

分类号 Q149

单位代码 10042

密 级

学 号 201211679



山东大学
SHANDONG UNIVERSITY

硕士学位论文

论文题目： 基于GIS网络分析的北京市城区公园绿地
可达性研究

Researches on Accessibility of Urban Parks in Beijing
Based On GIS Network Analysis

作者姓名 袁熠

学院名称 生命科学学院

专业名称 生态学

指导教师 王仁卿 教授

合作导师

2015年5月15日



原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名： 袁增 日期： 2015.5.15

关于学位论文使用授权的声明

本人完全了解山东大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权山东大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名： 袁增 导师签名： 袁增 日期： 2015.5.15

目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪论.....	I
1.1 研究背景.....	1
1.2 城市公园绿地.....	2
1.2.1 城市公园绿地定义.....	2
1.2.2 城市公园绿地的功能与作用.....	2
1.3 景观可达性.....	4
1.3.1 可达性定义.....	4
1.3.2 可达性研究的方法.....	5
第二章 研究区域概况与研究方案.....	7
2.1 研究区域概况.....	7
2.1.1 北京市概况.....	7
2.1.2 北京市城区行政区划.....	7
2.1.3 北京市城区常住人口现状.....	9
2.1.4 北京市城市公园绿地.....	12
2.2 研究内容与技术路线.....	15
2.2.1 研究内容.....	15
2.2.2 技术路线图.....	15
第三章 基于经典网络分析的北京市城市绿地可达性研究.....	15
3.1 研究方法.....	16
3.1.1 网络分析定义与原理.....	16
3.1.2 ArcGIS 网络分析的一般步骤.....	17
3.2 研究结果.....	19
3.2.1 北京市城区绿地资源分布.....	19
3.2.2 北京市城市公园绿地可达性评价.....	21
3.3 讨论.....	25
3.4 本章小结.....	26

第四章北京市城市公园绿地引力模型分析与评价.....	29
4.1 研究方法.....	29
4.1.1 评价模型.....	29
4.1.2 数据采集与空间数据库构建.....	31
4.2 北京市城市公园绿地评价与分布.....	32
4.3 讨论.....	34
4.4 本章小结.....	36
第五章基于公园引力模型的可达性修正研究.....	37
5.1 研究方法.....	37
5.2 研究结果.....	38
5.2.1 北京市城市公园绿地可达性修正.....	38
5.2.2 经典网络分析对比研究.....	39
5.3 讨论.....	41
5.4 本章小结.....	42
第六章 结论与展望.....	42
6.1 研究结论.....	43
6.2 研究展望.....	45
参考文献.....	47
致谢.....	54

摘要

可达性分析作为城市公共服务评价的一种重要手段,一直以来都是研究者们所关注的热点领域。随着近年来我国新型城镇化热潮的推动,可持续发展理念在城市规划领域的不断渗透,使得城市设计者和决策者们越来越认识到城市公共服务的空间分布公平性与合理性,在有效利用城市资源、优化城市环境和人文传承等方面具有重要的意义。对于城市公园绿地的研究,成为近年来国内外学者开展城市规划研究和生态服务评价的一个研究热点与难点。现有的城市公园绿地可达性评价方法种类繁多,但是各有优劣。网络分析法作为其中出现较晚的一种研究手段后来居上,成为目前研究区域公共服务设施可达性的常用手段。

本文选取我国的首都北京市作为研究对象,以统计数据与卫星影像作为参考,结合已有的 OSM 数据构建了北京市城区六大辖区的空间网络数据集,汇总了包括绿地、人口、行政区划与各等级道路的详细信息。借助 ArcGIS 软件对北京市城区的城市绿地可达性进行了分析与评价。从绿地分布上看东城区、西城区、朝阳区、海淀区、丰台区与石景山区的人均城市公园绿地面积分别为 $6.53 \text{ m}^2/\text{人}$ 、 $3.53 \text{ m}^2/\text{人}$ 、 $11.17 \text{ m}^2/\text{人}$ 、 $12.79 \text{ m}^2/\text{人}$ 、 $3.08 \text{ m}^2/\text{人}$ 和 $10.74 \text{ m}^2/\text{人}$,从可达性分析结果上看,北京市城区的可达性空间格局表现出全区均匀分布,可达性水平由内部的首都核心区到外部的城市功能拓展区下降的总趋势,各个辖区的可达性水平受到绿地分布和交通环境等因素的影响,呈现出较大的波动,其中西城区与东城区四级可达性区域和占比均达到了 3%以上,明显高于其他区域;而石景山区和丰台区的 0 级可达性区域占比为研究区域内最高,约 40%该辖区的地区居民需要一个小时以上的时间步行到达最近的城市公园绿地,可达性分布现状较差。

另外,本文参考已有的模型算法,引入引力模型的概念对北京市城区的城市公园绿地进行评价,获得研究区域的实际可达性分布。从结果上看,在控制各个可达性区间面积不变的情况下,各个辖区的等级组成表现出迥异的变化:丰台区变化最小,各等级可达性变化均不超过 1%,而可达性现状提升最明显的是东城区,其高可达性范围(4 级和 3 级)出现了显著的增加趋势,而低级可达性分布则呈现出随修正而减少的趋势;可达性水平降低较明显的包括海淀区与石景山区,该区域内的绿地分布主要是以 1 级和 2 级公园绿地为主,3 级公园绿地占比较低、

因此导致了上述区域的实际公共服务水平与引力低于区域平均水平。

综合来看,可达性数据和分布图上的前后变化,较好的呼应了各个辖区绿地等级分布研究的结果。即便在图层运算和重分类的过程中仍存在较大的人为因素干扰,但该修正手段还是有效的解决了传统网络分析法在可达性分布上失真的问题,通过把握修正前后的变化趋势与量级,我们可以更好的揭示区域公共服务设施或资源规划的现有问题,从而有针对性的开展规划与重建工作,为区域的公共资源配置与更新提供数据支撑,推动区域的可持续发展。

关键词: 北京, 可达性, 网络分析, 城市公园绿地, 引力模型

Abstract

As an important tool of urban public service evaluation, accessibility has been a hot spot all the time. Along with the development of new-type urbanization in China and the application of sustainability in urban planning, the equity and the rationality of urban public service's spatial distribution has aroused more and more attention, which is of great significance in efficiency of utility of urban resource and optimization of urban environment. Recently, researches in urban green space has become a hot field in urban planning and ecological service evaluation. Among thousands of methods for evaluation of urban green space, network analytic appeared to be one of the most popular methods.

This article took Beijing, the capital of China, as the study area. Based on the satellite image data and the statistical data, combined with the OSM data, we constructed a dataset of spatial network of the urban area in Beijing, collected detailed information of green space, population, administrative division and each grade road network. The accessibility of urban green space in Beijing was analyzed and evaluated by ArcGIS. The area of urban green space per capita in Dongcheng District, Xicheng District, Chaoyang District, Haidian District, Fengtai District and Shijingshan District was 6.53 m^2 , 3.53 m^2 , 11.17 m^2 , 12.79 m^2 , 3.08 m^2 and 10.74 m^2 respectively. As we can see, the spatial pattern of accessibility of urban area in Beijing appeared to be evenly distributed as a whole. Influenced by distribution of greenbelt, the traffic and the other factors, the accessibility declined from core area of Beijing to the edge, and the area of 4th level of accessibility in Xicheng District and Dongcheng District both reached 3%, higher than other district apparently. The percentage of 0th level of accessibility in Shijingshan District and Fengtai District were the highest, around 40% of the residents, who lived in these two district, had to spend more than one hour to the nearest urban green space by walk, of which the accessibility distribution were poor.

Additionally, referred to the existing model, gravity model was applied to

evaluate the urban green space in Beijing, obtained the practical accessibility distribution of study area. As shown in the results, on the condition of fixing area of every accessibility zone, the level of each district changed differently. Fengtai District changed the least, of which each level changed less than 1%. The status of Dongcheng District rose highest, the high accessibility area (the 4th level and the 3th level) shown the tendency of rising, whereas distribution of low accessibility area declined. The accessibility level declined apparently in Haidian District and Shijingshan District, in which the 1st and the 2nd green space were widespread, resulted in the level and gravity of actual public service were lower than the average.

Overall, the changes of accessibility and distribution verified the results of green space level in each district. Despite of the human factors in layer processing and reclassification, the correction method solved the distortion problem in traditional network analytic. By means of understanding the changing tendency and magnitude, we could reveal the problems of regional public service infrastructure and resource planning, carry out specific planning and reconstruction, support the regional public resource configuration and updating, promote the regional development.

Keywords: Beijing, accessibility, network analytic, urban green space, gravity model

第一章 绪论

1.1 研究背景

进入 20 世纪以来, 我国的经济快速发展, 大力推进各城市的城市化进程, 全国的城市化速度以每年 0.8 % 的速度快速增长。城市快速扩张、建设用地急剧增加, 导致区域的城市生态系统的景观结构发生巨大的变化, 加大景观破碎化的速度, 同时也导致生物多样性下降, 影响了整个区域的生态安全格局。这种由于城市化而导致的后果及生态问题不仅影响到我国的生态格局, 还影响着全球的生态环境, 尤其是在发展中国家中快速城市化的进行这种问题尤为突出(方淑波等, 2005)。在这样的大趋势背景下, 城市公园绿地所提供的生态服务功能与日益增长的人口及其对自然环境的需求的矛盾越来越突出。越来越多的研究者开始从可持续发展的角度思考城市规划与城市更新的新模式(刘岩, 2000; 张祖刚, 2005; 洪亮平和林丹; Yigitcanlar & Teriman, 2014)。城市绿地作为城市中的自然服务系统, 城市中的“绿肺”, 对改善城市的生态环境与生态格局、提高居民生活环境质量有重要的作用(Boone et al., 2009), 同时, 城市绿地景观格局的优劣是衡量城市的生态质量与生活质量、城市生态文明的重要标志(Naveh, 2000), 由此城市绿地景观的斑块组成、空间格局及基底基质的优化对保护生物的多样性、生态系统的管理和城市景观的可持续发展有着积极重要的意义(Naveh, 2000)。而城市居民能否方便、公平地使用城市的绿地, 享受绿地的服务价值是衡量城市发展成熟、现代化发展水平、和谐人地关系的重要指标(Van Herzele & Wiedemann, 2003; 金远, 2006), 换句话说, 这种资源享用的公平性与社会平等性, 是城市发展的必经之路与重要的原则(Kabisch & Haase, 2014; 刘少坤等, 2014)。

地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)是目前各学科宏观研究中常用的技术手段。通过卫星影像和计算机强大的运算能力对城市和城市绿地进行研究, 极大地提高了研究的准确度与精确度, 覆盖全面, 为城市的绿地管理提供了便利, 具有人力消耗少、节省物力财力等特点。GIS 及 RS 等相关技术的逐步完善为城市绿地及其景观格局的研究提供了便利有效的途径。

基于此, 本研究基于景观生态学的基本原理, 利用 GIS 与遥感技术, 以城市

绿地为切入点,以城市绿地的景观格局及其可达性的为研究内容,对研究区域进行相关研究分析,试图揭示研究区域的城市绿地可达性分布现状并提出规划建议。

1.2 城市公园绿地

1.2.1 城市公园绿地定义

城市绿地(Green space)是指用以栽植树木花草和布置配套设施,基本上由绿色植物所覆盖,并赋以一定的功能与用途的场地。城市绿化能够提高城市自然生态质量,有利于环境保护,提高城市生活质量,调试环境心理,增加城市地景的美学效果,增加城市经济效益,有利于城市防灾,净化空气污染等(Thompson, 2012)。在国家现行标准《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137—2011)中,城市绿地是城市建设用地的大类,其中包括公共绿地、防护绿地、广场用地三个类别。

城市公园绿地是城市的绿色基础设施,是城市生态系统的重要组成部分,对城市环境可持续性的保障、居民身心健康的维护有着不可忽视的重要作用(马林兵与曹小曙, 2006)。而其中的城市公园绿地是城市绿地中最具代表性的、与居民生活联系最为密切的绿地,生态效益及社会效益显著。对于城市公园绿地的定义,奥姆斯特德将其定义为“城区除了灰色地带(指城市中以建筑、道路广场、各种设施等人造物为主的地带)以外的功能性的公共绿色空间”(贺晓辉, 2008)。而我国《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137—2011)中将公园绿地准确定义为,向公众开放,以游憩为主要功能,兼具生态、美化、防灾等作用的绿地。

城市公园绿地的定义趋向一致。本研究中对城市绿地公园的界定,按照我国《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137—2011)进行划分。

1.2.2 城市公园绿地的功能与作用

城市公园绿地为城市居民提供了一定的使用功能与自然的生活游憩空间,同时也是城市重要的开放空间。城市公园绿地的主要包括公园、游园、风景名胜等区域,具有休闲娱乐、丰富城市空间层次、绿色生态功能、美化景观等功能。

城市公园绿地具有休闲娱乐的功能。随着我国经济飞速发展,人民对解决了温饱问题后,对生活的质量品质的需求越来越高。除了物质水平、文化生活的需

求,人民对生活、工作环境的诉求引起越来越多的关注,城市公园绿地正好满足了人们的共同需求。城市公园绿地中作为城市的绿肺,大量灰色地带中独有的自然环境,具有大量的绿化并一般伴随着有水体,为人们休闲娱乐、放松身心提供了必不可少的空间。公园、游园及风景名胜等,是人们休息、户外活动的空间场所,满足了城市居民亲近自然的需求,同时也为居民的游憩、娱乐、锻炼、社交活动提供了场所,放松身心,促进了人与人之间的交流,为开展身心舒展积极向上的活动提供了必备的条件(贺晓辉,2008)。

城市公园绿地丰富了城市的空间层次,具有提高城市形象的功能(贺晓辉,2008)。城市公园绿地多种植植物,绿色植物空间与周围建筑的实体空间形成了高低多变、错落有致、丰富的空间层次,提升城市的整体形象。而城市形象的提升与城市环境的改善,进一步促进了城市公园绿地周边土地低价和房产价格的攀升,从而带动城市的经济发展,促进城市旅游业及相关行业的增长。城市公园绿地不仅成为打造城市名片的重要元素,还为城市提供了一定的经济效益功能。

城市公园绿地具有一定的绿色生态功能,提高环境质量。在城市中,城市绿地作为唯一的城市碳汇,绿地上的植被是城市生态系统中的生产者,能够吸收城市中的二氧化碳等温室气体,释放氧气,净化空气,清新环境,促进城市生态系统的调控,提高了城市的生态环境质量并调整城市的小气候,缓解人类活动压力与自然环境的矛盾。除此之外,城市绿地公园对防风固沙、缓解城市热岛效应等环境问题上起到了积极的作用,具有生态功能,维持了城市生态系统的平衡。

城市公园绿地具有美化景观的功能。在城市的景观中,城市公园绿地针对不同的城市用地性质、建筑风格进行不同的规划设计,包括住宅用地、工业用地、公共服务设施用地、交通枢纽等,针对不同的功能分区用地采用相应的特色的植物造景以及风格各异的景观,从而形成独具特色、丰富多样的城市景观,体现城市的文化,打造城市名片。优美的绿化配合上功能健全的休闲服务设施,兼具休息游憩与欣赏服务功能,达到了美化城市的效果(陈书谦,2013)。

除了上述的涵盖社会、经济、生态方面的功能之外,城市公园绿地还具有公共开放、防灾减灾等其他功能,对改善城市的生态环境、组织协调城市的空间布局、提升公众的文明意识、构建和谐社会、促进城市的可持续发展的方面都有着显著的功能与作用(陈书谦,2013)。而目前针对城市公园绿地的研究更多的是从

景观、城市碳排放和生态系统服务价值等方面进行研究(Qi & Xiong, 2007; Cheng et al., 2008; Blüthgen, 2010; 钟业喜和蒋梅鑫, 2010; Cooper, 2012), 对于城市公园绿地资源空间分布的可持续性研究仍然较少。

1.3 景观可达性

1.3.1 可达性定义

Hansen 于 1959 年首次提出可达性 (Accessibility) 的概念, 意指交通网络中各节点相互作用的机会大小 (Hansen, 1959)。可达性也叫通达性、易达性, 是用于评价公共服务设施与资源的重要指标参数之一。多年来随着不同的学者对可达性进行研究论述越来越深入, 不同的研究对可达性的定义也不尽相同。本质上对可达性理解的不同可以归结于三个层面: 首先, 是交通的运输的可达性, 也叫行进成本, 即各端点之间交通、交流的便捷程度, 可以通过时间、费用、距离等参数来衡量; 其次, 是各个端点之间的吸引力, 主要考虑的因素是起点和终点由于自身所带的属性所导致的可达性差异, 这里自身属性主要包括人口规模、服务能力、面积大小、质量优劣等因素 (朱耀军等, 2011); 最后, 在终点和起点之间路径选择的差异, 即出行方式的选择、路径的选择等, 不同的路径选择影响着成本, 进一步影响可达性 (宋小冬和钮心毅, 2000; 李平华和陆玉麒, 2005)。由此可见, 尽管可达性并没有达成一个明确而同一的定义, 但是在可达性的研究中, 普遍都把道路交通作为重要的影响因素, 这归因于每个个体的移动能力都建立在道路、轨道等交通路线的基础上 (陈书谦, 2013)。

可达性的应用领域广泛, 概念及其应用具有一定的灵活性, 主要由于可达性的内涵不仅具有空间性、时间性, 同时还具有社会经济价值 (蔡彦庭等, 2011; Tamosiunas et al., 2014), 由此可达性的特征可以归纳概括为以下三方面:

可达性的概念具有空间性。可达性反映了空间上两个主体之间克服障碍 (距离、费用等) 而进行交流的难易程度, 主体之间的相互作用及空间上的区位、尺度大小有着密切的关系。

可达性的概念具有时间性。在描述空间上各个实体间的可达性程度时, 一般需要直观的指标以体现其难易程度, 而交通出行所花费的时间成本往往被广泛应用。交通出行除了考虑空间上的距离要素外, 时间成本是另一基本的考虑要素,

因此可达性具有一定的时间意义。

可达性的具有社会经济价值。可达性可以用以表示对源（如公共基础设施、绿地等）的联系可获得性的大小（Zhou & Kim, 2013），而无论是区域可达性还是城市内部的可达性研究，均与人们的经济活动、生活消费紧密相关，同时可达性也影响着区域的经济的发展、地产价值、商业价值等，可达性较高的区域能提供质量较优的生活质量，提高经济投资的吸引力（Fan et al., 2011）。因此，可达性具有一定的社会经济价值。

除了上述的三个主要的特征之外，从要素的层面来讲可达性又包含了三个重要的要素：起点、终点和交通系统（王兰, 2008）。空间可达性衡量的就是从起点经过某一道路交通系统到达终点的难易程度，而交通系统在其中起到连接的作用。

1.3.2 可达性研究的方法

目前，有关城市绿地空间的可达性研究较多，由于对可达性内涵的理解不同，因此衍生出各种各样的可达性计算方法，其中包括常用的统计指标法、缓冲区分析法、最小邻近距离法、引力势能模型法、行进成本法等（马琳和陆玉麒, 2011; 卢宁与李俊英等, 2014）。不同的方法由于其研究原理和侧重点不同而各有优劣，详见表 1-1。

表 1-1 公园绿地可达性研究方法

Table 1-1 Research methods for accessibility of urban park green space

研究方法	研究原理和方法	研究特点	
		优点	缺点
统计指标法	选取一定具有代表性的指标如公园的数量、面积、人均公园面积、公园面积比等，通过统计研究区域内这些指标的指数来对其进行评价	数据的获取具有便捷性，计算方法相对简单且易于掌握，计算结果易于分析理解，适用于横向和纵向的比较研究。	1、差异因区域划分的方式或者面积大小的变化而有所不同；2、认为区域内的公园仅仅为该区域内的居民服务，不能准确表现公园的服务范围及使用情况；3、缺乏考虑公园空间上的进出口和出发点与公园间路径上的障碍。
缓冲区分析法	以点、线、面为实体基础，以此建立其周围一定距离范围内的缓冲区不规则范围，然后将缓冲区与实体区域相结合便是目标区域。	将公园的服务半径及空间位置相结合，所计算出的可达性考虑了公园的空间位置关系，能够将公园的服务范围与非服务范围区	1、以直线距离衡量服务半径，缺乏市民享有城市公园绿地的公平性和有效性的评价；2、缺乏对路径的障碍评估，容易高

最小邻距离法	以居民出发地与城市公园绿地以点表示, 计算两点之间的最短直线欧氏距离来表达居民对城市公园绿地的可达性。	分开来。形象直观, 易于分析理解, 便于计算, 计算过程中不涉及任何参数, 多应用于城市公园绿地的公平性研究。	估公园绿地的可达性。缺乏考虑城市公园绿地自身对可达性的影响, 以直线欧式距离的表达与居民的实际行进距离仍存在一定的差异。
引力势能模型	以牛顿的万有引力定律为基础, 认为城市绿地公园对市民的服务潜力会随着居民到达公园的障碍阻力增加而减少, 随着城市公园绿地服务能力和居民需求的增加而增加。	考虑了公园的服务能力及潜力, 对可达性的分析相对全面, 能够较好地反映公园的吸引力对可达性的影响。	因为建模的方法并无统一或约定俗成的基本路径, 模型相对复杂, 对计算结果的解释不尽相同, 结果较难解释, 不易于直观表达。
费用加权距离法	基于栅格数据, 以最短路径搜索算法计算到达公园的累计的障碍阻力, 包括距离、时间以及费用等, 表达城市公园绿地的可达性。不同的相对阻力通过不同的景观分类区分, 从而进行累计计算。	能够真实反映出交通的成本, 便于不同的规划方案之间的比较。	缺乏对居民人口的分布、不同质量的绿地公园吸引力的考虑, 较难全面而综合地反映区域内居民享受绿地公园的公平性。
网络分析法	通过计算以某种交通方式(步行、骑行、公共交通、自驾等)为主的基于道路网络的城市公园绿地在某一阻力值下的覆盖范围, 即结合了缓冲区分析法和费用加权距离法。	基于公园的实际出入口进行计算, 更能反映出居民的实际情况与过程, 解决了直线距离内上不能识别路径过程中的障碍的问题, 并克服了费用加权距离法中对景观分类的阻力进行赋值的误差。并且计算过程中使用的是矢量数据, 解决了费用加权距离法中由于使用栅格数据而导致的粒度效应。	需要完善的道路网络数据, 而数据的可获取性较低。

通过对比上述多种对绿地公园可达性的研究方法, 总结出网络分析法能够将道路网络与城市绿地公园的空间位置相结合, 较好地反映出道路网络对可达性的影响。尽管该方法的数据的获取相对困难, 但是随着城市数据的重视与完善, 科技的发展进步, 道路网络数据的提取将会越来越容易, 因此该研究方法在未来城市绿地可达性的应用将会越来越广泛(李小马和刘常富, 2009; 宋秀华和郎小霞等, 2012)。

第二章 研究区域概况与研究方案

2.1 研究区域概况

2.1.1 北京市概况

北京市作为我国的首都，同时也是国家直辖市，无论是在地理位置和战略意义还是在国家发展的政治经济体制中都扮演着不可替代的重要地位，在当今我国新一轮的城市化建设道路上更是有着标志性和示范性的重要意义。北京市坐落于华北平原，地处山东半岛和辽东半岛的交汇处，平均海拔约 44 米，全市面积约 1.64 万平方公里，常住人口约 2151.6 万人（2014 年）。其中包括东城区、西城区、朝阳区、海淀区、丰台区、石景山区、门头沟区、房山区、大兴区、通州区、顺义区、昌平区、平谷区、怀柔区、密云县、延庆县等 16 个区县。

无论是过去还是未来，北京市在我国城市发展中的地位毋庸置疑，但作为一个有着千年历史的老城，在城市规划与公共设施配置上仍存在许多问题，包括长久困扰北京老百姓的城市道路拥堵（Chen et al., 2004; 高晓路等, 2009; 郭艳华, 佟宇竞, 2012; 邓羽等, 2012）、公共资源分配不均（齐明珠和童玉芬, 2010; 刘霄泉等, 2011; Cao & Zhang, 2012）、公共交通布局规划不合理（Ji & Gao, 2010; 谢旭轩等, 2011）和近年来频频暴露出的城区及近郊空气污染问题（Hao & Wang, 2005; 张菊等, 2006; 周涛和汝小龙, 2012），随着生活水平的不断提高和国家对生态文明建设的大力呼吁，当今学者和决策者们对北京市城市发展的可持续性越来越关注。

2.1.2 北京市城区行政区划

本文选取北京市城区为研究对象，具体的行政区划包括以下六个辖区：东城区、西城区、朝阳区、海淀区、丰台区和石景山区。其中东城区和西城区在 2010 年 7 月北京市政府《关于调整首都功能核心区行政区划的请示》中被定义为“首都功能核心区”，海淀区、朝阳区、丰台区和石景山区被定位为“城市功能拓展区”，由此北京市城区的轮廓得以呈现并用于本文的研究中。另外，由于北京市政府在 2010 年 9 月对北京市的行政区划进行了部分修改，现有的东城区是由原来的东城区和崇文区合并而成，现有的西城区是由原来的西城区和宣武区合并而

成。本文选取的人口和街道数据为 2010 年 11 月开始的全国第六次人口普查为基础，因此按照已修改的现有行政区划为研究参考，具体街道划分如下。

东城区（原东城区和崇文区）全区面积 41.84 平方公里，下辖的街道共计 17 个，包括：东华门街道、景山街道、交道口街道、安定门街道、北新桥街道、东四街街道、朝阳门街道、建国门街道、东直门街道、和平里街道、前门街道、崇文门外街道、东花市街道、龙潭街道、体育馆街道、天坛街道、永定门外街道。

西城区（原西城区和宣武区）全区面积 50.70 平方公里，下辖的街道共计 16 个，包括：西长安街街道、新街口街道、月坛街道、展览路街道、德胜街道、金融街街道、什刹海街道、大栅栏街道、天桥街道、椿树街道、陶然亭街道、广安门内街道、牛街街道、白纸坊街道、广安门外街道、清和地区。

海淀区全区面积 430.8 平方公里，下辖的街道共计 29 个，包括：万寿路街道、永定路街道、羊坊店街道、甘家口街道、八里庄街道、紫竹院街道、北下关街道、北太平庄街道、学院路街道、中关村街道、海淀街道、青龙桥街道、清华园街道、燕园街道、香山街道、清河街道、花园路街道、西三旗街道、马连洼街道、田村路街道、上地街道、万柳地区、东升地区、曙光街道、温泉镇、四季青镇、西北旺镇、苏家坨镇、上庄镇。

朝阳区全区面积 470.8 平方公里，下辖的街道共计 43 个，包括：建外街道、朝外街道、呼家楼街道、三里屯街道、左家庄街道、香河园街道、和平街街道、安贞街道、亚运街道、小关街道、酒仙桥街道、麦子店街道、团结湖街道、六里屯街道、八里庄街道、双井街道、劲松街道、潘家园街道、垡头堡街道、南磨房地区、高碑店地区、将台地区、太阳宫地区、大屯街道、望京街道、小红门地区、十八里店地区、平房地区、东风地区、奥运街道、来广营地区、常营地区、三间房地区、管庄地区、金盏地区、孙河地区、崔各庄地区、东坝地区、黑庄户地区、豆各庄地区、王四营地区、首都机场街道、东湖街道。

丰台区全区面积 305.8 平方公里，下辖的街道共计 17 个，包括：右安门街道、太平桥街道、西罗园街道、大红门街道、南苑街道（包括南苑乡）、东高地街道、东铁匠营街道、卢沟桥街道（包括卢沟桥乡）、丰台街道、新村街道（包括花乡）、长辛店街道（包括长辛店镇）、云岗街道、宛平城地区、马家堡街道、和义街道、方庄地区、王佐镇。

石景山区全区面积 84.38 平方公里，下辖的街道共计 9 个，包括：八宝山街道、老山街道、八角街道、古城街道、苹果园街道、金顶街街道、广宁街道、五里坨街道、鲁谷街道。

根据北京市规划委员会和北京市民政局共同发布的《北京市行政区域界线基础地理图（城近郊区）》和北京市测绘局公布的各辖区行政区划图，借助 ArcGIS 的图层编辑功能将栅格地图矢量化，构建各街道行政区划数据库（图 2-1）。

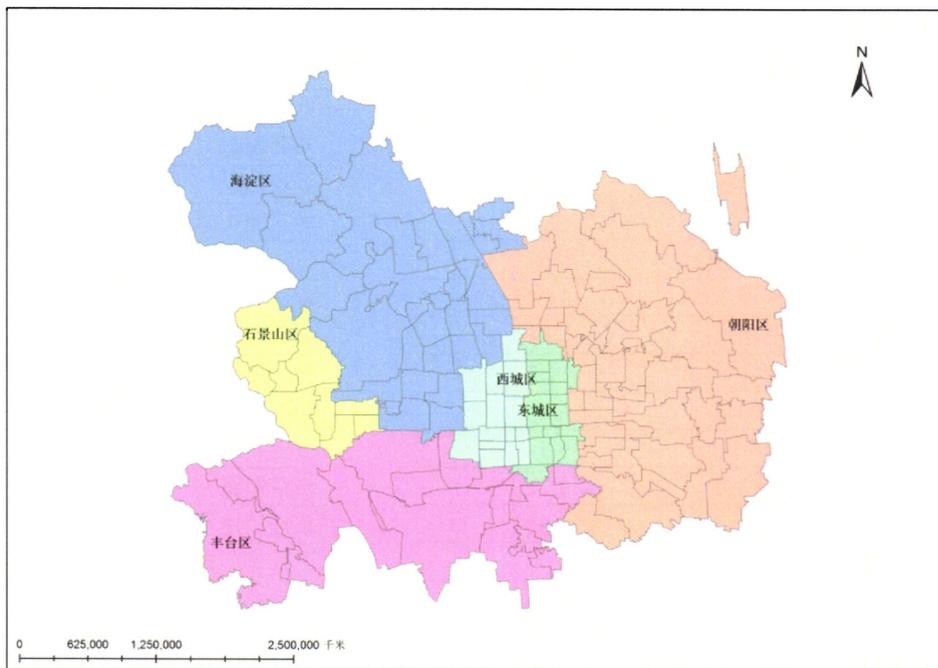


图 2-1 北京市城区行政区划图

Fig. 2-1 The administrative map of study area

2.1.3 北京市城区常住人口现状

为了评价北京市城市公园绿地的空间分布和可达性格局，本文借助文献调研搜集了北京市城区各街道的常住人口数据，所有数据均来源于第六次全国人口普查（2010 年）的数据，具体到万人，详细各街道常住人口数见下表：

表 2-1 北京市城区各街道常住人口数（2010）

Table 2-1 The population data of Beijing in 2010

辖区	街道	人口（万）	辖区	街道	人口（万）
东城区	东直门街道	6.2	朝阳区	建外街道	3.5
	景山街道	4.0		朝外街道	4.0
	交道口街道	4.9		呼家楼街道	6.2

	安定门街道	4.4		三里屯街道	3.5
	北新桥街道	8.2		左家庄街道	8.0
	东四街街道	4.4		香河园街道	5.2
	朝阳门街道	3.7		和平街街道	10.8
	建国门街道	5.7		安贞街道	6.8
	东直门街道	4.6		亚运街道	7.2
	和平里街道	11.2		小关街道	6.8
	前门街道	1.3		酒仙桥街道	6.2
	崇文门外街道	4.9		麦子店街道	3.2
	东花市街道	5.3		团结湖街道	3.8
	龙潭街道	5.6		六里屯街道	10.8
	体育馆街道	4.0		八里庄街道	10.8
	天坛街道	5.0		双井街道	9.7
	永定门外街道	8.5		劲松街道	10.7
	西长安街街道	5.2		潘家园街道	11.3
	新街口街道	9.6		垡头堡街道	5.5
	月坛街道	11.7		南磨房地区	13.0
	展览路街道	13.1		高碑店地区	11.8
	德胜街道	11.7		将台地区	7.1
	金融街街道	6.8		太阳宫地区	7.0
	什刹海街道	9.5		大屯街道	14.1
西城区	大栅栏街道	3.7		望京街道	16.8
	天桥街道	4.6		小红门地区	5.8
	椿树街道	3.0		十八里店地区	20.1
	陶然亭街道	4.4		平房地区	12.1
	广安门内街道	7.4		东风地区	8.7
	牛街街道	5.2		奥运街道	10.5
	白纸坊街道	9.6		来广营地区	12.4
	广安门外街道	20.0		常营地区	4.8
	清和地区	1.1		三间房地区	12.6
	万寿路街道	17.2		管庄地区	10.5
	永定路街道	4.9		金盏地区	5.8
	羊坊店街道	12.7		孙河地区	2.4
	甘家口街道	11.8		崔各庄地区	10.2
	八里庄街道	13.6		东坝地区	8.9
	紫竹院街道	13.8		黑庄户地区	5.7
	海淀区	北下关街道	15.9		豆各庄地区
北太平庄街道		20.2		王四营地区	8.4
学院路街道		24.3		首都机场街道	2.1
中关村街道		16.0		东湖街道	6.4
海淀街道		14.5	石景山区	八宝山街道	5.4
青龙桥街道		12.9		老山街道	4.3
清华园街道		5.2		八角街道	11.6

燕园街道	3.8	古城街道	6.0
香山街道	2.9	苹果园街道	10.2
清河街道	14.0	金顶街街道	7.6
花园路街道	14.9	广宁街道	1.7
西三旗街道	14.4	五里坨街道	3.0
马连洼街道	10.6	鲁谷街道	9.5
田村路街道	10.7	右安门街道	8.4
上地街道	10.2	太平桥街道	6.4
万柳地区	2.8	西罗园街道	8.3
东升地区	5.0	大红门街道	19.3
曙光街道	10.2	南苑街道	18.8
温泉镇	5.1	东高地街道	4.5
四季青镇	17.0	东铁匠营街道	14.5
西北旺镇	14.3	卢沟桥街道	35.6
苏家坨镇	4.7	丰台街道	14.4
上庄镇	4.5	新村街道	15.9
		长辛店街道	12.9
		云岗街道	3.3
		宛平城地区	4.9
		马家堡街道	12.0
		和义街道	4.0
		方庄地区	8.3
		王佐镇	5.4

丰台区

同时为了体现北京市城区人口的密度分布,我们将上述常住人口数据导入已完成的北京市街道行政区划数据库,借助 ArcGIS 的计算和制图功能,获得北京市城区各街道人口密度分布图(图 2-2)。

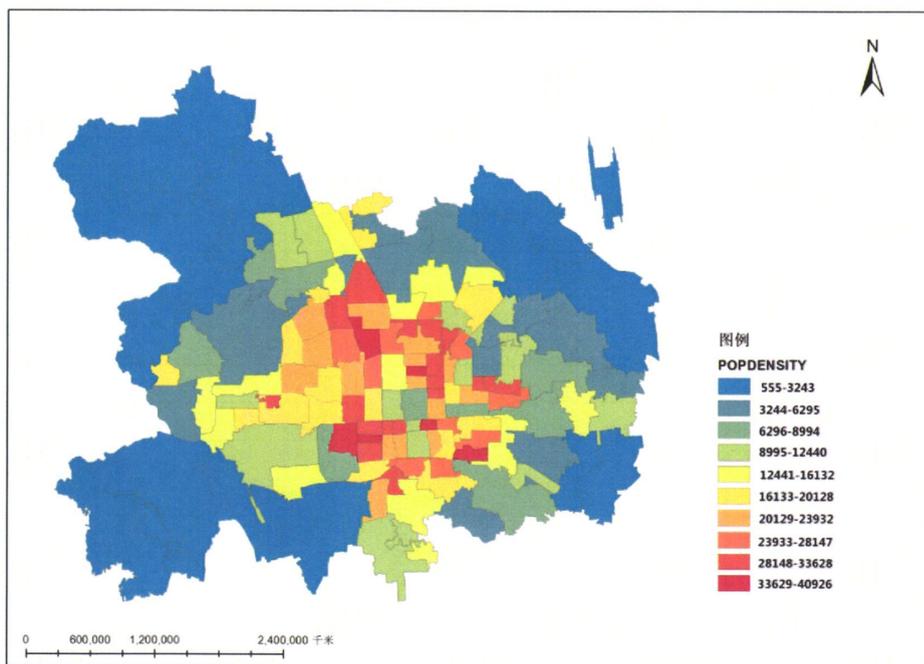


图 2-2 北京市城区各街道人口密度分布图（2010）

Fig. 2-2 The distribution of population density in Beijing (2010)

根据计算，北京市城区六大区的平均人口密度为 8360 人/平方公里。通过图 2-2 我们可以清晰地看到，北京市城区人口密度分布呈现出中心高周围低的辐射状分布，这也基本符合北京市城市发展扩张的格局与模式。其中，以东城区的交道口街道和崇文门外街道、西城区的广安门外街道和牛街街道、海淀区的北太平庄街道、朝阳区的潘家园街道这六个街道的人口密度为最高，达到了每平方公里 3 万到 4 万人的水平。地处市中心区的东华门街道因为坐落着故宫博物院和北京市市委市政府，因此表现出差别于其他中心城区的低人口密度，这也基本与实际情况相符合。通过对这张图的分析，有利于我们在后文中进一步的探讨北京市城市公园绿地的空间分布是否合理。

2.1.4 北京市城市公园绿地

北京市作为我国重要的城市名片，在进入 21 世纪以来，园林绿化部门和城市规划者们就已经开展了大量的城市公园绿地建设与研究工作，城市面貌获得了极大地改善，特别借助 2008 年奥林匹克运动会的契机，北京市政府对市区绿地进行了大规模的增加与重建。孙晓鹏等（2012）通过对北京市的遥感影像 NDVI 指数进行分析对比，发现经过奥运会的筹备，无论是在首都功能核心区、生态涵

养保护区还是城市功能拓展区和城市发展新区,都表现出原有绿化带覆盖面积增加和大量新增绿地的两大特征,城市绿地的增多也给城市居民带来了空气质量的显著提高 (Wang et al., 2014)。

北京市公园绿地主管部门主要包括北京市园林绿化局和北京市公园管理中心。北京市园林绿化局对北京市区内的现有绿地按照绿化带和公园,对城市绿地进行了规范化的管理与分类,而北京市公园管理中心按照各个公园的行政管辖对北京市已注册的 169 个公园进行了分类,包括是市属公园和各个区属公园。尽管有着健全的管理机构和管理体制,但北京市的城市公园绿地仍然表现出管理模式粗放 (陆小成, 2013) 城市公园绿地选址不合理 (程海青, 2002) 等许多问题,亟待科学系统的方法对现有的城市公园绿地进行评估与再规划。

表 2-3 北京市城区公园绿地辖区划分 (2014)

Table 2-3 The list of Beijing urban parks in different area (2014)

所属辖区	公园名称	所属辖区	公园名称
市属公园	颐和园	朝阳区	日坛公园
	天坛公园		北京中华民族园
	北海公园		朝阳公园
	景山公园		红领巾公园
	陶然亭公园		兴隆公园
	玉渊潭公园		北京朝来农艺园
	香山公园		元大都城垣遗址公园
	紫竹院公园		北京金盏郁金香花园
	北京动物园		康心体育乐园
	中山公园		窑洼湖公园
东城区	北京市植物园	团结湖公园	
	地坛公园	镇海公园	
	劳动人民文化宫	四得公园	
	柳荫公园	南湖公园	
	青年湖公园	黄渠公园	
	南馆公园	丽都公园	
	皇城根遗址公园	姚家园公园	
	菖蒲河公园	北焦公园	
	龙潭公园	个园	
	北京游乐园	太阳宫公园	
西城区	龙潭西湖公园	蟹岛绿色生态公园	
	北京明城墙遗址公园	莲花池公园	
	玉蜓公园	北京世界公园	
	什刹海公园	鹰山森林公园	
	月坛公园	青龙湖公园	
	人定湖公园	石榴庄公园	
	北滨河公园	北京南宫世界地热博览园	
	南礼士路公园	万芳亭公园	
	顺成公园	益泽公园	
	玫瑰公园	桃园花园	
海淀区	白云公园	石景山区	福海公园
	官园公园		南苑公园
	北京大观园		长辛店公园
	万寿公园		丰台园区公园
	宣武艺园		丰台花园
	北京滨河公园		新发地公园
	翠芳园		万泉公园
	丰宣公园		八大处公园
	长椿苑公园		石景山游乐园
	圆明园遗址公园		法海寺森林公园
海淀区	玲珑园	八角公园	
	会城门公园	松林公园	
	马甸公园	希望公园	
	阳光星期八公园	雕塑公园	
	元土城遗址公园	古城公园	
	海淀公园	四海公园	
	上地公园	北京国际雕塑公园	
		半月园	
	小青山公园		

2.2 研究内容与技术路线

2.2.1 研究内容

本文以首都北京市城区作为研究对象，在文献调研与空间数据的基础之上，基于公共服务空间公平与城市规划可持续性的整体思路，借助地理信息系统软件对北京市城区公园绿地的分布进行评价，运用经典的网络分析模型对北京市城市公园绿地可达性进行评估分析，针对研究区域的实际问题提出合理的规划建议，为北京市的可持续发展提供理论支持。同时，本文结合公园引力模型，本文在已有研究案例的基础之上，引入公园引力模型并完善，尝试在原有假设上进行突破将公园的吸引力水平和研究区域的人口密度水平引入可达性评价，试图完善已有的可达性评价体系并为该领域内的学者提供一定的研究参考。

2.2.2 技术路线图

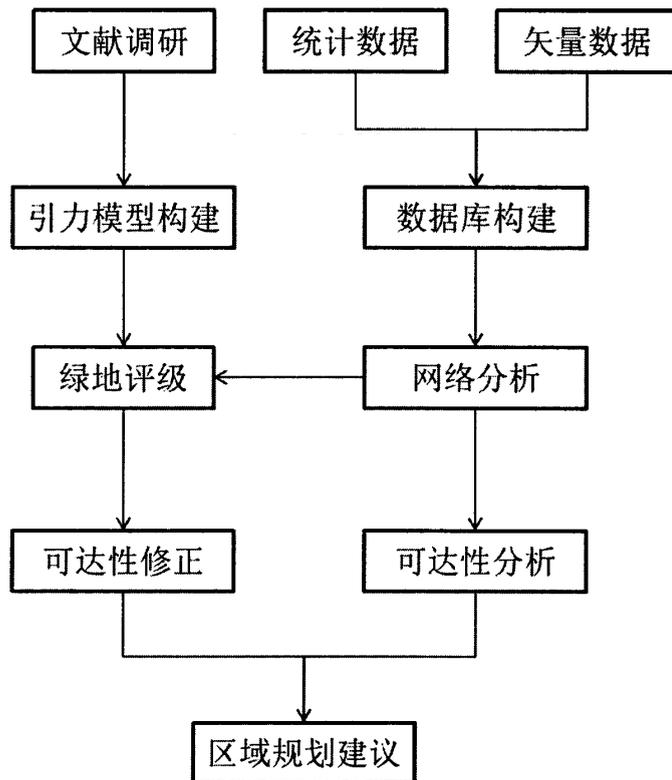


图 2-3 技术路线图

Fig. 2-3 The technical route

第三章基于经典网络分析的北京市城市绿地可达性研究

3.1 研究方法

3.1.1 网络分析

网络结构是一种普遍存在于日常生活中的组织形式，例如可见的电路网络、交通网络和不可见的人际关系网络等等。网络分析法就是基于完备的网络系统数据和行动规则，对目标对象进行空间分析的过程。网络分析的基本组成包括四个关键要素：中心点，节点，链和阻力(Oh & Jeong, 2007; 李小马和刘常富, 2009)。中心点又可以理解为服务区研究中的设施点，即网络分析的主要对象，在本文中中心点即为北京市城区城市公园绿地入口，能更好的反馈实际情况，该入口通过 ArcGIS 的近邻点工具生成，通过计算目标要素（绿地斑块）与邻近要素（道路）之间的几何距离来确认 (Jansson & Persson, 2010)；节点可以理解为网络中不同要素之间的交叉点或汇合点，在交通网络中通常表示十字路口和拐角处；链即联系节点和中心点的网络要素，一般就是指的道路本身；而阻力则体现整个网络模式的运行规则，包括方向与速度，在本文中，阻力以时间成本的方式来表示，通过设置适当的步行速度和节点延迟，来分析网络中的时间成本分布，从而实现可达性的综合评价。

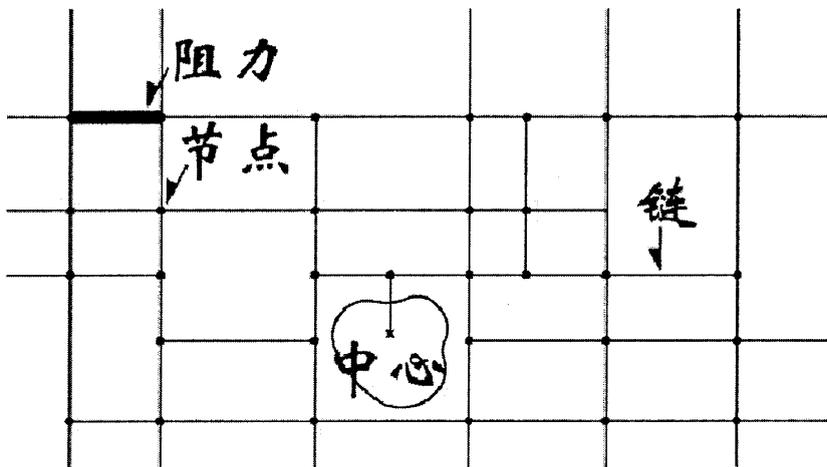


图 3-1 网络分析法组成要素 (张广亮, 2012)

Fig. 3-1 The key elements of network analysis (Zhang, 2012)

3.1.2 ArcGIS 网络分析的一般步骤

ArcGIS 作为一款成熟的地理信息系统软件，具有功能全面、操作简单、系统开放等多项优点，其网络分析模块的一般流程主要包含以下步骤：

(1) 空间数据集构建与预处理

准确全面的地理信息是网络分析功能的基础，因此在进行具体区域研究之前，对目标对象的空间数据获取与空间数据库建立是必不可少的（Comber et al., 2008）。其中数据的预处理又包括数据采集、数据整理、格式转换、空间校正、属性表构建等详细操作，从而才能将获得的各项数据整合到统一的地理坐标系和研究尺度上。

在可达性研究中，空间数据库的主要组成包括研究区域、设施点分布与交通网络信息。本研究以北京市城区为研究对象，参考 2010 年 7 月北京市政府《关于调整首都功能核心区行政区划的请示》的官方行政区划界定，以东城区、西城区（首都功能核心区）和海淀区、朝阳区、丰台区、石景山区（城市功能拓展区）作为具体的网络分析研究区域（图 2-2）。在设施点分布上，本文参考北京市测绘局公布的各个辖区行政区划图，结合谷歌地图人工目视解译，对照北京市城区公园绿地辖区划分（表 2-3）和北京市公园管理处注册信息，获取了北京市城区的绿地分布现状。为了便于处理，以公园绿地斑块与道路的最近点作为公园入口（陈秋晓等，2014），通过 ArcGIS 的近邻点模块获得该位点图层。

本研究中北京市城区的道路交通数据来源于 OSM（OpenStreetMap）。该在线地理数据库实现了 Web2.0 与 WebGIS 相结合的一大创新，建立了完全免费和开放的全球矢量地理数据集，提出了新的地理信息数据获取与发布的模式，称为“自发地理信息”（Volunteered Geographic Information, VGI）（陈舒燕，2010）。所有的在线用户都可以通过网站或客户端对地理数据仅进行编辑与提取，相较传统的 GIS 数据集具有更强的实时性与互动性。OSM 数据的便捷与低成本使其在地理学、景观生态学与城市规划领域中获得越来越多的运用，其准确性和可靠性也得到了很好的验证（Haklay, 2010; Girres & Touya, 2010）。本文所获取的北京市城区交通数据集包括一级道路、二级道路、三级道路和轨道交通（地铁），将其导入 ArcGIS 软件进行空间矫正后分图层输出为 .shp 文件（图 3-2）。因本研究主要针对城市居民的步行可达性进行分析，故排除了轨道交通网络对可达性指标的

影响。

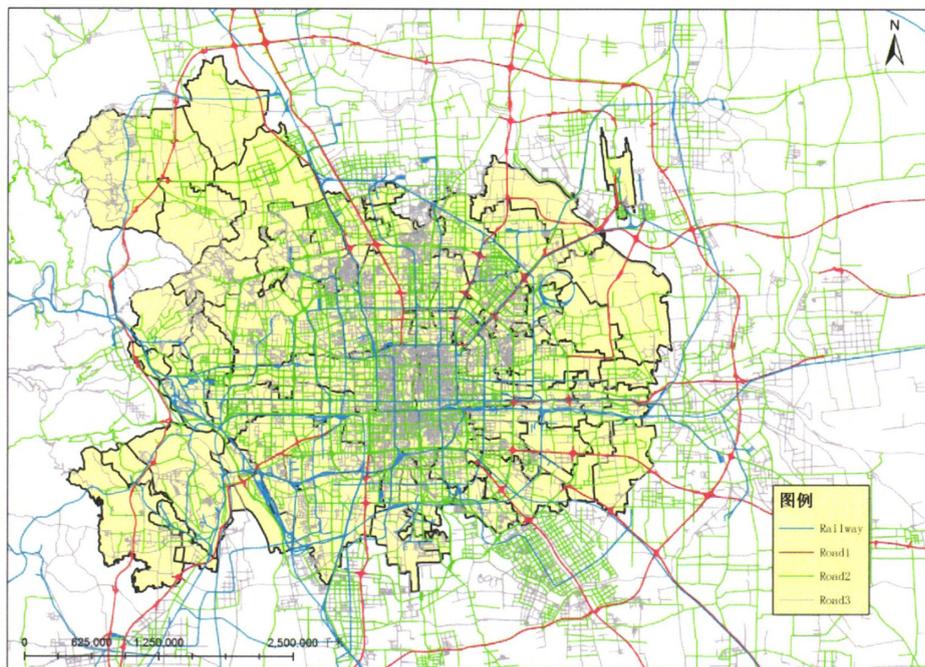


图 3-2 北京市城区道路交通信息图

Fig. 3-2 The traffic map of Beijing city

(2) 拓扑网络与阻力模型构建

在获取了详尽的设施点和交通道路信息后，需要在 ArcGIS 软件中构建拓扑关系。在新建的地理数据库中添加要素数据集，将其地理坐标系统一设定为 WGS_1984，然后再将各等级的道路矢量数据导入该要素数据集中。通过在 ArcCatalog 中的“新建网络数据集”功能，设置行动规则与阻力模型。因为个体出行的速度受到交通工具、所在位置和交通状况等多项因素的影响，本文主要探讨北京市居民对绿色空间的步行可达性，且按照北京市居民的出行习惯研究表示（陈金川等，2005；黄树森等，2008），多数城市公园绿地的使用者是通过步行的方式到达，因此，本文仅对步行速度进行了设定。参照已有的研究将出行速度设定为 1 m/s（骆天庆等，2011），同时将行人在路口交汇处的等待时间加入考虑，每个路口设计 30 S 的节点阻力值，由此计算出不同路径上的累计时间成本。

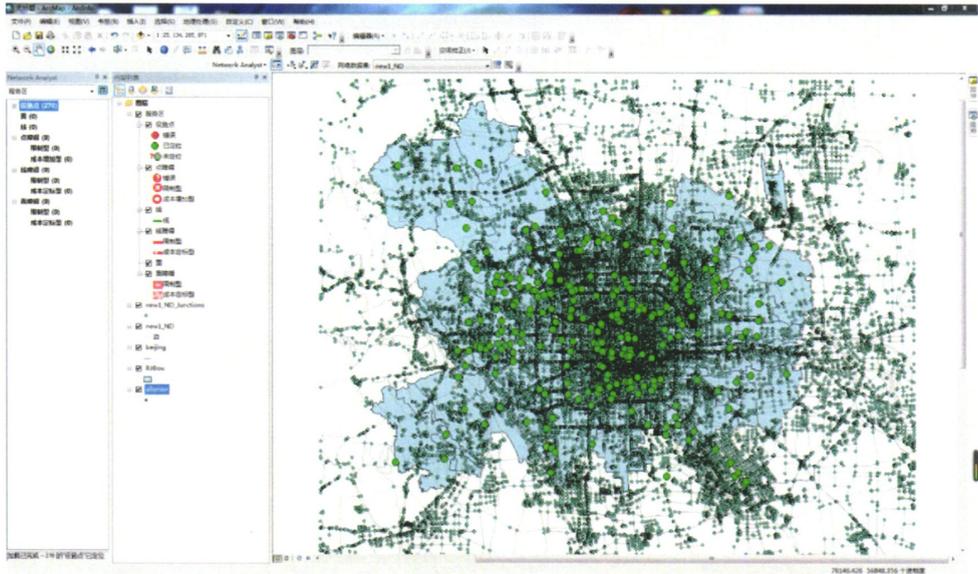


图 3-3 服务区设置与分析

Fig. 3-3 The user interface of network analysis in ArcGIS

(3) 输出可达性分布图

在 ArcGIS 的网络分析模块中新建服务区分析层，将之前生成的城市公园绿地入口点矢量文件作为设施点导入分析层，待全部设施点导入完毕后对分析参数进行设置，按照分钟为单位对可达性水平进行分级。参照已有的研究，根据欧洲环境局建议，合适的公园绿地应该设置在居民步行 15 分钟的距离之内。有学者也指出一般市级公园的服务半径约为 2 到 3 公里，区级公园的服务半径也应该保持在 1 到 1.5 公里的水平。因此，我们参考同类研究将可达性分为 4 个不同的等级（李晓波, 2012），从 1 级可达性到 4 级可达性，分别对应 0 到 5 分钟、5 到 15 分钟、15 到 30 分钟、30 到 60 分钟四个不同的时间成本区间（王琨, 2012）。而落在这四个区域之外的地区我们定义为 0 级可达性，即需要超过 1 小时以上的步行才能到达最近的城市公园绿地，可以基本忽略该城市公园绿地对该区域居民提供的服务。最终通过服务区分析工具输出可达性水平空间分布（图 3-4），对结果进行剪裁与空间统计，获得北京市城区各个可达性水平的面积指标。

3.2 研究结果

3.2.1 北京市城区绿地资源分布

通过结合 OSM 数据与 Google Earth 软件，我们在北京市测绘局公布公布的各辖

区行政区划图的基础之上，获得了北京市城区城市公园绿地的空间分布情况如下。

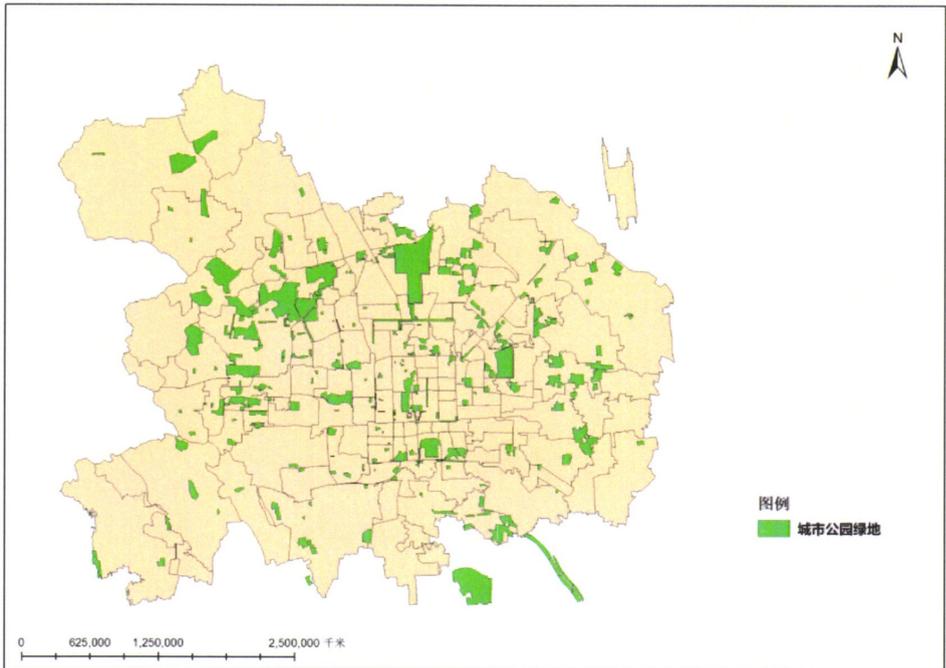


图 3-4 北京市城区公园绿地分布图

Fig. 3-4 The distribution of park green space in Beijing city

从图中我们可以清楚的看到，北京市的城市公园绿地在各个辖区均有分布，基本呈现出由内向外绿地密度逐渐降低的分布趋势，其中市级公园主要分布在以东城区和西城区为代表的“首都功能核心区”范围内。海淀区的城市公园绿地分布较密集，如图 3-4 所示，在海淀区中心的香山街道、万柳街道和青龙桥街道等区域，分布着包括北京市植物园、颐和园和香山公园在内的多个市属公园，另外海淀区还零星分布着较多的区属公园包括圆明园遗址公园和海淀公园等。朝阳区的城市公园绿地面积也十分可观，虽然少有市级的公园，但拥有包括奥林匹克公园、朝阳公园等占地较广的大型区级公园，仍然体现出在城市公园绿地资源上的优势。相比较而言，丰台区的城市公园绿地资源相对匮乏，公园绿地较少且分布较离散。

结合统计数据，我们可以进一步揭示北京市城区城市公园绿地分布的空间。如表所示，北京市城区人口最高的区域是海淀区，拥有常住人口 328.1 万人，其次是朝阳区以 354.5 万人紧随其后，其余区域的人口总数均未达到 200 万人的水平。而根据本研究中划定的城市公园绿地范围来看，海淀区占有最多的城市绿地

面积, 达到了 42.97 平方公里; 朝阳区的城市公园绿地面积占第二位, 达到 39.59 平方公里; 其余四个区的城市公园绿地面积均在 6 平方公里左右。通过常住人口与城市公园绿地面积的数据, 我们获得了每个区的人均城市绿地指标, 该数据通过人均面积的方式基本反映了不同行政区的自然资源和公共服务的分布特征。从表中我们可以看出, 北京市城区的人均城市绿地面积为 9.03 平方米/人, 各个辖区人均城市绿地面积由高到低分别是海淀区、朝阳区、石景山区、东城区、西城区和丰台区, 具体数据分别为 12.79 平方米/人、11.17 平方米/人、10.74 平方米/人、6.53 平方米/人、3.53 平方米/人和 3.08 平方米/人。该数据基本与图所体现的空间分布状况相吻合: 海淀区与朝阳区即便是人口最多的辖区, 但因其丰富的城市公园绿地资源, 仍旧保持了相当高的人均绿地水平; 石景山区由于人口分布较少, 使得有限的城市绿地资源得到了较好的利用, 人均绿地面积也处在较好水平; 东城区、西城区人口密度较大且绿地资源有限, 导致人均绿地水平低于整个北京市城区的平均水平; 丰台区的人口密度虽然处于较低水平(图 2-2), 但是城市公园绿地较少, 且均以面积较小的区级公园为主, 绿地资源匮乏导致该区域的人均绿地水平处于整个研究区域中的最低水平。

表 3-1 北京市城区各辖区绿地及人口数据

Table 3-1 The population and per capita area of green space in Beijing

	人口 (万人)	绿地面积 (km ²)	人均绿地面积 (m ²)
朝阳区	354.5	39.59	11.17
东城区	91.9	6.00	6.53
丰台区	196.9	6.06	3.08
海淀区	328.1	41.97	12.79
西城区	126.6	4.47	3.53
石景山区	59.3	6.37	10.74
总和	1157.3	104.47	9.03

3.2.2 北京市城市公园绿地可达性评价

按照 3.1.2 中的操作, 获得北京市城市公园绿地的各个可达性水平的空间分布情况(图 3-5), 将最终各个可达性时间区间输出为面积信息(表 3-2)。

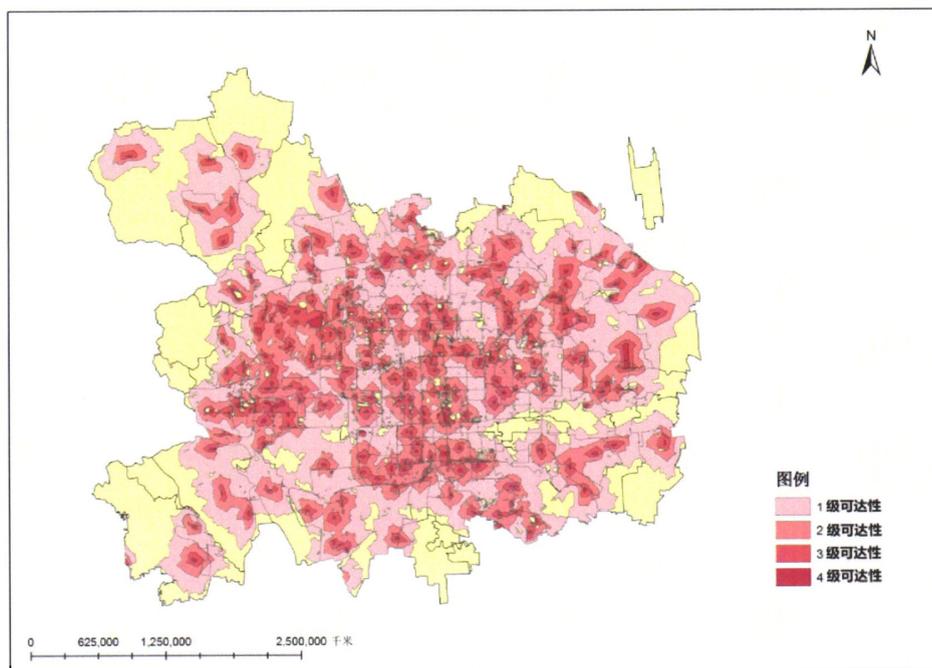


图 3-5 北京市城区城市公园绿地可达性分布图

Fig. 3-5 The distribution of walking accessibility of park green space in Beijing

从图中可以直观地看出，总体来看北京市城市公园绿地可达性分布不均匀，仍表现出首都功能核心区较高，而周围区域可达性水平较低的空间格局。针对具体行政区进行分析，可以看到东城区与西城区整体可达性分布较均匀，热点区域均匀分布在该区域的各个角落，0级可达性区域较少；而海淀区与石景山区的可达性区域分布表现出两极分化的趋势，热点地区集中在部分街道且仍存在较大范围的不可达区域（0级可达性区域）；而朝阳区与丰台区热点区域分布较少，整体可达性分布处于较低水平。

表 3-2 北京市城区各辖区城市公园绿地可达性现状

Table 3-2 The area and percentage of walking accessibility of park green space in Beijing

辖区	东城区			西城区			朝阳区		
	可达性	面积	百分比	累计百分比	面积	百分比	累计百分比	面积	百分比
4 级	1.27	3.03%	3.03%	1.72	3.40%	3.40%	5.45	1.17%	1.17%
3 级	6.78	16.23%	19.26%	12.21	24.12%	27.52%	36.74	7.90%	9.07%
2 级	16.75	40.09%	59.34%	23.11	45.64%	73.16%	106.50	22.90%	31.97%
1 级	13.94	33.36%	92.70%	11.24	22.20%	95.36%	201.21	43.26%	75.22%
0 级	3.05	7.30%	100.00%	2.35	4.64%	100.00%	115.25	24.78%	100.00%

辖区	海淀区			丰台区			石景山区		
	可达性	面积	百分比	累计百分比	面积	百分比	累计百分比	面积	百分比
4 级	5.69	1.25%	1.25%	1.82	0.60%	0.60%	1.44	1.71%	1.71%
3 级	36.97	8.13%	9.38%	14.79	4.84%	5.44%	9.74	11.56%	13.28%
2 级	96.72	21.27%	30.65%	50.90	16.66%	22.09%	18.81	22.33%	35.60%
1 级	174.37	38.34%	68.99%	123.69	40.48%	62.57%	20.50	24.34%	59.94%
0 级	141.04	31.01%	100.00%	114.36	37.43%	100.00%	33.75	40.06%	100.00%

结合统计数据制图，我们进一步对各个区域的可达性区间占比进行系统分析。从图表 3-2 中可以看到，不同行政区之间的可达性水平分布差异显著。从各个可达性区间占区域总面积的百分比来看：四级可达性面积占比最高的为西城区与东城区，分别占该区域 3.40%和 3.03%的区域，其他辖区的四级可达性区域均未达到 2%以上，其中以丰台区的四级可达性水平最低，仅占整个丰台区面积的 0.60%；三级可达性表示城市居民可以在 5-15 分钟内到达最近的公园绿地，从图表数据来看，西城区的三级可达性区域占比水平明显高于其他辖区，达到了整个海淀区面积的 24.12%，其次是东城区和石景山区，三级可达性区间分别占辖区面积的 16.23%和 11.56%，其他辖区该项指标均在 10%以下；从二级可达性来看，仍旧是作为首都核心功能区的东城与西城区占据优势，其二级可达性区域占比分别达到了 40.09%和 45.64%，其他辖区该项数据普遍游走于 20%左右；在一级可达性的分布上，出现了较大程度的变化，其中占比最高的是朝阳区和丰台区，其一级可达性区域占比均达到了辖区面积的 40%以上，其次是海淀区，也达到了 38.34%，该区间属于可达性水平的临界区间；最后对 0 级可达性的分析，即居民需要超过 1 小时以上的步行才能够到达最近的城市公园绿地，处于该范围内的居民可以近似理解为无法享受任何城市公园绿地提供的服务。可以从图表中看到，东城区与西城区将该项指标控制在较低水平，仅仅占辖区面积的 7.3%和 4.64%，而石景山区与丰台区该项参数并不理想，达到了辖区面积的 40.06%和 37.43%，即接近四成的辖区范围内的居民需要超过 1 小时以上的时间步行到达最近的城市公园绿地。

进一步对不同可达性区间的累计占比进行分析，从表中我们可以看到，2-4 级可达性范围在西城区和东城区的累计占比达到了辖区面积的 59.34%和 73.16%，表示超过一半以上的辖区范围内，居民到达最近的城市绿地仅需要不到半个小时，而能在一小时之内步行到达的区域范围（1-4 级可达性区间）更是分别达到了 92.70%和 95.63%的较高水平。相比较而言，其他辖区的 2-4 级可达性区间累计占比均未超过 40%，1-4 级可达性区间累计占比也是处在 70%左右的水平。其中丰台区的 2-4 级累计占比最低，仅占辖区面积的 22.09%，但因其 1 级可达性覆盖率较高，整体可达性水平仍然优于石景山区。石景山区的 2-4 级可达性区域占比达到了 35.60%，1-4 级累计占比仅有 59.94%，在六个辖区中处于最低水平。

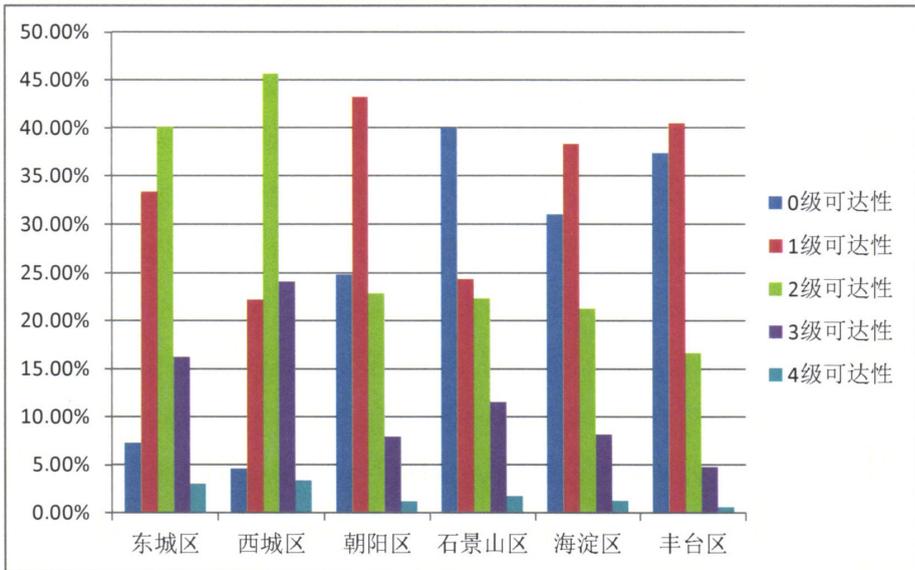


图 3-6 北京市城区各辖区可达性区域占比

Fig. 3-6 The percentages of each levels of walking accessibility in different areas

3.3 讨论

北京市的城市绿地资源在全国范围内处于领先水平，据统计 2014 年北京市人均绿地面积达到 $15.7\text{m}^2/\text{人}$ ，借助 GIS 软件和谷歌地图，我们对北京市公园管理处注册的城市公园绿地进行了分析与统计，其中东城区、西城区、朝阳区、海淀区、丰台区与石景山区的城市公园绿地面积分别为 6.00 平方公里、4.47 平方公里、39.59 平方公里、41.97 平方公里、6.06 平方公里和 6.37 平方公里，而上述辖区的人均绿地面积分别为 $6.53\text{m}^2/\text{人}$ 、 $3.53\text{m}^2/\text{人}$ 、 $11.17\text{m}^2/\text{人}$ 、 $12.79\text{m}^2/\text{人}$ 、 $3.08\text{m}^2/\text{人}$ 和 $10.74\text{m}^2/\text{人}$ （以为仅考虑了注册公园绿地，部分城市绿化带和未注册的城市绿地未统计在内，所以整体人均绿地资源水平低于统计值）。结合北京市城市公园绿地分布图以及六个辖区的人均城市公园绿地数据，可以看到朝阳区、海淀区和石景山区的人均绿地水平整体高于其他辖区及整个研究区域的平均水平（ $9.03\text{m}^2/\text{人}$ ）；而上述地区的绿地资源分布又因其规划方案、地理位置、辖区定位等因素，体现出较大的空间异质性。随后，我们以经典的网络分析法为基础，借助 ArcGIS 软件对北京市城区城市绿地的可达性进行了研究，并将可达性分布数据转化为统计指标，对各个辖区的可达性现状进行了评价。可以看出：北京市城区城市绿地可达性基本体现出中心向四周发散的辐射状分布特征。从绿地分布

来看,东城区与西城区的人均城市公园绿地面积在六个辖区中并不占优势(分别为 $6.53\text{ m}^2/\text{人}$ 和 $3.53\text{ m}^2/\text{人}$),但从绿地的可达性水平分析来看,首都核心功能区的两个辖区的可达性水平明显优于其他周边区域。特别是西城区,在人均绿地面积仅为东城区一半的情况下,仍然保持了2-4级可达性面积占比73.16%、1-4级可达性面积占比95.63%的北京市城区最好水平,充分展示了合理布局与完善的交通系统有助于有限城市资源的高效利用;相对的是,石景山区在人均绿地资源上具有一定优势($10.74\text{ m}^2/\text{人}$)的情况下仍表现出公园绿地可达性不理想的情况,因为交通网络欠发达和公园绿地选址不合理等原因,并没有体现出辖区在绿地空间资源上的优势;而像丰台区这样本身公园绿地资源缺乏的地区,可达性水平受到资源限制整体水平不高,需要进行一定规模的城市绿地扩张与改造,才能改善区域的公共服务水平;另外,海淀区虽然在数据上看处于较好的可达性水平,但是从空间分布上来看仍存在着可达性区间分布不均衡的现状。整体来说,北京市城区“核心功能区”城市公园绿地可达性水平较高,而“城市功能拓展区”的城市公园绿地可达性水平仍有待提高。

3.4 本章小结

网络分析法作为目前最先进的可达性分析研究方法,在国内外学者中均获得了广泛的运用。该方法以庞大的城市交通网络数据为基础,借助地理信息系统软件强大的空间运算与拓扑分析功能,将传统可达性分析方法中的直线距离转化为网络距离,使得基础数据更加贴合实际情况。同时,该方法在阻力设计上具有先天优势,对评估居民的时间或经济成本提供了多样性的可能。本章中,我们首先借助OSM和Google Earth数据,结合北京市公园管理处注册信息,对北京市城区的城市公园绿地进行了清查,对每个辖区的人均公园绿地水平进行统计,以评价北京市目前的绿地分布现状,就人均绿地资源的分布上,因为地理位置、绿地规划和交通网络格局等因素,呈现出较大的空间异质性。随后,我们以经典的网络分析法为基础,借助ArcGIS软件中的网络分析模块,对北京市城区的城市公园绿地可达性水平进行了分析制图,并根据辖区开展空间统计。总体来说,北京市城区城市公园绿地分布呈现出由内向外逐渐降低的辐射式空间分布,核心功能区的可达性水平明显高于周边地区。针对具体辖区,统计数据也暴露出了部分地区资源利用率不高或公园绿地资源空间分布不合理等问题,对今后有针对性的开

展北京市绿地规划与改造工作，提供了有力的数据支撑。

此页不缺内容

第四章北京市城市公园绿地引力模型分析与评价

4.1 研究方法

4.1.1 评价模型

传统的可达性分析研究往往是建立在若干假设之上：

- 研究区域内人口密度不存在空间异质性；
- 所有绿地所提供的公共服务价值是相同的；
- 任何一个居民到达任何一个城市公园绿地的机会是均等的；
- 居民到达城市公园绿地没有阻力。

然而，这些假设往往与实际情况相悖，这也就给可达性分析的严谨性与可靠性提出了不确定性（俞孔坚等, 1999）。针对这些不足，国内外学者们试图通过不同的可达性研究方法来解决：邻近距离法考虑了人口密度的分布因素，但是在其他影响因子方面不能反映实际情况，容易高估服务设施的可达性；引力模型法将物理学的万有引力模型引入城市公园绿地的吸引力研究中，解决了居民在到达城市公园机会不平等方面的问题，但是该方法中引力模型大多数是基于直线距离的算法，没有考虑城市交通网络及其阻力（Sander et al., 2010; 鲁敏, 2011），其成本估算上并不准确；网络分析法将城市道路交通格局加入考虑，可以模拟真实的道路网络和阻力成本，其分析结果更加接近真实的公共设施可达性水平（Koohsari et al., 2013; Moseley et al., 2013），但是其数据获取较困难，且不同城市公园绿地所提供的服务差异仍未能体现。针对现有不同方法的局限性，近年来国外的研究者们不断尝试，在网络分析法的基础上实现公共服务设施服务水平与吸引力的差异化（杨育军和宋小冬, 2004; 同丽嘎等, 2005; 吴斐和郑新奇, 2008; Lotfi & Koohsari, 2009）。

Gyoungju Lee 和 Ilyoung Hong（2013）在研究中引入了实际公园服务供给的概念（Actual park-service supply），作为反映不同城市公园服务水平差异的重要指标，其详细计算公式如下：

$$S_i = \sum_{j=1}^k S_{ij}, \quad (\text{公式 4-1})$$

$$S_{ij} = A_j \times sw_{ij} \quad (\text{公式 4-2})$$

$$sw_{ij} = d_{ij}^{-\beta} \quad (\text{公式 4-3})$$

公式中 S_{ij} 表示研究区域所有公园绿地对街区 i 提供的公共服务供给, 该值为特定绿地 j 对街区 i 提供的公共服务的累计值; A_j 表示公园绿地 j 的面积, sw_{ij} 表示空间权重, 该权重值是与 d_{ij} 相关的幂函数, d_{ij} 表示街区 i 几何中心到公园绿地斑块几何中心之间的直线距离。从公式中可以看出, 公园绿地 i 对特定街区 j 提供的公共服务受到绿地面积和绿底与街区距离这两个关键参数的影响, 绿地面积越大, 毫无疑问提供的公共服务就越多, 而在绿地面积一定的情况下, 街区与绿地的距离越远所能享受的公共服务越低 (Giles-Corti & Donovan, 2002)。该公式作为公园绿地公共服务水平评价的重要手段, 对后续的研究者设计公共服务设施可达性评价体系具有重要的启示作用。但是因为缺乏对城市人口因素的考虑, 加上直线距离在可达性成本表现上的不准确性, 该方法仍然有待完善。

Daniele La Rosa (2014) 在 ArcGIS 网络分析的环境下, 对意大利南部城市 Catania 的城市公园绿地可达性进行了评价, 引入了简单距离系数 (Simple distance indicators, SI) 和邻近系数 (Proximity indicators, PI) 的概念。简单距离系数即传统的最小距离法可达性分析中服务设施点到目标街区几何中心的直线距离, 而邻近系数计算模型则是以潜在引力表达式为参考 (Talen & Anselin, 1998; Apparicio et al., 2008; La Rosa & Privitera, 2013), 其具体模型算法如下:

$$PROX_i = \sum_{j=1}^n \frac{POP_j}{DIST_{ji}^2} \quad (\text{公式 4-4})$$

其中 $PROX_i$ 即为城市绿地 i 的邻近系数, POP_j 是街区 j 的总人口数, $DIST_{ji}$ 表示从街区 j 到城市绿地 i 的距离。该模型直观表现了城市公园绿地对居民的吸引力水平, 是一个囊括了研究区域内所有街区居民的吸引力的累计值, 而某一城市公园绿地对具体一个街区的吸引力水平受到该街区人口与街区到绿地距离这两个关键因素的影响: 街区人口与吸引力水平成正比, 即街区内居民越多则可以提供给更多的人公共服务; 而街区到绿地距离的平方则与吸引力水平呈负相关, 表示对同一街区, 距离更近的绿地表现出更强的吸引力。值得一提的是, 该距离并不是街区 j 到城市绿地 i 的直线距离, 而是网络距离。研究者通过将城市绿地

数据，城市街区数据和道路交通网络数据导入 ArcGIS，获得了每个绿地斑块到所有街区的网络距离。计算量巨大，但是更加贴近实际的距离成本。研究者分别使用简单距离系数和邻近系数对研究区域进行可达性分析并对比，可以看出邻近系数的引入显著提升了结果的准确性。遗憾的是该模型并没有考虑不同城市公园绿地斑块之间的服务水平差异（La Rosa, 2014）。

在 Daniele La Rosa 引力评价模型的基础上，本研究引入服务人口比和服务面积比的概念（蔡彦庭等, 2011）建立了新的城市公园绿地引力评价模型，其公式如下：

$$G_i = \sum_{j=1}^n G_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{P_j \times A_i}{D_{ij}^2} \quad (\text{公式 4-5})$$

公式中 G_i 为公园绿地 i 的引力系数， G_{ij} 为公园绿地 i 对街道 j 的引力水平，其中 G_{ij} 受到三个参数的影响： P_j 为街道 j 的常住人口总数， A_i 是公园绿地 i 的斑块面积， D_{ij} 表示从街道 i 到公园绿地 j 的网络距离。模型考虑了街道人口和绿地面积对公园绿地引力水平的影响，同时通过网络分析获得绿地与街道的网络距离，提升了距离成本数据的准确性，就目前可获取的数据，希望尽可能全面的反映不同城市绿地斑块的公共服务水平。

4.1.2 数据采集与空间数据库构建

通过查询统计年鉴，我们获取了北京市城区 6 个辖区 130 个街道第六次全国人口普查（2010 年）的常住人口数据，将其输入 GIS 与北京市城区街道行政区划图进行数据连接，获得了北京市城区不同街道的人口密度分布图（图 2-2）。同时根据 OSM 数据与 Google Earth 软件，我们在北京市测绘局公布公布的各辖区行政区划图的基础之上，获得了北京市城区 278 个城市公园绿地的矢量数据（图 3-4）。将上述街道划分、城市公园绿地斑块的数据和北京市交通网络数据统一输入 ArcGIS 软件，经过空间校正统一坐标系后，通过网络分析模块构建网络数据集。同时通过空间分析功能，获得各个城市公园绿地斑块和街道的几何中心及其对应道路数据的入口。通过软件计算 130 个街道分别到 278 个城市公园绿地的网络距离，返回数据 36140 个。将街道人口数据、绿地面积数据和网络距离数据全部导入 Excel 软件，按照公式（5）对原始数据进行运算与统计，获得 278 个城市公园绿地的累计引力系数。将数据标准化后关联输入 ArcGIS 中的北京市城区

城市绿地分布图,按照自然分类的原则将研究区域内所有的城市公园绿地斑块分为3个等级,最后输出图像。

4.2 北京市城市公园绿地评价与分布

对北京市城区 278 个城市公园绿地的引力进行计算,数据标准化后将数值控制到 0-1 区间内,根据自然分级的方式将其分为一级绿地、二级绿地和三级绿地,引力水平由低到高分别对应区间,具体数据及空间分布详见图 4-1。

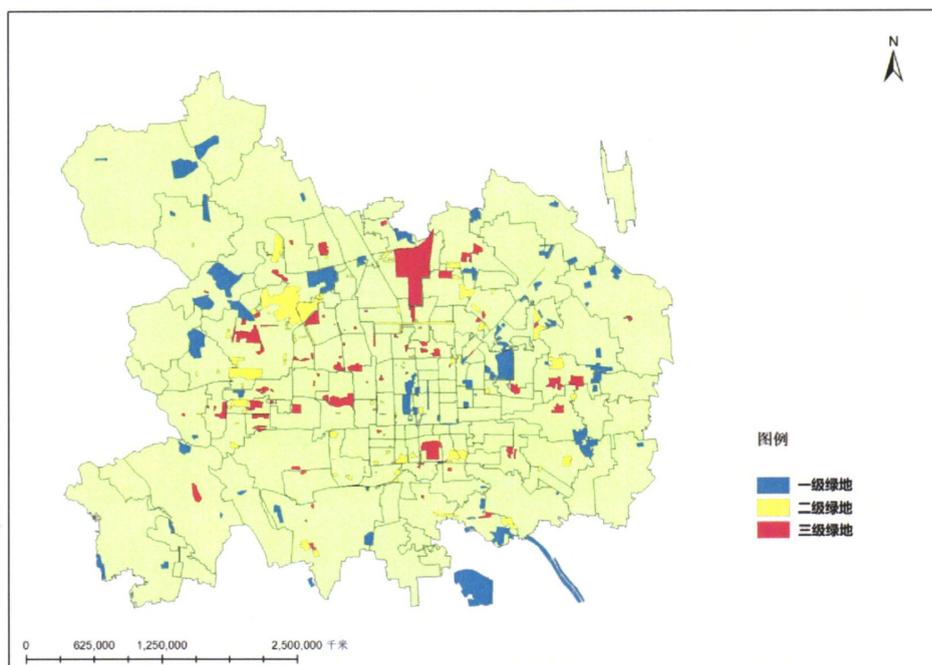


图 4-1 北京市城区城市公园绿地引力等级划分图

Fig.4-1 The classification of urban park green space in Beijing

从图 4-1 中可以看到,北京市城区不同等级的城市公园绿地在全区均有分布。从数据上看,全区城市公园绿地总面积为 104.47 平方公里,其中一级绿地面积最多达到了 43.69 平方公里,占全区所有公园绿地总面积的 41.82%,二级绿地占比最少,仅占全区的 26.81%,面积为 28.00 平方公里;三级绿地作为引力水平最高的一类,以 32.78 平方公里的面积占到了全区总绿地面积的 31.38%。其中三级城市公园绿地主要包括包括:奥林匹克森林公园、玉渊潭公园、天坛公园、北京动物园、紫竹院公园、石景山游乐园、京城梨园、五棵松文化体育中心、北京朝来森林公园等大型市级或区级城市公园和大型高尔夫球场等休闲绿地。这些城市

绿地在绿地面积、服务人口数和距离其他街区的距离上具有一定的优势，可以为周围的居民提供更多的公共服务。而从图上来看，其他低等级绿地多为两类情况：一类是面积可观但受到交通或周边街区人口密度影响，没有能够充分体现其公共服务价值的城市公园，包括颐和园、龙潭公园、圆明园、北海公园、景山公园、朝阳公园等著名城市公园；另一类则是街道或高速路周边的大规模城市绿化缓冲带，该类绿地所处地段人口密度较低且远离道路网密集的核心街区，所以无论是在定位上，还是在实际作用上，为居民所提供的公共服务价值都是有限的。

表 4-1 北京市城区各辖区绿地面积及占比

Table 4-1 The area and percentage of urban park green space in different areas

	一级绿地		二级绿地		三级绿地	
	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比
朝阳区	16.10	40.65%	7.01	17.71%	16.48	41.64%
东城区	1.28	21.39%	1.84	30.60%	2.88	48.01%
丰台区	3.58	59.08%	1.12	18.48%	1.36	22.45%
海淀区	16.36	38.99%	16.04	38.21%	9.57	22.80%
石景山区	4.21	66.11%	0.62	9.80%	1.53	24.09%
西城区	2.15	48.14%	1.37	30.74%	0.94	21.12%

再来看各个辖区的城市公园绿地构成情况：拥有一级城市公园绿地面积最多的是海淀区，达到了 16.36 平方公里，占到了辖区总绿地面积的 38.99% 以上。而一级绿地占辖区总绿地面积百分比最多的则是石景山区，虽然该区域一级绿地面积较小只有 4.21 平方公里，但是因其石景山区总体绿地面积较少其占比达到了该区所有城市公园绿地的 66.11%。另一方面，东城区的一级公园绿地无论是在面积上还是全区绿地面积占比上都是处于最低水平，分别只有 1.28 平方公里和 21.39%。在二级绿地的分布上，海淀区拥有最多的二级绿地面积和绿地占比，达到了 16.04 平方公里，占海淀区总绿地面积的 38.21%。石景山区的二级绿地面积和占比都是六个辖区中最低水平，分别是 0.62 平方公里和 9.80%。对于三级绿地而言，16.48 平方公里的斑块落在了朝阳区的行政区划内，占朝阳区总绿地面积的 41.64%，主要是拥有奥林匹克公园的优势。然而三级绿地占比最高的地区并不是朝阳区，而是东城区，东城区虽然只有 2.88 平方公里的三级绿地，但是同样受到辖区总绿地面积因素的影响，其三级绿地面积占到了辖区总绿地面积的 48.01%。

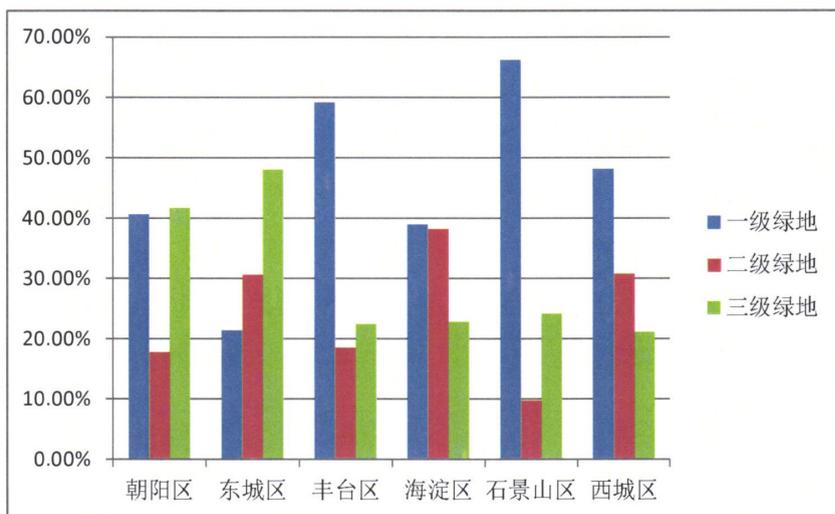


图 4-2 北京市城区各辖区城市公园绿地等级构成

Fig. 4-2 The percentages of each levels of green space in different areas

根据我们对城市公园绿地引力的定义，在城市绿地面积一定的情况下，三级绿地和二级绿地所能提供的城市公共服务是高于一级城市公园绿地的。虽然三个不同等级绿地引力之间的实际数量关系目前没有办法确定，但是我们可以横向对比六个辖区的城市绿地等级构成，从而实现对该区域城市公园绿地服务能力的预测与评价。从图 4-2 中我们可以看出，除了朝阳区与东城区的三级绿地面积百分比明显较高外，其他四个行政区域内的三级城市公园绿地占比差异不大。对比朝阳区与东城区的公园绿地等级构成，可以看到东城区无论是在三级绿地还是在二级绿地的比例上都优于朝阳区，可以说明东城区的城市绿地引力水平在六个区域当中处于最高水平，故可以推断在未对城市绿地进行分类的情况下，东城区的城市公园绿地可达性水平是被低估了的。对比后面四个辖区的柱状数据，我们发现石景山区的一级城市公园绿地百分比最高占到了全区绿地的 65% 以上，且其二级绿地所占比例明显低于其他辖区，因此我们可以认为，石景山区实际的城市公园绿地可达性水平必然低于未定级时分析的水平。除此以外，海淀区的三级和二级绿地比例明显高于其他三个辖区，说明除了东城区与朝阳区之外，海淀区的城市公园绿地也处在一个较高水平。至于西城区和丰台区而言，各个等级的城市公园绿地所占百分比特征不明显，实际的服务能力变化受到三个等级城市公园绿地引力之间具体的数量关系影响。

4.3 讨论

按照尹海伟等人(2008)对城市绿地空间可达性的定义,影响公共服务设施可达性的主要因素包括两个方面:1)绿地景观的吸引力(如面积大小);2)不同需求人群的空间分布。在实际生活中,不同的城市公园绿地因其地理位置、占地面积、交通因素和绿地种类的多样性,在对城市居民的吸引力水平上是必然存在差异的(Higgs, 2012)。而这种吸引力水平不是仅仅针对周边辖区,我们要认识到每个城市公园绿地斑块对整个研究区域内的所有地区均是存在潜在吸引力的(Lee & Hong, 2013)。因此,在引力模型的设计上我们着重关注三个参数对城市公园绿地影响力或是服务能力的影响:绿地面积、服务人口、街道与绿地之间的网络距离。绿地面积与其服务水平呈正相关,而该绿地对具体街道的服务水平则体现在街道常住人口总数与网络距离上,街道人口越多,服务的受众就越多;街道距离绿地斑块的距离越远,享受的公共服务也就越少(Giles-Corti & Donovan, 2002)。另外,单个绿地斑块的吸引力水平是通过研究区域内所有街道的吸引力水平的总和来体现的,充分强调该绿地对整个区域的潜在吸引与服务功能。

通过 ArcGIS 软件计算与重分类得到的绿地等级分布上,我们也能看出这种思路的体现:以北京市奥林匹克森林公园为代表的三级绿地,无论是在斑块面积上还是周边街道的人口密度上,均处于较高水平;而东城区与西城区这样的核心功能区,即便绿地面积水平较高,但是因为该区域人口密度是低于周边区域的,因此落在该区域内的公园绿地斑块实际提供的公共服务是有限的;至于一级绿地的分布,城市周边区域受到人口与距离因素的影响,即使绿地面积可观,仍处在较低的利用与吸引水平,而城市中心区域的一级绿地多为受到面积因素影响的小斑块。同时,在六个辖区的具体绿地等级构成上,我们也可以对区域绿地服务水平的真实情况作出预测:例如东城区,三级城市公园绿地占比为六个辖区内最高的,而一级城市公园绿地的占比又处于所有辖区中的最低水平,可以预测东城区的实际绿地服务水平相对而言将高于其他五个区域,同时超过传统网络分析法对该区域可达性水平的预期;其而丰台区与石景山区的一级城市公园绿地占比就已经达到了区域总绿地面积 50%以上,则说明该辖区内大量的绿地斑块的引力水平较低,在绿地面积一定的情况下,其公共服务水平是低于预期的。为了进一步量化这种修正后的情况与传统网络分析方法预期的差异,在第五章中,我们将借助 ArcGIS 设定具体参数对变化进行评估与分析。

4.4 本章小结

对可达性评价方法的不断完善和创新,是可达性研究领域的热点与难点。建立在传统假设上的可达性评价体系往往难以反映研究区域的真实情况,同时也存在着数据获取难度较大、数据可靠性偏低等问题,对开展研究区域的公共服务设施可达性评价带来了不确定性。近几年,为了解决上述问题国内外研究者在重力表达式等数学模型的基础上,提出了城市公共服务设施引力模型与服务水平评价体系。在一定程度上提高了研究方法的准确性与可靠性。但是现有的方法仍存在一些问题,例如直线距离在表现服务设施与社区距离上的偏差以及对部分关键参数的忽略。本研究中整合部分现有的模型并创新,建立了新的城市公园绿地引力评价模型。通过对 ArcGIS 中的网络分析模块获取所有城市公园绿地与每个街区中心的网络距离,加上城市公园绿地面积和各个辖区具体到街道的人口数据,我们对北京市城区公园绿地的引力水平进行了量化与重分类,将所有 278 个城市公园绿地分为一、二、三级公园绿地,分别代表由低到高三个不同的引力与公共服务供给水平。从空间分布上看三个等级的城市公园绿地在研究区域内均有分布,其中一级绿地的总面积最多,其实是三级绿地,二级绿地的比例最低。针对具体辖区而言,在绿地等级构成上存在巨大的差异,即不同辖区的实际绿地服务水平与传统的网络分析法结果是存在差异的,具体的差异水平将受到不同等级的城市公园绿地之间的数量关系和权重来决定,这一块的内容将在第五章展开。从本章的结果来看,引入引力模型的城市公园绿地分级系统,更能体现绿地斑块之间的差异,强调了绿地服务能力与吸引力水平的异质性也更符合居民出行和选择倾向上的实际情况。因此,引力模型与传统网络分析法的结合,在突破传统假设的基础之上,是提高可达性分析精确性的一种重要尝试。

第五章基于公园引力模型的可达性修正研究

5.1 研究方法

在上一章中我们引入引力模型的概念对北京市城区的城市公园绿地进行了评级,根据引力水平由低到高分别归为一级城市绿地、二级城市绿地和三级城市绿地。毫无疑问更高的公园绿地等级代表了更加高效的公共服务供给能力,通过这种方式,我们成功的解决了传统网络分析中将所有城市绿地一视同仁的错误做法,然而该效果的量化需要评估不同等级绿地之间的实际数量关系(胡志斌等,2005)。因为对等级的赋值并不能直接表达该具体城市公园绿地的斑块的引力水平与服务能力,最为理想的解决办法是针对研究区域内的每一个城市公园绿地斑块进行可达性的分析,以其具体的引力因子水平作为权重(贺晓辉,2008),将278个城市公园绿地的可达性分析结果进行汇总和叠加,最后获得研究区域中城市公园绿地的实际可达性分布。受到工作量和研究时间的限制,且对可达性网络分析的方法学研究并不是本文的重点,故本研究中仅对已分类的三级城市公园绿地进行粗略赋值,观察和评估引力模型的引入对北京市城区的可达性分布的修正作用。

将目前已有的北京市城区公园绿地矢量文件按照等级划分分别导出各个等级的绿地数据,针对每个城市公园绿地等级的图层,进行本文3.1.2部分的操作,借助ArcGIS的网络分析模块,将各个等级的城市公园绿地分别导入服务区分析图层中,同样按照第三章中的参数设定,将居民步行速度设定为60米每秒,拐角处延迟设定为30秒,运算可达性的时间成本区间。通过上述方法,我们分别获得了三个等级绿地的可达性范围。接着,我们对各个不同的绿地等级的可达性区间进行赋值,将0级可达性、1级可达性、2级可达性、3级可达性和4级可达性分别赋值为0到4,同时我们将图层ABC分别赋予权重0.5、1和1.5,即表示不同等级的城市绿地在公共服务和引力上的差异,以二级绿地的提供服务为标准值1,一级绿地提供的公共服务只有二级绿地的一半,而三级公园绿地所提供的公共服务则是而级公园绿地的1.5倍。该设定仅仅只作为修正效果研究的粗略值,实际值的计算不在此作讨论。借助ArcGIS的图层计算器,根据上述参数和

权重的设置，将 ABC 三个可达性分布图层进行图层计算，获得修正过后的北京市城区城市公园绿地可达性分布，最后将六个辖区的各等级可达性区间面积数据导出，经过 Excel 软件分析并对比。

5.2 研究结果

5.2.1 北京市城市公园绿地可达性修正

借助 ArcGIS 软件分别对三个不同等级的城市公园绿地等级进行可达性分析，输出图像如下：

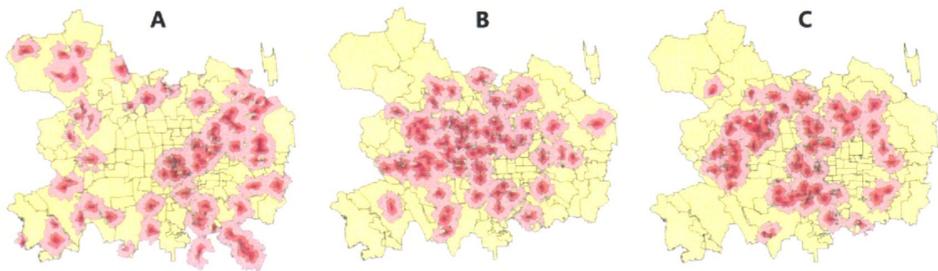


图 5-1 北京市城区不同等级绿地可达性分布

Fig. 5-1 The distributions of walking accessibility of different green space levels

图中 A、B、C 分别对应北京市城区一级城市公园绿地、二级城市公园绿地和三级城市公园绿地的步行可达性区间。对比图 5-1 我们可以看出，如果将 ABC 三张可达性分布图进行直接叠加，即各个等级的城市公园绿地之间不存在本质差异，提供的公共服务和吸引力处于同一水平。那么得到的可达性范围就和未经引力模型修正所获得的可达性分布结果基本一致，符合经典假设。从图中我们也可以进一步的验证前面章节对北京市城区公园绿地分布的一个情况，一级公园绿地（图 A）多分布在城市周边地带，而在朝阳区分布较集中；而二级城市绿地在整个研究区域内均有分布，三级城市公园绿地在城市中心区和海淀区的东南位置分布较多。

按照权重设置，我们对 ABC 三个图层进行图层运算，获得了引力模型修正后的北京市城市公园绿地可达性分布（图 5-2）

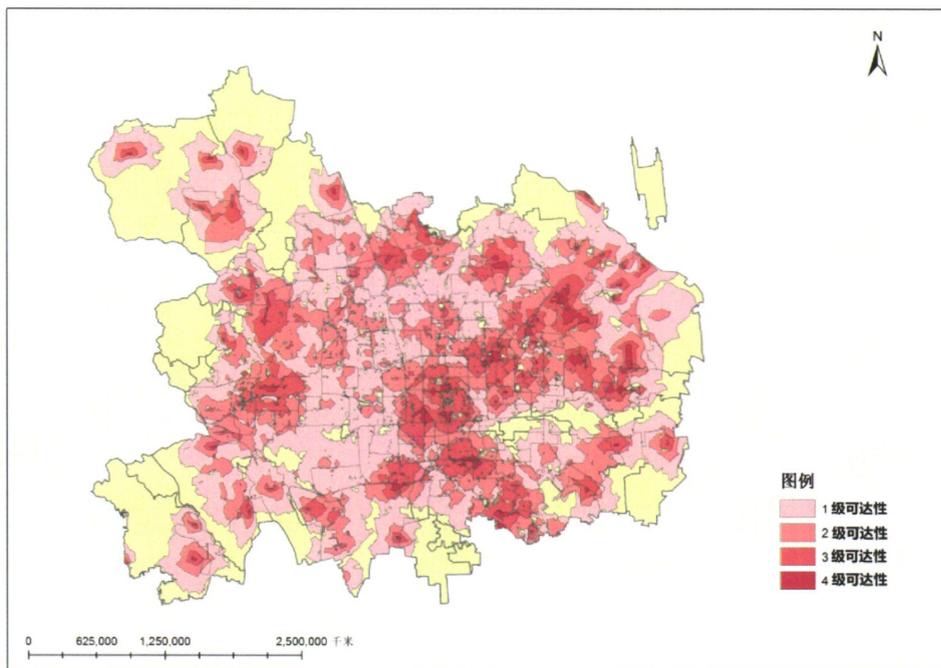


图 5-2 北京市城区城市公园绿地可达性分布（修正后）

Fig. 5-2 The distribution of walking accessibility of park green space in Beijing (corrected)

从图中我们可以看到，修正后的北京市城区城市公园可达性与之前的可达性区间分布有了较大的变化。为了更好的对比修正前后的可达性分布差异，我们在输出新的可达性分布时，对图层计算器的计算结果同样进行了重分类，按照各个等级可达性区域总面积不变的原则，将输出结果同样分为 0 级可达性区域到 4 级可达性区域 5 个水平。因为修正后可达性区域图层中斑块数量的限制，修正前后各个等级可达性的总面积存在数值上仍存在一定误差，但是不影响对整体可达性修正趋势的表达。如图所示，修正后的北京市城区公园绿地可达性在空间分布上体现出更强的区域优势，例如在东城区和西城区所在的首都核心功能区区域，表现出了四级与三级可达性区域集中分布的特征；同时，在朝阳区西部靠近城市中心的街道，也表现出明显的聚集态势，且高等级可达性区域所覆盖的面积也明显较修正前有了提高；相反，修正后表现低于原趋势的地区主要分布在海淀区与石景山区，这两个辖区内的高等级可达性区域密集程度下降且总体覆盖也相比修正前减少；石景山区的可达性分布基本保持修正前的状态，从图像上未见明显变化。

5.2.2 经典网络分析对比研究

为了进一步揭示修正前后北京市城区城市公园绿地可达性分布的变化，我们

汇总并对比具体的辖区数据，详见下表：

表 5-1 北京市城区六大辖区城市绿地可达性分布对照表（修正前后）

Table 5-1 The comparison of areas for each accessibility levles in different regions (corrected)

		0级可达性	1级可达性	2级可达性	3级可达性	4级可达性
东城区	修正前	2.34	13.80	20.83	4.39	0.44
	修正后	2.34	7.98	13.87	16.02	1.58
西城区	修正前	2.35	11.24	23.11	12.21	1.72
	修正后	1.39	14.40	19.07	14.09	1.67
朝阳区	修正前	115.25	201.21	106.50	36.74	5.45
	修正后	116.42	160.92	120.71	57.22	9.97
石景山区	修正前	33.75	20.50	18.81	9.74	1.44
	修正后	33.25	20.61	24.14	6.10	0.14
海淀区	修正前	141.04	150.70	96.72	36.97	5.69
	修正后	140.70	171.66	88.46	28.10	2.19
丰台区	修正前	114.36	123.69	50.90	14.79	1.82
	修正后	115.00	126.69	46.05	16.18	1.65

通过数据层面的对比，我们可以更加直观的揭示引力模型修正对研究区域城市公园可达性分布的影响。图 5-2 中所列出的是修正前后各个辖区的各个等级可达性范围比例组成，从图中我们可以清楚的看出：六个辖区的 0 级可达性区域在修正前后基本没有变化，变化幅度基本都保持在 1% 以内，通过面积表中的数据对比，也可以看到变化最大的朝阳区面积差异也仅有 1.17 平方公里；丰台区的各等级可达性分布占比变化均不明显，从面积数据表行业能看到，各等级的可达性区域面积变化都在个位数水平，这也与 5.2.1 中对图像的分析相吻合；观察海淀区和石景山区的柱状图可以看出，这两个辖区的低等级可达性区间（1 级可达性、2 级可达性）呈现增长态势，而高等级可达性区间（3 级可达性和 4 级可达性）的占比则逐步下降，面积数据显示石景山区修正前后 2 级可达性区域面积提高了 5.27 平方公里，而 3 级可达性区域降低了 4.32% 达到 3.64 平方公里，特别是 4 级可达性区域从 1.44 平方公里降到了 0.14 平方公里几近消失，海淀区的 4 级可达性区域面积降幅也是达到了 3.50 平方公里；东城区、西城区和朝阳区的高等级可达性区域都有一定幅度的增加，以 4 级可达性区域为例，东城区从 0.44 平方公里增加到 1.58 平方公里，朝阳区从 5.45 平方公里增加到 9.97 平方公里。无论是从图表还是从数据上来看，东城区的可达性水平提升幅度是最大的，其 3 级可达性区域面积增加了 27.83%，4 级可达性区域面积增加了 2.78%，均为六个辖区中的最高值。这也充分应征了第四章中对该区域绿地等级分布的评价，确实

体现出了高等级绿地占比高所体现出来的可达性优势。

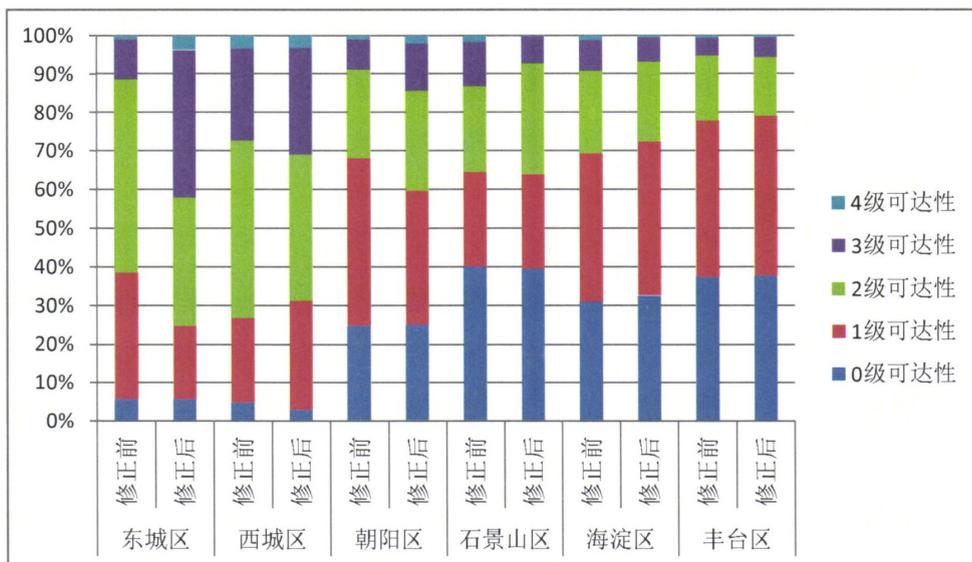


图 5-3 北京市城区六大辖区可达性区域等级占比图 (修正前后)

Fig. 5-3 The comparison of percentages for each accessibility levels in different regions

5.3 讨论

对比上述图表中的数据来看,将城市公园绿地引力模型引入可达性的评价在一定程度上可以修正由于假设与实际不符导致的可达性水平误差。无论是在空间分布的表象上(图 5-3),还是在统计数据上(表 5-1),六个辖区的城市绿色空间可达性在修正前后的变化趋势以及变化幅度都是基本符合上一章的预测。以东城区为例,通过对该辖区的绿地等级分布结构分析,可以看出该辖区的 3 级绿地占比最多为 48.01%,且为六个辖区中的最高水平,其次为 2 级城市绿地的占比,达到了 30.60%。可以看出东城区的整体绿地服务与引力水平是高于平均水平的,因此按照传统网络分析假设,该辖区的服务水平会被拉低。所以在经过引力模型算法修复后的可达性水平分布上东城区表现出了最为明显的可达性水平的提升。而像海淀区与石景山区这两个区域,因为各等级城市绿地的占比情况基本是 1 级绿地最多而高引力的高等级绿地分布较少,必然达不到整个研究区域的一般水平,则该区域内的可达性水平会被均值拉高。从最终图表上表现出的结果可以看到,海淀区与石景山区的可达性水平在修复后表现出明显的降低,在图中表现为热点地区聚集程度降低,覆盖面积减少,而在数值上的体现就更加明

显了,两个地区的1级和2级可达性范围明显增多而高级可达性范围出现了不同程度的减少。由此可见,引力模型的介入对于可达性水平分布的空间修正具有一定的指向性,虽然在数值的设定上仍存在较大的人为因素干扰,但是在修正的方向与修正的趋势上是能体现出区域公共服务设施的分布特征的。

5.4 本章小结

引力模型可以有效的评价城市公园绿地个体之间在公共服务供给中的差异,但是如何将该服务或是引力水平上的差异转化为可达性水平进行空间表达,目前来说并没有非常成熟或系统的方法实现。特别是对于不同等级的城市绿地之间的量化关系,更是难以把握,需要结合实际情况进行复杂的指标体系构建和权重计算。鉴于本文的研究重点并不是对网络分析法的方法学创新与研究,而是希望引入公园绿地引力模型来进一步修正可达性分析结果并分析该修正的趋势,故在本研究中仅通过初步的简单参数代入图层运算,实现引力水平到可达性水平的转换。本章中,我们通过对不同等级绿地的可达性图层进行赋值计算,获得了经过引力模型修正的北京市城区城市公园绿地可达性分布。无论是在空间分布上还是在数据上,修正后的可达性分布表现出了更强的空间特异性,例如在部分地区高级可达性区域呈明显的聚集趋势,而在部分区域各等级的可达性水平基本是不变的。从这些修正带来的变化,我们反观前文中的绿地等级分布数据、城市人口密度数据和道路网络数据,不难发现修正后的可达性分布更加贴近潜在的实际情况,而传统的网络分析方法因其忽略了城市绿地之间的差异性而错误估计了部分区域的可达性现状。通过该修正获得的北京市城区城市公园绿地可达性分布虽然在准确性和推广性上仍存在缺陷,但是在对于网络分析法区域可达性结果的修正方向上,是正确的。对于反映研究区域的实际可达性水平,具有一定的参考与指导意义,建议与经典的网络分析方法相结合,对比修正结果与趋势可以有效的帮助研究者了解区域在公共服务设施的可达性水平上存在的问题,以便有针对性的提出规划方案。

第六章 结论与展望

6.1 研究结论

随着最近几年爆发的水污染、空气质量和交通拥堵等城市发展过程中的常见问题，城市发展的可持续性成为人们关注的焦点，如何将有限的城市资源高效利用的同时兼顾空间公平成为当前摆在城市规划师面前的一道难题。北京市作为我国的政治与文化中心，一直以来在我国的城市化进程中都占据着不可替代的重要地位。特别在大力开展新型城市化的今天，对首都城市圈的可持续发展模式探索无论是从学术研究还是从国家战略的角度来看都具有示范性的重要意义。近年来，国内外学者对于北京市的城市公园绿地开展了大量工作，但大多数是从景观格局和生态系统服务的角度去对北京市的城市公园绿地进行评价；而针对北京的公共服务设施可达性评价常见于对公共交通、住房或就业资源的研究，借助网络分析方法对北京市城市公园绿地进行评价的研究并不多见。另一方面，经典的可达性研究方法在其基础假设上存在的不准确性，给可达性研究的科学性与推广性带来了质疑，其评价体系和方法有待完善与补充。因此，本文利用传统的网络分析法对北京市城区的城市公园绿地可达性进行了系统评价，同时引入城市公园绿地引力模型的概念，对研究区域内的可达性分布进行了修正，明确了北京市城区在可达性水平上表现出的空间分布现状与特征。

从北京市城区城市公园绿地的可达性评估上，我们可以看到整个北京市城区可达性分布基本呈现出由内而外可达性水平逐渐降低的辐射状空间分布格局。从研究区域的总体可达性分布来看，北京市城区总面积为 1402.16 平方公里，其中 0 级可达性区域面积 409.80 平方公里，占全区总面积的 29.23%；1 级可达性区域面积最高为 544.96 平方公里，占全区面积的 38.87%；2 级可达性区域面积 312.78 平方公里，占区域总面积的 22.31%；3 级可达性面积为 117.24 平方公里，占全区面积的 8.35%；4 级可达性区域面积 17.38 平方公里，仅占区域总面积的 1.24%。可以看到，超过 30% 的研究区域落在步行 30 分钟可以到达最近城市公园绿地的区域，而全区 70% 以上的区域居民都能在 1 小时内获取到城市公园绿地的公共服务。从具体辖区的各等级可达性区域占比上看，东城区和西城区的可达性水平较

高, 30 分钟内能到达周边城市公园绿地的区域分别占到了 60%和 70%以上, 特别是 0 级可达性区域的占比远低于其他辖区; 丰台区的城市公园绿地可达性水平则明显低于其他所有区域, 该辖区的 0 级和 1 级可达性区域的面积占比接近 80%, 也就说丰台区仅有 20%左右的区域居民能在半小时内获得城市绿地的公共服务, 可达性水平受到绿地资源和交通因素的限制, 公共服务水平落后于其他区域, 亟待改善; 而其他三个区域的可达性等级构成在数据上没有体现出较强的空间特性,

在对北京市城区城市公园绿地资源及其引力评价的研究中, 六个辖区无论是在绿地资源的占有量还是绿地资源的等级构成上都存在着较大的差异。在人均绿地资源数据上看, 整个北京市城区的人均公园绿地面积为 9.03 平方米每人, 其中海淀区、朝阳区和石景山区的人均资源占有量都处在较高水平, 达到了人均 10 平方米以上; 而丰台区与西城区的人均公园绿地面积较少, 分别只有 3.08 和 3.53 平方米。不过, 城市公园绿地的存量并不能表现该区域的实际公共服务水平, 在传统的可达性研究假设中, 所有的城市公园绿地都提供着相同的公共服务, 这一点是有悖于实际情况的。毫无疑问每个独立的城市公园绿地都收到多个因素的影响而在区域的公共服务供给上扮演者不同的角色。因此, 我们引入引力模型的概念对城市公园绿地的引力水平进行评价与分级, 以期反映不同区域的实际绿地资源服务水平。通过对绿地斑块面积、街道人口以及绿地距离街道的网络距离这三个关键因素的考量, 我们将北京市城区的 278 个公园绿地斑块分为 3 个引力等级, 并对各个辖区的绿地等级构成进行了研究。结果表明, 东城区的城市绿地组成结构最优, 以 48.01%的三级绿地占比位列六个辖区中的第一名, 其二级绿地的占比同样处于较高水平, 超过了全区绿地面积的 30%, 这样的绿地等级梯形分布保证了东城区虽然在人均资源占有量上不具备优势, 但是其绿地引力水平仍然处于区域前列。而像丰台区与石景山区这类远离城市核心地带的区域, 受到低密度人口的影响, 即便人均城市公园绿地水平处于较理想状态, 但是超过 50%的一级绿地占比, 说明整个区域的绿地服务水平一般, 绿地资源的利用效率较低。

最终对修正前后的北京市城区城市公园可达性进行对比, 两者在空间分布和数值上的差异, 体现出了研究区域的公园绿地可达性现状与特征: 东城区的可达性水平提高最为明显, 4 级可达性区域占比从 0.44 平方公里提高到 1.58 平方公里, 3 级可达性区域增加最为明显, 从 4.39 平方公里增加为 16.02 平方公里, 该

变化充分得益于该区域的高等级绿地占比优势；相比而言，丰台区的可达性分布水平略有降低但变化不大，波动范围都在 1%左右，从可达性的空间分布上看修正前后基本没有空间差异；海淀区和石景山区的可达性水平有较大幅度的降低，低等级可达性区域（0 级、1 级、2 级可达性区域）面积占比增加而高等级可达性区域（3 级、4 级可达性区域）占比减少，该结果也呼应了这两个辖区的绿地等级分布特征，大量的一级公园绿地导致了朝阳区和石景山区的公共服务供给能力低于区域城市公园绿地的平均水平。最后我们回到空间分布上，经过引力模型的修正，北京市城区的可达性现状得以更加准确的体现：以东城区和西城区构成的“首都核心功能区”可达性水平较高，该区域绿地分布有限，但受到高人口密度和便捷的交通网络的影响，城市公园绿地提供的公共服务更加高效；朝阳区可达性水平也处于研究区域的前列，特别是在靠近城市核心区的西南方向，高可达性区域集中分布，覆盖了朝阳区五环以内的大部分区域；海淀区和石景山区可达性水平整体低于修正前的水平，丰台区的可达性水平在修正前后保持稳定，可见在资源、人口和交通网络都有限的城市周边地区，城市公园绿地构成与可达性水平变化有限。因此，在今后北京市的城市公园绿地规划与更新上，应该注重对“首都核心功能区”绿地的保护与维持，保证该区域的绿地水平维持在一个较好的稳定水平；而对于朝阳区这样局部地区绿地资源受限的地方，应该有针对性的在该区的周边地带开展绿化工作；针对海淀区与石景山区暴露出来的公园绿地水平虚高的问题，需要合理规划区域交通与道路，结合街道的实际人口水平对区域内的城市公园绿地进行改造与更新；丰台区的绿地资源与可达性水平均处于较低水平，因此应该重视全区的规划与绿化工作，从资源存量与服务质量两个方面提高该区域的公园绿地服务水平。

6.2 研究展望

本研究试图在方法学上对可达性网络分析方法进行尝试，突破原有的经典可达性假设，以期获得更加接近实际情况的可达性分布现状。虽然在引力模型的构建上参考了国内外的一些成熟思路，但是该算法仅仅反映了城市公园引力与三个参数之间的相互影响，具体的相互间数量关系并没有以系数或权重的形式在算法上表现出来。这需要大量的居民行为调查和统计数据作为支撑，才能计算出具体的数量关系；另外，对于最终输出可达性分结果的操作，仍有一定人为因素的干

扰。因为在各个图层权重的设置上其实并没有参考或依据，仅仅是为了验证大概的变化趋势而人为设定了各图层的权重。实际上在第五章中也提到过，想要真正实现图层之间的叠加运算，最理想也是最准确的方法是对每个独立的城市公园绿地斑块进行可达性分析，同时使用引力模型计算的具体引力水平(数据标准化后)作为图层权重，这样 278 个可达性分布图层合并后获得的可达性分布才是最贴近真实情况的数据，然而受到工作量的限制，目前无法对全部图层进行运算叠加。目前来看我们引入引力模型的概念更多的是专注于对可达性修正的定性研究而不是定量分析。希望本研究能够在一定程度上给相同领域的研究者们提供启发，在今后的同类型研究中能借助计算机强大的运算功能，深入挖掘数据之间的关系以完善引力模型和图层运算，不断提高可达性分析结果的准确性和真实性，为研究区域的发展与规划提供科学可靠的数据支撑。

参考文献

1. 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.
2. Blüthgen N. Why network analysis is often disconnected from community ecology: a critique and an ecologist's guide[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2010, 11(3): 185-195.
3. Boone C G, Buckley G L, Grove J M, et al. Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2009, 99(4): 767-787.
4. Cao X, Zhang F. The Logic of the Lack of Justice in China's Urban Space and the Correction of Spatial Injustice[J]. *Urban Studies*, 2012, 3: 023.
5. Chen Y Y, Rong J, Luo M, et al. Traffic demand management plan during Beijing Olympic games[J]. *Beijing Gongye Daxue Xuebao(J. Beijing Polytech. Univ.)*, 2004, 30(4): 450-453.
6. Cheng C, Zhang W, Chen J, et al. Evaluating the accessibility about Beijing's subways in 2008 based on spatial syntax[J]. *Geo-Information Science*, 2007, 6: 006.
7. 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.
8. Cooper L M. Network analysis in CEA, ecosystem services assessment and green space planning[J]. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 2010, 28(4): 269-278.
9. Fan Y, Allen R, Sun T. Spatial mismatch in Beijing, China: Implications of job accessibility for Chinese low-wage workers[J]. *Habitat International*, 2014, 44: 202-210.

10. Giles-Corti B, Donovan R J. The relative influence of individual, social and physical environment determinants of physical activity[J]. *Social science & medicine*, 2002, 54(12): 1793-1812.
11. Girres J F, Touya G. Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset[J]. *Transactions in GIS*, 2010, 14(4): 435-459.
12. Haklay M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets[J]. *Environment and Planning B Planning and Design*, 2010 (37): 682-703.
13. Hansen W G. How accessibility shapes land use[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2): 73-76.
14. Hao J, Wang L. Improving urban air quality in China: Beijing case study[J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2005, 55(9): 1298-1305.
15. Higgs G, Fry R, Langford M. Investigating the implications of using alternative GIS-based techniques to measure accessibility to green space[J]. *Environment and Planning-Part B*, 2012, 39(2): 326.
16. Ji J, Gao X. Analysis of people's satisfaction with public transportation in Beijing[J]. *Habitat International*, 2010, 34(4): 464-470.
17. Kabisch N, Haase D. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 122: 129-139.
18. Koohsari M J, Kaczynski A T, Giles-Corti B, et al. Effects of access to public open spaces on walking: Is proximity enough?[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 117: 92-99.
19. La Rosa D, Privitera R. Characterization of non-urbanized areas for land-use planning of agricultural and green infrastructure in urban contexts[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 109(1): 94-106.
20. La Rosa D. Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context[J]. *Ecological Indicators*, 2014, 42: 122-134.
21. Lee G, Hong I. Measuring spatial accessibility in the context of spatial disparity between demand and supply of urban park service[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 119: 85-90.

22. Lotfi S, Koohsari M J. Measuring objective accessibility to neighborhood facilities in the city (A case study: Zone 6 in Tehran, Iran)[J]. *Cities*, 2009, 26(3): 133-140.
23. Moseley D, Marzano M, Chetcuti J, et al. Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 116: 1-12.
24. Naveh Z. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction[J]. *Landscape and urban planning*, 2000, 50(1): 7-26.
25. Oh K, Jeong S. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS[J]. *Landscape and urban planning*, 2007, 82(1): 25-32.
26. Qi R H, Xiong S D. Assessment of the current status & planning of the green space system of Chongming Island using landscape metrics and network analysis methods[J]. *Ecologic Science (in Chinese)*, 2007, 26(3): 18-24.
27. Sander H A, Ghosh D, van Riper D, et al. How do you measure distance in spatial models? An example using open-space valuation[J]. *Environment and planning B, Planning & design*, 2010, 37(5): 874.
28. Talen E, Anselin L. Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds[J]. *Environment and planning A*, 1998, 30(4): 595-613.
29. Tamosiunas A, Grazuleviciene R, Luksiene D, et al. Accessibility and use of urban green spaces, and cardiovascular health: findings from a Kaunas cohort study[J]. *Environmental Health*, 2014, 13(1): 20.
30. Thompson C W, Roe J, Aspinall P, et al. More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 105(3): 221-229.
31. Van Herzele A, Wiedemann T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces[J]. *Landscape and urban planning*, 2003, 63(2): 109-126.
32. Wang S, Gao J, Zhang Y, et al. Impact of emission control on regional air quality: an observational study of air pollutants before, during and after the Beijing

- Olympic Games[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2014, 26(1): 175-180.
33. Yigitcanlar T, Teriman S. Rethinking sustainable urban development: towards an integrated planning and development process[J]. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2015, 12(1): 341-352.
34. Zhou X, Kim J. Social disparities in tree canopy and park accessibility: A case study of six cities in Illinois using GIS and remote sensing[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2013, 12(1): 88-97.
35. 蔡彦庭, 文雅, 程炯, 等. 广州中心城区公园绿地空间格局及可达性分析[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(11): 1647-1652.
36. 陈金川, 郭继孚, 张德欣, 等. 基于出行行为的北京市奥运公园交通模型[J]. *道路交通与安全*, 2005 (2): 27-31.
37. 陈秋晓, 万丽, 杨威. 基于出行距离评价城市公园绿地的可达性——以乐清市为例[J]. *浙江大学学报: 理学版*, 2014, 41(3): 348-352.
38. 陈书谦. 基于网络分析法的公园绿地可达性研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2013.
39. 谌丽, 张文忠, 杨翌朝. 北京城市居民服务设施可达性偏好与现实错位[J]. *地理学报*, 2013, 68(8): 1071-1081.
40. 程海青. 绿色背后的隐忧——浅谈北京市绿化隔离带建设中的问题[J]. *建筑创作*, 2002 (4): 78-80.
41. 邓羽, 蔡建明, 杨振山等. 北京城区交通时间可达性测度及其空间特征分析[J]. *地理学报*, 2012, 67:169-178.
42. 方淑波, 肖笃宁, 安树青. 基于土地利用分析的兰州市城市区域生态安全格局研究[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(12): 2284-2290.
43. 高晓路, 季珏, 张文忠. 北京市交通出行环境的空间评价[J]. *地理科学*, 2009, 29(6): 817-824.
44. 郭艳华, 佟宇竞. 我国大城市交通拥堵难题破解之策——以北京市为例[J]. *管理学报*, 2012, 25(4): 85-89.
45. 贺晓辉. 基于 GIS 的呼和浩特市城市公园绿地可达性的研究[D]. 内蒙古农业大学, 2008.
46. 洪亮平, 林丹. 城市规划可持续性评价方法探讨[J]. *城市规划学刊*, 2007 (3): 35-40.

47. 胡志斌, 何兴元, 陆庆轩, 等. 基于 GIS 的绿地景观可达性研究——以沈阳市为例[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2005, 21(6): 671-675.
48. 黄树森, 宋瑞, 陶媛. 大城市居民出行方式选择行为及影响因素研究——以北京市为例[J]. 交通标准化, 2008 (9): 124-128.
49. 金远. 对城市绿地指标的分析[J]. 中国园林, 2006, 22(8): 56-60.
50. 李平华, 陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望[J]. 地理科学进展, 2006, 24(3): 69-78.
51. 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[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1554-1562.
52. 李晓波. 东胜区城市绿地景观格局及公园绿地可达性研究[D]. 内蒙古大学, 2012.
53. 刘少坤, 关欣, 王彬武, 等. 基于 GIS 的城市医疗资源可达性与公平性评价研究[J]. 中国卫生事业管理, 2014, 31(5): 332-334.
54. 刘霄泉, 孙铁山, 李国平. 北京市就业密度分布的空间特征[J]. 地理研究, 2011, 30(7): 1262-1270.
55. 刘岩, 张珞平. 城市规划与城市可持续发展[J]. 城市环境与城市生态, 2000, 13(6): 12-14.
56. 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, 10: 026.
57. 鲁敏, 刘国恒, 刘振芳. 基于 GIS 技术的济南市公园绿地空间可达性研究[J]. 山东建筑大学学报, 2012, 26(6): 519-523.
58. 陆小成. 城市绿化管理精细化模式研究——以北京市为例[J]. 管理学报, 2013, 25(5): 91-95.
59. 骆天庆, 唐家富, 刘悦来. 特大城市公园出行可持续性调研——上海实例研究[J]. 中国园林, 2011, 27(7): 87-91.
60. 马林兵, 曹小曙. 基于 GIS 的城市公共绿地景观可达性评价方法[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 45(6): 111-115.
61. 马琳, 陆玉麒. 基于路网结构的城市绿地景观可达性研究——以南京市主城区公园绿地为例[J]. 中国园林, 2011, 27(7): 92-96.

62. 齐明珠, 童玉芬. 北京市区县间医疗资源配置的人口公平性研究[J]. 北京社会科学, 2010, 2010(5): 27-33.
63. 宋小冬, 钮心毅. 再论居民出行可达性的计算机辅助评价[J]. 城市规划汇刊, 2000 (3): 18-22.
64. 宋秀华, 郎小霞, 朴永吉, 等. 基于 GIS 的城市公园绿地可达性分析[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2012 (3): 400-406.
65. 孙晓鹏, 王天明, 邬建国, 等. 北京市 2008 年奥运前后植被覆盖变化趋势[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(11): 3133-3140.
66. 同丽嘎, 宁小莉, 张靖. 基于 RS 与 GIS 的包头市城市公园绿地休闲游憩服务半径研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(3): 204-208.
67. 王琨. 基于 GIS 的城市公园绿地可达性研究[D]. 南京林业大学, 2012.
68. 王兰. 山地城市公园可达性研究[J]. 西南大学学报, 2008 (5): 42-44.
69. 吴斐, 郑新奇. 基于 GIS 技术的可达性分析在城市总体规划中的应用研究[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(4): 303-305.
70. 谢旭轩, 张世秋, 易如, 等. 北京市交通拥堵的社会成本分析[J]. 中国人口资源与环境, 2011, 21(1): 28-32.
71. 杨育军, 宋小冬. 基于 GIS 的可达性评价方法比较[J]. 长安大学学报: 建筑与环境科学版, 2005, 21(4): 27-32.
72. 尹海伟, 孔繁花, 宗跃光. 城市绿地可达性与公平性评价[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3375-3383.
73. 俞孔坚, 段铁武. 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.
74. 张广亮. 基于 GIS 网络分析的城市公园绿地可达性研究[D]. 河南农业大学, 2012.
75. 张菊, 苗鸿, 欧阳志云, 等. 近 20 年北京市城近郊区环境空气质量变化及其影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2006, 26(11): 1886-1892.
76. 钟业喜, 蒋梅鑫. 鄱阳湖生态经济区交通可达性研究[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2010 (1): 107-110.
77. 周涛, 汝小龙. 北京市雾霾天气成因及治理措施研究[J]. 华北电力大学学报:

社会科学版, 2012, 2: 12-16.

78. 朱耀军, 王成, 贾宝全, 等. 基于 GIS 的广州市中心城区城市森林可达性分析[J]. 生态学报, 2011, 31(8): 2290-2300.

致谢

光阴荏苒，白驹过隙，不知不觉三年的研究生生活即将结束。论文的顺利完成，离不开导师王仁卿教授不厌其烦的帮助和指导。无论是分析研究还是论文撰写的过程，到处都倾注着王老师的心血。我在山东大学读研的三年期间，始终受到王老师的谆谆教导和关心。导师始终将理论学习与实践探寻相结合的教学方法、工作方式让我受益匪浅。其求真务实的态度、待人友善的相处之道都为我今后的工作和为人处世树立了正确的方向，并将一直深深影响着我。在此对王仁卿教授表示最真诚的感谢和最真挚的敬意。

在此向所有帮助指导过我论文写作的老师：郭卫华教授、张治国副教授、张淑萍副教授、刘建副教授、王玉涛讲师、魏英华老师表示深深的谢意和崇重的敬意，感谢各位老师以及工作人员对我的帮助。

在三年的实验室学习生活中，感谢孙明星博士、王成栋博士、张君映硕士、娄峰硕士、杨雪菀硕士的相互关心陪伴与鼓励，感谢他们在论文撰写过程中提出的宝贵意见和帮助。同时感谢罗玉洁博士、袁义福博士、张文馨博士、王骁博士、周大猷博士、倪月涵硕士、丁彬硕士、王开运硕士、武晶硕士、林乐乐硕士、汪文韬硕士等好友的陪伴，感谢他们在学术上开阔的眼界对我的影响，感谢他们对我的鼓励以及在学术探讨上对我的帮助与影响。感谢文楚君硕士在工作、学习与生活上的不断鼓励与鞭策，时刻给予我前行的动力。还要感谢我的舍友和所有关心我的朋友，在过去的三年里与我分享生活的一点点。

最后，要对我的父母表示由衷的感谢，感谢他们多年辛辛苦苦对我的抚养，感谢他们对我无微不至的关心和最无私的关爱，正是因为他们我才能够有着坚强的后盾，在这三年专心完成我的学业。

袁熠

2015年5月于济南

攻读硕士学位期间撰写的学术论文目录

- [1] Sun M, Yuan Y, Zhang J, et al. Greenhouse gas emissions estimation and ways to mitigate emissions in the Yellow River Delta High-efficient Eco-economic Zone, China[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 81: 89-102.

学位论文评阅及答辩情况表

论文评阅人	姓名	专业技术职务	所在单位	对论文总体评价 ※	
答辩委员会成员	姓名	专业技术职务	所在单位	备注	
	主席				
	委 员				
答辩委员会对论文的 总体评价※			答辩秘书		
答辩日期					
备注					

※ 优秀为“A”；良好为“B”；合格为“C”；不合格为“D”。