

基于POI轨道交通站点生活服务业空间分布特征研究

——以杭州市地铁1号线为例

卢晓婷, 杜泳*, 施春华*

浙江农林大学暨阳学院, 浙江 诸暨

收稿日期: 2023年6月7日; 录用日期: 2023年8月14日; 发布日期: 2023年8月25日

摘要

本文以六类重要生活服务设施的数据为基础, 通过获取高德POI数据, 在ARCGIS软件中运用核密度分析、标准差椭圆分析以及空间相关性分析, 对杭州市地铁1号线站点周边一定范围内的生活服务业空间分布格局特征进行研究。研究表明: (1) 六类生活服务的布局有一定的差异性, 呈现“中心混合集中, 边缘分类扩散”的布局模式; (2) 六类服务设施在不同站点的分布存在一定的差异, 餐饮、住宿设施与其他类型服务设施的相关性相对较高, 而科教文化设施与其他类型服务设施的相关性相对较低; (3) 六类生活服务设施空间分布的核心位置非常接近, 商业和餐饮业的分布密度最高、数量最多, 而其他的数量较少; (4) 在杭州市主城区, 人口密度与生活服务设施的分布存在不协调。总体上, 经济活跃的区域也是其他生活服务设施密度较高的区域。

关键词

POI, 生活服务业, 空间分布, 杭州地铁1号线

Based on the Spatial Distribution of Living Service Industry in POI Rail Transit Station Characteristic Study

—Taking Hangzhou Metro Line 1 as an Example

Xiaoting Lu, Yong Du*, Chunhua Shi*

*通讯作者。

Jiayang College, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Zhuji Zhejiang

Received: Jun. 7th, 2023; accepted: Aug. 14th, 2023; published: Aug. 25th, 2023

Abstract

Based on the data of six kinds of important life service facilities, this paper studies the spatial distribution pattern of life service industry in a certain area around Hangzhou Metro Line 1 station by using ARCGIS software. Research shows: (1) There are some differences in the layout of the six types of life services, showing the layout mode of "central mixed concentration, edge classification diffusion"; (2) There are certain differences in the distribution of the six types of service facilities at different sites. The correlation between catering and accommodation facilities and other types of service facilities is relatively high, while the correlation between science, education and culture facilities and other types of service facilities is relatively low; (3) Six types of living service facilities are located very close to the core of the spatial distribution, commerce and catering industry distribution of the highest density, the largest number, while the other smaller number; (4) In the main urban area of Hangzhou, the distribution of population density and living service facilities is incongruous. In general, economically active areas are also areas with higher densities of other living services.

Keywords

POI, Living Service Industry, Spatial Distribution, Line 1, Hangzhou Metro

Copyright © 2023 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

随着中国的快速发展,城市居民的需求与政府的供给和资源配置之间的不匹配越来越明显,生活服务需要优化和加速发展[1]。杭州市是中国主要的服务型城市,它的轨道交通建设起步比较早,到目前为止,站点周边的建设相对比较完备。当前已经建成的轨道1号线,在将来完工之后,能否担当起区域中心的角色,满足周围居民对公共服务的需求,是能否进一步完善城市空间组织布局的关键[2]。

国外对生活服务设施布局的研究更侧重于社会经济因素,从社会经济、人口和地理环境三个角度出发,对影响生活服务设施布局的因素进行深入分析。随着POI数据的广泛应用,国外学者开始利用POI数据研究生活服务设施的布局,并取得了较大进展[3]。

国内学者主要关注居民生活服务的空间布局特征研究,他们通过利用POI数据,对不同生活服务行业设施在空间上的分布方式和特点进行了深入探讨,了解并剖析其规律和原因,对设施行业的发展和布局提供强有力的参考建议[4]。重点研究了城市生活服务设施的空间分布特点,以及生活服务设施的等效性与通达性[5],揭示我国各大养老服务产业基础设施的空间分布模式与特征,并对其形成机理进行分析,为我国养老服务产业基础设施建设与布局提供理论依据[6]。

本文采用ARCGIS分析方法,探究杭州市地铁1号线生活服务业的空间分布特征和支持情况,从而丰富城市空间利用理论研究,结果对城市规划和布局有一定的参考价值。

2. 研究对象与方法

2.1. 研究范围

杭州轨道交通 1 号线东起萧山区萧山国际机场站，南抵萧山区湘湖站。贯穿了杭州东站、杭州站、杭州萧山国际机场、杭州汽车客运中心站、武林商圈以及西湖景区周边。2019 年 5 月 1 日，杭州地铁 1 号线单日客流创造新纪录，达 127 万人次。该项目是杭州城市东西向交通骨干线，有很高的土地利用开发程度和设施密集度，并且具有很高的研究价值。杭州轨道交通 1 号线作为浙江省及杭州市首条正式运营的轨道交通项目，将在杭州轨道交通 1 号线中，本文选取此条线路为案例，选择 33 座车站作为研究对象，在距离车站 500 米的半径范围内进行研究，此条线路贯穿杭州市主城区，具有整体性和典型性。图 1 为杭州市地铁 1 号线。

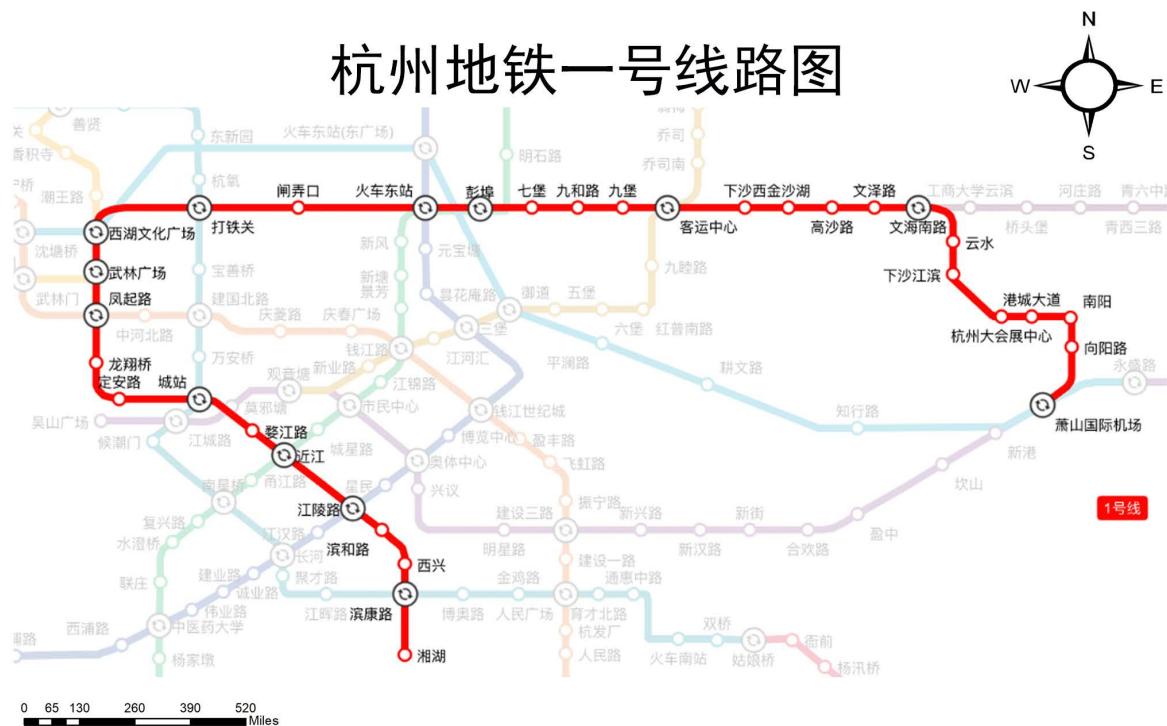


Figure 1. Map of Hangzhou metro line 1

图 1. 杭州市地铁 1 号线路图

2.2. 数据来源

本文基于高德地图 POI 数据查询工具, 将站点附近 500 米半径为范围, 获取杭州市地铁 1 号线站点周边生活服务业 POI 数据。数据主要来源于高德地图(<https://www.amap.com/>), 通过申请高德地图 Web 服务 API, 根据《国家城市居住区规划设计规范》的分类标准, 并基于这项工作的探索性以及数据的可用性和实用性, 将生活服务业视为与人们衣食住行相关的整体活动, 最终的范围是餐饮、住宿、购物、医疗保健、科教文化和体育休闲, 并选择这六类 POI 作为研究对象, 进行数据处理。通过去重、纠偏和空间匹配, 最终得到 33 个地铁站 500 米半径内的 57615 个 POI。其中餐饮服务(各类餐馆、小吃店和快餐厅、咖啡馆、酒吧等) 6279 个, 购物服务(购物中心、超市、便利店、集市等大中小商场) 9815 个, 住宿服务(快捷酒店、商务酒店、星级酒店等) 1190 个, 医疗保健服务(各级医院、诊所、保健中心、救护中心

等) 1190 个, 科教文化服务(幼儿园、小学、中学、高等院校、成人教育等) 1665 个, 体育休闲服务(体育馆、健身房、篮球馆等) 1116 个。所有 POI 类型包含: 名称、经度、纬度、地址, 四个信息属性。

2.3. 研究方法

2.3.1. 核密度分析

在 ARCGIS 中, 核密度分析法是一种常用的空间分析工具。将处理好的 shp 数据在裁剪的区域范围内进行提取分析, 得到 1 号线范围内的六类生活服务业 POI 数据。它利用密度值在三维密度面上分布, 并通过对点元素数据聚集情况的计算[7], 生成用于地理信息空间密度分析的连续密度面[8]。这种方法基于数据的密度函数, 运用聚类算法实现空间密度分析[9]。设概率密度函数为 f , 则核密度估计式可以表示为:

$$\int h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (1)$$

其中 $k()$ 为内核函数, h 是平滑参数, 称为带宽; n 为样本大小; d 是估计点 x 和样本观察点 x_i 之间的距离。

2.3.2. 标准差椭圆分析

标准差椭圆作为度量地理要素分布形式的空间统计技术之一, 同时对点的方向和分布进行分析, 通过重心、转角 θ 、 X 轴和 Y 轴标准差等参数, 定量描述研究对象的时空分布特征[10] [11]。运用 ARCGIS 中的方向分布创建标准差椭圆以概括地理要素的空间特征, 在进行分析之前将要素几何投影到输出坐标系, 输出椭圆面的属性值包括两个标准距离(长轴和短轴)、椭圆的方向, 最终会呈现出: 中心趋势、离散和方向趋势。采用此分析法探究城市居民基本生活服务业在空间上的分布范围和集中程度。用下面的公式来计算椭圆的中点:

$$SDE_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n} \quad (2)$$

$$SDE_y = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (3)$$

其中, (SDE_x, SDE_y) 是椭圆中心的坐标, x_i 和 y_i 是每个要素的空间位置坐标, (x_i, y_i) 椭圆的生活服务业 i 的坐标, X 和 Y 是算术平均中心;

$$\tan \theta = \frac{A + B}{C} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2\right) + \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i\right)}}{2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i} \quad (4)$$

其中, θ 为方位角, x_i 和 y_i 是椭圆平均中心和 xy 坐标的差;

$$\sigma_x = \sqrt{2} \frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos \theta - \tilde{y}_i \sin \theta)^2}{n} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \sin \theta + \tilde{y}_i \cos \theta)^2}{n} \quad (6)$$

式中, σ_x 、 σ_y 表示沿长轴和短轴的标准偏差, 分别是椭圆的长半轴和短半轴的数值。

2.3.3. 空间相关性分析

相关性分析是一种空间分析法, 用来衡量两个或多个变量之间的关系紧密性。运用系统自带的多元

分析进行波段集统计, 即对一组栅格波段执行主成分分析并生成单波段栅格作为输出, 再通过投影栅格工具将栅格转点。空间相关性可分为正相关、负相关或不相关。一般来说, 空间相关系数在 0.8~1.0、0.6~0.8、0.4~0.6、0.2~0.4 和 0~0.2 的范围内, 分别对应着两个要素之间的关联程度是非常高、很高、一般、较低和几乎没有。对于两个随机变数 x 、 y , 用下面的方式来计算皮尔逊相关系数 r :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

3. 分析与讨论

3.1. 数量分布情况

如图 2 是杭州市地铁 1 号线生活服务设施空间分布情况。六类生活服务设施分布在定安路、龙翔桥、凤起路、武林广场以及西湖文化广场地铁路线上数量最多, 上城区与拱墅区的交界处分布最为集中, 以此为中心点向外扩散分布, 布局呈现出连片但不连续特点。总体来说, 1 号线上生活服务设施数量分布情况呈现集聚站点密集, 分布不均格局。具体来看, 购物与餐饮业设施的分布数量远多于其余四类。周边地区的设施多样化程度与其所在位置有关, 中心地区需要具有高度多样化和高度多样化的设施, 外围地区则是以功能为主, 对其多样化程度的需求不高。



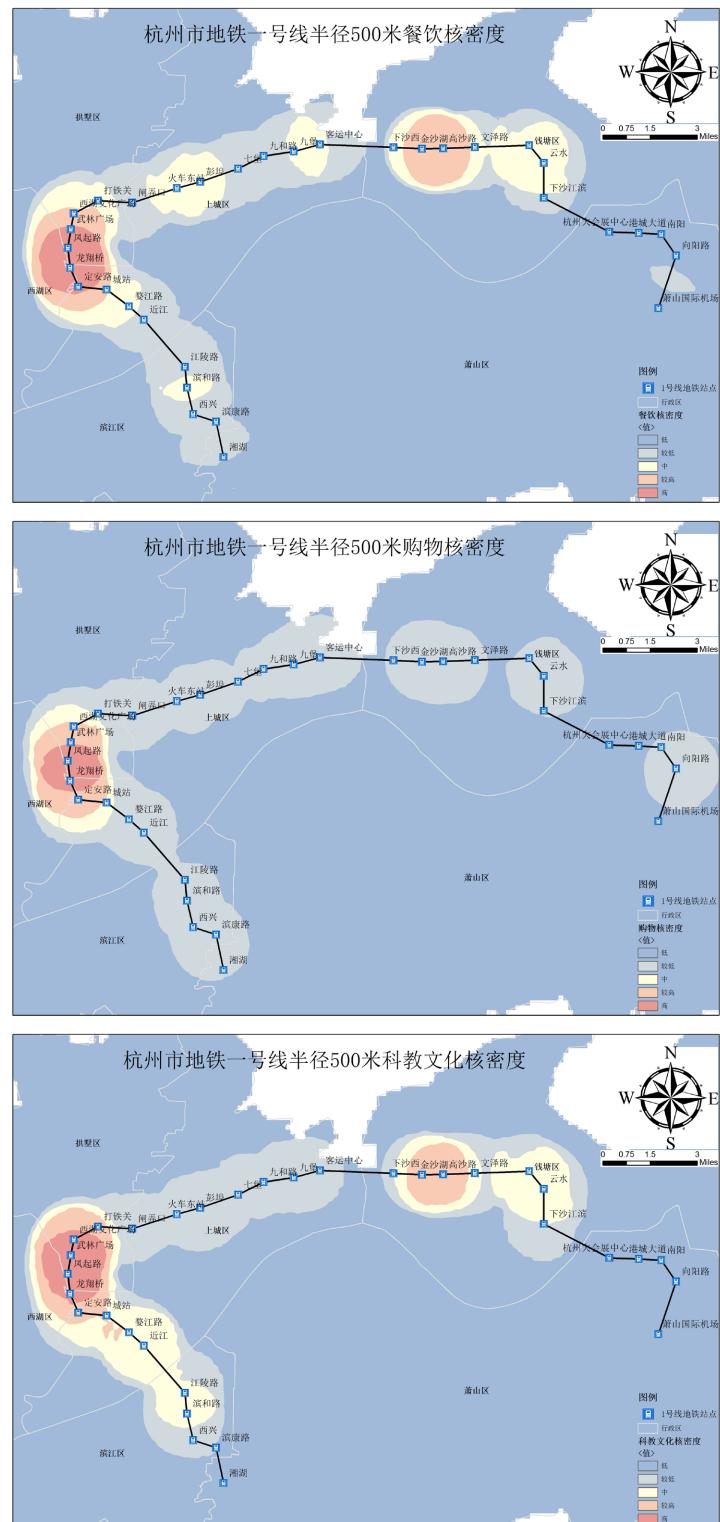
Figure 2. The spatial distribution of life service facilities

图 2. 生活服务设施空间分布情况

3.2. 各类核密度分析

通过核密度分析法, 我们可以比较杭州地铁 1 号线上六类生活服务业设施的分布特征, 比如核心 -

边缘分布特征、集聚中心的出现等。我们可以更准确地把握各类生活服务业设施的分布规律,从而更好地实现城市规划和管理[12]。从各类生活服务业设施的分布可以看出,核心高边缘分布特征显著,集聚中心明显;各类公共服务设施分布形态与集聚中心在空间上叠合性亦高,从而更好地把握城市规划和管理。



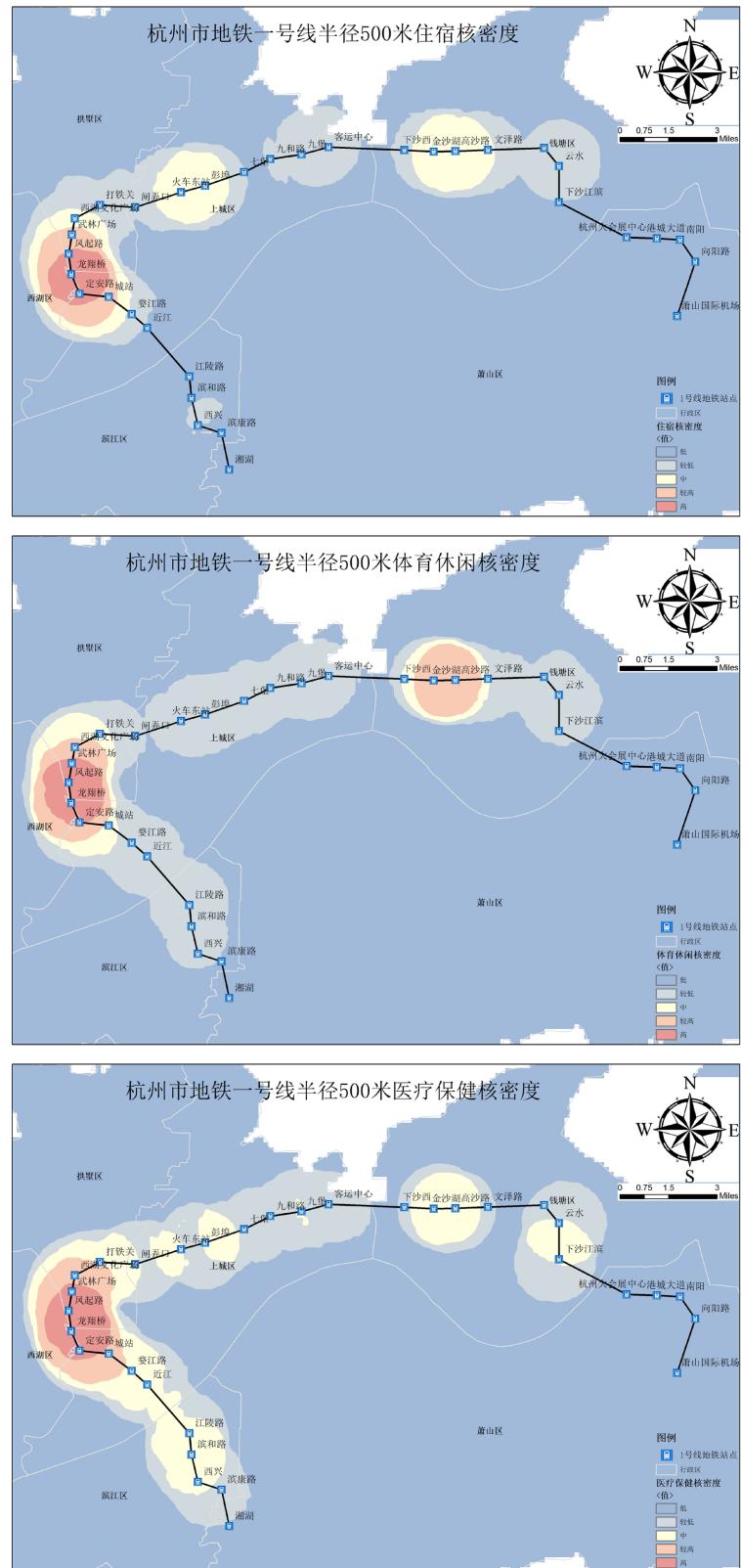


Figure 3. Various types of nuclear density analysis

图 3. 各类核密度分析

图 3 从杭州市地铁 1 号线的六种生活服务类型的空间分布来看, 其分布主要集中在城市中心的西湖公交圈内。在市场竞争和集聚效应的作用下, 公共服务设施的分布呈现出一种趋向, 即在一定的服务半径范围内, 都会朝着一个中心集中。所以, 沿地铁站的公共服务设施主要是以点式聚集的方式, 而且大部分高便捷度的站点都是相距较远的。各类服务业集聚的空间特征在五个城市接触点周围明显重合。此外, 六类生活服务设施在空间上的集聚度由高到低分别是: 购物、餐饮、科教文化、住宿、体育休闲、医疗保健, 这表明购物业的发展定位相对较好, 聚集程度最高。

3.3. 空间相关性分析

为深入研究各类生活服务业的空间关联性, 本研究拟将杭州地铁 1 号线上 6 种生活服务类型的空间关联性, 将其归一化后, 计算出 6 种居住服务类型的空间关联性, 并得出空间关联性矩阵(图 4), 以此为基础, 进行空间关联性分析。根据以下分析, 各类生活服务业空间分布具有很强的相关性。其中, 餐饮、住宿与休闲体育这三类的空间相关性最高, 因为大多数餐馆位于人口高度集中和紧凑集群的地区(住宿), 这对体育和娱乐业的位置也很重要。

科教文化类和购物类(代表科学和物质消费)之间的空间相关性最低, 这两类生活服务之间没有很强的相关性。相比之下, 医疗类的空间相关性较为平衡, 一方面表明医疗设施的布局比较宽泛, 另一方面说明医疗卫生服务是生活服务领域的基础, 它可以保障人的生命和健康, 各类型的生活服务对它的依赖性比较单一, 各类型的生活服务的发展都离不开医疗卫生服务的发展。购物设施的分布与其他类型的生活服务设施分布的关联性相对较弱, 因为购物类的服务对象主要还是以服务消费群体为目标, 为了方便购物降低成本, 其布局和选址与其他五类生活服务设施不一样, 而是尽可能地疏导人流, 最好与周边设施如影剧院、体育馆、公园绿地以及具有一定规模的停车场等周边设施结合, 为社区居民提供一个集购物、休闲、娱乐、教育文化、社交等于一体的多功能生活场所。



Figure 4. Spatial correlation matrix of different living service industries
图 4. 不同生活服务业空间相关性矩阵

3.4. 生活服务业分布方向与中心

利用标准差椭圆分析法进一步分析杭州市地铁 1 号线生活服务业空间布局, 结果如图 5 和表 1 所示。

不同类型的生活服务业标准差椭圆与地铁站点经过的区域都有重叠之处，六类生活服务业的椭圆中心非常接近，餐饮服务的中心略微偏左，表明餐饮业与其他生活服务设施之间存在较强的空间相关性。在空间分布上，六类生活服务业与西南-东北方向一致。地铁1号线，途径杭州、萧山、滨江、上城、下城、江干、余杭六区。它的最大价值在于拉近了余杭、萧山、下沙与主城区的空间距离。可以说，地铁1号线的建成，代表杭州已经进入了一个成熟期为了保证1号线的无缝连接，它将通过萧山国际机场、客运中心和杭州东站三大交通枢纽，并在此基础上进行规划。

根据表1的标准差椭圆参数可得，科教文化和体育休闲的空间分布面积最小，其长短轴小于其他设施，表明其覆盖区域较为集中。六类服务业中，餐饮设施的长轴和短轴是最长的，显示出最广泛和零散的分布。而购物的空间分布面积最大，达80平方公里，表明购物中心服务在杭州地铁1号线附近发展较好。住宿服务在六种居住服务类别中的扁率最大，表明分布最具有针对性。



Figure 5. Ellipse analysis of standard deviation of different service industries
图 5. 不同生活服务业标准差椭圆分析

Table 1. Parameter results of standard deviation elliptic analysis of living service industry

表 1. 生活服务业标准差椭圆分析参数结果

服务业类型	中心坐标/东经、北纬	长半轴/km	短半轴/km	扁率	方位角/度
餐饮	120°14'31" 30°16'24"	0.121	0.040	0.67	75.97
住宿	120°13'32" 30°16'26"	0.110	0.300	0.73	73.76
购物	120°12'58" 30°15'58"	0.114	0.039	0.65	80.46
医疗保健	120°13'30" 30°15'55"	0.108	0.043	0.60	76.26
科教文化	120°14'21" 30°16'21"	0.120	0.038	0.68	75.57
体育休闲	120°14'5" 30°16'31"	0.116	0.034	0.70	75.11

3.5. 生活服务业空间配套评价

分别对比杭州市的人口密度和经济密度分布图(图 6 和图 7), 从人口密度和经济密度分布上分析杭州市生活服务业空间支撑及配套情况。

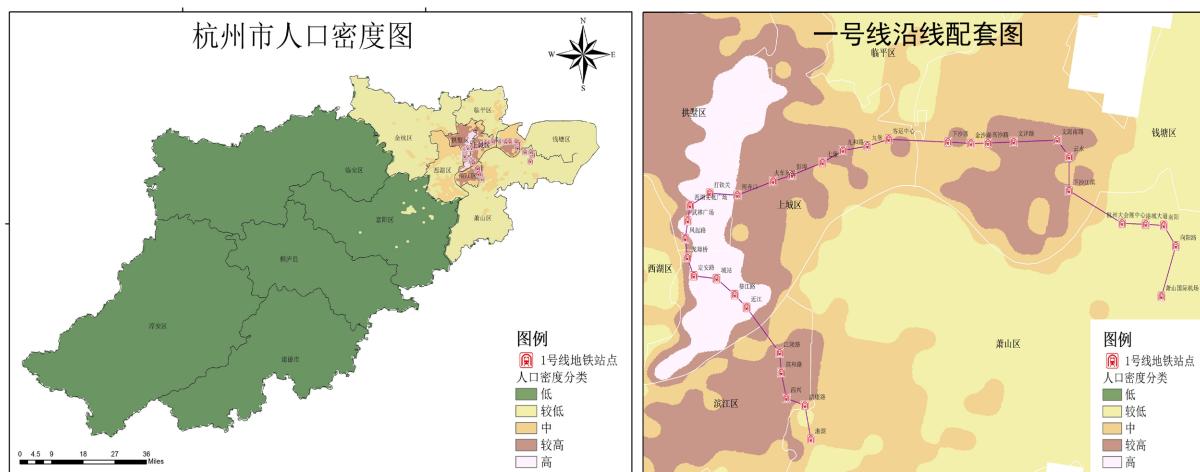


Figure 6. Population density map of Hangzhou
图 6. 杭州市人口密度图

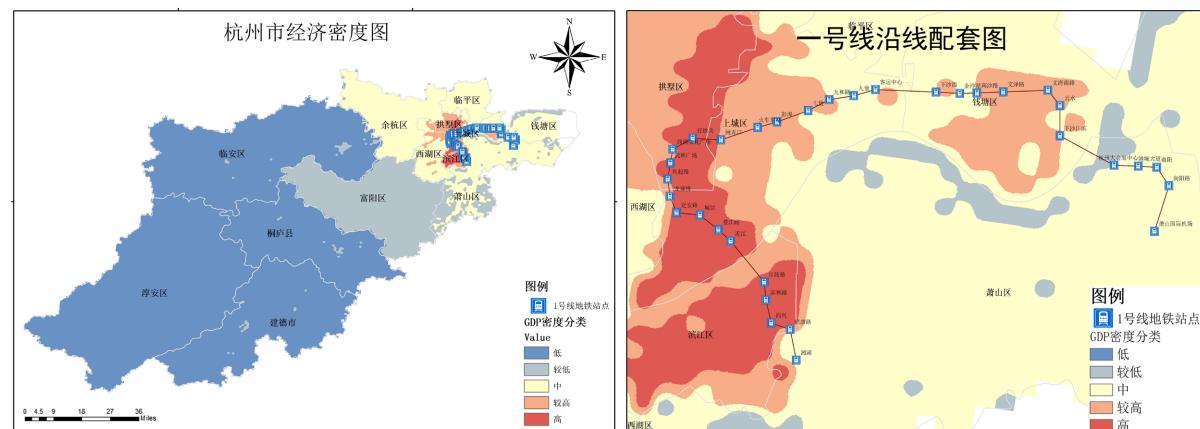


Figure 7. Economic density map of Hangzhou
图 7. 杭州市经济密度图

上图为整个杭州市区域图, 由结果可知, 杭州市人口密度分布与 GDP 密度分布东西不均, 主要集中在杭州市的主城区, 呈现西南低东北高分布态势, 且密度中心与地铁 1 号线各类生活服务业核密度中心位置大致重合。经济发展水平越高, 交通便利程度就越高, 人口流量就越大, 生活服务业发展就越完善且集聚特征明显, 从而导致人口密度较高。在生活服务行业高密度地区, 也出现了人口低密度或中等密度的现象, 如 IT 业的快速发展使滨江区的经济走在全市的前列, 餐饮、酒店、购物等重要的生活服务业都集中在周边地区; 西湖区的人口密度相对较低, 然而, 该区南部有一条大学校园和住宅区带, 日常生活服务仍有一些集中。杭州市的人口密度峰值出现在上城区、拱墅区与滨江区这几个区域交界处, 分别是大学城、公园、居住小区。自然景区附近及大学城周围一般都有良好的设施, 因占地面积较大, 所以整体人口密度相对较低。居住设施的逐渐开发, 将会带来更多的人口, 进而带动邻近地区的商业发展。

4. 结论与讨论

4.1. 结论

本文拟在此基础上, 以餐饮、住宿、购物、医疗、科教文化、体育休闲等六类生活服务设施兴趣点数据为对象, 通过筛选、裁切、校正等, 采用 ARCGIS 中的分析方法, 对杭州市地铁 1 号线各类生活服务业的空间布局情况进行分析, 并将杭州市各设施的空间匹配状况与人口密度、经济密度进行比较, 分析其在城市发展中的作用。主要结论是:

- (1) 基于六类生活服务业的布局在地铁 1 号线附近有一定的差异性, 出现连片但不连续的峰值, 但都形成较密集的核心集聚区域且与次级集聚区域有一定的重合性, 呈现“中心混合集中, 边缘分类扩散”的布局模式。
- (2) 基础公共服务设施整体覆盖率良好, 不同类型的生活服务设施在不同站点分布有一定的差异。不同类型的生活服务之间有很强的相关性, 餐饮、住宿业与其他各类服务业相关性相对较高, 而科教文化业与其他服务业之间的相关性相对较低。
- (3) 六类生活服务业在空间上的中心位置非常相近, 都集中在拱墅区和上城区之间的临近站点, 各种服务产业在空间上的分布密度也非常相近, 其中以购物和餐饮业最为密集, 而住宿、体育休闲、卫生健康等产业相对稀少;
- (4) 杭州市主城区的人口密度分布与 GDP 密度分布呈现出一种不均衡的状态, GDP 密度高的区域范围与人口密度高的区域基本上是一致的, 同时也与地铁 1 号线的六类生活服务业设施高密度区域有很高的致一致性, 这说明生活服务业与经济发展之间有着非常紧密的联系。

4.2. 讨论

轨道交通站点周围的生活服务设施布局具有独特的特点。在快速发展和高度连通的情况下, 也对周围人群的移动方式产生了影响。因此, 在考虑站点周围的一般生活服务设施的同时, 还需要考虑生活范围的范围, 以确保公民能够获得最佳的使用体验和满意度。同时对于间隔很大的二个车站间是否会出现真空范围, 有待更进一步的探讨, 把步行以外的自行车、轨道交通等手段纳入到轨道交通车站的影像范围内成为未来探索的下一个。后续研究如从多角度出发分析, 扩大覆盖范围等对杭州市进行完善评价分析方法, 服务业生活服务业体系的分析与评价会更为精准, 结论也将更具针对性。

参考文献

- [1] 俞华, 路红艳, 武芳, 等. 扩大居民生活服务消费的对策建议[J]. 经济研究参考, 2016(6): 32-33.
- [2] 张哲宁, 王书灵, 孙福亮, 等. 精细化数据背景下的城市轨道交通站点影响范围研究——以北京市为例 [C]//2019 年中国城市交通规划年会论文集: 2019 年卷. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019: 1-13.
- [3] 冉钊, 周国华, 吴佳敏, 等. 基于 POI 数据的长沙市生活性服务业空间格局研究[J]. 世界地理研究, 2019, 28(3): 163-172.
- [4] 杨文杰, 杜剑光, 陈利燕. 基于 POI 数据挖掘的科教文化空间特征分析研究——以广州市为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(4): 28-30.
- [5] 李卫东, 张铭龙, 段金龙. 基于 POI 数据的南京市空间格局定量研究[J]. 世界地理研究, 2020, 29(2): 317-326.
- [6] 崔艳, 戚鹏程. 基于 GIS 的郑州市公共文化设施空间布局研究[J]. 现代经济信息, 2012(7): 165-166.
- [7] Silverman, B.W. (1986) Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman and Hall, London.
- [8] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 2012.
- [9] 王远飞, 何洪林. 空间数据分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [10] Lefever, D.W. (1926) Measuring Geographic Concentration by Means of the Standard Deviational Ellipse. *The Amer-*

- ican Journal of Sociology, 32, 88-94. <https://doi.org/10.1086/214027>
- [11] Robert, S.Y. (1971) The Standard Deviational Ellipse: An Updated Tool for Spatial Description. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, 53, 28-39. <https://doi.org/10.1080/04353684.1971.11879353>
- [12] 张家旗, 刘晏男, 宋斌玢. 基于 POI 数据的郑州市主城区生活服务业空间分布特征研究[J]. 世界地理研究, 2022, 31(2): 399-409.