

基于POI数据的中心城区“三生空间”识别及格局分析*

——以上海市中心城区为例

曹根榕 顾朝林 张乔扬

提 要 通过对“三生空间”相关研究的回顾,厘清了“三生空间”的概念和分类体系,在城市层面实现既有生态、农业、城镇“三类空间”到生态、生活和生产的“三生空间”的尺度转换,为国土空间规划用地空间规划布局进行理论和方法研究准备。以上海市中心城区为案例,利用城市POI数据并采用网格分析法、样方比例法、层次分析法、GIS空间分析法进行了“三生空间”识别和分析。研究发现,在城市层面可以实现从国家和省级主体功能区画的生态、农业、城镇“三类空间”到生态、生活和生产的“三生空间”的尺度转换,使城市层面的国土空间规划更具科学性和实用性。

关键词 “三生空间”;POI数据;空间格局;上海中心城区;国土空间规划

Recognition of "Ecological Space, Living Space, and Production Space" in the Urban Central Area Based on POI Data: The Case of Shanghai

CAO Genrong, GU Chaolin, ZHANG Qiaoyang

Abstract: Built on literature review, this paper clarifies the concept and classification system of "ecological space, living space, and production space", and use them to replace the conventional categorization of ecological, agricultural and development uses in spatial planning and research. Taking the Shanghai central city as an example, the paper applies grid analysis, sample proportional method, hierarchy analysis and GIS spatial analysis to urban POI data in order to shed light on "ecological space, living space, and production space". It is found that conversion of spatial categorization at the city level is feasible and is conducive to scientific and practical territory planning.

Keywords: "production-living-ecological spaces"; POI data; spatial pattern; Shanghai central city; territory planning

中国是最大的发展中国家,城市规划一直秉承“实用、经济,在可能的条件下注意美观”建设原则,尤其在“三年自然灾害”和“十年文革”时期更加强调“先生产,后生活”不注重生态的生产布局模式。经过40年改革开放的高速经济增长,城市和区域的环境、资源及生态压力逐渐加大。“以生态为底线,美丽城镇建设,资源集约发展”成为关注的新课题。生态、生活和生产的“三生空间”研究对于优化国土空间、建设生态文明、促进可持续发展具有重要的理论和应用价值。随着我国生态文明建设步伐的加速,生态功能在国土空间中的地位逐渐增强,以往服务于经济发展的空间规划价值取向和以生产空间为主导的国土空间开发方式正逐渐发生转变。党的“十八大”报告第一次提出按照“三生空间”的发展要义进行空间结构的合理规划,即“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”。十八届三中全会通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》进一步提出“建立空间规划体系,划定生产、生态、生活空间开发管理界限”(习近平,2013)。同年的中央城镇化工作会议再次强调“三生空间”的发展要义以及促进形成生产、生活、生态空间的合理结构。然而,如何划分“三生空间”,特别是在城市层面上实现生态、农业和城镇“三类空间”的尺度转换,显得特别的紧迫和具有科学价值。本文聚焦城市层面“三生空间”划分的理论和方法研究,试图实现宏观层面国家和省级主体功能区生态、农业和城镇“三类空间”到城市层面的生态、生活和生产“三生空间”的功能区尺度转换,为分析国土空间的现状格

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.201902005
文章编号 1000-3363(2019)02-0044-10

作者简介

曹根榕,清华大学建筑学院,博士研究生,
cgr18@mails.tsinghua.edu.cn

顾朝林,清华大学建筑学院,教授,博导,通讯作者, gucl@mail.tsinghua.edu.cn

张乔扬,中规院(北京)规划设计公司,城市规划师, 252238741@qq.com

* 国家重点研发计划(2018YFD1100105):村镇建设资源环境承载力综合测算平台研发及规划应用;国家自然科学基金重大项目课题(41590844):特大城市群地区城镇化与生态环境交互胁迫的动力学模型与阈值测算

1 文献回顾

“三生空间”的概念是基于土地利用多功能视角提出的(刘继来, 等, 2017), 土地利用多功能性(multi-functionality of land use)起源于农业多功能性(agricultural multi-functionality)研究(黄安, 等, 2017)。农业多功能性概念最早在1994年乌拉圭回合农业协定(URAA)中提出(朱启荣, 等, 2003)。经合组织(OECD)于2001年对其概念进行界定, 指出农业除了食物生产功能外, 还具有环境保护、景观保持、提供乡村就业、保证食物安全等功能(Barthélemy and Nieddu, 2007; Wiggering, et al., 2003; 刘超, 等, 2016)。

一个区域土地利用的经济、社会和生态等功能的状态和表现通常以土地利用功能来表示 (Kienast, et al., 2009)。SENSOR 项目首次提出土地利用功能性概念, 即“在一定区域内的土地利用

目前学术界对“三生空间”的定义尚未达成统一,通过梳理既有文献,本文从“三生空间”和“三生功能”关系的角度来界定“三生空间”的概念。在“三生功能”方面,生态功能指在生态系统和生态过程中形成的各类自然条件及其效用;生产功能指将土地作为劳作对象直接获取或以土地作为社会生产的载体间接获取各类产品和服务的功能;生活功能指在人类生存和发展过程中土地所提供的各种空间承载、物质和精神保障功能(李广东,方创琳,2016)。

而在宏中观尺度下, 由于“三生空间”相互交错混合形成一个多功能复杂综合体, 是生产、生活和生态功能相互关联相互促进并相互统一成的整体 (陈婧, 史培军, 2005), 每一种土地利用方式都不是唯一的单项功能, 经常表现出多功能性, 不同的土地利用方式、强度和相关的使用者, 可使土地表现出上述 3 种功能的主次和高低 (Bennett, et al., 2010; Nelson, et al., 2009; 张红旗, 等, 2015), 即土地具有的主导和其他功能。因此, 在宏中观尺度下, 土地利用有多重功能, “三生空间”即承载三类主导功能的用地空间, “三生功能”与“三生空间”的具体对应关系如图 2 所示。

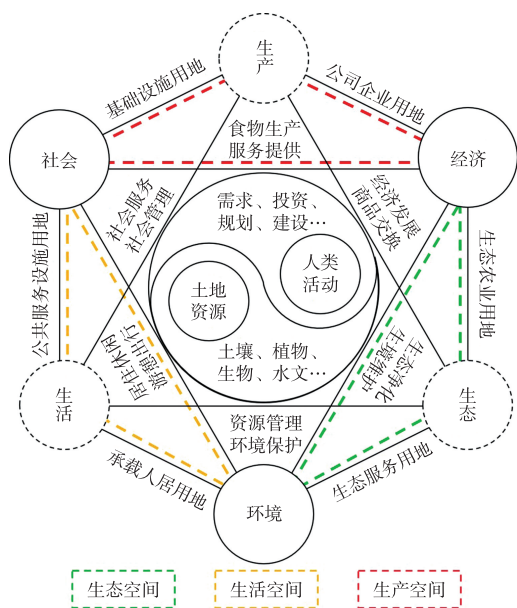


Fig.1 Multi-functionality of land use and "production-living-ecological spaces"
资料来源：笔者自绘。

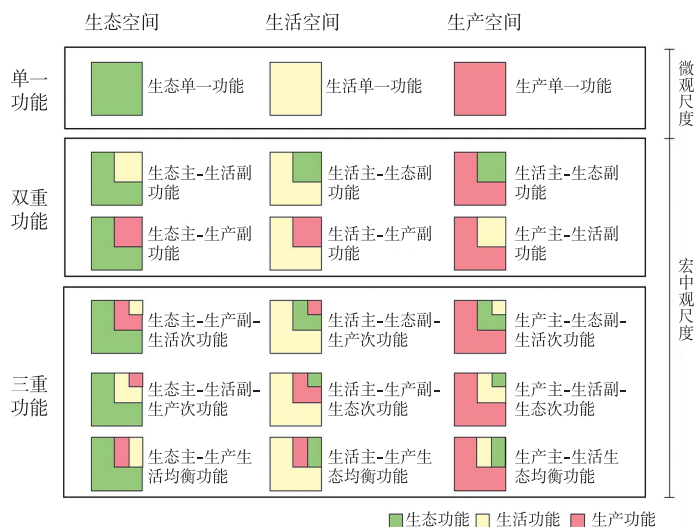


Fig.2 Corresponding relations between "production-living-ecological function and spaces"
资料来源: 笔者自绘.

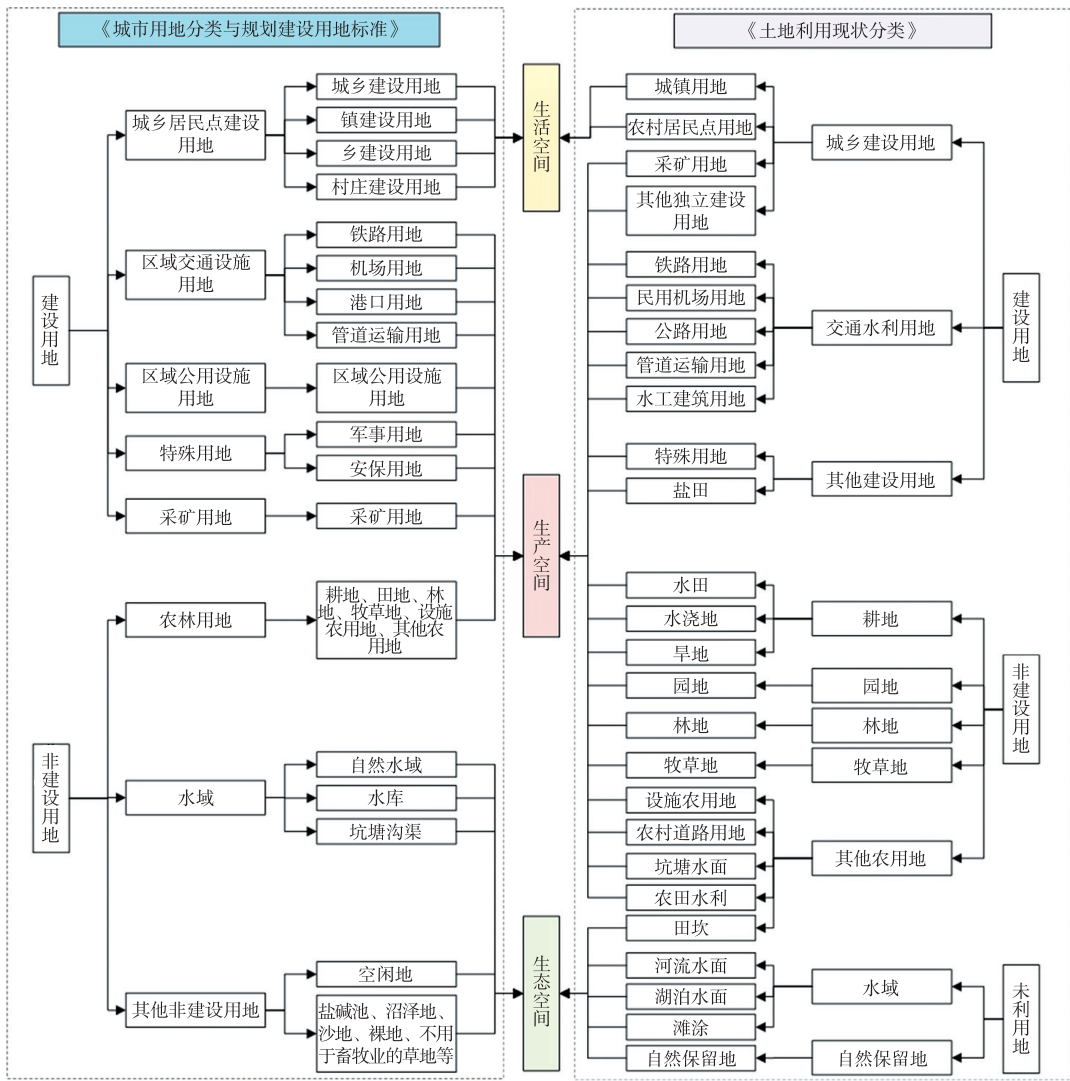


图3 基于用地分类标准的生产-生活-生态分类体系

Fig.3 Production-life-ecology classification system based on land use classification standard
资料来源：笔者自绘。

1.2 “三生空间”的分类

通过梳理“三生空间”分类的相关文献，可以得出两种主要的分类方式。第一种是依据生态-生产-生活三类功能，对不同用地进行分类（图3）。例如，陈婧等（2005）参照《土地利用的现状分类标准》划分了生产、生活、生态3个一级类和多个二级类用地，构建了“三生”视角下的土地利用功能分类体系；扈万泰等（2016）参照《城市用地分类与规划建设用地标准》，建立城乡区域和城市建成区尺度下的“三生空间”分类体系。也有学者在这种分类方式的基础上根据研究区域的土地利用特征，对其做进一步分类。如沈悦等（2018）根据城乡交错土地利用功能特征，将其进一步划分为农业生产、工业服务业生产、乡村生活、城镇生活、生态5类空间。

第二种分类方式从土地利用多功能性出发，对“三生功能”类型进行拓展，将具有复合功能类型的用地单独列出，在此基础上参照用地标准进行分类（表1）。例如，参照《土地利用的

表1 基于土地利用多功能性的“三生空间”分类体系

Tab.1 Production-life-ecology classification system based on multi-functionality of land use

空间类型	具体对应的土地利用类型
生产生活空间	建制镇、村庄、交通运输设施用地、商服用地、公共管理设施用地
生产生态用地	耕地、园地、生产性林地、生产性草地、生产性水域
生活生态空间	公园与绿地、风景名胜设施用地
生态空间	非生产性林地、非生产性草地、非生产性水域、其他用地
生产空间	工矿仓储用地、水利设施用地
生活空间	住宅用地、特殊用地

资料来源：笔者根据相关文献及标准归纳总结。

现状分类》将土地类型划分为4类：生活生产、生产生态、生态生产和生态空间（廖李红，等，2017；于莉，等，2017；张红旗，等，2015）。参照《土地利用的现状分类》将土地类型划分为生产、生产生态、生活、生活生态、生态用地5类（党丽娟，等，2014）。

1.3 “三生空间”的识别

既有研究对“三生空间”的识别方法分为两种。一种是通过土地利用现状数据的分类归并来识别“三生空间”，属于定性方法，数据来自统计年鉴（程婷，等，2018）、全国土地调查数据（金贵，2014）和遥感影像（陈龙，等，2015）等。该方法有利于土地利用功能与分类标准的衔接，在具体实践领域应用广泛；缺点在于识别结果存在误差，而且不同的分类体系会产生不同的识别结果。

另一种方法是利用空间功能价值测算函数群建立用地功能测度体系，通过对用地主导功能的定量测度来识别“三生空间”（李广东，方创琳，2016；朱媛媛，等，2015），属于定量方法。例如，李广东等（2016）以生态系统服务价值评估为基础整合空间功能价值量核算函数群，定量识别不同价值量的“三生功能”以及主导功能空间的分布。这种方法的优点在于能够精确地识别；缺点在于数据标准化处理和计算方面复杂且不利于多主体融合和多尺度表达，实践应用难度较大。

1.4 “三生空间”格局分析

在分布格局方面，刘继来等（2017）、金星等（2018）分别计算全国和城市群尺度下的“三生空间”功能要素价值量的分布及其时空格局。白如山等（2016）借助多样化指数、集中度指数、优势度指数、均匀度指数和区位熵模型计算了城市群尺度下的“三生空间”功能格局指数。柳冬青等（2018）基于生产和生活功能适宜性、生态空间重要性程度将用地划分为强、半、弱“三生功能空间”，以此进行格局分析。崔家兴等（2018）运用格网和自相关法计算省域尺度下的“三生空间”分布格局。程婷等（2018）借助网格核密度分析法对市域“三生空间”格局进行分析。于莉等（2017）采用洛伦兹曲线和基尼系数的方法对县域“三生空间”的分布格局进行分析。不同学者对于“三生空间”格局分析的方法和研究区域的尺度如表2所示。

表2 “三生空间”格局的相关研究
Tab.2 Study on the pattern of "production-living-ecological spaces"

研究者	分析方法	尺度	区域	面积(万 km ²)
刘继来,等 (2017)	“三生空间”功能要素值的高低分布	宏观	全国	960
白如山,等 (2016)	多样化指数、集中度指数、优势度指数、均匀度指数和区位熵模型	宏观	城市群	5.7
金星等, (2018)	“三生空间”功能要素值的高低分布	宏观	城市群	2.4
柳冬青,等 (2018)	生产和生活功能适宜性、生态空间重要性的测度	宏观	流域	1.84
崔家兴,等 (2018)	格网和自相关分析	中观	省域	18.6
程婷,等 (2018)	网格核密度分析法	微观	市域	0.85
于莉,等 (2017)	空间洛伦兹曲线和结构基尼系数	微观	县域	0.099 87

资料来源：笔者自制。

1.5 既有研究总结

通过以上梳理，可以发现当前对于“三生空间”的研究主要集中在宏、中观（全国、省域）尺度，对于微观尺度，尤其是中心城区或建成区尺度下的“三生空间”研究不足。在全国和省域层级尺度下，由于国土空间是由“三生功能”复合而成，“三生空间”和“三生功能”并非一一对应，采用“三类空间”（城镇空间、生态空间、农业空间）的概念更具适应性。而在市县域和中心城区层级的微观尺度下，土地利用功能相对单一，适宜采用“三生空间”的概念进行研究和实践。在微观尺度下的“三生空间”识别中，借助土地利用现状数据分类和归并的方法虽然能识别“三生空间”，但难以保证其精确性。由于中心城区的POI（point of interest）数据具有样本量大、易获得、涵盖信息细致等优势，包含了城市内部大量的生产、生活和生态功能等信息，能够更加精确地识别城市内部居住、生产性和生活性服务业、公园绿地等各类用地的具体空间位置分布，通过对POI数据进行处理和分析可以更细致地识别用地的主导功能，进而区分和划定城市单一和混合功能的“三生空间”。然而，通过回顾国内外文献发现，尚未有利用POI数据进行“三生空间”的识别研究。基于此，本文试图基于POI数据类型构建中心城区尺度下“三生空间”分类体系，以上海市中心城区为例，利用POI数据并借鉴对城市功能区的划分与识别方法（池娇，等，2016；康雨豪，等，2018），对中心城区的“三生空间”进行识别和格局分析。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法与技术路线

本文的研究框架主要包含了6个部分，分别为研究范围处理、POI数据处理、“三生功能”识别、“三生空间”识别、识别结果的可视化和格局分析，如图4所示。文章采用定量和定性相结合的研究方法，具体包括网格分析法、样方比例法、层次分析法、GIS空间分析法。

2.2 研究范围选取与处理

本文选取上海市中心城区为研究范围，其中包括128个街道，面积约为1 180km²，是上海市中心城区发展的主要范围（图5）。在识别城市“三生空间”之前，首先将研究范围划分基本识别单元，基于上海市中心城区街区尺度大小，本文以300m×300m的正方格作为基本识别单元，研究范围内共含4 720个基本单元（图6）。

2.3 数据来源与处理

本文数据来自于上海市2017年高德电子地图POI数据的抓取，数据共计41万条，每条POI数据包含名称、地址、经度、行政区、纬度、大类、小类7个属性。获取的POI数据共包含了16大类，其中有公司企业、金融保险、工厂及产业园、仓储物流、政府机构、交通设施、居住区、餐饮服务、购物服务、生活服务、医疗卫生、科教文化、体育休闲、住宿服务、公园绿地、风

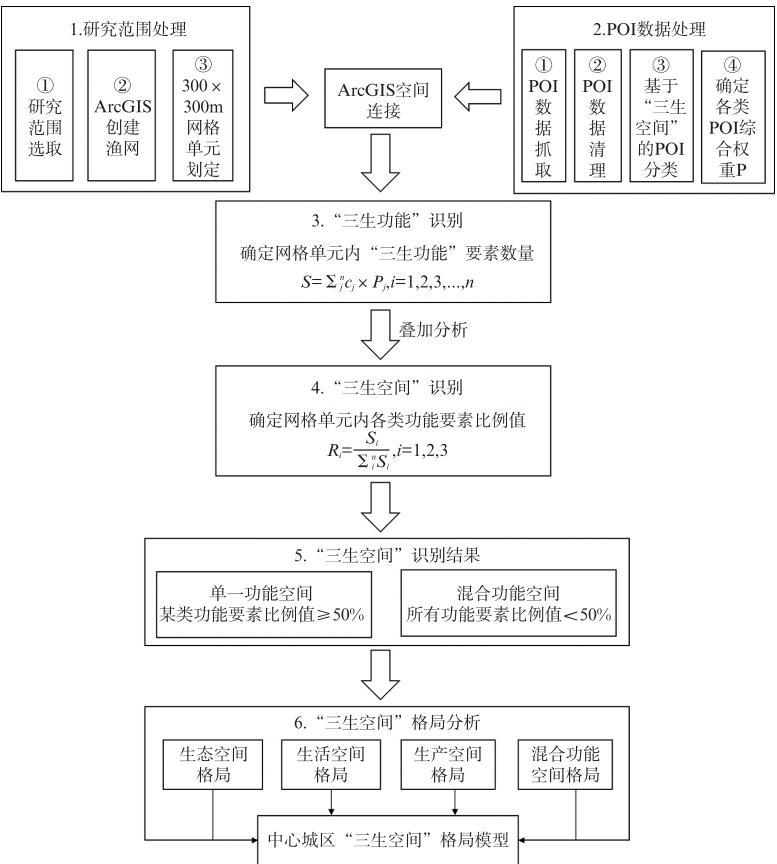


图4 研究技术路线

Fig.4 Research framework
资料来源：笔者自绘。

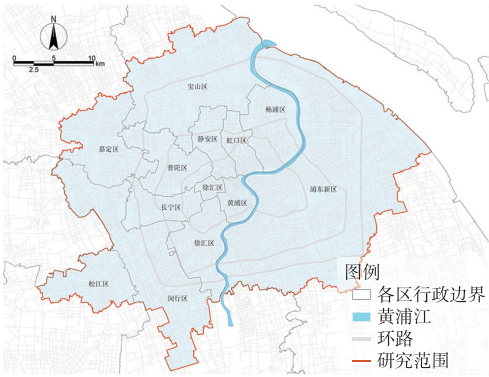


图5 研究范围

Fig.5 Scope of study
资料来源：笔者自绘。

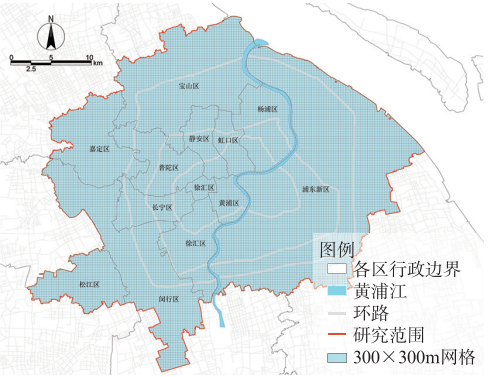


图6 研究范围内网格划分

Fig.6 Grid division within the research scope
资料来源：笔者自绘。

景名胜。每一个大类下面包括若干个中类和小类。以医疗卫生为例，其中包括了诊所、专科医院、综合医院、医疗保健服务四个中类，综合医院又包括了卫生院、三级甲等医院等三个小类。从网络电子地图中抓取的数据类型中存在一定的重叠，首先，对数据进行清理和重分类，保证大类中类和小类POI数据一一对应。其次，根据“三生空间”的定义对POI数据进行归类。

生产空间，用于生产经营管理活动的场所，是一切为人类提供物质产品生产、运输与商贸等生产经营活动管理的空间载体，其中应包括生产性服务业空间、工业空间、管理空间和交通空间4大类，具体对应了公司企业、金融保险、工厂及产业园、仓储物流、政府机构、交通设施6种中类的POI数据。

生活空间，人们居住、消费和休闲娱乐的场所，其中包括居住空间和生活性服务业空间2大类，具体对应了居住区、餐饮服务、购物服务、生活服务、医疗保健、科教文化、体育休闲、住宿服务等8种中类POI数据。

生态空间，为人类提供生态产品的绿地空间，具体对应了公园绿地、风景名胜等2种中类POI数据。

在小类POI数据处理中，剔除对于“三生空间”识别影响度较低的POI数据，例如宠物医院、公厕、ATM取款机等，仅保留能够有效代表“三生空间”用地的小类POI数据，数据分

类整理如表3所示。

文章接下来基于不同类型的POI数据与“三生空间”的相关度和影响力对POI数据进行权重赋值。

在相关性方面，不同类型POI数据与“三生空间”的相关性不同，例如，对于生活空间而言，居住空间比生活性服务业空间更具有相关度；对于生活性服务业空间而言，科教文化比购物服务更具有相关度。本文基于POI数据与“三生空间”的相关度，采用特尔斐法，通过专家打分以及层次分析法(AHP)确定各指标的相关度指数 a_1 。

在“三生空间”的识别过程中不能仅仅通过POI的个数来判定是空间的功能类型，POI的实体占地面积对于“三生空间”的识别起到重要的影响作用。例如，对于某一个街区内居住区POI个数小于公司企业POI个数，但居住区POI对应的占地面积实则远大于公司企业POI对应的占地面积，因此应将该用地识别为生活空间。然而通过网络电子地图中获取的POI数据不具有面积的属性，为了更加精确的识别“三生空间”，更加真实地反映研究单元内的功能不同类型的POI对应的占地面积不同，应根据各类用地面积的平均值对各个指标进行赋值，赋值区间为0—100，并将其定义为影响度指数 a_2 。

基于对相关度和影响力的数据分析，将各种类型POI数据

表3 基于“三生空间”的POI数据分类图
Tab.3 POI data classification based on "production-living-ecological spaces"

三生空间	大类	中类	小类
生产	生产性服务业空间	公司企业	电子商务、广告装饰、网络科技、商业贸易等公司企业相关
		金融保险	保险服务机构、银行、证券公司
	工业空间	工厂及产业园	工厂、产业园相关
		仓储物流	仓储、物流园相关
	管理空间	政府机构	政府机关、社会治安机构、社会团体、行业协会、工商税务机构等
	交通空间	交通设施	地铁、公交、停车场等
生活	生活性服务业空间	餐饮服务	中餐厅、西餐厅
		购物服务	便民商店、超市、商场
		生活服务	美容美发、摄影冲印、维修站点、洗衣、邮局、电讯营业厅等
		医疗保健	诊所、专科医院、综合医院、医疗保健服务场所
		科教文化	博物馆、传媒机构、学校、科研机构、培训机构、科教文化场所等
		体育休闲	运动场馆、娱乐场所、休闲场所等
	居住空间	住宿服务	宾馆酒店、旅馆招待
		居住区	别墅、居住小区、商务住宅区、社区中心
生态	绿地空间	公园绿地	公园广场、植物园
		风景名胜	旅游景点等风景名胜相关

资料来源：笔者编制。

表4 基于POI的相关度和影响度的综合权重赋值
Tab.4 POI correlation and factor weight assignment

三生空间	大类	中类	相关度 a_1	影响度 a_2	综合权重 P
生产	生产性服务业空间	公司企业	0.348 8	30	10.464
		金融保险	0.069 8	30	2.094
	工业空间	工厂及产业园	0.386 9	70	27.083
		仓储物流	0.055 3	30	1.659
	管理空间	政府机构	0.095 6	30	2.868
	交通空间	交通设施	0.043 6	15	0.654
生活	生活性服务业空间	餐饮服务	0.079 7	10	0.797
		购物服务	0.054 9	15	0.824
		生活服务	0.105 8	10	1.058
		医疗保健	0.053 7	20	1.074
		科教文化	0.105 9	30	3.177
		体育休闲	0.026 5	10	0.265
	居住空间	住宿服务	0.073 5	10	0.735
		居住区	0.500 0	50	35.000
生态	绿地空间	公园绿地	0.750 0	95	71.250
		风景名胜	0.250 0	95	23.750

资料来源：笔者编制。

的相关度和影响力指标叠加起来并提出POI的综合权重： $P = a_1 \times a_2$ ，结果如表4所示。

3 中心城区“三生空间”的识别

3.1 “三生功能”的识别

基于上文中对研究范围处理的结果以及对POI数据处理的结果，使用ArcGIS对POI点数据和网格的面数据进行空间连接，使POI点落在研究范围内的单元网格内。将研究范围内每个方

格内的各类POI数量和各自的综合权重相乘得出每个方格内各类POI综合数量，其计算公式为：

$$N_i = c_i \times P_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$
 (1)

式中， N_i 为研究单元方格内第*i*类POI数据点的综合数量， c_i 为研究单元方格内第*i*类POI数据点的数量； P_i 为第*i*类POI的综合权重。

通过将“三生空间”所包含的各类POI综合数量相加，计算得出每个网格单元内生态、生产、生活功能要素数量，其公式为：

$$S = \sum_i^n c_i \times P_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$
 (2)

例如，单元格内生态功能要素数量=[公园绿地POI数量×71.25+[风景名胜POI数量]×23.75。通过计算得出研究范围内每个单元格内生态、生产、生活功能要素的数量，并借助ArcMap和ArcScene对“三生功能”要素进行可视化，得出上海市中心城区生活、生态、生产功能要素分布（图7-图9）。

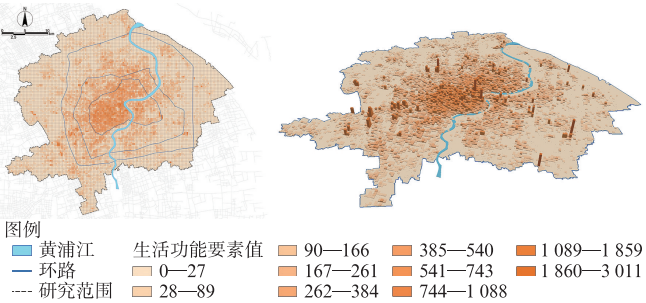


图7 上海市中心城区生活功能要素分布
Fig.7 Distribution of living elements in downtown Shanghai
资料来源：笔者自绘。

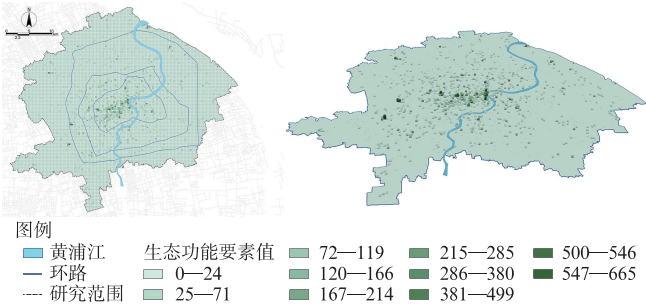


图8 上海市中心城区生态功能要素分布
Fig.8 Distribution of ecological elements in downtown Shanghai
资料来源：笔者自绘。

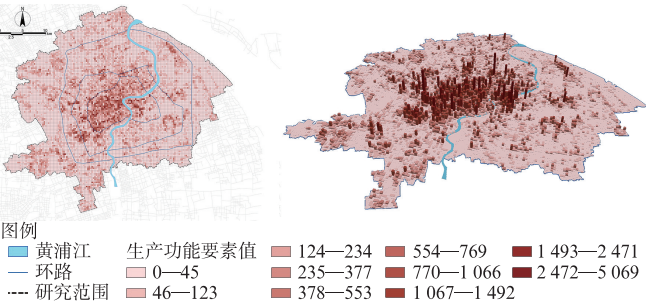


图9 上海市中心城区生产功能要素分布
Fig.9 Distribution of production factors in downtown Shanghai
资料来源：笔者自绘。

3.2 “三生空间”的识别

本文主要借助 ArcGIS 空间叠加分析和样方比例法来识别“三生空间”。首先，借助 ArcGIS 将上文计算得到的生态、生产、生活功能要素分布进行叠加；其次，采用样方比例法计算研究单元内某一种类型的功能要素数量占总的功能要素数量的比例。在基本识别单元方格内，生态、生产、生活三类功能要素所占的比例值公式为：

$$R_i = \frac{S_i}{\sum_i S_i}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

式中， R_i 为单元方格内第 i 类功能要素的比例值； S_i 单元方格内第 i 类功能要素的数量。

通过对每个单元格内“三生功能”要素比例值来判定空间的功能性质，当单元格内某一种类型的功能要素比例值占到 50% 及以上时，即确定该单元为单一功能区，功能区的性质则由该功能要素类型所对应的空间类型而定；而当单元内所有类型的功能要素比例值均没有达到 50% 时，即确定该功能区单元为混合功能区，混合类型由单元内两种比例最高的功能要素所对应的空间类型而定，具体包括生产生活空间、生产生态空间、生态生活空间。

基于 POI 数据的“三生空间”识别结果如图 10 所示。其中

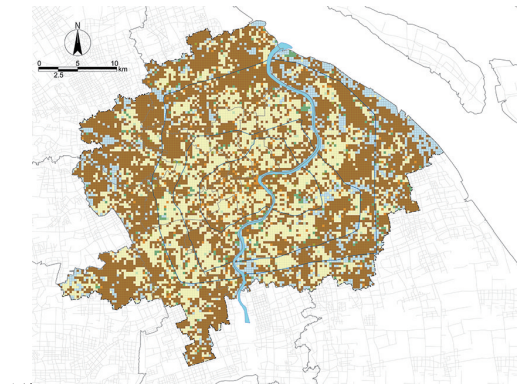


图 10 基于 POI 数据的上海市中心城区“三生空间”识别结果
Fig.10 Identification of "production-living-ecological spaces" in downtown Shanghai based on POI data
资料来源：笔者自绘。

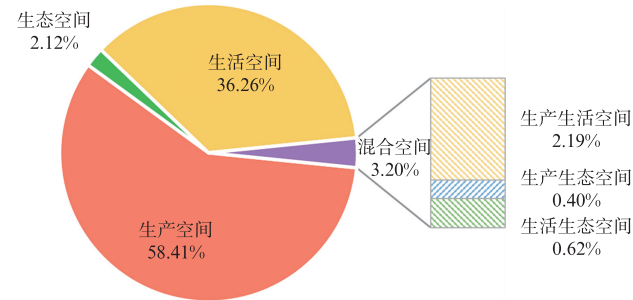


图 11 上海市中心城区“三生空间”占比示意图
Fig.11 Proportion of "production-living-ecological spaces" in downtown Shanghai
资料来源：笔者自绘。

生活空间单元格数量为 4 290 个，生态空间单元格数量为 251 个，生产空间单元格数量为 6 910 个，混合功能空间的单元格数量为 379 个，其中生产生活空间 259 个，生产生态空间 47 个，生态生活空间 73 个，各自占比如图 11 所示，由此得出生产空间占据主导地位。

3.3 “三生空间”识别结果验证

本节随机选取 20 个校验区域，面积为 1 500m × 1 500m，通过将上海市用地现状（图 12）与识别得到的“三生空间”（图 13）进行对比，来验证识别得到的结果（表 5），基于以上验证判断基于 POI 数据识别城市“三生空间”的可行性。

校验区中“三生空间”识别结果与现状用地类型基本保持一致或相近，存在少量校验结果不一致，这是由于现状用地中的林地不存在 POI 数据而导致的误差。通过以上校验，可以

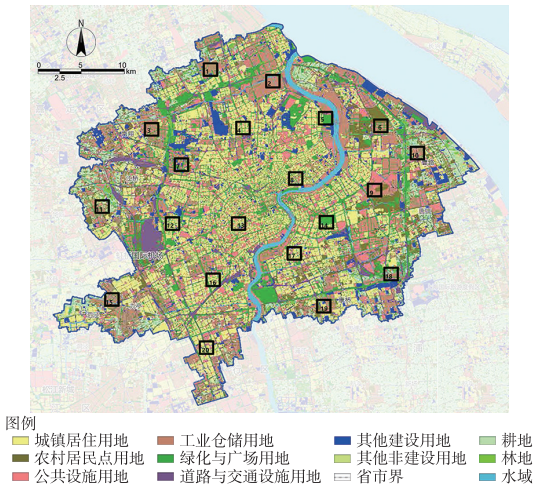


图 12 现状用地校验区域
Fig.12 Verification area of current land use
资料来源：根据上海城市总体规划（2017—2035 年）中用地现状图绘制。

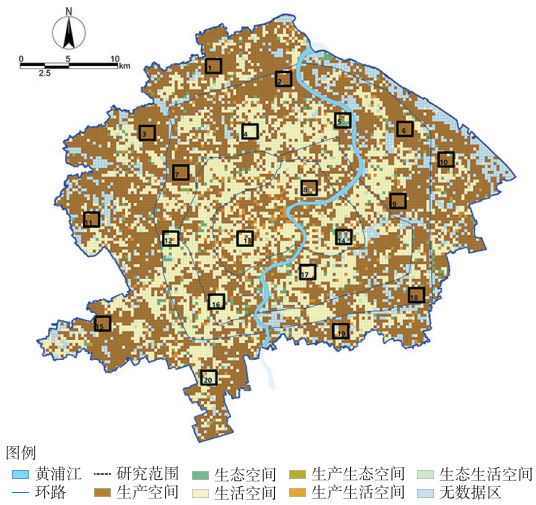


图 13 “三生空间”识别结果校验区域
Fig.13 Verification area of "production-living-ecological spaces" identification result
资料来源：笔者自绘。

表5 “三生空间”的识别校验

Tab.5 Identification and verification of "production-living-ecological spaces"

区域	“三生空间”类型	现状用地类型	校验结果
1	生产空间	工业仓储用地	一致
2	生产空间	工业仓储用地	一致
3	生产空间	工业仓储用地	一致
4	生活空间	城镇居住用地	一致
5	生态+生产+生活空间	绿化与广场用地+城镇居住+工业仓储用地	一致
6	生产空间	工业仓储+公共设施用地	相近
7	生产空间	工业仓储用地	一致
8	生产+生活空间	城镇居住+公共设施用地	一致
9	生产空间	工业仓储+公共设施用地	相近
10	生产空间	工业仓储用地	一致
11	生产空间	工业仓储+公共设施用地	相近
12	生活空间	城镇居住用地	一致
13	生活+生产空间	城镇居住+公共设施用地+城镇居住用地	相近
14	生态+生活+生产空间	绿化与广场+生活用地	相近
15	生产空间	工业仓储用地	一致
16	生活+生态生活混合空间	城镇居住+公共设施用地+绿化广场用地	一致
17	生活空间	城镇居住+公共设施用地	一致
18	生产空间	工业仓储+林地	不一致
19	生产+生活空间	工业仓储+城镇居住用地	一致
20	生活空间	城镇居住+公共设施用地	一致

资料来源：笔者编制。

得出结论如下：基于POI数据识别中心城区“三生空间”分布具有一定的准确性，中心城区存在的少量林地可能会导致识别结果存在误差，而这种误差可以通过POI与遥感数据相结合的方法加以避免。

4 中心城区“三生空间”格局分析

虽然上文通过计算已经识别得到单一和混合功能的“三生空间”的分布图，但仍然无法直观判断其分布格局。本文接下来采用基于格网的核密度分析法和平均最邻近指数分析法，对各类空间的分布格局和聚集度进行分析。

4.1 “三生空间”的分布格局

首先，将上文识别出的“三生空间”网格数据分别导出，得到各类空间分布。其次，借助ArcGIS将“三生空间”的单元网格数据转化为点要素数据，并对其做核密度计算（图14-图17）。

根据分析结果可以得到上海市中心城区各类空间的分布格局特征。生活空间分布格局如下：①生活空间主要分布在外环以内，呈现连片分布形态；②外环附近及以外的生活空间呈现点状分布并被生产空间环绕。

生产空间分布格局如下：①生产空间主要分布在外环附近及以外的区域，呈现连片环绕发展形态，与产业园、物流园、科创园和大型交通设施用地的分布区位一致；②中环附近及以内的生产空间与生活空间相互交错镶嵌分布，这类生产空间主要为政府机构、金融保险、公司企业等。

生态空间分布格局如下：①生态空间总体上呈点状分布，分布最为集中的区域为滨江森林公园、国家共青公园和世纪公

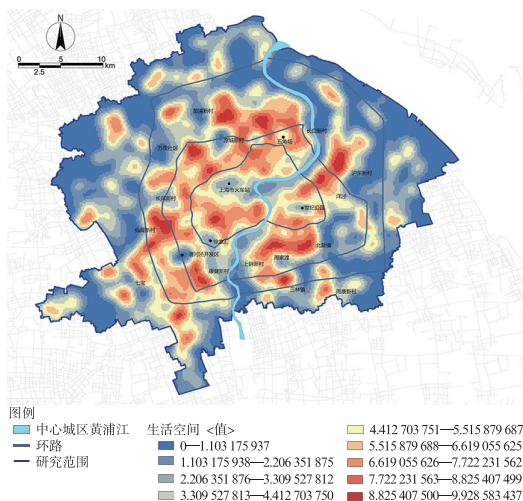


图14 生活空间核密度图

Fig.14 Kernel density analysis of living space

资料来源：笔者自绘。

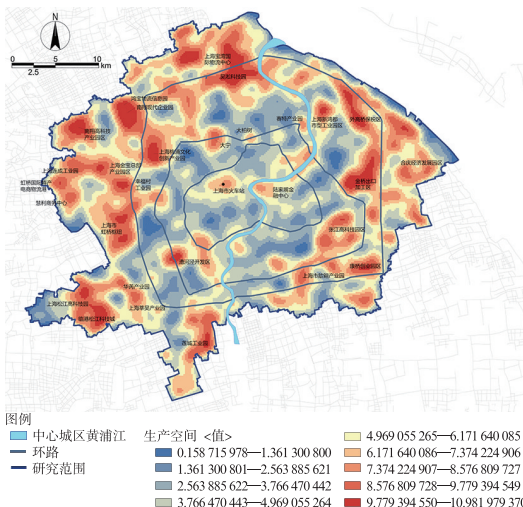


图15 生产空间核密度图

Fig.15 Kernel density analysis of production space

资料来源：笔者自绘。

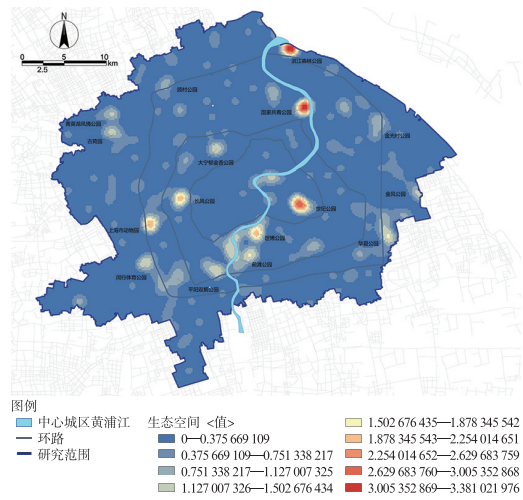


图16 生态空间核密度图

Fig.16 Kernel density analysis of ecology space

资料来源：笔者自绘。

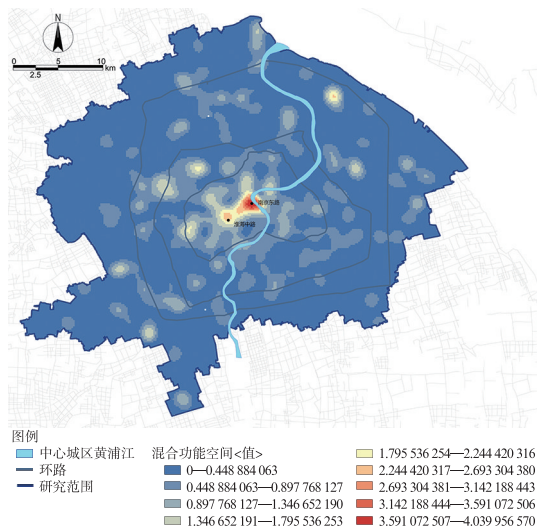


图 17 混合功能空间核密度图

Fig.17 Kernel density analysis of mixed function space
资料来源：笔者自绘。



图 18 上海市中心城区“三生空间”格局模型

Fig.18 The model of "production-living-ecological spaces" in downtown Shanghai
资料来源：笔者自绘。

园，这些生态空间规模相对较大；②黄浦江两侧分布较多珠状串联的生态空间。

混合功能空间分布格局如下：①混合功能空间呈现较强的向心性，越靠近市中心的位置混合功能空间的规模数量越多；②从淮海中路到南京东路段区域呈现最强的功能混合特征，该区域分布大量的商业、商务办公、生活性服务设施和居住用地。

基于以上分析，总结上海市中心城区“三生空间”格局模型。在模型中将中心城区范围、外环路、中环路、内环路抽象为四个同心圆，保留中心城区河流要素，分别将各类空间的核密度热点落在同心圆模型中，结果如图 19 所示。通过格局模型的表达，可以更加直观地将生产、生活、生态和混合功能空间的分布形态及区位进行可视化描述。

4.2 “三生空间”集聚特征分析

借助 ArcGIS 平均最近邻指数分析，对上海市中心城区“三生空间”分布格局现状进行计量测算，得出“三生空间”的

最近邻指数作为衡量和表征各类空间集聚度指标，定量判断空间的分布状态。分析结果如下：生态空间集聚、生产空间分散、生活空间随机、混合功能空间集聚，具体参数如表 6。上海市中心城区生态空间和混合功能空间数量较少，呈集聚分布状；生活空间在整个中心城区分布广泛，呈随机分布；生产空间主要位于外围，呈分散分布。

表 6 “三生空间”的最近邻指数参数统计表

Tab.6 Nearest neighbor index parameter statistics table of production-living-ecological spaces

参数	生态空间	生产空间	生活空间	混合功能空间
数量	251	6 910	4 290	379
平均观测距离(m)	979.77	304.99	321.12	815.67
预期平均距离(m)	1 203.01	253.84	319.05	1 016.99
最近邻比率	0.81	1.20	1.01	0.80
z 得分	-5.62	32.05	0.81	-7.37
p 值	0.00	0.00	0.42	0.00

资料来源：笔者编制。

5 结论

本文通过对“三生空间”相关研究的回顾，厘清了“三生空间”的概念和分类体系，借助 ArcGIS 作为分析和制图平台，利用 POI 数据识别和分析，在城市层面实现既有生态、农业、城镇“三类空间”到生态、生活和生产的“三生空间”的尺度转换，为国土空间规划用地空间规划布局作理论和方法研究准备。本文以上海市中心城区为案例，利用城市 POI 数据并采用网格分析法、样方比例法、层次分析法、GIS 空间分析法进行了“三生空间”识别和分析，文章发现：上海市中心城区内生产空间占主导地位，生活空间次之，最后是生态空间；生活空间主要分布在内部，呈现内部连片、外围点状分布特征；生产空间主要分布在外围，呈现外围连片环绕、内部交错镶嵌状；生态空间整体上呈现点状或串珠状分布；混合功能空间主要集中在中心城区核心部位。通过本文研究不难看出，在城市层面可以实现从国家和省级主体功能区划的生态、农业、城镇“三类空间”到生态、生活和生产的“三生空间”的尺度转换，使城市层面的国土空间规划更具科学性和实用性。与其它识别方法相比，该方法能够更加简单、精细且省时地识别中心城区“三生空间”，对于中心城区规划中的用地分析具有应用价值，也可以作为分析城市功能形态、判断“三生”功能和空间组合、梳理用地布局和交通组织关系的有效工具。

参考文献 (References)

- [1] BARTHÉLEMY D, NIEDDU M. Non-trade concerns in agricultural and environmental economics: how J. R. Commons and Karl Polanyi can help us[J]. Journal of Economic Issues, 2007, 41(2): 519-527.
- [2] BENNETT E M, PETERSON G D, GORDON L J. Understanding relationships among multiple ecosystem services[J]. Ecology Letters, 2010, 12(12): 1394-1404.
- [3] CAO S, HUD, ZHAO W, et al. Monitoring spatial patterns and changes of ecology, production, and living land in Chinese urban agglomerations: 35 years after reform

- and opening up, where, how and why[J]. Sustainability, 2017, 9(5): 766.
- [4] KIENAST F, BOLLIGER J, POTSCHIN M, et al. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe[J]. Environmental Management, 2009, 44(6): 1099-1120.
 - [5] NELSON E, MENDOZA G, REGETZ J, et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales[J]. Frontiers in Ecology & the Environment, 2009, 7(1): 4-11.
 - [6] PÉREZ-SOBA M, PETIT S, JONES L, et al. Land use functions——a multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability [M]. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
 - [7] VEREIJKEN P H. Multifunctionality: applying the OECD framework a review of literature in Austria[R]. Paris, France, 2001.
 - [8] WIGGERINGH, MÜLLER K, WERNER A, et al. The concept of multifunctionality in sustainable land development[M]. Springer, 2003: 3-18.
 - [9] 白如山, 姜玉培, 江进德. 江淮城市群“三生”空间结构的多尺度分析[J]. 中国名城, 2016(10): 21-28. (BAI Shan, JIANG Yupei, JIANG Jinde. Multi-scale analysis of the spatial structure of "production-living-ecological" in the Jianghuai urban agglomeration [J]. Chinese Famous Cities, 2016(10): 21-28.)
 - [10] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005(5): 536-540. (CHEN Jing, SHI Peijun. Discussion on functional land use classification system[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science), 2005(5): 536-540.)
 - [11] 陈龙, 周生路, 周兵兵, 等. 基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J]. 经济地理, 2015(2): 155-162. (CHEN Long, ZHOU Shenglu, ZHOU Bingbing, et al. Characteristics and driving forces of land use transformation in Jiangsu province based on dominant functions [J]. Economic Geography, 2015(2): 155-162.)
 - [12] 程婷, 赵荣, 梁勇. 国土“三生空间”分类及其功能评价[J]. 遥感信息, 2018(2): 114-121. (CHENG Ting, ZHAO Rong, LIANG Yong. Classification and functional evaluation of "production-living-ecological spaces" of the national territory [J]. Remote Sensing Information, 2018(2): 114-121.)
 - [13] 池娇, 焦利民, 董婷, 等. 基于POI数据的城市功能区定量识别及其可视化[J]. 测绘地理信息, 2016(2): 68-73. (CHI Jiao, JIAO limin, DONG Ting, et al. Quantitative identification and visualization of urban functional areas based on POI data [J]. Surveying and Mapping Geographic Information, 2016(2): 68-73.)
 - [14] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 等. 湖北省三生空间格局演化特征分析[J]. 中国土地科学, 2018(8): 67-73. (CUI Jiaxing, GU Jiang, SUN Jianwei, et al. Analysis on evolution characteristics of production-living-ecological spatial pattern in Hubei province [J]. China Land Science, 2018(8): 67-73.)
 - [15] 党丽娟, 徐勇, 高雅. 土地利用功能分类及空间结构评价方法——以燕沟流域为例[J]. 水土保持研究, 2014(5): 193-197. (DANG Lijuan, XU Yong, GAO Ya. Evaluation methods of land use function classification and spatial structure——a case study of Yangou watershed [J]. Soil and Water Conservation research, 2014(5): 193-197.)
 - [16] 扈万泰, 王力国, 舒沐晖. 城乡规划编制中的“三生空间”划定思考[J]. 城市规划, 2016(5): 21-26. (HU Wantai, WANG Ligu, SHU Muhui. Reflections on demarcation of "production-living-ecological spaces" in urban and rural planning [J]. City Planning Review, 2016(5): 21-26.)
 - [17] 黄安, 许月卿, 郝晋珉, 等. 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(4): 88-97. (HUANG An, XU Yueqing, HAO Jinmin, et al. Research progress and prospect of land use versatility evaluation [J]. China Land Science, 2017(4): 88-97.)
 - [18] 金贵. 国土空间综合功能分区研究[D]. 中国地质大学博士学位论文, 2014. (JIN Gui. Study on comprehensive functional zoning of land space [D]. The Dissertation for Doctor Degree of China University of Geosciences, 2014.)
 - [19] 金星星, 陆玉麒, 林金煌, 等. 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(12): 4286-4295. (JIN Xingxing, LU Yuqi, LIN Jinhua, et al. Evolution and functional measurement of production-life-ecology spatial and temporal pattern in Fujian delta urban agglomeration [J]. Acta ecologica sinica, 2018(12): 4286-4295.)
 - [20] 康雨豪, 王珏瑶, 夏竹君, 等. 利用POI数据的武汉城市功能区划分与识别[J]. 测绘地理信息, 2018(1): 81-85. (KANG Yuhao, WANG Yueyao, XIA Zhujuan, et al. Division and identification of urban functional areas in Wuhan based on POI data [J]. Surveying and Mapping Geographic Information, 2018(1): 81-85.)
 - [21] 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(1): 49-65. (LI Guangdong, FANG Chuanglin. Quantitative identification and analysis of urban eco-production-living space function [J]. Acta geologica Sinica, 2016(1): 49-65.)
 - [22] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 等. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J]. 资源科学, 2017(10): 1823-1833. (LIAO Lihong, DAI Wenyuan, CHEN Juan, et al. Analysis of spatial conflicts among production-living-ecological space in the rapid urbanization of Pingtan island [J]. Resources Science, 2017(10): 1823-1833.)
 - [23] 刘超, 许月卿, 孙丕苓, 等. 土地利用多功能性研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2016(9): 1087-1099. (LIU Chao, XU Yueqing, SUN Piling, et al. Progress and prospect of land use versatility research [J]. Progress in Geographical Science, 2016(9): 1087-1099.)
 - [24] 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(7): 1290-1304. (LIU Jilai, LIU Yansui, LI Yurui. Classification and evaluation of China's "production-living-ecological spaces" and analysis of spatial and temporal pattern [J]. Acta Geologica Sinica, 2017(7): 1290-1304.)
 - [25] 柳冬青, 马学成, 巩杰, 等. 流域“三生空间”功能识别及时空格局分析——以甘肃白龙河流域为例[J]. 生态学报, 2018(5): 1490-1497. (LIU Dongqing, MA Xuecheng, GONG Jie, et al. Function identification and spatial and temporal pattern analysis of "production-living-ecological spaces" in the basin——a case study of the Bailong river basin in Gansu province [J]. Journal of Ecology, 2018(5): 1490-1497.)
 - [26] 吕明伟, 郭煥成, 孙艺惠. 生产·生态·生活——“三生”一体的台湾休闲农业园区规划与建设[J]. 中国园林, 2008, 24(8): 16-20. (LÜ Mingwei, GUO Huancheng, SUN Yihui. Production, ecology and life——planning and construction of Taiwan leisure agriculture park integrating "production-living-ecological" [J]. Chinese Garden, 2008, 24(8): 16-20.)
 - [27] 沈悦, 严金明, 陈昊. 基于“三生”空间优化的城乡交错区土地整治功能单元划定[J]. 农业工程学报, 2018(11): 243-252. (SHEN Yue, YAN Jiming, CHEN Hao. Demarcation of land remediation functional unit in urban and rural ecotone based on spatial optimization of "production-living-ecological" [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2018(11): 243-252.)
 - [28] 施能满. 台湾的“三生”农业[J]. 台湾农业探索, 1997(6): 23. (SHI Nengpu. Taiwan's "production-living-ecological" agriculture [J]. Taiwan Agricultural Exploration, 1997(6): 23.)
 - [29] 习近平. 关于《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》的说明[J]. 求是, 2013(22): 19-27. (XI Jinping. Explanation on the decision of the CPC central committee on several major issues of comprehensively deepening reform [J]. Seeking Truth, 2013(22): 19-27.)
 - [30] 于莉, 宋安安, 郑宇, 等. “三生用地”分类及其空间格局分析——以昌黎县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017(2): 89-96. (YU Li, SONG Anan, ZHENG Yu, et al. Classification and spatial pattern analysis of "three crops land"——a case study of Changli county [J]. China Agricultural Resources and Regionalization, 2017(2): 89-96.)
 - [31] 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(7): 1332-1338. (ZHANG Hongqi, XU Erqi, ZHU Huiyi. Classification and spatial pattern of "three living lands" in China [J]. Resource Science, 2015(7): 1332-1338.)
 - [32] 郑百龙, 翁伯琦, 周琼. 台湾“三生”农业发展历程及其借鉴[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(4): 67-71. (ZHENG Bailong, WENG Boqi, ZHOU Qiong. Taiwan's "production-living-ecological" agricultural development process and its reference [J]. China Agricultural Science and Technology Guide, 2006, 8(4): 67-71.)
 - [33] 朱启荣, 闫国宏, 王胜利. 贸易自由化进程中的农业多功能性问题[J]. 国际贸易问题, 2003(6): 20-24. (ZHU Qirong, YAN Guohong, WANG Shengli. Agricultural versatility in the process of trade liberalization [J]. International Trade Issues, 2003(6): 20-24.)
 - [34] 朱媛媛, 余斌, 曹菊新, 等. 国家限制开发区“生产-生活-生态”空间的优化——以湖北省五峰县为例[J]. 经济地理, 2015(4): 26-32. (ZHU Yuanyuan, YU Bin, ZENG Juxin, et al. Optimization of "production-living-ecology" space in state-restricted development zones——a case study of Wufeng county, Hubei province [J]. Economic Geography, 2015(4): 26-32.)

修回: 2019-03