

基于 GIS 的合肥市中心城区绿地可达性分析评价

陈永生 黄庆丰 章裕超 李莹莹
(安徽农业大学 林学与园林学院,合肥 230036)

摘要 为对合肥市中心城区(二环内)绿地进行可达性分析,并提出优化建议,在遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术支持下,运用景观可达性的概念与原理,建立城市绿地可达性模型,采用费用加权距离方法,结果表明:1)绿地破碎化较为严重,但绿地可达性总体较好;2)绿地可达性的空间格局仍存在不均衡;3)一环内外绿地可达性存在明显差异;4)城市绿地可达性分析是衡量城市绿地服务功能社会公平性的有力手段,充分体现城市建设“以人为本”的理念。因此,城市绿地可达性分析结果能有效地评价城市绿地格局和服务功能,可为合理调整与设计城市绿地系统提供科学依据。

关键词 合肥市;GIS;城市绿地;可达性;费用加权距离

中图分类号 S 731.2

文章编号 1007-4333(2015)02-0229-08

文献标志码 A

GIS-based analysis and evaluation for the accessibility of urban green in the central city of Hefei

CHEN Yong-sheng, HUANG Qing-feng, ZHANG Yu-chao, LI Ying-ying

(Forestry and Gardening Institute, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract Based on the concept and principle of landscape accessibility, the urban green space reachability model was established with remote sensing (RS), geographic information systems (GIS) technology and a cost weighted distance analysis (in “Spatial Analyst” module of ARCMAP) for Hefei town center. The recommendation was proposed as well. The results showed that 1) Green space fragmentation was serious, but the accessibility of urban green spaces was overall appropriate. 2) The urban green space accessibility was still not balanced and unreasonable. 3) The Green accessibilities inside and outside the downtown were significantly different. 4) The accessibility was an important indicator to weight the social equity of urban greenspace, which was an indicator for the satisfaction of all inhabitants. Accessibility analysis of urban green space could effectively evaluate the pattern of urban green space and services, and provided with a scientific basis for designing and adjusting reasonable urban green space system in Hefei.

Key words Hefei Town; GIS; urban green space; accessibility; cost weighted distance

1 背景与区域

1.1 背景

绿地作为城市景观的一个元素,是城市中唯一接近于自然的生态系统,它对保障一个可持续的城市生态环境,满足居民游憩、身心健康和锻炼等具有不可替代的功能^[1-5]。城市绿地的数量和质量常被用来评价城市影响力并成为市民选择居住地的重要

指标。早期的城市绿地质量评价只重视绿地的面积和比例指标,缺乏绿地服务功能的公平性评价^[6-8]。随着市民生活水平的提高,城市绿地的休闲游憩功能受到越来越多的关注,而且关注的问题不仅仅局限于其数量和质量,往往更加关注能否方便(特别是步行就近到达)和平等地享用城市绿地的服务^[9],城市绿地的可达性(Accessibility)已经成为体现绿地资源享用的公平性和社会平等性的一个

收稿日期:2014-02-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41301650)

第一作者:陈永生,副教授,主要从事城市生态绿地系统与风景园林规划理论与实践研究,E-mail:chenys66@163.com

重要指标。

可达性也称为通达性,是地理学上的一个概念。简单地说,可达性指一个地方能够从另一个地方到达的容易程度^[10-11],绿地景观的可达性(Green space accessibility)作为景观格局分析的一个指标,是指从空间中任意一点(源地)克服空间阻力到达目的地(绿地)的相对或绝对难易程度^[4],反映了人们到达城市绿地的水平运动过程所克服的空间阻力(Spatial resistance)大小^[4,10-12]。其指标有距离、时间和费用等^[4,13-15]。许多学者采用可穿越性(Permeability)与隔离程度(Isolation)来表述,但更为普适性的概念是费用距离(Cost distance)^[16]。目前可达性理论和实践应用研究过程中出现了多种可达性评价方法,如统计指标法、引力模型法和网络分析法等,为城市公园评价和规划研究中方法的选择提供了广泛的余地^[17-19]。但不同的方法基于不同的理论,产生不同的结果^[20]。

合肥是长江中下游重要的中心城市之一。正在努力实现“国内最适宜创业和居住的现代化、生态型滨湖大城市”的建设目标,建设力度强烈,对自然生

态环境的干扰强度加大;同时合肥正在创建国家生态园林城市,这体现了对城市生态环境建设的重视,也对合肥市绿地空间规划与建设提出了更高的要求。本研究以景观生态学理论为指导,利用GIS技术,基于势能模型,以人口密度、道路分布、土地利用以及绿地面积作为模型参数,提出构建城市绿地景观可达性评价模型,采用费用加权距离方法对合肥市中心城区公园的可达性进行定量分析与评价,以期为今后合肥市中心城区绿地的规划、营建、格局优化和管理提供决策支持。

1.2 区域

合肥市为安徽省会,位于安徽中部的江淮丘陵,地理位置东经 $117^{\circ}11' \sim 117^{\circ}22'$,北纬 $31^{\circ}48' \sim 31^{\circ}58'$,气候属北亚热带湿润季风气候,气候温和及四季分明,年平均气温 15.7°C ,年平均降水量近 $1\,000\text{ mm}$,日照约 $2\,100\text{ h}$;地带性植被为落叶与常绿阔叶混交林。本研究选取合肥市二环路以内区域为研究区(图1),该区域为合肥市的核心,是城市居民的主要分布区,绿地建设历史悠久,体系较为完整。研究区总面积为 98 km^2 ,人口 165.4 万人。

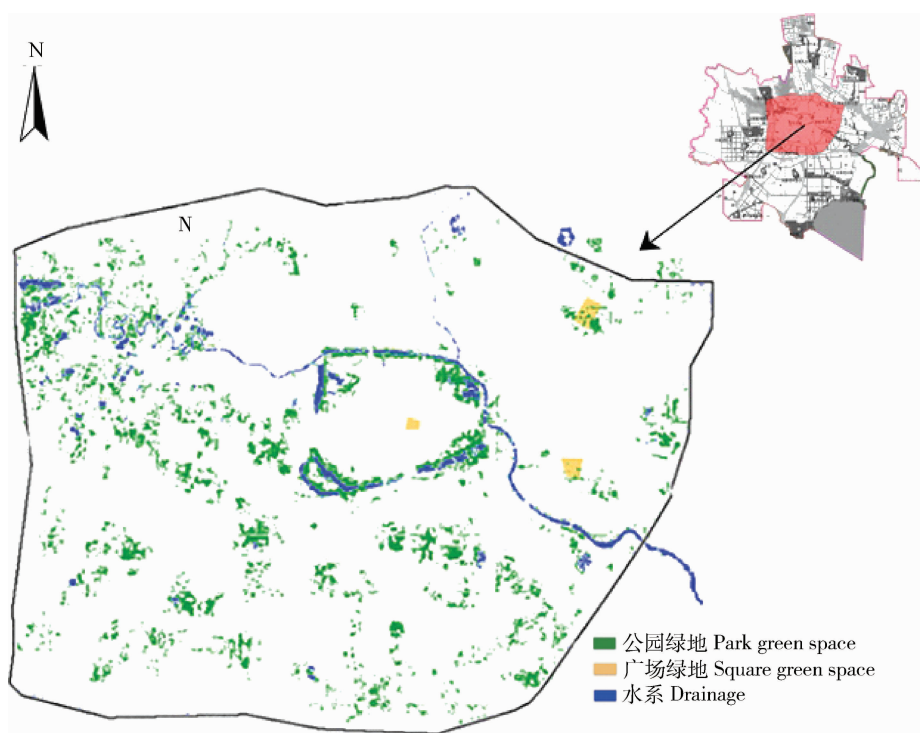


图1 研究区位置及绿地分布图

Fig.1 Location of the study area and green space distribution map

2 材料与方 法

2.1 数据来源及预处理

数据源：合肥市 2010 年 TM 全波段彩色合成卫星遥感影像图，合肥市 2011 年 1：10 000 土地利用现状图、1：10 000 道路交通图等；2012 年合肥市统计数据，2012 年城市人口分布和就业岗位分布情况等。

2.2 方法

2.2.1 绿地可达性模型建立

城市绿地可达性主要有绿地景观本身的质量（如面积、游憩设施、景观布局和收费标准等）、城市人口分布状况、城市土地利用现状和城市主要交通设施等因素的影响^[4]。

绿地可达性建模采用阻力分布矩阵模型，在将相关数据栅格化的基础上，将影响绿地景观可达性的各种因子分别赋予阻力值，然后分级栅格化导入 GIS 中进行景观可达性分析来实现。为了能在普遍情况下计算可达性的空间分布，即考虑城市阻力和人口的实际分布情况，需要建立如下模型^[3-4]：

- 1)城市阻力的空间分布 $r = r_{ijm \times n}$ ， r_{ij} 表示第 ij 单元的空间阻力值；
- 2)源地即城市居民人口的空间分布 $P = P_{ijm \times n}$ ， P_{ij} 表示第 ij 单元的人口数量；
- 3)目的地即城市公共绿地的空间分布 $g = g_{ijm \times n}$ ， g_{ij} 表示第 ij 单元的城市绿地；
- 4)城市绿地景观可达性的空间分布 $c = c_{ijm \times n}$ ，

c_{ij} 表示第 ij 单元的绿地可达性值。

2.2.2 分析过程

在 ARC/info 软件中将所有地理数据空间参考统一转换成克拉索夫斯基椭球体，高斯-克吕格 6 分带投影；将所有统计数据按统一标准进行规范化处理。

1)按照建设部标准，利用遥感解译软件 ERDAS 816 人工判读合肥市 2009 年遥感影像图，得到绿地类型分布图等，采集的主要是面积大于 2 000 m² 的绿地景观斑块。根据研究绿地社会服务功能公平性的需要，同时参考国家的划分标准，本研究仅选取服务功能较好且向市民开放的公园绿地（包括街头游园和附属绿地中的组团绿地）、广场绿地、风景林和河流水域绿地 4 类作为研究对象。并将解译结果导入到 ARC/info 系统中；

2)按照合肥市的实际情况，赋予不同土地类型的相对阻力（表 1），然后将土地利用类型图栅格化（像元大小 30 m，以下栅格数据相同）；

3)将城区道路分 4 级栅格化；

4)人口、道路和土地利用类型是影响城市绿地可达性的主要因子，按照 50%、30% 和 20% 的权重做栅格叠加计算，得到总体景观阻力成本数据集；5)最后，在 ARC/info 的空间分析模块中，将绿地做权重距离计算，得到绿地可达性分布图，并将可达性结果分类为 5 个级别。

由于合肥市区高程差异并不显著，因此，对高程未作为阻力因子加以考虑。

表 1 合肥市不同土地利用类型相对时间成本值

Table 1 Time cost weighted value of different land use types of Hefei

土地利用类型	相对时间成本值	土地利用类型	相对阻力值
Land use type	Time cost weighted value	Land use type	Time cost weighted value
道路	1	公共绿地	12
广场绿地	1	特殊用地	12
城郊居民点	3	工业用地	100
非建设用地	3	商业服务用地	100
居住用地	3	仓储用地	100
科研文娱办公	4	水面	9 999
市政设施用地	5	铁路	9 999

公园和广场绿地最具生态、游憩、娱乐及社会文化等功能，与城市居民联系最密切的绿地，因而对市民的可达性意义尤为重要，本研究对其可达性进行

了单独分析；因此可达性分析将分别以整体绿地系统和公园与广场绿地斑块作为“源”(Source)来进行计算。

3 结果与分析

3.1 绿地总体结构分析

研究区绿地破碎化较为严重,将面积大于 2 000 m² 的绿地斑块,作为研究对象加以统计。共有绿地斑块数量为 359 个(表 2),分布在合肥 4 个城区,数量分布不均,其中蜀山区数量最多,其次是

庐阳区,分别为 126 和 112 块,由图 1 可以看出,除公园绿地、防护绿地和生产绿地以大斑块为主外,其余绿地景观以中小斑块为主。研究区绿地主要分布在一环路周围,核心城区大块绿地较为少见。绿地景观斑块的数量与面积均从城市中心向外为递增,但密度与数量则从城市中心地区向外逐渐递减。

表 2 合肥市研究区总体绿地景观斑块数量及面积分布

Table 2 Number and size distribution of the total green land patches in the study area of Hefei

研究区 Study area	数量/块 Quantity	占有率/% Share	面积/hm ² Area	占有率/% Share
蜀山区	126	35.10	295.32	37.48
庐阳区	109	30.36	232.15	29.46
瑶海区	73	20.33	153.26	19.45
包河区	51	14.21	107.21	13.61
总计	359	100.00	787.94	100.00

3.2 绿地可达性分析

计算结果与绘制的可达性分布(表 3 和表 4,图 2 和图 3),可达性结果分为 5 个级别。为了定量分析可达性的空间格局及其变化,本研究以徽州大

道与长江路交叉口为中心点,将研究区平分为 8 个象限,按象限统计 5 和 15 min 可达区面积,并进行了相关分析(图 4 和图 5)。

表 3 合肥市二环内整体绿地景观可达性特征值

Table 3 Feature value of the accessibility of urban green land in the second ring of Hefei

时间/min Time	面积/hm ² Area	所占比例/% Proportion	服务人口数量/人 Service population	占总人口比例/% Proportion of the total population
≤5	3 150.70	32.15	598 884	36.20
6~15	4 735.36	48.32	766 803	46.35
16~30	1 620.92	16.54	254 112	15.36
≥31	293.02	2.99	34 577	2.09
总计	9 800.00	100.00	1 654 376	100.00

表 4 合肥市二环内公园与广场可达性特征值

Table 4 Feature value of the accessibility of park and square in the second ring of Hefei

可达时间/min Time	面积/hm ² Area	所占比例/% Proportion	服务人口数量/人 Service population	占总人口比例/% Proportion of the total population
≤5	1 326.92	13.54	336 003	20.31
6~15	3 551.52	36.24	553 388	33.45
16~30	3 012.52	30.74	477 618	28.87
31~60	904.54	9.23	132 683	8.02
≥61	1004.50	10.25	154 684	9.35
总计	9 800.00	100.00	1 654 376	100.00

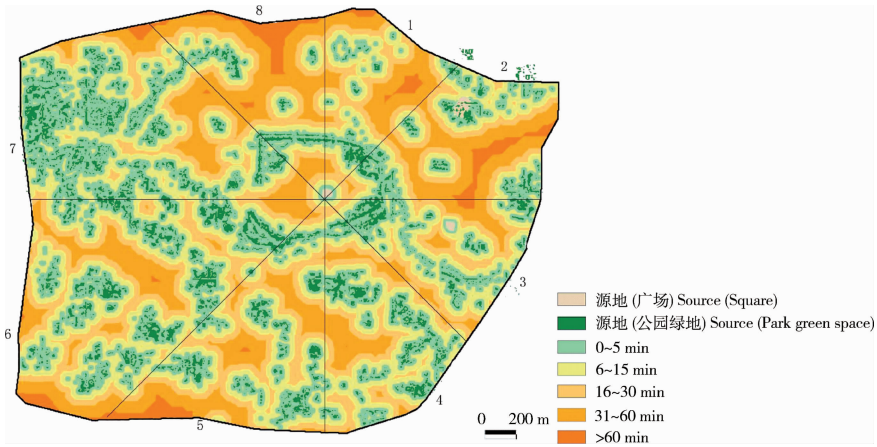


图 2 合肥市二环内整体绿地景观可达性分布图

Fig. 2 Accessibility maps of urban green space system in the second ring of Hefei

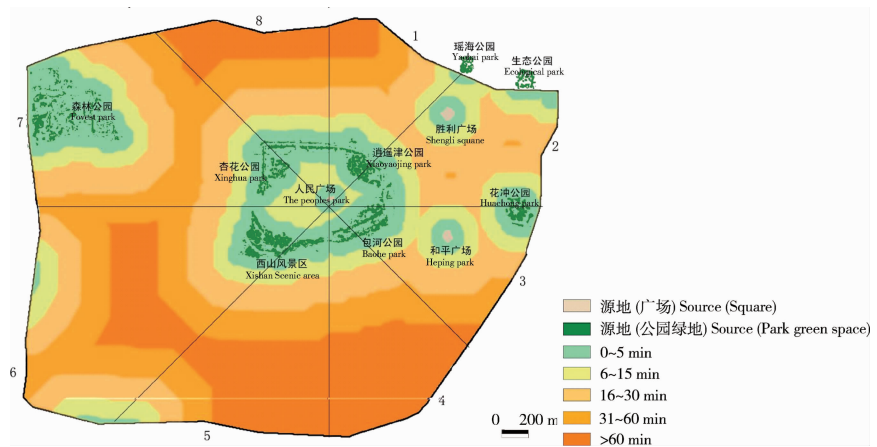


图 3 合肥市二环内公园和广场绿地景观可达性分布图

Fig. 3 Accessibility of park and square in the second ring of Hefei

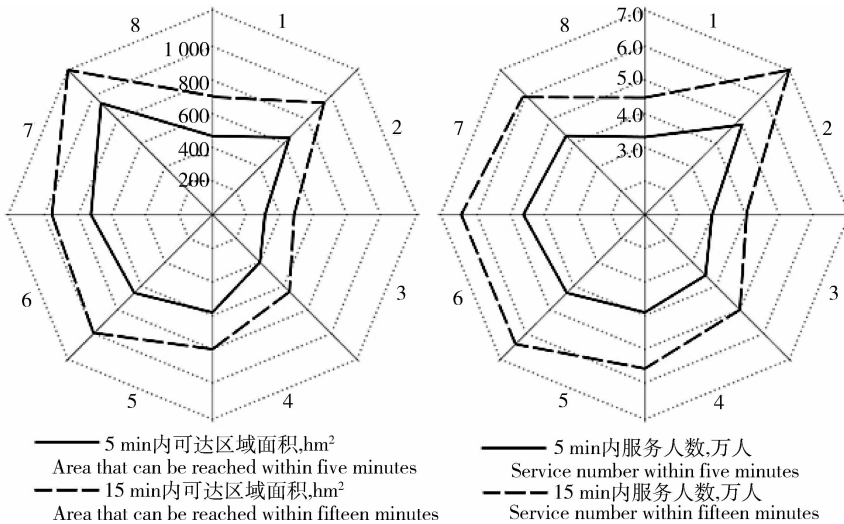


图 4 合肥市二环内整体绿地系统可达性及服务人数象限分布图

Fig. 4 Accessibility of urban green land in the second ring of Hefei and the severing population quadrant classification maps

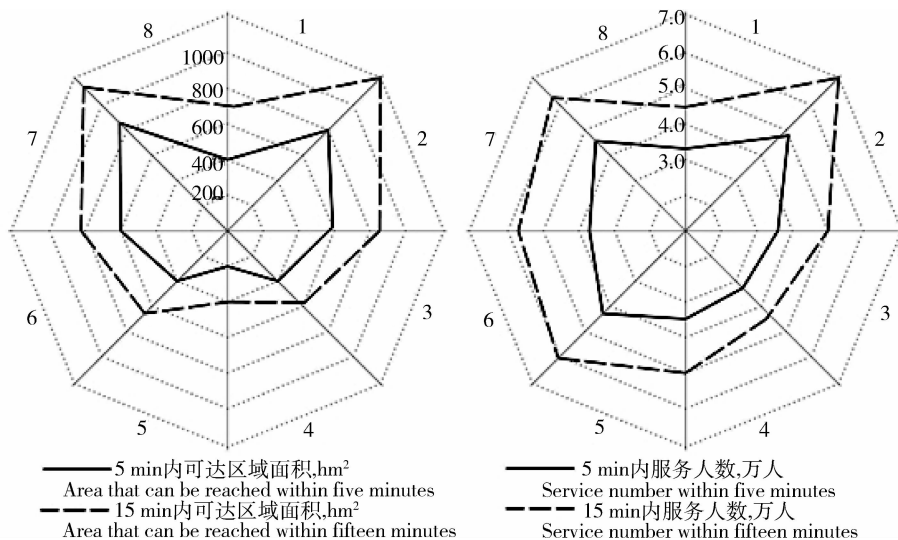


图5 合肥市公园及广场绿地可达性及服务人数象限分布图

Fig. 5 Accessibility of park and square green land of Hefei and the severing population quadrant classification maps

3.2.1 绿地可达性状况基本良好

研究区绿地景观可达性分布情况统计结果表明(表3和图2),步行5 min内可到达景观源地的服务面积为3 150.7 hm²,占整体面积的32.15%,步行5 min可到达最近景观绿地的人数为598 884人,占整人口数的36.20%;步行6~15 min可到达景观源地的服务面积为4 735.36 hm²,占整体面积的48.32%,人数为766 803人,占整人口数的46.35%;15 min以内可达景观源地的服务面积和人口数分别达到总体的80.47%和82.55%,占绝大多数;由表4和图3也可看出,对于公园和广场的可达性分析,在6~15 min内可达景观源地的服务面积最大,这部分的居民数量也最多,绝大多数都能够在30 min内步行到达最近的公园或广场绿地。体现了目前研究区绿地分布格局比较合理,可以较好地为人民提供服务。

3.2.2 绿地可达性空间格局仍存在不均衡

从整体可达性分布图来看,东北部绿地可达性较弱,说明总体绿地布局不均衡;而从公园绿地可达性分布图来看,南部公园绿地可达性较差,而东北部较好,距离公园近的区域可达性很好,也符合对公园服务区的常识判断,说明公园绿地的布局与整体绿地的分布情况不一致,公园绿地主要集中在东北部。由图4和图5也可见,整体绿地系统和公园与广场绿地的5和15 min可达区域面积和服务人数在8个象限内分布变化均比较明显,说明合肥中心城区

绿地的可达性格局变化比较明显,呈现“点源扩散”的变化模式,且公园与广场绿地可达性不均衡程度要明显高于整体绿地系统。

从图4分析得出,整体绿地的5 min可达区面积在第7象限为峰值,这主要是合肥市西边的大面积的森林公园、植物园和苗圃等绿地都分布在西北部,但5 min内服务人数的峰值在第2象限的东北角,这主要原因是新站综合开发区附近人口密度比较大。而附近又有瑶海公园、生态公园及胜利广场等景观源地,这说明瑶海公园、生态公园及胜利广场等东北部的绿地景观比西北部的森林公园、植物园及苗圃等利用率要高。整体绿地的5和15 min在第3象限出现较为明显的谷值,说明合肥市整体绿地可达性在第3象限较差,其主要原因就是因为在东部景观斑块数量相对较少,因而其景观可达性区域也相对较低。

从图5可看出,合肥市公园和广场绿地可达性的格局变化明显,空间分布格局不均匀;公园和广场绿地在5和15 min可达区域面积在2个象限内分布差别比较明显;5 min可达区面积在第7象限为峰值,这主要是因为西部有大面积的森林公园在那里;15 min内可达性区域面积最大的是第2象限,这主要是因为东北部新建了很多大型公园和城市广场,如生态公园、瑶海公园、胜利广场等;在5和15 min内公园和广场服务人数的峰值也是在第2象限的东北角,这主要原因是新站综合开

发区附近人口密度比较大,附近又有很多开放性的公园及广场绿地等;而服务人数最少的是北部的第8象限,这主要是北部公园和广场的景观源地数量少。

可达性越均衡说明各象限内的市民享受绿地服务功能的机会越公平。通过以上分析发现,绿地的

可达性分布格局还不是很均衡。

3.2.3 区域绿地可达性受交通影响存在差异

合肥一环路已成为无信号灯的快速交通路,其对两侧绿地的可达性产生一定的影响,一环内、一环-二环之间绿地服务区域相对独立;需对这两者之间的可达性进行比较分析(表5)。

表5 整体绿地可达性差异表

Table 5 Different accessibility of urban green land system

区位 Location	<5 min		6~15 min		16~30 min		>31 min	
	面积/hm ² Area	人数 Number	面积/hm ² Area	人数 Number	面积/hm ² Area	人数 Number	面积/hm ² Area	人数 Number
一环以内	825.6	181 981	765.42	173 709	231.25	41 359	77.73	16 545
一环-二环	2 325.1	421 865	3 969.94	583 167	1 389.67	210 932	215.29	24 818
总计	3 150.7	603 846	4 735.36	756 876	1 620.92	252 291	293.02	41 361

由表5分析得出,在5 min内整体绿地可达区域面积上,一环内占44%,而一环-二环间只占其29%;在6~15 min内整体绿地可达区域面积上,一环内占40%,而一环-二环间占到50%。在5 min内整体绿地可达人口分布上,一环内占45%,而一环-二环间只占34%;在6~15 min内整体绿地可达人口分布上,一环内占42%,而一环-二环间占47%。

由上述数据可以看出,一环内整体景观可达性情况明显优于一环与二环之间,尤其是在5 min内整体可达区域面积及人口数上,一环内所占比例明显高于一环-二环之间;一环-二环间6~15 min内整体绿地可达区域面积及人口比例要高于一环内。其主要原因就是在一环之间有大面积的环城公园、逍遥津公园及杏花公园等分布其中,并有安徽农业大学、安徽中医学院,合工大北区等大中专院校附属绿地,而且在这些公园及附属绿地周围人口密度分布也很高。从总体方面来看,一环-二环间各种可达区域的总面积大于一环以内,这主要是因为一环-二环之间区域的总体面积远大于一环以内区域,其景观绿地面积、人口数量等都大于一环以内,但是就可达性差异分析来看,一环以内大部分区域在15 min内都可以到达最近的景观绿地,这明显高于一环-二环间区域,表明一环以内整体景观的可达性优于一环-二环间区域,其所发挥的景观绿地为市民服务的效果及作用也更加显著。

4 结论与讨论

通过设定相对时间成本值,在ARC/INFO软件平台的支持下,使用ARCMAP中的Spatial analyst模块,采用费用加权距离等方法对合肥市中心城区绿地可达性进行分析。绿地空间可达性的评价方法强调了城市绿地空间分布格局的重要性,可以直观看到区域内绿地可达性的状况,也能从一定程度上定量地分析研究城市绿地的空间结构和布局。研究结果表明:绿地破碎化较高,但其整体上可达性较好,尤其是距离公园近的区域,也符合对公园服务区的常识判断;可达性不够理想的区域主要集中在人口密度较大的城区中心地段和出行不太方便的非居住区域,绿地可达性的空间格局分布仍存在不均衡,这主要与绿地分布格局、绿地面积和斑块数量和道路网络的完善程度有关。可达性分布存在一定的空间聚集现象,显示较高的空间自相关性,指出了合肥市绿地建设的重点和方向。同时,交通状况是可达性的重要影响因子,一环内外绿地分布及可达性存在差异。针对上述现状及存在的问题,合肥中心城区绿地的规划与建设应注重以下方面:

1)应着力解决好新增城市绿地特别是公园与广场绿地的空间布局问题,对于一环以内区域的景观绿地要加以科学管理,在对老城改造时一方面要保护好现有景观绿地,另一方面要适当在景观绿地薄弱的区域,优先补充街头游园等小型公园绿地;要结

合城市的功能扩展和更新改造,通过土地置换和征购等多种途径增加一环-二环之间的区域尤其是东南部的绿地面积和斑块数量,增加公园绿地景观类型的多样性和分布的均匀度。

2)针对绿地破碎化较高的情况,建议在老城区改造时要更多利用建筑物以及高架桥等底层架空空间来加强联系,避免过多地破坏绿地的完整性,并有效地控制和保障组团间的绿色廊道联系;同时更多通过线状廊道、带状廊道或河流廊道的建设,加强斑块之间的联结,重点加强防护绿地斑块的联结。

3)大力发展城市道路建设,疏通众多三叉路口和断头路,加快轻轨的可行性设计及建设,提高中心城区的道路通过能力和平均行进速度。

4)应注重对现有绿地的保护,其中少数面积较大的,如环城公园、逍遥津公园、杏花公园等是内城中城市绿地的主体,应妥善保护,并加强对其周边用地的控制等。

绿地景观可达性的评价模型是城市绿地格局与功能评价的一次尝试。该模型既强调城市绿地的空间分布格局的重要性,又强调城市绿地的为城市居民提供服务的有效性,它可以有效地评价城市绿地格局和服务功能,可为合理调整与设计城市绿地系统提供科学依据。本模型是基于合肥二环内现状特征(地形较平坦、道路连通度较好)来构建的,没有把高程和交通连通度等作为阻力因子在影响可达性因素中加以考虑;但影响空间可达性的因素还有很多,可达性指标的影响因子较多,针对不同的城市用地、交通等特征,综合考虑竖向高程、连通度等因素,并且对于各因素的量化方法和其与空间可达性之间的相互关系还需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 何兴元,陈玮,徐文铎. 沈阳城区绿地生态系统景观结构与异质性分析[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2085-2089
- [2] 周廷刚,郭达志. 基于GIS的城市绿地景观空间结构研究:以宁波市为例[J]. 生态学报,2003,23(5):901-907
- [3] 周廷刚,郭达志. 基于GIS的城市绿地景观引力场研究:以宁波市为例[J]. 生态学报,2004,24(6):1157-1163
- [4] 俞孔坚,段铁武,李迪华,等. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例[J]. 城市规划,1999,23(8):8-11
- [5] 胡志斌,何兴元,陈玮. 沈阳市城市森林结构与效益分析[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2108-2112
- [6] 黄肇义,杨东援. 国内外生态城市理论研究综述[J]. 城市规划,2001,25(1):59-66
- [7] 宋永昌,戚仁海,由文辉,等. 生态城市的指标体系与评价方法[J]. 城市环境与城市生态,1999,12(5):16-19
- [8] 张丽平,申玉铭. 北京市建设生态城市的综合评价研究[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2003,24(3):79-83
- [9] 何兴元,陈玮,徐文铎. 沈阳城区绿地生态系统景观结构与异质性分析[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2085-2089
- [10] 杨家文,周一星. 通达性:概念,度量及应用[J]. 地理学与国土研究,1999(2):60-66
- [11] 杨涛,过秀成. 城市交通可达性新概念及其应用研究[J]. 中国公路学报,1995(2):25-30
- [12] Forman RTT. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions[M]. New York: Cambridge University Press, 1995
- [13] 陆大道. 中国区域发展的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [14] 郑皓怀,石铁矛. 城市设计中生态思想运用的探索[J]. 沈阳建筑工程学院学报:自然科学版,2003,19(4):295-298
- [15] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology [M]. New York: John Wiley, 1986
- [16] 胡志斌,何兴元,陆庆轩,等. 基于GIS的绿地景观可达性研究[J]. 沈阳建筑工程学院学报:自然科学版,2005,21(6):671-675
- [17] Comber A, Brunson C, Green E. Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups[J]. Landscape and Urban Planning, 2008, 86(1):103-114
- [18] Oh K, Jeong S. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 82(1/2):25-32
- [19] Talen E, Anselin L. Assessing spatial equity: An evaluation of measures of accessibility to public playgrounds [J]. Environment and Planning A, 1998, 30(4):593-613
- [20] Apparicio P, Abdelmajid M, Riva M, et al. Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues[J]. International Journal of Health Geographics, 2008, 7(1):7

责任编辑:王燕华