

# 基于高斯两步移动搜索法的沈阳市绿地可达性评价

魏 冶<sup>1</sup>, 修春亮<sup>1</sup>, 高 瑞<sup>2</sup>, 王 绮<sup>1</sup>

(1. 东北师范大学地理科学学院, 长春 130024; 2. 沈阳市蒲河新城管委会规划局, 沈阳 110164)

**摘 要:** 基于高斯两步移动搜索法, 进行沈阳市绿地可达性分析。在揭示研究区内绿地可达性空间格局的同时, 探索这一新方法的实际应用价值。结果显示: ① 沈阳市绿地可达性整体上具有北高南低、东高西低的空间分布特征, 4个高值区与3个低值区可清晰识别; 高值区域主要分布在核心城区的近外围, 低值区域主要分布于核心城区与城市的西部及南部远郊。② 沈阳市绿地可达性空间格局十分不平衡, 具有较强的空间极化特征, 70%以上的街道绿地可达性低于全市平均水平, 只有少数街道呈现较高的可达性, 人口与绿地的空间不匹配是造成不平衡的主要因素。③ 根据可达性评价结果, 提出了实施空间优化策略, 促进绿地服务均等化的相关建议。该方法能够较好地揭示城市绿地系统与人口相互作用的规律, 未来还应进一步与客观实际结合, 使之更加具体化和实用化。

**关 键 词:** 绿地可达性; 高斯两步移动搜索法; 沈阳市

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.04.005

中图分类号: TU985

文献标识码: A

## 1 引言

城市绿地是现代城市的重要组成部分, 在保护公共健康、维护生态环境、增强人民幸福感方面发挥着重要作用。已有研究证明, 增加公共绿地可以增加人们体育锻炼的次数(Bedimo-Rung et al, 2005; Maas et al, 2006)、增强城市居民之间的交流与联系(Maas et al, 2009; Sugiyama et al, 2008), 以及缓解工作和生活中所产生的压力(Kaplan et al, 1989)。在现代城市规划中保持一定的绿地率因此成为必然的要求。由于受到城市边界的主观性、可变性以及城市绿地空间分布的影响, 传统的城市绿地指标(如绿地率和人均绿地面积)并不能很好地衡量城市绿化质量, 因此以人为主体的可达性指标得到越来越多的应用(俞孔坚等, 1999)。

以往常用的绿地可达性评价方法主要有以下3种: ① 局域方法, 即对各子区域的绿地面积进行各自统计, 以得到可达性的估计(Potestio et al, 2009; Richardson et al, 2010); ② 最近邻方法, 即利用到最近绿地的欧氏距离或网络距离来衡量可达性(Comber et al, 2008; Coombes et al, 2010; Kessel et

al, 2009); ③ 基于重力模型的方法, 即利用重力模型来度量各绿地对某一子区域的吸引力, 将这些吸引力加和得到该子区域的绿地可达性(Hillsdon et al, 2006)。前两种方法均假设居民会选择最近的绿地, 而事实上居民有更多的选择; 第三种方法虽然考虑了居民的多选可能性, 但同样没有考虑到绿地与人口的供需关系问题。

为克服以上方法存在的缺点, Dai(2011)引入了基于高斯两步移动搜索法来进行美国亚特兰大市的绿地可达性评估。实际上最早两步移动搜索法是由Luo等(2003)提出, 被用于度量就医的空间可达性, 并成为这一领域研究的重要范式, 受到诸多学者的应用; 但其假设在一定的搜索半径内可达性是均等的, 与实际随距离递减的规律不符。后来包括Luo在内, 研究者们纷纷对这一方法进行改进, Dai(2011)提出的方法便是其中一个有效的改进版本。

截至目前, 两步移动搜索法在绿地可达性方面的应用还很少。国外除了Dai之外, 目前尚无类似研究成果。而国内方面, 程岩等(2011)对南京市郊区公园绿地空间可达性分析, 也是两步移动搜索法

收稿日期: 2013-09; 修订日期: 2014-01。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071109)。

作者简介: 魏冶(1983-), 吉林梨树人, 博士, 讲师, 主要从事城市与区域规划及GIS应用研究, E-mail: weiy742@nenu.edu.cn。

通讯作者: 修春亮(1964-), 吉林舒兰人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市地理、经济地理、城市与区域规划研究,

E-mail: xiucl@nenu.edu.cn。

在绿地可达性评价研究中的唯一案例,并且在方法的时效性、空间距离表达方面还存在一定欠缺。有鉴于此,本文在 ArcGIS 10.0 平台中,利用遥感数据与人口普查数据,采用 Dai(2011)提出的高斯两步移动搜索法对沈阳市绿地可达性进行评价,一方面探索新方法的应用价值,另一方面也可为沈阳市绿地系统的空间优化提供科学依据。

2 数据与方法

2.1 研究区域

以沈阳市中心城区为研究对象、以街道为基本单元进行城市绿地可达性分析。由于各街道的行政边界并不严格限制于中心城区边界,为了与统计数据相对应,文中的中心城区范围根据各街道边界有所调整,调整后的边界如图 1 所示。研究区内 95 个街道分属和平区、沈河区、皇姑区、大东区、铁西区、东陵区(含浑南新区)、于洪区、沈北新区、苏家屯区等 9 个区管辖。

2.2 数据来源与预处理

2.2.1 城市绿地数据

在中国 1998 年所批准的《城市规划基本术语标准》中,城市绿地是指城市中专门用以改善生态、

保护环境、为居民提供游憩场所和美化景观的绿化用地。文中所指的绿地是经过整理的、具有一定规模和服务功能的绿地,主要强调其中休憩功能的层面,更关心绿地与居民日常生活的密切关系。主要包括公园绿地(具有明确的名称标识)、具有一定规模(2 万 m<sup>2</sup> 以上)的街头绿地,也包括可进入(内部设有人行道)的沿河绿地。按照这一标准,以空间分辨率为 8 m 的福卫二号遥感影像解译为主,以《沈阳交通旅游图》、野外调查为辅,对沈阳市的城市绿地数据进行采集。从居民空间认知的角度,一些被道路、河流分割的绿地斑块属于同一整体,因此在数据后处理过程中对这些斑块进行了合并处理。另外考虑到研究区内的居民也可以使用研究区外的绿地,故把研究区周边的绿地也纳入到采集范围内,绿地分布情况如图 1 所示。

从图 1 可以看出,除公园绿地、沿河绿地、防护绿地和生产绿地以巨大斑块为主外,其余绿地景观以中小斑块为主,大型绿地主要分布在城市外围,核心城区大块绿地较为少见。另外绿地的空间分布与河流水系的空间分布具有密切的关联。

将采集的城市绿地空间数据进行面积量算与统计分析,形成沈阳市城市绿地分区统计表(表 1)。如表 1 所示,沈阳市中心城区共有绿地 3374.35

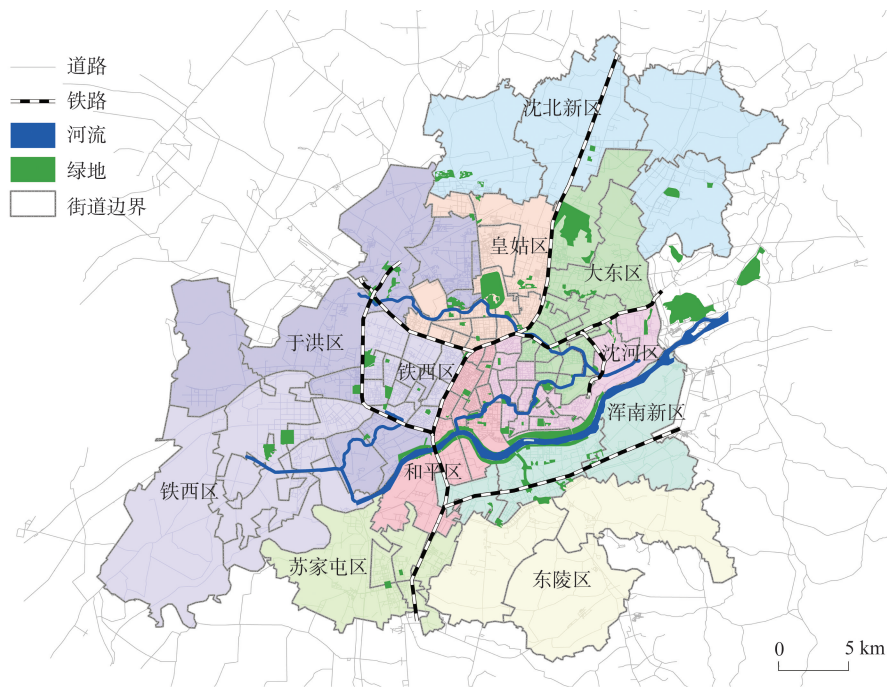


图1 沈阳市中心城区街道分区与绿地分布

Fig.1 Green space distribution and administrative map of central urban area of Shenyang

hm<sup>2</sup>(仅研究区范围),人均绿地面积为 7.95 m<sup>2</sup>。各分区之间绿地覆盖率与人均绿地面积皆差异较大,二者总体标准差分别达到 3.2%与 5.7 m<sup>2</sup>/人。沈河区绿地覆盖率最高,达到 8.77%,苏家屯区绿地覆盖率最低,仅为 0.42%;东陵区人均绿地面积最高,为 23.07 m<sup>2</sup>/人,苏家屯区最低,仅为 1.66 m<sup>2</sup>/人。

2.2.2 其他数据

可达性分析的数据还包括中心城区分街道的行政区划图、各街道人口数据、交通网络数据等。由于模型充分考虑供需关系,人口的分布情况会对可达性结果产生重要影响,以沈阳市第六次人口普

查数据为数据源来展示沈阳市人口分布的空间格局,具体如图 2 所示。所有空间数据都采用统一的空间坐标系进行配准,以确保数据兼容。

2.3 研究方法

2.3.1 高斯两步移动搜索法

利用高斯两步移动搜索法进行绿地可达性评价,具体实施过程分为两步:

第一步,对于每一块绿地 $j$ ,给定空间距离阈值 $d_0$ ,便形成一个空间作用域(catchment);对于落在空间作用域内的每个街道 $k$ 的人口,利用高斯方程赋以权重,并对这些加权后的人口进行加和,可得

表 1 2010 年沈阳市城市绿地分区统计  
Tab.1 Statistics of green spaces in Shenyang urban districts in 2010

分区	绿地数量	绿地总面积/hm <sup>2</sup>	绿地覆盖率/%	人均绿地面积/(m <sup>2</sup> /人)
大东区	16	655.28	6.87	11.12
东陵区	29	518.85	5.44	23.07
和平区	22	376.10	6.64	7.04
皇姑区	21	501.83	7.01	7.20
沈北新区	8	194.85	0.94	10.02
沈河区	27	458.53	8.77	7.14
苏家屯区	2	32.24	0.42	1.66
铁西区	10	318.85	1.37	4.04
于洪区	15	317.81	1.74	8.35
沈阳市	150	3374.35	8.11	7.95

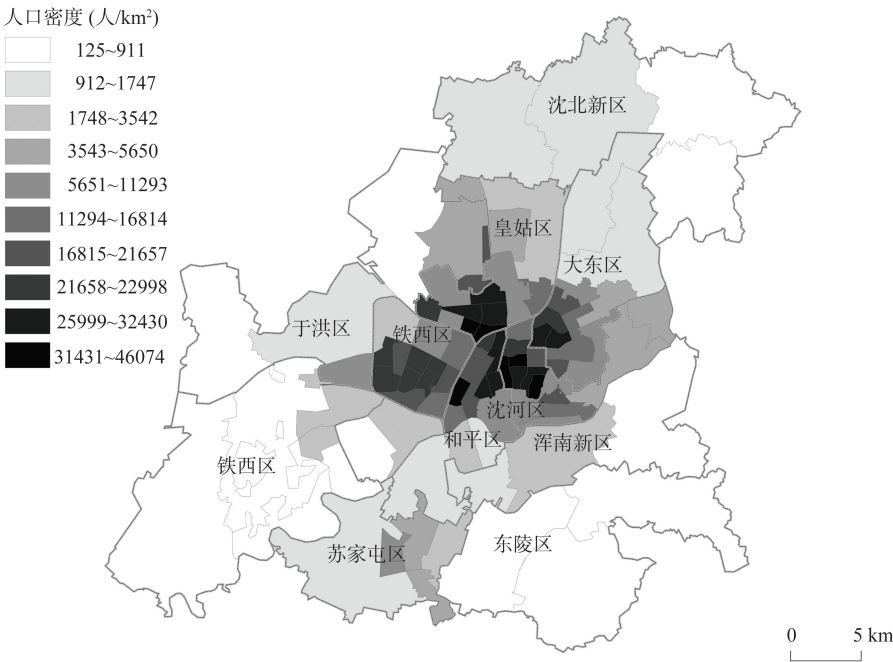


图 2 沈阳市中心城区人口分布  
Fig. 2 Population distribution of central urban area of Shenyang



到绿地  $j$  所有潜在的使用者数量;再将绿地的规模除以所有潜在使用者数量得出供需比率  $R_j$ 。

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} G(d_{kj}, d_0) P_k} \tag{1}$$

式中:  $P_k$  是绿地  $j$  的空间作用域内 ( $d_{kj} \leq d_0$ ) 街道  $k$  的人口数量;  $d_{kj}$  是从街道  $k$  中心到绿地  $j$  中心的空间距离;  $S_j$  是绿地  $j$  的容纳能力,文中以绿地的面积为代表;  $G(d_{kj}, d_0)$  是考虑到空间摩擦问题的高斯方程,计算方法如公式(2)所示:

$$G(d_{kj}, d_0) = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2} \times (\frac{d_{kj}}{d_0})^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1 - e^{-\frac{1}{2}}}, & \text{if } d_{kj} \leq d_0 \\ 0, & \text{if } d_{kj} > d_0 \end{cases} \tag{2}$$

第二步,对于每一个街道  $i$ , 给定空间距离阈值  $d_0$ , 便形成另一个空间作用域,同样对于落在空间作用域内的每块绿地  $l$  的供给比率 ( $R_l$ ) 利用高斯方程赋以权重,然后对这些加权后的供给比率 ( $R_l$ ) 进行加和,便得到每个街道  $i$  的绿地可达性  $A_i$ 。  $A_i$  值的大小可以理解为在某领域内城市绿地的人均占有量,单位是  $\text{m}^2/\text{人}$ 。

$$A_i = \sum_{l \in \{d_{il} \leq d_0\}} G(d_{il}, d_0) R_l \tag{3}$$

式中:  $R_l$  表示街道  $i$  的空间作用域内 ( $d_{il} \leq d_0$ ) 绿地  $l$  的供给比率。其他指标说明同公式(1)。

图3与图4是高斯两步移动搜索法的示例。在图3中,以  $d_0$  为阈值,有1、2、3三个街道中心点落在了绿地a的空间作用域内。对于其中每一个街道中心点,与绿地的空间距离也可以量度,那么可分别根据公式(2)建立相应的高斯方程;另外,绿地a的面积与各街道中心点所代表的人口数量也是已知的,那么就可以根据公式(1)求得相应的供需比率。同样在图4中,以  $d_0$  为阈值,有a、c两个绿地中心点落在了街道2的空间作用域内,根据公式(3),对a、c高斯方程加权后的供需比率进行累加,便得到了街道2的绿地可达性。按照两步移动搜索法的计算过程,实际上可达性数值可以解释为经过特殊加权处理后的人均绿地面积。

显然选择合理的空间距离阈值  $d_0$  是两步移动搜索法的关键。按照以往经验,人的步行速度为  $5 \text{ km/h}$  (肖华斌等, 2009)。一般而言步行者出行的最大心理承受时限不会超过30分钟,那么以  $5 \text{ km/h}$  的平均水平,半个小时可到达的距离约为  $2.5 \text{ km}$ , 因此  $d_0$  取  $2.5 \text{ km}$  为宜。

另外,在 Dai(2011)的研究中并未提及沿河绿地

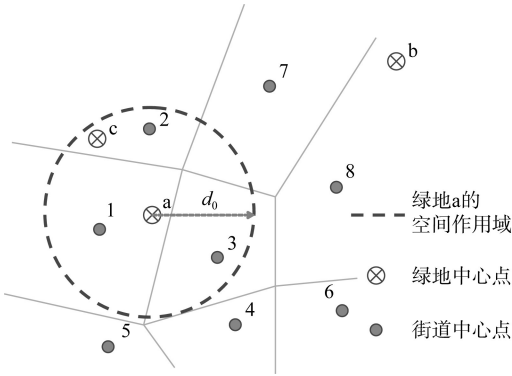


图3 高斯两步移动搜索法示意图(第一步)  
Fig.3 The Gaussian based two-step floating catchment area (2SFCA) method (Step 1)

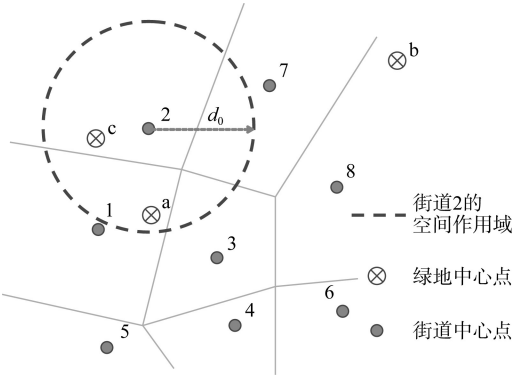


图4 高斯两步移动搜索法示意图(第二步)  
Fig.4 The Gaussian based two-step floating catchment area (2SFCA) method (Step 2)

问题,而沿河绿地恰是沈阳市城市绿地的重要组成部分(图1)。沿河绿地形状狭长、空间面积大,不宜用点来代表。因此在具体分析过程中,以主干路与桥梁为主要分界线将原来连续的沿河绿地分解成形状近于正方形,周积比略小的多块绿地,然后再转化为空间点。

2.3.2 分级分析方法

拟采用 ArcGIS 10.0 所提供的自然分裂法 Natural Breaks(Jenks)对各街道的绿地可达性行进行分级分析。自然分裂法基于数据内部的内在联系进行自然分组,旨在最大化组间差距并最优化组内相似值,最大限度地保证了分级的客观性。利用该方法,将沈阳市中心城区各街道的可达性分为低、较低、一般、较高、高5个等级。

2.3.3 克里金(Kriging)空间插值

高斯两步移动搜索方法的分析结果被赋予在街道中心点上,为获得城区任意位置的绿地可达性,需对街道中心点以外的地点进行可达性估计。

这样由已知点来推测未知点数值可利用局部空间插值方法来解决。局部空间插值方法有多种,包括最近邻点插值法、距离倒数插值法、样条函数插值法、克里金空间插值法等。本文采用的是克里金空间插值法,该法又称空间自协方差最佳插值法,是以南非矿业工程师Krige的名字命名的一种最优内插法。克里金法广泛地应用于地下水模拟、土壤制图等领域(Davis, 2002),其主要原理如下:

设一区域内在采样点位置  $S_i$  处的观测值为  $Z(S_i)$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ , 则在预测点  $S_0$  的估计值  $\hat{Z}(S_0)$  可以通过周围  $n$  个采样点的观测值  $Z(S_i)$  的线性组合来求取,即:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i)$$

(4)

式中:  $\lambda_i$  为采样点  $S_i$  的权重;  $\lambda_i$  需满足以下方程:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(S_i, S_j) + \mu = \gamma(S_i, S_0), \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

(5)

式中:  $\gamma(S_i, S_j)$  为观测点  $S_0$  与  $S_i$  之间的半变异值;  $\gamma(S_i, S_0)$  是采样点  $S_i$  与预测点  $S_0$  之间的半变异值;  $\mu$  是与方差最小化有关的拉格朗日乘数。

选择该方法的理由在于其能最大限度地利用空间取样所提供的各种信息,不仅考虑待估样点与邻近已知样点的空间位置,还考虑各邻近样点彼此之间的位置关系和已有观测值的空间自相关性。高斯两步移动搜索方法的计算过程融入了大量人口分布的信息,因此绿地可达性的计算结果与人口分布特征具有密切的关系,而已有文献证明人口分布具有一定的空间自相关特征(杜国明等,

2007),因此选用克里金空间插值方法具有一定的合理性。在本研究中,克里金插值分析通过 ArcGIS 10.0 软件实现。

3 结果与分析

3.1 绿地可达性的分级

表2为基于自然分裂法的沈阳市中心城区各街道绿地可达性分级结果,其中可达性低、较低、一般、较高、高的街道数量分别为48、23、14、8、2,大体上呈金字塔式组成结构。依据其计算原理,绿地可达性实际上等价于加权后的人均绿地面积。按照本文所提出的数据采集标准,2010年沈阳市中心城区人均绿地面积为7.95 m<sup>2</sup>/人,基本与较低等级的上限对应,这说明有70%以上的街道可利用的绿地低于全市平均水平,而只有少量的街道具有高的可达性。总体上讲,沈阳市中心城区的绿地可达性空间分布较不均衡,呈现出较强的空间极化特征(魏冶等, 2010)。

3.2 绿地可达性的空间分布

图5即为克里金空间插值分析所获得的沈阳市绿地可达性与人口分布叠加图,图中绿地可达性的高低以灰度值表达,人口密度以 ArcGIS 软件所提供的点密度制图(Dot Density)来表达。从图5可以看出,沈阳市中心城区的绿地可达性整体上呈现北高南低、东高西低的空间特征。

高值区域主要分布在核心城区近外围,形成东、西、南、北4个大小不一的空间组团,其中北部、东部、

表2 沈阳市中心城区各街道绿地可达性分级  
Tab.2 Classification of green space accessibility of central urban area of Shenyang

可达性等级	街道数量	包含街道
高(>39.65)	2	文官街道、沈水湾街道
较高(17.04~39.64)	8	南阳湖街道、辽河街道、丰乐街道、五三街道、城东湖街道、辉山街道、造化街道、南湖街道
一般(8.45~17.03)	14	浑河湾街道、五里河街道、西三环街道、南塔街道、新乐街道、长白街道、陵西街道、集贤街道、二台子街道、泉园街道、马官桥街道、北塔街道、马路湾街道、重工街道
较低(2.62~8.44)	23	南市场街道、东站街道、前进街道、湖西街道、新华街道、太原街街道、浑河站东街道、七路街道、工人村街道、三台子街道、大南街道、塔湾街道、万泉街道、道义街道、舍利塔街道、上园街道、八经街道、启工街道、滨河街道、山东庙街道、万莲街道、凌空街道、长安街道
低(<2.61)	48	小东街道、新东街道、迎宾路街道、保工街道、东陵街道、兴工街道、东塔街道、新北站街道、洮昌街道、虎石台街道、艳粉街道、风雨坛街道、皇城街道、黄河街道、大北街道、三洞桥街道、兴华街道、华山街道、西塔街道、津桥街道、北市场街道、兴顺街道、寿泉街道、大西街道、解放街道、朱剪炉街道、霁虹街道、北海街道、贵和街道、明廉街道、浑河站西街道、陵东街道、蒲河街道、北岭街道、沙岭街道、于洪街道、笃工街道、昆明湖街道、大青中朝友谊街道、翟家街道、大潘街道、临湖街道、中兴街道、民主街道、白塔街道、桃仙街道、营城子街道、东湖街道

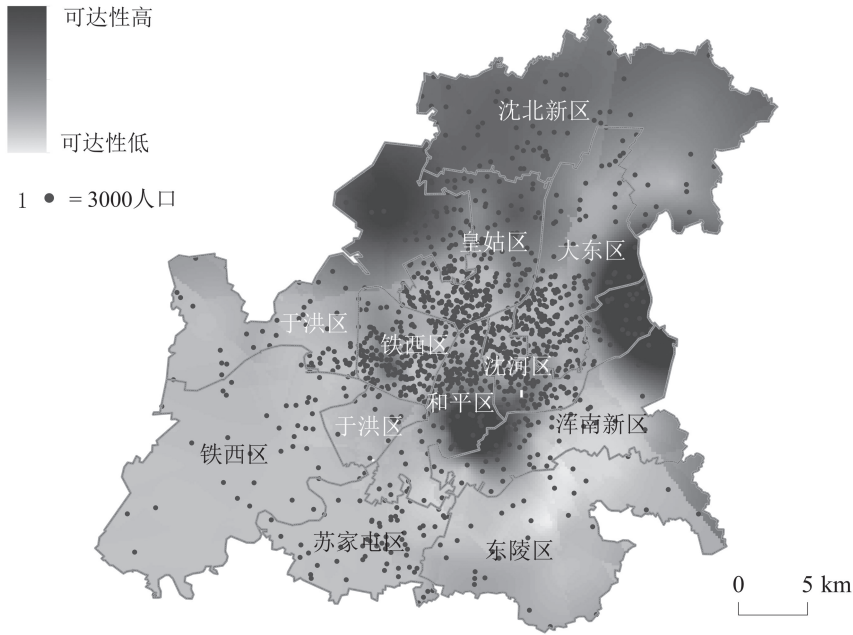


图5 沈阳市中心城区绿地可达性与人口分布  
Fig.5 Green space accessibility and population distribution of central urban area of Shenyang

南部组团的规模相对较大,西部组团的规模相对较小。结合绿地分布图,北部组团的服务绿地以北陵公园、七二四公园与丁香湖等大型绿地为主;东部组团以东陵公园、世博园等大型绿地为主;南部组团以沿浑河绿地与沿南运河串珠分布的公园为主。西部组团以铁西森林公园与劳动公园等中型绿地为主。整体上看,大型绿地对沈阳市绿地可达性分布的影响最大,周边有大型绿地的区域,其绿地可达性往往较高。

低值区域主要分布在核心城区与城市的西部与南部远郊。核心区虽然绿地数量较多,但普遍规模较小、分布不均,同时人口密度又相对较大,因此形成较为明显的低值区。西部远郊与南部远郊虽然人口密度较低,但绿地更为匮乏,也形成较为明显的低值区。

4 结论与讨论

4.1 结论

4.1.1 沈阳市绿地可达性呈现空间极化特征

从绿地可达性的分级分析可知,沈阳市中心城区各街道的绿地可达性大体呈金字塔结构,可达性越高,相应的街道数量越少。经核算,70%以上的街道的绿地可达性低于平均水平,而只有少数的街

道具有较高的可达性,沈阳市中心城区绿地可达性呈现一定的空间极化特征。

4.1.2 人口与绿地空间不匹配是导致绿地可达性空间分异的主要因素

观察发现,沈阳市中心城区人口密度大体呈中心向外围递减趋势,而绿地,特别是大型绿地则主要分布于城市外围,人口多处绿地反而少,人口少处绿地反而多,两者呈现明显的空间不匹配现象,由此导致了绿地可达性较强的空间分异。随着城市的扩展,一些城郊的大型绿地也将逐渐纳入到城区中来,届时绿地可达性的空间差异将有所改观。

4.1.3 大型绿地对周边绿地可达性影响较大

从绿地可达性的空间分布可知,周边有大型绿地的区域,如大东区、皇姑区、沈北新区,以及浑河两岸地区,其绿地可达性较高;而城市核心区、铁西工业区、苏家屯区、东陵区南部等区域缺乏大型绿地,绿地可达性相对较低。可见大型绿地对沈阳市中心城区绿地可达性的空间分布产生重要影响,大型绿地的空间安排将是绿地系统规划所要考虑的关键问题之一。

4.1.4 实施空间优化策略,促进绿地服务均等化

绿地是一种公共资源,每一位市民都具有享受这一资源的平等权利,这也是规划者所倡导的规划目标。但现实是,绿地可达性的空间极化使得绿地



成为稀缺资源,市场通过房价等手段将这些资源不断地交付给高收入群体,同时不断排斥低收入群体,由此空间的不平衡最终导致社会群体的不平衡。因此,从社会公平的角度,针对沈阳市绿地可达性的空间分配不平衡问题,必须实施相应的空间优化策略,以促进绿地服务的均等化。

根据所获得的绿地可达性分析结果,针对沈阳市的实际情况,提出以下四点空间优化建议:①加强城市中心区域的绿化强度,提高城市核心区现有绿地的容纳能力与使用价值,加强对核心区街头绿地的建设,如在天桥等处构造带状绿地,以及利用河流等自然景观规划好城市“绿楔”的穿插。②以绿地服务均等化为目标,科学规划新区,实现绿地与人口、交通的匹配发展,注重大型绿地设施的建设和严格保护。③强调以人为本,广泛听取民众意见和建议,将这些意见和建议融入到绿地规划中,提高绿地的可观赏性、可参与性、可介入性。④加强水系绿化建设、大型公共绿地建设,路侧绿带建设,均衡布局小型绿地,见缝插绿,加强绿地之间的相互联系,最终形成点线面完备的绿地系统结构。

## 4.2 讨论

绿地可达性是一个多因素相互作用的指标。它的大小不仅取决于绿地供给状况,还与人口的需求状况有关,供需平衡才能获得较高的绿地可达性。利用高斯两步移动搜索法,对沈阳市中心城区各街道的绿地可达性进行了评估,较好地揭示了沈阳市城市绿地系统与人口相互作用的客观规律,但该方法也存在不足之处:

(1) 高斯两步移动搜索法的结果通过街道中心点予以表达,只能获得离散の数値,不能获得整体的空间分布趋势,因此引入了克里金空间插值方法—基于各街道中心点的可达性数值,通过分析其邻近样点的位置关系与空间自相关,来推知其他未知点的可达性。

(2) 在模型中绿地的规模是决定其吸引能力的唯一指标,但是实际情况却更为复杂。如笔者在万柳塘公园走访时发现,来此休闲的居民主要出于两大动机:一是自然形成的花鸟鱼虫市场,二是数以百计的民众健身器材。居民活动的惯性也会影响其绿地选择,笔者在万泉公园(俗称小河沿)随机走访,发现很多居民并非住在附近,其中不乏乘半个多小时公交车来此者。万泉公园之所以具备这样

的吸引力,是因为“该公园历史最早”、“以前总来习惯了”,并且“大家都来这比较热闹”。此外,在沈阳这样的北方城市,季节性因素也会产生重要影响。如五里河公园是较新的沿河公园,设施齐备,环境较好,但是天气转凉后,来此游玩的人大大减少。除此之外,某些绿地收费也会影响居民的选择。针对这些因素,未来需要对模型进行改进,如采用综合的指标体系替代绿地面积来表征绿地的承载能力,当然这也需要大量的实地调研工作。

(3) 需求主体被泛化,未考虑不同群体之间的需求差异。城市居民的性别、年龄、民族、种族、宗教、家庭收入、受教育情况以及身体健康状况都会影响其对绿地的需要以及对空间阻抗的承受能力(Comber et al, 2008; Jorgensen et al, 2007; 刘常富等, 2010)。在高斯两步移动搜索方法中,并没有对这些群体进行区分,而采取了较为泛化的需求群体,未来有待于对各群体区别研究。实际调研发现,以上因素中以年龄因素影响最为明显。如走访的公园里以老年人或中年人为主,年轻人较少,且年轻人偏向于娱乐设施如游船、过山车等较多的公园绿地;而老年人则更偏好于环境宁静、健身器材较多的绿地;带孩子的家长往往喜欢动植物种类较多的绿地。除了绿地类型的偏好,不同年龄人群对空间距离的承受能力也有所不同,显然老人和儿童的空间阻隔高于普通人,常常会选择距离较近的绿地。但是在走访时发现有许多年迈的老人也选择距离较远的绿地,他们常以公交代步,很大程度是因为沈阳市70岁及以上老人乘公交车免费,60~69周岁也是半价。未来可以考虑基于调查问卷建立概率模型,来分别模拟以公交和步行出行为主的居民行为。

正因为上述诸多因素的存在,理想化的可达性评价结果并不能完全符合实际情况。对此,可以通过理想化模型与实地调查相结合的方法来实现绿地可达性的优化。例如,计算出的某些区域绿地可达性较高,但是居民却往往舍近求远,那么就要分析是否因为周边绿地的基础设施不足,或者有民众反感的事物存在。总之,以高斯两步移动搜索法为基础的绿地可达性研究必须要与客观实际相结合,才能使模型更加具体化和实用化。

## 参考文献(References)

程岩,刘敏,李明阳,等. 2011. 基于2步移动搜索法的城市郊

- 区公园绿地空间可达性分析. 中南林业调查规划, 30(3): 31-35. [Cheng Y, Liu M, Li M Y, et al. 2011. Spatial accessibility analysis of green space in suburb parks based on 2SFCA. *Central South Forest Inventory and Planning*, 30(3): 31-35.]
- 杜国明, 张树文, 张有全. 2007. 城市人口分布的空间自相关分析: 以沈阳市为例. *地理研究*, 26(2): 383-390. [Du G M, Zhang S W, Zhang Y Q. 2007. Analyzing spatial autocorrelation of population distribution: a case of Shenyang City. *Geographical Research*, 26(2): 383-390.]
- 刘常富, 李小马, 韩东. 2010. 城市公园可达性研究: 方法与关键问题. *生态学报*, 30(19): 5381-5390. [Liu C F, Li X M, Han D. 2010. Accessibility analysis of urban parks: methods and key issues. *Acta Ecologica Sinica*, 30(19): 5381-5390.]
- 魏冶, 修春亮, 赵映慧. 2010. 基于GIS的东北地区铁路运输空间极化动力机制分析. *铁道学报*, 32(3): 111-118. [Wei Y, Xiu C L, Zhao Y H. 2010. Study on spatial polarization and driving forces of railway transport in north-east China based on GIS. *Journal of the China Railway Society*, 32(3): 111-118.]
- 肖华斌, 袁奇峰, 徐会军. 2009. 基于可达性和服务面积的公园绿地空间分布研究. *规划师*, 25(2): 83-88. [Xiao H B, Yuan Q F, Xu H J. 2009. Green space distribution based on accessibility and serving area. *Planners*, 25(2): 83-88.]
- 俞孔坚, 段铁武, 李迪华, 等. 1999. 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. *城市规划*, 23(8): 8-11, 43-44. [Yu K J, Duan T W, Li D H, et al. 1999. Landscape accessibility as a measurement of the function of urban green system. *City Planning Review*, 23(8): 8-11, 43-44.]
- Bedimo-Rung A L, Mowen A J, Cohen D A. 2005. The significance of parks to physical activity and public health: a conceptual model. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(2): 159-168.
- Comber A, Brunsdon C, Green E. 2008. Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. *Landscape and Urban Planning*, 86(1): 103-114.
- Coombes E, Jones A P, Hillsdon M. 2010. The relationship of physical activity and overweight to objectively measured green space accessibility and use. *Social Science & Medicine*, 70(6): 816-822.
- Dai D. 2011. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: where to intervene? *Landscape and Urban Planning*, 102(4): 234-244.
- Davis J C. 2002. *Statistics and data analysis in geology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Hillsdon M, Panter J, Foster C, et al. 2006. The relationship between access and quality of urban green space with population physical activity. *Public Health*, 120(12): 1127-1132.
- Jorgensen A, Anthopoulou A. 2007. Enjoyment and fear in urban woodlands: does age make a difference? *Urban Forestry & Urban Greening*, 6(4): 267-278.
- Kaplan R, Kaplan S. 1989. *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kessel A, Green J, Pinder R, et al. 2009. Multidisciplinary research in public health: a case study of research on access to green space. *Public Health*, 123(1): 32-38.
- Luo W, Wang F. 2003. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago Region. *Environment and Planning B*, 30(6): 865-884.
- Maas J, Van D S M, Verheij R A, et al. 2009. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health & Place*, 15(2): 586-595.
- Maas J, Verheij R A, Groenewegen P P, et al. 2006. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(7): 587-592.
- Potestio M L, Patel A B, Powell C D, et al. 2009. Is there an association between spatial access to parks/green space and childhood overweight/obesity in Calgary, Canada? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6: 1-10.
- Richardson E, Pearce J, Mitchell R, et al. 2010. The association between green space and cause-specific mortality in urban New Zealand: an ecological analysis of green space utility. *BMC Public Health*, 10: 240.
- Sugiyama T, Leslie E, Giles-Corti B, et al. 2008. Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(5): e9.



## Evaluation of green space accessibility of Shenyang using Gaussian based 2-step floating catchment area method

WEI Ye<sup>1</sup>, XIU Chunliang<sup>1</sup>, GAO Rui<sup>2</sup>, Wang Qi<sup>1</sup>

(1. School of Geographical Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;

2. Administrative Committee and Construction Bureau of Puhe, Shenyang 110164, China)

**Abstract:** Ratio of green space area and per capita green space are often used to measure the greening degree of cities in urban planning. Such indices can reflect the general characteristics of urban green space but fail to reveal the actual situation of resources allocation. Previous studies suggest that evaluating green space accessibility is a feasible way to solve the problem. However, the current methods of green space accessibility analysis have paid little attention to supply and demand relationship between green space and residents as well as the carrying capacity of green spaces, which made these methods less useful in practice. In this study, the Gaussian based 2-step floating catchment area (2SFCA) method, which can overcome these drawbacks, was employed to analyze the green space accessibility of Shenyang. The paper discusses a new method for green space accessibility assessment. Meanwhile, it offers an in-depth knowledge of green space of Shenyang. The spatial pattern of green space accessibility of Shenyang shows a clear declining trend from north to south and from east to west. Four high-value centers and three low-value areas can be recognized. The high-value areas are mainly located in the periphery of the core urban area, and the low-value areas are mainly distributed in the far southern and western suburb of Shenyang. It is also found that the spatial pattern of green space accessibility shows strong polarization characteristics, and more than 70% of the streets have lower green space accessibility than the average level around the city, while only a few streets exhibit higher accessibility. This phenomenon is attributed to the spatial mismatch between green space and population. Four recommendations are made for promoting the equal provision of green space services: (1) Enhance the quantity and quality of the green spaces in the core urban area. (2) Make scientific planning for the new development areas, to achieve the goal of equal accessibility of green space service and realize a coordinated development of population, transport, and green space. (3) Emphasize the people-oriented principle, enhance the aesthetics value of green space, public participation in their development and accessibility by considering the comments and suggestions from the public. (4) Stress the construction of green belt along the river, large public green space and roadside green space, create a balanced layout of small green spaces and improve the connection between these green spaces, to build a green space network comprised of points, belts and areas. The paper also discusses the drawbacks and improvements of the Gaussian based 2SFCA method. First, it is unable to create an accessibility surface because the result is expressed as values at the center points of streets and these values are discrete. Kriging spatial interpolation can be used to address this issue. Second, in this study size is used as the single indicator for the service ability of each green space, but factors determining the attractiveness of individual green space are much more complex and therefore more indicators need to be included in future studies. Third, the user group of green space is generalized in this model without considering the differences in needs, preference, and behavior between population groups. Green space accessibility for different age, ethnic, income and occupation groups should be assessed separately in future studies. Overall, the Gaussian based 2SFCA method is an effective method for evaluating the accessibility of the urban green space in Shenyang.

**Key words:** green space accessibility; Gaussian based 2-step floating catchment area(2SFCA) method; Shenyang