

· 国家自然科学基金资助项目 (编号: 52508004) ·

# 基于网络分析法的北京市石景山区公园绿地可达性研究

## Accessibility Research of Shijingshan District Park Green Spaces in Beijing Based on Network Analysis

酆晓桐 Li Xiaotong

杨鑫 Yang Xin

中图分类号 TU986

文献标识码 B

文章编号 1003-739X (2016) 10-0083-04

**[摘要]** 城市公园绿地是城市中向公众开放的,以游憩为主要功能,有一定的游憩设施和服务设施,同时兼有健全生态、美化景观、防灾减灾等综合作用的绿化用地。城市公园绿地的可达性是景观格局分析中的一项重要指标,其本质内涵是从城市空间中的任意一点到达公园绿地的便捷程度。该文首先阐述近年来研究景观可达性的各种主流方法,如建立空间分布模型、缓冲区法、最小邻近距离法、引力模型法、费用加权距离法,网络分析法等,分析每种方法的操作原理和优缺点。同时,以北京市石景山区公园绿地为研究对象,应用可达性原理,基于网络分析法,以到达公园绿地所需花费时间为阻力,分析北京市石景山区公园绿地的可达性,对其进行评价。

**[关键词]** 公园绿地 可达性 网络分析法 北京市石景山区

**[Abstract]** Urban park green spaces are the public spaces in cities. Their main function is recreation. They have several recreation facilities and service facilities. At the same time, they have the functions of improving ecological, beautifying the view, preventing and reducing disaster. Accessibility of urban park green spaces is an important index in the analysis of landscape pattern. Its essence is from any point in the urban space to reach the convenience of the park green spaces. In this paper, the main methods to study landscape accessibility in recent years are described, such as establishing the spatial distribution model, buffer method, minimum near distance method, gravity model method, cost weighted distance method, network analysis method, analyzing the principle, advantages and disadvantages of each method. Choosing Beijing Shijingshan district park green spaces as the research object, applying accessibility theory, basing on network analysis, as the time that reaching park green spaces required to spend for resistance, analyzing the accessibility of park green spaces in Beijing Shijingshan district, and evaluating it.

**[Key words]** Park green space, Landscape accessibility, Network analysis method, Shijingshan District in Beijing

### 作者信息

酆晓桐, 北方工业大学建筑与艺术学院

硕士研究生, stitchqi@qq.com

杨鑫, 北方工业大学建筑与艺术学院

副教授

收稿日期: 2016-03-22

近年来,中国的城市化进程正在以加速的状态飞快发展,然而在城市化过程中我们的人居环境也正在遭到严重破坏:绿化不足、环境污染、生态恶化等问题成为了社会的焦点,城市中的绿化投入和建设也是市民最关注的问题之一。然而,再多的绿地若不能被人使用也是一种浪费。公园绿地的可达性是评价城市公园绿地所提供的自然服务能否被市民便捷、公平享用的一个重要指标。所以,对公园绿地可达性的研究是一个我们亟待解决的问题。

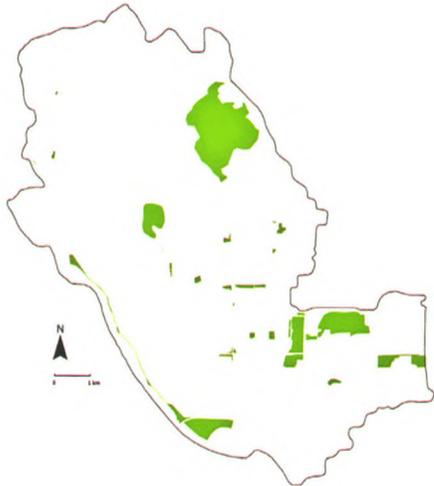


图1 北京市石景山区绿地分布图

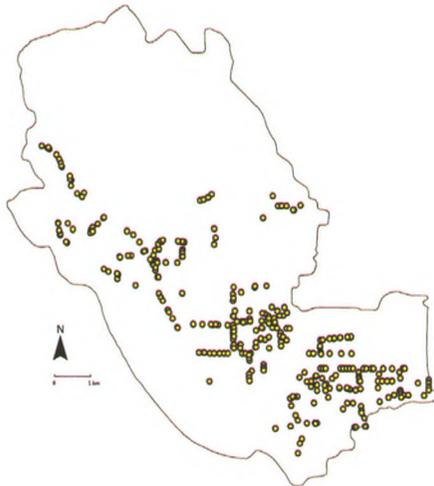


图2 北京市石景山区居民区出入口分布图

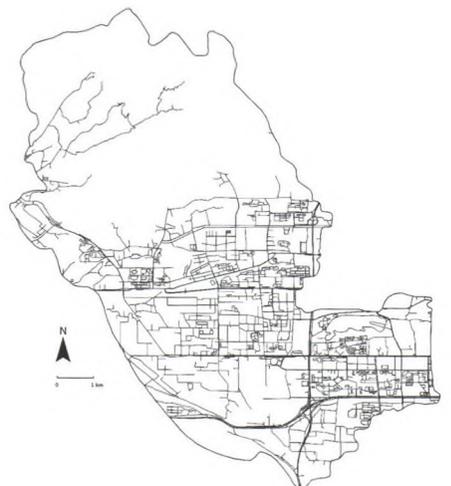


图3 北京市石景山区道路网络图

## 1 可达性的概念

### 1.1 广义的可达性

可达性的概念首先出现在交通运输的研究领域,指的是利用一种特定的交通系统从某一给定区位到达活动地点的便利程度,可用成本、目的地、交通时间获得的机会数量和起点与目标点之间的吸引能力来表示<sup>[1]</sup>。

可达性的广泛应用定义是指一定空间范围内可获得或接近的目标对象的数量多少或克服空间阻力的难易程度。可达性在面对不同的研究对象时有不同的理解和表述,不仅仅受地理或空间距离的影响,也包括经济上、信息上和行为上的影响。可达性的主观层面强调按照人的意愿产生的对某一空间点或区域的主观选择优先级;客观层面强调各地点之间交通、交流的便捷程度,也就是区位评价。

我们所研究的城市公园绿地的可达性强调公园绿地的空间位置和进入公园绿地过程中的阻力,研究主要集中在空间和地点的可达性,属于客观层面。

### 1.2 城市公园绿地的可达性

城市公园绿地是构成城市生态系统的重要组成部分,具有重要的生态、经济和社会文化等功能,如保护生物多样性,减轻城市热岛效应,提供休闲娱乐场所,缓解城市居民的工作压力等,它是实现城市可持续发展的重要空间保障。城市居民是否能够获取这种自然的服是衡量一个城市现代化发展水平、城市环境可持续发展、和谐的人居环境的一个重要指标<sup>[2]</sup>。

20世纪下半叶以来,我国各城市一直

是以城市人均绿地面积、绿化率等指标作为核心指标来指导城市绿地建设,这些指标虽能说明一些问题,但很难在空间上描述绿地的布局状态,不能够反映各绿地对城市居民服务的有效性<sup>[3]</sup>。城市公园绿地的可达性能够综合多种因素对这种服务能力做出评价,揭示了城市居民对公园绿地的利用程度。公园绿地的可达性可以用来衡量公园绿地给城市居民提供服务的可能性或是潜力:若可达性好,则说明公园绿地为城市居民服务的潜力更大,实现绿地的价值也更大,绿地的服务半径也越大,反之越小。

城市公园绿地的可达性是对传统城市绿化质量评价指标的有益补充。城市内各公园绿地的可达性十分重要,关系到整个城市公共绿地的服务范围及能力。若要让所有的公园绿地都能使其服务半径内的城市居民有享用的机会,这就需要其交通、布局、大小、设施都具有一定的可达性。

## 2 城市公园绿地可达性的研究方法

自景观可达性被提出以来,产生了许多研究方法。通过大量阅读文献资料,笔者归纳总结了几种在研究城市公园绿地可达性时使用的主流方法。

### 2.1 阻力矩阵分布模型法

俞孔坚于1999年在《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》一文中提出了景观可达性的实质定义,即某一景观的可达性是指从空间中任意一点到该景观(源)的相对难易程度,其相关指标有距离、时间、费用等,并使用建立阻力矩阵分布模型的方法分析

可达性的空间分布情况<sup>[4]</sup>。通过给出不同土地利用类型的阻力指标,利用空间路径搜索算法,求出每一个矩阵单元的可达性指标。这种方法的优点就是计算简单,只需要建立简单的模型便可以得出清晰的公式。缺点也很明显,这种计算的前提是人口分布密度均匀,没有对道路交通网络的影响,计算时忽略了这些影响,以至于结果出现偏差。

### 2.2 简单缓冲区法

该方法是以绿地为中心,以最大服务距离为半径建立一个缓冲区,一般借助ArcGIS的缓冲区(Buffer)工具进行分析。我们认为该缓冲区内的城市居民可以到达绿地,而缓冲区外的居民则不能享受该绿地提供的服务。简单缓冲区法操作方法较为简单,是以直线衡量服务半径的,综合了城市公园绿地的服务半径和空间位置,能够区分公园绿地的服务区和非服务区,能够反映服务区可达程度的差异<sup>[5]</sup>。然而该方法没有考虑到各公园绿地景观的差异性以及绿地可达过程中的自然和人为景观障碍,将绿地边界均视为可进入点,而现实并非如此。因此,这种研究方法容易高估公园绿地的可达性,缺乏一定精确性,只适用于可达性的初步分析中。

### 2.3 最小邻近距离法

将城市居民出发地和城市公共绿地抽象为点,计算点与点之间的最短直线距离,分析城市公园绿地的可达性<sup>[6]</sup>。此方法易于理解和计算,且在计算过程中不需要任何参数。但计算中只考虑了人口分布因素,未考虑山水、道路等因素,会普遍高估城市公园绿地的可达性。

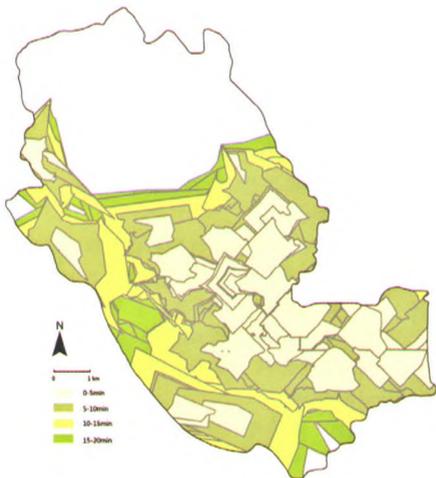


图4 步行方式下可达性范围等级分布图

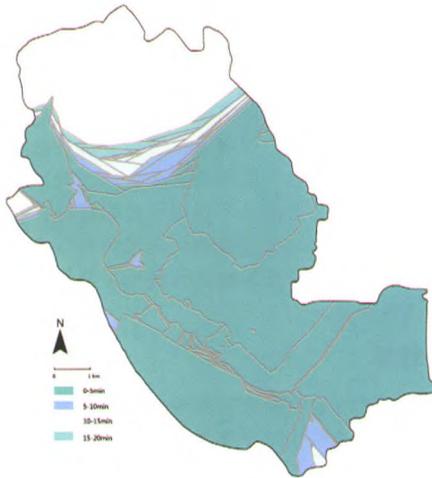


图5 非机动车方式下可达性范围等级分布图

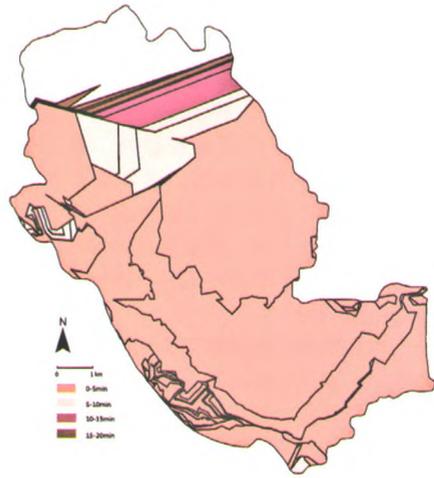


图6 机动车方式下可达性范围等级分布图

## 2.4 引力模型法

此方法原理基于牛顿万有引力定律，将可达性理解为城市公共绿地提供服务能力和城市居民需求间相互作用的大小和潜力。认为城市绿地对城市居民的服务潜力随着到达城市绿地的阻力值增加而减小，随着城市绿地服务能力和城市居民需求的增加而增加<sup>[7]</sup>。分析中不仅考虑了距离对可达性的影响，同时还要考虑公园绿地面积大小或其他特性（如：公园等级、设施完善度、区位、景观环境质量等）对可达性的影响。此方法充分考虑了城市绿地的服务能力和潜力，能够较好地反映城市公共绿地吸引力对可达性的影响。然而该方法涉及因素较多，数据要求较高，而公园绿地特性的量化存在一定的主观因素，故应用较少。

## 2.5 费用加权距离法

对城市公园绿地进行分类，赋以不同的相对穿越阻力，计算各个点到该绿地的累计阻力<sup>[6]</sup>。但此方法对分类绿地赋予的相对阻力值与实际并不贴切，分类数量的多少、绿地类型的相对阻力值均没有统一的标准，对道路、山体、水系等相对阻力值为人工赋值，存在一定的主观性，缺乏客观评价。

## 2.6 网络分析法

利用ArcGIS中的网络分析（Network Analyst）模块对地理网络、城市基础设施网络进行地理化和模型化，按照某种交通方式，以道路网络为基础的城市绿地在某一阻力值下的覆盖范围。一个基本的网络主要包括中心（centers）、

连接（links）、节点（nodes）和阻力（impedance）<sup>[9-10]</sup>。此方法主要用于分配最佳资源和寻找最短路径，能够准确地反映城市居民进入城市公共绿地的这一过程，克服直线距离不能识别可达过程中的障碍，忽略公园绿地形状及面积大小的影响，以真实的城市公园绿地可进入点作为中心，认为到达公园绿地入口即为进入公园绿地（对于开放型公园绿地和社区则以绿地与道路的交叉口作为可进入点）。本文便采用网络分析法作为研究北京市石景山区公园绿地可达性的研究方法，以公园绿地和居民区出入口为中心，实际交通道路为连接，道路的交叉点为节点，出行所需花费时间为阻力。

## 3 北京市石景山区公园绿地可达性

### 3.1 区域概况

北京市石景山区位于北纬39°53′-39°59′，东经116°07′-116°14′，是北京西部的一个行政区，是北京市6个城区之一。面积84.38km<sup>2</sup>，常住人口63.9万人。区域内山地面积占23%，城市绿化覆盖率为47.09%。人均拥有公共绿地面积达73.89m<sup>2</sup>，居北京市城区首位，是北京市城区中山林资源最丰富、绿化覆盖率最高、人均拥有公共绿地最多的地区。在这样的基础条件下，石景山区公园绿地的可达性是否尽如人意，是本文接下来的研究重点。

### 3.2 研究方法与资料采集及处理

#### (1) 研究方法

本文研究方法采用Allen提出的最小阻抗的可达性分析方法，该方法用中心点至

所有目的地的平均最小阻抗作为中心点的可达性评价指标<sup>[11]</sup>。

基于最小阻抗的可达性分析方法属于网络分析法，通过建立模拟路网计算相应内容的可达性，应用非常广泛，它不考虑出行目的，可以对路网中的公园绿地做出一一般性评价，如公式（1）和公式（2）所示。

$$A_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (d_{ij}) \quad \text{公式（1）}$$

$$A_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i) \quad \text{公式（2）}$$

上述公式中，A<sub>i</sub>表示网络上的节点i的可达性；A为整个网络的可达性；d<sub>ij</sub>表示节点i、j间的最小阻抗，可以表示为距离、时间或费用等。

公式（1）表明，节点i的可达性，为该节点到网络上其他所有节点的最小阻抗的平均值，最小阻抗可以为最短距离、最短时间、最少费用等。

公式（2）表明，整个网络的可达性为各个节点可达性的平均值。

本文中用最小出行时间作为阻抗，将区域内的所有居民区出入口（没有明确出入口的则以与道路的交汇口）作为出发点，将所有公园绿地入口（开放式绿地以与道路的交汇口作）作为目的点，计算各居民区到公园绿地入口的平均最短交通时间，以此作为可达性的评价指标，衡量各居民区到各公园绿地入口的交通便捷程度。

#### (2) 资料采集及处理

公园绿地的提取主要参考《城市绿地分类标准CJJ/T85-2002》<sup>[12]</sup>，分为综合

公园、社区公园、专类公园、带状公园和街旁绿地5类,和居民区一起,在ArcMap中建立代表公园绿地和居民区出入口的点文件要素(图1)。将google航拍地图中提取的道路信息进行现场核对,修正与地图所得不一致的地方,进而获得较准确的数据库,并在ArcMap中建立交通网络,输入行动方向,标明路口转弯情况,将解译的道路数据进行拓扑,建立道路数据集(图2)。

本文研究公园绿地可达性的标准是花费时间,通过不同出行方式的不同速度把交通距离转化为时间距离,拟采用城市居民通过交通网络的某条道路前往公园绿地的相对难易程度来衡量,其值为在某段道路上行进所需要的时间(单位:分钟)。居民的出行方式为步行、非机动车和机动车三种,为每条道路赋予不同的速度和行进成本值。

### (3) 结果与分析

按照上文叙述的研究方法分别计算步行、非机动车、机动车三种交通方式下石景山区内居民区出入口到达最近公园绿地所围合的范围,即此出入口到最近公园绿地的可达性的范围。为了更直观地表述各时间段对应区域的大小,以5min为时间间隔划分不同出行方式下的公园绿地的可达性范围,得出每个时间段上可达性时间分布频率图(图4~6)。

通过以上表述,可得到初步结果分析:从可达性的便捷程度来看,石景山区公园绿地大部分区域步行15min、非机动车10min、机动车5min均可到达。步行15min可到达公园绿地的面积为49.17km<sup>2</sup>,占整个石景山区面积的58.27%;非机动车10min可到达公园绿地的面积为60.24km<sup>2</sup>,占整个石景山区面积的71.39%;机动车5min可到达公园绿地的面积为59.21km<sup>2</sup>,占整个石景山区面积的70.18%。其中在石景山区东南方向的八宝山街道、老山街道、八角街道和古城街道的公园绿地数量最多,且道路网络最为密集,居住区也多,其人口数量占石景山区9个街道总人口数量的55.49%,所以可以看出这4个街道公园绿地的可达性较好,大部分地区步行即可到达。

从整体的可达性分布来看,东南方向公园绿地可达性明显好于西北方向,这主要是因为大部分公园绿地和居住区皆分布在东南部分,人口密度比较大,而附近又有石景山游乐园、北京国际雕塑公园等景观源地,这些公园绿地的利用率较西北部更高。另一方面,也可从图中清晰看出有一部分区域无论以任何交通方式都难以

到达,公园绿地可达性很差。这些区域分布在石景山区的西北方向,从北京市石景山区道路网络图(图3)中可以看到这片区域的道路网络很不完善,许多地方道路并不通达。笔者通过调研发现该区域属于山区,虽然紧邻八大处公园、青山公园等尺度、功能各不相同的公园绿地,但由于其山地地势特殊的地理形态导致交通不便,到达公园绿地的便捷程度降低,可达性较差。

### 结语

城市公共绿地的景观可达性对评价城市环境质量,对于衡量自然生态系统的服务功能有着重要的潜在价值,是对目前普遍采用一些城市绿化环境质量评价指标的补充,为调整和设计城市绿地系统提供了科学的依据。在城市公共绿地的设计中使用可达性原则,可以使城市公共绿地更加适宜城市居民使用。本文通过建立模拟交通网络,在ArcGIS软件平台的支持下,使用ArcMap中的Network Analyst模块,采用基于最小阻抗的网络分析方法对北京市石景山区公园绿地可达性进行分析,计算中需综合考虑了人口分布、公共绿地景观服务力、交通成本等因素。

研究结果表明:北京市石景山区公园绿地可达性的差异性较大,但其整体上可达性较好,尤其是东南部分人口密度较大的4个街道,已经能够基本满足城市居民平时的景观需求;可达性不够理想的区域主要集中在人口密度较小的山地部分区域,绿地可达性的空间格局分布仍存在不均衡,这主要与绿地格局、绿地面积和道路交通网络的完善程度有关,也与人口分布、实际地形地势、绿地自身吸引力和居民出行习惯有关。

建立城市公园绿地可达性模型既强调了城市公园绿地的空间分布格局的重要性,又强调了城市公园绿地为城市居民提供服务的有效性,它可以有效地评价绿地格局和服务功能,也可以为合理调整与设计城市绿地系统提供科学依据。本文中采取的研究方法优点是计算方便,所需基础数据也可通过实地勘测获取,但主要缺陷是它把所有目的地都作同等对待,没有考虑出行目的的差异,因而计算结果与真实的可达性有一定偏差,这些偏差还需要通过实地调研和寻访的方式补充及修正。

(注 该文获得北方工业大学青年拔尖人才项目资助。)

资料来源:  
文中插图均为作者自绘。

### 参考文献

- 1 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(4):618-624.
- 2 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(7):3375-3383.
- 3 陈书谦.基于网络分析法的公园绿地可达性研究.哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- 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.城市规划,1999(8):7-10+42+63.
- 5 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(2):83-88.
- 6 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(7):3375-3383.
- 7 宋菊芳,刘盼盼.GIS在城市公园绿地可达性分析中的方法与应用.中华建设,2014(6):94-95.
- 8 孙振如,尹海伟,孔繁花.不同计算方法下的公园可达性研究.中国人口.资源与环境,2012(S1):162-165.
- 9 李小马,刘常富.基于网络分析的沈阳城市公园可达性和服务.生态学报,2009(3):1554-1562.
- 10 Comber A, Brunson C, Green E. Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic religious groups. Landscape and Urban Planning, 2008, 86(1):103-114.
- 11 牛强.城市规划GIS技术应用指南.北京:中国建筑工业出版社,2012.
- 12 CJJT85-2002,城市绿地分类标准[S].