

DOI: 10.5846/stxb201602120271

董仁才,张娜娜,李思远,张永霖,王韬,付晓.四个可持续发展实验区绿地系统可达性比较研究.生态学报,2017,37(10): - .
Dong R C, Zhang N N, Li S Y, Zhang Y L, Wang T, Fu X. A comparative study of green system accessibility in four sustainable development experimental zones. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(10): - .

四个可持续发展实验区绿地系统可达性比较研究

董仁才¹, 张娜娜^{1,2}, 李思远^{1,2}, 张永霖^{1,2}, 王韬^{1,2}, 付晓^{1,*}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085

2 中国科学院大学,北京 100049

摘要:我国可持续发展实验区所在城市均十分重视绿地系统对其可持续发展的重要支撑作用。布局合理的城市绿地系统不但能提高城市生态空间容量,也能充分满足不同位置城市居民的需求,这使得城市绿地与其服务对象——城市居民之间的可达性成为评价城市绿地系统服务价值的重要指标。以高德公司生产的电子导航地图中居民区点和绿地系统数据为基础,采用GIS缓冲区分析法,分别探讨了我国4个有代表性的国家可持续发展实验区西城区、石景山区、绍兴市和日照市这4个城市的城市绿地系统斑块特征,以及<5, 5—15, 15—30min时间距离内所覆盖城市居民点数量,对其绿地可达性及其服务能力进行比较分析和研究。研究结果表明:4个可持续发展实验区内的绿地系统分布均比较合理,覆盖面广,尤其是30min时间距离内可达的绿地满足了95%的住区;80%以上的住区居民可以在15min内到达周边任意绿地,为城市绿地管理部门打造“一刻钟生活圈”提供了良好的基础。但同时也发现,提供服务的绿地斑块面积比较细碎,大型绿地的配置率相对较低;而且多数绿地斑块从属于多个时间距离半径内,承受较大人口压力。最后,本文建议城市规划过程中,注重绿地系统与住区从时间尺度上的协调分析。此外,尝试性地采用日常生活中普遍使用的电子导航地图开展城市绿地系统可达性分析,研究结果与城市居民的生产生活密切相关,对城市绿地系统规划具有实际指导意义。

关键词:可持续发展实验区;可达性;缓冲区分析;绿地系统

A comparative study of green system accessibility in four sustainable development experimental zones

Dong Rencai¹, Zhang Nana^{1,2}, Li Siyuan^{1,2}, Zhang Yonglin^{1,2}, Wang Tao^{1,2}, Fu Xiao^{1,*}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Cities located in sustainable development experimental districts value the vital supporting role played by their corresponding green space systems. A rational layout of an urban green space system can increase the urban ecological space capacity and meet the various demands of populations in different locations. Citizens are an important indicator for evaluating the success of an urban green space system. This study used residential points and green space systems in electronic navigation maps produced by and the GIS buffer analysis method to analyze the patch characteristics of urban green space systems in the four representative national sustainable development experimental districts. These were Xicheng district, Shijingshan district, Shaoxing city, and Rizhao city. In addition, a comparative analysis of the amount of people within different time distances from green spaces (<5 min, 5—15 min, and 15—30 min) in urban residential districts was used to assess green space accessibility and service ability. The results showed that the distributions of the green space systems in

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAJ04B03);城市与区域生态国家重点实验室自主项目(SKLURE2013-1-05)

收稿日期:2016-02-12; **网络出版日期:**2016-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaofu@cees.ac.cn

the four sustainable development experimental districts were reasonable and that they were widely accessible, especially with regards to people who lived within 30 min of green space, which covered 95% of the local residents. More than 80% of the residents could reach any nearby green space within 15 min, which provided a good foundation on which the urban green space management department could build "a quarter of an hour life circle." However, at the same time, we found that the green spaces providing services were dispersed and small and that large green space areas were limited. Most of the green areas within the different time/distance radii were subject to higher population pressures. The results from this investigation suggest that urban planning processes should consider the time/distance factor for residents when planning a green space system. In addition, this study used electronic navigation maps, which are widely available, to analyze urban green space system accessibility. The results of this study are relevant to areas where urban residents were living and working, which will have practical significance when planning an urban green space system.

Key Words: sustainable development experimental district; accessibility; buffer analysis; green space system

可持续城市是具有保持和改善城市生态系统服务能力,并能够为其居民提供可持续福利的城市。城市绿地作为城市生态环境的重要组成部分,是城市的绿色基础设施,对改善城市生态环境,如保持水土、减轻城市热岛效应和维持生物多样性,满足居民游憩、缓解疲劳和压力、锻炼身体等需求具有不可替代的作用^[1]。迄今为止有很多关于城市绿地的重要作用的相关研究,对于其可达性的研究更是层出不穷^[2]。随着人们的生活水平不断提高,人们开始在置业、购房时更多地关注自己周围绿地系统的配置。很多城市管理部门相关相继提出“市民出门 500m 见绿,1000m 可达大型绿地”等目标^[3]。一些学者研究公园绿地的空间可达性时认为,公园绿地的可达与否是其布局与规划是否合理的指标,并且随着距离的增加,可达性减弱^[4]。城市绿地相对于居住生活区的可达性成为衡量一个城市可持续发展能力的重要指标之一。

可达性的最初提出是在 1959 年,由 Hansen 提出并定义为交通网络中各节点相互作用机会大小^[5]。随着时间的变化,它的定义的评价方法也在不断更新,但是一般被理解为人们到达某一目的地的能力^[6]。可达性分为主动和被动的可达两种:前者指人的意愿产生的对某一目的地的选择,后者指前往各地之间交通的便利程度^[7]。可达性的理论和实践应用研究中出现多种可达性的研究方法,从传统的统计指标法,到缓冲区分析法,加权费用距离法,网络分析法^[8]。如宋秀华^[9]等采用加权距离法对泰安市公园绿地现状和规划进行了可达性分析后认为泰安市绿地可达性在规划后明显提高。鄢进军^[10]等采用网络分析法对重庆市主城区中心区的居民在 30min 步行距离到最近的公园的可达性发现了不同城区间间的差异性。李博等^[11]应用 GIS 提出一种易操作和可验证的绿地可达性指标定量评价模式,经过方法比较和案例验证,这种模式的评价结果更适合作为城市公园绿地规划的可达性指标。尹海伟^[12]等认为可达性计算如果都在城市辖域范围内进行,将有利于城市间的横向比较。

城市绿地各种服务功能的服务对象主要是城市居民,其可达性水平深刻地影响着城市贫困群体、老人、儿童以及残疾人使用绿地等公共服务设施的频次。因此,近年来的研究逐步考虑到公园绿地周围的实际情况,以及使用者的数量和分布、土地使用类型以及开发密度等^[12]。如 Shen 在研究城市时不但采用了可达性的理论,同时他把人和社会经济活动基于可达性理论联系在一起^[13]; Xingyou Zhang^[14]等人也采用加权距离和人口结合来研究公园可达性,研究尺度也常被选用在房屋或居住小区尺度。也就是说,关于城市绿地可达性研究指标越来越精细化,更加关注被服务对象的特点以及数据的更新频率。因此,传统的以选用行政区划图、人口普查数据和城市公园绿地数据等为主的分析方法^[15],从时间尺度上、空间尺度上都不能达到这一要求。

本文在考虑到我国城市化进程加快、城市绿地系统变化较为剧烈的特点,选用了导航型电子地图开展城市绿地系统可达性分析。这是因为随着免费的 Web 端导航地图快速发展,使得导航地图成为一种必须的大众消费品。导航地图也从单一的导航平台到综合信息服务平台和社交平台,发生了巨大变化,功能也越加完善^[16]。尤其是导航电子地图中,有一类重要的数据——就是兴趣点数据。兴趣点是指人们查找有用或者感

兴趣的特殊位置点,即指一切可以抽象为点的地理实体尤其是和人们生活相关的基础设施,如购物中心,车站,医院,公司以及学校等^[17]。兴趣点数据是面向公众服务最重要的地理信息,在城市居民生产生活中具有较大影响,常常被用于城市居民休闲用地选择、绿地系统查询等工作,目前在地理国情监测以及地理信息公共服务平台中也应用广泛^[18]。兴趣点是城市公众地图服务系统的核心,数据内容的丰富与否决定城市地图服务系统建设的成败^[19]。随着地理信息产业的发展以及人们的需求增长,兴趣点的作用越来越突出,影响兴趣点的生产与建设的主要因素是能否满足公众及相关部门对兴趣点的查询和应用需求。这给城市生态系统服务研究,尤其是城市绿地系统服务研究提供了新的数据来源,这也是本文探索的重点。

1 研究区概况

本文选择“十二五”国家科技支撑计划项目《城市可持续发展能力评估及信息管理关键技术研究与示范》所设定的北京市西城区、北京市石景山区、浙江省绍兴市和山东省日照市四个国家可持续发展实验区为研究对象。国家可持续发展实验区自 1986 年创建以来,积极发挥科技示范引领作用,带动地方经济社会环境全面、协调、可持续发展。在体制机制创新、科技创新、城镇建设、社区管理、生态环境保护、资源开发利用、城市转型发展等方面积累了丰富的经验,已成为地方政府实施可持续发展战略、开展科技成果转化应用的载体和平台,示范和带动作用明显。同时实验区也成为全球实施可持续发展战略的重要组成部分和我国推动地方可持续发展战略的对外窗口。这些可持续发展实验区在人居环境改善、城市绿地系统建设方面投入了大量人力物力,相应的评估指标也与城市生态系统服务功能密切相关。

本文通过对这些国家可持续发展实验区城市绿地系统的服务功能比较研究来分析其建设成效和可持续发展潜力。其中,绍兴市和日照市地级市型可持续发展实验区,北京市西城区和石景山区是城区型可持续发展实验区。表 1 列出了这 4 个可持续发展实验区的基本情况,从这些基本数据来看,这些研究对象之间具有相似性和可比性,尤其是北京市的两个城区之间,以及国内两个相对有特点的地级市之间。

表 1 四个可持续发展实验区的基本情况

Table 1 The profile data of the study areas including four Sustainable Development Experimental Zones

研究区 Research Region	年均降水量 Average Annual Rainfall/mm	年均气温 Average Annual Temperature/°C	日照时数 The Amount of Sunlight/h	面积 Area/km ²	人口(10 ⁴) Population	绿地面积 Green Area/km ²
西城区	626.0	12.0	2779	86.1	78.0	4.61
石景山区	483.9	12.0	2779	143.3	63.9	21.44
日照市	874.0	12.7	2533	5310.0	280.0	31.44
绍兴市	1438.9	16.5	1895	8256.0	443.0	105.39

2 研究方法

2.1 数据源选择

高德软件有限公司是国内一家重要的导航电子地图供应商和位置服务提供商,所生产的导航电子地图普及率高,更新能力快。本文所选用的数据是由高德公司生产、北京捷泰天域信息技术有限公司采用 ArcGIS 软件平台发行的 2014 年春季数据(2014Q1 版),选用的投影为 WGS 1984 Web-Mercator。选择这套数据的主要优势是与主流地理信息系统数据平台兼容,便于统计分析。同时,也便于通过手机开展实地现场验证工作。

2.2 数据预处理

2.2.1 建立绿地系统专题数据库

依据我国《城市绿地分类标准》(2002 年),绿地是指以自然植被和人工植被为主要存在形态的城市用地。它包含两个层次:一是城市建设用地范围内用于绿化的土地;二是城市建设用地之外,对城市生态、景观和居民休闲生活具有积极作用、绿化环境较好的区域。研究区域的电子导航数据均采用 ArcGIS 软件的

FileGDB 数据库进行存储,其中的数据子集“自然相关”中的“植被”图层是本研究的主要对象。该图层为面状要素,主要描述研究区域内植被覆盖斑块的名称和位置信息,包括公园、景区、绿地等多种类型。

基于高德数据和城市绿地分类标准,借助 ArcGIS 软件的分析提取工具。分别提取北京市西城区和石景山区、绍兴市和日照市的绿地数据,这些绿地包括道路交通绿化地、休闲场所绿化地、默认绿地、高尔夫球场、森林公园以及园地。

2.2.2 建立住宅区专题数据库

边界与政区中的建成区数据,以及其兴趣点中的第十二类中的商务住宅相关的住宅区数据。根据高德数据的兴趣点的分类明细,其中的第 12 类商务住宅相关提取出的住宅区,这些就是点数据,是根据住宅区中心获得的,比较便于计算,数据比较真实全面。基于高德数据,借助 ArcGIS 软件的分析提取工具,获得北京市西城区和石景山区的、绍兴市以及日照市的住宅区数据。本文所需要的住宅区的数据是从上面所提到的高德数据的分类标准中的第 12 类商务住宅相关提取出的住宅区,代码是 120300、120301、120302、120303、120304。根据这些统计出这四个区的住宅区的数据。

2.3 用缓冲区方法分析可达性

缓冲区分析是地理信息系统重要的空间分析功能之一,是对一组或一类地图要素(点、线或面)按设定的距离条件,围绕这组要素而形成具有一定范围的多边形实体,从而实现数据在二维空间扩展的信息分析方法^[20]。为开展 4 个国家可持续发展实验区所在城市的比较分析,考虑到如果采用加权费用距离法或网络分析法,不同城市的具体参数差异将会很大,不具有可比性,所以选择缓冲区分析法来开展可达性空间分析。

(1) 确定缓冲区的源:以绿地系统专题数据库中所有空间面对象为源;

(2) 确定缓冲区半径:很多学术研究和城市管理部门调查表明,居民期望在步行 500m 的距离内到达公园绿地,而且能够接受的最长步行时间为 30min。依据居民这些意愿,本研究将步行达到绿地时间划分为 3 个等级:第一级(I)小于 5min;第二级(II)5—15min;第三级(III)15—30min。由于 GIS 平台需要采用空间距离作为缓冲区,所以需要将出行时间换算为步行距离。这里以人步行速度 5km/h 计算,则其缓冲区半径依次为 420、1250、2500m;

(3) 缓冲区的生成与应用:采用 ArcGIS Desktop 软件空间分析工具分别建立 4 个实验区上述 3 个绿地可达性等级的缓冲区图层。为更好的表征各个缓冲区内覆盖的住区分布情况,将缓冲区分析等级图与居民点数据分布做空间叠置分析,得到每个实验区内不同缓冲区范围内的住宅区分布图,然后进行下一步可比性指标的计算和分析。

2.4 可比性指标及其计算

为开展我国不同地区(南北方)、不同类型(城区型、地级市型)国家可持续发展实验区绿地系统的服务能力比较分析。本研究在获得绿地可达性缓冲区基础上,对其服务区域内住宅区数量进行了提取与分析,并且构建了绿地服务面积比、服务区内住宅数量、建成区绿地率 3 个指标进行比较分析:

(1) 绿地服务面积比

$$SA = GSA/A \times 100\% \quad (1)$$

式中,SA 表示服务面积比,GSA 表示绿地提供的服务面积,单位(km^2),A 表示城市总面积,单位(km^2);

(2) 绿地服务住宅数量比

$$SR = GR/R \times 100\% \quad (2)$$

式中,SR 表示服务住宅区比,GR 表示绿地提供服务的住宅区的数量,单位个,R 表示城市总住宅区的数量,单位(个);

3 结果与分析

3.1 城区型和地级市型可持续发展实验区城市绿地系统差异明显

经过空间分析和制图,所研究的 4 个国家可持续发展实验区分别以数据库和地图形式展现。图 1 展示

了北京市西城区和石景山区这两个城区型可持续发展实验区的住区绿地系统可达性关系图。从图中可以看出,由于北京市西城区属于高度城市化区域,没有任何自然生态系统的组分存在,绿地斑块的分布表现为规则的南北走向。从以城市主干道附属街头绿地向两侧居民生活区呈阶梯状排列,表现出规则布局的特点。而石景山区住宅区分布呈现出集中在其东南部和中部地区,其西部因北京西山森林生态系统、自然保护区而使住宅区数量较少,而西城区的住宅区分布则呈现出区域内均匀分布的特征。如西城区的绿地虽然要比石景山区的面积大且分布均匀,但在对其居民的服务水平上没有石景山区的高,尤其是缺乏 30 min 内可达的大型绿地(表 2)。考虑到石景山区的经济没有西城区的发达,人口也没有西城区的密集,在石景山区今后的发展规划中,应该结合其居民点进行适宜的绿地规划,满足居民的绿地需求,更进一步提高绿地的服务水平,以吸引西城区等中心城区的人口。图 2 展示了绍兴市和日照市两个地级市型可持续发展实验区内的住区与绿地系统可达性关系布局。从图中可以看出,地级市型城市住区与城市绿地系统均被广大的农田和森林等自然生态系统所环绕,与大城市中心城区相比,城市绿地系统承受压力相对较轻。也就是说,地级市型城市的建成区由多个分散城市建成区域组成,住宅区域也相对分解为不同子区域,降低了对中心城区绿地的需求压力。

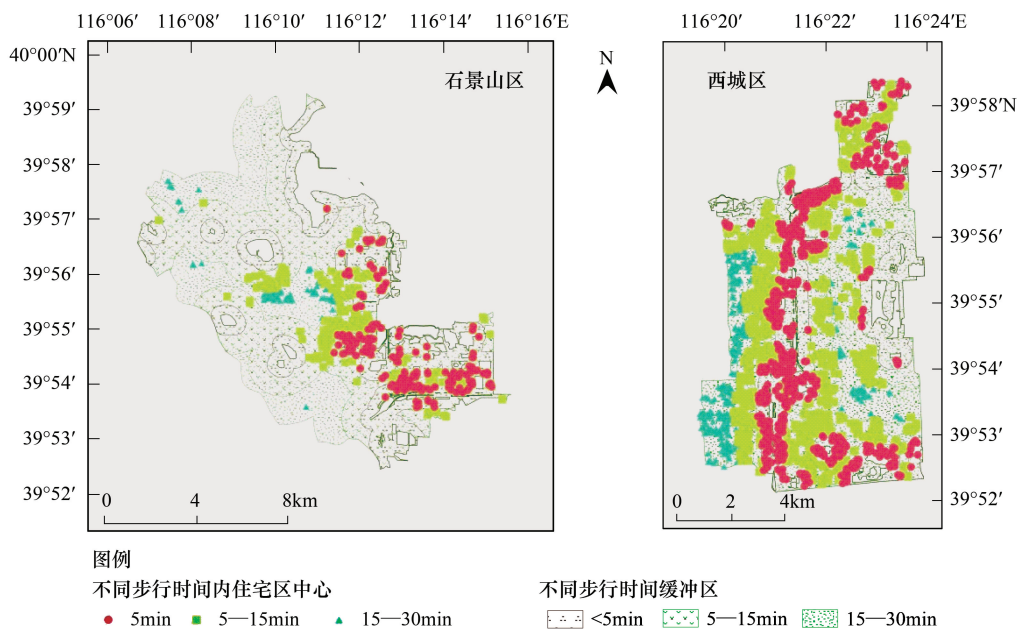


图 1 石景山区和西城区的不同缓冲区内住宅区分布

Fig.1 The residential areas distribution in the different buffer zone in the districts of Shijingshan and Xicheng

3.2 城市绿地斑块面积等级分布趋势相似

表 2 统计表明,西城区的绿地系统主要由 $<0.1 \text{ km}^2$ 斑块组成,占到所有斑块的 94%,其内部没有任何大于 0.5 km^2 以上的大型绿地斑块。这与大城市中心城区的绿地斑块多采用“见缝插针”式规划为主相关。而地处北京西山脚下的石景山区则有多于 0.5 km^2 以上的大型绿地斑块,其不同等级斑块的数量与面积同步增加。在未来城市发展中应该继续保留适度面积规模的城市绿地。由于大量水系的地理切割作用,绍兴市的 I 级绿地斑块占比达到了 95.6%,绿地斑块的面积在 $0.1—0.5 \text{ km}^2$ 时,绍兴市绿地斑块面积的大小相对其整个研究区的面积是最大的,而西城区也是最小的;绿地斑块的面积为在大于 0.5 km^2 时,日照的绿地斑块面积相对其整个研究区的面积是最大的,而西城区依然是最小的。绍兴市的绿地斑块相对其整个研究区域总体比日照市、西城区以及石景山区的要多。

3.3 不同时间距离内绿地斑块分布差异明显

城区型可持续发展实验区和地级市型可持续发展实验区依然有明显差异,在 5—15 min 以及小于 5 min 的缓冲区范围,西城区可达性是最高的,日照市是最低的;石景山区的绿地缓冲区服务范围次于西城区,在

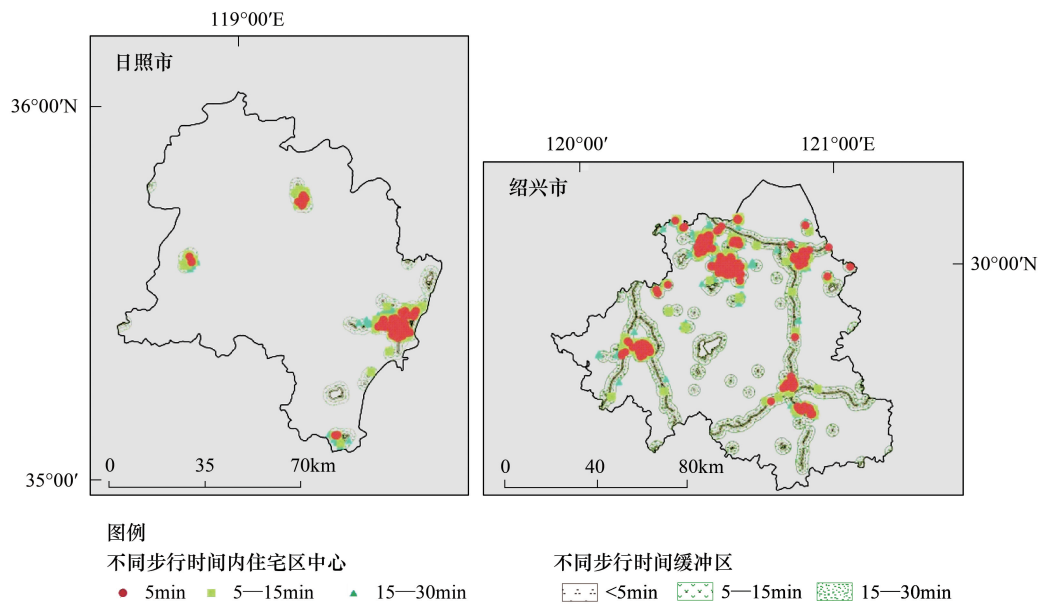


图2 绍兴市和日照市的不同缓冲区内住宅区分布

Fig.2 The residential areas distribution in the different buffers in the city of Shaoxing and Rizhao

15—30 min 的缓冲区服务范围,石景山区是最高的,日照市是最低的(表3)。

表2 研究区绿地斑块面积大小和数量

Table 2 The size and number of the green patches of the study area

绿地斑块面积等级 Green Patches Area Level	西城区比例/% Xicheng Ratio	石景山比例/% Shijingshan Ratio	绍兴比例/% Shaoxing Ratio	日照比例/% Rizhao Ratio
<0.1 km ²	94	75	95.6	87.1
0.1—0.5 km ²	6	22	3.4	9.2
0.5—1 km ²	0	1	0.1	2.5
>1 km ²	0	2	0.9	1.2

表3 不同时间距离范围内绿地斑块面积及比例

Table 3 The patch area and ratio o in three level time distance

等级 Level	时间 Time	西城区		石景山区		绍兴市		日照市	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
I	<5min	29.25	34	37.62	26	568.65	5.16	108.97	1.33
II	5—15min	38.11	44	46.76	33	1182.29	10.73	251.86	3.07
III	15—30min	14.19	16	29.82	21	1875.95	17.03	410.77	5.00

由于研究区域内绿地系统并不限制其他区域居民进入,也就是说,研究区域内的绿地斑块相对于研究区域外是可达的。为分析其所承受外界压力的能力,表4统计了不同可持续发展实验区不同时间距离内对外住区提供服务绿地面积。由表4可以看出,石景山区和西城区均有大量城市绿地系统被周边地区“共享”。如西城区总面积 86.11 km²,有高达 61.06 km²,约占 70.9%可为其他城区提供服务。从这个角度来讲,大城市中心城区的绿地斑块承受更多的压力;反之,比较偏远的城市,如日照市城市绿地系统被外界共同可达的可能性就比较小。

在 5 min 内可达的住区数量中绍兴市最高,达到绍兴市住宅区总数的 47%,而日照市和西城区相对较低,仅为 32%;在 5—15 min 时间距离内,北京的西城区、石景山区、日照市均处在 50%左右的水平,应该说是北方城市的一个特点,表现为街道宽阔,住区面积大(表5)。

表 4 不同时间距离内对外住区提供服务绿地面积

Table 4 The reachable range of the surrounding areas in three level time distance

等级 Level	时间 Time	西城区/km ²	石景山区/km ²	绍兴市/km ²	日照市/km ²
I	<5min	6.13	9.11	9.23	2.45
II	5—15min	28.17	10.23	49.96	11.91
III	15—30min	61.06	1688.08	171.14	56.69

表 5 不同时间距离内住区统计分析

Table 5 The statistics of residential area in three level time distance

等级 Level	时间距离 Time distance	西城区		石景山区		绍兴市		日照市	
		数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage
I	<5min	714	32	184	39	1305	47	349	32
II	5—15min	1143	51	222	47	1070	38	583	53
III	15—30min	353	16	68	14	259	9	130	12

在所研究的 4 个可持续发展实验区,有 95%以上的住区居民步行 30 min 即可到达任意绿地,尤其是石景山区的住区居民实现了 30 min 内到达绿地的需求的全覆盖;也可以看到,80%以上的住区居民可以在 15 min 内到达周边任意绿地,这给近年来城市管理部门打造“一刻钟生活圈”提供了良好的基础;相比之下,4 个研究的国家级可持续发展实验区内仅有 3 成左右的住区居民可以实现 5 min 到达城市各类绿地(表 6)。

表 6 可达不同时间距离内的住区统计

Table 6 The statistics of residential area in three level time distance

时间距离 Time distance	西城区		石景山区		绍兴市		日照市	
	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage
<5min	714	32	184	39	1305	47	349	32
<15min	1857	83	406	85	2375	85	932	85
<30min	2210	99	474	100	2634	95	1062	97

4 结论与建议

通过对 4 个不同类型国家级可持续发展实验区所在城市的绿地可达性指标进行比较分析表明,这些可持续发展实验区内的绿地系统整体上分布比较均匀,绿地斑块与住区匹配度高,满足了区域内不同空间分布住区居民的需求。尤其是步行 30min 即可到达绿地的比率比较高,能够覆盖了 95%以上的住区。这充分体现了我国可持续发展实验区的建设工作对城市人居环境的重视,实现了绿地布局的合理性,以及对不同街道居民对其利用的公平性要求。但是,也因注意到可达性高的城市绿地斑块,其服务人口多,负载重,不利于城市绿地系统可持续建设;而那些可达性低的绿地斑块,服务效率过低,资源浪费,建议相关部门在未来的城市规划中适度进行均衡。尤其是在考虑绿地规划时,不仅要考虑到绿地的所在位置,还要把绿地的规模大小,内部基础设施以及娱乐设施都要考虑在内,达到满足居民需求的目的。同时,在城市规划过程中应当注重一边新建住区一边配置绿地系统,做到有住区就有绿地。

本文创新性地尝试采用电子导航地图中的绿地和住宅区数据分析城市绿地系统可达性,这些数据与城市居民的生产生活密切相关,是现代生活中居民越来越普遍使用的手机用导航地图数据。根据这些数据分析得到的结果对可持续发展实验区的未来绿地规划布局具有重要的参考意义,对其城市的绿地系统规划具有实际参考价值。在本研究过程中,虽然采用缓冲区分析法简单地分析了可达性,没有考虑实际前往绿地斑块内部的实际可达过程路径,但是从可见性,也就是指视野内可见绿色的空间分析来说,也还是有一定的参考意

义的。

参考文献 (References):

- [1] 黄曦涛. 基于 RS 和 GIS 技术的西安市城市公园绿地可达性研究与评价[D]. 西安: 西北大学, 2011.
- [2] 兰思仁. 国家森林公园理论与实践. 北京: 中国林业出版社, 2004: 58-59.
- [3] 肖华斌, 袁奇峰, 徐会军. 基于可达性和服务面积的公园绿地空间分布研究. 规划师, 2009, 25(2): 83-88.
- [4] Handy S L, Niemeier D A. Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 1997, 29(7): 1175-1194.
- [5] Hansen W G. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2): 73-76.
- [6] 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. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015, 49: 86-97.
- [7] 陈洁, 陆峰, 程昌秀. 可达性度量方法及应用研究进展评述. *地理科学进展*, 2007, 26(5): 100-110.
- [8] 刘常富, 李小马, 韩东. 城市公园可达性研究——方法与关键问题. *生态学报*, 2010, 30(19): 5381-5390.
- [9] 宋秀华, 郎小霞, 朴永吉, 王秀峰. 基于 GIS 的城市公园绿地可达性分析. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2012, 43(3): 400-406.
- [10] 鄢进军, 丁真兵, 郑凌予, 秦华. 基于 GIS-Network Analyst 的重庆城市公园绿地可达性分析. *西南大学学报: 自然科学版*, 2013, 35(12): 153-158.
- [11] 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. *北京大学学报: 自然科学版*, 2008, 44(4): 618-624.
- [12] 尹海伟, 孔繁花, 宗跃光. 城市绿地可达性与公平性评价. *生态学报*, 2008, 28(7): 3375-3383.
- [13] Shen Q. Spatial technologies, accessibility, and the social construction of urban space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 1998, 22(5): 447-464.
- [14] Zhang X Y, Lu H, Holt J B. Modeling spatial accessibility to parks: a national study. *International Journal of Health Geographics*, 2011, 10(1): 31.
- [15] 袁丽华, 徐培玮. 北京市中心城区公园绿地可达性分析. *城市环境与城市生态*, 2015, 28(1): 22-25, 30-30.
- [16] 张栋海, 韩丽华, 肖雄兵, 刘晖, 汤晟佳, 郑红艳. 导航地图发展现状和趋势分析. *地理信息世界*, 2013, 20(2): 20-23, 36-36.
- [17] 赵卫锋, 李清泉, 李必军. 利用城市 POI 数据提取分层地标. *遥感学报*, 2011, 15(5): 973-988.
- [18] 吕玉霞, 薛明, 王月莉. 地理信息公共服务中基于位置的兴趣点数据的标准化研究. *测绘标准化*, 2013, 29(3): 1-4.
- [19] 王结臣, 陈炎明, 李丽. 缓冲区生成研究进展评述. *测绘科学*, 2009, 34(5): 67-69, 222-222.
- [20] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程. 2 版. 北京: 科学出版社, 2012.