

城市消费活力空间格局演化及驱动因素研究

——以合肥市主城区为例

鲁珊,余瑞,郑志元

(合肥工业大学建筑与艺术学院,安徽 合肥 230601)

[摘要] 以合肥市主城区为例,利用 POI 数据,结合核密度分析、平均最邻近指数、标准差椭圆,分析 2012—2020 年城市消费活力空间的演化进程,并利用地理探测器探究影响城市消费活力的驱动因素。结果表明:(1)消费活力空间格局由初始的“单核心扩散”演变为“多核心连面”,在空间形态上逐渐由点轴向块状空间形态演化。(2)在空间演化方向上,消费活力空间主要呈现“东北—西南”方向的发展趋势,南北向发展趋势较弱。(3)在空间演化速率上,2012—2016 年城市消费活力空间的集聚程度增加,2016—2020 年呈现减缓态势。(4)交通服务能力和公共服务水平对城市消费活力有较强的影响力,同时各驱动因素存在双因子增强的交互作用。

[关键词] 城市消费活力,空间格局演化,驱动因素,地理探测器

[中图分类号] TU984.16 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2024)01-0040-08

Research on Spatial Pattern Evolution and Driving Factors of Urban Consumption Vitality: a Case Study of the Main Urban Area of Hefei

Lu Shan, Yu Rui, Zheng Zhiyuan

(College of Architecture and Art, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

Abstract: Taking the main urban area of Hefei as an example, using POI data and combining kernel density analysis, average nearest neighbor index, and standard deviation ellipse, the evolution process of urban consumption vitality space from 2012 to 2020 is analyzed, and the driving factors affecting urban consumption vitality are studied using geographic detector. The results show that: (1) The consumption spatial pattern has evolved from “single core diffusion” initially to “multi core connection”, gradually evolving from point axis to block spatial pattern in spatial form. (2) In terms of spatial evolution trend, the consumption vitality space mainly presents a development trend from northeast to southwest, while the development trend from north to south is relatively weak. (3) In terms of spatial evolution rate, the agglomeration degree of urban consumption vitality space increased from 2012 to 2016, and showed a slowing trend from 2016 to 2020. (4) The transportation service capacity and public service level have strong impacts on the urban consumption vitality, and there is a dual factor enhanced interaction among various driving factors.

Key words: urban consumption vitality, spatial pattern evolution, driving factors, geographic detector

城市活力作为衡量城市发展的重要指标^[1-2]可以检验城市发展质量,而消费活力是城市活力的重要组成部分,开展对城市消费活力的研究可以认知现阶段城市经济发展水平,同时深层次挖掘城市发展所需的消费活力和市场潜力,为优化城市空间布局和分配资源要素提供新视角。目前关于消费活力已有大量研究,主要归为以下 2 类:第 1 类,主要从城市经济活力、社会活力、文化活力等多维角度进行综合测评,并建立相应指标体系来测度城市发展活力^[3-4],探究城市社会经济与物质环境的交互作用;第 2 类,聚焦城市消费活力本身,主要关注城市消费活力空间布局及影响因素。唐璐等^[5]基于 OpenStreetMap、百度地图兴

收稿日期:2022-11-25.

基金项目:国家自然科学基金面上项目(52178036)、安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKQ2021D145)。

通讯作者:郑志元,副教授,研究方向:地域景观设计理论与方法。E-mail: zzywy@hfut.edu.cn

趣点(point of interest, POI)、微信宜出行、美团、高德建筑物轮廓等多源地理大数据探究城市街区综合活力,发现南京市中心城区街区活力整体发展不平衡,活力较高区域分布在市中心区域,其他地区很难保持良好的活力状态。明雨佳等^[6]基于 POI 数据集、百度热力图、街景图片等多源数据探究出重庆市主城区的城市活力空间分布特征与平原城市的“圈层”结构存在较大差异性。舒天衡等^[7]利用 POI 数据分析出成都市消费活力的空间异质性,并从宏观经济条件、交通服务能力和公共服务能力 3 个类别去选取驱动因素进行探测。严朝霞等^[8]基于 POI 数据研究道路对消费活力的影响,发现道路节点密度与消费活力呈现正相关关系,道路网建设对消费活力具有积极促进作用。徐杨菲^[9]基于 POI 数据和 GIS 空间分析方法探究影响城市消费活力和区位价值的因素,发现人口分布与交通可达性共同影响城市消费活力,同时城市消费活力会对商业用地的区位价值产生影响。徐勇等^[10]基于多源数据描述了武汉和郑州城市消费活力的空间异质性,并测度出武汉和郑州城市消费活力主要驱动因素为人口密度和夜间灯光。

本文以合肥市主城区作为研究对象,利用 Python 工具,爬取精度高、数量大、覆盖广的 POI 数据,从宏观视角将 2012、2016、2020 年作为 3 个时间窗口,探究 2012—2020 年长时间序列下消费活力空间演化格局及驱动因素,以期为区域资源要素分配和城市规划管理实践提供参考。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

本研究数据主要分为 3 大类:第 1 类,POI 数据。利用 Python 工具获取 POI 数据,将获取的原始数据进行合并、清洗、重分类,筛选出所需的有效数据,2012 年 18 246 条、2016 年 114 222 条、2020 年 129 486 条,这些信息主要包括店铺所属类别、基本地理位置及顾客消费信息。将得到的店铺地理坐标信息利用 ArcGIS 10.8 软件进行空间地理信息配准,并将其转换为 WGS 1984 坐标系进行空间分析与处理。第 2 类,地图类数据。其中,数据分析底图为合肥市主城区行政边界图,该数据来自地理空间数据云。将研究区域划分为 1 km×1 km 的网格单元,共计 2 371 个,每个网格都通过空间叠加分析赋予数值,进而实现后续的空间分析与因子探测。第 3 类,社会经济数据。研究区域人口和 GDP 空间分布公里网格数据均来自资源环境科学与数据中心。道路矢量图数据来自 OSM(OpenStreetMap)网站,将下载后的路网数据与实际地图比对,剔除异常道路数据,最终得到道路矢量图。

1.2 研究方法

地理探测器是依据地理信息的空间叠层和空间集合,通过不同因子的影响力度量来揭示多因子驱动分异背后的综合交互作用特征的一组统计方法^[11-12]。具体公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2},$$

式中: $h=1,2,\dots,L$,为因变量 Y 或因子 X 的分层; N_h 和 N 分别是层 h 和全区的单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和全区 Y 值的方差。 q 值域为 $[0,1]$,值越小说明因子 X 对因变量 Y 的解释力越小。 $q=1$ 时,因子 X 决定了因变量 Y 的空间分布; $q=0$ 时,因子 X 完全不影响因变量 Y 。

2 城市消费活力空间演化格局

2.1 空间演化特征分析

将 2012、2016、2020 年 3 个时间窗口的衡量城市消费活力的 5 类 POI 数据导入 ArcGIS 10.8 平台中进行分析。对比不同年份城市消费活力空间分布图(图 1-3),可以发现:①2012—2020 年城市消费活力空间逐渐由“单核心扩散”演变为“多核心连面”的空间格局。②在空间分布上,2012 年城市消费活力空间聚集中心主要在合肥市主城区二环线以内,呈现明显的“单核心扩散”的空间格局。该地带商业发展较早,建设完善。该时期城市消费活力空间主要围绕着合肥老城区,并以合肥老城区为中心向四周逐渐减弱。2016 年城市消费活力空间开始跳出二环线,城市政务新区、天鹅湖附近区域开始出现多个城市消费活力中心,初具多点集聚的发展特征。2020 年城市消费活力空间演化为“多核心连面”的格局,形成了以老城区为代表的城市消费活力主核心区域,政务新区、滨湖新区、火车站附近、大学城附近等区域串联为次一级核心区

域。③在空间形态上,城市消费活力空间初始时期主要呈现点轴空间形态,主要分布在二环线以内,并以长江中路为轴形成横向的空间集聚形态。随着时间发展,逐渐由点轴形态演化为块状空间形态,分散的块

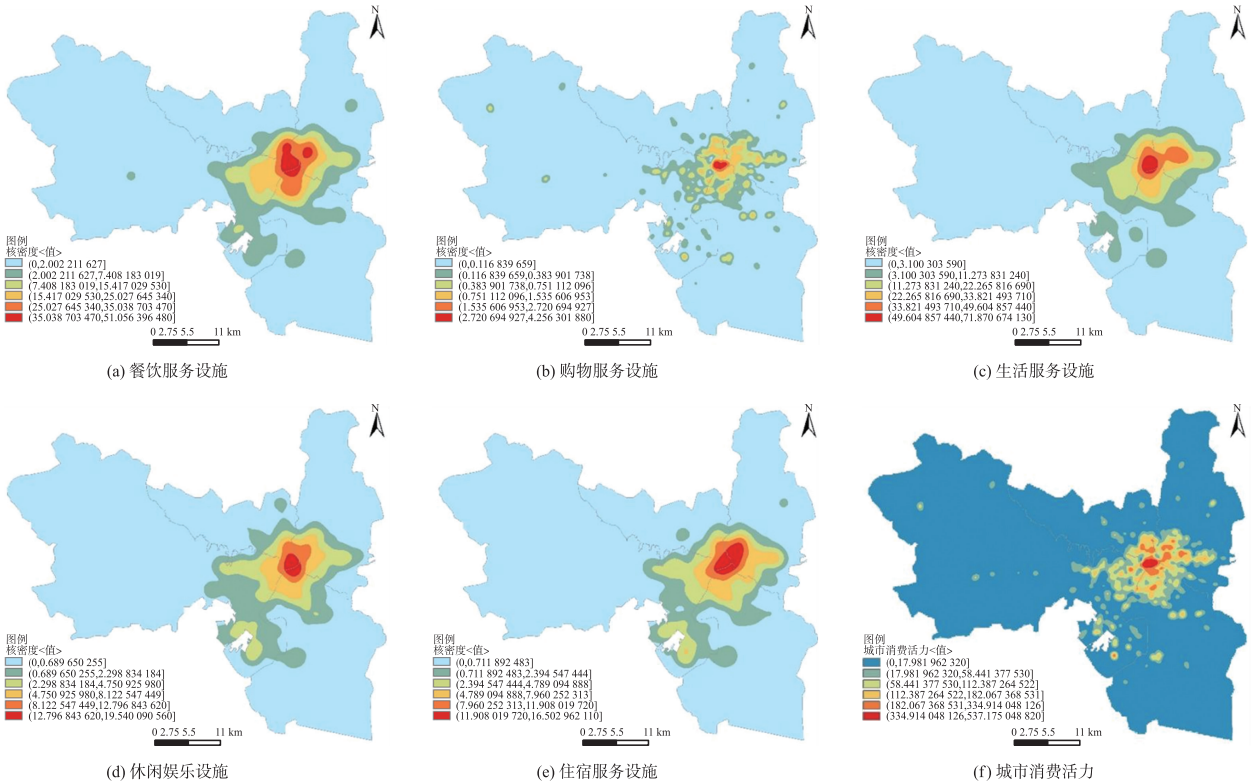


图 1 2012 年城市消费活力空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of urban consumption vitality in 2012

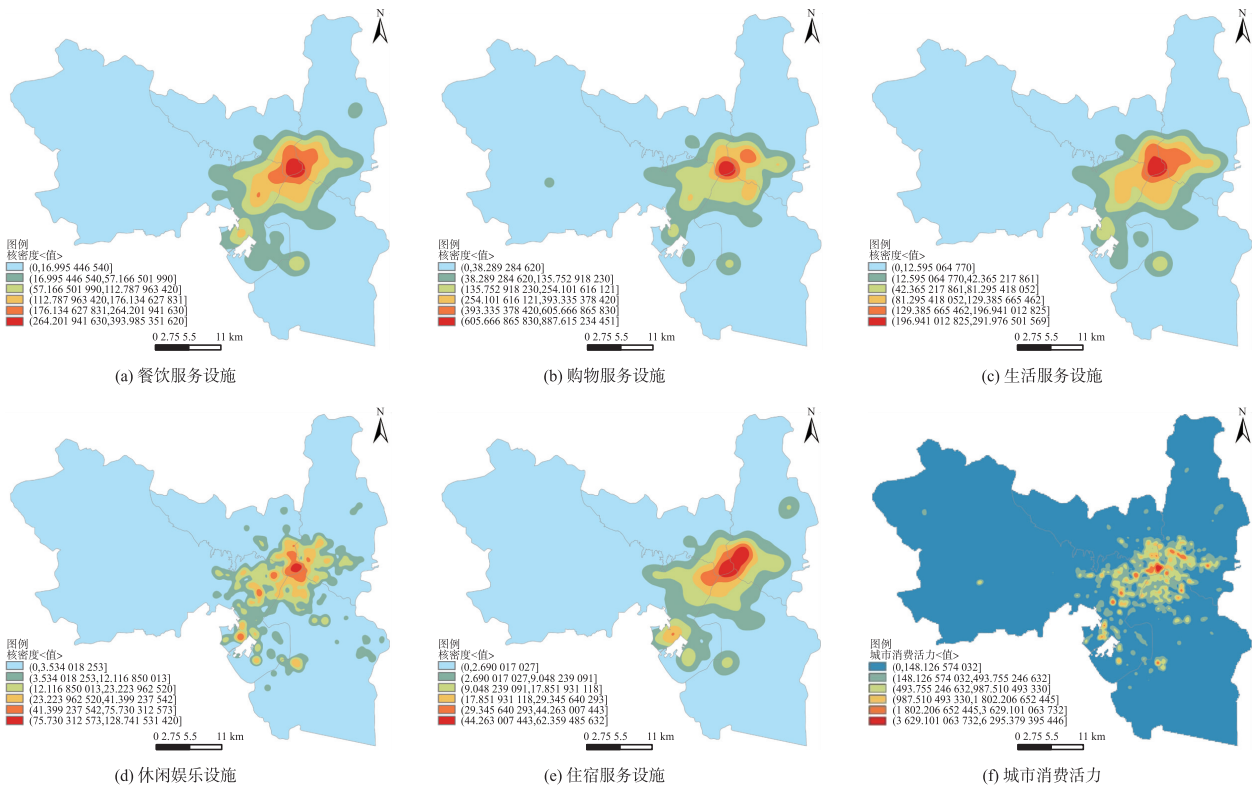


图 2 2016 年城市消费活力空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of urban consumption vitality in 2016

状消费活力空间由于交通联系逐渐联合成面. ④在扩散趋势上,城市消费活力点主要依附商业综合体、轨道交通站点、行政中心、文化中心、街道社区等集聚并逐渐向外扩散.

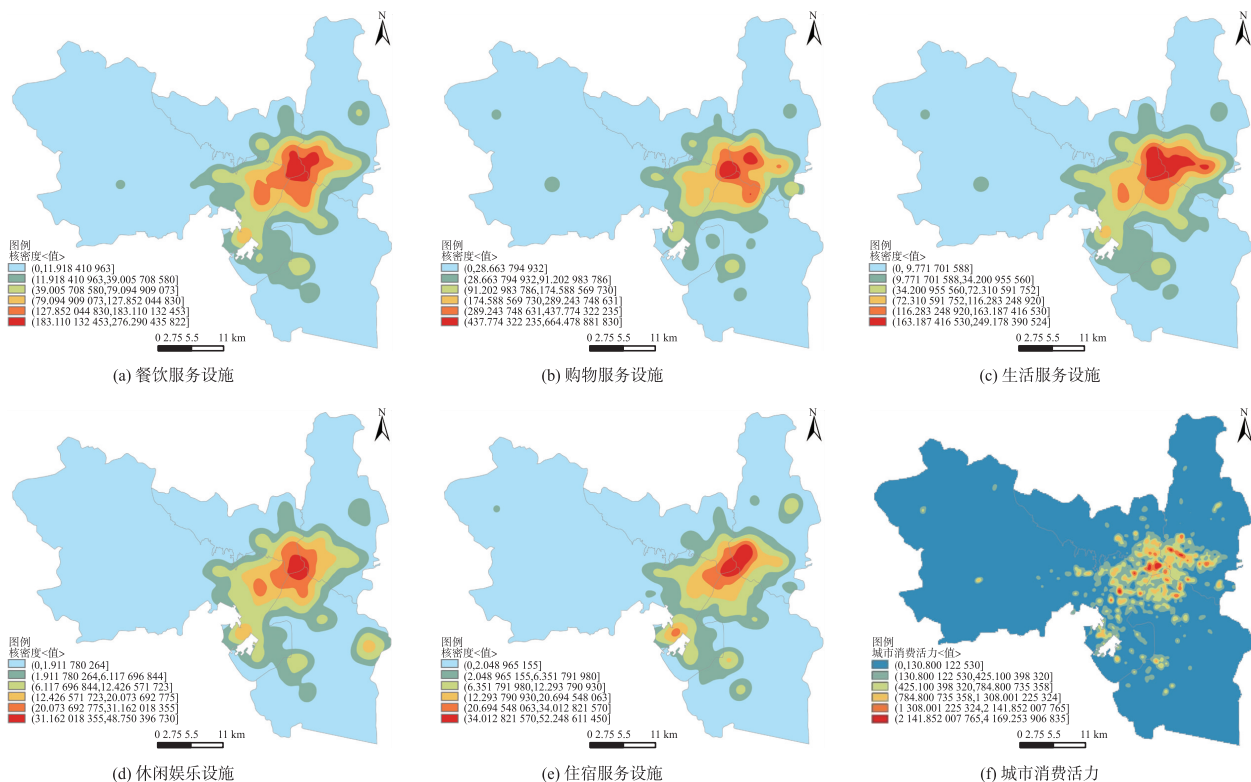


图 3 2020 年城市消费活力空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of urban consumption vitality in 2020

2.2 空间演化方向分析

运用 ArcGIS 10.8 软件生成 2012、2016、2020 年 3 个时期的标准差椭圆(图 4),将标准差椭圆面积、转角 θ 、扁率等参数进行对比分析(表 1)来探究 3 个时间节点合肥市主城区城市消费活力空间的集聚程度与演化方向.

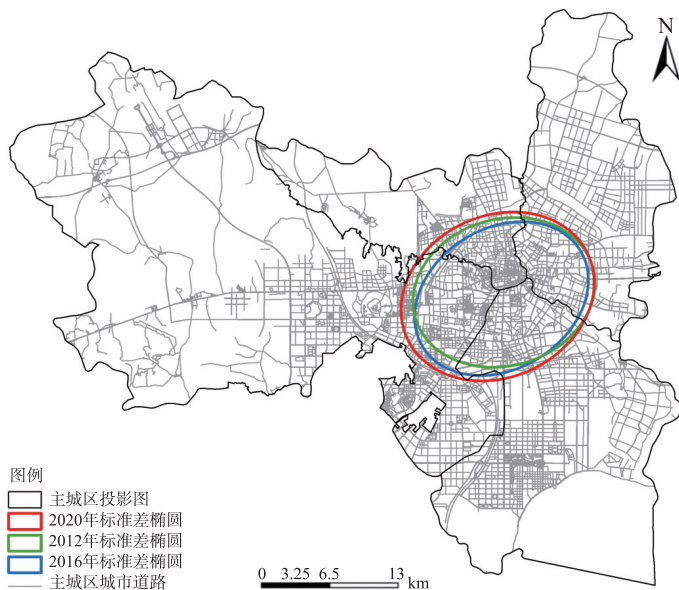


图 4 不同时期城市消费活力空间标准差椭圆

Fig. 4 Ellipse of spatial standard deviation of urban consumption vitality in different periods

2012—2016 年标准差椭圆面积缩小,但变化幅度不大. 2016—2020 年标准差椭圆面积增加,变化较为明显,这表明城市消费活力空间的覆盖范围正在逐年扩大. 从转角和扁率来看,合肥市主城区消费活力空间主要呈现“东北—西南”方向的发展趋势,南北向的发展趋势较弱,主要因为在该时间段合肥市片区公共中心高度集聚在城市二环路附近,并具有向城市西、南方向拓展延伸趋势. 2012—2016 年标准差椭圆扁率逐年增大,这表明该时段城市消费活力空间“东北—西南”方向的发展趋势较为明显,2016—2020 年扁率逐渐缩小,城市消费活力空间发展方向的趋势性减弱,这与合肥市长期的城市规划建设引导密切相关,城市片区公共中心主要集聚在城市二环路附近,并主要向西、南、西南方向延伸. 研究结果对推动城市消费活力空间均衡发展、城市资源合理分配有重要意义.

2.3 空间集聚速率分析

运用平均最邻近指数对合肥城市消费活力空间的集聚性进行分析,计算结果如表 2 所示. 2012—2020 年 P 值均小于 0.01,且 R 值远小于 1,表明城市消费活力空间的分布呈现集聚状态. 最邻近距离 Z 值由 2012 年的-202.549 减少到 2020 年的-530.039,表明随着时间的推移,城市消费活力空间的集聚性愈发凸显. 最邻近指数 R 值由 2012 年的 0.216 减少到 2016 年的 0.198,表明该时段城市消费活力空间的集聚程度加强;2020 年 R 值增长至 0.230,说明城市消费活力空间的集聚程度在逐渐减缓.

表 1 标准差椭圆参数

Table 1 Elliptic parameters of standard deviation

| 参数 | 2012 年 | 2016 年 | 2020 年 |
|--------------------|---------|---------|---------|
| 转角 $\theta/^\circ$ | 74.058 | 58.601 | 65.053 |
| 面积/ km^2 | 194.207 | 186.331 | 231.178 |
| 长轴/ km | 8.827 | 8.829 | 9.540 |
| 短轴/ km | 7.003 | 6.718 | 7.714 |
| 扁率 | 0.207 | 0.239 | 0.191 |

表 2 不同时期城市消费活力空间最邻近指数

Table 2 Nearest neighbor index of urban consumption vitality space in different periods

| 年份 | P 值 | Z 值 | R 值 |
|------|-------|----------|-------|
| 2012 | 0.000 | -202.549 | 0.216 |
| 2016 | 0.000 | -518.089 | 0.198 |
| 2020 | 0.000 | -530.039 | 0.230 |

注: P 值小于 0.01 表示结果显著; R 值小于 1 表示研究对象集聚.

3 城市消费活力空间演化的驱动因素

3.1 指标选取

参考相关研究[7,9,13-15],分 2 步去总结归纳合肥市消费活力空间的驱动因素:(1)表征城市消费活力空间载体的布局特征. 选用人口密度和 GDP 密度来度量城市消费空间中消费机会和消费额两大典型特征;(2)衡量城市消费空间物质支撑条件. 从交通服务能力和公共服务水平的角度选取指标,选用道路路网密度和交通服务设施密度表征交通服务能力,选用科教文化设施密度、医疗卫生服务设施密度和休闲游憩设施密度表征公共服务水平. 将选取的指标数据(表 3)导入 ArcGIS 10.8 中进行因子重分类,采用自然断点法进行离散,并结合地理探测器软件对离散的数据进行计算,得到各因子对城市消费活力的解释力 q 值. 借助地理探测器模型可以有效地揭示不同因素对合肥城市消费活力空间的影响程度^[16-19].

表 3 城市消费活力空间格局驱动因素指标体系

Table 3 Indicator system of driving factors for spatial pattern of urban consumption vitality

| 主要类别 | 指标选取 | 数据来源 |
|--------|------------|----------------------------|
| 宏观规划条件 | 人口密度 | 资源环境科学与数据中心 |
| | GDP 密度 | |
| 交通服务能力 | 道路路网密度 | OSM (OpenStreetMap) 网站 |
| | 交通服务设施密度 | 交通服务 POI 数据 |
| | 科教文化设施密度 | 科教文化 POI 数据 |
| 公共服务水平 | 医疗卫生服务设施密度 | 医疗卫生 POI 数据 |
| | 休闲游憩设施密度 | 公园广场 POI 数据 风景名胜 POI 数据 |

3.2 驱动因子探测结果

将城市消费活力密度值作为因变量,表 3 中 7 项指标作为自变量,运用地理探测器分别对 2012、2016、2020 年各因子的解释力进行计算,来探究城市消费活力空间的驱动因素. 研究结果如表 4 所示.

(1)宏观规划条件. 将不同年份人口密度与 GDP 密度对城市消费活力空间格局的影响程度进行排序. 2012 年人口密度(0.263)大于 GDP 密度(0.185),GDP 密度对城市消费活力的作用程度最低. 2016 年人口密度(0.151)小于 GDP 密度(0.169),人口密度与 GDP 密度对城市消费活力的影响程度开始下降. 2020 年人口密度(0.101)小于 GDP 密度(0.170),人口密度对城市消费活力的影响程度进一步减弱,GDP 密度的影响程度有所上升. 人口密度反映了潜在的消费者的数量,GDP 密度反映了潜在的购买力,这 2 项指标可以用来描述城市的消费活力,但在相同年份不同影响因素的横向比较中,人口密度与 GDP 密度所表征的宏观规划条件对城市消费活力的影响相对其他影响因素较弱. 研究表明并非 GDP 密度越高的地区城市消费活力就越高,这说明城市消费活力一定程度上与地区经济发展水平不匹配,合肥市的经济发展水平并不是影响城市消费活力的关键因素.

(2)交通服务能力. 依据各因子解释力,2012 年道路路网密度(0.313)小于交通服务设施密度(0.448). 2016 年道路路网密度(0.200)小于交通服务设施密度(0.243),相较于 2012 年,道路路网密度与交通服务设施密度对城市消费活力的影响程度均有所下降. 2020 年道路路网密度(0.228)大于交通服务设施密度(0.201),与 2016 年相比,道路路网密度对城市消费活力的影响程度有所提升,交通服务设施密度对城市消费活力的影响程度持续下降. 将同一年份不同影响因素对城市消费活力的解释力进行横向对比发现,道路路网密度和交通服务设施密度所表征的交通服务能力对城市消费活力的影响程度较强. 2010 年以来合肥市“二环九射”加方格的路网格局基本形成,随着时间的推移,路网格局日益完善,研究区域路网密度变化相对较小,路网密度对城市消费活力的影响程度逐步减小. 但交通条件与城市消费区域的可达性密切相关,交通服务能力对城市消费活力依然有重要影响作用.

(3)公共服务水平. 2012—2020 年城市公共服务水平各驱动因素对城市消费活力的影响较强. 2012 年医疗卫生服务设施密度(0.632)对城市消费活力的影响程度最强. 2016 年医疗卫生服务设施密度、科教文化设施密度和休闲游憩设施密度对城市消费活力的影响程度相较于 2012 年均有所降低,2016 年休闲游憩设施密度(0.090)对城市消费活力的影响程度最低. 2020 年科教文化设施密度对城市消费活力的影响程度相较于 2016 年有所提升,但医疗卫生服务设施密度与休闲游憩设施密度对城市消费活力的影响程度进一步降低. 将同一年份的不同影响因素的解释力进行横向比较,2012 年与 2016 年医疗卫生服务设施密度对城市消费活力的影响程度最强,这与合肥市长期的规划与引导密切相关. 在《合肥市 2011—2015 年医疗机构设置规划》的引导下,合肥市医疗卫生资源进行了科学合理配置,医疗卫生建设更加完善. 2020 年科教文化设施密度对城市消费活力的影响程度最强. 合肥市的社会经济发展始终坚持科技文化创新,为科教文化建设提供了完善的政策扶持. 研究表明,公共服务水平对城市消费活力有较强的影响力,应在城市规划建设中将大型公共服务设施相对分散布局,增强城市全局消费活力,促进城市可持续发展.

表 4 不同时期城市消费活力空间格局影响因子解释力 q 值

Table 4 The explanatory power q value of the factors influencing the spatial pattern of urban consumption vitality in different periods

| 年份 | q 值 | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | 人口密度 | GDP 密度 | 道路路网密度 | 交通服务设施密度 | 科教文化设施密度 | 医疗卫生服务设施密度 | 休闲游憩设施密度 |
| 2012 | 0.263 ** | 0.185 ** | 0.313 ** | 0.448 ** | 0.522 ** | 0.632 ** | 0.215 ** |
| 2016 | 0.151 ** | 0.169 ** | 0.200 ** | 0.243 ** | 0.240 ** | 0.271 ** | 0.090 ** |
| 2020 | 0.101 ** | 0.170 ** | 0.228 ** | 0.201 ** | 0.252 ** | 0.070 ** | 0.088 ** |

注: ** 表示通过 0.05 的显著性检验.

3.3 驱动因子交互作用探测结果

对影响合肥城市消费活力空间的驱动因子进行交互作用探测,结果如表 5 所示,各驱动因子之间交互作用结果均为双因子增强^[20],表明不同因素交互作用时产生的影响力均大于单一因素作用时的影响力. 宏观规划条件、交通服务能力、公共服务水平对城市消费活力的驱动作用并不是彼此独立存在的,而是彼此协同、相互增强.

表 5 驱动因子交互作用探测结果

Table 5 Interaction detection results of driving factors

| 交互因子 | q 值 | | |
|---------------------|--------|--------|--------|
| | 2012 年 | 2016 年 | 2020 年 |
| 人口密度∩GDP 密度 | 0.355 | 0.239 | 0.202 |
| 人口密度∩道路路网密度 | 0.423 | 0.298 | 0.269 |
| 人口密度∩交通服务设施密度 | 0.508 | 0.287 | 0.229 |
| 人口密度∩科教文化设施密度 | 0.566 | 0.280 | 0.275 |
| 人口密度∩医疗卫生服务设施密度 | 0.658 | 0.310 | 0.124 |
| 人口密度∩休闲游憩设施密度 | 0.386 | 0.202 | 0.155 |
| GDP 密度∩道路路网密度 | 0.340 | 0.302 | 0.287 |
| GDP 密度∩交通服务设施密度 | 0.474 | 0.306 | 0.263 |
| GDP 密度∩科教文化设施密度 | 0.544 | 0.317 | 0.297 |
| GDP 密度∩医疗卫生服务设施密度 | 0.640 | 0.333 | 0.196 |
| GDP 密度∩休闲游憩设施密度 | 0.324 | 0.229 | 0.234 |
| 道路路网密度∩交通服务设施密度 | 0.504 | 0.319 | 0.286 |
| 道路路网密度∩科教文化设施密度 | 0.541 | 0.344 | 0.324 |
| 道路路网密度∩医疗卫生服务设施密度 | 0.663 | 0.355 | 0.250 |
| 道路路网密度∩休闲游憩设施密度 | 0.392 | 0.249 | 0.272 |
| 交通服务设施密度∩科教文化设施密度 | 0.571 | 0.299 | 0.289 |
| 交通服务设施密度∩医疗卫生服务设施密度 | 0.681 | 0.309 | 0.214 |
| 交通服务设施密度∩休闲游憩设施密度 | 0.495 | 0.275 | 0.222 |
| 科教文化设施密度∩医疗卫生服务设施密度 | 0.655 | 0.313 | 0.254 |
| 科教文化设施密度∩休闲游憩设施密度 | 0.553 | 0.269 | 0.283 |
| 医疗卫生服务设施密度∩休闲游憩设施密度 | 0.655 | 0.288 | 0.131 |

4 结论

本文基于合肥市人口密度、GDP 密度、POI 等数据,在分析城市消费活力空间格局的同时,探究不同驱动因子对城市消费活力的影响机制,主要结论如下:(1)2012—2020 年合肥市消费活力空间格局由初始的“单核心扩散”演变为“多核心连面”。在形态演变上,初始时期主要呈现点轴空间形态,随着时间发展逐渐演化为块状空间形态,分散的块状消费活力空间由于交通联系逐渐联合成面。(2)在空间演化方向上,合肥市主城区消费活力空间主要呈现“东北—西南”方向的发展趋势,南北向的发展趋势较弱。2012—2016 年城市消费活力空间“东北—西南”方向的发展趋势较为明显,2016—2020 年城市消费活力空间发展方向的趋势性减弱,城市消费活力空间向更加均衡的方向发展。(3)2012—2020 年合肥城市消费活力空间的分布呈现集聚状态,且随着时间的推移集聚性愈发凸显。2012—2016 年城市消费活力空间的集聚速率逐年增长,2016—2020 年集聚速率在逐渐减缓。(4)不同驱动因素对城市消费活力的影响程度各有差异,交通服务能力和公共服务水平对消费活力空间有较强的影响力。(5)交通服务与大型公共服务设施交互作用后产生的影响力较为显著,在进行城市公共服务设施布局时应当加强周边路网密度与交通服务设施建设,增强大型公共服务设施的可达性,推动城市消费活力的进一步提高。

[参考文献]

[1] ZENG C,SONG Y,HE Q,et al. Spatially explicit assessment on urban vitality:case studies in Chicago and Wuhan[J]. Sustainable cities and society,2018,40:296-306.

[2] LIU S,ZHANG L, LONG Y. Urban vitality area identification and pattern analysis from the perspective of time and space fusion[J]. Sustainability,2019;11(15):4032.

[3] 王娜,吴健生,李胜,等. 基于多源数据的城市活力空间特征及建成环境对其影响机制研究:以深圳市为例[J]. 热带

- 地理,2021,41(6):1280-1291.
- [4] 徐子贤. 基于多源大数据的城市综合活力测度及影响因素研究[D]. 武汉:武汉大学,2022.
- [5] 唐璐,许捍卫,丁彦文. 融合多源地理大数据的城市街区综合活力评价[J]. 地球信息科学学报,2022,24(8):1575-1588.
- [6] 明雨佳,刘勇,周佳松. 基于大数据的山地城市活力评价:以重庆主城区为例[J]. 资源科学,2020,42(4):710-722.
- [7] 舒天衡,任一田,申立银,等. 大型城市消费活力的空间异质性及其驱动因素研究:以成都市为例[J]. 城市发展研究,2020,27(1):16-21.
- [8] 严朝霞,季民河,宋太新. 上海城市道路对消费活力的影响:基于 POI 密度与多样性分析[J]. 苏州科技大学学报(自然科学版),2017,34(2):73-80.
- [9] 徐杨菲. 城市空间中的消费活力与区位价值:影响因素与作用机制[D]. 北京:清华大学,2017.
- [10] 徐勇,石昌浩,窦世卿,等. 特大城市消费活力空间格局及驱动因素对比研究[J]. 无线电工程,2022,52(11):2054-2061.
- [11] 刘庆果,张煊赟,莫钧雄,等. 基于地理探测器的山东省土地城镇化时空演变及驱动因素[J]. 资源开发与市场,2022,38(10):1168-1174.
- [12] 牟凤云,李秋彦,马英,等. 基于地理探测器的重庆市城镇建设用地变化及驱动因素研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2021,40(11):74-81.
- [13] 王志伟. 大数据视角下合肥市中心城区商业中心空间特征及优化研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2021.
- [14] 敬峰瑞,孙虎,袁超. 成都市旅游资源吸引力空间结构特征[J]. 资源科学,2017,39(2):303-313.
- [15] 李壮,季民,张镔漫. 基于地理探测器的合肥市热岛效应影响因素分析[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(3):56-59.
- [16] 陈田田,黄强,王强. 基于地理探测器的喀斯特山区生态系统服务关系分异特征及驱动力解析:以贵州省为例[J]. 生态学报,2022,42(17):6959-6972.
- [17] 张文琦,王垚,曹月娥. 基于地理探测器的乌鲁木齐市居民宜居满意度影响机理[J]. 湖北农业科学,2022,61(14):211-218.
- [18] 田娟娟,张金锁. 基于地理探测器的中国碳排放时空分布特征及驱动因素研究[J]. 生态经济,2022,38(7):13-20.
- [19] 李辉丹,史东梅,夏蕊,等. 基于地理探测器的重庆坡耕地时空格局演变特征及驱动机制[J]. 农业工程学报,2022,38(12):280-290.
- [20] 冯小威,樊良新,王宝山,等. 基于夜间灯光数据的长三角城市群城市用水时空演变及驱动研究[J]. 水资源与水工程学报,2022,33(4):97-107.

[责任编辑:丁 蓉]