

doi: 10.13990/j.issn1001-3679.2020.06.024

## 基于 POI 的深圳市商业空间 集聚特征及业态演变分析

黄婷婷, 李小龙, 李大军

( 东华理工大学, 330013, 南昌 )

**摘要:** 商业作为城市发展的重要动力, 其发展状态基本反映了城市整体发展水平。商业空间的合理分布对满足居民日常消费需求和城市的经济发展具有重要的意义。分析各类商业业态的时空变化及各类业态间的相关性, 对优化城市产业布局, 合理利用城市空间具有指导性意义。基于高德地图提取的深圳市 POI 数据, 运用核密度方法, 对深圳市总的商业空间格局进行了研究, 将 3 a 的数据进行对比分析, 探究其发展进程; 运用地理探测器方法, 对各类商业业态之间的相关性进行了分析。结果表明: 深圳市商业 POI 在空间结构上呈极核-面域-轴线的分布模式; 时间上其中心极化越来越明显; 从业态发展来看, 深圳市各类商业业态的变化是一个整体的趋势; 各类业态虽然具有不同的演变方向, 但也存在一定的相关性。

**关键词:** 商业业态; POI; 核密度分析; 地理探测器

**中图分类号:** P208

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-3679(2020)06-909-06

## Commercial Spatial Agglomeration and Format Evolution of Shenzhen Based on POI

HUANG Tingting, LI Xiaolong, LI Dajun

( East China University of Technology, 330013, Nanchang, PRC )

**Abstract:** As an important driving force of urban development, commerce basically reflects the overall development level of the city. The reasonable distribution of commercial space is of great significance to meet the daily consumption demand of residents and the economic development of the city. The analysis of the temporal and spatial changes of various types of commercial activities and the correlation between various types of commercial forms has guiding significance for optimizing the urban industrial layout and rationally utilizing the urban space. Based on the POI data of Shenzhen extracted by Amap, the overall commercial space pattern of Shenzhen was studied by using the nuclear density method. The three years' data were compared and analyzed to explore its development process. Using the method of geographic detector, the correlation between various commercial activities is analyzed. The results show that the spatial structure of POI in Shenzhen city presents a core-block-axis distribution pattern. The polarization of the center becomes more and more obvious in time. From the perspective of format development, the change of various types of commercial activities in Shenzhen is an overall trend. Although various forms of business have different evolution direction, but there is also a certain correlation.

**Key words:** commercial activities; POI; Kernel density method; geodetector

收稿日期: 2020-09-23; 修订日期: 2020-11-16

作者简介: 黄婷婷(1996—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 时空数据挖掘。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501437)。

## 0 引言

商业是城市最古老、最基本的功能<sup>[1]</sup>,也是城市经济发展中的重要支柱产业,商业设施的空间分布对整个城市发展及空间结构演变有着重要影响。因此,对城市商业空间的研究是城市地理学研究中的重要内容。关于商业空间分布和结构的研究国外始于 20 世纪 30 年代克里斯泰勒“中心地理论”的提出,学者们早期对城市商业的结构进行分析<sup>[2-4]</sup>,对商业集聚中心进行等级划分<sup>[5-7]</sup>均是基于此理论。国内关于城市商业空间结构研究始于 20 世纪 80 年代初中心地理论的引入,徐放等国内一些学者对北京、上海、广州等城市的城市商业空间结构、商业中心区布局等进行了实证研究<sup>[8-10]</sup>。随着科学技术的发展,催生了互动平台和运用软件的产生,这些平台和软件中包含海量的商业服务设施 POI 数据,为研究商业空间分布特征、发展提供了新的数据,且该类型数据易于获取,数据量大,目前已经广泛地运用于城市的研究中。国内学者基于 POI 数据对城市商业的研究尤为丰富,主要集中在城市功能区识别<sup>[11-13]</sup>、城市商业空间结构研究<sup>[16-21]</sup>等方面。

综上所述,国内外关于城市商业的研究积累了大量的研究成果,在研究角度、研究方法、研究内容等方面不断创新,为有限城市空间内产生商业活动的最大效益提供了科学指导。但现有研究多以某一单个业态为研究对象来反映商业空间布局,一定程度上削弱了对商业空间的解释力,且大部分研究只针对一个年份的商业活动的空间结构、等级规模等进行宏观定性的研究,对于不同年份商业业态的时空变化和城市商业设施空间布局的多层次的综合分析也较少涉及。因此,本文侧重于通过多年 POI 数据的比较,将不同商业业态结合分析,识别城市商业空间结构和各类业态演变特征,以促进城市商业的均衡可持续发展。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域及数据来源

1.1.1 研究区域 本文选取深圳市 6 个行政区和 4 个新区作为研究区。深圳市作为我国改革开放的窗口,已经成为具有一定影响力和吸引力的世界级城市。深圳市是快速城市化的代表,也是华南地区繁荣的商业城市之一。同时深圳是国内外商业交流的纽带,其商业活动非常活跃,除了外来消

费外,本地购买力非常强,商业发展水平比较高。



图 1 深圳市行政区划图

1.1.2 研究数据 本文用到的数据主要有矢量数据和 POI 数据,矢量数据包括深圳市行政区矢量图以及深圳市 2019 年路网数据。POI 数据是通过高德电子地图平台获取的深圳市 2015 年、2017 年、2019 年 3 个年份中餐饮、购物、生活、金融、公司企业、科教文化、医疗保健、体育休闲、住宿以及商务住宅 10 个商业大类共计 2 886 459 条(2015 年 724 821 条,2017 年 971 639 条,2019 年 1 189 999 条)数据,包括名称、类型、所在省、所在区、地址、电话、经纬度坐标等各种属性信息。

### 1.2 研究方法

本文主要采用 ArcGIS 开展研究,利用 ArcGIS 核密度分析识别城市尺度下商业设施分布的集聚区域,在判断商业服务设施为集聚的情况下,将核密度值作为属性值引入到 Getis - Ord Gi\* 指数分析中,识别商业服务设施的热点区。对热点区各类 POI 的变化进行地理探测器<sup>[22]</sup>分析。

1.2.1 核密度分析 地理学第一定律指出:所有事物都是相互联系的,但离得越近的事物彼此之间的联系就越强。核密度分析正是基于此定律,在搜索半径范围内,密度值随着与点距离的增大而减小,考虑到城市设施网点的吸引力随距离的增加而减弱,核密度分析广泛运用于城市设施点的分析。核密度分析是计算要素在其邻域内的密度,输出的是有密度值的栅格像元,构成连续的密度表面,在核密度分析中,对象距离越近权重越大,因此密度值在点所在位置最高,随着与点距离的增大不断的降低,当距离达到搜索半径阈值时,密度为 0,从而形成连续的、具有高低值的密度图,其计算公式为

$$f_n(X) = \frac{1}{\pi n h^2} \sum_{i=1}^n K \left( \left[ 1 - \frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{h^2} \right] \right)^2 \quad (1)$$

式中:  $K \left[ 1 - \frac{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}{h^2} \right]^2$  为核密度方程;  $(x, y)$  为中心点;  $(x_i, y_i)$  为中心点周围的点;  $h$  为搜索半径;  $n$  为搜索范围内点数。

1.2.2 地理探测器分析 地理探测器是探测空间分异性,以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法<sup>[23]</sup>。其核心思想是:如果某个自变量对某个因变量有重要影响,那么自变量和因变量的空间分布应该具有相似性。本文采用地理探测器模型中的因子探测识别影响深圳市商业集聚的主要业态及各业态之间交互作用。

因子探测: 探测  $Y$  的空间分异性; 以及探测某因子  $X$  多大程度上解释了属性  $Y$  的空间分异。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^n N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (2)$$

式中:  $h$  为变量  $Y$  或因子  $X$  的分层(即分类或分区);  $N_h$  和  $N$  分别为层  $h$  和全区的单元数;  $\sigma_h^2$  和  $\sigma^2$  分别是层  $h$  和全区的  $Y$  值的方差,  $q$  的值域为  $[0, 1]$ , 值越大说明  $Y$  的空间分异性越明显; 如果分层是由自变量  $X$  生成的, 则  $q$  值越大表示自变量  $X$  对属性  $Y$  的解释力越强, 反之则越弱。极端情况下,  $q$  值为 1 表明因子  $X$  完全控制了  $Y$  的空间分布,  $q$  值为 0 则表明因子  $X$  与  $Y$  没有任何关系,  $q$  值表示因子  $X$  解释了  $(100 \times q)\%$  的  $Y$ 。

交互作用探测: 识别不同风险因子  $X_i$  之间的交互作用, 即评估因子之间两两共同作用时是否会增加或减弱对因变量  $Y$  的解释力, 或这些因子对  $Y$  的影响是相互独立的。评估的方法是首先分别计算 2 种因子  $X_1$  和  $X_2$  对  $Y$  的  $q$  值:  $q(X_1)$  和  $q(X_2)$ , 并且计算它们交互时的  $q$  值:  $q(X_1 \cap X_2)$ , 并对  $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$  与  $q(X_1 \cap X_2)$  进行比较。

表 1 2 个自变量对因变量交互作用的类型

| 判据                                                                  | 交互作用     |
|---------------------------------------------------------------------|----------|
| $q(X_1 \cap X_2) < \min\{q(X_1), q(X_2)\}$                          | 非线性减弱    |
| $\min\{q(X_1), q(X_2)\} < q(X_1 \cap X_2) < \max\{q(X_1), q(X_2)\}$ | 单因子非线性减弱 |
| $q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$                                 | 两因子相互独立  |
| $q(X_1 \cap X_2) > \max\{q(X_1), q(X_2)\}$                          | 双因子增强    |
| $q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$                                 | 非线性增强    |

## 2 深圳市商业布局时空演变特征

### 2.1 商业空间结构演变

由于在核密度分析中, 不同的搜索半径会导

致核密度分析的结果不同, 在数据可视化的相关领域中, 搜索半径的大小决定了核密度估计函数(KDE)的平滑程度, 搜索半径越小越陡峭, 搜索半径越大越平滑。在 POI 或位置服务领域, 搜索半径  $h$  的设置主要与分析尺度以及地理现象特点有关。较小的带宽可以使密度分布结果中出现较多的高值或低值区域, 而较大的带宽可以在全局尺度下使热点区域体现得更加明显。已有的研究<sup>[23-24]</sup>表明, 在将核密度分析引入城市空间结构研究中, 研究区域大小不同, 搜索半径阈值从 100~900 m 都是合理的。本文通过逼近法选取 300 m、600 m、900 m 的搜索半径对 2015 年的 POI 数据进行试验, 发现 600 m 的搜索半径在本研究区中的效果最好, 然后又选取了 500 m、600 m、700 m 的搜索半径对比, 并将实验结果与实际点分布结合, 观察其拟合程度, 最终选择 600 m 作为本研究的搜索半径。

基于搜索半径  $R = 600$  m 进行核密度分析, 用自然断点法, 将各年份的核密度值分为 5 类, 如图 2 所示。根据 3 年份 POI 点的核密度分布, 可以看出深圳市的商业设施分布的大致格局没有发生显著变化, 均呈现为极核式下的圈层结构与块状或轴线下组团结构相结合的“极核-面域-轴线”分布形态。结合深圳市路网数据来看, 其商业高密度区基本聚集在“两轴两带”地区, 即以 G205、G107 国道为依托的布吉、横岗、龙岗中心、坪山新城组成的东部发展带和新安、西乡、福永等构成的西部发展带, 由地铁一号、四号轨道线连接的民治、坂田、龙华、大浪构成的发展轴和东门、人民南、宝安南、华强北、福田 CBD、南头商业区构成的发展轴, 该分布形态与深圳市 2010—2020 年总体规划的内容吻合。从核密度值来看, 3 年份核密度值逐年增大, 其最大值由 2015 年 6 863.87 在 2017 年增加到 9 207.69, 2019 年达到了 15 727.38, 这一数据也与深圳作为经济特区高速增长的经济总产值吻合。

### 2.2 热点区识别

通过核密度分析得出的结果, 可以简单地看出地理要素空间分布及变化情况, 但很难直接回答相对于整个区域, 局部区域密度值多高才算是热点。尽管核密度估计中的高值地区往往容易引起注意, 但可能不是统计学意义上的热点。为了进一步量化研究, 在核密度分析的基础上, 进行热点分析。从图 3 来看, 在深圳市商业 POI 在空间



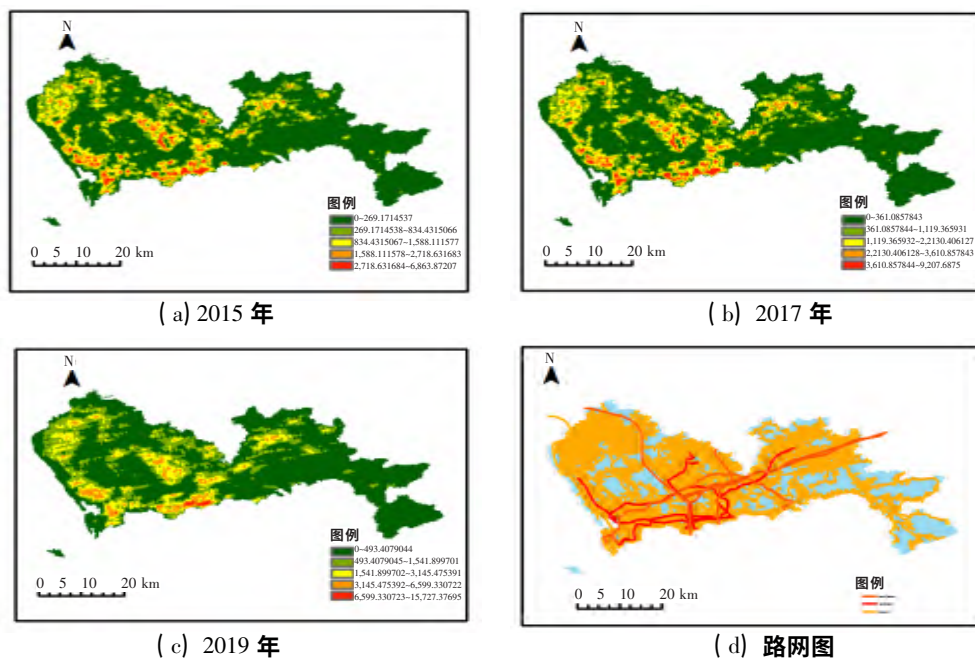


图2 深圳市2015年、2017年、2019年POI分布核密度与路网图

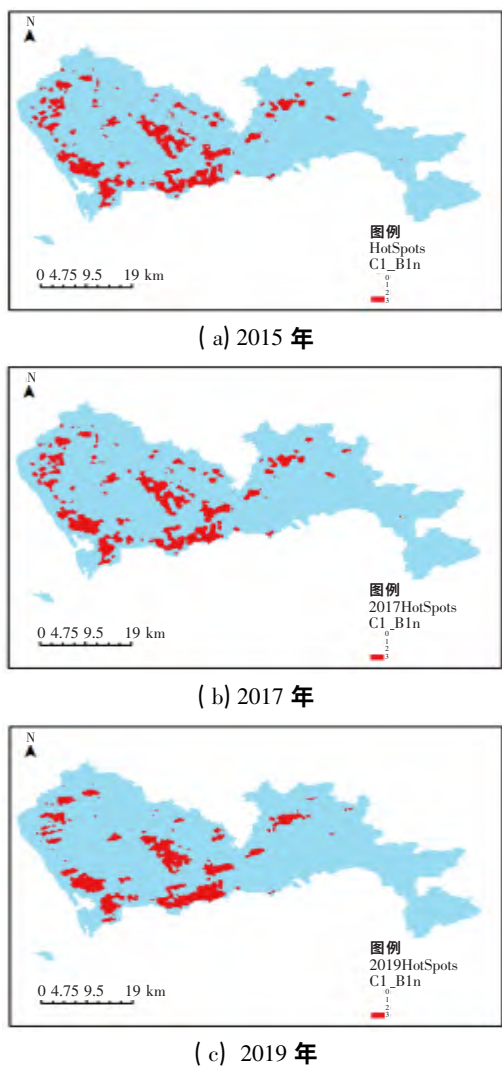


图3 热点区分布图

分布上存在着显著高/低值集聚现象。2015年与2017年,热点地区的空间分布无明显变化,且与核密度分析的结果基本一致;2019年的热点区分布与前2个年份相比出现了较为明显的变化,其热点区在数量上有了明显减少,在分布上集聚现象明显增强,由零散的块状热点区形成了大面积的片状热点区,说明2017—2019年深圳市总体商业发展集中在少数几个极核中心,中心极化作用有加强。

### 3 各类业态演变及相关性分析

为了探究深圳市商业发展背后的驱动因子,本文对高德地图分类下的10个大类业态进行地理探测器分析。以2015—2017、2017—2019年深圳市POI的变化值为因变量,将不同种类的POI的变化量用SPSS软件进行分层聚类,以其聚类结果为自变量,运用地理探测器模型进行分异及因子探测和交互因子探测,来探究不同类别POI的变化在深圳市商业总体变化中的影响力,以及各类POI的变化之间的相关性。分别以整个深圳市和Getis-Ord Gi\*分析中热点地区为研究单元,对比分析。

分异因子探测结果如表2:在对深圳市全市以及热点区的分析中,10个特征因子均在0.05置信水平上显著。2015—2017年的数据显示,在2个研究单元中,均是生活类的因子解释力最高,其次是餐饮类,这2个大类是影响这2年深圳市

商业 POI 变化的主要因素; 2017—2019 年间, 在热点区及整体区域中解释力较高的是购物类, 生活类在 2 个研究单元中均值排到了第 3。总体上看, 热点区的业态变化跟整个深圳市的变化基本一样, 说明业态的变化是一个整体的趋势, 商务住宅、住宿等大规模商业的发展基本趋于稳定, 而生活、餐饮、购物等小规模商业的发展波动较大; 单个业态来看, 对 2015—2017 年间解释力最高的生活类进行更精细的分析, 发现在生活类中增长最快的是物流速递行业, 而该行业的发展, 主要得益

于电子商业的发展, 这 2 年恰好也是电子商务发展最为迅猛的 2 年; 同样, 2017—2019 年购物类  $q$  值大增, 也与这 2 年间电子商业逐渐趋于饱和的发展相互印证。

对 10 个业态因子进行两两交互探测, 结果如表 3: 各业态因子对 POI 总量变化的影响存在交互作用, 任意 2 个业态因子交互作用后的因子解释力均表现为双因子增强或非线性增强, 说明城市中各类业态的发展都是相辅相成的, 但影响程度会有一定的差异。综合 2 个时间段 4 份数据对

表 2 因子探测结果

|                 |         | 餐饮<br>$X_1$ | 公司企业<br>$X_2$ | 购物<br>$X_3$ | 金融<br>$X_4$ | 科教文化<br>$X_5$ | 生活<br>$X_6$ | 体育休闲<br>$X_7$ | 医疗保健<br>$X_8$ | 住宿<br>$X_9$ | 商务住宅<br>$X_{10}$ |
|-----------------|---------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-------------|------------------|
| 2015—<br>2017 年 | q( 深圳市) | 0.644 746   | 0.282 532     | 0.037 78    | 0.300 045   | 0.050 7       | 0.674 249   | 0.122 007     | 0.178 787     | 0.020 03    | 0.014 997        |
|                 | p       | 0.000       | 0.000         | 0.004       | 0.000       | 0.023         | 0.000       | 0.000         | 0.000         | 0.029       | 0.000            |
|                 | q( 热点区) | 0.667 683   | 0.282 532     | 0.020 801   | 0.362 897   | 0.018 521     | 0.716 231   | 0.152 032     | 0.193 158     | 0.022 61    | 0.165 97         |
|                 | p       | 0.000       | 0.000         | 0.000       | 0.000       | 0.000         | 0.000       | 0.000         | 0.000         | 0.002       | 0.000            |
| 2017—<br>2019 年 | q( 深圳市) | 0.304 064   | 0.617 532     | 0.765 151   | 0.317 239   | 0.085 145     | 0.544 235   | 0.278 057     | 0.014 31      | 0.085 145   | 0.071 27         |
|                 | p       | 0.000       | 0.000         | 0.000       | 0.000       | 0.004         | 0.000       | 0.000         | 0.000         | 0.000       | 0.000            |
|                 | q( 热点区) | 0.367 384   | 0.707 537     | 0.867 057   | 0.329 915   | 0.151 506     | 0.707 366   | 0.366 462     | 0.023 528     | 0.177 637   | 0.106 842        |
|                 | p       | 0.000       | 0.000         | 0.000       | 0.000       | 0.000         | 0.000       | 0.000         | 0.004         | 0.000       | 0.000            |

表 3 影响因子交互作用结果

| 2015—2017 年       |           | 2017—2019 年 |           | 2015—2017 年 |                   | 2017—2019 年 |           |
|-------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-------------|-----------|
| 热点区               | 深圳市       | 热点区         | 深圳市       | 深圳市         | 热点区               | 深圳市         | 热点区       |
| $X_1 \cap X_2$    | 0.697 497 | 0.719 628   | 0.921 048 | 0.991 354   | $X_3 \cap X_{10}$ | 0.061 419   | 0.087 359 |
| $X_1 \cap X_3$    | 0.675 96  | 0.726 269   | 0.959 979 | 0.975 131   | $X_4 \cap X_5$    | 0.511 213   | 0.622 895 |
| $X_1 \cap X_4$    | 0.841 538 | 0.944 514   | 0.737 886 | 0.827 543   | $X_4 \cap X_6$    | 0.833 597   | 0.880 102 |
| $X_1 \cap X_5$    | 0.654 008 | 0.729 674   | 0.554 677 | 0.703 643   | $X_4 \cap X_7$    | 0.500 987   | 0.571 800 |
| $X_1 \cap X_6$    | 0.933 237 | 0.964 297   | 0.636 212 | 0.967 491   | $X_4 \cap X_8$    | 0.668 641   | 0.818 250 |
| $X_1 \cap X_7$    | 0.154 018 | 0.815 968   | 0.388 014 | 0.494 364   | $X_4 \cap X_9$    | 0.325 768   | 0.442 792 |
| $X_1 \cap X_8$    | 0.233 053 | 0.797 816   | 0.315 254 | 0.425 427   | $X_4 \cap X_{10}$ | 0.325 616   | 0.416 221 |
| $X_1 \cap X_9$    | 0.020 505 | 0.675 074   | 0.362 107 | 0.479 808   | $X_5 \cap X_6$    | 0.704 409   | 0.766 893 |
| $X_1 \cap X_{10}$ | 0.061 419 | 0.690 946   | 0.325 255 | 0.524 992   | $X_5 \cap X_7$    | 0.290 241   | 0.412 571 |
| $X_2 \cap X_3$    | 0.298 062 | 0.328 012   | 0.953 955 | 0.936 743   | $X_5 \cap X_8$    | 0.269 038   | 0.271 400 |
| $X_2 \cap X_4$    | 0.512 895 | 0.579 712   | 0.856 434 | 0.903 230   | $X_5 \cap X_9$    | 0.037 749   | 0.043 319 |
| $X_2 \cap X_5$    | 0.305 208 | 0.328 652   | 0.772 851 | 0.870 704   | $X_5 \cap X_{10}$ | 0.038 207   | 0.044 493 |
| $X_2 \cap X_6$    | 0.738 149 | 0.769 702   | 0.936 479 | 0.968 331   | $X_6 \cap X_7$    | 0.860 034   | 0.891 622 |
| $X_2 \cap X_7$    | 0.421 330 | 0.473 140   | 0.913 161 | 0.968 636   | $X_6 \cap X_8$    | 0.728 232   | 0.805 413 |
| $X_2 \cap X_8$    | 0.394 099 | 0.426 123   | 0.627 717 | 0.777 389   | $X_6 \cap X_9$    | 0.682 607   | 0.727 585 |
| $X_2 \cap X_9$    | 0.297 312 | 0.297 312   | 0.817 987 | 0.959 059   | $X_6 \cap X_{10}$ | 0.690 182   | 0.729 810 |
| $X_2 \cap X_{10}$ | 0.304 584 | 0.304 584   | 0.661 552 | 0.863 243   | $X_7 \cap X_8$    | 0.413 940   | 0.391 854 |
| $X_3 \cap X_4$    | 0.372 024 | 0.518 939   | 0.879 032 | 0.977 972   | $X_7 \cap X_9$    | 0.142 534   | 0.172 071 |
| $X_3 \cap X_5$    | 0.028 468 | 0.081 568   | 0.850 988 | 0.973 210   | $X_7 \cap X_{10}$ | 0.148 777   | 0.245 427 |
| $X_3 \cap X_6$    | 0.680 003 | 0.723 438   | 0.954 486 | 0.934 688   | $X_8 \cap X_9$    | 0.191 500   | 0.206 204 |
| $X_3 \cap X_7$    | 0.154 018 | 0.234 588   | 0.822 740 | 0.942 160   | $X_8 \cap X_{10}$ | 0.254 263   | 0.234 519 |
| $X_3 \cap X_8$    | 0.233 053 | 0.252 935   | 0.771 202 | 0.945 043   | $X_9 \cap X_{10}$ | 0.031 254   | 0.051 274 |
| $X_3 \cap X_9$    | 0.020 505 | 0.038 537   | 0.825 032 | 0.973 966   |                   |             |           |

照来看,在 2015—2017 年间,当  $q$  值最大的生活类作为主导因子进行交互时,在热点区跟整个深圳市中,均是在与科教文化类交互时的解释度增加最为明显。2017—2019 年间,当  $q$  值最大的购物类作为主导因子进行交互时,从深圳市整体来看,与餐饮类交互时的强化作用最大;从热点区域来看,与金融类交互时的强化作用最大。

#### 4 结束语

本文通过核密度法和地理探测器法对大数据环境下高德地图 10 个具有代表性的商业 POI 大类的研究,探寻了深圳市商业空间结构和集聚地区的演变过程以及影响该地区的主要业态及各业态之间交互作用的识别。研究结果表明,深圳市尽管在大规模地进行城市更新,城中村改造,但全市的经济中心仍然在原经济特区,并且有越来越聚集的趋势,区域发展不平衡现象较为严重;城市规划政策和城市建设仍是影响商业空间结构的重要因素;购物、生活类等小规模商业在各类商业业态的变化中起主导作用,各类业态虽然具有不同的空间演变方向,但也存在一定的相关性。POI 数据相对于传统的常规数据,具有更好的可观测性和时效性,通过 POI 的集聚特征可以很快地反映出城市的建设、产业的分布、功能的完善等存在的问题,从而为城市规划提出有力的参考依据。但是 POI 数据只是城市实体在地理空间的抽象表达,缺少地理实体的属性信息,本研究并未考虑 POI 在城市空间的等级、范围,今后将对 POI 的空间权重进行深入研究;并对各类业态的生命周期、空间分布关系及相互间的替代关系进一步探索。

#### 参考文献:

- [1] 何盛明. 财经大辞典 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1990.
- [2] BERRY B J L, GAMISON W L. A note on central place theory and the range of a good [J]. *Economic Geography*, 1958, 34(4): 304–311.
- [3] JOHN L Beisel. Contemporary Retailing [M]. New York: Macmillan Publishing Company, 1993.
- [4] HUFF D L. A probability analysis of shopping center trade areas [J]. *Land Economics*, 1963, 39(1): 81–90.
- [5] BERRY B J L, PARR J B. Market Centers and Retail Location [M]. Englewood Cliffs, N J: Prentice-Hall, 1988.
- [6] MARTIN C. A behavior model of consumer spatial decision making [J]. *Economic Geography*, 1975, 51(4): 339–349.
- [7] RUSHTON G. Spatial behavior: A geographic perspective [J]. *Economic Geography*, 1998, 50(2): 268.
- [8] 徐放. 北京市的商业服务地理 [J]. *经济地理*, 1984(1): 40–46.
- [9] 宁越敏. 上海市区商业中心区位的探讨 [J]. *地理学报*, 1984, 39(2): 163–171.
- [10] 吴郁文, 谢彬, 骆慈广, 等. 广州市城区零售商业企业区位布局的探讨 [J]. *地理科学*, 1988(3): 208–217.
- [11] 赵家瑶, 李宏伟, 邓圣乾, 等. 基于 POI 数据的城市功能区识别及主要交通枢纽空间分析 [J]. *测绘与空间地理信息*, 2019, 42(12): 38–42.
- [12] 谷岩岩, 焦利民, 董婷, 等. 基于多源数据的城市功能区识别及相互作用分析 [J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2018, 43(7): 1113–1121.
- [13] 康雨豪, 王玥瑶, 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, 43(1): 81–85.
- [14] 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, 41(2): 68–73.
- [15] 蒋云良, 董墨萱, 范婧, 等. 基于 POI 数据的城市功能区识别方法研究 [J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 40(4): 398–405.
- [16] 张小英, 巫细波. 广州购物中心时空演变及对城市商业空间结构的影响研究 [J]. *地理科学*, 2016, 36(2): 231–238.
- [17] ZHAO W, LI Q, LI B. Extracting hierarchical landmarks from urban POI data [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2011, 15(5): 973–988.
- [18] 杨秋彬. 基于 POI 数据的体验型商业空间格局分析 [J]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- [19] 陈蔚珊, 柳林, 梁育填. 基于 POI 数据的广州零售商业中心热点识别与业态集聚特征分析 [J]. *地理研究*, 2016, 35(4): 703–716.
- [20] 杨子江, 何雄, 隋心, 等. 基于 POI 的城市中心空间演变分析——以昆明市主城区为例 [J]. *城市发展研究*, 2019, 26(2): 31–35.
- [21] 李伟, 黄正东. 基于 POI 的厦门城市商业空间结构与业态演变分析 [J]. *现代城市研究*, 2018(4): 56–65.
- [22] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 116–134.
- [23] 禹文豪, 艾廷华, 杨敏, 等. 利用核密度与空间自相关进行城市设施兴趣点分布热点探测 [J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2016, 41(2): 221–227.
- [24] 禹文豪, 艾廷华, 刘鹏程, 等. 设施 POI 分布热点分析的网络核密度估计方法 [J]. *测绘学报*, 2015, 44(12): 1378–1383, 1400.