

引用格式:许基伟,方世明,刘春燕.基于G2SFCA的武汉市中心城区公园绿地空间公平性分析[J].资源科学,2017,39(3):430-440. [Xu J W, Fang S M, Liu C Y. Spatial equity of public green in Wuhan central districts based on gravity two-step floating catchment area method[J]. *Resources Science*, 2017, 39(3): 430-440]. DOI: 10.18402/resci.2017.03.05

# 基于G2SFCA的武汉市中心城区公园绿地空间公平性分析

许基伟<sup>1</sup>, 方世明<sup>1</sup>, 刘春燕<sup>2</sup>

(1.中国地质大学(武汉)公共管理学院,武汉 430074; 2.江西师范大学地理与环境学院,南昌 330022)

**摘要:**公园绿地空间布局 and 结构会影响到城市居民的健康和城市生态格局,对城市规划建设至关重要。因此,评价城市公园绿地的空间分布具有重要的现实指导意义。本文以武汉市七个中心城区为例,采用含有距离衰减系数的重力型两步移动搜索法(G2SFCA),探讨居住区尺度下不同等级公园绿地的空间公平性。结果表明:(1)距离因素会改变公园绿地的空间公平性,并且不同等级公园绿地的空间公平性变化存在差异;(2)武汉市中心城区公园绿地空间公平性评价结果并不理想,“严重不公平”级别所占面积比重始终比较大;(3)区域性公园绿地的空间公平性要优于全市性公园绿地的空间公平性;(4)公园绿地空间分布呈现不均衡特征,空间公平性的区域差异较大。街道人口数量、公园绿地数量、公园绿地的服务能力是造成其空间公平性区域差异的重要因素。因此,应该结合人口需求科学地规划公园绿地的数量和等级,以实现公共资源的有效利用。

**关键词:**G2SFCA; 公园绿地; 可达性; 公平性; 供给; 需求; 武汉市

DOI: 10.18402/resci.2017.03.05

## 1 引言

公共服务设施分布公平是指所有人都具有平等的机会和权利获取同等分配的公共资源<sup>[1]</sup>。在布局公共服务设施的过程中,通常会考虑到不同区域对某个公共服务设施需求的差异性,而空间公平性则被用于衡量公共服务设施布局的合理程度<sup>[2]</sup>。空间公平性源于“社会公平”,指的是每个人都能被公平地对待,无关于其社会中的地位<sup>[3]</sup>。空间可达性是指从一个地方克服成本(包括时间、距离、费用等)到达空间中任意一点的难易程度<sup>[4]</sup>。空间公平性和空间可达性均强调获得公共服务设施的差异性,但二者的切入点有所差别。空间公平性是从供给和需求的视角来强调不同社会群体或不同区域获取公共服务设施的差异性,而空间可达性主要反映不同区域因克服成本接近特定公共服务设施的

难易程度,它的分布特征是影响空间公平性的重要因素之一<sup>[5]</sup>。此外,二者之间存在较为紧密的联系。空间公平性是对可达性概念的延伸<sup>[6]</sup>。而空间可达性也为空间公平性研究奠定量化基础。由于空间可达性的评价方法能够识别出公共服务设施的稀缺区域,因此是衡量公共服务设施空间公平性的有效途径。所以在研究公共服务设施空间公平性时,通常会采用空间可达性的研究方法<sup>[7]</sup>。

目前,空间可达性的研究方法已经被广泛地应用到公园、医疗、学校、购物中心等公共服务设施的空间公平性评价中<sup>[8]</sup>。空间可达性研究方法有许多<sup>[9]</sup>,主要有缓冲区距离法、费用加权距离法、网络分析法、两步移动搜索法。其中,两步移动搜索法(Two-Step Floating Catchment Area Method)最早由Radke提出,后来经过Luo等学者的完善<sup>[10]</sup>,逐渐发

收稿日期:2016-08-23; 修订日期:2017-01-03

基金项目:国家自然科学基金项目(41201574); 中央高校基本科研业务费专项资金摇篮计划项目(CUG130417)。

作者简介:许基伟,男,山东日照人,硕士生,研究方向为土地规划与利用。E-mail: xujiwei.2006@163.com

通讯作者:方世明, E-mail: fsmcug@qq.com

2017年3月

展成为一种较为成熟的可达性模型,它将非空间属性融入到空间可达性研究中,在计算可达性的过程中考虑到供给点规模、需求点规模以及供给点和需求点之间的相互作用,因此该方法在评价公共服务设施的空间可达性方面价值比较高<sup>[11]</sup>。此后众多学者对其进行改进,并将改造后的两步移动搜索法应用到各领域的可达性评价中<sup>[12-15]</sup>。其中,重力型两步搜索法(G2SFCA)引进距离衰减系数,在评价空间可达性的过程中能够反映不同区域到达公共服务设施的差异性,因此该方法的可达性评价结果较为可靠。

城市公园绿地作为城市自然生态系统的重要组成部分,在城市中发挥着经济-生态-社会功能。研究表明,其空间分布的合理性对人类身体健康、城市生态安全格局产生重要影响<sup>[16,17]</sup>。国外学者对城市公园可达性的研究多从社会属性的角度探讨不同社会群体在获得公共服务资源中公平与公正,采用基于“人”的度量方法<sup>[18]</sup>,分析族裔<sup>[19]</sup>、残疾人<sup>[20]</sup>、儿童<sup>[21]</sup>等不同群体的公园绿地空间公平性差异。国内学者则重点从可达性的空间属性视角探讨城市公园绿地的规划,在研究中忽略阶层、个人喜好、收入等非空间因素。比如,俞孔坚采用景观可达性作为衡量城市绿地功能指标<sup>[22]</sup>;周延刚在研究公园绿地的空间可达性中考虑人口、土地利用对可达性的影响,侧重于景观引力场的研究<sup>[23]</sup>;李小马利用网络分析法探讨城市公园的可达性与服务面积<sup>[24]</sup>;魏冶则以高斯两步搜索法对城市绿地可达性进行评价<sup>[25]</sup>。有些学者则主要关注影响公园绿地可达性的非空间因素,重点探讨不同社会群体到达公园绿地的公平性差异<sup>[26-28]</sup>。

综上所述,在公园绿地可达性领域已经取得了较为丰富的研究成果,这些研究成果对指导公园绿地布局具有重要的理论和实践意义。但在已有的研究成果中,对公园绿地空间公平性的探讨较少。虽然有学者开始逐渐关注公园绿地的公平性问题,但在研究中忽略了空间属性中距离衰减因素对人均资源占有量造成的潜在影响。基于此,本文在前人研究的基础上,采用具有距离衰减系数的重力型两步移动搜索法(G2SFCA),从居民区的尺度对武汉市七个中心城区的公园绿地进行可达性计算。

在此基础上,构建起公平性评价模型用于探讨不同等级公园绿地的空间公平性差异。由于公园绿地的空间公平性主要体现在能否服务更多的区域,所以采用面积比重指标,对研究区公园绿地公平性进行定量评价,进而为城市公共服务设施的合理配置和优化提供理论基础。

## 2 数据与方法

### 2.1 研究区域

武汉市位于湖北省东部,全市面积近 8569.15 km<sup>2</sup>,常住人口总数为 1033.8 万。管辖 13 个市辖区,其中江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、洪山区、青山区为中心城区。东西湖区、蔡甸区、江夏区、黄陂区、新洲区、汉南区为新城。截至 2014 年底<sup>[29]</sup>,武汉市中心城区总面积为 955.15 km<sup>2</sup>,中心城区共有 90 个街道(乡镇),常住总人口为 640.73 万,平均人口密度约为 0.671 万/km<sup>2</sup>。本文以武汉市七个中心城区作为研究区域,从 Google 遥感影像中提取 6496 个居住区斑块,以居住区的尺度研究城市公园绿地的空间公平性(图 1)。

### 2.2 数据来源与处理

#### 2.2.1 城市公园绿地数据

公园绿地指的是城市中向公众开放,以游憩功能为主,兼具有生态、美化、防灾等作用的绿地。按照城市公园绿地的功能、面积、用途和服务半径等不同将其划分为综合性公园、社区公园、专类公园、带状公园和街旁绿地五大类。在每一大类下又划分为几大中类<sup>[30]</sup>。由于本文所研究的公园绿地是与居民游憩活动有关,强调公园绿地的娱乐功能,因此需要公园绿地的等级足够高、规模面积较大、服务设施齐全。对于等级较低、规模较小的公园绿地,如社区公园绿地和街旁绿地,虽然和居民日常生活更加紧密,但服务设施条件不能够满足居民“游玩”的需求。因此,本文重点研究全市性公园绿地和区域性公园绿地。同时依据专类公园绿地面积大小对其进行整理分类。对面积大于 0.10 km<sup>2</sup>的专类公园绿地,因其吸引力指数与全市性公园绿地相同,所以归为全市性公园绿地;而面积在 0.05~0.10 km<sup>2</sup>的专类公园绿地吸引力指数与区域性公园绿地相同,则划分为区域性公园绿地<sup>[31]</sup>。本文在参

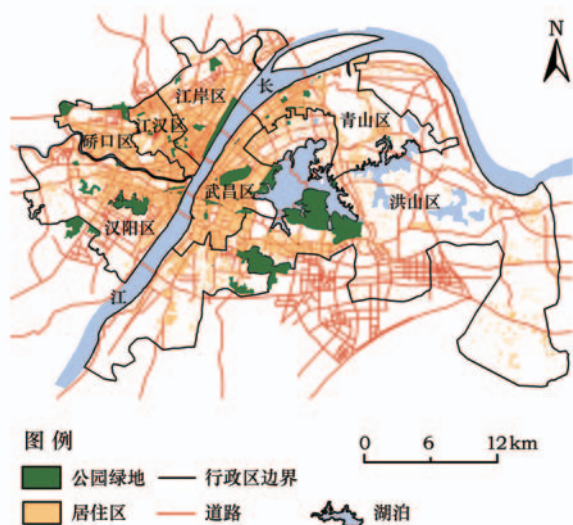


图1 研究区域概况

Figure 1 The overview of study area

照《武汉市城市公园名录》<sup>[32]</sup>基础上,去除无法查询到的公园绿地,总共整理出62个公园绿地,其中全市性公园绿地有25个,区域性公园绿地为37个。在整理公园绿地的基础上,利用ArcMap10.2软件对Google遥感影像进行矢量化处理,并提取面状公园绿地的几何中心点作为供给点(图2)。需要强调的是,武汉作为“千湖之城”,湖泊众多,因此部分全市性公园或区域性公园是在对湖泊进行规划改造的基础上建成的,所以部分公园的面积包括水域面



图2 武汉市中心城区公园绿地分布

Figure 2 Distribution of public green of central districts in Wuhan

积,而湖泊水域也发挥重要的经济生态功能,可以为居民提供游憩活动,所以在计算公园的服务能力时,将水域面积也包含在内。

## 2.2.2 居民区人口数据

公园绿地空间公平性除了取决公园绿地的等级、面积、区位等本身的属性之外,还需要考虑人口的需求。而人口数量在一定程度上可以代表对公园绿地的潜在需求。为了使研究结果更加可靠,本文以居住区人口数量分析其对公园绿地的需求。在不考虑建筑高度的影响因素下,假设每个居住区地块内部的人口分布均匀。从Open Street Map中采集研究区居住区信息,在ArcMap10.2中提取每个居住区的中心点作为人口分布的中心,将居住区的人口数据匹配到中心点以表达该居住区的人口数量。但由于获取每个居住区的人口数据难度较大。因此,通过居住区面积所占街道(乡镇)面积比率 and 街道(乡镇)人口数据求出每个居住区人口数目<sup>[6]</sup>。公式如下:

$$RP = \frac{RA}{DA} \times DP \quad (1)$$

式中  $RP$  为居住区人口数量(人);  $RA$  为居住区地块面积( $\text{km}^2$ );  $DA$  为街道面积( $\text{km}^2$ );  $DP$  为街道人口数量(人)<sup>[33]</sup>。鉴于较为权威的街道人口数据来源于第六次人口普查,因此本文采用2010年获取的街道人口数据进行研究,计算结果见图3。

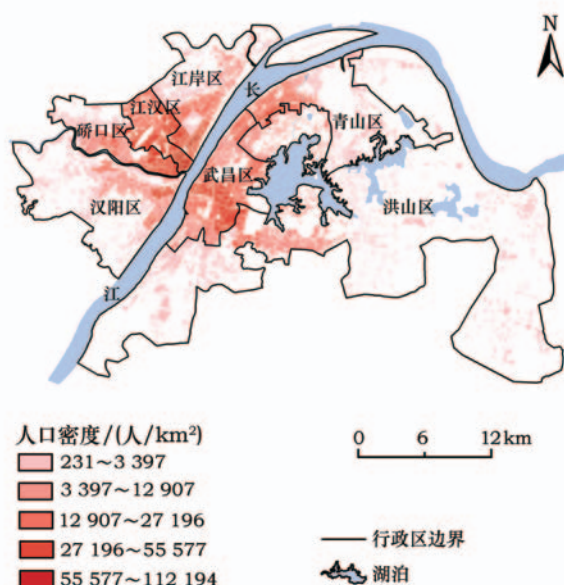


图3 街道(乡镇)人口密度空间分布

Figure 3 Spatial distribution of population density at sub-districts

2017年3月

图3显示,武汉市中心城区人口密度分布不均。人口密度较大的区域主要集中分布在硚口区、江汉区、江岸区、武昌区;而洪山区、青山区的人口密度较小。不考虑天然水体对区域的阻隔,研究区内的人口空间分布呈现较为明显的圈层层级格局<sup>[34]</sup>。

### 2.2.3 道路网数据

本文利用 Google 遥感影像提取武汉市中心城区路网数据,然后采用 OD 成本距离计算居民到达公园绿地的最短时间。但由于探讨的是和居民游憩活动相关的公园绿地公平性,若采用以往可达性研究中所使用的机动车出行速度,其研究结果会与实际情况有所差别,高估了每个公园绿地的可达性和公平性。而采用步行时间更加符合居民游憩的实际情况。因此,以 5km/h 作为居民到公园绿地的平均步行速度<sup>[35]</sup>。对允许步行的道路进行属性赋值,利用“字段计算器”按照公式“距离/速度”计算道路通行时间。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 重力型两步移动搜索法(G2SFCA)

重力型两步移动搜索法(G2SFCA)是在传统的两步移动搜索法基础上进行了改进。它在计算可达性的过程中考虑搜索半径内部距离差异性。与传统的两步移动搜索法(2SFCA)相比,在公式中增加了距离衰减系数,较为准确地刻画公共服务设施的可达性随距离衰减而变化的特征,评价可达性结果更加可靠。其计算过程为<sup>[36]</sup>:

第一步,计算供需比:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in [d_{ij} \leq d_0]} D_i \times G(d_{ij})} \quad (2)$$

式中  $R_j$  为供需比,表示潜在人均公园绿地面积( $\text{m}^2/\text{人}$ );  $i$  为需求点;  $j$  为供给点;  $S_j$  为供给点的服务能力,本文采用公园绿地面积表示( $\text{m}^2$ );  $D_i$  为需求点的规模,用居民区的人口数量进行表达(人);  $k$  为搜索半径内居住区地块的数量;  $d_{ij}$  为需求点  $i$  与供给点  $j$  之间的距离,本文采用时间表示(hours);  $d_0$  为搜索半径;  $G(d_{ij})$  考虑到空间摩擦因素的距离衰减函数,本文采用最常见的幂函数,其计算公式如下:

$$G(d_{ij}) = \begin{cases} d_{ij}^{-\beta}, & d_{ij} \leq d_0 \\ 0, & d_{ij} > d_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中  $G(d_{ij})$  距离衰减函数;  $d_{ij}$  为需求点  $i$  与供给点  $j$  之间的距离;  $d_0$  为搜索半径;  $\beta$  为距离衰减参数。

第二步,计算可达性:

$$\alpha_i = \sum_{j \in [d_{ij} \leq d_0]} R_j \times G(d_{ij}) \quad (4)$$

式中  $\alpha_i$  为每个居住区的可达性值;  $m$  为落入在以  $i$  为核心,搜索半径为  $d_0$  的空间作用域内的公园绿地数量;  $R_j$  为第一步计算的供需比;  $G(d_{ij})$  为距离衰减函数,计算结果由公式(3)求出。从公式(4)中可以看出公园绿地可达性是形式拓展的人均公园绿地面积<sup>[11,25,36]</sup>。

显然,重力型两步移动搜索法(G2SFCA)的关键是寻找搜索半径  $d_0$  与距离衰减参数  $\beta$ 。对于搜索半径  $d_0$ ,参考对搜索半径的相关研究,最优搜索半径的时间定在 0.50h,因为 0.50h 能够覆盖大部分居住区<sup>[37]</sup>。在已有的研究中,选取最优半径的 1~2 倍对公共资源的均衡性进行敏感性分析<sup>[38]</sup>。如果选取范围过大,公园绿地的使用率会急剧下降。本文选取最优服务半径的 1.5 倍对公园绿地的供需状况进行探讨。因此,最终选择 0.50h 与 0.75h 作为搜索半径。

对于距离衰减系数  $\beta$ ,宋正娜对  $\beta$  取值范围进行总结,发现  $\beta$  取值集中在 [1,2] 之间<sup>[39]</sup>。不同等级公园绿地与居民的空间联系随距离变化存在明显的差别。全市性公园绿地的服务范围更大,所以它与居民的空间联系随着距离的变化衰减更弱,因此距离衰减系数取 1,相反,区域性公园绿地的距离衰减系数取 2。

### 2.3.2 公园绿地公平性模型构建

在采用 G2SFCA 法研究公园绿地空间可达性的基础上,利用以下公式<sup>[40]</sup>求出每个居住区地块的公平性值,研究公园绿地的空间供需情况。

$$E_i = \frac{\max(R_j)}{\max(\alpha_i)} \times \alpha_i \quad (5)$$

式中  $E_i$  为每个居住区地块的公平性值。  $E_i > 1$  表示供给大于需求;  $E_i \leq 1$  表示供需相对平衡或供给小于需求状态。

为了建立供需指数与空间公平性的关系,将结果划分 6 个级别。各级别供需情况与公平性对应如

下(表1)。其中,  $E_i=0$  的情况表示部分区域的居民不能在0.5h或0.75h搜索范围内到达最近的城市公园绿地。所以本文假设这些区域为无供给服务区。基于本文是对两个搜索半径范围内的公园绿地空间供需情况进行讨论,因此,本文对第Ⅵ级情况不进行分析。

表1 供需级别及与公平性含义

Table 1 Different levels of supply and need with the meaning of equity

级别	取值范围	供需情况	空间公平性
I	$E_i > 1.00$	供给饱和	严重不公平
II	$0.75 \leq E_i \leq 1.00$	供给充足	较为公平
III	$0.5 \leq E_i < 0.75$	供需均衡	公平
IV	$0.25 \leq E_i < 0.50$	供给不足	较为不公平
V	$0 < E_i < 0.25$	供给缺乏	严重不公平
VI	$E_i = 0$	无供给服务	-

注:①“-”表示部分区域没有在设置的搜索半径范围内,因此不对其空间公平性进行讨论;②供需相对平衡状态指的是供给充足和供需均衡两种情况。

### 3 公园绿地空间公平性分析

#### 3.1 空间公平性的搜索半径差异

##### 3.1.1 不同搜索半径的空间公平性差异

搜索半径发生变化时,公园绿地的空间公平性发生改变并且不同等级公园绿地空间公平性变化存在显著差异(图4和图5)。

对于区域性公园绿地,随着搜索半径扩大,“供给缺乏”面积比重降低,“供给饱和”面积比重升高,“严重不公平”(第Ⅰ级和第Ⅴ级)面积下降且降幅为13.79%。而“供给均衡”和“供给充足”的面积比重上升,“公平”和“较为公平”面积比重升幅为11.33%。结果表明:搜索半径延长后,公园绿地的服务范围增大,可享受其服务的居住区数量增加,因此“供给缺乏”的面积比重降低。居民就近到达的公园绿地数量增多,会有更多的公园绿地为居民提供服务。但由于区域性公园绿地主要集中在某些区域,布局不合理造成公园绿地供给面积超过居民需求的面积。因此,当服务范围扩大时,“供给饱和”面积比重上升。总得来说,搜索半径扩大时有更多居民区被纳入区域性公园绿地的服务范围内,所以“严重不公平”(第Ⅰ级和第Ⅴ级)面积比下降,“公平”和“较为公平”的总面积比重上升,空间不公

平性有所改善。从整个研究区域来看,由于区域性公园绿地规模小、分布不合理造成“严重不公平”的面积所占比重始终较大。

对于全市性公园绿地,“供给饱和”所占面积比重比较大。当搜索半径增加时,“供给饱和”面积的比重上升,“供给均衡”和“供给充足”总面积比重下降。因为全市性公园绿地为更多居民提供服务,在其服务范围内基本可以满足居民的需求。但由于慢行道路网系统不完善、公园绿地空间布局不够均衡造成许多地区的居民不能够享受其提供的服务,公园绿地利用率不高。由此造成大部分区域处于“严重不公平”(第Ⅰ级)状态。

##### 3.1.2 相同搜索半径的空间公平性差异

在相同的搜索半径下,区域性公园绿地与全市性公园绿地的空间公平性相比,其“公平”级别面积比重高,“严重不公平”级别面积比重低(图5)。说明区域性公园绿地的空间公平性要优于全市公园绿地的空间公平性。相比全市性公园绿地,区域性公园绿地服务范围有限,规模较小,但其数量相对较多,在相同的搜索范围内,居民可选择到达更多的区域性公园绿地。因此,区域性公园绿地比全市性公园绿地分布更“公平”。

#### 3.2 空间公平性的区域差异

公园绿地空间公平性级别在各街道的分布存在显著分异。鉴于研究的街道数量比较多,因此以同一公平性级别中最大面积比重的街道为例,分析公园绿地公平性的区域差异(图6,见第436页)。在全市性公园绿地搜索半径内(表2,见第436页),公平性最好的街道是江汉区的汉兴街道和万松街道,两个街道达到“公平”级别。这是因为在人口密度相对较大的汉兴街道和万松街道范围内分别有中山公园和常青公园两个全市性公园绿地,因此公园绿地空间供需情况较好,处于供需均衡状态;青山区的红卫路街道和武昌区的水果湖街道主要处于“供给饱和”状态。红卫路街道人口密度较小,人均需求少,但公园数量多,街道附近的临江公园与和平公园为两个全市性公园;水果湖街道虽然只有一个沙湖公园为全市性公园,但沙湖公园面积较大,约为1.06km<sup>2</sup>,该公园可以为更多居民提供服务。因此两个街道“供给饱和”面积比重较大。

2017年3月

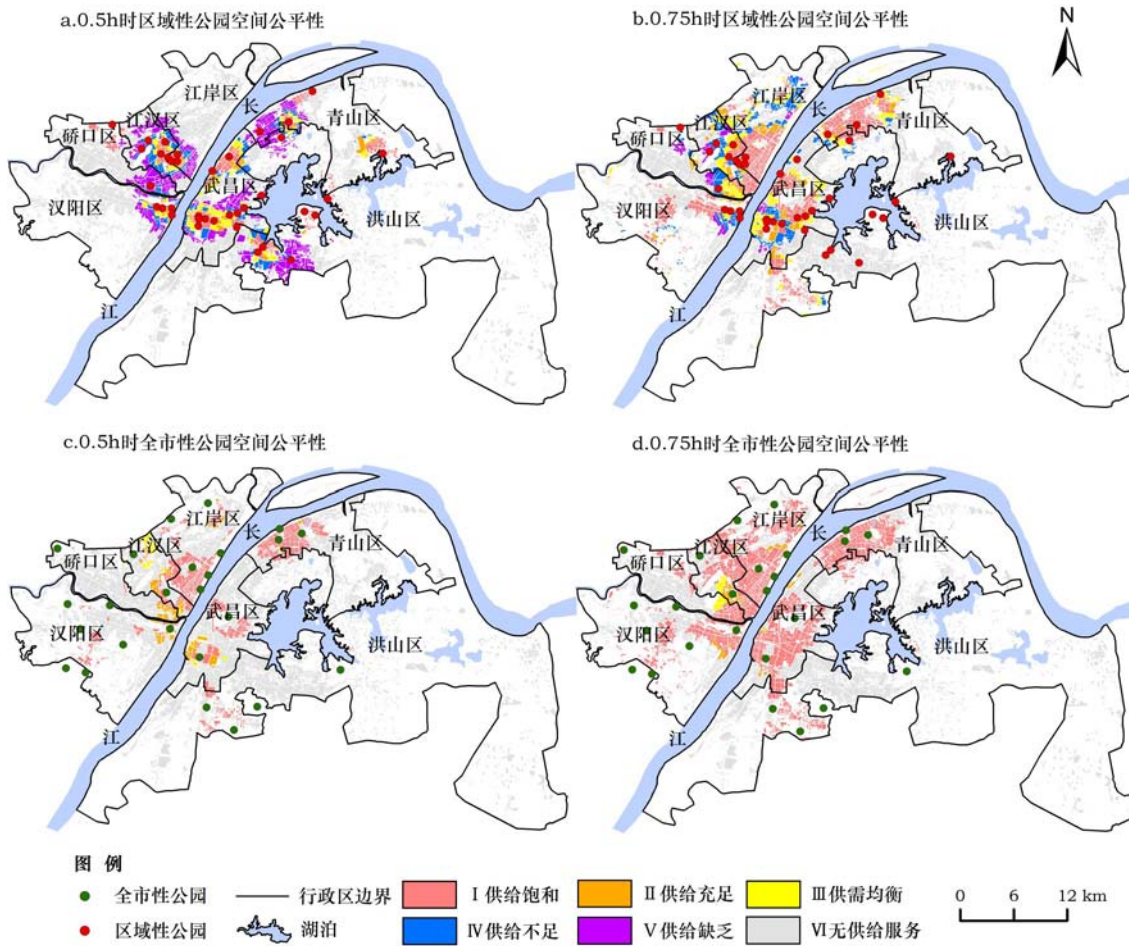


图4 研究区公平性评价结果

Figure 4 Results of equity assessment in study area

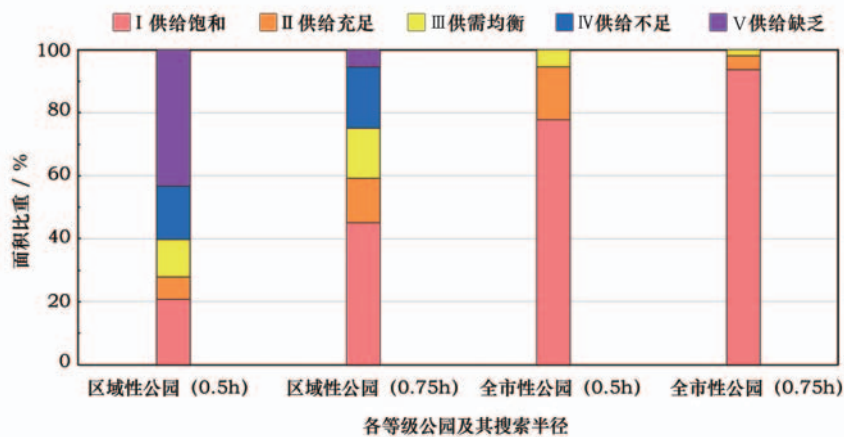


图5 各公平性级别所占面积比重

Figure 5 Areal proportion of different equity levels

在区域性公园绿地的服务范围内(表2),武昌区的中南路街道和水果湖街道“公平”级别的面积所占比重较大,由于两个街道附近有水果湖公园、

洪山公园、长春观文化公园、洪山广场,公园绿地数量多,空间分布均衡,可以满足高密度的人口需求。位于青山区的白玉山街道和红卫路街道“严重

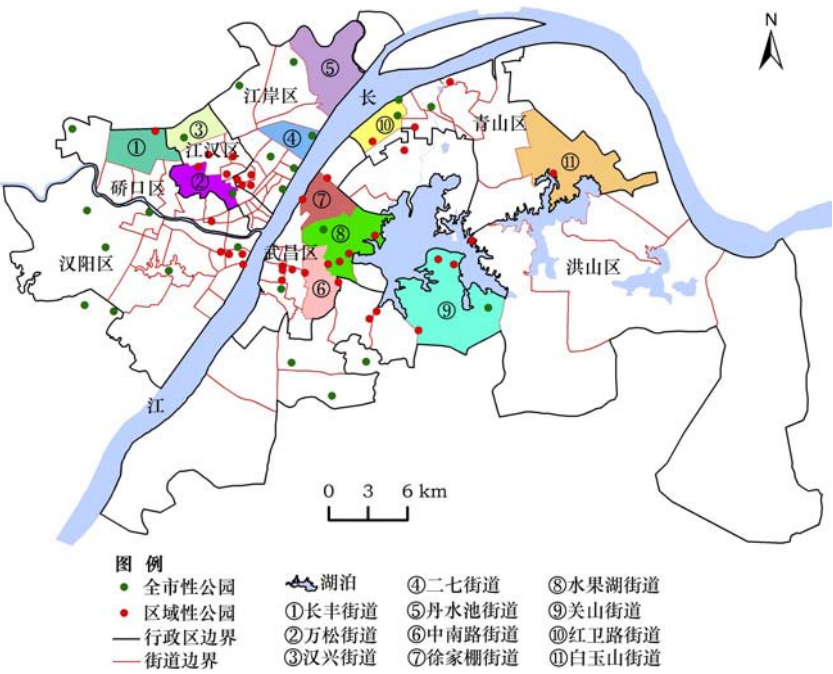


图6 公平性级别中面积比重最大的街道空间分布

Figure 6 The major sub-districts distribution with the largest areal proportion in equity level

表2 各公平性级别中所占面积比重最大的街道

		全市性公园		区域性公园	
		0.5h	0.75h	0.5h	0.75h
I 供给饱和	红卫路街道	水果湖街道	白玉山街道	红卫路街道	
II 供给充足	万松街道	万松街道	徐家棚街道	二七街道	
III 供需均衡	汉兴街道	万松街道	中南路街道	水果湖街道	
IV 供给不足	无	无	万松街道	丹水池街道	
V 供给缺乏	无	无	关山街道	长丰街道	

不公平”(第Ⅰ级)面积比重大。街道附近拥有南干渠公园、武钢公园、矶头山公园、白玉山公园,由于区域性公园绿地数量较多,且公园规模相对较大。因此相对于低密度人口的需求,其供给过于饱和。相反,位于洪山区的关山街道和硚口区的长丰街道,人口密度相对较大,但是区域性公园绿地数量少,服务面积无法满足较高密度人口的需求,导致其处于“供给缺乏”状态,因此也属于“严重不公平”(第Ⅴ级)面积比重较大的区域,空间公平性评价结果较差。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文基于居民区尺度对武汉市中心城区的公园绿地空间公平性进行了探讨,在研究中考虑到距

离衰减对空间公平性产生的影响,因此采用含有距离衰减系数的重力型两步移动搜索法研究不同等级公园绿地的空间公平性及其差异。研究结果表明:

(1)距离衰减因素会改变公园绿地的空间公平性,并且对各等级公园绿地的空间公平性产生不同的影响。搜索半径增大时,区域性公园绿地“严重不公平”比重下降,空间不公平性有所改善;全市性公园绿地“严重不公平”比重上升,空间公平性不理想。

(2)不同等级公园绿地空间公平性存在明显差别。区域性公园绿地空间公平性要优于全市性公园绿地。由于全市性公园绿地空间分布不合理、慢行道路系统不完善等原因,造成居民步行到达最近

2017年3月

公园绿地所要花费的时间较长,公园绿地的资源利用效率不高,导致严重不公平区域面积较大。

(3)采用 G2SFCA 法研究公园绿地的空间公平性可以更为有效地反映出不同等级公园绿地的供需分布特征,识别出供给缺乏或供给饱和等严重不公平区域。由于人口需求、公园绿地数量和公园绿地服务能力不匹配导致青山区的白玉山街道和红卫路街道、洪山区的关山街道、硚口区的长丰街道及武昌区的水果湖街道为“严重不公平”区域。

(4)整体来看,武汉市中心城区的公园绿地空间公平性的评价结果不理想。区域性公园绿地需要完善公园绿地的服务设施,提升其吸引力,以弱化中心城区公园绿地的空间不公平性。对于全市性公园绿地来说,应当合理规划其数量,科学安排布局区域。同时,应该完善中心城区慢行道路网络,减少居民到达全市性公园绿地出行时间,让更多地区的居民可以享受到其服务,提高资源的有效利用,促进公园绿地的可持续发展。

## 4.2 讨论

本文主要采用基于物理时间的空间公平性对武汉市中心城区公园绿地分布状况进行探讨,忽略了不同性别、年龄、收入等不同人口社会学特征居民对公园绿地需求的差异。因为真正的空间公平性,应该是在满足居民最短出行时间需求的同时,还应当满足不同群体居民对公园绿地的需求。在布局公共服务设施时,更应该充分考虑到不同群体对公共服务设施使用的真实意愿情况。

此外,受获取人口数据的限制,本文是在忽略建筑高度和假设人口分布均衡的条件下,由居住区所占街道的面积比重和街道(乡镇)人口数据计算出的结果来近似表达居住区人口数量。而在实际情况中,居住区人口数量还与建筑高度有关,并且人口分布并非均衡。若能获取更为精确的人口数据,可提高研究结果的准确性。

另外,本文将公园绿地的几何中心作为公园的入口进行研究,假设公园绿地的各方向均是可达的。因此,在今后的研究中应该得到更加准确的公园绿地入口信息,使研究结论更为可靠。此外,不同规模公园绿地之间存在着竞争关系,这一点在今后需要做进一步的研究与探讨。

## 参考文献(References):

- [1] 周详,张晓刚,何龙斌,等. 面向行为尺度的城市绿地格局公平性评价及其优化策略-以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2013, 49(5): 892-898. [Zhou X, Zhang X G, He L B, et al. Equity assessment on urban green space pattern based on human behavior scale and its optimization strategy: A case study in Shenzhen[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2013, 49(5): 892-898.]
- [2] Omer I. Evaluating accessibility using house-level data: A spatial equity perspective[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2006, 30(3): 254-274.
- [3] Dadashpoor H, Rostami F, Alizadeh B. Is inequality in the distribution of urban facilities inequitable? Exploring a method for identifying spatial inequity in an Iranian city[J]. *Cities*, 2016, 52: 159-172.
- [4] 刘常富, 李小马, 韩东. 城市公园可达性研究-方法与关键问题[J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5381-5390. [Liu C F, Li X M, Han D. Accessibility analysis of urban parks: Methods and key issues[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(19): 5381-5390.]
- [5] 顾鸣东, 尹海伟. 公共设施空间可达性与公平性研究概述[J]. 城市问题, 2010, (5): 25-29. [Gu M D, Yin H W. Research review on the spatial accessibility and equity of public facility[J]. *Urban Problems*, 2010, (5): 25-29.]
- [6] 吴健生, 司梦林, 李卫锋. 供需平衡视角下的城市公园绿地空间公平性分析-以深圳市福田区为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(9): 2831-2838. [Wu J S, Si M L, Li W F. Spatial equity analysis of urban green space from the perspective of balance between supply and demand: A case study of Futian District, Shenzhen, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(9): 2831-2838.]
- [7] Tsou K W, Hung Y T, Chang Y T. An accessibility-based integrated measure of relative spatial equity in urban public facilities[J]. *Cities*, 2005, 22(6): 424-435.
- [8] 宋正娜, 陈雯, 张桂香, 等. 公共服务设施空间可达性及其度量方法[J]. 地理科学进展, 2010, 29(10): 1217-1224. [Song Z N, Chen W, Zhang G X, et al. Spatial accessibility to public service facilities and its measurement approaches[J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(10): 1217-1224.]
- [9] 李平华, 陆玉麟. 可达性研究的回顾与展望[J]. 地理科学进展, 2005, 24(3): 69-78. [Li P H, Lu Y L. Review and prospectation of accessibility research[J]. *Process in Geography*, 2005, 24(3): 69-78.]
- [10] 陶卓霖, 程杨. 两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展[J]. 地理科学进展, 2016, 35(5): 589-599. [Tao Z L, Chen Y. Research progress of the two-step floating catchment area method and

- extensions[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(5): 589-599.]
- [11] 刘钊, 郭苏强, 金慧华, 等. 基于GIS的两步移动搜寻法在北京市就医空间可达性评价中的应用[J]. 测绘科学, 2007, 32(1): 61-63. [Liu Z, Guo S Q, Jin H H, et al. Application of the GIS-based two-step floating catchment area method in measurement of spatial accessibility to hospitals in Beijing[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32(1): 61-63.]
- [12] 邓丽, 邵景安, 郭跃, 等. 基于改进的两步移动搜索法的山区医疗服务空间可达性-以重庆市石柱县为例[J]. 地理科学进展, 2015, 34(6): 716-725. [Deng L, Shao J A, Guo Y, et al. Spatial accessibility of medical services in mountainous regions based on modified two-step floating catchment area method: A case study of Shizhu County, Chongqing[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(6): 716-725.]
- [13] 陶卓霖, 程杨, 戴特奇, 等. 基于公平最大化目标的2020年北京市养老设施布局优化[J]. 地理科学进展, 2015, 34(12): 1609-1616. [Tao Z L, Cheng Y, Dai T Q, et al. Spatial optimization of residential care facility locations in 2020 in Beijing: Maximum equity in accessibility[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(12): 1609-1616.]
- [14] 张鹏飞, 蔡忠亮, 张成, 等. 基于E2SFCA的城市旅游景点的潜在空间可达性分析[J]. 测绘地理信息, 2015, 40(1): 76-79. [Zhang P F, Cai Z L, Zhang C, et al. Potential spatial accessibility to urban scenic spots based on E2SFCA[J]. *Journal of Geomatics*, 2015, 40(1): 76-79.]
- [15] 胡瑞山, 董锁成, 胡浩. 就医空间可达性分析的两步移动搜索法-以江苏省东海县为例[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1600-1607. [Hu R S, Dong S C, Hu H. A two-step floating catchment area (2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary healthcare service in China: A case study of Donghai County in Jiangsu Province[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(12): 1600-1607.]
- [16] Lachowycz K, Jones A P. Towards a better understanding of the relationship between greenspace and health: Development of a theoretical framework[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 118(3): 62-69.
- [17] 车生泉, 宋永昌. 上海城市公园绿地景观格局分析[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2002, 20(4): 322-327. [Che S Q, Song Y C. Analysis of landscape pattern of park system in city of Shanghai[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science*, 2002, 20(4): 322-327.]
- [18] 江海燕, 周春山, 高军波. 西方城市公共服务空间分布的公平性研究进展[J]. 城市规划, 2011, 35(7): 72-77. [Jiang H Y, Zhou C S, Gao J B. Advance in the equity of spatial distribution of urban public service in western countries[J]. *Urban Planning*, 2011, 35(7): 72-77.]
- [19] Comber A, Brunsdon C, Green E. Using a GIS-based network analysis to determine urban green space accessibility for different ethnic and religious groups[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 86(1): 103-114.
- [20] Seeland K, Nicole S. Public green space and disabled users[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006, 5(1): 29-34.
- [21] Taleai M, Sliuzas R, Flacke J. An integrated framework to evaluate the equity of urban public facilities using spatial multi-criteria analysis[J]. *Cities*, 2014, 40: 56-69.
- [22] 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, 23(8): 8-11. [Yu K J, Duan T W, Li D H, et al. Landscape accessibility as a measurement of the function of urban green system[J]. *Planning Studies*, 1999, 23(8): 8-11.]
- [23] 周廷刚, 郭达志. 基于GIS的城市绿地景观引力场研究-以宁波市为例[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1157-1163. [Zhou Y G, Guo D Z. GIS-based research on urban green space on landscape gravity field with Ningbo City as an example[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1157-1163.]
- [24] 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. [Li X M, Liu C F. Accessibility and service of Shenyang's urban parks by network analysis[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1554-1562.]
- [25] 魏冶, 修春亮, 高瑞, 等. 基于高斯两步移动搜索法的沈阳市绿地可达性评价[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 479-487. [Wei Y, Xiu C L, Gao R, et al. Evaluation of green space accessibility of Shenyang using Gaussian based 2-step floating catchment area method[J]. *Progress in Geography*, 2014, 33(4): 479-487.]
- [26] 刘春燕, 吕佳, 毛端谦, 等. 城市居民公园游憩地地方依恋的因素构成与差异分析-以南昌市八一公园为例[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2015, 48(6): 141-146. [Liu C Y, Lv J, Mao D Q, et al. An analysis of factors influencing city residents' attachment to urban parks and their differences-a case study of Bayi park in Nanchang[J]. *Journal of Jiangxi Normal University (Social Sciences)*, 2015, 48(6): 141-146.]
- [27] 江海燕, 周春山, 肖荣波. 广州公园绿地的空间差异及社会公平研究[J]. 城市规划, 2010, 34(4): 43-48. [Jiang H Y, Zhou C S, Xiao R B. Spatial differentiation and social equity of public parks in Guangzhou[J]. *City Planning Review*, 2010, 34(4): 43-48.]
- [28] 尹海伟, 徐建刚. 上海公园空间可达性与公平性分析[J]. 城市发展研究, 2009, 16(6): 71-76. [Yin H W, Xu J G. Spatial accessibility and equity of parks in Shanghai[J]. *Urban Studies*, 2009, 16(6): 71-76.]
- [29] 武汉市统计局. 武汉统计年鉴2015[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [Bureau of Statistics of Wuhan. Wuhan Statistical Yearbook-2015[M]. Beijing: China Statistic Press, 2015.]
- [30] 中华人民共和国建设部. CJJ/T 85-2002 城市绿地分类标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. [Ministry of Housing

2017年3月

- and Urban- Rural Development of the People' s Republic of China. CJJ/T 85-2002 Standard of Classification of Urban Green Space[S]. Beijing:China Architecture & Building Press,2002.]
- [31] 陈秋晓,侯焱,吴霜. 机会公平视角下绍兴城市公园绿地可达性评价[J]. 地理科学,2016,36(3):375-383. [Chen Q X,Hou Y,Wu S. Assessment of accessibility to urban parks in Shaoxing city from the perspective of opportunity equity[J]. *Scientia Geographica Sinica*,2016,36(3):375-383.]
- [32] 武汉市园林和林业局. 武汉市城市公园名录[EB/OL]. (2010-09-17) [2016-07-01]. <http://www.whylj.gov.cn/Item/1864.aspx>. [Wuhan Municipal Garden and Forestry Administration. The List of Wuhan' s Urban Green Parks[EB/OL]. (2010-09-17) [2016-07-01]. <http://www.whylj.gov.cn/Item/1864.aspx>.]
- [33] 中华人民共和国国家统计局. 第六次人口普查数据[EB/OL]. (2011-04-28) [2016-07-02]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/pcsj/rkpc/6rp/indexch.htm>. [National Bureau of Statistics of the People' s Republic of China. Tabulation on the 2010 Population Census of the People' s Republic of China[EB/OL]. (2011-04-28) [2016-07-02]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/pcsj/rkpc/6rp/indexch.htm>.]
- [34] 单卓然,黄亚平,张衍春.中部典型特大城市人口密度空间分布格局-以武汉为例[J]. 经济地理,2015,35(9):33-39. [Shan Z R,Huang Y P,Zhang X R. Spatial distribution of population density of typical megacities in central China-a case study of Wuhan[J]. *Economic Geography*,2015,35(9):33-39.]
- [35] 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[J]. 规划师,2009,25(2):83-88. [Xiao H B,Yuan Q F,Xu J. Green space distribution based on accessibility and service area[J]. *Planners*,2009,25(2):83-88.]
- [36] 陶卓霖,程杨,戴特奇. 北京市养老设施空间可达性评价[J]. 地理科学进展,2014,33(5):616-624. [Tao Z L,Cheng Y,Dai T Q. Measuring spatial accessibility to residential care facilities in Beijing[J]. *Progress in Geography*,2014,33(5):616-624.]
- [37] 周亮,王挺,马娜,等. 基于 GIS 的城市公园绿地空间可达性研究-以武汉市汉口地区为例[J]. 云南地理环境研究,2008,20(4):11-20. [Zhou L,Wang T,Ma N,et al. Urban public green space accessibility research based on GIS- taking Hankou of Wuhan as an example[J]. *Yunnan Geographic Environment Research*,2008,20(4):11-20. ]
- [38] 任若菡,王艳慧,何政伟,等. 基于改进的两步移动搜寻法的贫困区小学教育资源空间可达性分析-以重庆市黔江区为例[J]. 地理信息世界,2014,21(2):22-28. [Ren R H,Wang Y H,He Z W,et al. Research on spatial accessibility of primary school education resources in poverty area based on modified two-step floating catchment area method- a case study of Qianjiang[J]. *Geomatics World*,2014,21(2):22-28.]
- [39] 宋正娜,陈雯. 基于潜能模型的医疗设施空间可达性评价方法[J]. 地理科学进展,2009,28(6):848-854. [Song Z N,Chen W. Measuring spatial accessibility to health care facilities based on potential model[J]. *Progress in Geography*,2009,28(6):848-854.]
- [40] Taleai M, Sliuzas R, Flacke J. An integrated framework to evaluate the equity of urban public facilities using spatial multi-criteria analysis[J]. *Cities*,2014,40:56-69.

# Spatial equity of public green in Wuhan central districts based on gravity two-step floating catchment area method

XU Jiwei<sup>1</sup>, FANG Shiming<sup>1</sup>, LIU Chunyan<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. School of Geography and Environment, Jiang Xi Normal University, Nanchang 330022, China)

**Abstract:** Public green plays a significant role in improving living standards. As an important public resource, the service scope of public green must cover a larger area to satisfy the recreational needs of residents and make good use of its social service functions. The commonly used indices for measuring the function of public green, such as average public green and overall percentage green area can hardly reflect the distribution of public green. Previous studies usually measured accessibility of public green spaces in order to allocate resources but have failed to reveal relationships between demand from population and supply generated by public green, and neglected the influence of range attenuation on supply and need. To discuss spatial equity of public green at resident parcel, this article chooses seven administrative districts in Wuhan as a case study area and uses the gravity two-step floating catchment area method with distance decay. The results show that: (1) the distance can change the pattern of spatial equity and there are existing notable differences in different level of public green when the catchment makes changes. (2) Majority of case area have an oversupply or undersupply service of public green, while some area has insufficient access to public green within the catchment sizes of 0.50h or 0.75h. (3) Within the same catchment size, the local level of public green can provide better services for residents than district public green. (4) The vast area characterized by unbalanced distribution of spatial equity, which have differences at different sub-districts. The primary factors, such as service capacity, amount of population or public green, have effect on the pattern of spatial equity. The article demonstrates that it is necessary to allocate public green considering the demand from residents to utilize public facility effectively.

**Key words:** G2SFCA; public green; accessibility; equity; supply; demand; Wuhan