下,产业链上游初始供给者的初始投入(如劳动力和资本)也会驱动下游

部门的生产活动,从而导致下游部门的资源使用^[18]。有学者基于供给侧视角,识别了产业链上驱动资源使用的关键初始供给者。例如,Yang 等^[19]基于 MRIO 模型识别了驱动北京市土地利用的初始供给者;Meng^[20]等基于环境扩展多尺度投入产出模型(EE-MSIO),从供给侧识别了驱动我国四个特大城市土地利用的产业链活动。针对上海的用地情况,Xie 等^[21]通过构建自下而上的土地利用清单,结合单区域投入产出模型分析了上海市 42 个经济行业的土地利用强度和土地足迹。此外,Ji 等^[22]基于嵌套投入产出模型核算了由本地需求驱动的上海市耕地利用量。然而,这些研究都忽略了跨区域社会经济活动对上海市土地利用的影响,无法识别上海市土地利用的跨区域驱动力。综上,亟需从多视角(即生产侧、需求侧和供给侧)分析上海市土地利用的跨区域社会经济驱动力,识别影响上海土地利用的关键区域和行业,为优化上海市土地利用结构、促进土地资源可持续利用的政策决策指出着力点。

针对上述研究空白,本研究开展了多视角下上海市全行业土地利用的跨区域产业链驱动力分析。首先,基于道路网络、兴趣点(Point of Interest, POI)和遥感等数据,量化了 2012 年与 2017 年上海市各经济行业的直接土地利用量。其次,通过构建环境扩展多区域投入产出(EE-MRIO)模型,分别从生产侧、需求侧和供给侧三个视角识别上海市土地利用的关键跨区域驱动力。研究结果可从不同视角为上海市土地可持续利用的政策决策指出着力点,同时为探究其他地区土地利用的跨区域产业链驱动机制提供参考。

1 方法和数据

1.1 全行业土地利用核算框架

本研究基于 2017 版国民经济行业分类(GBT4754—2017)构建了全行业土地利用核算框架,包括地块分割、兴趣点(POI)提取和分类以及遥感数据过滤替代。

首先,通过 OpenStreetMap(<https://master.apis.dev.openstreetmap.org>)获取上海市道路网络信息^[23—24],沿着道路网络切割地块,并划分每块土地的面积。根据地块的地理位置将 POI 投影到地块上,并统计每个地块的 POI 总数。其中,POI 数据可以分为三类,包括商业和社会工作,农田和自然景观(森林、草原等)以及道路和桥梁。本研究以遥感数据替代第二类 POI 用地面积,遥感数据来自于中国科学院资源与环境科学与数据中心^[25]。同时,考虑到道路系统土地利用在空间分布上的差异性,对第三类 POI 也进行了排除^[19]。上海市各地块面积计算如式(1)所示:

$$a_k = S_k - N_k - T_k \quad (1)$$

式中, a_k 表示地块 k 排除农田与自然景观、道路桥梁用地后的面积; S_k 表示地块 k 的总面积; N_k 表示地块 k 内农田与自然景观土地的面积; T_k 表示地块 k 中的道路桥梁面积。

其次,基于 2017 版国民经济行业分类(GBT4754—2017)对各行业的定义以及 POI 数据提供的属性信息,将第一类 POI 分类数据匹配至相应的经济行业。利用 ArcMap 软件,基于 POI 数据的经纬度信息,将第一类 POI 图层叠加到地块图层上,统计得到各地块的 POI 总数。各个地块中 POI 的平均用地面积计算如式(2)所示:

$$A_k = \frac{a_k}{M_k} \quad (2)$$

式中, A_k 表示地块 k 中第一类 POI 数据在城市地块 k 的平均土地利用面积; M_k 为城市地块 k 中第一类 POI 的总数。

此外,城市地块 k 中各行业的土地利用计算方法如式(3)所示:

$$l_k^i = M_k^i \times A_k \quad (3)$$

式中,符号 l_k^i 表示地块 k 中第 i 个行业的土地利用; M_k^i 为地块 k 中与行业 i 相匹配的 POI 个数。因此,第 i 个行业的总土地利用为 $l_i = \sum_k^m l_k^i$,其中 m 表示地块总数。

对于无 POI 数据的地块,本研究采用来自中国科学院资源与环境科学与数据中心^[25]的遥感数据确定其土地类型(如耕地、林地、草地等),并将相应土地利用面积分配到相关行业。对于林业行业,由于人工林和天然林难以通过遥感数据区分,因此采用各年份《中国林业统计年鉴》^[26—27]中的林地面积数据代替。

综上,上海市各行业土地利用计算方法如式(4)所示:

$$q_i = l_i + g_i \quad (4)$$

式中,符号 q_i 表示第 i 个行业的土地利用,符号 g_i 表示采用遥感数据或统计年鉴数据补充的土地利用。

1.2 环境扩展多区域投入产出模型

基于上述方法,本研究将上海市各行业的直接土地利用作为环境卫星账户,结合 EE-MRIO 模型量化中国各省份最终需求和初始投入驱动的上海市土地利用量,从多视角分析上海市全行业土地利用的跨区域产业链驱动力机制。

首先,基于 Leontief 投入产出模型^[28],量化由各省各行业产品最终需求驱动的土地利用,计算公式如式(5)和式(6)所示:

$$f = q (\hat{x})^{-1} \quad (5)$$

$$c = f (I - A)^{-1} \hat{y} \quad (6)$$

式中,向量 q 表示上海市及其他各省份的环境卫星账户。由于本研究仅考虑上海市土地利用受到的跨区域驱动力,因此向量 q 由上海市各行业的直接土地利用构成,其他省份的行业土地利用量为零。列向量 x 表示各省份各行业的总产出,向量 $\hat{x}$ 是向量 x 的对角化形式;行向量 c 表示由各省份各行业产品的最终需求驱动的土地利用(即需求侧视角的土地利用);行向量 f 表示各省份各行业的土地利用强度; I 是单位矩阵; $(I - A)^{-1}$ 表示 Leontief 逆矩阵,其中 A 表示直接投入系数矩阵;列向量 y 表示各省份各行业产品的最终需求,向量 $\hat{y}$ 是向量 y 的对角化形式。

因此,在各省最终需求的驱动下,上海市某行业的土地利用计算方法如式(7)所示:

$$c = \hat{f} (I - A)^{-1} \hat{y}_i, i = 1, 2, \dots, 31 \quad (7)$$

式中,符号 y_i 表示第 i 个省的最终需求。

其次,根据 Ghosh 投入产出模型^[29],计算各省各行业初始投入驱动的上海市土地利用,如式(8)所示:

$$d = \hat{v} (I - B)^{-1} f' \quad (8)$$

式中,符号 d 表示各省各行业初始投入驱动的土地利用;行向量 v 表示各省各行业的初始投入; $\hat{v}$ 表示向量 v 的对角矩阵; B 为直接产出系数矩阵; $(I - B)^{-1}$ 为 Ghosh 逆矩阵; f' 表示向量 f 的转置。

1.3 数据来源

本研究使用的数据主要包括两类,一类是 2012 和 2017 年上海市 POI 数据,来自高德地图^[30—31](<https://www.amap.com>);另一类是 2012 和 2017 年 MRIO 表^[32—33],来自中国碳核算数据库(<https://www.ceads.net.cn>),涵盖 31 个省份、每个省份 42 个行业。为进一步反映农业土地利用的多元化,本研究基于各省“农业”、“林业”、“畜牧业”、“渔业”和“农业相关服务业”的总产值,进一步将 MRIO 表中的“农林牧渔产品和服务”行业细分为“种植业”、“林业”、“牧业”、“渔业”和“农林牧渔服务业”,其中相关农业部门的总产值来自统计报告^[34—35]。因此,本研究使用的 MRIO 表包含 31 个省份、每个省份 46 个行业。

2 结果

2.1 生产侧视角下上海市各行业土地利用

基于本研究构建的核算框架,2012 年和 2017 年上海市生产侧行业土地利用总面积分别为 6035 km² 和 6237 km²,增加了 3%。图 1 展示了生产侧视角下各行业的直接土地利用情况(前 20 名)。其中,“种植业”的土地利用量最大,分别占 2012 年和 2017 年生产侧总用地面积的 62.6% 和 57.8%。相比于“种植业”,“林业”

和“渔业”等农业行业的直接土地利用量相对较少。对于非农业行业,土地利用量较大的行业包括“批发和零售”、“交通运输、仓储和邮政”、“居民服务、修理和其他服务”以及“住宿和餐饮”等服务业行业。对于从生产侧视角识别关键土地利用行业,可通过提高行业生产效率等措施进一步提高土地利用效率,从而缓解行业生产活动导致的土地稀缺问题。

2012—2017 年,对于农业行业,上海市“种植业”和“渔业”的生产侧土地利用量有所减少,分别减少了 4.5%和 28.8%。这是由于在城市化进程中,大量农业用地被转化为城市用地,导致农业用地资源日益紧张^[12]。城市化进程伴随着土地利用的集约化和高效化。相较于种植业,高新技术产业和服务业具有更高的单位土地经济产出和更强的资源集聚能力。因此,未来种植业的土地利用面积可能持续减少,取而代之的是高新技术产业和服务业的土地利用面积增加^[36]。相反,“林业”用地的面积大幅增加,在 2012—2017 年间增加了 168.4%,这可能是上海市践行《上海市林地保护利用规划(2010—2020 年)》的结果^[37]。对于非农业行业,“交通运输、仓储和邮政”的土地利用面积在 2012—2017 年间增加了 121.5%,这可能与《上海市现代物流业发展“十二五”规划》的实施相关^[38]。

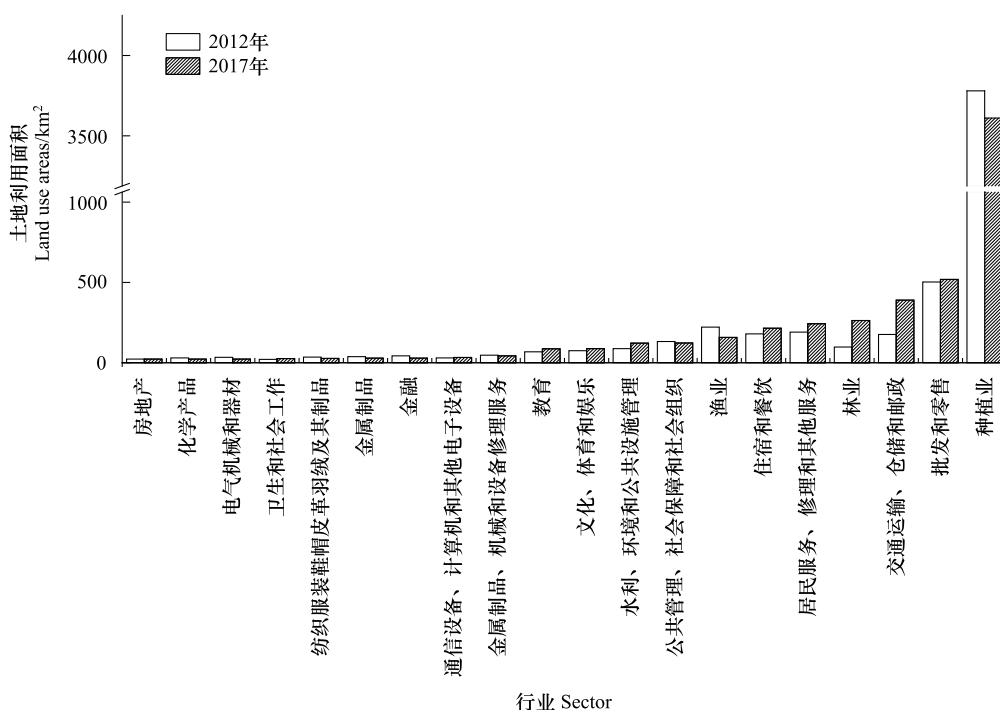


图1 上海市 2012 年与 2017 年生产侧视角下行业土地利用(前 20 名)

Fig.1 Sectoral land uses in Shanghai from the production side in 2012 and 2017 (Top20)

2.2 需求侧视角下最终消费活动驱动的上海市土地利用

需求侧视角下,2012 年和 2017 年由上海市最终需求驱动的土地利用面积分别为 4638 km² 和 3544 km², 占上海市行业用地的 77%和 57%。图 2 展示了 2012 和 2017 年由上海市最终需求驱动的行业土地利用情况。其中,上海市对“种植业”的最终需求驱动了上海市大部分土地利用量。但在 2012—2017 年间,“种植业”的最终需求驱动的土地利用量显著减少,表明上海市种植业的生产效率得到提高。这得益于上海市不断推进智慧农业技术应用,提升粮食生产科技水平,优化农业生产结构^[39]。相比于“种植业”,“渔业”和“林业”等农业行业的最终需求所驱动的土地利用量较少。对于非农业行业,“公共管理、社会保障和社会组织”、“住宿和餐饮”、“食品和烟草”等行业的最终需求驱动的土地利用量较大。

2012—2017 年,上海本地最终需求驱动的土地利用量显著下降,下降了约 20%。相反,由外省最终需求驱动的上海市土地利用面积由 625 km² 增加至 1664 km²。其中,河南省、浙江省、江苏省和广东省等省份的最

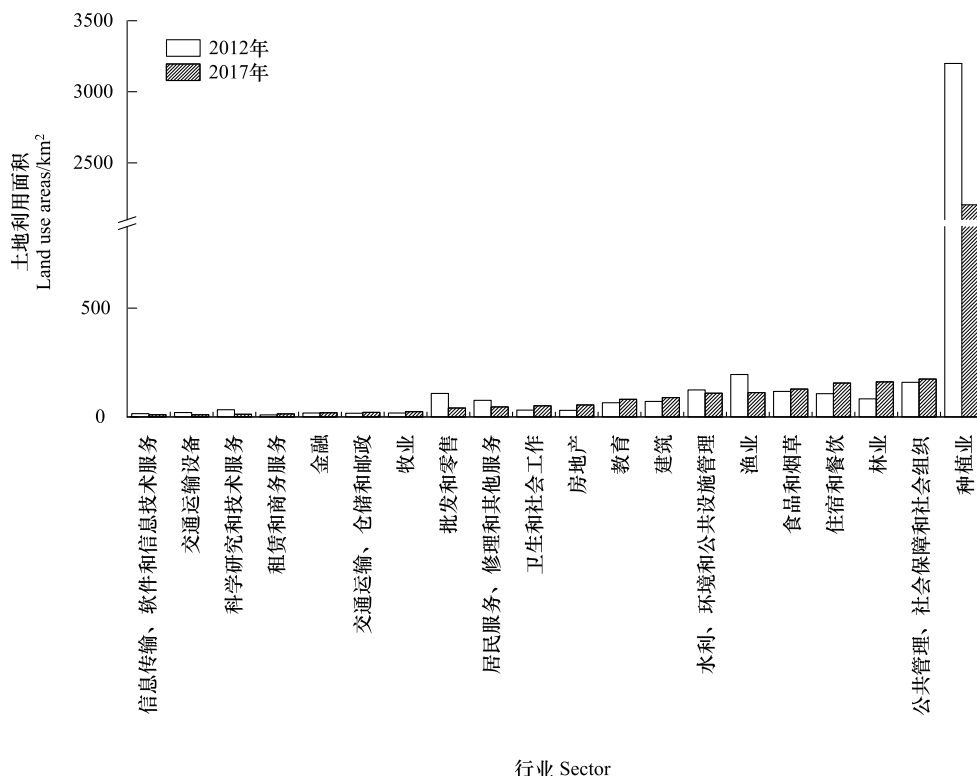


图2 2012年与2017年上海市最终需求驱动的行业土地利用(前20名)

Fig.2 Sectoral land uses driven by the final demand of Shanghai in 2012 and 2017 (Top 20)

终需求驱动了上海市较多的土地利用,且在2012—2017年间显著增加(图3)。这些省份主要位于中国的东部和中部地区,是跨区域产业链上关键的最终消费者。特别是,2012—2017年由重庆市最终需求驱动的上海市土地利用量增长率最高,从9 km²增长至76 km²。重庆市作为西南地区的经济重镇,其经济的快速发展造成了对上海市产品和服务的需求,从而推动了上海市相关产业的发展和土地利用的增长。这种增长可能体现在上海市为满足重庆市外部需求而增加的工业、物流或商业等行业用地上^[40]。上述结果表明,除满足本地用地外,上海市通过产品贸易与其他省份紧密联系,满足其他省份的需求。通过优化这些省份对各行业产品的消费行为,可减少外省最终需求驱动的上海市土地利用量。

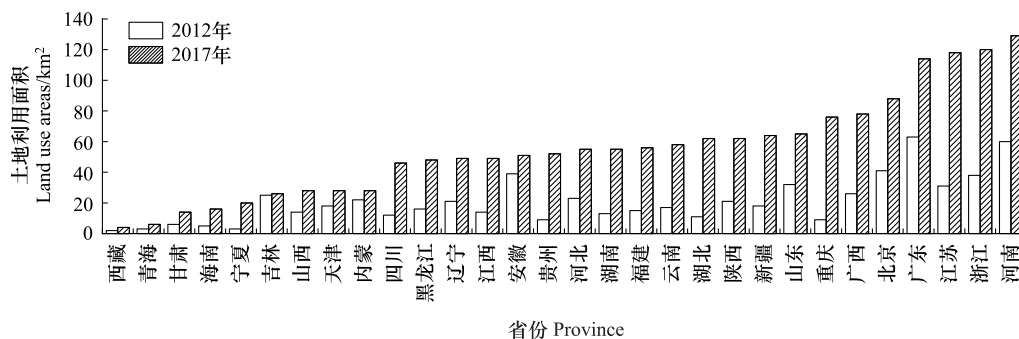


图3 2012年与2017年外省最终需求驱动的上海市土地利用

Fig.3 Land uses in Shanghai driven by the final demand of other provinces in 2012 and 2017

基于上述识别的关键消费省份,进一步揭示了这些关键省份(如河南省、浙江省和江苏省)最终需求驱动的上海市土地利用情况(图4)。结果表明,上述省份对“建筑”、“食品和烟草”等行业产品的需求驱动了上海

市大部分土地利用。在对“建筑”行业产品需求方面,这些省份驱动的上海市土地利用主要来自对本地产品的消费。例如,2017 年浙江省对本地建筑产品的最终需求驱动了上海市 18 km² 的土地利用,占“建筑”行业产品消费驱动的土地利用总量的 90%;江苏省对本地建筑产品的最终需求则驱动了 26 km² 的土地利用,占“建筑”行业产品消费驱动的土地利用总量的 81%。此外,对于部分行业,上述关键省份驱动的上海市土地利用则主要来自于对上海市产品的消费。如河南省对上海市“文化、体育和娱乐”行业产品的最终需求驱动了 12 km² 的土地利用,占该行业产品消费驱动土地利用总量的 92%。同时,河南省对“建筑”行业的需求驱动了较多的上海市土地利用,所消费建筑产品主要来自陕西省、重庆市、广西省、安徽省、辽宁省、北京市等。通过对最终消费产品来源地的分解,可进一步细化驱动上海市土地利用的跨区域产业链活动。

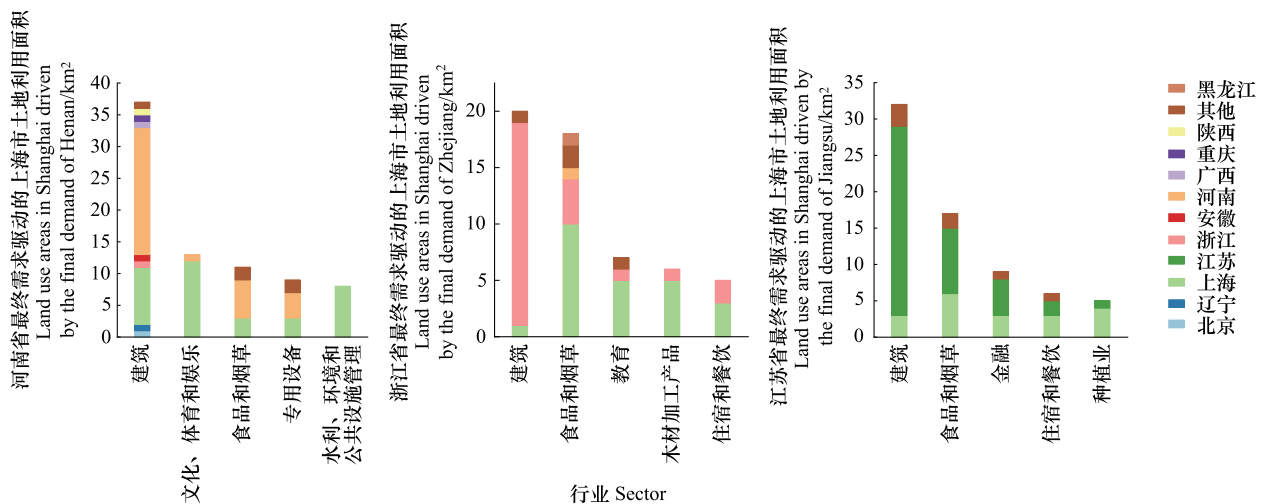


图4 2017 年关键省份最终需求驱动的上海市土地利用

Fig.4 Land uses in Shanghai driven by the final demand of critical provinces in 2017

2.3 供给侧视角下初始投入活动驱动的上海市土地利用

供给侧视角下,位于产业链上游的初始投入活动(如资本、劳动力等)会推动下游行业的生产,进而导致下游行业的土地利用。2012 年与 2017 年上海市由初始投入行业驱动的土地利用面积分别为 3324 km² 和 3328 km²。图 5 展示了由上海市初始投入驱动的主要土地利用行业(前 20 名)。农业类行业中,2012 年和 2017 年上海市对“种植业”的初始投入驱动了 1524 km² 和 1456 km² 的土地利用量,在总土地利用中占比较大,而对“林业”和“渔业”的初始投入驱动的土地利用量相对较少。“批发和零售”和“食品和烟草”等行业是非农业行业中关键的初始投入行业。此外,从 2012 年到 2017 年,“交通运输、仓储和邮政”行业和“食品和烟草”行业的初始投入所驱动的上海市土地利用量显著增加,分别增加了 182%和 150%。

2012 年和 2017 年其他省份的初始投入分别驱动上海市 1440 km² 和 1002 km² 的土地利用量。其中,江苏省、河北省、浙江省和黑龙江省的初始投入驱动了较多的上海市土地利用,关键的初始投入行业包括“种植业”、“化学产品”、“食品和烟草”以及“批发和零售”等行业(图 6)。具体来说,2012 年江苏省对“化学产品”行业的初始投入驱动了上海市 25 km² 的直接土地利用面积,对上海市经济行业的直接土地利用贡献较大。作为我国的化工大省,江苏省集聚了众多化工、电镀等行业,在化学产品等相关行业上的初始投入较大。同时,江苏省与上海市具有密切的贸易往来,其对上海市“化学产品”行业的初始投入活动显著影响了上海市的土地利用情况^[41]。然而,2017 年江苏省的主要初始投入行业由“化学产品”转变为“种植业”,这表明江苏省逐步减少对化学产品等高污染行业的投入,增加了对种植业等环保、绿色产业的投入。此外,一些省份对其优势产业的初始投入也间接影响到上海市土地利用。例如,2012 年,黑龙江省对“石油和天然气开采”行业、山西省对“煤炭采选”行业的初始投入分别驱动上海市 29 km² 和 28 km² 的土地利用;2017 年,河南省对“交通

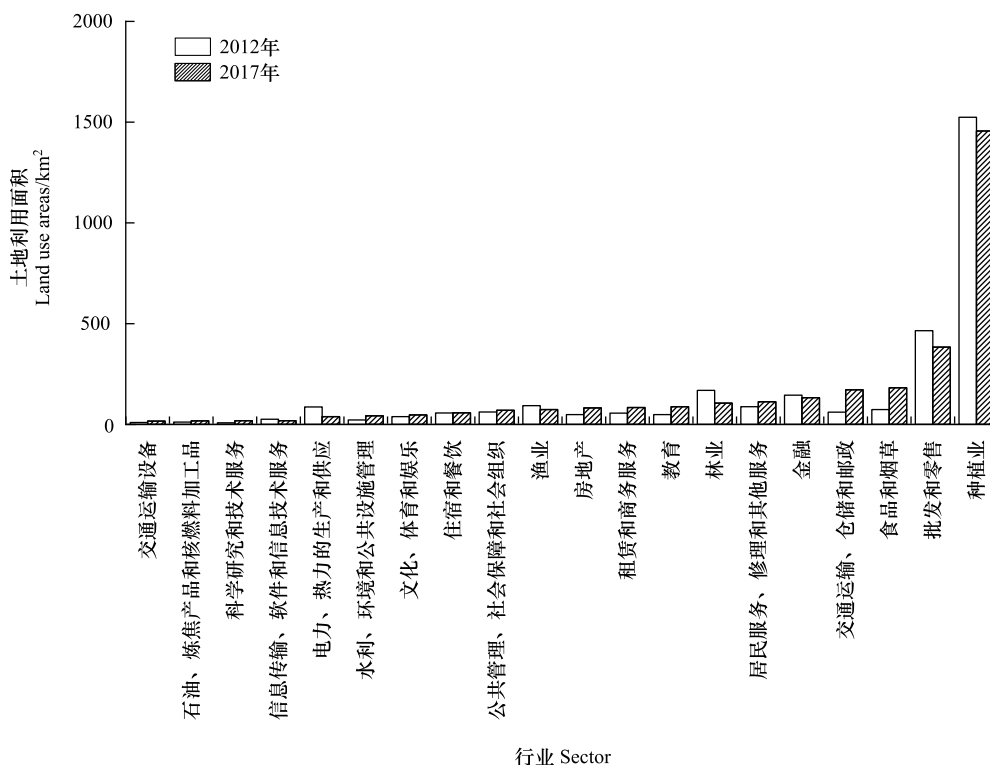


图5 2012年与2017年上海市初始投入驱动的行业土地利用(前20名)

Fig.5 Sectoral land uses driven by the primary inputs of Shanghai in 2012 and 2017 (Top 20)

运输、仓储和邮政”行业的初始投入驱动上海市 25 km² 的土地利用。对于上述关键的供给侧行业热点,可以通过经济激励手段,优化企业产品向下游的分配,以提高下游行业的土地资源利用率。

3 分析

上海市人口和经济快速增长导致了严峻的土地利用形势。现有研究主要关注上海市社会经济活动的直接土地利用,其他地区生产消费活动对上海市土地利用的跨区域产业链驱动机制尚不清晰。亟需从多视角揭示上海市土地利用的跨区域驱动力,识别影响上海土地利用的关键区域和行业热点,为优化上海市土地利用结构、促进土地资源可持续利用的政策决策指出着力点。本研究基于道路网络数据、POI 数据、遥感数据以及统计年鉴数据核算上海市的直接土地利用,并结合 MRIO 模型从不同视角揭示产业链上驱动上海市土地利用的关键地区和行业。

揭示上海市用地的跨区域驱动机制可为同类城市的可持续发展提供指导,促进全国范围内土地资源的优化配置与经济结构的转型升级。上海市与北京市作为我国经济发展的双引擎,虽然同处于经济发达的前列,但在用地配置策略上展现出显著差异。本研究基于 Yang 等^[19]的研究,通过比较 2017 年上海市和北京市的用地配置情况,揭示了这一差异背后的重要启示。值得关注的是,需求侧视角下,上海市对“种植业”产品的最终需求驱动了 62% 的土地利用,远高于北京市对“种植业”(36%)和“林业”(14%)产品的需求驱动。供给侧视角下,上海市对“种植业”和“批发和零售”行业的初始投入分别驱动了 44% 和 12% 的土地利用。除了这两个行业外,北京市对“林业”的初始投入也驱动了较高的土地利用。两所城市的对比结果可为其他城市的经济行业用地配置提供参考,如高效配置土地资源以支持“种植业”、“批发和零售”等关键行业的发展,同时对“林业”等具有地方特色的行业进行适当调整。

本研究分别从生产侧、需求侧和供给侧揭示了驱动上海市土地利用的关键产业链活动。生产侧视角下,

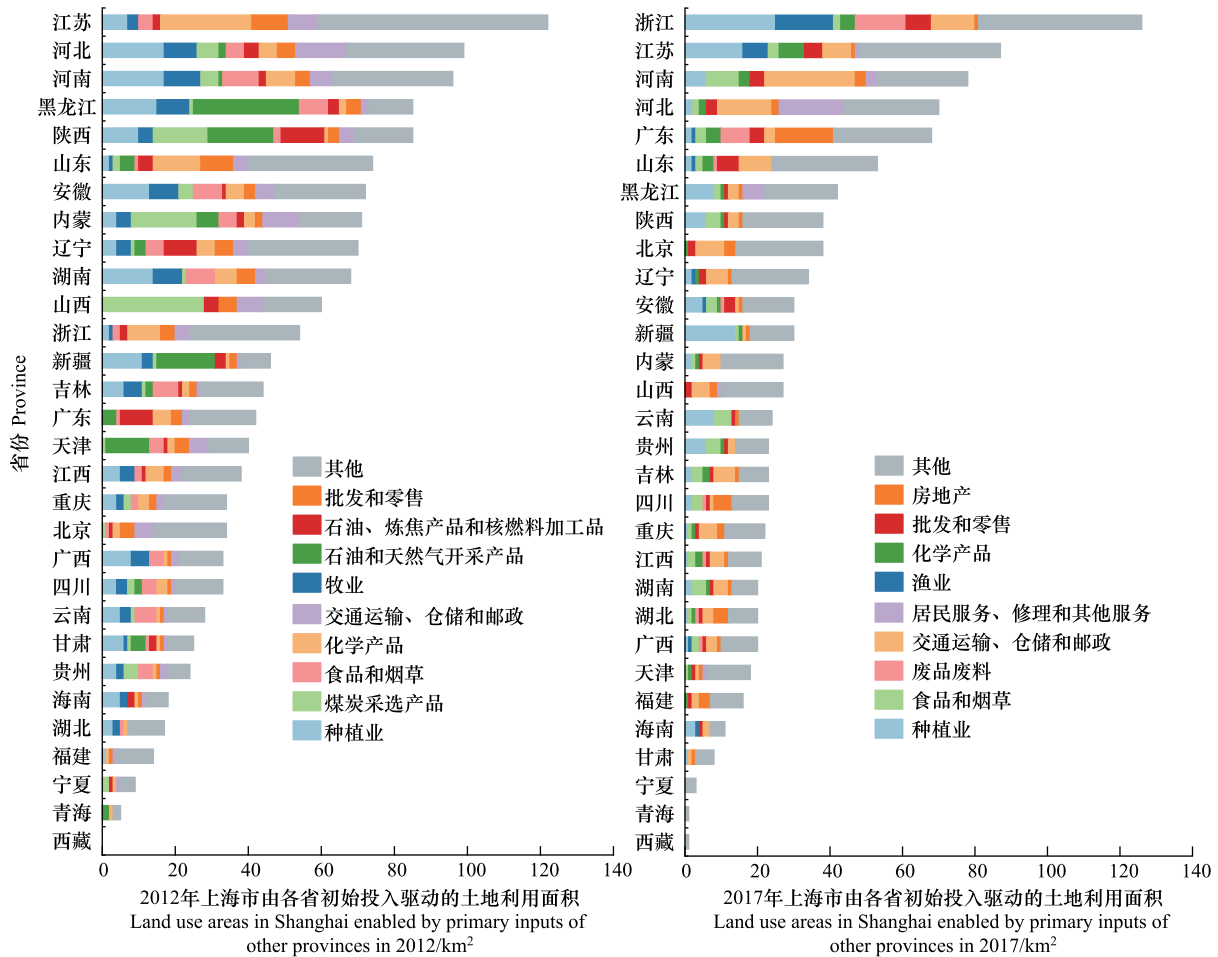


图6 2012年与2017年各省初始投入驱动的上海市土地利用

Fig.6 Land uses in Shanghai enabled by primary inputs of other provinces in 2012 and 2017

“种植业”是上海市土地利用规模最大的行业,但该行业的土地利用量在2012—2017年间显著减少。导致这种情况出现的原因是上海市的城市化进程不断加快,大量农业用地被转化为城市用地。为防止城市用地向农业用地和自然用地过度扩张,加剧土地资源紧缺,亟需对非农业用地进行合理规划。较大的非农业土地使用者包括“批发和零售”、“交通运输、仓储和邮政”、“居民服务、修理和其他服务”以及“住宿和餐饮”等行业。需求侧视角下,上海市对“种植业”、“渔业”、“公共管理、社会保险和社会组织”以及“水利、环境和公共设施管理”等行业的最终需求驱动了大部分土地利用。河南省、浙江省、广东省、北京市、安徽省和江苏省是驱动上海市需求侧土地利用的主要省份。供给侧视角下,江苏省、河北省、浙江省和黑龙江省的初始投入对上海土地利用具有显著驱动作用,这些省份对“种植业”、“化学产品”、“食品和烟草”以及“批发和零售”等行业的初始投入驱动了上海大量土地利用。

多视角分析强调需综合考虑生产侧、需求侧和供给侧视角下的关键产业链环节,以制定全面的土地利用调控策略和优化政策。例如,基于生产侧视角,“批发和零售”、“交通运输、仓储和邮政”以及“居民服务、修理和其他服务”行业占用了上海市大部分的直接土地利用,而在需求侧和供给侧视角下,这些行业驱动的土地利用低于其直接土地使用;基于需求侧视角,上海对“食品和烟草”和“建筑”行业产品的最终需求驱动了较大土地利用量,而在生产侧和供给侧视角下,上述两行业驱动的土地利用则相对较小。因此,单一视角下的分析无法为优化上海市土地利用格局提供科学有效的政策建议。土地利用调控策略应从多视角出发,综合考虑,相互补充。对于关键的生产侧行业,可以通过合理规划,采用集约用地的方式提高土地利用效率。例如,我国

出台了《上海市自然资源利用和保护“十四五”规划》^[42],要求大力推进全域土地综合整治、严格保护耕地和永久基本农田,确保各类用地的合理布局和集约利用。对于关键的需求侧行业,政府可以通过优化关键行业的消费行为,促进上游行业转向高效用地的生产方式,缓解上游行业的土地资源稀缺性。例如,对于河南省、广东省、浙江省和江苏省等关键消费者,可针对其消费的关键最终产品(如食品、建筑产品等)构建产品的土地足迹标签体系,引导消费者选择土地足迹更低的替代品,带动企业向土地足迹更低的生产方式转型升级。对于关键的供给侧行业,可以通过经济激励手段,优化企业产品向下游的分配,提高下游行业对土地资源利用率。例如,上海市对“批发和零售”行业的初始投入驱动了较大的直接土地利用量,政府可以通过减少生产税及增加补贴等措施,支持上游的“批发和零售”企业将产品分配给土地利用率较高的下游企业。

本研究构建的土地利用核算框架可以用于空间尺度更大、时间序列更长的研究。但考虑到道路网络、POI 等数据的可获得性,该核算框架也存在一定局限性。例如,部分地区、部分时间段的道路网络数据和 POI 数据可能存在缺失,限制了该核算框架的适用性。此外,目前 POI 数据的分类模型主要依靠自然语言从已有的地区 POI 数据表中提取行业关键词,因此在对 POI 数据进行分类汇总的过程中可能会导致某些企业的 POI 数据被划分到关键词相似的其他行业中,造成结果的不准确。因此,未来对 POI 数据提取和分类过程的改进可以提高土地利用估算的精度。

4 结论

识别影响上海市土地利用的关键地区和产业链活动,对提高上海市土地资源配置效率,缓解上海市土地资源稀缺性具有重要意义。本研究基于道路网络数据、POI 数据、遥感数据和统计年鉴数据,构建全行业尺度土地利用核算框架,并将该框架与 MRIO 模型结合,从生产侧、需求侧和供给侧视角分析了上海市 2012 年与 2017 年土地利用情况。研究结果可用于识别上海市用地特征,为上海市土地利用的可持续管理指出着力点,同时为其他同类型地区的土地资源管理提供参考。

结果表明,生产侧视角下,“种植业”是上海市土地直接利用量最大的农业行业,而土地利用量较大的非农业行业包括“批发和零售”、“交通运输、仓储和邮政”、“居民服务、修理和其他服务”以及“住宿和餐饮”等服务业行业;需求侧视角下,上海市对“种植业”、“公共管理、社会保险和社会组织”和“林业”等行业产品的最终需求驱动了上海市大部分土地利用。河南省、浙江省、江苏省、广东省等是驱动上海土地利用的主要省份,这些省份对“食品和烟草”、“建筑”、“交通运输设备”和“住宿和餐饮”等行业的最终需求是上海市土地利用的主要跨区域驱动力;供给侧视角下,江苏省、河北省、浙江省和黑龙江省的初始投入对上海土地利用的贡献显著,主要初始投入行业包括“种植业”、“化学产品”、“食品和烟草”以及“批发和零售”等。

本研究识别出影响上海市土地利用的关键产业链驱动力,从多个视角为缓解上海市土地资源稀缺的政策决策提供着力点。对于关键的生产侧行业,可采用集约用地的措施提高土地利用效率;对于关键的需求侧行业,可通过优化消费者消费行为缓解土地稀缺性;对于关键的供给侧行业,优化产品的分配行为对减少下游行业土地利用量具有重要作用。本研究构建的行业尺度土地利用核算框架可灵活地用于更大的空间尺度和更长的时间序列研究,为缓解土地资源稀缺性提供科学依据。未来对 POI 数据提取和分类过程的改进可以提高土地利用估算结果的准确性。

参考文献(References):

- [1] Meyfroidt P, de Bremond A, Ryan C M, Archer E, Aspinall R, Chhabra A, Camara G, Corbera E, DeFries R, Díaz S, Dong J W, Ellis E C, Erb K H, Fisher J A, Garrett R D, Golubiewski N E, Ricardo Grau H, Morgan Grove J, Haberl H, Heinemann A, Hostert P, Jobbágy E G, Kerr S, Kuemmerle T, Lambin E F, Lavorel S, Lele S, Mertz O, Messerli P, Metternicht G, Munroe D K, Nagendra H, Nielsen J Ø, Ojima D S, Parker D C, Pascual U, Porter J R, Ramankutty N, Reenberg A, Chowdhury R R, Seto K C, Seufert V, Shibata H, Thomson A, Turner B L 2nd, Urabe J, Veldkamp T, Verburg P H, Zeleke G, Zu Ermgassen E K H J. Ten facts about land systems for sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2022, 119(7): e2109217118.
- [2] Simon W J, Hijbeek R, Frehner A, Cardinaals R, Talsma E F, van Zanten H H E. Circular food system approaches can support current European protein intake levels while reducing land use and greenhouse gas emissions. *Nature Food*, 2024, 5(5): 402-412.

- [3] Du L Z, Wei M J, Zhang S X, Pan J Y. Unveiling the policy intervention effects of natural resource regulation on firm-level pollution emissions: Evidence from China's restrained land supply. *Resources Policy*, 2023, 86: 104081.
- [4] Guo F Y, Lenoir J, Bonebrake T C. Land-use change interacts with climate to determine elevational species redistribution. *Nature Communications*, 2018, 9: 1315.
- [5] Geng G N, Zheng Y X, Zhang Q, Xue T, Zhao H Y, Tong D, Zheng B, Li M, Liu F, Hong C P, He K B, Davis S J. Drivers of PM2.5 air pollution deaths in China 2002—2017. *Nature Geoscience*, 2021, 14(9): 645-650.
- [6] Chen T, Sun A C, Niu R Q. Effect of land cover fractions on changes in surface urban heat islands using landsat time-series images. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(6): 971.
- [7] Wang S Y, Liu J S, Ma T B. Dynamics and changes in spatial patterns of land use in Yellow River Basin, China. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 313-323.
- [8] Matthew A. Turner A H, Wilbert K. Land Use Regulation and Welfare. *Econometrica*, 2014, 82(4): 1341-1403.
- [9] Aldrich P R, Hamrick J L. Reproductive dominance of pasture trees in a fragmented tropical forest mosaic. *Science*, 1998, 281(5373): 103-105.
- [10] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 陈利顶, 李双成. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550.
- [11] 林小昭. 31 省份最新城镇化率:9 省份超 70%, 这 10 个省份城镇人口最多. *第一财经日报*, 2023-05-19 (A10).
- [12] 王敏, 郭广钰. 上海大都市圈城镇化与生态环境耦合协调关系——基于 2011—2020 年面板数据的实证分析. *北京林业大学学报*, 2024, 46(7): 101-111.
- [13] Zhang H, Zhou L G, Chen M N, Ma W C. Land use dynamics of the fast-growing Shanghai Metropolis, China (1979-2008) and its implications for land use and urban planning policy. *Sensors*, 2011, 11(2): 1794-1809.
- [14] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 牛俊杰, 俞立中. 1994—2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析. *长江流域资源与环境*, 2012, 21(12): 1468-1479.
- [15] Yang X C, Liang S, Qi J C, Feng C Y, Qu S, Xu M. Identifying sectoral impacts on global scarce water uses from multiple perspectives. *Journal of Industrial Ecology*, 2021, 25(6): 1503-1517.
- [16] Chen Y M, Li X, Liu X P, Zhang Y Y, Huang M. Quantifying the teleconnections between local consumption and domestic land uses in China. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 187: 60-69.
- [17] Ke Y H, Xia L L, Huang Y S, Li S E, Zhang Y, Liang S, Yang Z F. The carbon emissions related to the land-use changes from 2000 to 2015 in Shenzhen, China: Implication for exploring low-carbon development in megacities. *Journal of Environmental Management*, 2022, 319: 115660.
- [18] Qi J C, Wang Y F, Liang S, Li Y, Li Y M, Feng C Y, Xu L X, Wang S X, Chen L, Wang D F, Yang Z F. Primary suppliers driving atmospheric mercury emissions through global supply chains. *One Earth*, 2019, 1(2): 254-266.
- [19] Yang X C, Lu X H, Li N, Wang C D, Xie W, Zhong Q M, Liang S. Local full-sector land uses influenced by multiregional demand and supply: the case of Beijing. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2023, 9: 75.
- [20] Meng F X, Wang D F, Meng X Y, Li H, Liu G Y, Yuan Q L, Hu Y C, Zhang Y. Mapping urban energy-water-land nexus within a multiscale economy: a case study of four megacities in China. *Energy*, 2022, 239: 122038.
- [21] Xie W, Yu H J, Li Y, Dai M, Long X Y, Li N, Wang Y T. Estimation of entity-level land use and its application in urban sectoral land use footprint: a bottom-up model with emerging geospatial data. *Journal of Industrial Ecology*, 2022, 26(1): 309-322.
- [22] Ji X, Han M Y, Ulgiati S. Optimal allocation of direct and embodied arable land associated to urban economy: Understanding the options deriving from economic globalization. *Land Use Policy*, 2020, 91: 104392.
- [23] OSM. OpenStreetMap, 2012. <https://master.apis.dev.openstreetmap.org>
- [24] OSM. OpenStreetMap, 2017. <https://master.apis.dev.openstreetmap.org>
- [25] Xu X, Liu J, Zhang S, Li R, Yan C, Wu S. Remote sensing monitoring of multi-period land use in China (CNLUCC). *System of resource and environmental science data registration and publication*, 2018.
- [26] 国家林业和草原局. 2012 年中国林业和草原统计年鉴. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [27] 国家林业和草原局. 2017 年度中国林业和草原发展报告. 北京: 中国林业出版社, 2018.
- [28] Leontief W W. Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 1936, 18(3): 105.
- [29] Weldegiorgis F S, Dietsche E, Ahmad S, Franks D M, Cust J. Inter-sectoral economic linkages in the Australian mining industry: Analysis using partial hypothetical extraction method. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2024, 68(1): 206-226.
- [30] Amap Software, 2012. <http://www.amap.com>
- [31] Amap Software, 2017. <http://www.amap.com>
- [32] CEADs, 2012. <https://www.ceads.net.cn>
- [33] CEADs, 2017. <https://www.ceads.net.cn>
- [34] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴-2014, 2014. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [35] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴-2019, 2019. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [36] 孙宇杰, 陈志刚, 段修亭, 张宇辰. 加大土地政策支持促进新兴产业发展. *现代城市研究*, 2012, 27(12): 60-64, 69.
- [37] 上海市林业局. 上海市林地保护利用规划(2010—2020 年). 2012.
- [38] 上海市人民政府. 上海市现代物流业发展“十二五”规划. 2012.
- [39] 刘刚, 干经天, 石达祺. 依托现代科学技术发展上海生态农业. *上海农业学报*, 2008, 24(3): 97-100.
- [40] 何慧妍, 杨庆媛, 毕国华, 梁伟东. 重庆市 2009—2018 年工业用地供应规模时空特征分析. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(4): 808-817.
- [41] 陈燕, 余昂, 贝越, 程加德. 工业园区突发水污染事件三级防控体系建设研究: 以江苏省为例. *环境工程*, 2024, 42(8): 78-86.
- [42] 上海市人民政府. 上海市自然资源利用和保护“十四五”规划. 2021.