

北京市公共服务设施空间集聚特征分析

湛东升¹, 张文忠², 党云晓^{*3}, 虞晓芬¹, 吴倩倩¹

(1. 浙江工业大学 经贸管理学院, 中国浙江 杭州 310023; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 中国 北京 100101; 3. 浙江财经大学 土地与城乡发展研究院, 中国浙江 杭州 310018)

摘要: 公共服务设施是社会服务业的物质载体, 其空间合理布局对城市的宜居性和居民生活质量产生重要影响。基于北京市9大类公共服务设施空间点要素数据, 综合运用最近邻指数、最近邻层次聚类 and Ripley's *K* 函数等空间点模式分析方法, 对北京市公共服务设施的空间集聚特征进行了详细分析。结果表明: ①不同公共服务设施分布的热点集聚区均表现出一定程度的中心集聚现象, 其具体空间分布又各具特色; ②不同公共服务设施分布均具有空间集聚特征, 且经营性设施的空间集聚趋向更加明显; ③不同公共服务设施在不同空间尺度均具有显著的空间集聚特征, 但空间集聚强度和空间特征尺度却存在明显差异。

关键词: 公共服务设施; 空间集聚; 最近邻层次聚类; Ripley's *K* 函数; 北京

中图分类号: TU984 文献标志码: A 文章编号: 1000-8462(2018)12-0076-07

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2018.12.010

Spatial Clustering Analysis of Public Service Facilities in Beijing

ZHAN Dongsheng¹, ZHANG Wenzhong², DANG Yunxiao³, YU Xiaofen¹, WU Qianqian¹

(1. College of Economics and Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China;

2. Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Land and Urban-rural Development Institute, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: Public service facilities are the physical embodiment of social service industry and the reasonability of its spatial allocation will have a significant impact on the level of urban livability and residents' life quality. Drawing on the spatial points data of nine types of public service facilities in Beijing, this study analyzes spatial clustering of public service facilities in Beijing using the nearest neighbor index, nearest neighbor hierarchical clustering and Ripley's *K* function. The results show that: (1) The hotspot clusters of all kinds of public service facilities present a certain degree of central agglomeration, while their spatial distributions are also distinctive; (2) There is spatial clusters in all public service facilities, while spatial clustering intensity of profit making public service facilities tends to be more stronger; (3) Public service facilities show significantly spatial clusters by different spatial scales, but it has significant differences in the spatial clustering intensity and spatial scales in different public service facilities are varied.

Key words: public service facilities; spatial clustering; nearest neighbor hierarchical clustering; Ripley's *K* function; Beijing

城市公共服务设施是城市社会服务业的物质载体, 是指城市中呈点状分布并服务于广大市民的教育、医疗、文体和商业等社会性基础设施^[1], 根据其盈利性质可进一步划分为公益性设施和经营性设施。在国家公共服务均等化与和谐宜居城市建设等理念影响下, 城市公共服务设施配置研究已成为中国人文地理和城市规划学科共同关注的热点

议题。公共服务设施的空间合理分布在提高城市宜居性与居民生活质量、促进社会经济发展和维护社公平正义等方面均起到了重要促进作用。

自从1968年泰兹首次提出公共服务设施区位论以来^[2], 城市公共服务设施配置研究激起了大量国外学者的研究兴趣, 学术界围绕公共服务设施配置的可达性^[3-4]、社会经济效应^[5-6]、空间公平^[7-9]和

收稿时间: 2018-05-22; 修回时间: 2018-07-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(41871170)

作者简介: 湛东升(1987—), 男, 安徽寿县人, 博士, 副教授。主要研究方向为城市与区域发展。E-mail: zhands@126.com。

※通讯作者: 党云晓(1987—), 女, 河南济源人, 博士, 讲师。主要研究方向为居住环境与居民生活质量。E-mail: xiaoxiao187@126.com。

区位选择^[10-11]等内容展开了大量的理论与实证研究,并取得了丰富的研究成果。对比而言,由于数据获取限制,国内城市公共服务设施配置研究的内容和深度均要明显滞后。随着新公共服务理念的引入,城市公共服务设施配置研究才逐渐引起国内学者们的重视,目前主要在公共服务设施配置的空间格局^[12-13]、可达性^[14-15]、社会分异^[16-17]、优化布局^[18-19]以及居民需求和满意度^[20-21]等方面取得了不少研究积累。但是,国内外学者关于城市公共服务设施空间集聚特征的研究均十分有限。

虽然产业空间集聚现象是国内学者们经常讨论的议题,但大多数研究是以统计汇总数据分析为主^[22-26]。其局限性很明显,汇总尺度的产业空间集聚测度容易受到可塑性面积单元问题(The Modifiable Areal Unit Problem, MAUP)的影响,可能掩盖产业空间集聚特征的真实性^[27-28]。近年来,随着我国城市政务数据的逐步开放共享和城市兴趣点(Points of interest, POI)等大数据应用的快速推广,基于微观视角的产业空间集聚研究发展迅速,有效弥补了汇总数据分析的不足,不少实证研究尝试运用空间点模式方法探讨餐饮业^[29]、批发业^[30]、银行网点^[31]、物流业^[32]、超市^[33]、商业网点^[34-35]以及其他不同行业分布^[36-37]的空间集聚特征。但研究对象主要涉及单一类型的经营性设施,关于经营性设施和公益性设施空间集聚特征的整体研究与对比分析还尤为缺乏。公共服务设施作为政府提供为主的公共产品和为居民日常生活服务的社会服务业,其空间区位选择与其他产业相比具有一定的特殊性,应坚持公平与效率兼顾的空间布局原则^[38]。因此,有必要加强对不同公共服务设施空间集聚特征的系统研究,以深化对我国城市公共服务设施空间结构的解读和空间集聚规律特征的认识,为进一步优化城市公共服务设施空间结构提供决策帮助。

本文以北京市六环道路内部主城区的9大类公共服务设施空间点要素为研究对象,综合运用最近邻指数、最近邻层次聚类和Ripley's K函数等空间点模式分析方法,对北京市公共服务设施的空间集聚特征进行详细分析,以期揭示北京市公共服务设施空间集聚的规律特征和促进城市空间结构优化。研究主要试图回答以下3个科学问题:不同公共服务设施分布的热点集聚区在哪里;不同公共服务设施分布的空间集聚特征如何,是集聚分布还是分散分布;不同公共服务设施的空间集聚特征是否存在空间尺度依赖性。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

本文的研究对象主要根据《中国宜居城市研究报告》^[39]的研究内容,选择与北京城市宜居性与居民生活质量密切相关的9大类公共服务设施,包括餐饮设施、购物设施、金融设施、教育设施、医疗设施、文体设施、养老设施、休闲游憩设施和公共交通设施。以餐饮设施、购物设施和金融设施为代表的经营性设施,由于缺乏统一的官方信息公开渠道,采用高德公司提供的兴趣点数据(POI)进行代替处理;公交站数据是由北京城市实验室的工作论文协助提供^[40];其他类型的公共服务设施数据,均来自2016年北京市各类公共服务设施主管部门的官方网站公布或申请获取数据,并根据原始数据所提供的地址信息进行地理位置解析,转化为具有统一坐标的空间点要素数据。

1.2 研究方法

1.2.1 最近邻层次聚类

最近邻层次聚类分析是探索空间点要素分布热点区的分析方法,其基本原理是通过定义一个“聚集单元”的“极限距离或阈值”,然后将其与每一

表1 北京城市公共服务设施类型和性质
Tab.1 Types and characters of public service facilities in Beijing

大类	小类	设施性质	数据来源
购物设施	便利店和超市	经营性	高德POI数据
餐饮设施	餐馆	经营性	高德POI数据
金融设施	银行机构	经营性	高德POI数据
教育设施	幼儿园,小学,中学	公益性	北京市教育委员会
医疗设施	村卫生室,社区卫生服务中心(站),一、二、三级医院	公益性	北京市卫生和计划生育委员会
文体设施	社区文化服务中心,文体综合设施	公益性和经营性	北京市文化局、文物局和体育局
养老设施	养老服务机构	公益性	北京市民政局
休闲游憩设施	公园	公益性	首都园林绿化政务网
公共交通设施	公交站点,地铁站点(含轻轨)	公益性	分别来自北京城市实验室和北京市交通委员会

注:文体综合设施包括图书馆、文化馆、美术馆、博物馆、演出场所和体育场馆;公园包括城市公园、风景名胜、郊野公园和森林公园。

个空间点对的距离进行比较,当某一点与其它点(至少一个)的距离小于该极限距离时,该点被计入聚集单元,据此将原始空间点要素数据聚类为若干热点区域,称为一阶(first order)热点区;对一阶热点区利用同样方法,再次聚类得到二阶(second order)热点区,依次类推,可以得到更高阶的热点区^[41]。最近邻层次聚类分析在Crimestat 4软件中操作进行,默认设定每个阶层热点聚集区的公共服务设施点要素数量至少为10个,由于研究区的养老设施和休闲游憩设施数量较少,难以达到默认要求,将其预设标准值调整为各阶层热点聚集区的公共服务设施点数量最少为3个。

1.2.2 最近邻指数

最近邻指数(Nearest neighbor index, NNI)是通过测量公共服务设施空间点要素与其最近邻公共服务设施距离的平均值,如果该平均值小于假设随机分布情境下的公共服务设施平均距离值,则为空间集聚分布;大于随机分布的公共服务设施平均距离则为空间分散分布;等于随机分布的公共服务设施平均距离则为均匀分布。最近邻指数的计算公式为^[41]:

$$NNI = \frac{\bar{D}_o}{\bar{D}_e}, \text{其中, } \bar{D}_e = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}}$$

式中: NNI 为最近邻指数; \bar{D}_o 为观测公共服务设施点要素最近邻距离的平均值; \bar{D}_e 为公共服务设施点要素的期望平均距离; n 为公共服务设施点要素的数量; A 为研究区面积。

1.2.3 Ripley's K函数

Ripley's K函数是分析任意尺度点要素空间分布格局的工具,按照一定半径距离的搜索圆范围来统计空间点要素数量,表示现实情况下在距离 d 范围内的样本点平均数和区域内样本点密度的比值。计算公式为^[41]:

$$K(d) = A \sum_i \sum_j \frac{nw_{ij}(d)}{n^2}$$

式中: n 为公共服务设施点要素数量; d 为搜索距离; $w_{ij}(d)$ 为在距离 d 范围内的公共服务设施点 i 与公共服务设施点 j 之间的距离,当 $d_{ij} < d$ 时, $w_{ij}(d) = 1$,当 $d_{ij} > d$ 时, $w_{ij}(d) = 0$; A 为研究区域面积。由于每个公共服务设施点要素均要经历 n 遍运算,故需要再除以 n 。

为了保持方差稳定和便于结果进行解释,Be-sag提出用 $L(d)$ 代替 $K(d)$,并对 $K(d)$ 作开方变

换^[42]。转换后的公式为:

$$L(d) = \sqrt{\frac{K(d)}{\pi}} - d$$

$L(d)$ 主要检验在距离 d 范围内公共服务设施分布的空间集聚强度。在随机分布假设下, $L(d)$ 的期望值等于0, $L(d) > 0$,表明公共服务设施呈集聚分布, $L(d) < 0$,表明公共服务设施呈分散分布。 $L(d)$ 函数的显著性可以通过蒙特卡罗方法检验得到 $L(d)$ 函数的置信区间上限和下限,即上下包迹线。如果实际 $L(d)$ 值在包迹线之上,表明公共服务设施为空间集聚分布;在包迹线之内,表明公共服务设施为空间随机分布;在包迹线之下,表明公共服务设施为空间均匀分布。偏离置信区间的最大值称为最大集聚强度,最大集聚强度对应的距离值 d 则为空间特征尺度。

2 结果分析

2.1 不同公共服务设施的热点集聚区各具特色

为了刻画北京市公共服务设施分布的空间格局,首先采用最近邻层次聚类方法对北京市公共服务设施分布的热点集聚区进行分析。图1结果显示,整体上,不同公共服务设施的热点集聚区均存在一定程度的中心地区集聚现象,但不同公共服务设施的热点集聚区空间分布又各具特色,并形成了不同阶层和数量的热点集聚区。分设施来看:

餐饮设施由于服务门槛人口相对较低且服务空间范围有限,形成的热点集聚区数量最多,共包括四阶热点集聚区,空间分布以城市四环道路内部的主城区为主,同时在城市外围社会经济活跃的核心街道地区也形成了少量的一阶和二阶热点集聚区,代表性街道为中仓街道、拱辰街道和城北街道。购物设施共形成了三阶热点集聚区,空间分布呈现出一心多点的空间格局,主要集中在城市二环道路内部的核心区,受到北京城市CBD分布的影响,热点集聚区出现了明显的向东扩展趋势,一直到达东四环道路附近,并在城市外围的核心街道地区也形成了少量的二阶热点区。金融设施的热点集聚区分布范围比较集中,空间分布以城市三环道路以内的中心城区为主,并出现向北城地区更加集聚的趋势。

教育设施的热点集聚区主要集中在城市四环道路以内地区,且明显向北部地区更加聚集,在南二环至北四环道路之间形成了二阶热点集聚区。医疗设施的热点集聚区数量相对较少,仅在二环内

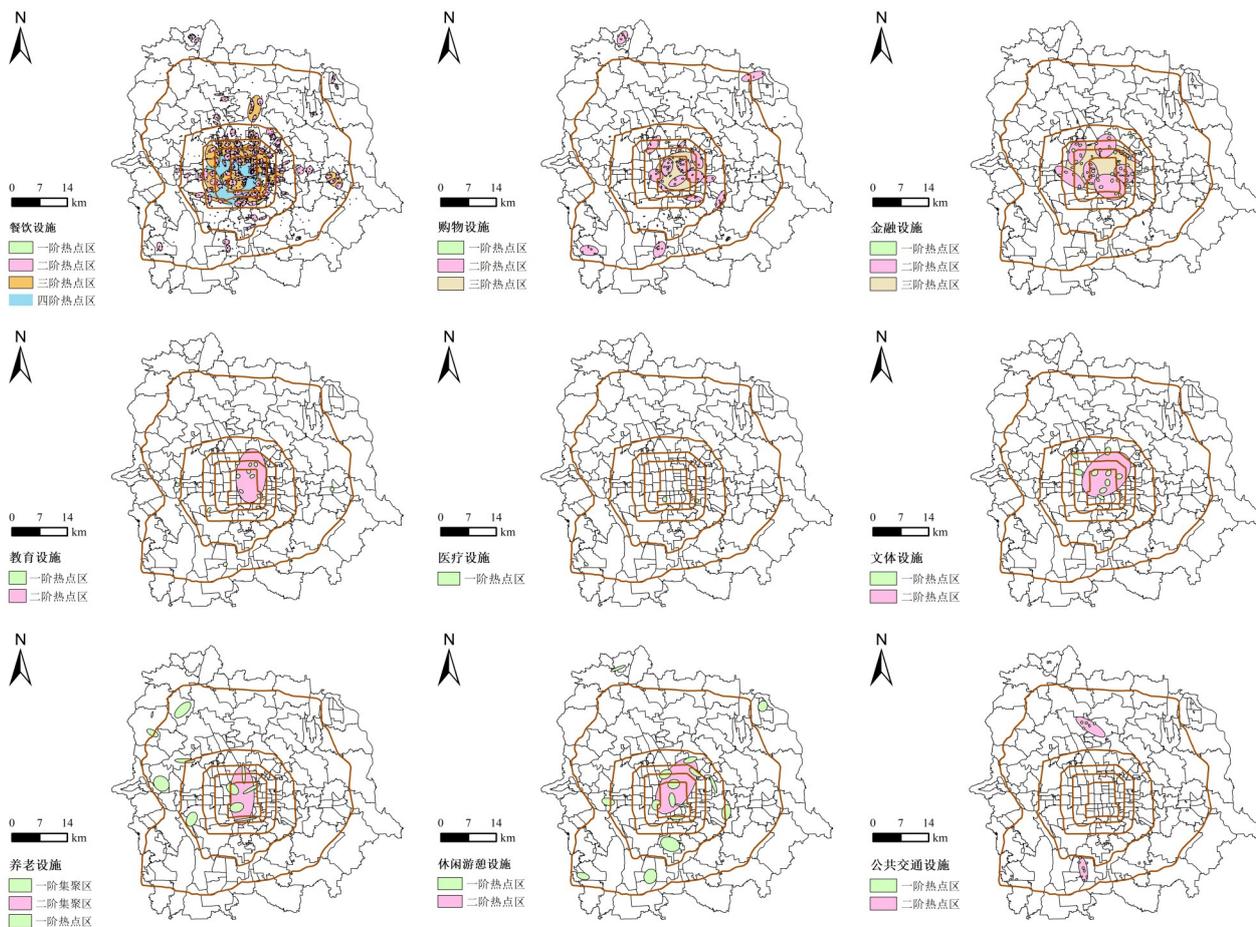


图1 北京市公共服务设施分布的热点集聚区
Fig.1 Hotspots of public service facilities in Beijing

部形成2个一阶热点集聚区。主要由于,同其他经营性设施相比,医疗设施的占地规模和服务空间范围均相对较大,致使医疗设施在小区域范围难以形成大量的热点集聚区分布。文体设施的热点集聚区分布也相对集中,主要在长安街道路以北的二环和四环道路之间区域集聚,受到798艺术区的城市功能定位影响,二阶热点集聚区向城市东北部扩展趋势明显。

养老设施的热点集聚区在城市中心地区和西四环道路外部地区均有分布。这是因为,北京城市西部地区靠近西山,自然环境优越,为建设养老服务机构提供了先天的便利条件。休闲游憩设施的热点集聚区分布更多集中在城市四环道路以内的中心城区,同时在城市外围也形成了少量的一阶热点集聚区。公共交通设施的热点集聚区主要在城市近郊的大型居住区附近集聚分布,庞大规模的居住人口分布导致当地公共交通设施需求旺盛,相应的规划配置的公共交通站点数量也相对较多,以方便居民日常工作和生活出行。

2.2 不同公共服务设施分布均存在空间集聚特征,且经营性设施的空间集聚趋向更加明显

表2为公共服务设施最近邻指数分析结果。可以看出,不同公共服务设施分布的最近邻指数均小于1,且通过了0.01置信水平的显著性检验,表明北京市公共服务设施分布均具有空间聚集分布趋势。不同公共服务设施的最近邻指数大小比较可得,餐饮设施、购物设施和金融设施的最近邻指数明显较小, NNI 均小于0.4,说明经营性设施的空间集聚程度相对更强。主要因为,经营性设施受到人口需求分布和自身盈利目的的影响,对集聚经济的追求动机更加强烈,更容易呈现出空间集聚分布。教育设施、文体设施、公共交通设施和医疗设施的最近邻指数居中, NNI 分别为0.603、0.605、0.660和0.720。结果反映出教育设施和文体设施分布的空间集聚强度要略强于公共交通设施和医疗设施,主要与公共交通设施和医疗设施配置所坚持的公平目标趋向更高等因素有关。养老设施和休闲游憩设施分布的最近邻指数最小, NNI 均超过0.8,空间

表2 北京市公共服务设施分布的最近邻指数
Tab.2 Nearest neighbor index of public service facilities in Beijing

大类	样本量(个)	观测距离(m)	期望距离(m)	最近邻指数(NNI)	Z检验值	P值
餐饮设施	37 294	43	170	0.252	-276.273	0.000
购物设施	11 374	129	306	0.423	-117.780	0.000
金融设施	3 233	214	537	0.399	-65.377	0.000
教育设施	2 205	405	672	0.603	-35.700	0.000
医疗设施	2 216	503	698	0.720	-25.185	0.000
文体设施	599	721	1193	0.605	-18.502	0.000
养老设施	173	1932	2230	0.866	-3.364	0.001
休闲游憩设施	227	1553	1918	0.810	-5.490	0.000
公共交通设施	6 899	265	402	0.660	-54.050	0.000

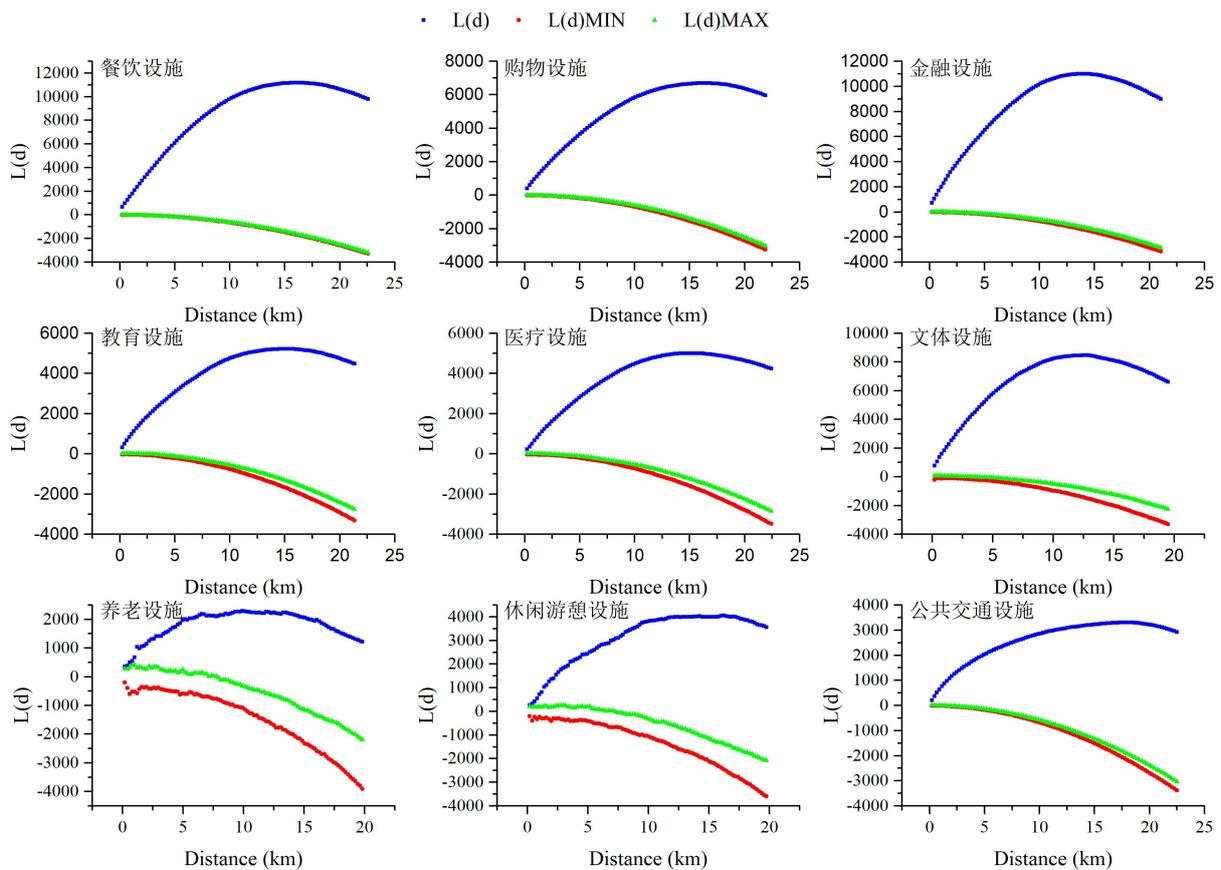


图2 北京市公共服务设施分布的Ripley's K函数
Fig.2 Ripley's K function of public service facilities in Beijing

集聚强度明显较弱。其可能的解释为,目前北京市养老设施和休闲游憩设施的配置数量仍然有限,且这两类设施的空间服务范围相对较大,使其空间分布比较离散,容易表现出弱集聚特征。

2.3 不同公共服务设施具有差异化的空间集聚强度和空间特征尺度

由于公共服务设施分布的空间集聚强度,容易受到空间尺度效应的影响,采用Ripley's K函数对不同距离空间尺度的北京城市公共服务设施分布空间集聚特征进一步分析,同时使用蒙特卡罗方法随机模拟100次,生成置信区间的最大值和最小

值,用以检验公共服务设施空间分布的显著性。图2为北京市公共服务设施Ripley's K函数分析结果,表明不同公共服务设施的 $L(d)$ 分布曲线在不同空间尺度均大于对应置信区间的最大值,具有显著的空间集聚性,且空间集聚强度 $L(d)$ 值均呈现出先增后减的倒U型变化趋势,但不同公共服务设施的空间集聚强度值和空间特征尺度却存在明显差异。

分设施来看,餐饮设施、金融设施、文体设施和购物设施的空间集聚强度相对较大,分别在16.0、14.1、12.7、16.2 km处出现空间集聚峰值,对应的 $L(d)$ 最大值分别为11 183、11 005、8 471和6 689。

再次说明, 经营性设施的空间集聚特征明显更强, 但金融设施和文体设施达到最大空间集聚强度所对应的空间特征尺度却比餐饮设施和购物设施相对略小。教育设施和医疗设施的最大空间集聚强度居中, $L(d)$ 值分别为 5 222 和 5 012, 对应的峰值出现距离也相对较小, 空间特征尺度分别为 14.7 和 15.2 km。养老设施、休闲游憩设施和公共交通设施的空间集聚强度相对较弱, $L(d)$ 值依次为 2 296、4 055 和 3 307, 对应的集聚峰值出现距离分别为 16.2、18.0 和 9.9 km 处, 表明休闲游憩设施和公共交通设施的空间特征尺度较大, 并在大尺度空间范围表现出较强的空间集聚性。可能因为, 养老设施和休闲游憩设施配置比较倾向于空间公平分布, 导致其空间布局的集聚趋势不强, 具有相对较大的区位选择空间范围。

3 结论与讨论

公共服务设施是中国和谐宜居城市建设的重要组成部分, 其空间合理配置对提高城市宜居性和改善居民生活品质具有重要促进意义。本文基于最近邻层次聚类、最近邻指数和 Ripley's K 函数等空间点模式分析方法, 详细探讨了北京市公共服务设施空间集聚特征, 本研究不仅弥补了中国城市公共服务设施空间集聚特征研究的不足, 也可为加强城市内部空间结构分析提供方法借鉴, 同时有助于揭示北京市公共服务设施配置空间规律和促进城市空间结构优化。研究主要得出如下结论:

①不同公共服务设施的热点集聚区分布整体上均呈现出一定程度的中心地区集聚现象, 并形成了不同阶层和数量的热点集聚区, 说明北京市公共服务设施分布存在明显的中心边缘结构特征, 这与北京城市内部经济与人口要素的向心分布趋势有关。但不同公共服务设施的热点集聚区分布又具有异质性, 主要是由社会经济发展水平、人口需求规模和结构、城市规划和政策导向以及不同设施自身特性等因素的综合作用而形成。

②最近邻指数分析表明, 不同公共服务设施分布均具有空间集聚特征。以餐饮设施、购物设施和金融设施为代表经营性设施的空间集聚趋势较强, 这与其他学者关于北京、广州和长春等城市的研究发现比较相似, 主要因为经营性设施对集聚经济效应的追求较高; 而配置数量较少或公平导向目标更强的公共服务设施空间集聚特征明显较弱, 如养老设施、休闲游憩设施、公共交通设施和医疗设施。

究其原因, 北京城市人口需求分布的空间集聚性, 导致了城市公共服务设施的整体集聚分布成为必然趋势, 适度的空间集聚不仅能够减少公共服务设施的运营维护成本、扩大规模效应和获取空间溢出效应等外部经济, 同时也可为北京市民提供多样化的公共服务消费选择, 但不同公共服务设施的配置数量以及公平与效率目标导向等差异, 导致其空间集聚特征也有所不同。

③不同公共服务设施在不同空间尺度均具有显著的空间集聚性, 但不同公共服务设施的空间集聚强度和空间特征尺度却存在明显差异。研究发现, 餐饮设施、金融设施、文体设施和购物设施具有更强的空间集聚强度, 而休闲游憩设施、公共交通设施和养老设施的空间集聚强度相对较弱。从空间特征尺度来看, 公共交通设施、休闲游憩设施、购物设施和餐饮设施出现空间集聚峰值所对应的空间特征尺度明显较大, 表明其设施区位选择的空间范围也较大; 而养老设施、文体设施和金融设施的空间特征尺度较小, 具有有限的空间选择范围。

本文研究结论的政策启示为: ①加快构建多中心多层级的公共服务设施体系。热点集聚区分析表明, 北京市不同类型公共服务设施的配置完善程度、集聚区数量和规模均存在显著差异, 加强不同类型公共服务设施分布的合理空间集聚, 积极培育多中心多层级的公共服务设施体系, 有助于疏解北京城市非首都功能和人口。②合理引导经营性设施空间分布。由于经营性设施具有相对较强的空间集聚特征, 可能导致北京市公共服务设施配置的空间不均衡与社会不公平, 应适当加强对经营性设施建设的合理规划引导, 如采取适度的政策优惠或经济补偿形式, 促进经营性设施空间结构优化, 加快提升城市郊区便民商业设施服务水平。③加强休闲游憩设施和养老设施等短板建设。热点集聚区和最近邻指数分析表明, 北京市休闲游憩设施和养老设施分布的热点集聚区数量较少, 空间分布间隔距离较大, 且空间集聚能力较弱, 表明该类公共服务设施建设数量还相对不足。公共服务设施空间服务范围太大, 容易降低公共服务设施可达性和居民使用满意度, 需要大力促进养老机构设施和休闲游憩设施建设, 完善国际一流和谐宜居之都建设的短板内容。

本文重点分析了北京市不同公共服务设施的空间集聚特征, 还存在一些研究不足需要改进, 如没有考虑不同等级规模公共服务设施的空间集聚

特征差异性,不同公共服务设施空间集聚与人口规模结构的匹配,以及不同公共服务设施要素之间的空间同位模式。后续研究可结合这些内容,对北京市公共服务设施空间集聚特征进一步深入分析,并加强对不同公共服务设施空间集聚影响机理的详细解释。

参考文献:

- [1] 高军波,周春山,江海燕,等.广州城市公共服务设施供给空间分异研究[J].人文地理,2010(3):78-83.
- [2] Teitz M.B. Toward a theory of urban public facility location[J]. Papers of the Regional Science Association, 1968, 21(1):35-51.
- [3] Helbich M, Schadenberg B, Hagenauer J, et al. Food deserts? Healthy food access in Amsterdam [J]. Applied Geography, 2017, 83:1-12.
- [4] Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2003, 30(6):865-884.
- [5] Feng X, Humphreys B.R. The impact of professional sports facilities on housing values: Evidence from census block group data [J]. City, Culture and Society, 2012, 3(3):189-200.
- [6] Xu Y.Q, Wen M, Wang F.H. Multilevel built environment features and individual odds of overweight and obesity in Utah [J]. Applied Geography, 2015, 60:197-203.
- [7] Talen E. Visualizing fairness-Equity maps for planners [J]. Journal of the American Planning Association, 1998, 64(1):22-38.
- [8] Shanahan D.F, Lin B.B, Gaston K.J, et al. Socio-economic inequalities in access to nature on public and private lands: A case study from Brisbane, Australia [J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 130:14-23.
- [9] Omer I. Evaluating accessibility using house-level data: A spatial equity perspective [J]. Computers Environment And Urban Systems, 2006, 30(3):254-274.
- [10] Pulver A, Wei R. Optimizing the spatial location of medical drones [J]. Applied Geography, 2018, 90:9-16.
- [11] Fortney J. A cost-benefit location-allocation model for public facilities: An econometric approach [J]. Geographical Analysis, 1996, 28(1):67-92.
- [12] 高军波,周春山,王义民,等.转型时期广州城市公共服务设施空间分析[J].地理研究,2011,30(3):424-436.
- [13] 方嘉雯.北京五道口地区韩国餐饮业空间布局特征与集聚机理分析[J].经济地理,2014,34(12):106-113.
- [14] 陈秋晓,侯焱,吴霜.机会公平视角下绍兴城市公园绿地可达性评价[J].地理科学,2016,36(3):375-383.
- [15] 卢晓旭,陆玉麒,袁宗金,等.基于可达性的城市普通高中生源区研究[J].地理科学进展,2010(12):1541-1547.
- [16] 王兴平,胡畔,沈思思,等.基于社会分异的城市公共服务设施空间布局特征研究[J].规划师,2014,30(5):17-24.
- [17] 周春山,江海燕,高军波.城市公共服务社会空间分异的形成机制——以广州市公园为例[J].城市规划,2013,37(10):84-89.
- [18] 陈旸.基于GIS的社区体育服务设施布局优化研究[J].经济地理,2010,30(8):1254-1258.
- [19] 武文杰,朱思源,张文忠.北京应急避难场所的区位优化配置分析[J].人文地理,2010,25(4):41-44.
- [20] 湛东升,张文忠,余建辉,等.基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理[J].地理科学进展,2015,34(8):966-975.
- [21] 邵磊,袁周,詹浩.保障性住区公共服务设施的不同人群需求特征与满意度分析[J].规划师,2016,32(8):106-111.
- [22] 陈红霞,李国平.中国生产性服务业集聚的空间特征及经济影响[J].经济地理,2016,36(8):113-119.
- [23] 罗胤晨,谷人旭.1980—2011年中国制造业空间集聚格局及其演变趋势[J].经济地理,2014,34(7):82-89.
- [24] 邱灵,方创琳.北京市生产性服务业空间集聚综合测度[J].地理研究,2013(1):99-110.
- [25] 谢敏,赵红岩,朱娜娜,等.浙江省第三产业空间集聚特征与成因[J].经济地理,2015,35(9):96-102.
- [26] 郑蔚.福建省制造业空间集聚水平测度与评价[J].经济地理,2012,32(7):74-80.
- [27] Billings S.B, Johnson E.B. Agglomeration within an urban area [J]. Journal of Urban Economics, 2016, 91:13-25.
- [28] Buzard K, Carlino G.A, Hunt R.M, et al. The agglomeration of American R&D labs [J]. Journal of Urban Economics, 2017, 101:14-26.
- [29] 曾国军,陆汝瑞.跨国饮食企业的空间分布及其影响因素——星巴克在广州[J].人文地理,2017(6):47-55.
- [30] 韩会然,杨成凤,宋金平.北京批发企业空间格局演化与区位选择因素[J].地理学报,2018(2):219-231.
- [31] 车冰清,朱传耿,李敏.江苏省银行网点分布格局及其影响因素研究[J].地理科学,2017(12):1867-1874.
- [32] 朱慧,周根贵.国际陆港物流企业空间格局演化及其影响因素——以义乌市为例[J].经济地理,2017,37(2):98-105.
- [33] 王帅,陈忠暖,黄方方.广州市连锁超市空间分布及其影响因素[J].经济地理,2015,35(11):85-93.
- [34] 浩飞龙,王士君,冯章献,等.基于POI数据的长春市商业空间格局及行业分布[J].地理研究,2018(2):366-378.
- [35] 张珣,钟耳顺,张小虎,等.2004-2008年北京城区商业网点空间分布与集聚特征[J].地理科学进展,2013(8):1207-1215.
- [36] 李佳沼,张文忠,李业锦,等.基于微观企业数据的产业空间集聚特征分析——以杭州市区为例[J].地理研究,2016(1):95-107.
- [37] 张景秋,陈叶龙.北京城市办公空间的行业分布及集聚特征[J].地理学报,2011(10):1299-1308.
- [38] Mcallister D.M. Equity and Efficiency in Public Facility Location [J]. Geographical Analysis, 1976, 8(1):47-63.
- [39] 张文忠,余建辉,湛东升,等.中国宜居城市研究报告[M].北京:科学出版社,2016.
- [40] 李苗裔,龙瀛.中国主要城市公交站点服务范围及其空间特征评价[J].城市规划学刊,2015(6):30-37.
- [41] 王劲峰,廖一兰,刘鑫.空间数据分析教程[M].北京:科学出版社,2010.
- [42] Besag J. Contribution to the Discussion on Dr. Ripley's Paper [J]. Journals of the Royal Statistical Society, 1977(39):193-195.