

基于多源数据的郑州市城市功能区分布与人口活动规律的研究

马汝鑫, 李俊, 化明星, 赵广岭, 王德生*

郑州师范学院地理与旅游学院, 河南 郑州

收稿日期: 2025年8月31日; 录用日期: 2025年10月9日; 发布日期: 2025年10月20日

摘要

城市功能区与人口活动的时空特征是城市规划领域的重要研究内容, 从精细尺度识别城市功能区并揭示其人口活动规律, 对于城市规划和资源配置具有重要意义。本研究以郑州市主城区为研究区, 基于兴趣点、路网、多时相百度热力图等多源数据, 采用核密度分析法识别城市功能区分布, 并通过空间关联分析探讨城市功能区人口活动的时空聚散模式。研究结果表明: 1) 郑州市主城区城市功能区呈现圈层式多中心结构, 分布不均衡且类型特征显著; 2) 城市人口活动在工作日与周末呈现系统性差异, 具有明显的时空波动特征; 3) 城市功能区与人口活动之间存在显著空间相关性, 商业区是人口集聚与流动的主要载体。本研究为理解城市空间结构提供了数据支持与方法参考, 对优化城市空间布局 and 促进职住平衡具有重要实践价值。

关键词

多源数据, 城市功能区, 人口活动规律, 郑州市

A Study on the Distribution of Urban Functional Zones and Population Activity Patterns in Zhengzhou City Based on Multi-Source Data

Ruxin Ma, Jun Li, Mingxing Hua, Guangling Zhao, Desheng Wang*

School of Geography and Tourism, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou Henan

Received: August 31, 2025; accepted: October 9, 2025; published: October 20, 2025

*通讯作者。

文章引用: 马汝鑫, 李俊, 化明星, 赵广岭, 王德生. 基于多源数据的郑州市城市功能区分布与人口活动规律的研究[J]. 地理科学研究, 2025, 14(5): 967-973. DOI: 10.12677/gser.2025.145093

Abstract

The spatiotemporal characteristics of urban functional zones and population activities are important topics in the field of urban planning. Identifying functional zones and revealing population activity patterns at a fine scale are of great significance for urban planning and resource allocation. This study takes the main urban area of Zhengzhou City as the research area, using multi-source data such as points of interest (POI), road networks, and multi-temporal Baidu heat maps. Kernel density estimation was employed to identify the distribution of urban functional zones, and spatial correlation analysis was applied to explore the spatiotemporal aggregation and dispersion patterns of population activities within these zones. The results show that: 1) The urban functional zones in Zhengzhou's main urban area exhibit a multi-centric ring structure with uneven distribution and distinct zonal characteristics; 2) Urban population activities show systematic differences between weekdays and weekends, with significant spatiotemporal fluctuations; 3) There is a strong spatial correlation between urban functional zones and population activities, with commercial districts serving as the main hubs of population gathering and mobility. This study provides data support and methodological references for understanding urban spatial structure and offers practical insights for optimizing urban layout and promoting jobs-housing balance.

Keywords

Multi-Source Data, Urban Functional Zones, Population Activity Patterns, Zhengzhou City

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

城市功能区是城市或开发区实施城市规划、提供功能的基本空间单元[1][2]。准确识别城市功能区及其空间结构,对于提升城市规划、改善城市秩序、协调人地关系具有重要意义[3]。人口活动规律可以反映人们在工作、生活、社交等各种活动中的行为模式和空间偏好。

传统的城市功能区划分主要基于专家调查统计或专家评判,主观性较强,且存在工作量大、误差大以及调查周期长等问题[4]。并且传统的数据具有精度差、时效性差、周期长、收集与处理困难等弊端[5]。兴趣点(Point of interest, POI)数据是比较常见且容易获取的地理空间大数据,具有数据量大、精度高、分类细、更新快和覆盖全的特点,已广泛应用于城市功能区划分的相关研究中[6]-[9]。

本文提出了一种基于多源数据的城市功能区划分方法,该方法利用开放街道地图(OpenStreetMap, OSM)、POI 等数据,借助核密度分析技术实现对城市功能区的识别。在微观层面,依托 OSM 路网生成符合城市规划管理实际的研究单元;在宏观层面,结合城市地理与城市规划理论,对郑州市功能区的分布特征展开分析;最后,结合百度人口热力数据,从工作日与周末两个时间维度分析人口活动的时空变化,揭示城市功能区分布与人口活动之间的关联机制。本研究对郑州市主城区的土地利用规划与空间结构优化具有一定参考价值。

2. 研究区概况与数据来源

2.1. 研究区概况

郑州市位于嵩山东麓、黄河南岸(东经 112°42'~114°14', 北纬 34°16'~34°58'),地处中华腹地,素有“天

地之中”之称，是国家明确支持建设的国家中心城市。本研究区域位于郑州市东北部的主城片区，涵盖惠济区、中原区、金水区、二七区和管城回族区，总面积约 376 平方公里。这五个区在地理上紧密相连，城市建设体系较为完善，经济发展水平较高，对带动郑州市整体经济具有重要作用，因而适于作为研究对象，用于深入分析城市功能区分布与人口活动规律。

2.2. 数据来源

本研究所用的数据主要包括 POI 数据、OSM 城市路网数据、多时相的百度热力图数据以及矢量边界数据。其中，OSM 城市路网数据来源于 OpenStreetMap 平台，热力图数据来源于百度地图，POI 等矢量数据来源于高德地图。在数据预处理过程中，针对 POI 数据类别复杂、存在一定冗余的情况：首先剔除公众认知度较低、无法明确表征城市功能类型的兴趣点，以提高数据质量；随后，依据 POI 分类体系，结合要素功能属性和郑州市实际建设情况，将 POI 重新归纳为六类城市功能用地类型，包括：商业用地、居住用地、公共用地、道路与交通用地、绿地与广场用地和工业用地(表 1)。

Table 1. Classification of POI data

表 1. POI 数据分类

功能类型	POI 类别
商业用地	餐饮、购物中心、住宿酒店、银行、金融服务、电影院彩票店、保险公司
绿地广场	公园、城市广场、植物园、动物园、景点、岛屿
居住用地	住宅区、社区中心、商务住宅、住宅小区
交通用地	火车站、飞机场、地铁站、收费站
公共用地	科研教育、学校、培训机构、医院、急救中心、政府机关、社会团体、交通车辆管理、休闲娱乐

3. 研究方法

本研究主要包括以下三个部分：首先，对 OSM 路网数据进行拓扑处理，生成不规则格网单元作为分析基础；其次，基于格网单元及 POI 数据，运用核密度分析方法识别与划分城市功能区；最后，对百度热力图数据进行重分类与地理配准处理，并结合城市功能区的划分结果，综合分析人口活动的时空规律。

由路网形成的不规则格网单元是城市管理与规划中承载社会经济功能的基本空间单元[10]。该单元是以道路为自然边界形成的多边形区域[11]。由于原始 OSM 路网数据较为复杂，生成格网单元前，需先对道路数据进行筛选与清理，并通过构建拓扑规则修正拓扑错误，从而确保数据质量与分析结果的可靠性。之后，对主要路网进行缓冲区分析，再通过擦除操作即可生成不规则网格单元(图 1)。

核密度分析是识别城市功能区的一种重要方法。该方法基于地理学第一定律，即距离越近的地理事物之间的关联性越高[12]。在分析过程中，越靠近核心要素的位置，其密度估计值越高。该方法适用于探索城市多中心结构中的聚集区域，能够对空间点要素或线要素的分布密度进行连续建模，从而有效识别各类要素的集聚分布特征[8]。核密度估计的计算公式如下：

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \frac{3}{4h^2} \left(1 - \frac{(x - x_i)^2}{h^2} \right) \quad (1)$$

其中， h 为搜索半径(带宽)； x_i 为带宽内第 i 个 POI 点的空间位置。

百度热力图是一种以不同的颜色动态反映人口活动空间分布的时空数据。本研究借助 ArcGIS 中的重分类工具，首先将其原始像元值重新分类并赋予指定替代值，具体将图中红、橙、黄、绿、浅蓝和蓝色六种颜色依次映射为高热、较高、中热、普通、较低和低热六级人口聚集密度。在此基础上，通过地理配

准, 为热力图数据设置地理坐标。最后, 基于郑州市主城区矢量边界对配准后的栅格进行掩膜裁剪, 提取出研究区对应的热力图数据。

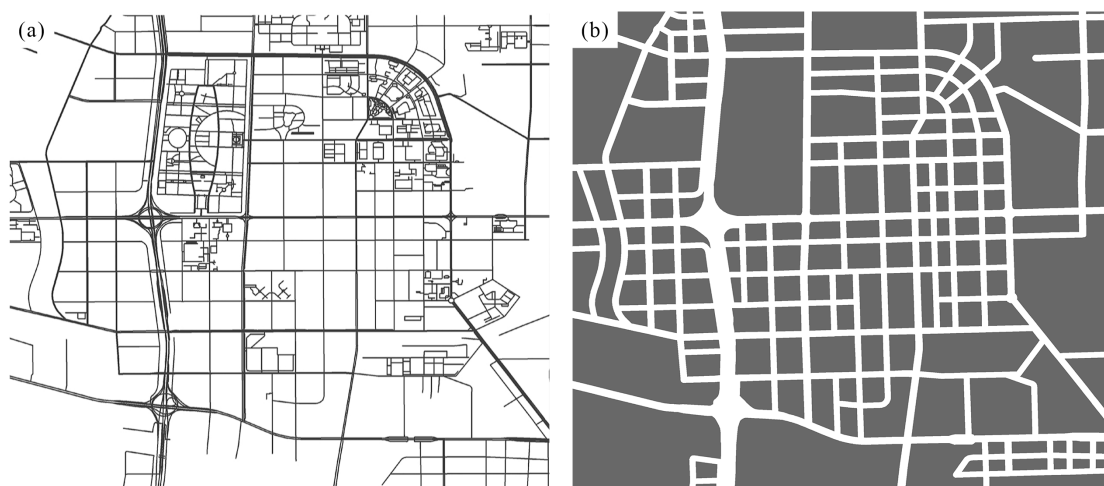


Figure 1. Generation of irregular grid units: (a) Original road network; (b) Road grid units

图 1. 原始路网生成不规则格网单元: (a) 原始路网; (b) 道路格网单元

4. 结果与分析

4.1. 城市功能区识别与分析

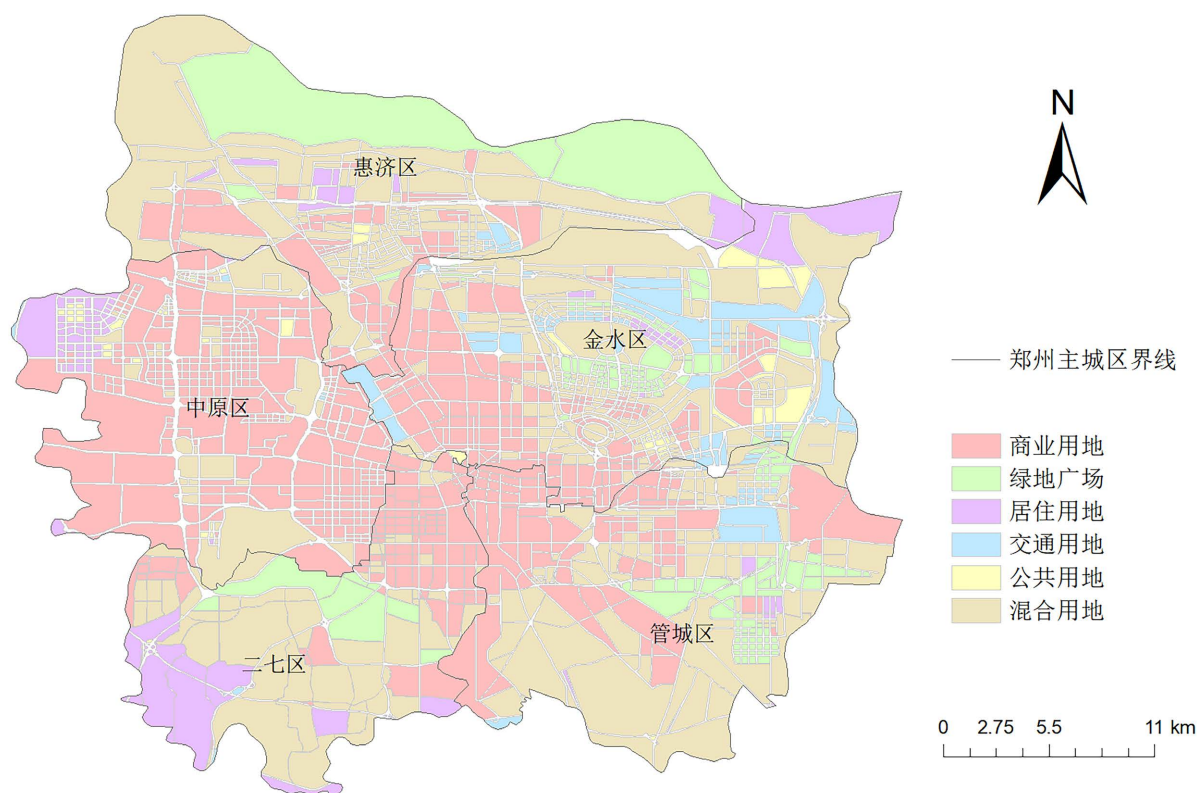


Figure 2. Distribution of urban functional zones in the main urban area of Zhengzhou

图 2. 郑州市主城区城市功能区分布

郑州市主城区功能区分布如图 2 所示, 主要包括商业用地、绿地广场、居住用地、交通用地、公共用地五类单一功能区及一类混合功能区。研究区功能布局与郑州市圈层结构及地理位置密切相关。在空间分布上, 核心区域高度集聚, 外围区域扩散排列, 整体上呈现“内密外疏”的多中心不平衡特征。

从功能区类型分布来看, 商业用地高度集中于二七广场周边区域, 形成连片簇状结构, 该区域作为郑州市传统核心老城区, 人口密集、经济活跃、设施完善、交通便利, 表现出“中心集聚、周边蔓延”的辐射特征。居住功能区则主要分布于中心城区外围, 与生活成本密切相关, 有助于疏解中心压力, 但也导致“职住不平衡”。混合功能区面积较大, 通常位于商业与居住用地之间, 起到功能过渡与空间融合的作用, 有利于促进城市功能协同与空间结构优化。其中, 绿地广场、公共用地和交通用地在整个主城区识别率较低, 主要因 POI 数据中其他类型占比更高, 惠济区北部识别出较大面积的绿地, 与实际黄河流经和湿地分布相符。

为检验功能区识别结果的准确性, 本研究随机选取了中心城区某区域, 将识别结果与百度地图进行对比(图 3)。其中, A 区域识别为混合功能区, 该区域内实际包含政府机构、高校、居民区、商店等多种要素, B 区域识别为商业区, 该区域实际为大型商业综合体。A、B 两区识别结果与实地情况相符, 表明本研究中城市功能区识别结果准确性较高。

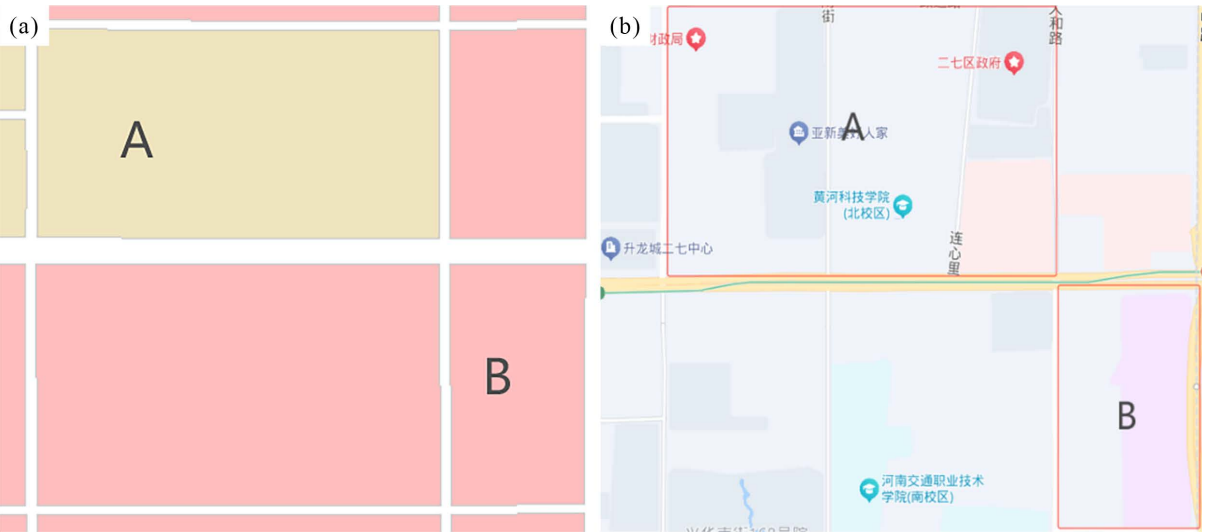


Figure 3. Functional area recognition verification: (a) Recognition result; (b) Baidu Map
图 3. 功能区识别验证: (a) 识别结果; (b) 百度地图

4.2. 人口热度时空变化分析

为探究工作日与周末城市人口活动的时空规律, 本研究每隔 2 小时提取一次百度热力图数据, 最终选取上午 7:00、11:00 及晚上 19:00、23:00 四个典型时段, 共获取 8 幅热力图。经图像配准、裁剪与重分类等预处理, 将人口活力划分为七个等级, 从一级至七级分别代表人口活力不足、低活力、较低活力、普通活力、中活力、较高活力与高活力, 并以不同颜色区分(图 4)。通过对比主城区在工作日与周末的人口活力差异, 分析其时空变化特征。

结果表明, 工作日与周末的人口活动呈现明显不同的时空模式。在工作日, 从 7:00 起城市开始苏醒, 人口活力逐渐上升, 以通勤行为为主; 至 11:00, 居民活动多以工作、商务和通勤为主, 商业区域与交通枢纽形成明显高热区; 19:00 前后进入晚高峰, 整体活力达到峰值, 空间波动显著; 23:00 之后活力趋于平稳, 居民逐渐进入休息状态。

而在周末，7:00 的人口活力明显低于工作日，侧面反映出居民作息较工作日更为放松；11:00 活力仍呈平稳上升趋势；19:00 达到全天高峰，外出活动集中，高活力区面积最大；23:00 后高热区大幅减少，低活力区占比上升。这种差异清晰地体现了工作日与休息日居民行为模式的系统性变化特征。

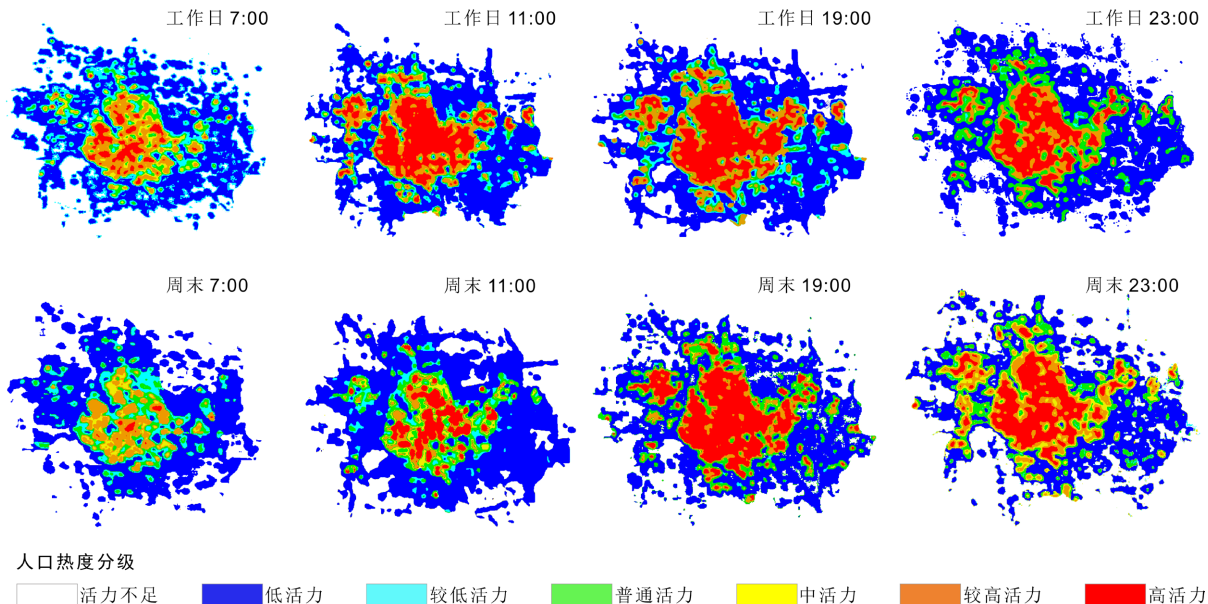


Figure 4. Spatial distribution of population popularity at different time periods
图 4. 不同时段人口热度空间分布情况

4.3. 城市功能区分布与人口活动空间相关性分析

研究表明，城市商业区与人口高热区存在显著空间重叠，功能区类型与人口活动之间存在密切关联。商业功能区吸引力最强，持续时间最长，人口波动受通勤规律影响明显：工作日上午 7:00 商业区呈现多个人口活动中心，而周末同时段活动较弱；工作日晚 19:00 商业区人口流动强度高于周末。相比之下，绿地广场、交通用地、居住区与公共用地中高活力集聚现象不明显。

城市功能区间的人口流动主要表现为商业区与其他功能区之间的流动，居住、绿地与交通区域内部移动不显著。工作日以就业、通勤为主导，人口集聚明显；周末活动更为分散，高热区范围缩小，与居民休闲状态相符。

5. 结论与展望

5.1. 结论

本研究基于 POI、OSM、百度热力图等多源数据，系统分析了郑州市主城区的城市功能区分布与人口活动规律，从静态功能布局与动态人口活动两个维度解析城市空间结构，是对现有研究方法的一种新尝试，也为相关研究提供新思路。本研究主要结论如下：① 商业用地集中分布于以二七广场为核心的中心城区，呈现连片簇状集聚特征，空间影响模式表现为“中心集聚、周边蔓延”；居住用地则主要分布于城市边缘区域；单一功能区内部分布集中，多见于郊区与城市核心地带，混合功能区面积较大，多位于商业与居住用地之间，起到功能衔接与过渡作用。② 各级人口活力区域面积随时间变化波动显著，城市活动呈现多中心结构，人口活力随距城市中心距离增加而逐渐减小。③ 中心城区人口集聚特征显著，商业功能区吸引力最强、持续时间最长；功能区之间的人口移动主要表现为商业区与其他功能区之间的流

动,而绿地广场、交通用地、公共用地和居住用地内部的人口流动相对不明显。

5.2. 展望

本研究为理解城市空间结构、优化设施布局和提升城市活力提供了参考,然而仍存在一些不足:① 基于 POI 数据生成的核密度图在表征功能区分布时存在一定误差,因 POI 为点数据,难以准确反映地理对象的规模与空间覆盖情况;② 百度热力图数据在预处理过程中经配准、裁剪和重分类等操作,可能导致部分数据信息损失或精度降低,影响人口活动分析的准确性。后续研究将持续改进,以提升数据表达与模型精度。

基金项目

郑州师范学院大学生创新创业训练计划项目(项目编号 DCZ2023010)。

参考文献

- [1] 顾朝林,王颖,邵园,等.基于功能区的行政区划调整研究——以绍兴城市群为例[J].地理学报,2015,70(8): 1187-1201.
- [2] Zhang, X., Hua, Q. and Zhang, L. (2016) Development and Application of a Planning Support System for Regional Spatial Functional Zoning Based on GIS. *Sustainability*, **8**, Article 909. <https://doi.org/10.3390/su8090909>
- [3] 薛冰,赵冰玉,肖骁,等.基于 POI 大数据的资源型城市功能区识别方法与实证——以辽宁省本溪市为例[J].人文地理,2020,35(4): 81-90.
- [4] 朱守杰,杜世宏,李军,等.融合多源空间数据的城镇人口分布估算[J].地球信息科学学报,2020,22(8): 1607-1616.
- [5] 刘彤,周伟,曹银贵.沈阳市城市功能区分布与人口活动研究[J].地球信息科学学报,2018,20(7): 988-995.
- [6] 李岳,邓志杰,王毓乾.基于兴趣点数据的南昌城市功能区识别[J].江西科学,2022,40(3): 508-513.
- [7] 王俊珏,叶亚琴,方芳.基于核密度与融合数据的城市功能分区研究[J].地理与地理信息科学,2019,35(3): 66-71.
- [8] 李欣.基于 POI 要素空间聚集特征的城市多中心结构识别——以郑州市为例[J].北京大学学报(自然科学版),2020,56(4): 692-702.
- [9] 王润泽,周鹏,潘悦,等.基于大数据的城市功能区人口时空聚散模式研究[J].地理与地理信息科学,2022,38(1): 45-50.
- [10] 邱喜兰,钮晓颖,徐强.住房和城乡建设部绿色生态示范城区——上海南桥新城引领郊区新城绿色生态城建设[J].建设科技,2014(15): 46-48.
- [11] Liu, X. and Long, Y. (2015) Automated Identification and Characterization of Parcels with OpenStreetMap and Points of Interest. *Environment and Planning B: Planning and Design*, **43**, 341-360. <https://doi.org/10.1177/0265813515604767>
- [12] 禹文豪,艾廷华.核密度估计法支持下的网络空间 POI 点可视化与分析[J].测绘学报,2015,44(1): 82-90.