

城市绿地可达性与公平性评价

尹海伟¹, 孔繁花², 宗跃光¹

(1. 南京大学城市与区域规划系, 南京 210093; 2. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093)

摘要:城市绿地是城市重要的绿色基础设施,是实现城市可持续发展的重要空间保障,具有重要的生态、社会文化功能。20 世纪 80 年代以来,我国一直以城市人均(公共、公园)绿地面积、绿地率、绿化覆盖率等面积比率指标作为核心指标来指导城市绿地建设,缺乏具体引导城市绿地空间分布的指标,较少关注城市绿地服务功能的公平性问题。借助于 GIS 技术,构建了城市绿地社会功能评价的简明框架,尝试将表征城市绿地空间分布的可达性和公平性指标引入城市绿地的功能评价中,以体现城市建设“以人为本”、“社会公平”的理念,并以上海和青岛为实证,对新构建的系列指标进行了分析与检验。研究表明:(1)可达性和公平性系列指标导入城市绿地的功能评价中是可行的,能够有效的表征和测度城市绿地空间布局的合理性程度;(2)可达性和公平性指标使用时需要界定研究区范围、研究尺度,特别是数据精度,以利于研究区的纵向比较和城市间的横向比较。研究结果将丰富我国城市绿地评价的核心指标体系,亦可为城市规划者和建设者合理规划与布局城市绿地提供重要的依据和参考。

关键词:城市绿地;指标体系;可达性;公平性

文章编号:1000-0933(2008)07-3375-09 中图分类号:Q143 文献标识码:A

Accessibility and equity assessment on urban green space

YIN Hai-Wei¹, KONG Fan-Hua², ZONG Yue-Guang¹

1 Department of Urban and Regional Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2 International Institute for Earth System Science (ESSI), Nanjing University, Nanjing 210093, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3375 ~ 3383.

Abstract: Urban green space is the main part of urban green infrastructure, regarded as the important spatial basis for urban sustainable development, and can provide ecological, recreational and social-cultural functions. Since 1980s, the urban planners and policy-makers widely took the urban green space area per capita, public green space area per capita, urban park area per capita, the ratio of urban green space, and green space cover ratio, etc. as the key indexes to guide planning and management in China. However, only a few indexes reflecting the spatial allocation and structure of urban green space are used, and few policy-makers and planners pay attention to the spatial equity of urban green space service functions.

Since the Reform and Open Policy were initiated in the 1980s, Chinese cities have been facing rapid urban sprawl, but most of the cities implemented green space planning in the 1990s. So, the number of patches and area of urban green space in Chinese cities could not satisfy the increasing demands of citizens. With socio-economic development, Chinese people

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40701047, 30700097);南京大学人才培养基金资助项目;国家 863 计划资助项目(2007AA12Z235);国家 985 南京大学城市化与城市科学平台资助项目

收稿日期:2007-10-04; **修订日期:**2008-04-15

作者简介:尹海伟(1978~),男,山东青州人,博士。主要从事城市生态和 GIS 应用研究。E-mail: qzyinhaiwei@163.com

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40701047, 30700097); Nanjing University Talent Development Foundation; 863 Project of China (No. 2007AA12Z235); the 985 Platform of China on Urbanization and Urban Science of Nanjing University

Received date: 2007-10-04; **Accepted date:** 2008-04-15

Biography: YIN Hai-Wei, Ph. D., mainly engaged in urban ecology and GIS. E-mail: qzyinhaiwei@163.com

and governments are paying much more attention to urban green space, and more and more citizens have the desire for contact with nature, and are willing to live close to urban green space. Consequently, governments plan to develop and optimize urban green space allocation to meet these demands. Quantification of accessibility and equity of urban green space is a prerequisite to assess them as a tool for decision-making in planning. However, GIS-based accessibility and equity analysis has not yet been used to evaluate the accessibility and equity of urban green space in China. Chinese planners have been unable to give spatial accessibility and equity of urban green space a comprehensive evaluation, so their plans based on their experience could be arbitrary.

In this paper, supported by GIS, the new study frame for assessing the social function of urban green space is established, within which, the accessibility and equity indexes are used to analyze the rationality of the urban green space spatial structure, through a case study of Shanghai and Qingdao city, China. Results demonstrate that: (1) the accessibility and equity indexes are effective to appraise the structure of urban green space, and using the new study frame to guide the planning and management of urban green space is feasible; (2) when the indexes are used, the study area and scale, especially the data resolution need to be defined to compare the temporal data series in the study area or with the other cities. The new frame in this paper will enrich the key index system for assessing the urban green space in China, and can provide planners and policy-makers with important and valuable information that can be used in urban green space planning and assessment.

Key Words: urban green space; index system; accessibility; equity

城市绿地是城市绿色基础设施,是构成城市生态环境的一个重要元素,是实现城市可持续发展的重要空间保障,具有重要的生态、娱乐、休憩和社会文化等功能,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^[1,2]。20 世纪 80 年代以来,我国“生态城市”、“园林城市”、“山水城市”等活动高潮迭起,但评价的指标体系却不很完善,一直以城市人均(公共、公园)绿地面积、绿地率、绿化覆盖率等面积比率指标作为核心指标来指导城市绿地建设,虽有利于从总体上把握城市绿地的数量特征,但也存在诸多问题^[3,4]。例如,人均公园绿地面积指标仅代表某个城市居民占用的公园绿地的面积,而不反映公园绿地的分布结构、质量等情况,假如一个城市的公园绿地只由几块面积较大的绿地组成,尽管人均面积较高,但居民日常生活中亲绿的需要并不能得到很好的满足^[5]。目前,我国城市绿化规划建设缺乏具体引导城市绿地空间分布的指标,较少关注城市绿地服务功能的公平性问题^[6~8]。然而,城市居民是否能够方便地和平等地享用城市绿地的各项功能与服务,即城市绿地资源享用的可达性与公平性,是城市环境可持续性的重要指标,是生态园林城市所要实现的环境改善、经济发展、社会平等三大目标之一,也是城市发展的必由之路和重要原则^[9~12]。

国内不少学者已经探索过城市绿地评价指标的改进问题,如俞孔坚将景观可达性引入城市绿地的功能评价中,但可达性计算采用费用距离方法,使城市间的绿地可达性很难进行横向比较^[3,4];金远将洛伦茨曲线和基尼系数作为指标来测算城市绿地分布均匀程度^[5],另外,许多学者基于景观生态学的相关理论,采用均一度、多样性、优势度、连接度等指数来定量测度城市绿地的空间分布格局^[13~15],然而绿地分布均匀并不能准确代表其分布的合理性与公平性,因为人口在城市中的分布并不均匀,例如某城市的绿地空间分布比较均匀,但人口却主要分布于城市中心和东部地区,城市绿地空间分布虽然均匀但并不合理。

本文借助于 GIS 技术,构建了城市绿地社会功能评价的简明框架,尝试将表征城市绿地空间分布的可达性和公平性指标引入城市绿地的功能评价中,以体现城市建设“以人为本”、“社会公平”的理念,并以上海和青岛为实证,对新构建的系列指标进行分析与检验。本研究试图解决以下问题:(1)可达性和公平性系列指标导入城市绿地的功能评价中是否可行,能否有效表征和测度城市绿地空间布局的合理性程度;(2)可达性和公平性系列指标使用时如何界定研究尺度,特别是数据精度,才能使其有利于研究区的纵向比较和城市间

的横向比较。研究结果将丰富我国城市绿地评价的核心指标体系,亦可为城市规划者和建设者合理规划与布局城市绿地提供重要的依据和参考。

1 研究方法与技术路线

1.1 可达性评价方法

可达性(accessibility)是指居民克服距离、旅行时间和费用等阻力(impedence)到达一个服务设施或活动场所的愿望和能力的定量表达,是衡量城市服务设施空间布局合理性的一个重要标准^[16]。自 20 世纪 50 年代以来,可达性分析已被广泛用于城市绿地等重要服务设施空间布局的合理性研究^[17~19]。可达性的计算方法有多种,常用的有缓冲区分析法(buffer zone)、最小临近距离法(minimum distance)、行进成本法(travel cost)和吸引力指数法(gravity index)等^[17,19](表 1)。人们通常喜欢到距离自己居住地最近的绿地进行娱乐、游憩,以放松身心^[20],而最小邻近距离方法是通过计算居民到达最邻近公园的距离来表征可达性水平^[17],因此该方法是可达性分析比价合适、计算简便、最常使用的一种方法。另外,可达性不仅包括物理的距离和时间(physical distance and time),而且也包括基于社会、文化和性别的^[21]。本文试图导入城市绿地评价指标体系中的可达性评价是基于物理的距离,并选用最小邻近距离(minimum distance)方法,基于 Arc/Info 软件平台,在房屋、居住区和街道水平等尺度上分析研究区可达性的空间格局。

表 1 可达性的主要计算方法

Table 1 The main methods for measuring accessibility

方法 Methods	简要描述 Description
缓冲区分析法 Buffer zone	计算某一点或区域一定半径距离内的城市绿地的数量、类型以及面积或者计算城市绿地一定半径距离内的某类要素(如居住区)的数量、面积 This method measures accessibility by means of the presence of a facility within a specific area or the number of facilities within a given distance from a point of origin
最小邻近距离法 Minimum distance	计算某一点到最邻近城市绿地的直线距离(欧式距离) The distance between a point of origin and the nearest facility 是根据物质间的万有引力理论引申而来,因此该指数不仅仅考虑距离的影响,而且考虑城市绿地自身大小或其它特性的影响
吸引力指数法 Gravity index	This method seeks to identify levels of human interaction between different locations based on the principles of Newtonian physics. The force of attraction between resident's location and facility location is in exact proportion to the attractiveness (or size) of the facility and inversely proportional to the distance between resident and facility
行进成本法 Travel cost	计算从某一点或区域到城市绿地所需的时间或者所消耗的物质(一般指时间和金钱) The goal of this method is to minimize the total cost of travel between origin and destination

1.2 公平性评价方法

只有基于人口需求(population need)的城市绿地资源分配与布局才可以被认为在空间上是公平的。因此,在以往国外许多公共资源如公园、学校等的布局研究中,需求指数(needs index)被广泛应用于评价资源分配的公平性^[17,22,23]。通常,人们对城市绿地的需求程度与人口的性别、年龄、经济收入等特征紧密相连,而妇女、儿童、老年人、低收入以及残疾人等弱势群体的需求均需给予特别关注,以充分体现社会公平。因而,通常选取性别、年龄、收入等因子来构建需求指数。

本文试图导入城市绿地评价指标体系中的公平性评价是基于可达性评价和需求指数计算结果,采用定序变量相关分析和因子空间叠置分析两种方法来定量表征研究区不同尺度水平上城市绿地布局的空间公平性程度。定序变量相关分析方法是通过统计计算两变量排序后秩数的相关性,来表征两变量之间的顺序关系。本文基于 SPSS 软件平台,采用斯皮尔曼等级相关系数(Spearman rank correlation)、肯氏等级相关系数(Kendall rank correlation)来定量表征城市绿地可达性与需求指数之间的等级相关性,进而说明城市绿地空间布局的公平性与合理性程度。

$$\text{斯皮尔曼等级相关系数: } R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (U_i - V_i)^2}{n(n^2 - 1)}, \text{ 其中: } U, V \text{ 分别为两变量排序后的秩;}$$

肯氏等级相关系数: $T = 1 - \frac{4K}{n(n-1)}$, 其中: K 是由变量的秩数据而得的非一致对数目。

1.3 技术路线

本文的技术路线见图 1, 分析过程中需要的数据资料和方法也在图中做了简要说明。

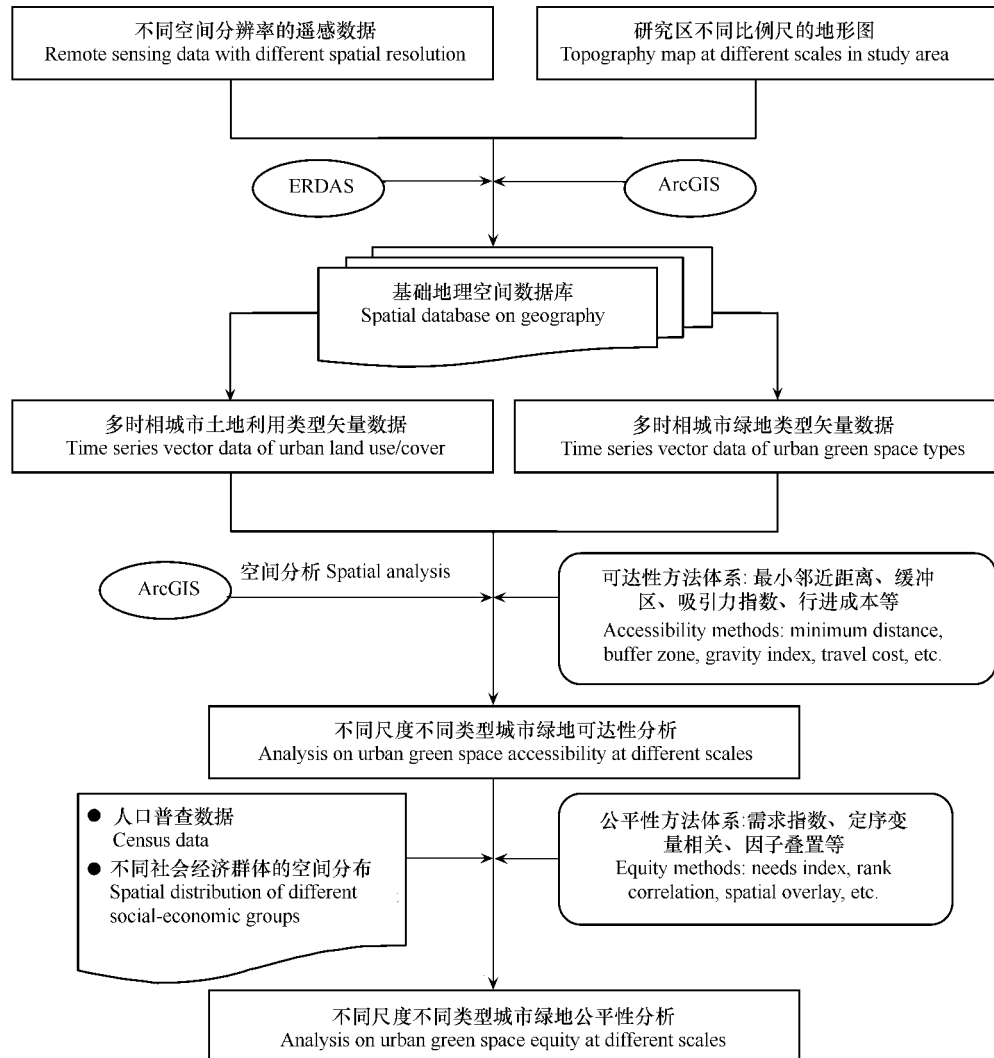


图 1 技术路线图

Fig. 1 The overall research frame

2 实证分析

2.1 可达性分析

基于 ARC/INFO 软件平台, 采用 Near 命令计算研究区房屋或居住区 (点文件) 到最邻近公园的直线距离 (Euclidean distance), 并按照最小邻近距离的大小, 将可达性水平分为可达性很好 (< 500 m)、可达性好 (500 ~ 1000 m)、可达性差 (1000 ~ 2000 m)、可达性很差 (> 2000 m) 4 类 (表 2、3, 图 2a、3、4a), 然后进行分类统计分析。在此基础上, 通过求算每个街道内所有居住区的平均最小邻近距离来定量表征各街道的可达性水平, 并按照同样的分类标准, 将研究区街道的可达性水平分为 4 类 (表 2、3, 图 2b、4b)。

由可达性结果可见, 尺度不同, 分析结果也不同, 通常研究尺度越小, 数据精度越高, 分析的结果就越准确; 研究区范围的选取不同, 可达性的结果亦差异明显, 上海选取 A20 公路以内的区域作为研究区, 而青岛则是按照行政区划选取的研究区, 两者分析结果的差异很大程度上是由于研究区的界定标准不同而造成的; 可

达性的动态变化可以表征城市绿地空间布局在时间序列上的动态变化(图 3,表 4)。

表 2 2002 年上海居住区与街道水平上可达性分类统计结果

Table 2 The statistics results of accessibility in resident level and block group level in Shanghai in 2002					
可达性分类 Access level		居住区数量 Number of residents	占居住区 总数量的比例 Percentage	街道数量 Number of block group	占街道总数量 的比例 Percentage
居住区水平 In resident level	< 500 m 可达性很好 Very good access	732	18.37	街道水平 In block group level	51
	500 ~ 1000 m 可达性好 Good access	1321	33.16		48
	1000 ~ 2000 m 可达性差 Poor access	1169	29.34		15
	> 2000 m 可达性很差 Very poor access	762	19.13		12
					40.48
					38.10
					11.90
					9.52

表 3 2005 年青岛房屋与街道水平上可达性分类统计结果

Table 3 The statistics results of accessibility in housing level and block group level in Qingdao in 2005					
可达性分类 Access level		房屋数量 Number of houses	占居住区 总数量的比例 Percentage	街道数量 Number of block group	占街道总 数量的比例 Percentage
房屋水平 In house level	< 500 m 可达性很好 Very good access	14105	64.04	街道水平 In block group level	17
	500 ~ 1000 m 可达性好 Good access	6139	28.11		12
	1000 ~ 2000 m 可达性差 Poor access	1680	7.69		2
	> 2000 m 可达性很差 Very poor access	36	0.16		0
					54.84
					38.71
					6.45
					0.00

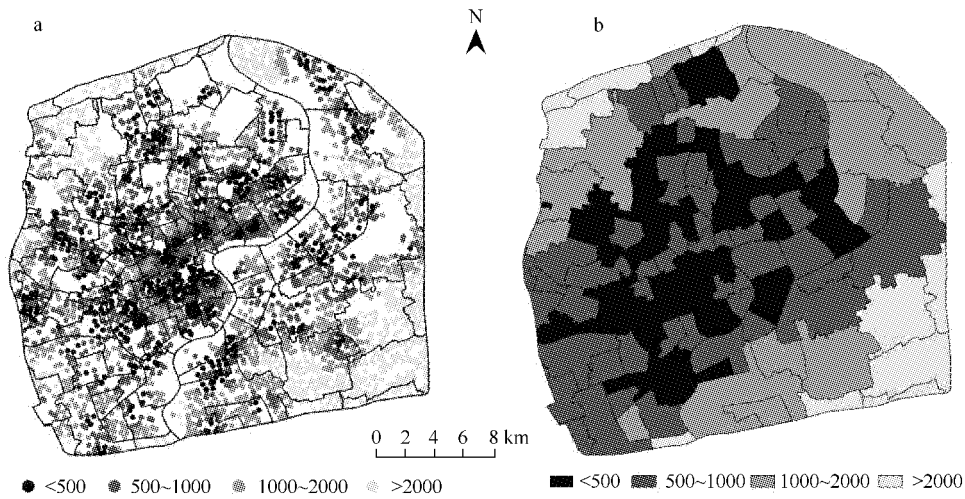


图 2 2002 年上海居住区水平(a)与街道水平(b)上可达性分类图

Fig. 2 Classification of accessibility in resident level (a) and block group level (b) in Shanghai in 2002

表 4 上海不同时期居住区水平上最小邻近距离总体特征统计表(m)

Table 4 The time-series characteristic result in resident level in Shanghai								
分布特征指标 Index	全距 Range	最大值 Max.	最小值 Min.	均值 Mean	中位数 Midian	众数 Mode	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
1986	12454	12464	10	2311	1134	756	1.610	1.844
1996	8520	8530	10	1454	807	183	1.666	2.189
2002	6569	6575	6	1105	730	100	1.846	3.610

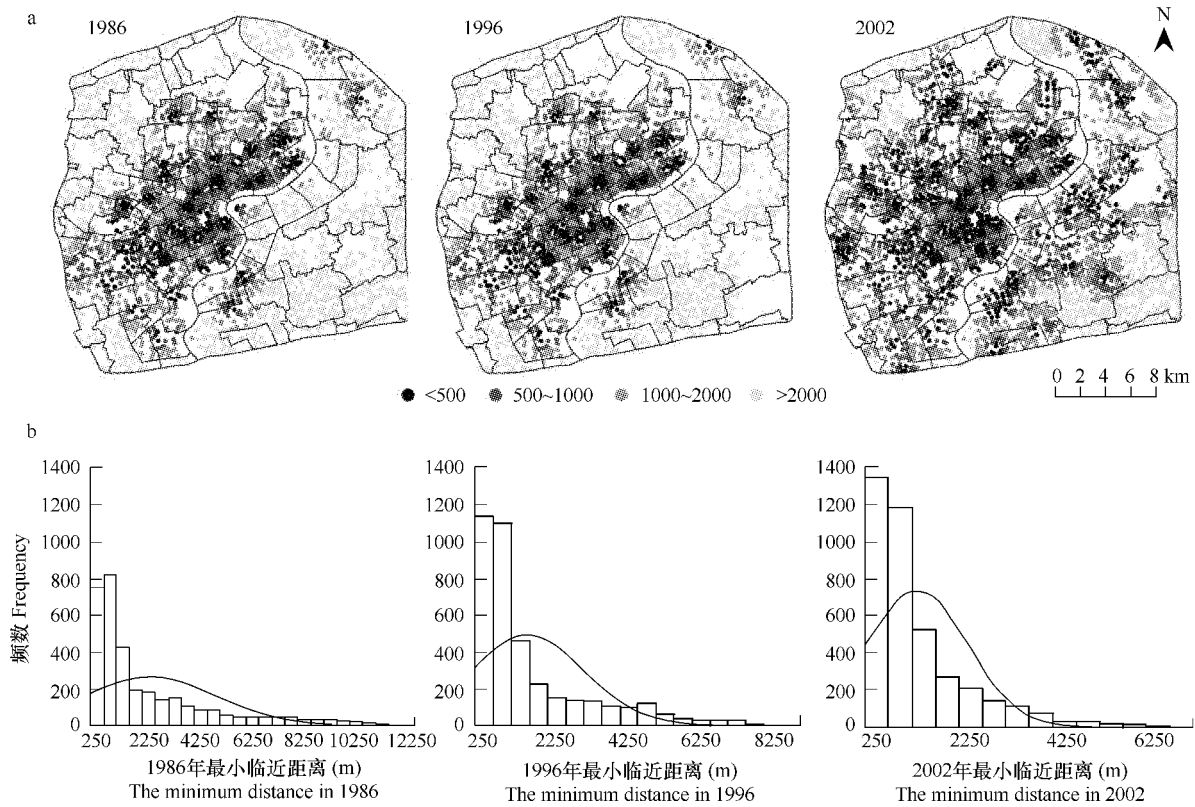


图3 上海不同时期居住区水平上可达性分类结果图

Fig. 3 Classification of accessibility in resident level in Shanghai

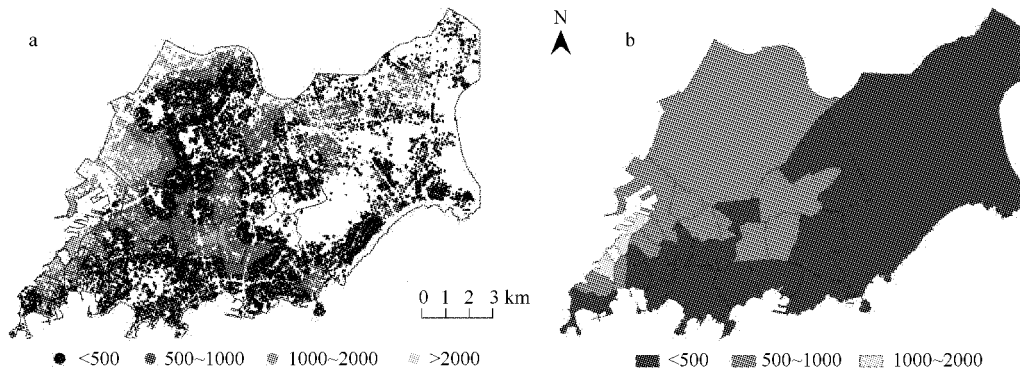


图4 2005年青岛房屋水平(a)与街道水平(b)上可达性分类图

Fig. 4 Classification of accessibility in house level (a) and block group level (b) in Qingdao in 2005

2.2 公平性分析

以上海为例,基于2000年上海市第五次人口普查各街道人口统计数据,选用总人口、女性人口比重、0~19岁人口比重、60岁以上人口比重、外来人口比重、少数民族人口比重、平房住户比重、无厨房住户比重8个指标来综合衡量各街道居民对绿地的需求指数。前六项指标主要反映人口的社会特征,后两项指标用来间接表征各街道低收入群体的情况。为了计算方便,各指标采用极差标准化方法进行归一化处理,然后将8个指标等权重求和,获得各街道的需求指数(NI),然后按照需求指数的大小,将研究区126个街道划分为4类(图5a)。

基于 SPSS 软件平台,采用斯皮尔曼等级相关系数、肯氏等级相关系数,对上海 126 个街道的可达性水平和需求指数进行了线性相关分析,进而定量测度绿地布局的空间公平性程度,相关系数检验采用双侧检验(Two-tailed),计算结果表明两变量存在显著的负相关(表 5),表明高需求的街道一般具有较高的可达性水平,由此可见,研究区在街道水平上绿地布局的空间公平性程度比较高,绿地空间布局比较合理。

基于 GIS 软件平台,对上海各街道的可达性水平分类结果(图 2b)和需求指数分类结果(图 5a)进行叠置分析(overlay),进而定量测度绿地布局的空间公平性程度,并显示具有很高或高需求指数而可达性水平差或很差的街道,计算结果表明很高或高需求的街道的 70% 左右均具有很好或好的可达性,而具有很高或高需求而可达性很差或差的街道数量不多,为 21 个,仅占街道总数的 16.67%,主要分布在研究区的西北部 and 东南部(宝山区、普陀区、浦东新区),表明研究区公园空间布局比较公平、较为合理(图 5b)。

表 5 上海可达性水平与需求指数相关分析统计结果

Table 5 The correlation between accessibility and needs index in Shanghai

可达性水平 Accessibility	需求指数 Needs index	
	斯皮尔曼等级相关系数 Spearman rank correlation	肯氏等级相关系数 Kendall rank correlation
最小邻近距离方法 Minimum distance	-0.261 ** ($P = 0.000$)	-0.183 ** ($P = 0.000$)

** 显著性水平为 0.01 即 $P < 0.01$ Correlation is significant at the 0.01 level

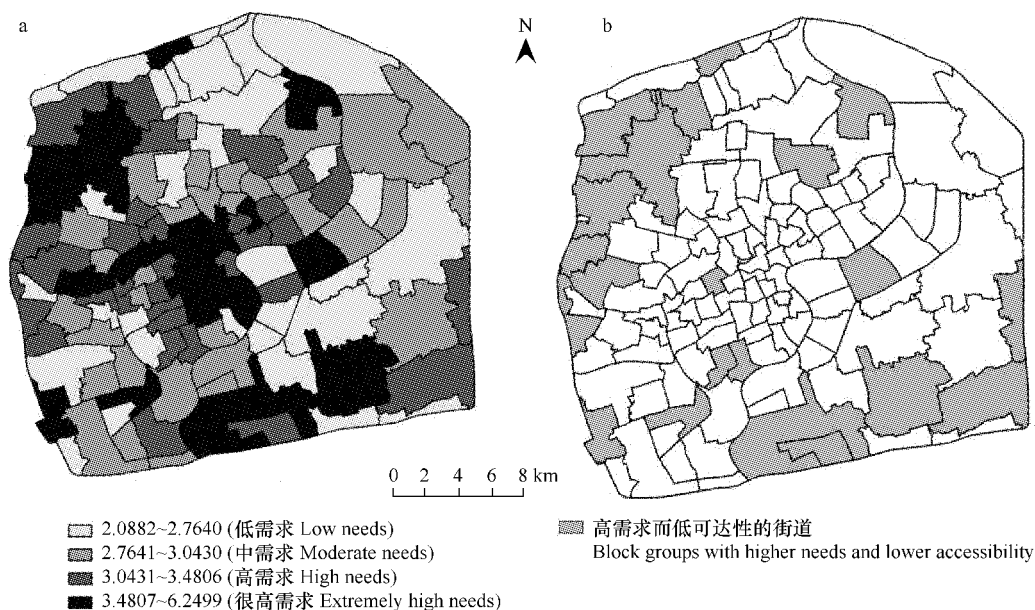


图 5 上海街道水平上的需求指数分类图(a)和高需求低可达性的街道空间分布图(b)

Fig. 5 Classification of needs index in block group level (a) and block groups with higher needs and lower accessibility (b)

3 结论与讨论

城市绿地等公共服务设施布局的空间公平性直接关系到不同街道居民的生活环境质量,特别是其可达性水平深刻地影响着城市贫困群体、老人、儿童以及残疾人使用绿地等公共服务设施的频次。然而,目前国内多采用绿地的数量和人均面积指标来衡量某一城市的绿地水平与功能,往往忽略绿地的空间分布格局对其服务功能的影响,较少关注绿地可达性水平、居民需求和空间公平性问题。本文在 GIS 技术的支持下,将可达性与公平性指标导入了城市绿地的功能评价核心指标体系中,构建了城市绿地社会功能评价的简明框架,以体现城市建设“以人为本”、“社会公平”的理念,并以上海和青岛为实证,对新构建的系列指标进行了分析与检验。研究结果表明:(1)可达性和公平性指标导入城市绿地的功能评价中是可行的,能够有效表征和测度城市绿

地空间布局的合理性程度,是和谐社会的重要反映;(2)可达性和公平性指标使用时需要界定研究区范围、研究尺度,特别是数据精度,以利于研究区的纵向比较和城市间的横向比较。

研究尺度特别是数据精度对研究结果影响很大(表 2、图 2),这是因为居住区或街道内的人口分布并非均质的,几何中心和人口分布的重心并不重合,从而导致所谓的集聚误差,但可以通过提高数据精度(data resolution)的方法来减小此类误差^[24,25]。因此,在分析评价城市绿地可达性与公平性时,必须明确研究尺度和数据精度,建议在可达性指标导入城市绿地评价指标体系中时,选用房屋或居住小区尺度,主要原因有二:一是城市的地形图比例尺一般在 1:5000 左右,能够将住房或小区的界限明确的标示出来;二是这一尺度可以与人口普查的小区数据对接,以便进行公平性的分析。本文公平性分析是在街道的尺度与可达性耦合的。需求指数计算不仅需要小区级人口的年龄、性别等数据,更重要的是需要收集能够表征社会经济阶层的收入水平指标,然而目前人口普查中未涉及收入指标,使得公平性的测度变得比较困难。现阶段,只能用替代性的指标来表征收入水平,本文选取了平房住户比重、无厨房住户比重两个指标。公平性测度还可以通过不同社会经济群体到不同类型城市绿地的可达性水平的差异来表征,差异越小,某一类型绿地的分布越公平,但同样受限于数据的可获得性而很难开展。一种可操作的估算方法是将居住区按建设时间、建筑类型与质量、周边环境等进行细分,如划分为别墅、高级公寓、低密度住宅、棚户区分等,以此间接的表征社会群体的空间分布情况,进而分析可达性与公平性程度。

可达性计算如果都在城市辖域范围内进行,将有利于城市间的横向比较,然而可达性的计算通常是选取城市的建成区作为研究区,这就产生了城市建成区合理界定的问题。如果各城市建成区界定标准不一致,则分析的结果将无法进行比较,这与人均绿地面积与绿地率指标计算中存在的问题是一样的。本文上海与青岛的例子说明了这一点,由于数据资料的限制,上海和青岛的研究区均不是建成区,仅为主要建设区域,因而两者的分析结果很难进行比较。

可达性计算方法有多种,每种方法均有自己的特点及不足之处。如缓冲区分析法与最小临近距离法计算均简单方便,但采用欧式直线距离与现实中居民的行进路线存在较大差异,且没有考虑绿地特征(如大小、类型及质量)对可达性的影响;吸引力指数分析法计算较为复杂,考虑了绿地特征对可达性的影响,但仍采用欧式直线距离来表征居住区到绿地的距离;而行进成本法计算复杂,采用网络距离(network distance)来表征居住区到最邻近绿地的距离,与居民的实际行进距离较为接近,但没有考虑绿地特征对可达性的影响。因而,应根据不同需要来选择较为合适的可达性计算方法。为了使指标计算方便且易于推广,建议使用最小临近距离分析方法。

另外,可达性不仅包括物理的距离和时间,而且也包括基于社会、文化和性别的。因此,本文基于物理直线距离的可达性评价方法仅能反映可达性的一个方面,它并未考虑人们的真实出行意愿。然而,国外许多研究表明在许多高社会需求的街道,尽管公园的可达性水平很高,但这些居民却不愿意使用这些公园^[21]。这与公园的质量如舒适度、安全性、品质以及艺术价值等有关,该问题属于居民需求与居民行为的差异问题。

城市绿地具有重要的生态、社会经济、文化等功能,因而其评价的指标体系应该也是多方面、多角度的。目前,从生态效益角度研究的比较多,从社会功能角度探讨的研究较少,而城市绿地各种服务功能的服务对象主要是城市居民,因而可达性与公平性导入城市绿地的评价指标体系是城市绿地建设的内在要求和发展趋势。

References:

- [1] Wolf K L. Ergonomics of the City: Green Infrastructure and Social Benefits. In C. Kollin (ed.), Engineering Green: Proceedings of the 11th National Urban Forest Conference. Washington D C: American Forests. 2003. 110—115.
- [2] Yin H W, Kong F H, Spatio-temporal gradient analysis of urban green space in Jinan City. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (11), 3010—3021.
- [3] Yu K J, Duan T W, Li D H, et al. Landscape accessibility and a measurement of the function of urban green system. City Planning Review, 1999, 23 (8): 8—11.

- [4] Yin H W, Kong F H, Accessibility analysis of urban green space in Jinan. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2006, 30 (1): 17—24.
- [5] Jin Y, Analysis of city green space index. *Chinese Landscape Architecture*, 2006, (8), 56—60.
- [6] Huang Z Y, Yang D Y. The theoretical approach of the ecological city. *City Planning Review*, 2001, 25 (1): 59—67.
- [7] Wu Q, Wand R S, Li H Q, *et al.* The indices and the evaluation method of eco-city. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (8), 2010—2020.
- [8] Zhang L P, Shen Y M, The study for Beijing eco-city synthetically evaluation. *Journal of Capital Normal University (Natural Sciences Edition)*, 2003, 24 (3): 79—83.
- [9] Dominsk T, The three-stage evolution of eco-cities-reduce, reuse, recycle. In: Bob W, Lois A, Richard C (eds), *Sustainable cities: concepts and strategies for eco-city development*, Eco-home Media, 1992, 16—18.
- [10] Roseland M, Dimension of the future: An eco-city overview. In: Roseland M (ed.), *Eco-city Dimensions, Healthy Community Planet*. New Society Publishers, 1997, 1—13.
- [11] Huang C H, Bai G R, On the connotation and indexes of residential eco-community. *Human Geography*, 2003, 18 (1): 53—56.
- [12] Cheng S D, Concept and practice of ecological community. *Engineering Journal of Wuhan University*, 2004, 37(3): 83—87.
- [13] Zhou Z X, Shao T Y, Tang W P, *et al.* The different urban green-land spatial patterns and their environmental effects: A case of the central district of Yichang city, Hubei Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (2), 186—192.
- [14] Zhou T G, Guo D Z, GIS-based study on spatial structure of urban greenbelt landscapes: Taking Ningbo City as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (5), 901—907.
- [15] Qiu P H, Xu S J, Xie G Z, *et al.* Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (04): 1257—1264.
- [16] Herzele A V, Wiedemann T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63: 109—126.
- [17] Talen E, Anselin L. Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playground. *Environment and Planning A*, 1998, 30: 595—613.
- [18] Nicholls S. Measuring the accessibility and equity of public parks: A case study using GIS. *Managing Leisure*, 2001, 6: 201—219.
- [19] Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to healthcare in a GIS environment: Synthesis and a case study in Chicago region. *Environment and Planning B*, 2003, 30 (6): 865—884.
- [20] Karen E, Jared N, John H. Spatial accessibility and equity of playground in Edmonton, Canada. *The Canadian Geographer*, 2004, 48 (3): 287—302.
- [21] Lindsey G, Maraj M, Kuan S C. Access, equity, and urban greenways: an exploratory investigation. *Professional Geographer*, 2001, 53 (5): 332—346.
- [22] Talen E. The social equity of urban service distribution: an exploration of park access in Pueblo, Colorado, and Macon, Georgia. *Urban Geography*, 1997, 18: 521—541.
- [23] Talen E. Visualizing fairness: equity maps for planners. *Journal of the American planning Association*, 1998, 64, 22—38.
- [24] Hillsman E L, Rhoda R. Errors in measuring distances from populations to service centers. *Annals of Regional Science*, 1978, 12: 74—88.
- [25] Hodgson M J, Shmulevitz F, Körkel M. Aggregation error effects on the discrete-space p-median model: the case of Edmonton, Canada. *The Canadian Geographer*, 1997, 41: 415—428.

参考文献:

- [2] 尹海伟,孔繁花,济南市城市绿地格局时空梯度分析. *生态学报*, 2005, (11): 2251—2261.
- [3] 俞孔坚, 段铁武, 李迪华, 彭晋福. 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, 23 (8): 8—11.
- [4] 尹海伟, 孔繁花. 济南市城市绿地可达性分析. *植物生态学报*, 2006, 30 (1): 17—24.
- [5] 金远, 对城市绿地指标的分析. *中国园林*, 2006, (8): 56—60.
- [6] 黄肇义, 杨东援, 国内外生态城市理论研究综述. *城市规划*, 2001, 25 (1): 59—67.
- [7] 吴琼, 王如松, 李宏卿, 等, 生态城市指标体系与评价方法. *生态学报*, 2005, 25 (8), 2010—2020.
- [8] 张丽平, 申玉铭, 北京市建设生态城市的综合评价研究. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 24 (3): 79—83.
- [11] 黄辞海, 白光润, 居住生态社区的内涵及其指标体系初探. *人文地理*, 2003, 18 (1): 53—56.
- [12] 程世丹, 生态社区的理念及其实践. *武汉大学学报(工学版)*, 2004, 37 (3): 83—87.
- [13] 周志翔, 邵天一, 唐万鹏, 等, 城市绿地空间格局及其环境效应——以宜昌市中心城区为例. *生态学报*, 2004, 24 (2), 186—192.
- [14] 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. *生态学报*, 2003, 23 (5), 901—907.
- [15] 邱彭华 徐颂军 谢跟踪, 等, 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析. *生态学报*, 2007, 27 (4): 1257—1264.