

郑州市主城区公园绿地与居民人口分布均衡性研究

邢露华,王永强,刘曼舒,段彦博,田国行*

(河南农业大学 林学院,河南 郑州 450002)

摘 要:以郑州市主城区公园可达性、绿地服务水平、区位熵为公园绿地与人口分布均衡性评价的定量指标,采用层次分析法,构建综合指标评价体系,分析了公园绿地与居民人口分布的均衡性。结果表明:1)综合指标分析得出,主城区内6个区公园绿地服务效率差异较大,郑东新区综合值最高,为0.694,公园服务效率远高于其他各区,服务重叠率较高;其他老城区综合评价普遍较低,惠济区最差,为0.139,服务效果差距较大,公园绿地与人口分布严重失衡。2)反映公园绿地可达性的网络分析显示:3种交通方式下出行5 min内,惠济区可达性最差,郑东新区最好。3)现状公园绿地在500、1 000 m服务范围内,管城区服务效率最差,郑东新区最好;按照《郑州市城市总体规划(2012—2030)》中新增居住区,惠济区公园绿地的服务水平在500、1 000 m范围内将分别下降30%、44%,忽略了新增绿地与新增居住区的同步发展匹配。4)各主城区公园绿地的区位熵差距悬殊,表明郑州市主城区公园绿地与居民人口分布极不均衡,郑东新区最高是金水区的154.1倍,前者人均公园绿地面积是金水区151.7倍。该研究结果将为今后的城市总体规划调整和公园绿地布局建设提供科学依据。

关键词:郑州市主城区;公园绿地;居民人口分布;均衡性;综合评价

中图分类号:S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2020)03-0258-08

Evaluation on the Balance of Park Greenspace and Residential Population Distribution in the Major Urban Area of Zhengzhou City

XING Lu-hua, WANG Yong-qiang, LIU Man-shu, DUAN Yan-bo, TIAN Guo-hang*

(Forestry College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: The balance between park greenspace layout and residential population distribution is one of the important indicators to measure the service function of park greenspace, and an important basis for evaluating the quality of urban residential environment. Taking the location entropy, accessibility and greenspace service level of the parks in the major urban area of Zhengzhou City as the quantitative indexes for evaluating the balance of park greenspace and residential population distribution, the analytic hierarchy process was used to construct a comprehensive index evaluation system, and the equilibrium of park greenspace and residential population distribution was analyzed. The results showed that 1) based on the comprehensive index analysis, there existed great differences in the service efficiency of the park greenspace among the six districts in the major urban area at Zhengzhou City, the comprehensive value of Zhengdong New District was 0.694, the service efficiency of the park greenspace was much higher than other districts, and the service overlap rate was higher than other districts; the comprehensive evaluation values of other old districts were generally low, and the lowest value was 0.139 for Huiji District, where the park greenspace and residential population distribution was seriously out of balance. 2) Accessibility to the park greenspace dis-

收稿日期:2019-07-12 修回日期:2019-08-19

基金项目:国家自然科学基金(5180082430);城乡绿地资源调控与景观生态设计学科创新引智基地项目(GXJD006)。

作者简介:邢露华。研究方向:城乡绿地资源调控。E-mail:1641667719@qq.com

* 通信作者:田国行,教授,博士,博士生导师。研究方向:城乡绿地资源调控。E-mail:tgh0810@163.com

played by network analysis showed that within five minutes of travel under three modes of transportation, the accessibility to the park greenspace of Huiji District was worst, and that of the Zhengdong New District was best. 3) Within the service ranges of 500 m or 1 000 m, the service efficiency of the current park greenspace of Guancheng District was worst, whereas that of Zhengdong New District was best. According to the “General Development Plan of Zhenzhou (2012—2030)”, the newly to be established residential area would make the service levels of the park greenspace in the ranges of 500 and 1 000 m at Huiji District drop by 30% and 44%, respectively, because the plan ignored the match of new greenspace with the new residential area to be established. 4) Wide disparity in location entropy was observed, indicating that there was an extreme disequilibrium between park greenspace and residential population distribution in the major urban area of Zhengzhou City. The highest level of location entropy at Zhengdong New District was 154.1 times that of Jinshui District, and the per capita park area of the former was 151.7 times that of the latter. The results of this study would provide a scientific basis for future urban master planning adjustment and park green space layout.

Key words: major urban area of Zhengzhou City; park greenspace; residential population distribution; balance; comprehensive evaluation

公园绿地是城市重要的公共资源,是人们休闲、游憩的重要场所,在提升城市形象和传承地域文化,实现城市可持续发展和建设“和谐宜居城市”中发挥着重要作用^[1]。“城市绿化覆盖率”、“城市绿地率”和“人均公园绿地面积”等数量指标可在一定程度上反映一个区域总体的绿化水平,还应该兼顾城市绿地空间布局、绿地生态系统服务功能和资源享用的社会均衡性。目前关于公园绿地空间布局的研究逐渐从总量转向服务公平性问题^[2],主要集中在公园可达性^[3-4]、覆盖水平^[5-6]、选择性水平^[7-8]、区位分配^[7,9]、享有水平^[2,10]等方向,缺少评估与人口分布均衡性方面的研究。公园绿地资源与人口分布不协调会损害公众福祉,影响社会发展。为了避免城市绿地资源出现使用效率较低或供不应求的现象,需要对城市公园绿地与人口分布的均衡性进行准确有效的评价,进而促进城市化的进程和转型^[11]。本研究利用层次分析法将公园可达性分析、绿地服务水平、区位熵等多个影响因子进行定量分析,建立综合指标评价体系,探讨郑州市公园绿地分布及公园规模是否满足市民需求,以期为郑州市的良好人居环境和公园城市建设提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 研究区概况

郑州是河南省省会,国家中心城市,坐拥嵩山、紧临黄河,地理位置优势显著^[12]。本研究的区域为二七区、金水区、管城区、中原区、惠济区和郑东新区在内的郑州市主城区(图 1),截止到 2017 年,郑州市主城区面积 1 010.3 km²,结合《郑州市城市总体规划(2012—2030)》和《郑州市城市绿地系统规划(2013—

2020)》,统计现有公园绿地面积 3 984.17 hm²。依据《郑州市 2017 年统计年鉴》,郑州市主城区人口基数 491.3 万,金水区 137 万余人,惠济区 29.2 万人,管城回族区 80.1 万人,中原区 103.4 万人,二七区 79.2 万人,郑东新区 62.4 万人。

1.2 数据来源及处理

以 2017 年 7 月精度为 0.8 m 的高分二号卫星遥感影像为参考,借助 ArcGIS 平台提取郑州市主城区公园绿地、公园绿地入口空间数据,城市路网(主干道、次干道、重要城市支路以及各类交通基础设施)和居住区空间数据(图 2),构建矢量数据库,并结合百度地图及现状调查,对所有数据进行修正。

2 研究方法

2.1 指标体系构建

首先以公园绿地可达性分析、服务水平、区位熵 3 个单影响因子对城市公园绿地与人口匹配程度进行评估分析。然后,采用层次分析法对郑州主城区公园绿地与人口的均衡性做出综合评价。

2.2 指标体系量化

2.2.1 可达性——网络分析模型构建 网络分析模型主要由一组链、节点、中心源点和阻力等基本元素按一定拓扑关系彼此连接而成^[13-14]。链是具有一定长度(道路)的网络元素,2 条或 2 条以上链的交汇点即为节点,通过节点可以实现几条链间的交互。阻力即某一位置(居住区等)通过链到达某中心源点(公园入口)所花费的时间成本或费用成本^[15]。基于步行、骑行、驾车 3 种交通方式下,设置人行速度为 80 m·min⁻¹,骑行 120 m·min⁻¹、驾车 400 m·min⁻¹^[16]。以公园真实入口为“源”点,开放公园选

2.2.5 层次分析法 利用国内学者开发的YAAHP软件来计算各指标权重^[19],各指标的数值、单位不同,故将评价指标数值采用Min-Max标准化处理。

$$A_i = \frac{a_i - a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}} \tag{4}$$

式中, A_i 为标准化后结果; a_i 为各指标原有数值; a_{\max} 与 a_{\min} 为同一指标中的最大值与最小值。

3 结果与分析

3.1 分析不同出行方式下的空间可达性结果

基于 GIS 网络分析,得到不同出行方式下的公园绿地的可达性,结合郑州市主城区居住区现状情况,得到不同区域内公园绿地服务范围及覆盖居住

区的范围。

对 3 种交通方式下公园绿地可达面积比进行统计(表 1),结果表明,不同时间段内机动车公园可达性最好,其次是骑行,最后是步行。当时间区段为 0~15 min 时,机动车、骑行、步行下服务面积比依次降低。在步行交通方式下,由 5 min 到 30 min,公园服务面积比增加 38.4%,覆盖居住区范围增加 35.3%。由于城市路网的不完善、公园出入口的设置等问题,机动车方式下,出行 10 min 和 15 min 时,服务覆盖的居住区范围和服务面积增加幅度较小。无论哪种交通方式下,仍有近 21%的区域未能覆盖,说明郑州市主城区公园绿地可达性较差,不能满足居民方便快捷地到达公园^[20]。

表 1 不同出行方式下可达性结果分析

Table 1 Accessibility to the park greenspace under different modes of transportation

交通方式	时间 /min	服务面积 /hm ²	服务面积比 /%	服务居住区 面积/hm ²	服务居住区 占比/%
步行	0~5	12 475.3	12.3	5 714.8	45.8
	0~15	35 115	34.8	7 187.6	20.5
	0~30	51 246	50.7	9 619.1	18.8
骑行	0~5	40 504.8	40.1	7 031.1	17.4
	0~15	70 501.7	69.8	10 815.3	15.3
	0~30	80 182.1	79.4	10 917.4	13.6
车行	0~5	63 091.2	62.4	10 493.7	16.6
	0~10	74 515.4	73.8	10 838	14.5
	0~15	79 318.5	78.5	10 910.4	13.8

由图 3 可见,在 3 种交通方式下郑东新区可达性明显都好于其他各区,郑东新区分布着很多大中小型开放性公园,由于是新建城区,居住人口尚少,服务范围能够全覆盖居住区。但金水区、中原区等老城区人口密集,公园环境承载能力达到了极限,很多居住区在步行 30 min 才能达到最近的一处公园。甚至有庆丰街 35~46 号院、豫丰小区、生产路 6 号院等居住区在步行 30 min 还未能到达一处公园,各区公园绿地可达性差异较大,公园绿地与居民人口分布不均衡。城市中心公园绿地多以小面积的斑块分散分布,不成系统,不论是新城区绿地无人踏访或是老城区公园人满为患,都体现出公园与人口分布的均衡性差,造成这种现象的原因是随着城市的扩张,公园的建设大都在三环以外,导致绿地发展不均衡,空间分布缺乏系统的层次性。

3.2 公园绿地服务水平分析

由图 4 可见,在现状服务情况下,500 m 服务范围内,公园绿地服务居住区的比例:管城区<金水区<中原区<二七区<惠济区<郑东新区,1 000 m:管城区<二七区<金水区<惠济区<中原区<郑东新区,在 500、1 000 m 服务范围内,管城区最差,郑

东新区最好;2 000 m 范围金水区=惠济区<管城区<二七区<中原区<郑东新区。在 2 000 m 服务范围内,金水区服务效率较差,公园供给不足,惠济区有大型公园绿地但位于边缘区,可达性较差,服务效率较低。结合《郑州市城市总体规划(2012—2030)》中新增居住区分布可知,在现状绿地无法满足现状居住区的情况下,规划新增居住区更加剧了绿地分配的不均衡性,使得在 500、1 000 m 服务范围内,惠济区服务水平降幅最大分别为 30%、44%,规划中没有关注这一点;郑东新区公园绿地与人口分布趋于合理,建议城市总体规划跟随城市化脚步,提高公园绿地面积,关注城市边缘区建设。

服务重叠率是每个公园与其他公园服务范围的重叠部分占有所有公园服务范围之和^[7]。通过对郑州市公园服务重叠率的分析(图 5),郑州市公园服务范围重叠率为 50.8%;由此可见,公园分布不均衡,服务范围重叠面积大,尤其是郑东新区服务重叠率为 72.9%,存在很多的公园无人享用,但长期的管理养护却耗费了很多的财力,资源分配不均衡,而在其他各区依然存在大部分的居住区居民不方便享用现有公园绿地的情况。

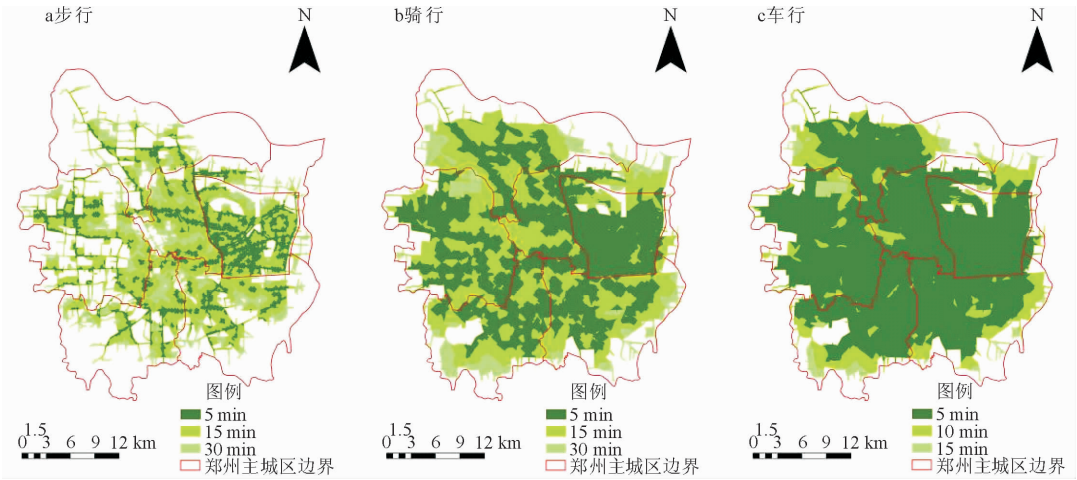


图 3 不同出行方式下公园绿地可达性

Fig. 3 Accessibility of park green space under different travel modes

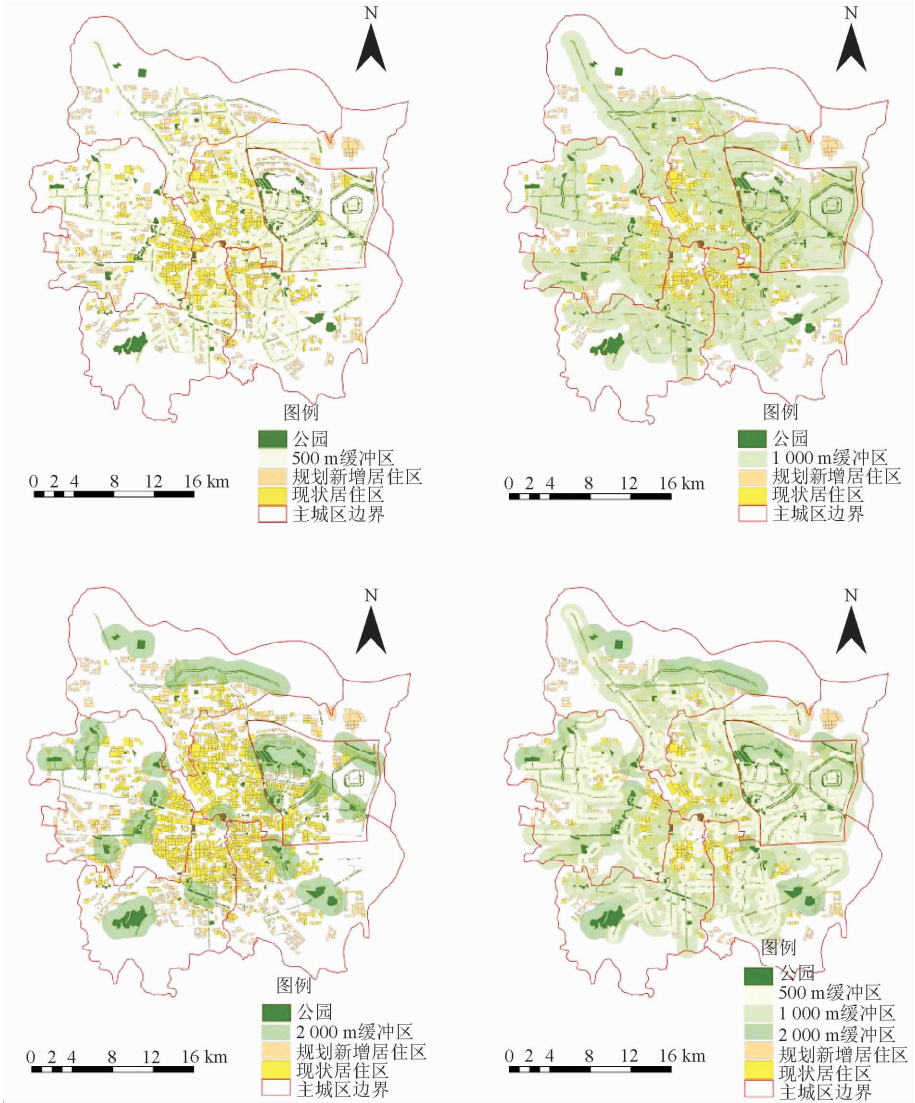


图 4 不同服务半径范围内公园绿地服务水平

Fig. 4 Park green space service level within different service radii

3.3 公园区位熵分析

由表 3 分析可得: 区位熵值郑东新区>惠济区>二七区>中原区>管城区>金水区。金水区金水区人口密集, 人均公园绿地面积远远低于郑州市平均水平, 区位熵远远<其他各区, 后期应注重金水区的公园绿地建设。中原区、管城区人口较密集, 公园

区位熵均 <1 ,人均享有公园水平 $<$ 城市平均水平。郑东新区和惠济区,人口较少,分布的有大型的综合公园,人均公园绿地面积和区位熵都远超其他各区,这是城市地段(用地条件)带来的公园规模差异,公园分布差异。郑东新区居民对公园绿地的享有水平最高,主要原因是受城市用地性质规划的影响,可用于布局公园的用地较充足,服务人数一定,故形成了规模较大的公园体系,居民享有度较高。

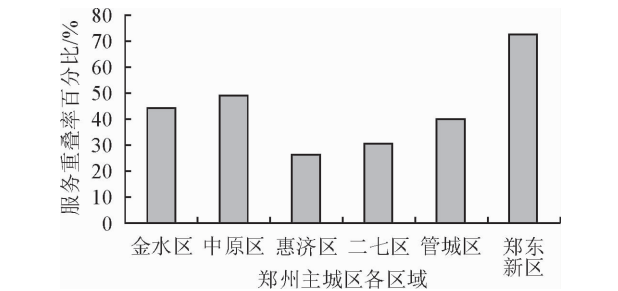


图 5 郑州市各区公园绿地服务重叠率

Fig. 5 Overlap rate of park green space services in different districts of Zhengzhou City

表 3 郑州市主城区公园区位熵分析

Table 3 Location entropy analysis of the parks in the main urban area of Zhengzhou City

区域	公园绿地面积/hm ²	人口/万	人均公园绿地面积/m ²	区位熵值
金水区	18.66	137	0.14	0.017
二七区	729.714 7	79.2	9.21	1.14
中原区	803.611 39	103.4	7.77	0.96
惠济区	406.794 4	29.2	13.95	1.72
管城回族区	458.29	80.1	5.72	0.71
郑东新区	1 326.06	62.4	21.25	2.62
总计	3 984.174 17	491.3	8.11	

3.4 基于可达性的区位熵分析

通过查阅大量文献和实地调研可得知,城市居民一般希望在出门 5~10 min 内到达一处公园^[21],现针对不同出行方式下公园区位熵计算结果分析如下(以出行 5 min 为例):

郑东新区和惠济区区位熵值等级比较高,郑东新区人口稀少,公园较多,人均公园绿地享有水平较高。惠济区人均享有公园绿地的水平高于郑州市城区总体平均水平,这有可能与惠济区内居住区分布较少,且有大型的绿源山水生态园、百汇地动漫谷、古树苑、碧源月湖公园有关,所以该区域内公园的可达性较好,区位熵值等级较高,人均享有公园绿地的水平较高(图 6)。

3.5 综合评价指标体系构建

郑州市公园绿地与人口分布的均衡性分析,利用 AHP 构建综合评价体系,分别得到可达性、服务

水平及区位熵的权重(表 4)。将数据标准化后计算得到结果(表 5),综合分析能避免行政区划和淡出以公园面积相关指标评价导致的统计缺陷,而反映出城市公园对各行政区真实的服务情况^[22]。

由表 5 可知,综合评价郑东新区 $>$ 中原区 $>$ 管城区 $>$ 二七区 $>$ 金水区 $>$ 惠济区,郑东新区综合值远高于其他各区,作为新建城区,基础设施相对完善,公园绿地服务效率最高。惠济区综合值最低,总体服务效率较差,大型公园多分布在边缘区,可达性较差,存在服务盲区。在后期城市发展建设中应注重对老城区居住环境质量的提升。

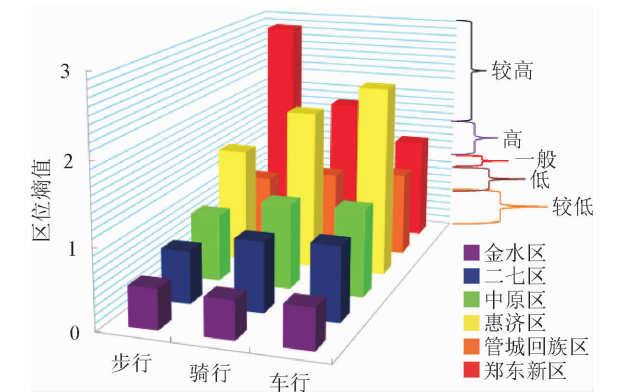


图 6 不同交通方式下各城区公园的区位熵值

Fig. 6 Location entropy of the parks in different urban areas under different modes of transportation

4 结论与讨论

4.1 结论

各区公园绿地服务水平差距较大。500 m 服务范围郑东新区 $>$ 中原区 $>$ 二七区 $>$ 金水区 $>$ 惠济区 $>$ 管城区,管城区服务效果最差,郑东新区效果最好;1 000 m:中原区 $>$ 郑东新区 $>$ 金水区 $>$ 二七区 $>$ 管城区 $>$ 惠济区;2 000 m:中原区 $>$ 管城区 $>$ 二七区 $>$ 惠济区 $>$ 郑东新区 $>$ 金水区。由《郑州市城市总体规划(2012—2030)》中新增居住区可知,在 500、1 000 m 服务范围内,惠济区服务水平降幅最大分别为 30%、44%,郑东新区趋于合理。

以 5 min 出行为标准,3 种交通方式下可达性差异较大,惠济区可达面积比均最低,郑东新区均最高;惠济区公园的利用效率最低,可达性较差,这与该区内网路不完善,存在断头路、空白区,公园入口位置等因素有关。

区位熵差距悬殊。郑东新区人均享有公园绿地面积是金水区人均享有公园绿地面积的 151.7 倍,区位熵值为金水区的 154.1 倍,新老城区差距悬殊,在响应海绵城市建设、城市双修的同时,城市有机更新的过程中更应关注公园绿地建设。

表 4 各指标权重结果
Table 4 Index weight result

指标	步行	骑行	车行	区位熵	500 m	1 000 m	2 000 m
权重	0.318 9	0.157 2	0.085 3	0.105 3	0.179 7	0.099 1	0.054 6
一致性检验	$\lambda_{\max}=4.117\ 9\ CR=0.044\ 2<0.1$			一致性检验通过	$\lambda_{\max}=3.009\ 2\ CR=0.008\ 9<0.1$		

表 5 综合指标体系评价分析
Table 5 Comprehensive index system evaluation and analysis

区域	可达性 方式	可达 面积比	权重	区位 熵值	权重	服务 水平/m	服务 面积比	权重	综合
金水区	步行	0.08	0.318 9	0.00	0.105 3	500	0.07	0.179 7	0.165
	骑行	0.36	0.157 2			1 000	0.13		
	驾车	0.66	0.085 3			2 000	0.09		
中原区	步行	0.07	0.318 9	0.36	0.105 3	500	0.03	0.179 7	0.224
	骑行	0.48	0.157 2			1 000	0.10		
	驾车	0.81	0.085 3			2 000	0.08		
二七区	步行	0.04	0.318 9	0.43	0.105 3	500	0.01	0.179 7	0.175
	骑行	0.35	0.157 2			1 000	0.05		
	驾车	0.64	0.085 3			2 000	0.02		
管城区	步行	0.06	0.318 9	0.27	0.105 3	500	0.02	0.179 7	0.186
	骑行	0.36	0.157 2			1 000	0.08		
	驾车	0.66	0.085 3			2 000	0.03		
惠济区	步行	0.00	0.318 9	0.65	0.105 3	500	0.01	0.179 7	0.139
	骑行	0.19	0.157 2			1 000	0.05		
	驾车	0.40	0.085 3			2 000	0.00		
郑东新区	步行	0.39	0.318 9	1.00	0.105 3	500	0.50	0.179 7	0.694
	骑行	0.87	0.157 2			1 000	1.00		
	驾车	1.00	0.085 3			2000	0.97		

基于可达性的区位熵分析显示:出行 5 min,步行方式下,金水区可达性的区位熵值最低,郑东新区最高;骑行、车行方式下,金水区最低,惠济区最高。

郑州市主城区公园绿地分配不均,供需矛盾大。3 个单因子分析各区各有优劣、差距不一,经综合评价,能更加客观准确地反映居民使用公园绿地的时效性与便捷性,真实反映城区不同居住区对公园绿地的需求,能更加精确有效地指导城市的总体规划。

4.2 讨论

公园与居民人口分布的均衡性关系到城市公众健康福祉。本研究构建的综合评价体系较常规的绿地率、绿化覆盖率、人均公园绿地面积等指标更强调时效性、均衡性。如何准确衡量绿地建设质量和服务效率是现在关注的重点,拟尝试构建均衡指数、时效指数,为城市准确评价绿地建设质量与服务效率提供科学的依据。

由于公园出入口设置不合理,存在服务盲区;区域路网不够完善,存在断头路、空白区和交通瓶颈,使得中心城区人口集聚的区域基于这 2 种方式的可达性较低,影响了城市居民使用公园绿地的频率,应在中心城区规划建设更多公园绿地以及增加连接大

面积公园绿地的绿色廊道。

公园布局不合理。《郑州都市区规划(2012—2030)》中将惠济区定位为未来城市生态宜居组团,规划新增居住区较多,这是绿地服务规划新增居住区比例显著下降的重要原因。从人居环境的角度及城市未来的发展来看,以金水区为首的老城区公园绿地建设投入需加大,注重公园的建设和旧城的改造相结合,强调布局的效益性、公平性和可达性。

拆墙透绿,融合共生。城市化进程中,在保护老城区城市风貌的同时,还应加强老城区绿地的更新改造,在空间上将一部分位置好、质量高的附属绿地融入到城市绿色开放空间中,建立以“融合”和“共生”为中心思想的城市绿色发展理念,既不破坏中心城区城市风貌和耗费大量的资金,又能够满足人民群众休闲游憩的需求。

公园与居民人口均衡性揭示出城市发展过程中公共服务水平的匹配程度,能推动政府将绿地和资金投入 to 城市需求最大的区域,细化城市总体规划及绿地系统规划,为打造良好的人居环境提供科学依据。在之后的研究中会通过模拟新增公园位置与人口需求情况,优化公园布局,继续研究附属绿地开

放度与人口的耦合度,提升城市人居环境的质量。

参考文献:

[1] 顾芳.城市公园绿地人性化理念探索与实践——以上海南园滨江绿地设计为例[J].西北林学院学报,2013,28(5):211-215.
GU F. Exploration and practice of humanization concept of urban park green space—taking Shanghai Nanyuan riverside green space design as an example[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(5):211-215. (in Chinese)

[2] 杨辉,张晓荣.社会公平理念下城市公园绿地空间布局方法研究——以陕西省子长县城为例[J].现代城市研究,2018(9):77-83.

[3] 李俊英,施拓,闫红伟,等.基于可达性的沈阳市城市绿地景观格局优化[J].西北林学院学报,2016,31(3):285-290.
LI J Y,SHI T,YAN H W,*et al.* Optimization of urban green space landscape pattern based on accessibility in Shenyang City [J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(3):285-290. (in Chinese)

[4] 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.
CHEN Q X,HOU Y,WU S. Evaluation of accessibility of Shaoxing urban park green space from the perspective of opportunity fairness [J]. Geography Science,2016,36(3):375-383. (in Chinese)

[5] 梁颖严,肖荣波,廖远涛.基于服务能力的公园绿地空间分布合理性评价[J].中国园林,2010,26(9):15-19.
LIANG H Y,XIAO R B,LIAO Y T. Evaluation of reasonable city parks distribution based on service ability[J]. Chinese Landscape Architecture,2010,26(9):15-19. (in Chinese)

[6] XIAO Y,WANG Z,LI Z,*et al.* An assessment of urban park access in Shanghai-Implications for the social equity in urban China[J]. Landscape and Urban Planning,2017,157:383-393.

[7] 陈雯,王远飞.城市公园区位分配公平性评价研究——以上海市外环线以内区域为例[J].安徽师范大学学报:自然科学版,2009,32(4):373-377.

[8] 李双金,马爽,张永民.郑州主城区公园绿地可达性与访问偏好匹配度的空间格局研究[J].地域研究与开发,2019,38(2):79-85.

[9] 金远.对城市绿地指标的分析[J].中国园林,2006(8):56-60.

[10] 唐子来,顾姝.上海市中心城区公共绿地分布的社会绩效评价:从地域公平到社会公平[J].城市规划学刊,2015(2):48-56.
TANG Z L,GU S. An evaluation of social performance in the distribution of urban parks in the central city of Shanghai: from spatial equity to social equity[J]. Urban Planning Forum,2015(2):48-56. (in Chinese)

[11] HUANG C,HUANG P,WANG X,*et al.* Assessment and optimization of green space for urban transformation in resources-based city—a case study of Lengshuijiang City, China [J]. Urban Forestry & Urban Greening,2018,30.

[12] 穆博,李华威,Mayer Audrey L.,等.基于遥感和图论的绿地

空间演变和连通性研究——以郑州为例[J].生态学报,2017,37(14):4883-4895.

MU B,LI H W,MAYER A L,*et al.* Dynamic changes of green-space connectivity based on remote sensing and graph theory:a case study in Zhengzhou,China [J]. Acta Ecologica Sinica,2017,37(14):4883-4895. (in Chinese)

[13] HANSEN W G. How accessibility shapes land use[J]. Journal of the American Planning Association. 1959,25(2):73-76.

[14] CURL A,NELSON J D,ANABLE J. Same question,different answer;a comparison of GIS-based journey time accessibility with self-reported measures from the national travel survey in England[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015,49:86-97.

[15] 卢宁,李俊英,闫红伟,等.城市公园绿地可达性分析——以沈阳市铁西区为例[J].应用生态学报,2014,25(10):2951-2958.
LU N,LI J Y,YAN H W,*et al.* Analysis on accessibility of urban park green space;the case study of Shenyang Tiexi district[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2014,25(10):2951-2958. (in Chinese)

[16] 赵星星.基于多种交通方式的城市公园绿地可达性研究[D].南京:东南大学,2017.

[17] 李双金,马爽,张淼,等.基于多源新数据的城市绿地多尺度评价:针对中国主要城市的探索[J].风景园林,2018,25(8):12-17.
LI S J,MA S,ZHANG M,*et al.* Multi-scale evaluation of urban green space based on multi-source new data;exploration of main cities in China[J]. Landscape Architecture,2018,25(8):12-17. (in Chinese)

[18] 岳邦佳,林爱文,孙铖.基于2SFCA的武汉市低收入者公园绿地可达性分析[J].现代城市研究,2017(8):99-107.
YUE B J,LIN A W,SUN C. The analysis of low-income people's park green space accessibility based on 2SFCA in Wuhan [J]. Modern Urban Research,2017(8):99-107. (in Chinese)

[19] 付晖,付广.基于GIS的海口市绿地适宜性评价研究[J].西北林学院学报,2016,31(4):291-297.
FU H,FU G. Research on suitability evaluation of green space in Haikou City based on GIS[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(4):291-297. (in Chinese)

[20] 郭松,范泽源,何家琪,等.基于网络分析法的南宁西乡塘区公园可达性[J].中国园林,2019,35(1):68-72.
GUO S,FAN Z Y,HE J Q,*et al.* On park accessibility in xixiangtang district of Nanning based on network analysis[J]. Chinese Landscape Architecture,2019,35(1):68-72. (in Chinese)

[21] 王思宁.基于GIS网络分析的兰州城市公园绿地可达性研究[D].兰州:兰州交通大学,2018.

[22] 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.