

黄焕春,陈逸伦,邓鑫,等. 基于 GIS 大数据的北京市公园可达性分析[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2021, 36(1): 30-36. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.01.005

HUANG H C, CHEN Y L, DENG X, et al. Accessibility Analysis of Beijing Parks Based on GIS Big Data [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2021, 36(1):30-36. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.01.005

基于 GIS 大数据的北京市公园可达性分析

黄焕春,陈逸伦,邓鑫,刘伟,许浩*,范文浩

(南京林业大学 风景园林学院,江苏 南京 210037)

摘要:城市公园作为居民可接触到的主要休憩娱乐场所,对城市居民的身心健康与社会可持续发展都起着重要作用,然而城市的快速发展却与居民对绿色空间的需求之间产生了巨大的矛盾.文章以北京市六环以内城市公园作为研究对象,运用 GIS 网络分析法结合道路、建筑、人口等大数据对北京市二环—六环不同环线内城市公园的可达性及其服务状况进行研究.结果表明:(1)整体上,公园步行可达面积比为 35.76%,公园自行车可达面积比为 53.42%;公园分布状况、数量、面积大小均未达到理想状态,公园可达性水平与城市居民对公园游憩功能需求之间的矛盾仍很严重,公园可达性仍有较大提升空间.(2)二环以内与三环—四环地区公园步行与自行车可达性最好;二环—三环与五环—六环公园步行可达性最差;二环—三环、三环—四环、五环—六环公园自行车可达性较为接近.(3)公园可达面积比与公园服务人口 2 个指标,可作为评价城市公园整体可达性与服务状况的指标.在城市各环区之间,采用公园可达面积比评价公园整体可达性,公园可达人口比评价公园服务状况.针对北京目前公园服务功能不足与城市居民日益增长的服务需求之间的矛盾关系,结合北京市公园可达性特点与服务功能现状,建议从构建住区—公园的城区慢行绿道系统与公共自行车交通网络两方面缓解上述矛盾.

关键词:可达性;网络分析法;城市公园;GIS;大数据

中图分类号:TU984 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2021)01-0030-07

Accessibility Analysis of Beijing Parks Based on GIS Big Data

HUANG Huanchun, CHEN Yilun, DENG Xin, LIU Wei, XU hao, FAN Wenhao

(College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: As the main recreational place for urban residents, urban parks play an important role in the physical and mental health of urban residents and the sustainable development of society. However, the rapid development of the city has a huge contradiction with the residents' demand for the green space. The city parks within the sixth ring road of Beijing was taken as the research object, GIS network analysis combined with roads, buildings, population and other big data was used to study the accessibility and service status of the urban parks within the second to the sixth ring road in Beijing. The results show that: (1) On the whole, the area ratio of park walking area is 35.76%, the area ratio of park bicycle is 53.42%, and the distribution, quantity and area of parks are not ideal. The contradiction between park accessibility and urban residents' demand for recreation function is still very severe. There is still a lot of room to improve with the scope of service. (2) The park within the second ring road and the third ring road to the fourth ring road has the best pedestrian and bicycle accessibility; the park

收稿日期:2019-03-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31600571);国家社科基金资助重大项目(13&ZD162);江苏高校品牌专业建设工程项目资助(PYZY2015A063);南林大创项目资助(2019NFUSPITP0082)

*通信作者,E-mail: 248186055@qq.com

between the second ring road to the third ring road and the fifth ring road to the sixth ring road has the worst pedestrian accessibility; the park between the second ring road to the third ring Road, the third ring road to the fourth ring road and the fifth ring road to the sixth ring road has the similar bicycle accessibility; (3) The ratio of reachable area and service population can be used as an index to evaluate the overall accessibility and service status of urban parks. The park accessibility ratio is used to evaluate the overall accessibility of the park, and the park accessibility population ratio is used to evaluate the service status of the park. In view of the contradiction between the lack of park service functions in Beijing and the increasing service demand of urban residents, combined with the current accessibility characteristics and service function status of Beijing as a park, the study suggests that the above contradiction should be alleviated from two aspects: the construction of residential area park urban slow traffic greenway system and public bicycle network.

Keywords: accessibility; network analysis; urban parks; GIS; big data

伴随着中国城市化进程的发展,大量原先以绿地为主的用地被改造成以硬质地面为主的住宅和商业区^[1].然而,随着社会的飞速发展,城市居民的精神文化需求日益增长,城市居民对具有自然景观元素和休闲游憩场所的城市公园的需求与日俱增.这使得城市的快速发展与居民对于休憩娱乐的绿色空间的需求之间产生了巨大的矛盾^[2].在此情况下,以人为本规划思想和景观生态学方法对于城市公园绿地规划的功能指标研究显得尤为重要^[3],而公园可达性的研究则是其中的重要指标之一.早在 20 世纪 50 年代末, Hansen 便提出了可达性概念,他认为可达性是相互作用机会的潜在能力和克服空间分隔的愿望与能力^[4].一般认为,人们参与活动的便捷程度可以被理解为是可达性.可达性是衡量社会资源分配公平性的重要指标,而居住地与公园之间的空间距离、时间距离和经济距离被认为是影响公园可达性的主要因素^[5-6].国内外已有许多学者采用最小邻近距离法、缓冲区分析法、费用阻力法、网络分析法、累计机会法和引力模型法等方法对不同城市的公园可达性进行了研究,并得出不少有价值的研究成果^[7-15].然而现有可达性研究所涉及的人口数据多为一定区域上的人口总数,如人口普查街道水平、行政区水平等,这类数据人口聚居区尺度较大,所产生的聚集误差大,可达性研究结果精度低^[2],由于数据未能全覆盖研究区域,导致结论也相应出现了偏差.因此,尹海伟等学者结合城市地形图和人口普查数据,建议在我国城市绿地可达性研究中选择房屋和居住小区尺度^[16].

本文以北京市六环以内的城市公园作为研究对象,基于已获得的北京市基础设施大数据,提取出路网数据、建筑数据、人口数据等数据,并通过遥感解译绘制出北京市六环以内的公园分布情况.然后运用 GIS 网络分析法对北京市不同环线内城市公园的可达性以及服务状况进行研究,以期通过更加精确全面的基础数据分析出多种可达性指标研究,得出能够代表北京市公园可达性现状的研究结论,为类似城市公园布局优化提供一些参考.

1 研究数据与方法

1.1 研究方法

1.1.1 网络分析法

网络分析(Network Analysis) 是对地理网络、城市基础设施网络进行地理化和模型化,其理论基础是图论和运筹学,主要用于资源的最佳分配,最短路径的寻找等.该方法以道路网络为基础,建立 GIS 网络数据集,计算按照某种交通方式(步行、自行车、公交车或自驾车),城市公园在某一阻力值下的覆盖范围.该方法以市民进入公园的实际方式更准确地反映市民进入公园这一过程,克服了直线距离不能识别可达过程中的障碍和费用加权距离法对分类城市景观赋以相对阻力所产生的阻力衡量误差.计算过程基于矢量数据,克服了费用加权距离法中由于栅格数据所产生的粒度效应.

1.1.2 评价指标

根据《国家园林城市标准》《公园设计规范》《城市绿地设计规范》,以及城市设计规划相关原理和技术要求,大于 0.5 hm² 的公园是城市居民重要的游憩场所,城市居民一般采用步行或骑车的交通方式到达.因此,本文公园可达性主要从步行与自行车 2 个方面考虑.根据相关学者的调查研究,城市居民到达公园

花费时间的日平均容忍阈值为自行车行驶时间小于 18 min, 步行时间小于 30 min^[17]. 本文根据此指标, 结合相关文献研究^[18], 采取的自行车时间 0~15 min, 行车速度 200 m/min; 步行时间 0~30 min, 步行速度 60 m/min, 作为计算北京公园城市可达性的指标. 本文提出了公园步行可达面积比与公园自行车可达面积比、公园步行服务人口比与公园自行车服务人口比 4 项指标, 结合式(1)~式(4), 对北京城市公园可达性进行分析.

$$\text{公园步行可达面积比} = \frac{\text{公园步行可达面积}}{\text{研究区总面积}} \times 100\%; \quad (1)$$

$$\text{公园步行服务人口比} = \frac{\text{公园步行可达人口}}{\text{研究区总人口}} \times 100\%; \quad (2)$$

$$\text{公园自行车可达面积比} = \frac{\text{公园自行车可达面积}}{\text{研究区总面积}} \times 100\%; \quad (3)$$

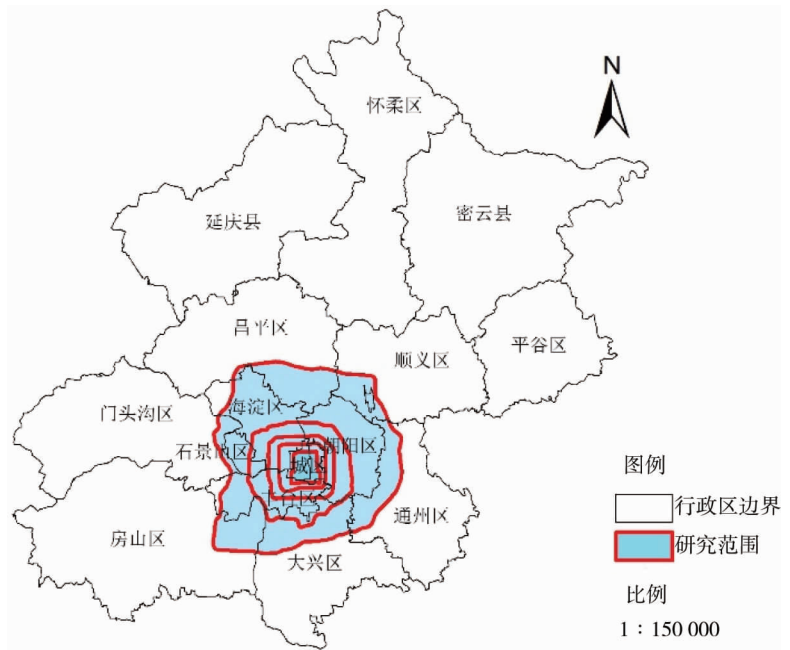
$$\text{公园自行车服务人口比} = \frac{\text{公园自行车可达人口}}{\text{研究区总人口}} \times 100\%. \quad (4)$$

1.2 数据来源

本研究的城市道路数据为 1:2 000 北京市六环范围以内 shp 格式矢量地图数据, 该数据由城市主干道、次干道、支路、园路等要素组成. 本研究基于北京市 1:2 000 行政地图结合 0.3 m 高分卫星高清影像, 采用人工目视解译法以 ArcGIS 软件为平台绘制公园范围, 并建立了北京城市公园数据库. 数据库中包含公园面积、周长、园路等基础数据. 居住人口使用北京市 969 202 个建筑大数据分布点, 结合百度地图获取的 10 786 条居住区 POI 矢量数据, 筛选出居住区建筑点 135 485 个, 而后根据北京统计年鉴(2016)^[19] 中北京市人均居住面积结合居住区基地面积、建筑高度等基础大数据反推得出.

1.3 研究区概况

北京市地形呈由西北高向东南逐渐降低趋势, 气候为典型的北温带半湿润大陆性季风气候, 夏季高温多雨, 冬季寒冷干燥, 春、秋短促. 北京在改革开放以后城市面积迅速扩张, 用地资源矛盾尤为突出, 本文选取北京人口最为集中的六环以内地段进行研究(见图 1), 研究总面积 2 257.01 km², 其中涵盖了城区、朝阳区、海淀区、丰台区、石景山区等多个行政区域.



2 结果与分析

2.1 六环内公园整体可达性

本文通过 GIS 建立可达性交通网络, 结合北京市道路数据、居住区数据、人口数据等基础大数据, 运用网络分析法计算北京市六环内公园步行与自行车可达面积, 并使用 ArcGIS 软件进行可视化表达, 结果见图 2 和图 3.

公园步行与自行车可达总面积分析结果显示(见表 1): 公园步行可达面积总计为 807.09 km², 自行车可达面积总计为 1 205.71 km², 分别占研究区面积的 35.76% 和 53.42%. 六环内近 65% 的行政区范围无法在 30 min 内到达较大公园, 近 46% 的行政区范围无法在 15 min 骑行时间内到达附近较大公园. 分析结果表明六环范围以内北京城市公园的整体可达性并不理想, 城市公园的总面积、分布合理程度都有较大的提升空间.

以最短出行时间为基准进行分析,步行0~10 min可达面积与自行车0~5 min可达面积为187.9和465.92 km²(见表1),仅占研究区域面积的8.32%和20.63%。这表明北京市六环以内的城市公园仅少部分可以为城市居民提供最为便捷的服务,大量城市公园需要通过20~30 min左右的步行或10~15 min的自行车行驶才可到达。因此,城市公园的便捷服务能力仍需加强。

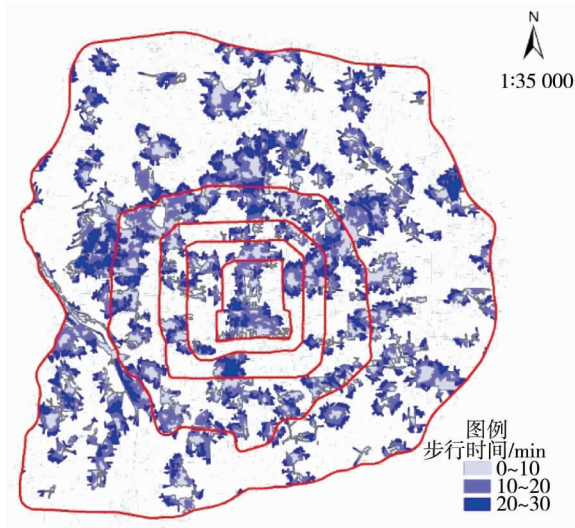


图2 公园步行可达性分布

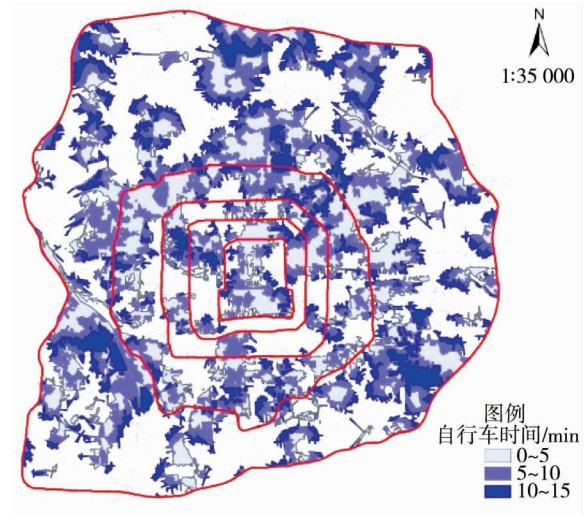


图3 公园自行车可达性分布

从自行车与步行可达面积的对比上来看(表1),自行车0~5,5~10 min可达公园面积(465.62,421.92 km²)远高于步行0~10,10~20 min可达公园面积(187.79,272.63 km²)。这表明在道路系统完善且路网发达的北京城区,自行车较步行有更加便利的速度优势,因此使用自行车前往路途较近的公园相较于步行更加节约时间成本。而自行车10~15 min则与步行20~30 min可达公园面积大致相似,结果显示随着路况的进一步复杂,自行车在稍长的行程(10~15 min)中与步行(20~30 min)所覆盖的范围没有明显区别,在20~30 min步行路途中公园步行可达面积(346.67 km²)略高于自行车10~15 min行程中的公园自行车可达面积(318.17 km²)。但从总体上来说,自行车出行在中短途出行中(步行20 min以内)优势明显,因此采用自行车出行是提升研究区域内公园可达性较为便捷的途径。

表1 公园可达性面积指标

出行区域	步行可达范围/km ²				自行车可达范围/km ²			
	<10 min	10~20 min	20~30 min	合计	<5 min	5~10 min	10~15 min	合计
二环以内	9.25	13.46	11.10	33.81	17.12	13.45	11.86	42.43
二环—三环	8.90	13.16	13.16	35.22	15.50	15.05	15.60	46.15
三环—四环	12.74	28.76	32.39	73.89	22.00	25.18	21.10	68.28
四环—五环	54.74	68.03	71.41	194.18	90.37	89.34	67.95	247.66
五环—六环	102.16	149.22	218.61	469.99	320.63	278.90	201.66	801.19
合计	187.79	272.63	346.67	807.09	465.62	421.92	318.17	1 205.71

2.2 不同环线可达性比较

由于北京市城市建设发展因素导致城市环线之间面积逐级扩大^[20],所以单纯比较公园可达面积无法得出合理的研究结论。因此,本文通过结合式(1)和式(3)计算出公园可达面积,求得不同环线之间城市公园可达面积比(见表2),对不同环线内公园可达性进行比较。

由表2可以看出北京市二环内与四环—五环的地区公园可达性最好,二环以内地区公园步行可达面积比与公园自行车可达面积比分别达到了54.10%与67.89%。而四环—五环地区则达到了54.54%与69.57%。二环内有北海公园、景山公园等皇家园林遗址改造而成的大型公园^[21],四环—五环之间保留有圆明园、颐和园等皇家园林旧址,并新建有朝阳公园与奥林匹克公园等大体量公园。由于皇家园林在位置、规模、建造时间等方面是现代公园不可复制的,加之新建公园的补充,使得二环内与四环—五环的地区公园

可达性优于其他环区。

由表2可知,二环—三环与五环—六环的城市公园可达性较差,二环—三环的公园步行可达面积比仅为36.65%,而五环—六环仅为29.39%。这样的结果与北京市环线圈层扩张面积有着紧密联系。三环始建于20世纪80年代^[22],处于我国经济腾飞的初始阶段,此时城市建设者对人居环境的重视程度不高,这也不可避免的导致二环—三环的公园在数量和分布均匀程度上存在不足。而五环—六环可达性不足则与其规划范围较大有关,由于五环—六环的规划范围较其他环线出现猛增,环内虽有不少大面积公园,但公园为了保持较为均匀地分布,相互之间势必拉开了较长的间距,许多公园位置偏僻靠近环线外侧,依靠步行抵达公园较为困难。

由表2分析发现,除优势较明显的二环内与四环—五环外,二环—三环、三环—四环、五环—六环公园自行车可达面积比分别为48.02%、47.62%和50.11%,三者十分接近。对比公园步行可达面积比可以发现:二环—三环、五环—六环的公园在更大的活动范围中可达性较好。而三环—四环的自行车可达面积比低于步行可达面积比,证明三环—四环之间公园规模较小、分布较为集中,使得覆盖范围更大的自行车可达面积没有发挥出优势。

表2 公园可达性面积比指标

出行区域	步行可达面积比/%				自行车可达面积比/%			
	10 min	20 min	30 min	合计	5 min	10 min	15 min	合计
二环以内	14.80	21.54	17.76	54.10	27.39	21.52	18.98	67.89
二环—三环	9.26	13.69	13.69	36.65	16.13	15.66	16.23	48.02
三环—四环	8.88	20.06	22.59	51.53	15.34	17.56	14.71	47.62
四环—五环	15.38	19.11	20.06	54.54	25.38	25.10	19.09	69.57
五环—六环	6.39	9.33	13.67	29.39	20.05	17.44	12.61	50.11
合计	8.32	12.08	15.36	35.76	20.63	18.69	14.10	53.42

2.3 六环内公园服务人口分析

国家统计局2015年的人口调查报告显示,三环—六环间聚集了北京市57.1%的人口。这表明北京市六环内人口分布并不平均,单纯使用公园可达面积与公园可达面积比不能准确反映六环内公园的服务状况。因此本文采用北京市人口数据与公园可达面积进行叠加分析,利用式(2)和式(4)计算公园可达人口数据(见表3),以达到综合反映六环内公园服务状况的目的。

表3统计结果显示:六环内城市公园以步行30 min作为出行指标,可以服务423万人,约占居住人口的35.66%。以自行车15 min作为出行指标,可以服务626万人,约占居住人口的52.79%。这与公园步行可达面积比35.76%、公园自行车可达面积比53.42%的分析结果较为一致。而每一环区内服务人口比则与可达面积比有一定差距,例如二环—三环2个数值差距较大,这是由于各环区居住人口并非完全均匀分布所造成的,但各环区之间比例变化趋势没有发生太大变化。总体来说,公园服务人口比指标与公园可达性面积比指标二者都可以作为反映北京市六环内城市公园整体可达性与服务状况的指标,而在每个环区中则以公园可达面积比反映公园整体可达性较为准确,公园对城市居民服务状况以公园可达人口比反映公园服务状况较为准确。

表3 公园服务人口比指标

出行类型	步行(30 min)		自行车(15 min)	
	服务人口/万人	服务人口比/%	服务人口/万人	服务人口比/%
二环以内	37.91	44.59	56.69	66.67
二环—三环	59.94	22.18	81.5	30.16
三环—四环	88.76	41.58	122.47	57.37
四环—五环	109.03	48.94	145.35	65.25
五环—六环	127.57	32.27	220.47	55.77
合计	423.21	35.66	626.48	52.79

3 讨论

针对北京目前公园服务功能不足与城市居民日益增长的服务需求之间的矛盾关系,以及北京市各环线道路等基础设施已配套完善、中短期内无法进行大规模功能区划调整的事实,结合北京市目前的公园可达性特点与服务功能现状,建议从构建住区—公园的城区慢行绿道系统^[23]与公共自行车交通网络两方面去缓解上述矛盾.构建慢行绿道系统^[24]可以有效补充公园最大服务半径无法覆盖的城市地区,从一定程度上使得城市绿地可达性大幅增加,并可以使城市居民更加舒适安全的通过步行或自行车等绿色出行方式往返于北京市各公园与居住区之间(见图 4).公共自行车交通网络建立则针对目前北京市现有公园步行可达性覆盖能力不足的特点,鼓励城市居民通过更加快捷的自行车出行模式到达附近的公园(见图 5).

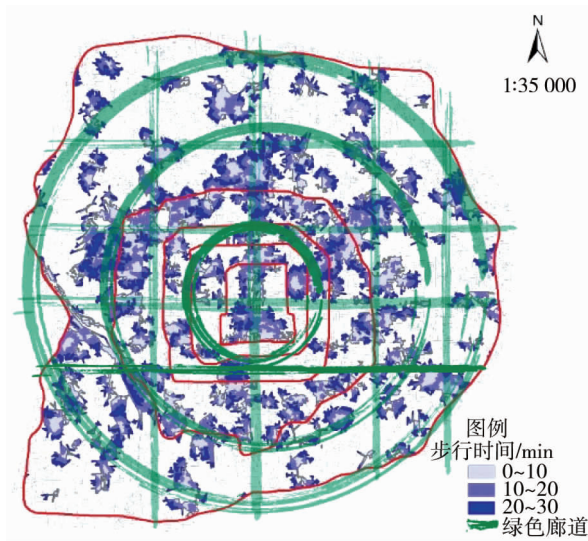


图 4 基于步行可达性的北京市慢行绿道建设构想

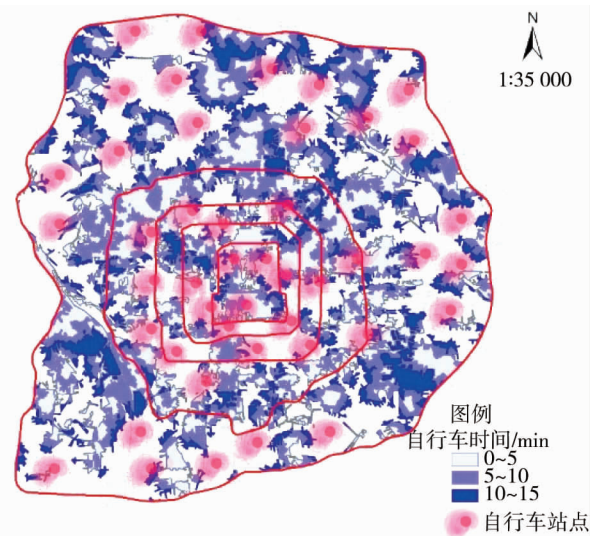


图 5 基于自行车可达性的北京市自行车站点布局构想

本研究构建了北京市公园可达性评价指标;探究了北京市六环以内城市公园步行与自行车可达性状况与服务情况,研究结果可为北京市人居环境改善与公园布局的优化调整提供一定参考.但研究仅仅分析了面积较大的城市市级公园与区级公园,忽略了对于城市居民更易到达的街头游园等休憩场所的分析,可能会低估北京市公园的可达性.同时,在人口计算上只考虑了北京市常住人口,导致人口总量计算偏小.就如何进一步精确北京市公园可达性研究,总结出北京市公园布局的改进方法等问题仍需要进一步探讨.

4 结论

1) 整体上,公园步行可达面积比为 35.76%,公园自行车可达面积比为 53.42%.总体来说,六环内公园分布状况、数量、面积大小均未达到理想状态,公园可达性水平与城市居民对公园游憩功能需求之间的矛盾仍很严重,公园可达性仍有较大提升空间.

2) 北京市各环线之间的可达性存在明显的空间差异.二环以内与三环—四环地区公园步行与自行车可达性最好;二环—三环与五环—六环公园步行可达性最差;二环—三环、三环—四环、五环—六环公园自行车可达性较为接近.

3) 公园可达面积比与公园服务人口 2 个指标,可作为评价城市公园整体可达性与服务状况的有效指标,能够区分城区之间的内部可达性差异特征.

参考文献:

- [1] 黄焕春,运迎霞,江梦诗,等.硬化地面增强夏季热岛的敏感尺度和预警参数分析[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2016,31(3):102-108.
- [2] 刘常富,李小马,韩东.城市公园可达性研究——方法与关键问题[J].生态学报,2010,30(19):5381-5390.

- [3] 李博, 宋云, 俞孔坚. 城市公园绿地规划中的可达性指标评价方法[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2008, 44(4):618-624.
- [4] Hansen W G. How accessibility shapes land use[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2):73-76.
- [5] Witten K, Hiscock R, Pearce J, et al. Neighbourhood access to open spaces and physical activity of residents: A national study[J]. *Preventive Medicine*, 2008, 47(3):299.
- [6] 高兴, 秦华. 基于可达性的山地城市公园绿地服务范围分析及布局优化——以万盛经济技术开发区为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(5):54-59.
- [7] Ries A V, Voorhees C C, Roche K M, et al. A quantitative examination of park characteristics related to park use and physical activity among urban youth[J]. *Journal of Adolescent Health*, 2009, 45(3):S64-S70.
- [8] 黄焕春, 陈逸伦, 邓鑫, 等. 基于地理设计的城市扩张与生态安全格局的协调优化研究——以天津滨海新区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2019, 34(3):69-75.
- [9] 李文, 张林, 李莹. 哈尔滨城市公园可达性和服务效率分析[J]. 中国园林, 2010, 26(8):59-62.
- [10] 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.
- [11] Xing L, Liu Y, Liu X. Measuring spatial disparity in accessibility with a multi-mode method based on park green spaces classification in Wuhan, China[J]. *Applied Geography*, 2018, 94:251-261.
- [12] Xiao X, Aultman-Hall L, Manning R, et al. The impact of spatial accessibility and perceived barriers on visitation to the US national park system[J]. *Journal of Transport Geography*, 2018, 68:205-214.
- [13] Setola N, Marzi L, Torricelli M C. Accessibility indicator for a trails network in a Nature Park as part of the environmental assessment framework[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2018, 69:1-15.
- [14] 赵兵, 李露露, 曹林. 基于 GIS 的城市公园绿地服务范围分析及布局优化研究——以花桥国际商务城为例[J]. 中国园林, 2015, 31(6):95-99.
- [15] 施拓, 李俊英, 李英, 等. 沈阳市城市公园绿地可达性分析[J]. 生态学杂志, 2016, 35(5):1345-1350.
- [16] 孙振如, 尹海伟, 孔繁花. 不同计算方法下的公园可达性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(s1):162-165.
- [17] Xu M, Xin J, Su S, et al. Social inequalities of park accessibility in Shenzhen, China: The role of park quality, transport modes, and hierarchical socioeconomic characteristics[J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 62: 38-50.
- [18] Xing L, Liu Y, Liu X. Measuring spatial disparity in accessibility with a multi-mode method based on park green spaces classification in Wuhan, China[J]. *Applied Geography*, 2018, 94: 251-261.
- [19] 北京市统计局. 北京统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1980.
- [20] 李磊, 刘晓明, 张玉钧. 二环城市快速路与北京城市发展[J]. 城市发展研究, 2014, 21(7):32-41.
- [21] 李东泉, 韩光辉. 1949年以来北京城市规划与城市发展的关系探析——以1949-2004年间的北京城市总体规划为例[J]. 北京社会科学, 2013(5):144-151.
- [22] 匡文慧, 邵全琴, 刘纪远, 等. 1932年以来北京主城区土地利用空间扩张特征与机制分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(4):428-435.
- [23] ALONSO MONASTERIO FERNÁNDEZ M L, Alonso-Monasterio Fernández P, Viñals Blasco M. 'Natusers' motivations and attitudes in urban green corridors: Challenges and opportunities. Case study of the Parc Fluvial del Túria (Spain)[J]. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 2015, 68(2): 369-383.
- [24] Cannas I, Zoppi C. Ecosystem services and the natura 2000 network: a study concerning a green infrastructure based on ecological corridors in the metropolitan city of Cagliari [C]//International Conference on Computational Science and Its Applications. Springer, Cham, 2017: 379-400.