

文章编号:1004-3918(2018)10-1658-08

贵阳市公共服务设施的空间格局及其公交可达性

李 恒, 赵 航, 黄红良, 夏龙龙

(贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘 要: 基于贵阳市医院、文化设施、中学和超市四类公共服务设施点、公共交通网络、居住小区等数据,采用GIS空间点格局分析法与网络分析法,对贵阳市公共服务设施的空间格局及其公共交通可达性进行研究。结果表明:贵阳市公共服务设施点均呈现集聚分布特征,都表现出由城市核心区向外围呈现梯度密度递减的空间格局,集聚强度由强到弱依次为超市>中学>医院>文化设施。居住小区到公共设施的综合水平较高,61.03%的居住小区平均可达时间优于平均水平(56.23 min),67.63%的居住小区平均可达时间在一小时内;居住小区到四类公共设施平均可达性由强到弱排序为医院>超市>文化设施>中学。

关键词: 公共服务设施; 空间格局; 公共交通; 可达性; 贵阳市

中图分类号: F 572.88 **文献标识码:** A

The Spatial Pattern of the Public Service Facility and the Bus Accessibility in Guiyang

LI Heng, ZHAO Hang, HUANG Hongliang, XIA Longlong

(School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Based on the data of four kinds of public service facilities, including hospitals, cultural facilities, middle schools and supermarkets, and public transportation network, residential area, etc, the GIS spatial point pattern analysis and network analysis were used in the study to analyze the spatial pattern of the public service facility and the public transport accessibility in Guiyang. The result showed that the public service facility points in Guiyang were all agglomerative distributed by showing the spatial pattern of gradient density and decreasing from the urban core area to the periphery. The facilities in an order of the aggregate intensity from strong to weak were supermarkets, middle schools, hospitals and cultural facilities. In general, the accessible timeliness of 61.03% of the resident area was better than the average level of 56.23 min. The average accessible timeliness of 67.63% in the resident area was an hour. The four public service facilities in an order of the average accessibility from strong to weak were hospitals, supermarkets, cultural facilities and middle schools.

Key words: public service facility; spatial pattern; public transport; accessibility; Guiyang

公共服务设施是城市社会性服务业的依托载体,是指城市中呈点状分布并服务于社会大众的教育、医疗、文体等社会性基础设施^[1]。长期以来,公共服务设施的研究一直是城市地理学和规划学研究的焦点^[2],其空间分布事关公众享有公共服务的数量和质量,关系到社会公共服务资源分配的公平公正^[3]。二战后公共服务设施布局开始受到西方学者的关注,研究主题主要包括区位选择和布局模式研究^[4-6]、空间布局的公平性研究^[7-8]、空间布局的社会分异及其形成机制研究^[9-11]等三个方面。国内对于公共服务设施空间布局研究

收稿日期: 2018-06-21

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助(71403064)

作者简介: 李 恒(1993-),男,硕士研究生,研究方向为生态学、人文地理

赵 航(1981-),男,副教授,博士,研究方向为人文地理、交通地理

通信作者: 黄红良(1992-),男,硕士研究生,研究方向为人文地理

始于20世纪80年代,主要集中在空间选址^[12]、布局^[13]、评价以及形成机制^[14]等方面。总体来看,相关学者对公共服务设施空间布局的研究较为成熟,但对多种类型公共设施空间格局的对比研究仍然较少、对公共设施空间格局与可达性的结合研究关注不足。

可达性最早由Hansen提出^[15],作为评价公共服务设施公平性的重要指标之一,可达性能够直观地揭示公共服务设施空间分布的均衡性特征^[16]。21世纪以来,国内公共服务设施可达性研究取得丰硕成果,主要包括医院^[17-18]、学校^[19-20]、公园^[21-22]等方面,这些研究成果丰富了国内在公共服务设施可达性研究的理论与实践。随着交通网络的改善,居民在选择公共服务设施过程中对时间成本的考虑已经逐渐下降,使得居民在能够承受的时间范围内可以在多个设施之间做出选择^[23]。然而,当前在公共服务设施可达性的研究中,多数研究多以最短距离法作为可达性的度量方法^[24-25],该方法假设居民始终选择最邻近公共服务设施,忽略了交通网络的改善和服务设施数量的增加对居民选择服务设施所带来的影响,导致评价结果不能准确地反映实际情况;另外,公共服务设施可达性的衡量指标中鲜有考虑公共交通出行方式^[26-27]。

贵阳市作为我国快速城市化地区之一,公共服务设施的建设仍然存在空间极化和配置失衡等问题,引发交通拥挤、就医难、就学难等一系列民生问题。因此,以贵阳为例研究城市公共设施空间格局及其公共交通可达性具有较强的代表性。本文利用大量公共设施数据和公共交通网络,引用多种GIS空间点格局分析法和网络分析法,以平均可达时间作为可达性的评价指标,探索公共服务设施的空间格局及其公共交通可达性,以为贵阳市深入推进“基本公共服务均等化”、优化公共设施空间布局提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域概况与数据来源

以《贵阳市城市总体规划2011—2020年》所确定的中心城区为研究区域(图1),具体包括云岩区、南明区、观山湖区以及白云区、乌当区和花溪区的部分区域,共6个行政区,总面积1230 km²。中心城区是全市最主要的人口承载区域和经济发展区域,同时也是公共服务设施配置最困难、需求量最大的区域,以中心城区为案例地进行研究具有重要的现实意义。

本文借助BIGEMAP地图下载器,基于高德地图平台获取公共服务设施数据,采集时间为2017年8月20日,通过重新分类、纠偏、清洗、地址匹配与裁切,共获取中心城区1270个公共设施点,其中,超市657个,文化设施216个(图书馆、文化馆、少年宫、博物馆等),医院(综合医院与专科医院)126家,中学271所。公共交通相关数据和居住小区分别由贵阳市交通委员会和城乡规划局提供,其中,常规公共交通线路330条,轨道交通线1条,公交站点共7646个,居住小区1560个。

研究采用ArcGIS网络分析中的O-D矩阵模块计算各居住小区到各类型或总体设施点的平均可达时间。参考相关文献^[26],并结合贵阳市实际情况,以500 m作为公交站点的服务半径。居民出行的公交时间包括从居住小区步行到公交站点、等待与换乘、乘坐公交时间、下车站点步行到设施点四部分时间总和。在计算中的设定包括:①步行平均速度设为5 km/h;②根据贵阳市交委发布的数据,公交车的发车间隔在4至8 min左右,因此本文将等待与换乘时间设定在10 min;③常规公交车的平均时速设为18 km/h,轨道交通36 km/h(贵阳市交通委员会,2013)。

1.2 研究方法

1.2.1 空间点格局分析 平均最近邻距离分析被广泛应用在空间点要素的分布模式研究中,核心思想是计算最近邻点的平均距离与随机分布模式中的平均距离之间的比值,得到最近邻指数(Nearest Neighbor

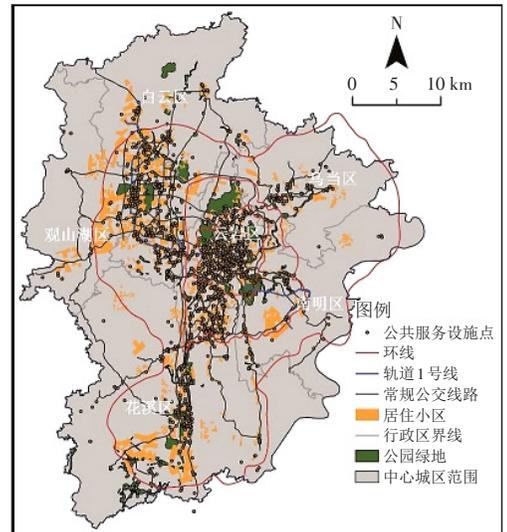


图1 研究区域与研究地物分布

Fig.1 Research scopes and research objects

Index, NNI), 从而判断空间点数据的分布是否属于集聚型^[28], 一般采用Z值来检验结果的可靠性. 本文通过ArcGIS软件计算整体和各类公共设施的最近邻指数, 以此来判定其空间分布模式.

标准差椭圆法是分析点要素空间分布方向性的常用方法, 能够揭示点要素空间分布的方向性、离散程度和向心力大小, 主要由转角、沿长轴的标准差与沿短轴的标准差三部分要素构成^[29]. 本文通过ArcGIS软件计算出各类公共设施的标准差椭圆相关参数, 分析公共设施的空间分布特征.

核密度估计法常被用于度测点状要素的分布特征^[30], 根据点要素的数值及其分布来计算点数据在某一区域的密度分布情况, 并以栅格图像的方式显示点数据集聚的形状和大小. 计算公式如下:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (1)$$

式中: h 为搜索半径; n 为研究要素的点形式个数; $x-x_i$ 为任意两个点要素之间的距离; 计算的结果即为点 x 的核密度.

1.2.2 可达性测度方法 本文以平均可达性为指标, 对各居住小区到各类型或总体设施点的平均可达性进行测算, 计算公式如下^[26]:

$$A_i = \frac{1}{n} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (HS_{ij} + HK_{ji} + W_{ji} + HP_{ji}), \quad (2)$$

式中: A_i 为居住小区 i 到各类型或总体设施点的公共交通平均通行时间; HS_{ij} 为居住小区 j 步行至公交站点的最短时间; HK_{ji} 为等待与换乘时间; W_{ji} 为居住小区 j 到景点 i 的过程中, 需要乘坐公共交通的最短时间; HP_{ji} 居住小区 j 到公共设施点 i 的过程中, 末公交站点步行到公共设施点的最短时间; n 各类型或总体设施点的数量.

为了反映公共服务设施可达性在不同区域层面上的空间差异状况, 以乡镇街道为单元统计居住小区到总体或各类型公共服务设施点的平均可达时间, 计算公式如下^[31]:

$$A'_i = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{mn}, \quad (3)$$

式中: A'_i 为某单元内的居住小区到总体或各类型公共服务设施点的平均可达性; A_i 为某单元内的居住小区 i 到总体或各类型公共服务设施点的最短通行时间之和; n 为总体或各类型公共服务设施点数量; m 为某单元内的居住小区数量.

2 研究结果与分析

2.1 贵阳市公共服务设施空间分布特征

2.1.1 各类公共服务设施空间集聚特征 首先运用平均最近邻指数对各类公共设施的空间分布模式(集聚或发散)进行检验(表1), 可以看到总体和各类公共服务设施的平均最近邻指数(NNI)均小于1, 且Z检验值均小于-2.58, 则只有1%或者更小的可能性会使该集聚模式是随机过程产生的结果, 表明4类公共服务设施的空间分布具有显著的集聚性. 从NNI值的大小来看, 集聚程度由强到弱依次为超市(0.4)>中学(0.48)>医

表1 贵阳市公共服务设施空间集聚性分析

Tab.1 The spatial agglomeration analysis of the public service facility in Guiyang

类型	平均最近邻距离/m	期望平均最近邻距离/m	NNI	Z得分	P值	空间分布模式
总体	193.97	507.31	0.38	-42.11	0	显著聚集
文化设施	630.10	1 086.50	0.60	-11.81	0	显著聚集
超市	273.30	680.38	0.40	-31.93	0	显著聚集
医院	538.60	1 097.80	0.49	-10.93	0	显著聚集
中学	526.93	1 094.54	0.48	-16.33	0	显著聚集

院(0.49)>文化设施(0.6)。其中,超市的集聚强度最为接近总体状况,表明公众在日常生活中与超市的联系较密切,对超市的需求最强。

2.1.2 整体公共服务设施空间分布形态特征 由上述分析可知(表1),总体公共服务设施的平均最近邻指数(NNI)为0.38,小于1,Z得分分为-42.11,空间分布类型为显著集聚。进一步运用核密度法和标准差椭圆分析总体公共服务设施的空间分布特征(图2),可以看出:①贵阳市公共服务设施资源主要分布在三环以内,整体呈城市核心区密集、外围区域稀疏的分布特征,分布密度“中心-边缘”差异化显著。②从各行政区来看,南明区与云岩区均形成规模较大的高等级密度中心,分布最为集中,二者作为老城区的主体部分,具有悠久的历史文化底蕴,是城市功能最集中、人口最密集的区域。③结合图1来看,公共服务设施空间分布具有明显的公共交通指向性,呈“Y”字形的空间分布形态。④总体公共服务设施标准差椭圆的旋转角度为174.94°(表1),说明公共服务设施整体上偏向南北方向分布,这与贵阳市“疏老城、建新城”的城市化扩展方向基本吻合。

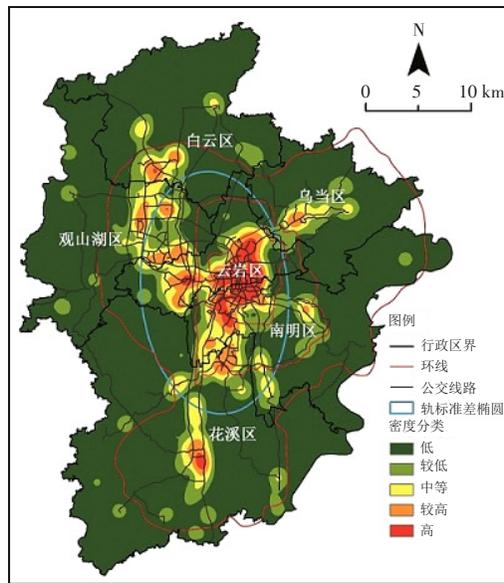


图2 贵阳市公共服务设施的空间密度分布

Fig.2 The spatial density distribution of the public service facility in Guiyang

2.1.3 各类型公共服务设施空间分布形态特征 结合图1和各类设施的平均最近邻指数(NNI)可知,大部分各类公共设施点均集中分布于城市核心区,造成各类公共设施点空间分布不均衡现象。为更深入地分析各类型公共服务设施的“中心-边缘”差异化特征,以贵阳市中心大十字为圆心,每隔4 km做缓冲区,然后分别统计各个圈层公共服务设施的数量分布(图3)。可见,各类型公共服务设施主要分布距离大十字16 km范围内,且由中心向边缘地区逐渐递减。从各圈层分布数量来看,医院、文化设施、中学在0~4 km范围内的分布数量比例达到最大;4~8 km范围内,超市的分布数量比例达到最大;12~16 km范围内,4类公共服务设施分布比较集中。

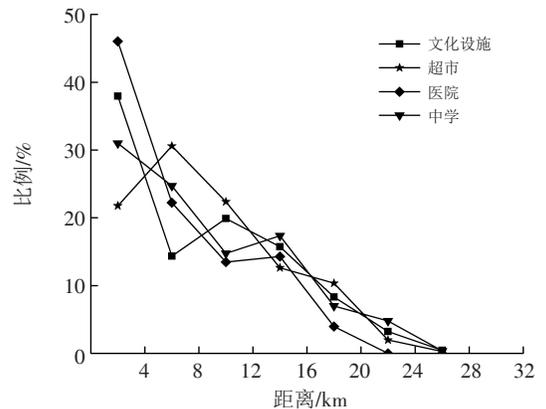


图3 贵阳市各类型公共服务设施数量圈层分布

Fig.3 The layer distribution of different kind of public service facility amounts in Guiyang

基于各类型公共服务设施的密度空间分布来看(图4),主要有以下特征:①4类公共服务设施均形成显著的密度分布中心;文化设施、超市、中学的密度中心规模较大,医院较小. ②从各类型公共服务设施分布模式来看,超市在多个圈层均形成规模较大的密度中心,属于“大分散、大聚集”分布模式;文化设施、中学则表现出“大分散、小聚集”模式;医院则呈“小分散、小聚集”模式. ③从空间分布特征来看,4类公共服务设施均表现出“Y”字形的空间分布格局,沿“公交线路”布局趋势明显. 基于各类型公共服务设施标准差椭圆分析结果来看(表2),存在以下特征:①文化设施、超市、医院、中学的标准差椭圆的旋转角度都在174°左右,说明此4类公共服务设施基本沿南北方向分布. ②虽然4类公共服务设施总体分布方向基本一致,但内部存在较大差异. 文化设施标准差椭圆的扁率最大,说明其方向性最明显;医院标准差椭圆的短半轴最短,其分布的向心力最强,中学的短半轴最大,其离散程度最大;医院标准差椭圆的面积最小,其主要分布于研究区域几何中心,中学标准差椭圆的面积最大,其分布离散度较高.

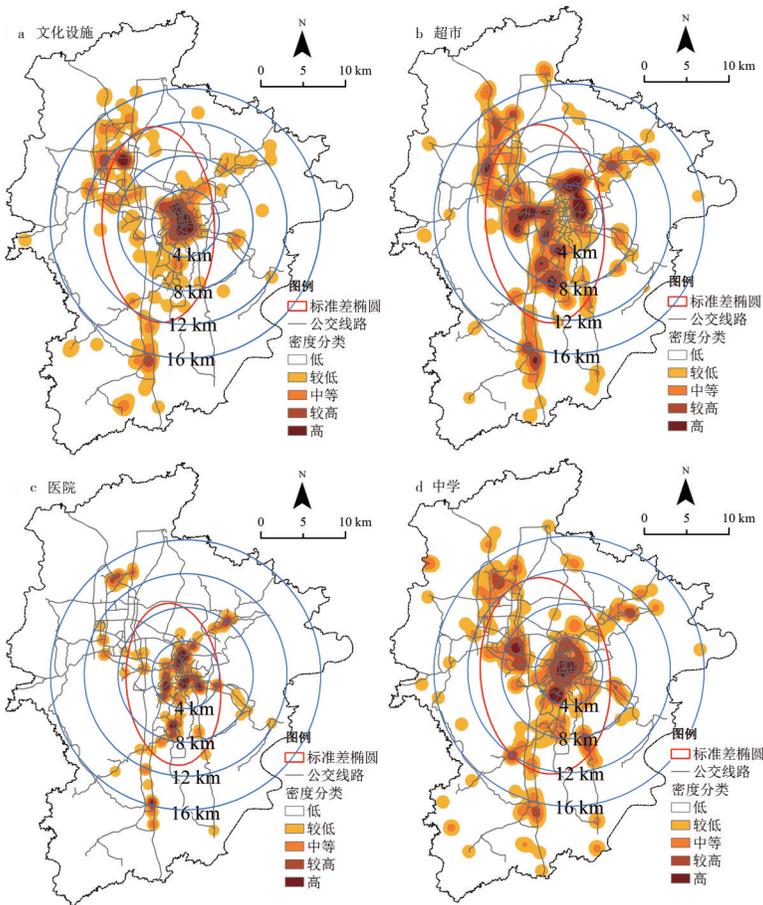


图4 贵阳市各类型公共服务设施密度分布及其标准差椭圆

Fig.4 The density distribution and related standard deviation of different kind of public service facilities in Guiyang

表2 贵阳市公共服务设施标准差椭圆分析结果

Tab.2 The results of elliptic analysis of standard deviation in public service facilities in Guiyang

服务设施类型	总体	文化设施	超市	医院	中学
样本数/个	1270	216	657	126	271
椭圆面积/km ²	253.35	242.62	258.89	168.27	280.77
椭圆x轴方向轴长/km	11.54	11.62	11.79	9.62	11.66
椭圆y轴方向轴长/km	6.99	6.65	6.99	5.57	7.66
旋转角度/(°)	174.94	177.59	174.61	174.78	174.26
扁率	4.55	4.97	4.8	4.05	4

2.2 贵阳市公共服务设施可达性分析

2.2.1 整体公共服务设施的平均可达性 利用 ArcGis 网络分析模块下的 OD 成本矩阵计算各居住小区到所有公共服务设施的平均可达时间,为便于更直观地表达整体设施的平均可达性情况,以 20 min 为时间间隔,将计算得到的平均可达时间划分为 30~50 min、50~70 min、70~90 min、90~110 min 和大于 110 min 五个时间段. 并统计各时间段内的居住小区数分布频率与累计频率(图 5).

总体来看,居住小区到公共服务设施点的平均可达时间为 56.23 min, 61.03% 的居住小区分布在平均可达时间范围内. 从时间段的累积频率来看, 67.63% 的居住小区平均可达时间在 60 min 内, 82.62% 的居住小区在 70 min 内, 95.45% 的居住小区到达所有公共服务设施的平均可达时间在 90 min 内. 从各平均可达时间段内居住小区分布频率来看, 30~50 min 时间段内居住小区分布最广, 占居住小区总数的 45.51%; 其次是 50~70 min 时间段, 占小区总数的 37.12%; 70~90 min 与 90~110 min 时间段内的居住小区分别占 12.82% 和 4.03%; 仅 0.52% 的居住小区平均可达时间 110 min 以上.

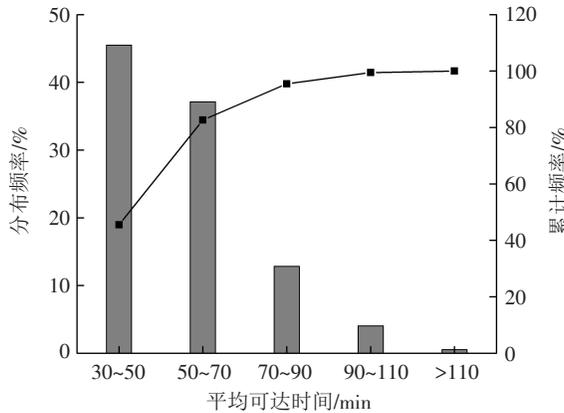


图5 居住小区平均可达时间等级分析图

Fig.5 The grade analysis diagram of the average accessibility timeliness in resident area

2.2.2 各类型公共服务设施的平均可达性 以居住小区为源点,各类型公共服务设施点为目的,计算各居住小区到达各类公共服务设施的平均可达时间,并以 20 min 为时间间隔将平均可达时间划分为五个时间段,依次对应“高”、“较高”、“中等”、“较低”、“低”五个等级. 根据公式(3)计算得到居住小区到各类公共服务设施的平均可达时间,结果如表 3、表 4 所示.

表3 居住小区到各类公共服务设施的平均可达性分类统计分析

Tab.3 The classification statistical analysis of the average accessibility in resident areas to all kinds of public service facilities

平均可达时间等级/min	占居住小区总数的比重/%				累积频率/%			
	医院	超市	文化设施	中学	医院	超市	文化设施	中学
30~50(高)	59.23	42.05	44.81	42.95	59.23	42.05	44.81	42.95
50~70(较高)	26.41	40.00	38.08	39.42	85.64	82.05	82.89	82.37
70~90(中等)	11.35	13.21	12.31	12.76	96.99	95.26	95.2	95.13
90~110(较低)	2.63	4.23	4.22	4.29	99.62	99.49	99.42	99.42
>110(低)	0.38	0.51	0.58	0.58	100	100	100	100
0~60	75.06	66.09	67.05	66.22				

由表 3 可知,居住小区到各类公共服务设施的平均可达时间水平较高, 95% 以上的居住小区到达各类型公共服务设施的平均可达时间均处于中等及以上水平. 从各平均可达时间等级内分布的居住小区数量来看, 到达同类型服务设施的居住小区数量差异显著, 到达不同类型服务设施的居住小区数量差异不明显. 居

住小区到医院、超市、文化设施、中学的平均可达时间等级中,高等级的居住小区占比依次为59.23%、42.05%、44.81%和42.95%,到医院的高等级居住小区占比最高,这从侧面表明医院主要分布于城市核心区;较高等级的居住小区占比依次为26.41%、40%、38.08%和39.42%,在4个较高等级时间段中,到超市的居住小区占比最高,到医院的最低,二者相差13.59%;低等级的居住小区占比为文化设施与中学最高,医院最低,最高与最低仅相差0.2%。总而言之,居住小区到各类公共服务设施的平均可达时间等级中,高等级的居住小区占比均最高,并依次递减。

表4 居住小区到各类公共服务设施的平均可达性

Tab.4 The average accessibility in resident areas to all kinds of public service facilities

目的地	医院	超市	文化设施	中学
平均可达时间/min	50.76	57.85	57.09	57.56

本文进一步统计了平均一小时内可到达各类服务设施的居住小区占比,其中,到医院的居住小区占比最高,为75.06%;到文化设施的居住小区占比位居其次,为67.05%;到中学和超市分居第三与第四,二者分别为66.22%和66.09%。经过计算还发现,在一小时内可到达各类公共服务设施的居住小区中,大约有50%均分布于老城区,占一小时内可到达各类公共服务设施的居住小区的比例在67%~75%之间。从居住小区到各类型公共服务设施的平均可达性来看(表4),到医院的平均可达性最好,为50.76 min,到超市、文化设施与中学的平均可达性差异较小,三者在57~58 min之间。

3 结论

研究分析了贵阳市医院、超市、文化设施和中学四种类型公共服务设施点的空间分布格局特征,构建平均可达性指标,对不同类型的公共服务设施公共交通可达性进行了分析,相关结论如下:

1)空间点格局分析结果表明:四类城市公共服务设施点空间分布集聚特征显著,集聚强度由强到弱排序为超市>中学>医院>文化设施;总体上呈城市核心区密集、外围区域稀疏的分布特征,具有明显的公共交通指向性,呈“Y”字形的空间分布形态。

2)医院、超市、文化设施和中学四类公共服务设施的空间分布形态特征均由城市核心区向外围呈现梯度密度递减的格局,“中心-边缘”圈层分布差异显著,主要分布在距离大十字16 km范围内。四类公共设施的分布方向基本一致,均呈南北方向分布,与城市化扩展方向与人口分布基本吻合。

3)居住小区到总体公共设施的可达时间为56.23 min,61.03%的居住小区平均可达时间优于平均水平,67.63%的居住小区平均可达时间在一小时内;居住小区到医院的平均可达性最好,到其他三类公共设施的可达时间相当,平均可达性由强到弱排序为医院>超市>文化设施>中学。

结合贵阳市公共服务设施空间分布格局及其公共交通可达性的研究结果,给出以下优化建议:①对于各类公共设施不均衡分布,政府应深化合理布局,引导公共设施配置与城市化进程同步、协调发展;②对于城市外围可达性较差的居住小区,则亟须优化居住小区周边的公共交通状况,例如缩短发车间隔、新建公交线路、提高发车频率等,以改善居民的出行效率,提高公共设施可达性水平;再次,加快贵阳市轨道交通的建设步伐,丰富公共交通系统结构。

参考文献:

- [1] 程顺祺,祁新华,金星星,等. 国内外公共服务设施空间布局研究进展[J]. 热带地理, 2016, 36(1): 122-131.
- [2] 宋正娜,陈雯,袁丰,等. 公共服务设施区位理论及其相关研究述评[J]. 地理科学进展, 2010, 29(12): 1499-1508.
- [3] 李平华,陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望[J]. 地理科学进展, 2005, 24(3): 69-78.
- [4] TEITZ M B. Toward a theory of urban public facility location [J]. Papers in Regional Science, 1968, 21(1): 35-51.
- [5] BIGMAN D, REVELLE C. The theory of welfare considerations in public facility location problems[J]. Geographical Analysis, 1978, 10(3): 229-240.

- [6] WOLPERT J. Regressive siting of public facilities[J]. *Natural Resources Journal*, 1976, 16(1): 103-115.
- [7] PACIONE M. Access to urban services—the case of secondary schools in Glasgow [J]. *The Scottish Geographical Magazine*, 1989, 105(1): 12-18.
- [8] 约翰斯顿 R J. 人文地理学词典[M]. 柴彦威,蔡运龙,顾韩林,等,译. 北京:商务印书馆,2004.
- [9] LOBER D J. Why not here?: the importance of context, process, and outcome on public attitudes toward siting of waste facilities[J]. *Society and Natural Resources*, 1996, 9(4): 375-394.
- [10] HART J T. The inverse care law[J]. *The Lancet*, 1971, 297(7696): 405-412.
- [11] SCOTT D, JACKSON E L. Factors that limit and strategies that might encourage people's use of public parks [J]. *Journal of Park and Recreation Administration*, 1996, 14(1): 1-17.
- [12] 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, 25(3): 78-83.
- [13] 陈伟东,张大维. 中国城市社区公共服务设施配置现状与规划实施研究[J]. *人文地理*, 2007(5): 29-33.
- [14] 张婧,李诚固,周国磊,等. 长春市公共服务设施用地演变格局与机制[J]. *地理学报*, 2015, 70(12): 1939-1952.
- [15] HANSEN W G. How accessibility shapes land use[J]. *Journal of the American Planning Association*, 1959, 25(2): 73-76.
- [16] 黄安,许月卿,刘超,等. 基于可达性的医疗服务功能空间分异特征及其服务强度研究——以河北省张家口市为例[J]. *经济地理*, 2018, 38(3): 61-71.
- [17] 曾文,向梨丽,李红波,等. 南京市医疗服务设施可达性的空间格局及其形成机制[J]. *经济地理*, 2017, 37(6): 136-143.
- [18] 陈晨,修春亮. 基于交通网络中心性的长春市大型综合医院空间可达性研究[J]. *人文地理*, 2014, 29(5): 81-87.
- [19] 张鲜鲜,李久生,赵媛,等. 南京市高级中学可达性及空间分布特征研究[J]. *测绘科学*, 2015, 40(11): 111-114.
- [20] 韩艳红,陆玉麒. 教育公共服务设施可达性评价与规划——以江苏省仪征市高级中学为例[J]. *地理科学*, 2012, 32(7): 822-827.
- [21] 李小马,刘常富. 基于网络分析的沈阳城市公园可达性和服务[J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1554-1562.
- [22] 姚雪松,冷红,魏冶,等. 基于老年人活动需求的城市公园供给评价——以长春市主城区为例[J]. *经济地理*, 2015, 35(11): 218-224.
- [23] 宋正娜,陈雯,张桂香,等. 公共服务设施空间可达性及其度量方法[J]. *地理科学进展*, 2010, 29(10): 1217-1224.
- [24] 桑丽杰,舒永钢,祝炜平,等. 杭州城市休闲绿地可达性分析[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(6): 950-957.
- [25] 王松涛,郑思齐,冯杰. 公共服务设施可达性及其对新建住房价格的影响——以北京中心城为例[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(6): 78-85.
- [26] 侯松岩,姜洪涛. 基于城市公共交通的长春市医院可达性分析[J]. *地理研究*, 2014, 33(5): 915-925.
- [27] 汪德根,孙枫,刘昌雪,等. 公共交通系统对城市游憩空间格局影响——以苏州城区为例[J]. *旅游学刊*, 2017, 32(10): 78-90.
- [28] 刘倩,李诚固,申庆喜,等. 长春市医疗设施空间格局与演变特征[J]. *经济地理*, 2017, 37(7): 139-145.
- [29] 车冰清,简晓彬,陆玉麒. 江苏省商业网点的空间分布特征及其区域差异因素[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(8): 1060-1068.
- [30] 汤国安,杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006:258-259.
- [31] 蒋海兵,张文忠,韦胜. 公共交通影响下的北京公共服务设施可达性[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(10): 1239-1249.

(编辑 张松林)