DOI: 10.20103/j.stxb.202308141750
饶钰飞,邹亚锋,罗锋,易呈锋,杜平平,吴聘奇,吕昌河.基于两步移动搜索法的福州市公园绿地主客观可达性研究.生态学报,2024,44(10):4064-4080.
Rao Y F, Zou Y F, Luo F, Yi C F, Du P P, Wu P Q, Lü C H.Subjective and objective accessibility of green parks in Fuzhou City based on two-step floating catchment area method.Acta Ecologica Sinica,2024,44(10):4064-4080.

基于两步移动搜索法的福州市公园绿地主客观可达性研究

饶钰飞[1],邹亚锋[1,*],罗 锋[1],易呈锋[1],杜平平[1],吴聘奇[1],吕昌河[2]
1 福州大学环境与安全工程学院, 福州 350108
2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要:公园绿地的可达性对于提升民生福祉、环境公平及城市高质量发展具有深远意义。综合考虑公园绿地的主观和客观供给能力,基于公园绿地规模、网络好评度、高德地图 API 路径规划等数据,运用高斯两步移动搜索法测度了居民单一出行及多交通出行模式下福州市公园绿地的客观和主观可达性,得出以下结论:(1)同一出行模式下公园绿地的主客观可达性差异大,客观可达性的高值区主要分布在非中心城区,而主观可达性的高值区大多分布在中心城区;(2)不同交通出行模式下主观和客观可达性也存在差异,步行出行模式下的公园绿地可达性低于驾车和公共交通出行模式的可达性,综合出行模式的可达性分布与驾车可达性分布相似,尚未形成公共交通主导的公园绿地发展模式;(3)公园绿地主客观供需平衡的县域少,供需不平衡的县域多,高人口密度县域存在公园绿地供给小于需求问题,非中心城区县域公园绿地主客观供需比普遍较低;(4)步行、驾车、公共交通出行模式下的高客观供需比-高主观供需比的公园绿地仅三坊七巷和福州市贵安新天地休闲旅游度假区,超过 70%的公园绿地属低客观供需比-低主观供需比类型。本研究不仅关注公园绿地的空间可达性,也基于人的感受对公园绿地的主观可达性加以测度,为可达性评价提供新的研究思路,同时也为福州市公园绿地资源配置和存量绿地的质量提升提供建议。

关键词:两步移动搜索法;可达性;公园绿地;供需匹配;福州市

Subjective and objective accessibility of green parks in Fuzhou City based on two-step floating catchment area method

RAO Yufei[1], ZOU Yafeng[1,*], LUO Feng[1], YI Chengfeng[1], DU Pingping[1], WU Pinqi[1], LÜ Changhe[2]
1 *College of Environment and Safety Engineering*, *Fuzhou University*, *Fuzhou* 350108, *China*
2 *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100101, *China*

Abstract: The accessibility of green parks is of significance to the promotion of people's livelihood and well-being, the environmental equity and high-quality urban development. In this paper, based on the green park scale, network evaluation, Amap API path planning and other data, the Gaussian two-step floating catchment area method is used to measure the objective and subjective accessibility of green parks in Fuzhou City under single travel mode and multi-traffic travel mode. The results show that: (1) There are great differences in subjective and objective accessibility of green parks. The high-value areas of objective accessibility are mainly distributed in non-central urban areas, while the high-value areas of subjective accessibility are mostly distributed in the central urban areas. (2) There are also differences between subjective and objective accessibility under different travel modes. The accessibility of green parks under walking travel

基金项目:福州大学人才引进项目(XRC-22026);福建省教育科学"十四五"规划项目(FJJKBK22-220);教育部人文社科一般项目青年基金项目(21YJC840028);福建省大学生创新创业训练计划项目(S202310386088)
收稿日期:2023-08-14; **网络出版日期**:2024-02-28
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zouyafeng2003@ sina.com

mode is lower than that of driving and public transport travel mode. The accessibility distribution of comprehensive travel mode is similar to that of driving accessibility, and the green space development model dominated by public transport has not yet been formed. (3) There are fewer counties with the balanced supply and demand, and there are more counties with imbalance between supply and demand. In the counties with high population density, the demand exceeds the supply of green parks. The ratio of objective and subjective supply and demand of green parks in non-central urban areas is generally low. (4) The green parks with high objective accessibility-high subjective accessibility under the mode of walking, driving and public transport are the Three Lanes and Seven Lanes and Guian Xintiandi Leisure and Tourism Resort in Fuzhou City, and more than 70% of the green space belongs to the type of low objective accessibility-low subjective accessibility. The study not only pays attention to the spatial accessibility of green space, but also measures the accessibility of green space from human feelings, so as to provide new research ideas for accessibility evaluation. At the same time, it also provides suggestions for the allocation of green space resources and the improvement of green space quality in Fuzhou City.

Key Words: two-step floating catchment area method; accessibility; green parks; supply and demand matching; Fuzhou City

随着城市化和工业化的推进,城市生态环境恶化、绿地游憩空间缺失、城市热岛问题突出[1]。城市公园绿地在维护和改善城市生态环境[2]、缓解城市热岛效应[3]、保护生物多样性[4]、提高人民生活品质[5]等方面发挥极其重要的作用。随着人们生活水平和需求层次的不断提高,高品质城市公园绿地已成为群众生活幸福指数中的重要组成部分及实现高品质绿色生活的一个关键环节[6]。然而,目前我国城市公园绿地存在空间分布失衡、服务品质欠佳、供需不匹配、生态管理理念缺失等问题[7]。在城市建设方式逐步由“增量开发”向“存量更新”转变的背景下,城市公园绿地服务供给与人们需求间的矛盾将更为突出[8]。兼顾供给与需求侧的城市公园绿地优化配置成为生态宜居城市建设领域的重要议题[9]。协调好城市公园绿地的供需匹配关系,事关城市健康人居环境的均衡发展[10],对提高公园绿地生态效益、改善民生福祉、实现环境公平的意义重大。

公园绿地的供需匹配关系是近年的研究热点,它指一定空间范围内公园绿地服务供给与人口需求的匹配性[11]。现有关于公园绿地供需匹配的研究思路主要涵盖两方面,一是构建指标体系综合评价公园绿地的供给水平和城市居民对于公园绿地的需求水平,并运用耦合协调模型测度供需匹配性[8, 12];二是运用空间分析方法测度公园绿地的可达性以反映其供需匹配性。其中,测度可达性的方法是衡量公园绿地供需匹配性最常用的方法[13],包括缓冲区分析法[14]、网络分析法[15]、成本加权距离法[16]、空间句法[17]、引力模型法[18]、两步移动搜索法[13]等。缓冲区分析法和网络分析法是运用较多的可达性测度方法[19],但其主要从供给角度对可达性进行评价,未将人口需求情况及居民出行方式纳入考虑。成本加权距离法主要从需求角度对可达性进行探讨[20],未将公园绿地的供给情况纳入考虑。空间句法从公园绿地与整体城市空间关系的进行量化描述与分析[17],较难反映供需匹配情况。引力模型虽然考虑了供需情况,但其对出行距离及时间成本的测算与实际相差较大。而两步移动搜索法(2SFCA)统筹考虑了供给侧和需求侧及交通路径情况,被广泛运用于公共服务设施供需匹配研究中,已成为公园绿地可达性评价的前沿方法[20]。两步移动搜索法最早由 Radke 等[21]提出,其原始形式中的距离衰减处理为二分法,即在搜寻半径阈值范围内的可达性相同,而在搜寻半径范围之外则不可达,这与实际情况存在较大差距。因此,相关学者对原始两步移动搜索法进行改进,主要包括四种扩展类型[22],第一种是基于引入距离衰减函数的改进,如增强型[23]、重力型[24—25]、核密度型[26]、高斯型[27]等,表明在搜索半径范围内可达性会随着距离的增加而减弱;第二种是对搜索半径的扩展,如可变半径[28]、动态半径、多级半径[29]、最近设施型[30]等;第三种是针对需求或供给竞争的扩展,如三步移动搜索法[31]、改进型[32]、胡弗型[33]、优化型[34]等;第四种是基于出行方式的扩展,如多交通模式[35]、基于通勤的 2SFCA[36]等。其中,基于引入距离衰减函数的高斯型 2SFCA 也属于重力型 2SFCA[22],是运用较为广泛、距离衰减更接近实际情况、可达性评价结果更可靠的一种扩展模型[37];基于出行方式的多交通模式 2SFCA 同时考虑和测度不同出

行模式的绿地可达性,与居民日常出行的选择更贴近,因不同人群对出行模式的选择是存在差异的[38]。然而,尽管已有研究拓展了对于公园绿地可达性的认知并提供了丰富的研究方法,揭示了不同城市公园绿地的客观供需匹配情况但忽略了居民对公园绿地的主观感知和需求。

近年来随着信息技术的发展,人们日常生活可移动性增强,个体的差异化感知与需求在人们优先选择某一公园绿地游憩的重要性日益凸显[39]。《城市园林绿化评价标准》明确将居民对于公园绿地的满意度列为衡量城市公园绿地质量的重要指标,满意度是群众对城市公园绿地的价值期待与实际体验之间比较的真实感知与反馈。然而结合群众主观感知与需求探讨城市公园绿地主观供需匹配情况的研究仍显不足。结合两步移动搜索法,基于地理位置的公园绿地可达性所测度的是一定空间范围内公园绿地的供给与需求的比率[40],隶属于客观可达性范畴[41]。但空间可达性评估与实际居民感知偏好及需求可能存在错位,无法反映公园绿地供需匹配的全貌[42]。虽然少数学者开始结合问卷调查评价人们对于公园绿地的感知可达性并认为主观层面的可达性是对空间可达性的补充[43—45],但仍未将群众的主观感知融入到两步移动搜索法以测度公园绿地的可达性及供需匹配。统筹考虑公园绿地客观层面和主观层面的可达性将更有助于结合人们的主观喜好和需求优化城市公园绿地的资源配置,提高城市公园绿地的社会、经济、文化、生态等效益。因此,本文综合考虑公园绿地的客观供给能力及居民的主观感知和需求,基于高斯两步移动搜索法测度不同出行模式下的公园绿地的客观和主观层面的可达性,揭示城市公园绿地的客观和主观供需匹配情况,以期为城市公园绿地可达性评价提供新的研究视角和思路,同时也为城市公园绿地资源的合理配置提供参考,促进公园绿地的高质量发展,以更好为城市居民创造高品质生活环境。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

福州市位于北纬 25°15′—26°39′,东经 118°08′—120°31′,地处中国东南沿海,属典型的河口盆地地形,其海拔在 600—1000m 之间(图 1)。截至 2021 年底,福州市常住人口达 842 万人,城镇化率为 73%,建成区面积

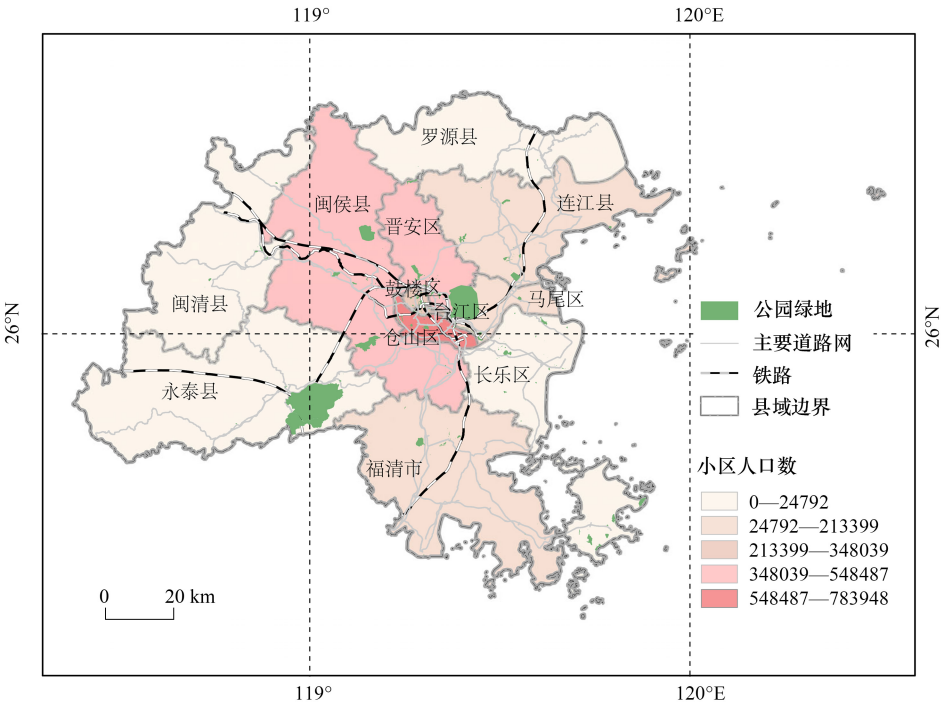

图 1 研究区概况图

Fig.1 Overview of study area

416km^2,下辖 1 市(福清市),6 区(鼓楼区、台江区、仓山区、晋安区、马尾区、长乐区),6 县(闽侯县、连江县、罗源县、闽清县、永泰县、平潭岛)。全市公路通车总里程 11617km,公路密度达 10530km/km^2,县、乡、村道等农村公路 9572km,拥有公交车 6141 辆,线路 500 条,另有 3 条地铁线路运行,共设 64 个地铁站点。目前福州市人均公园绿地面积约为 15m^2,符合《城市绿地分类标准》(CJJ/T85—2017)中标准,但依然存在公园绿地分布不合理的现象。福州市是福州都市圈、海峡西岸经济区的中心城市及国家园林城市,在稳定发展经济的同时更应注重提升居民的城市绿色生活品质,成为发展高质量与生活高品质并存的城市。

1.2　数据来源与预处理

1.2.1　公园绿地的供给数据

利用高德地图 API 工具获取 302 个带有 WGS—1984 地理坐标和面积的福州市绿地 AOI(Area of Interest, AOI)数据。在线评论是人们游览某个地方的直接证据,记录、重温和分享了人们的主观体验和感受,例如携程网和大众点评中的评论[46—48]。结合访谈发现,携程网的主要访问者是外来游玩者,而大众点评的主要访问者是本地居民,携程网及大众点评中的评论较全面反映人们对于公园绿地服务质量的总体满意度[49—50]。因此,选取在携程网及大众点评中有好评的 106 个公园绿地作为本文的研究对象。现有绿地可达性研究大多考虑用面积衡量公园绿地的客观供给能力[37, 51—52],但本文综合考虑公园绿地的整体品质,同时将网络好评度作为公园绿地的主观供给能力。

1.2.2　公园绿地的需求数据

通过 Python 编程在安居客网站中获取 2494 个带有 WGS—1984 地理坐标和户数的福州市小区点数据。按户均 3 人为标准,估算各小区点的人口数。为更好表征居住区对于公园绿地的需求量,根据《城市居住区规划设计标准》(GB50180—2018)中对于居住基本单元的规定,本文选取人口规模大于 1000 的小区点作为需求点,各小区点的人口数为公园绿地的需求量数据。

1.2.3　不同出行模式下的路径规划数据

本文将人们的出行方式概括为步行、公共交通、驾车三种。由于从公园绿地点至小区点的路径和小区点至公园绿地点的路径存在差异,本文分别获取了两者的路径规划数据。借助高德地图 API 路径规划工具,首先获取从公园绿地点到小区点的最短步行路径时间、公共交通路径时间、驾车路径时间;其次获取从小区点到公园绿地的最短步行路径时间、公共交通路径时间、驾车路径时间。

1.3　研究方法

两步移动搜索法的基本原理称为累积机会,可通过两个步骤实现。第一步是为每个供给点设置搜索域,并寻找该搜索域内的需求点,然后计算每个供给点的供需比。第二步是为每个需求点设置一个搜索域,并求取搜索域内供需比的总和(图 2)。

1.3.1　单一出行模式高斯两步移动搜索法

不同出行方式下的小区到公园绿地的可达性水平存在差异。运用两步移动搜索法的前提是假设公园绿地的面积越大表示居民越有机会前往公园绿地,公园绿地的好评度越高表示居民前往公园绿地的意愿越大。基于这一假设,本文采用高德地图中步行、公共交通、驾车的路径规划数据分别计算居民从小区到公园绿地的可达性。

第一步:以每一个公园绿地供给点 i 为中心,t_0 为搜索半径,寻找 t_0 内的小区需求点 j,对这些小区需求点 j 的人口数量用高斯函数进行衰减计算并求和,再求取单一出行方式下公园绿地供给点 i 的供需比 R_i。依据相关研究,15min 是大多居民到达公园绿地可接受的时间范围,因此,本文设置在步行模式下的 t_0 为 15min[38];居民搭乘公交或驾车到访公园绿地可接受的最大时间阈值 30min[53],因此,本文设置在公交和驾车出行模式下 t_0 为 30min[54]。相关计算公式如下:

$$R_{i-\mathrm{obj}} = \frac{S_{i-\mathrm{obj}}}{\sum\limits_{j\in(t_{ij}\leq t_0)} P_j W_{ij}} \tag{1}$$

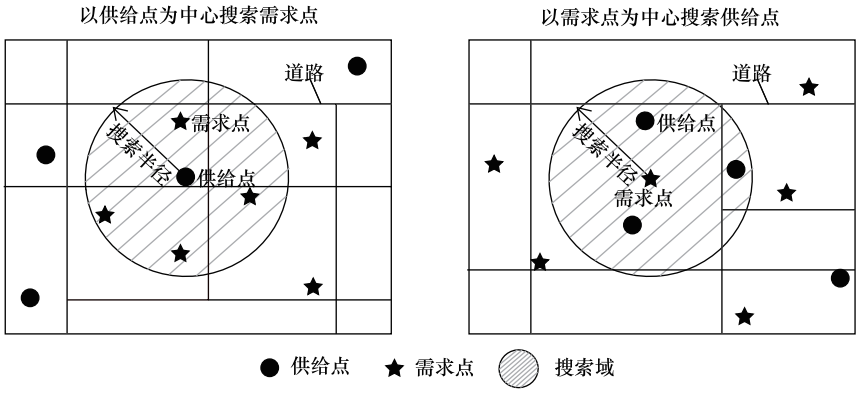

图 2 两步移动搜索法示意图

Fig.2 Schematic diagram of two-step floating catchment area method

$$R_{i-\mathrm{subj}} = \frac{S_{i-\mathrm{subj}}}{\sum\limits_{j\in(t_{ij}\leqslant t_0)} P_j W_{ij}} \tag{2}$$

其中,$R_{i-\mathrm{obj}}$和$R_{i-\mathrm{subj}}$分别表示公园绿地 i 的客观供需比和主观供需比,客观供给能力 $S_{i-\mathrm{obj}}$是公园绿地面积(单位:m^2),$S_{i-\mathrm{subj}}$主观供给能力是公园绿地的好评度,需求数量 P_j 是小区人口数(单位:人),W_{ij}是高斯衰减函数,t_{ij}为公园绿地供给点 i 到小区需求点 j 的步行时间、乘坐公共交通工具的时间、驾车时间,单位是 min。

$$W_{ij} = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{t_{ij}}{t_0}\right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1-e^{-\frac{1}{2}}} & (t_{ij}\leqslant t_0) \\ 0 & (t_{ij}>t_0) \end{cases} \tag{3}$$

第二步:以每一个小区需求点 j 为中心,t_0 为搜索半径,寻找 t_0 内的公园绿地供给点 i,将落在搜索域内的公园绿地的供需比赋予权重,而后对供需比进行加权求和,得到居民从小区到公园绿地的可达性 A_j,计算公式如下:

$$A_{j-\mathrm{obj}} = \sum_{i\in(t_{ji}\leqslant t_0)} W_{ji} \times R_{i-\mathrm{obj}} \tag{4}$$

$$A_{j-\mathrm{subj}} = \sum_{i\in(t_{ji}\in t_0)} W_{ji} \times R_{i-\mathrm{subj}} \tag{5}$$

$$W_{ji} = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{t_{ji}}{t_0}\right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1-e^{-\frac{1}{2}}} & (t_{ji}\leqslant t_0) \\ 0 & (t_{ji}>t_0) \end{cases} \tag{6}$$

其中,$A_{j-\mathrm{obj}}$是单一出行方式下居民从小区到公园绿地的客观可达性,表示人均公园绿地的面积(单位:m^2/人),$A_{j-\mathrm{subj}}$是单一出行方式下居民从小区到公园绿地的主观可达性,表示人均好评度。t_0 为搜索半径(单位:min),W_{ji}是高斯函数,t_{ji}为小区需求点 j 到公园绿地供给点 i 的步行时间或乘坐公共交通工具的时间或驾车时间。

1.3.2 多交通出行模式高斯两步移动搜索法

本文设定居民选择出行模式的优先等级为步行、公共交通和驾车。如果小区居民在 15min 内能通过步行达到公园绿地,则仅计算步行模式下的公园绿地可达性;倘若 15min 步行无法到达,则计算小区居民 30min 公交出行模式下的公园绿地可达性;若 15min 步行及 30min 公交均无法到达,则计算小区居民 30min 驾车出行模式下的公园绿地可达性[39]。

第一步,以每一公园绿地供给点 i 为中心,t_0 为搜索半径,分别寻找在步行(M_1)、公共交通(M_2)、驾车(M_3)3 种出行模式及其组合中的最优出行方案下 t_0 内的小区需求点 j,对这些小区需求点 j 的人口数量用高斯函数进行衰减计算并求和,再求取多出行模式下公园绿地供给点 i 的供需比 R_i,计算公式如下:

$$MR_{i-\mathrm{obj}} = \frac{S_{i-\mathrm{obj}}}{\sum\limits_{i\in t_{ij}(M_1)\leqslant t_0} P_{iM_1}\times W(t_{ij}(M_1),t_0) + \sum\limits_{i\in t_{ij}(M_2)\leqslant t_0} P_{iM_2}\times W(t_{ij}(M_2),t_0) + \sum\limits_{i\in t_{ij}(M_3)\leqslant t_0} P_{iM_3}\times W(t_{ij}(M_3),t_0)} \tag{7}$$

$$MR_{i-\mathrm{subj}} = \frac{S_{i-\mathrm{subj}}}{\sum\limits_{i\in t_{ij}(M_1)\leqslant t_0} P_{iM_1}\times W(t_{ij}(M_1),t_0) + \sum\limits_{i\in t_{ij}(M_2)\leqslant t_0} P_{iM_2}\times W(t_{ij}(M_2),t_0) + \sum\limits_{i\in t_{ij}(M_3)\leqslant t_0} P_{iM_3}\times W(t_{ij}(M_3),t_0)} \tag{8}$$

其中,$MR_{i-\mathrm{obj}}$是多交通出行模式下公园绿地供给点 i 的客观供需比,$MR_{i-\mathrm{subj}}$是多交通出行模式下公园绿地供给点 i 的主观供需比,$W(t_{ij}(M_k),t_0)$是第 k 种出行模式下公园绿地 i 到小区 j 的高斯函数,$k=1,2,3$ 分别表示步行、公共交通、驾车出行模式。P_{iM_1}、P_{iM_2}和 P_{iM_3}分别表示在 t_0 内通过步行、公共交通、驾车到达公园绿地 i 的小区 j 的人口数量。$S_{i-\mathrm{obj}}$和 $S_{i-\mathrm{subj}}$分别表示公园绿地的面积及公园绿地在携程网和大众点评中的好评度。

$$W_{ij}(t_{ij}(M_k),t_0) = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{t_{ij}(M_k)}{t_0}\right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1-e^{-\frac{1}{2}}} & (t_{ij}(M_k)\leqslant t_0) \\ 0 & (t_{ij}(M_k)>t_0) \end{cases} \tag{9}$$

第二步,以每个小区需求点为中心,t_0 为搜索半径,分别寻找在步行(M_1)、公共交通(M_2)、驾车(M_3)3 种出行模式下 t_0 内的公园绿地供给点 i,计算搜索域内各小区到达公园绿地的供需比之和,即为小区到公园绿地 i 的可达性:

$$MA_{j-\mathrm{obj}} = \sum_{i\in t_{ji}(M_1)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{obj}}\times W(t_{ji}(M_1),t_0) + \sum_{i\in t_{ji}(M_2)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{obj}}\times W(t_{ji}(M_2),t_0) + \sum_{i\in t_{ji}(M_3)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{obj}}\times W(t_{ji}(M_3),t_0) \tag{10}$$

$$MA_{j-\mathrm{subj}} = \sum_{i\in t_{ji}(M_1)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{subj}}\times W(t_{ji}(M_1),t_0) + \sum_{i\in t_{ji}(M_2)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{subj}}\times W(t_{ji}(M_2),t_0) + \sum_{i\in t_{ji}(M_3)\leqslant t_0} MR_{i-\mathrm{subj}}\times W(t_{ji}(M_3),t_0) \tag{11}$$

$$W_{ji}(t_{ji}(M_k),t_0) = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{t_{ji}(M_k)}{t_0}\right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1-e^{-\frac{1}{2}}} & (t_{ji}(M_k)\leqslant t_0) \\ 0 & (t_{ji}(M_k)>t_0) \end{cases} \tag{12}$$

其中,$MA_{j-\mathrm{obj}}$与 $MA_{j-\mathrm{subj}}$分别表示小区到公园绿地的客观可达性和主观可达性,t_0 为搜索半径(单位:min),$W(t_{ji}(M_2),t_0)$表示第 k 种出行模式下的小区 j 到公园绿地 i 的高斯函数,$k=1,2,3$ 分别表示步行、公共交通、驾车出行模式。

2　结果分析

2.1　不同出行模式下公园绿地可达性分析

2.1.1　不同出行模式下公园绿地客观可达性分析

通过计算小区不同出行模式下的公园绿地可达性发现,分别有 79.46%和 46.60%的小区在 15min 步行的时间范围内和 30min 乘坐公交的时间范围内不能有效享受公园绿地的游憩休闲服务;然而仅有 0.39%的小区在 30min 驾车的时间范围内不能享有公园绿地的服务。小区居民在 30min 驾车出行模式下的公园绿地可达性远高于 15min 步行出行及 30min 公交出行,公园绿地的空间配置仍存在不合理和不公平的问题。

从各小区到公园绿地的客观可达性空间分布特征来看,不同交通出行模式下公园绿地客观可达性存在显

著差异(图 3)。15min 步行的时间阈值内,小区到公园绿地的可达性的高值区并非集中分布在中心城区,而是位于中心城区的边缘县域,尤其是位于福州贵安新天地休闲旅游度假区周边的小区居民享有更高的公园绿地可达性。公交出行模式下,位于福州贵安新天地休闲旅游度假区周边的小区到公园绿地的可达性仍为高值区,位于中心城区和平潭岛的小区到公园绿地的可达性相较于步行出行模式有所提升,如位于南江滨生态园及平潭海岛国家森林公园附近的小区。驾车出行模式下,小区的公园绿地可达性的低值区明显减少,但位于中心城区的小区的公园绿地可达性仍非最高。驾车 30min 内的公园绿地可达性高的小区位于福州旗山森林国家旅游区、福州国家森林公园、鼓山风景区及闽江河口国家湿地公园附近。综合多种出行模式的可达性的空间分布特征与驾车出行模式下绿地可达性的空间分布特征存在相似性,中心城区的小区居民到公园绿地可达性均较低,而公园绿地可达性的高值区均位于福州旗山森林国家旅游区附近的小区。

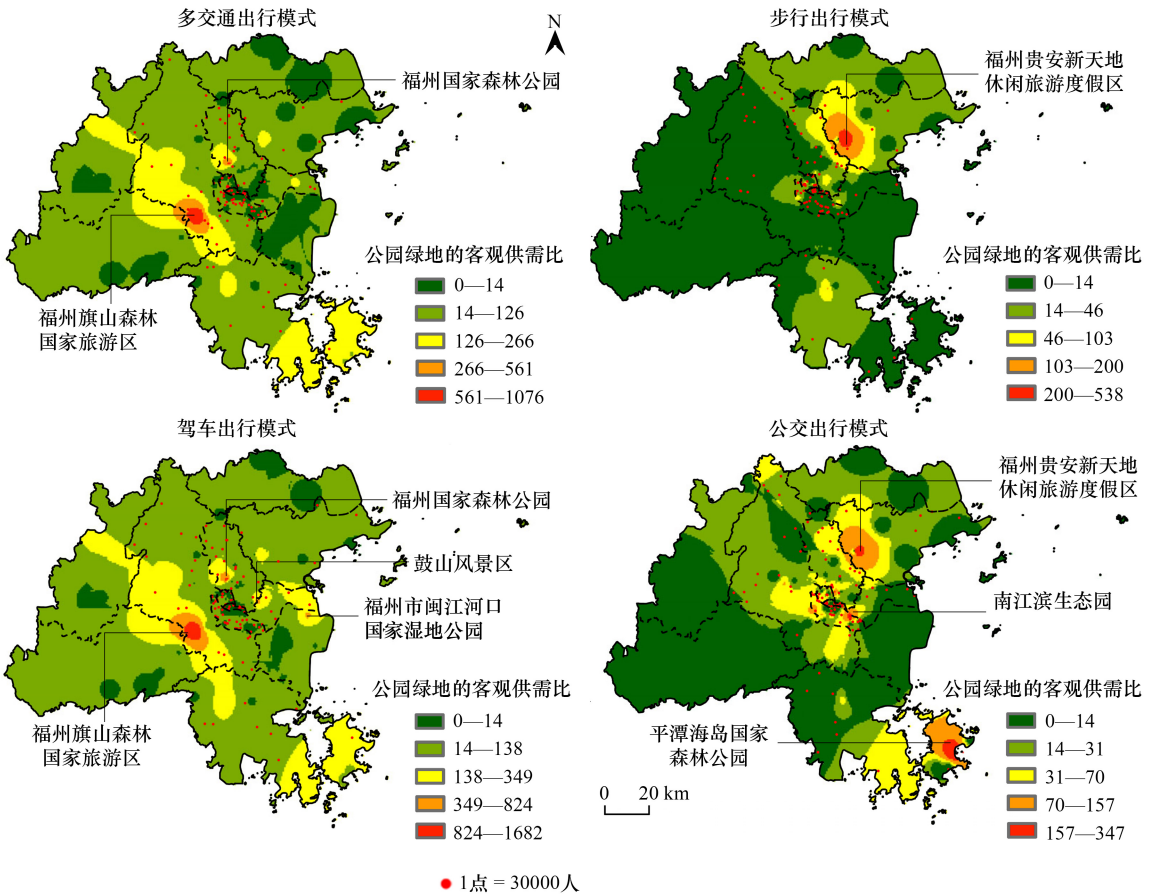

图 3 不同出行模式下的公园绿地客观可达性空间分布图

Fig.3 Spatial distribution of objective accessibility of green parks under different travel modes

从不同交通出行模式下的公园绿地供需比来看,福州市不同公园绿地的客观供需比差异较大,驾车出行模式下客观供需比高的公园绿地数量最多,公交出行模式下次之,步行出行模式下客观供需比高的公园绿地最少,三种出行模式下客观供需比都高的公园绿地屈指可数。其中,福州贵安新天地休闲旅游度假区在 15min 步行及 30min 公交出行时间范围内的客观供需比最高;福州旗山森林国家旅游区在 30min 驾车及 30min 公交出行时间范围内的客观供需比最高,福州国家森林公园次之(图 4)。客观供需比高的公园绿地大多位于中心城区边缘的县域。中心城区的公园绿地规模小,对周边小区的供给服务有限,加之中心城区人口密集,各小区对公园绿地的需求量大,其客观供需比相应较小。提高居民 15min 步行及 30min 公交出行模式下的公园绿地客观可达性显得尤为必要。

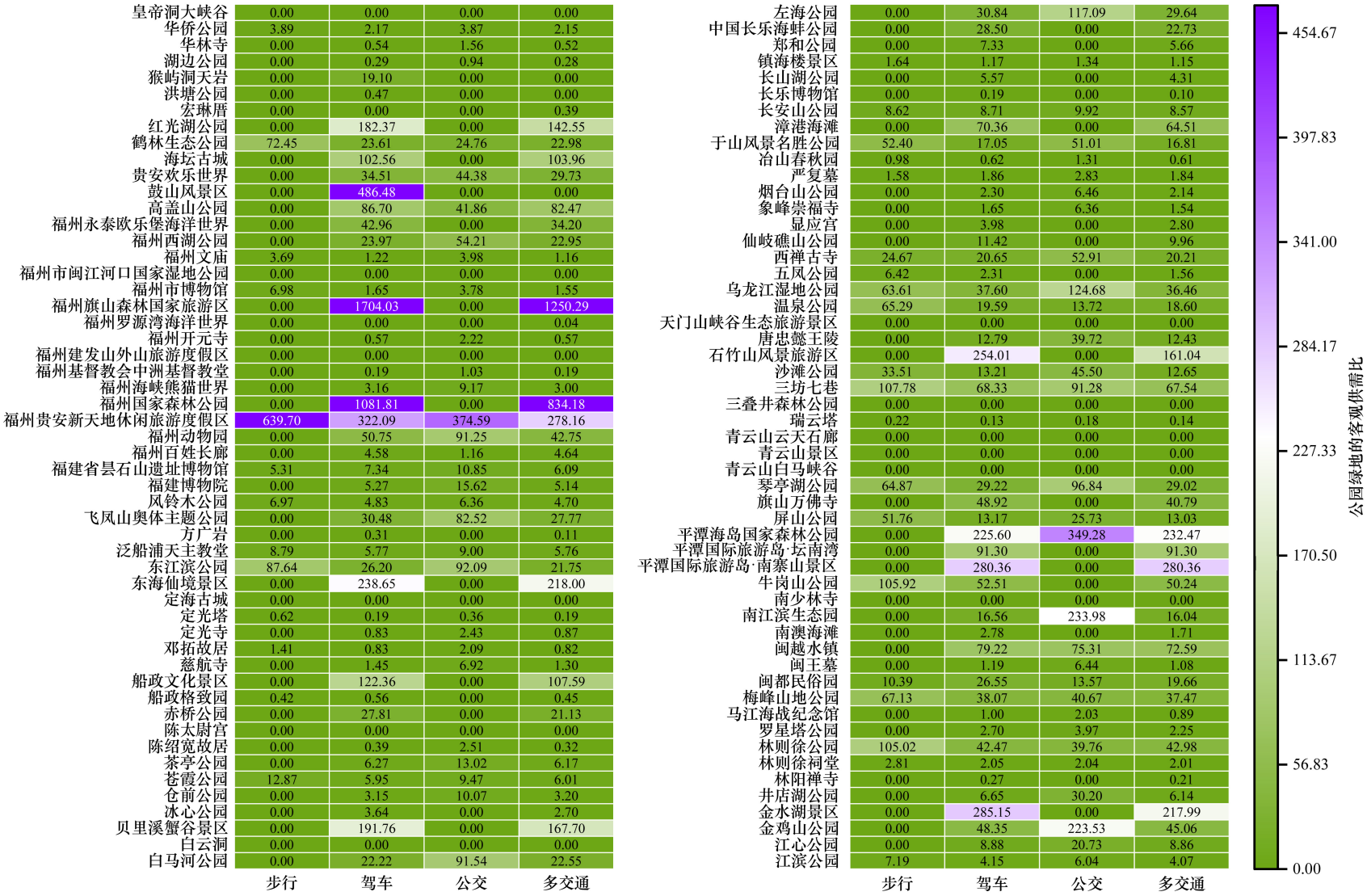

图4　不同出行模式下的各公园绿地客观供需比热力图

Fig.4　Heat map of objective supply and demand ratio of green parks under different travel modes

2.1.2 不同出行模式下公园绿地主观可达性分析

好评度可以体现公园绿地的服务质量,并影响居民对于公园绿地的游憩选择。通过分析携程网及大众点评的网络评论发现,福州市好评度排名前 10 的公园绿地包括三坊七巷(鼓楼区)、福州罗源湾海洋世界(罗源县),鼓山风景区(晋安区)、福州西湖公园(鼓楼区)、福州国家森林公园(晋安区)、于山风景名胜公园(鼓楼区)、石竹山风景旅游区(福清市)、海坛古城(平潭岛)、林则徐祠堂(鼓楼区)、闽越水镇(闽侯县)(图 5)。好评度排名前 10 的公园绿地中有 6 个公园绿地位于中心城区。

图 5 福州市公园绿地好评度

Fig.5 The residents' satisfaction with the green parks in Fuzhou City

将网络好评度作为公园绿地的供给能力,测度不同交通出行模式下公园绿地的主观可达性。运用反距离权重插值法对公园绿地主观可达性进行空间分析,发现不同出行模式下的公园绿地主观可达性与客观可达性存在显著差异。在客观层面,小区到公园绿地的客观可达性高值区大多位于中心城区周边的县域,客观可达性低值的范围更小;而在主观层面,小区到公园绿地的主观可达性高值区大多位于中心城区,主观可达性低值的范围更大。15min 步行及 30min 乘坐公交的条件下,小区到公园绿地的主观可达性的高值区均主要分布在三坊七巷附近;30min 驾车出行条件下,小区到公园绿地的主观可达性的高值区主要分布在三坊七巷、闽越水镇、国家森林公园、福州永泰欧乐堡海洋世界及海坛古城附近。多交通出行模式下,公园绿地的主观可达性高值区主要分布在福州国家森林公园和三坊七巷附近的小区(图 6)。其中,三坊七巷是福州市是国内现存规模最大、保护较为完整的历史文化街区,有“中国城市里坊制度活化石”和“中国明清建筑博物馆”的美称,广受大众推崇,游览和文化研究价值高,居民或游客更倾向于选择此种广受好评的公园绿地;林则徐祠堂和于山风景名胜公园虽然好评度稍显逊色,但其周边配备有商业综合体,公共服务设施完善,交通设施条件好,是居民茶余饭后休闲漫步的好地方。与此同时,虽然福州罗源湾海洋世界、鼓山风景区好评度排名前 10,但其在步行、驾车、公共交通出行模式下的可达性并没有排前 10,因其距离小区较远,在 30min 时间阈值下难以到达。

从公园绿地的主观供需比来看,15min 步行出行范围主观供需比为零的公园绿地远多于 30min 驾车及 30min 公交出行范围内的公园绿地数量。15min 步行出行范围内,主观供需比较高的公园绿地包括三坊七巷、于山风景名胜公园;30min 驾车出行范围内,主观供需比较高的公园绿地包括三坊七巷、福州国家森林公园;30min 公交出行范围内,主观供需比较高的公园绿地包括三坊七巷、于山风景名胜公园(图 7)。其中,这些公园绿地均位于福州市的中心城区,尽管中心城区的人口需求量大,但中心城区交通条件更为便利,且这些公园绿地自身的供给服务能力强,服务质量高,能满足居民及游客的多元化需求。

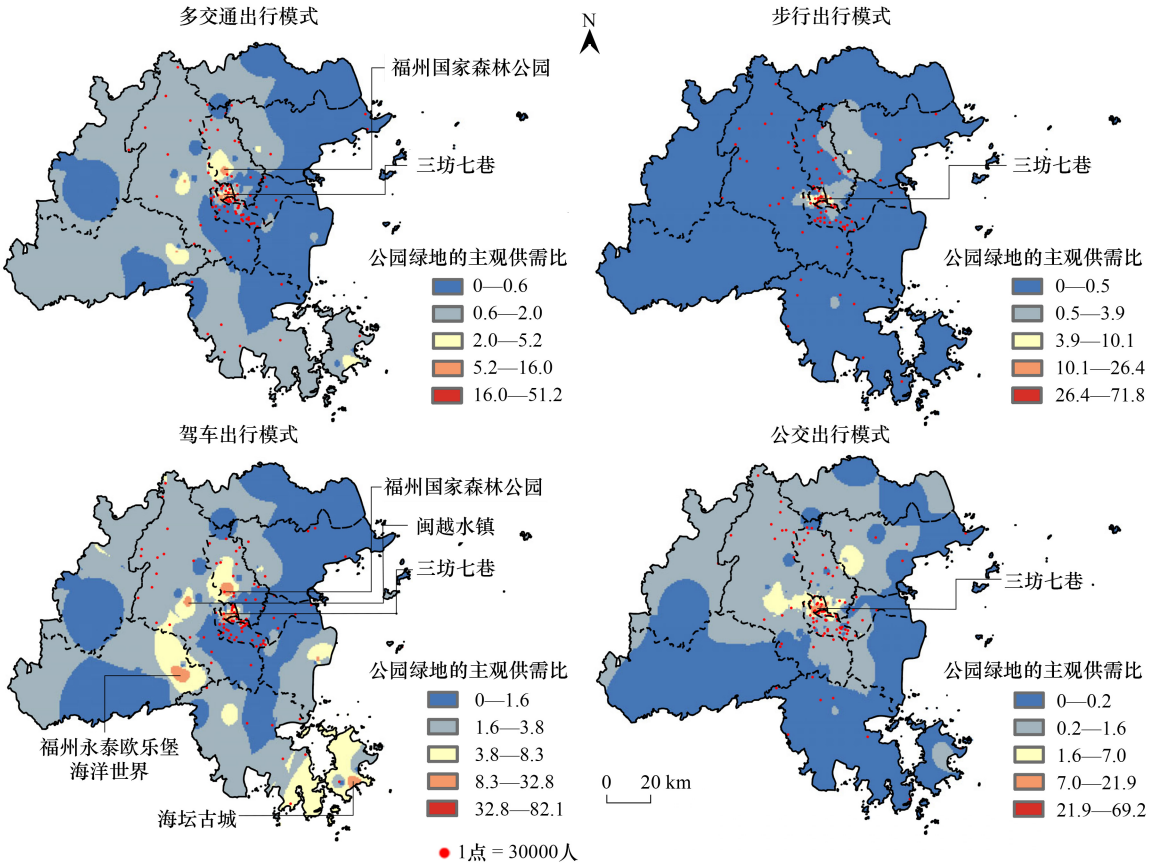

图 6　不同出行模式下的公园绿地主观可达性空间分布图

Fig.6　Spatial distribution of subjective accessibility of green parks under different travel modes

2.2　不同出行模式下县域公园绿地主客观供需分析

本文进一步以县域为分析单元,分区统计各县域的主客观供需比,发现不同出行模式下各县域公园绿地的主客观供需比差异大,存在供需不匹配现象。根据人口密度和供需比,将县域划分为四种类型,分别是供给大于需求型县域、低水平供需平衡型县域、高水平供需平衡型县域、供给小于需求型县域。供给大于需求型县域是指低人口密度但高供需比的县域,低水平供需平衡型县域是指低人口密度且低供需比的县域,高水平供需平衡型县域是指高密度人口且高供需比的县域,供给小于需求型县域是指高密度人口但低供需比的县域。

福州市的中心城区包括鼓楼区、台江区、仓山区、晋安区、马尾区和长乐区。截至 2021 年,仓山区(7794 人/km^2)、鼓楼区(18852 人/km^2)、台江区(22945 人/km^2)是超过福州市人口密度平均值(4290 人/km^2)的县域,属高人口密度县域,福州市其他县域属低人口密度县域。将公园绿地供需比超过平均值定义为高供需比,将公园绿地供需比低于平均值定义为低供需比。从公园绿地的客观供需情况看,15min 步行及 30min 公交出行模式下高人口密度县域的公园绿地客观供需比较高,但 30min 驾车出行范围内高人口密度县域的公园绿地客观供需比较低。在 15min 步行出行模式下,仅鼓楼区属公园绿地高水平供需平衡型县域;在 30min 公交出行模式下,仅鼓楼区和仓山区属公园绿地高水平供需平衡型县域;在多交通出行和驾车出行模式下,无公园绿地高水平供需平衡型县域(表 1、图 8)。公交及驾车出行由于固定路线、停靠站等原因导致位于中心城区的高人口密度县域公园绿地的可达性较低[55],少数 15min 步行可达的公园绿地易出现供不应求的现象。

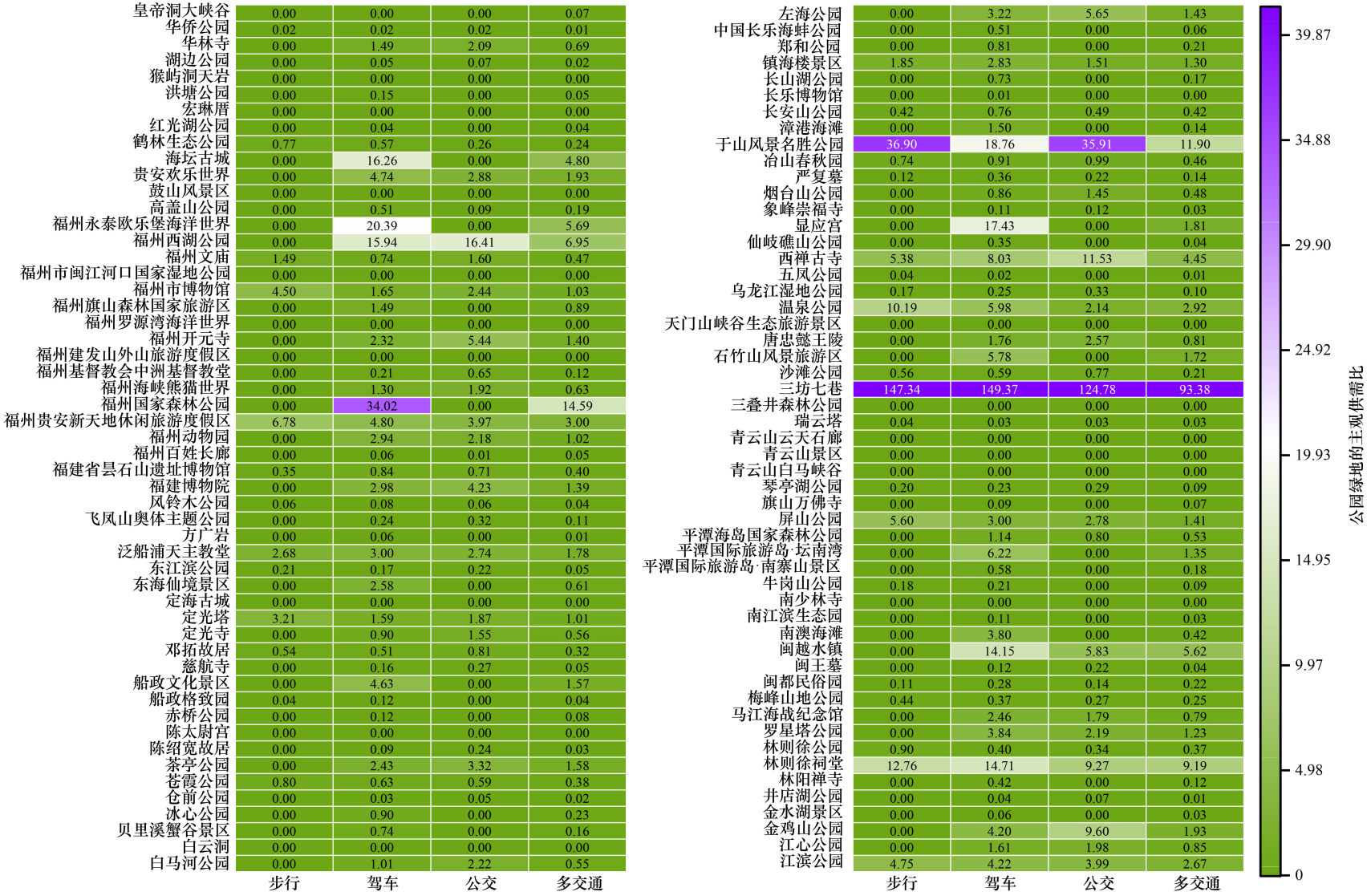

图7 不同出行模式下的各公园绿地主观供需比热力图

Fig.7 Heat map of subjective supply and demand ratio of green parks under different travel modes

表 1　福州市各县域公园绿地客观供需情况

Table 1　The objective supply and demand of green parks in different counties of Fuzhou City

县域数量及名称 Number and name of counties	高水平供需平衡型 High-level balance of supply and demand	供给大于需求型 Supply exceeds demand	供给小于需求型 Demand exceeds supply	低水平供需平衡型 Low-level balance of supply and demand
多交通出行模式 Multiple traffic modes	0	6(晋安区、闽侯县、闽清县、永泰县、福清市、平潭岛)	3(鼓楼区、台江区、仓山区)	4(连江县、罗源县、马尾区、长乐区)
步行 Walking	1(鼓楼区)	4(晋安区、连江县、罗源县、福清市)	2(仓山区、台江区)	6(闽侯县、长乐区、马尾区、闽清县、永泰县、平潭岛)
驾车 Driving	0	7(晋安区、马尾区、闽清县、永泰县、福清市、闽侯县、平潭岛)	3(鼓楼区、台江区、仓山区)	3(连江县、罗源县、长乐区)
公交出行 Public transportation	2(鼓楼区、仓山区)	3(晋安区、连江县、平潭岛)	1(台江区)	7(闽侯县、闽清县、永泰县、长乐区、马尾区、福清县、罗源县)

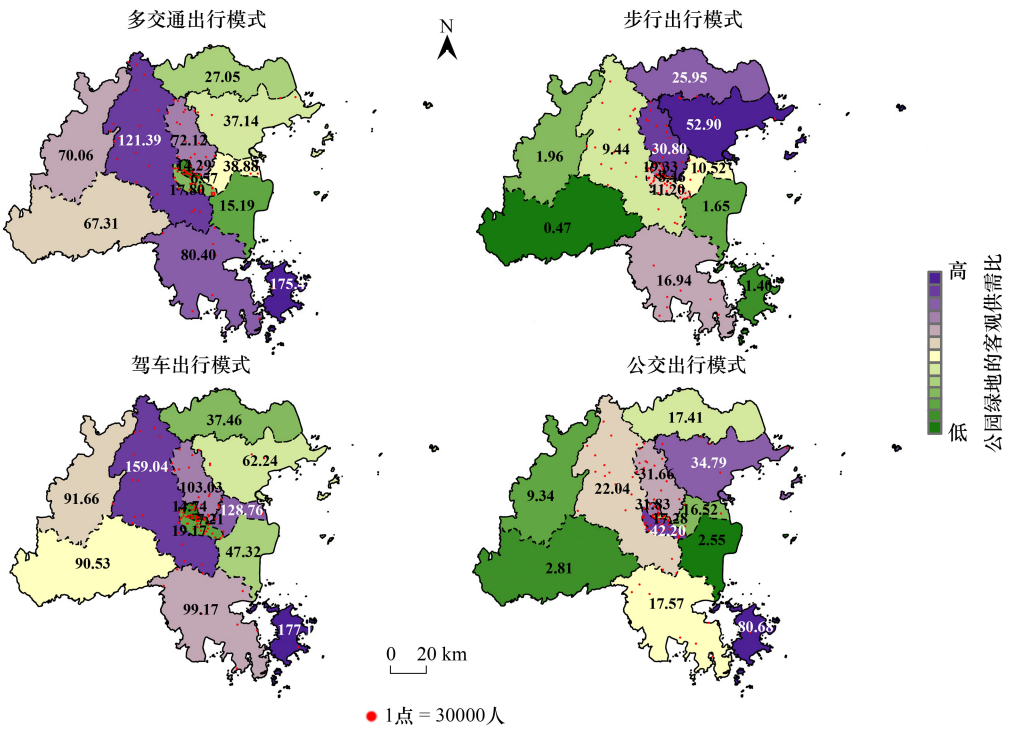

图 8　不同出行模式下各县域公园绿地客观供需比分布

Fig.8　The objective supply and demand ratio of green parks in different counties under different travel modes

从各县域的公园绿地主观供需情况看,高人口密度的鼓楼区和台江区在 15min 步行、30min 驾车及 30min 公交出行模式下均属公园绿地高水平供需平衡型,而仓山区则属供给小于需求型。仓山区的公共交通条件及公园绿地的服务质量仍有待进一步改善和提高。鼓楼区和台江区尽管人口稠密,对于公园绿地的需求量大,但其建设的公园绿地品质好,不仅满足当地居民的游憩休闲服务的日常需要,还能吸引并服务外来游客。在 15min 步行、30min 驾车及 30min 公交出行模式下,位于中心城区的马尾区、长乐区及其他县域(除平潭岛)均属公园绿地低水平供需型县域,晋安区和平潭岛在 30min 驾车出行模式下属供给大于需求型县域,但在 15min 步行及 30min 公交出行模式下属供给小于需求型(表 2、图 9)。

表 2 福州市各县域公园绿地主观供需情况

Table 2 The subjective supply and demand status of green parks in different counties of Fuzhou City

县域数量及名称 Number and name of counties	高水平供需平衡型 High-level balance of supply and demand	供给大于需求型 Supply exceeds demand	供给小于需求型 Demand exceeds supply	低水平供需平衡型 Low-level balance of supply and demand
多交通出行模式 Multiple traffic modes	2(鼓楼区、台江区)	2(晋安区、平潭岛)	1(仓山区)	8(连江县、罗源县、马尾区、长乐区、福清市、闽侯县、闽清县、永泰县)
步行 Walking	2(鼓楼区、台江区)	0	1(仓山区)	10(晋安区、马尾区、长乐区、闽侯县、闽清县、福清市、罗源县、连江县、平潭岛、永泰县)
驾车 Driving	2(鼓楼区、台江区)	2(晋安区、平潭岛)	1(仓山区)	8(连江县、罗源县、马尾区、长乐区、福清市、闽侯县、闽清县、永泰县)
公交出行 Public transportation	2(鼓楼区、台江区)	0	1(仓山区)	10(晋安区、马尾区、长乐区、闽侯县、闽清县、福清市、罗源县、连江县、平潭岛、永泰县)

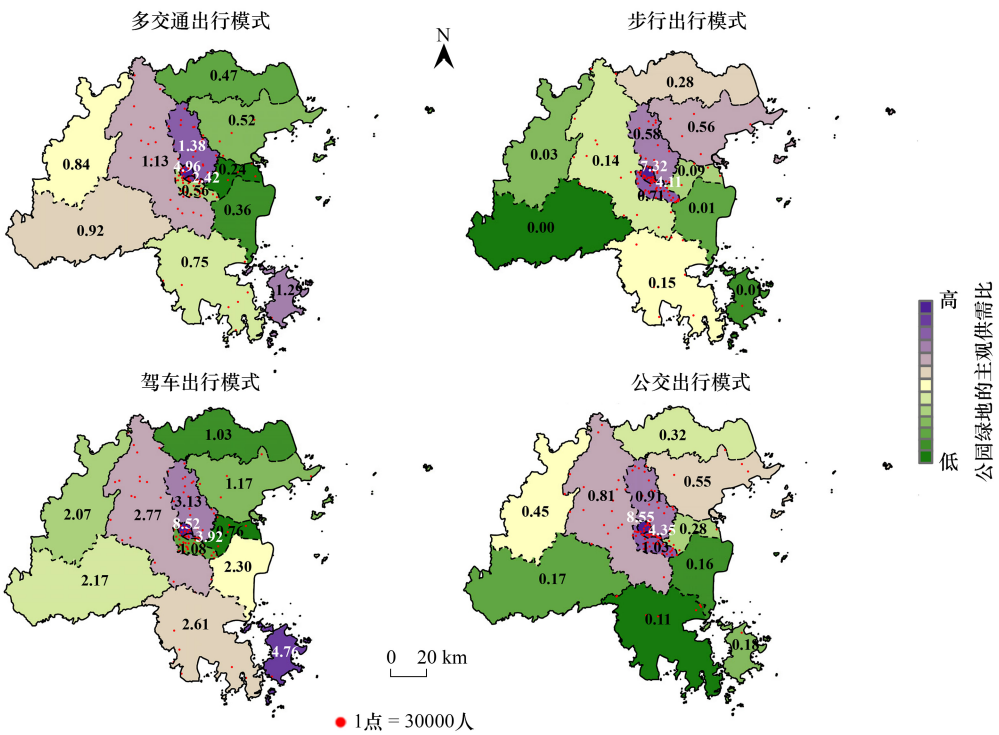

图 9 不同出行模式下各县域公园绿地主观供需比分布

Fig.9 The subjective supply and demand ratio of green parks in different counties under different travel modes

2.3 不同出行模式下各公园绿地的主客观供需组合类型识别

为分析各公园绿地主客观供需间的匹配程度,对公园绿地进行分类。将主客观供需比大于平均值的归为高主客观供需比,小于平均值的归为低主客观供需比。主客观供需比的组合类型进一步划分为高客观供需比-高主观供需比、高客观供需比-低主观供需比、低客观供需比-低主观供需比、低客观供需比-高主观供需比四种类型。15min 步行出行模式下,高客观供需比-高主观供需比的公园绿地共 6 个,占 5.66%;高客观供需比-低主观供需比的公园绿地共 8 个,占 7.55%;低客观供需比-低主观供需比的公园绿地共 87 个,占82.07%;低客观供需比-高主观供需比的公园绿地有 5 个,占 4.72%。30min 驾车出行模式下,高客观供需比-高主观供需比的公园绿地共 8 个,占 7.55%,高客观供需比-低主观供需比的公园绿地共 10 个,占 9.43%,低客观供需

比-低主观供需比的公园绿地共 78 个,占 73.59%,低客观供需比-高主观供需比的公园绿地共 10 个,占9.43%。30min 公共交通出行模式下,高客观供需比-高主观供需比的公园绿地有 9 个,占 8.49%,高客观供需比-低主观供需比的公园绿地共 14 个,占 13.21%,低客观供需比-低主观供需比的公园绿地有 76 个,占 71.70%,低客观供需比-高主观供需比的公园绿地共 7 个,占公园绿地总数的 6.60%。多交通出行模式下,高客观供需比-高主观供需比的公园绿地有 5 个,仅占 4.72%,高客观供需比-低主观供需比的公园绿地共 13 个,占 12.27%,低客观供需比-低主观供需比的公园绿地有 80 个,占公园绿地总数的 75.47%,低客观供需比-高主观供需比的公园绿地共 8 个,占 7.54%(图 10、表 3)。在步行、驾车、公交三种出行模式下,不到 10%的公园绿地属高客观供需比-高主观供需比型公园绿地,超过 70%的公园绿地属低客观供需比-低主观供需比类型公园绿地。唯有三

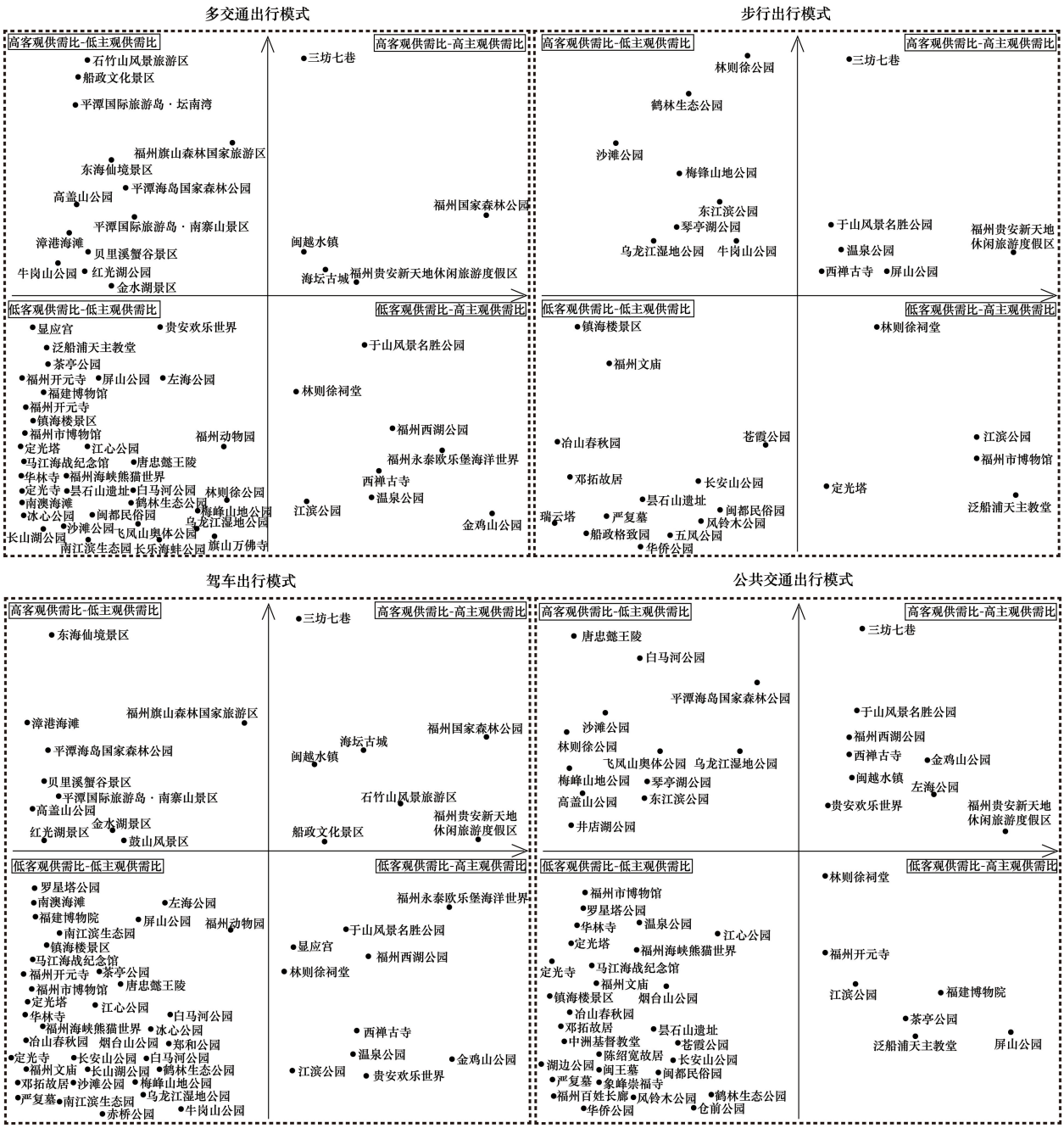

图 10　不同出行模式下公园绿地供需比组合分类图

Fig.10　Classification of subjective and objective supply and demand ratio of green parks under different travel modes

坊七巷和福州贵安新天地休闲旅游度假区是 15min 步行、30min 驾车及 30min 公交出行模式下均为高客观供需比-高主观供需比的公园绿地。西禅古寺和于山风景名胜公园属 15min 步行和 30min 公共交通出行模式下的高客观供需比-高主观供需比型公园绿地。

表 3 不同出行模式下公园绿地主客观供需分类统计表

Table 3 The classification statistical table of subjective and objective supply and demand ratio of green parks under different travel modes

公园绿地的数量 Number of green parks	步行 Walking	驾车 Driving	公共交通 Public transportation	多交通模式 Multiple traffic modes
高客观供需比-高主观供需比 High objective supply-demand ratio and high subjective supply-demand ratio	6	8	9	5
高客观供需比-低主观供需比 High objective supply-demand ratio and low subjective supply-demand ratio	8	10	14	13
低客观供需比-高主观供需比 Low objective supply-demand ratio and high subjective supply-demand ratio	5	10	7	8
低客观供需比-低主观供需比 Low objective supply-demand ratio and low subjective supply-demand ratio	87	78	76	80

3 结论与讨论

3.1 结论

随着生态文明、以人为本等发展理念普及,城市可持续发展不仅需要关注公园绿地的数量及空间分配,更需重视居民能否便捷享有高品质公园绿地服务。因此,本文以国家园林城市福州市为例,运用高斯两步移动搜索法,分别测度不同交通出行模式下公园绿地客观和主观可达性,分析各县域公园绿地的客观和主观供需情况,并依据主客观供需比识别公园绿地的类型,可为城市公园绿地供需关系研究提供新思路,有助于城市公园绿地的合理配置,协同提升居民福祉及城市生态环境。本文结论如下:

(1)不同交通出行模式下的小区的公园绿地客观可达性存在显著差异。30min 驾车出行模式下的公园绿地客观可达性高于 15min 步行及 30min 公交出行模式下的客观可达性。小区的公园绿地可达性高值区并非分布在中心城区,而是位于中心城区周边的县域。中心城区尽管具有更为便利的交通条件,但公园绿地的需求量过大,导致各小区享受的公园绿地服务更为有限。高客观供需比的公园绿地数量少,以福州贵安新天地休闲旅游度假区、福州国家森林公园、福州旗山森林国家旅游区为代表,具有公园绿地规模大,客观供给服务能力强的特征。

(2)不同交通出行模式下的小区的公园绿地主观可达性存在空间差异,但差异较小。与客观可达性不同的是,在 15min 步行、30min 驾车及 30min 公交出行模式下,小区的公园绿地主观可达性高值区均位于中心城区。高主观供需比的公园绿地更多分布在中心城区,其中以三坊七巷、福州国家森林公园为代表,具有广受民众喜爱及综合服务质量高的特点。虽然中心城区人口稠密,对于公园绿地的需求量大,但好评度高的公园绿地能够提供更高品质的游憩服务和满足居民及游客的多元化需求。

(3)在 15min 步行、30min 驾车及 30min 公交出行模式下高人口密度县域存在公园绿地客观供给小于需求的问题,人口密度较低的县域存在公园绿地客观供给大于需求和客观供需低的情况。与公园绿地客观供需情况不同的是,更多位于中心城区高人口密度县域的公园绿地的主观供给水平与需求水平相匹配,以鼓楼区和台江区为典型代表,具有公共交通便利及经济发展水平较高的特征。人口密度较低的县域的公园绿地更多表现为主观供给能力低且人口需求低的特征。

(4)在步行、驾车、公共交通出行模式下,主客观供需比都高的景点仅有三坊七巷和福州贵安新天地休闲旅游度假区,不到 10%的公园绿地属高客观供需比-高主观供需比类型,超过 70%的公园绿地属低客观供需

比-低主观供需比类型。在城市存量规划与发展的当下,注重合理配置公园绿地数量及分布的同时,更需结合居民主观感知提升公园绿地品质,以打造更具吸引力和符合多元化居民游憩需求的公园绿地。

3.2　讨论

本文在测度小区不同交通出行模式下公园绿地客观可达性的基础上,尝试将居民对于公园绿地的主观满意度融入两步移动搜索法,探讨小区的公园绿地主观可达性,进一步丰富和拓展了公园绿地可达性和供需匹配研究的思路。此外,本文揭示了不同县域的公园绿地主观和客观供需匹配情况,并基于主观和客观供需比识别公园绿地类型,为福州市城市绿地优化发展、提质升级及调控管理提供参考。但本文忽略了不同社会属性特征的居民对于公园绿地可达性的需求差异,如老年人能接受的出行时间成本较低。今后研究可进一步考虑不同群体对公园绿地的使用意愿和需求。另外,本文初步结合网络评论数据分析公园绿地的主观供需匹配情况,未来需要更多实证研究多维度评价公园绿地供给能力,以全面衡量公园绿地品质,为促进公园绿地高质量发展奠定基础。

参考文献(References):

[1] Huang Z H, Du X J. Urban land expansion and air pollution: evidence from China. Journal of Urban Planning and Development, 2018, 144(4): 1-10.

[2] 赵芮, 申鑫杰, 田国行, 郭煜琛, 何瑞珍. 郑州市公园绿地景观特征对公园冷岛效应的影响. 生态学报, 2020, 40(9): 2886-2894.

[3] 焦敏, 周伟奇, 钱雨果, 王佳, 郑重, 胡潇方, 王伟民. 斑块面积对城市绿地降温效应的影响研究进展. 生态学报, 2021, 41(23): 9154-9163.

[4] 杨文越, 杨如玉, 李晖. 绿地与居民超重肥胖之间关系的 Meta 分析. 生态学报, 2022, 42(10): 4284-4299.

[5] 杨河. 我国城市公园建设、开发的现状与对策. 西安联合大学学报, 1999, 2(2): 89-94.

[6] Zhang W T, Li S, Gao Y X, Liu W P, Jiao Y K, Zeng C, Gao L, Wang T W. Travel changes and equitable access to urban parks in the post COVID-19 pandemic period: evidence from Wuhan, China. Journal of Environmental Management, 2022, 304: 114217.

[7] 刘志强, 刘俪胤, 王俊帝, 洪亘伟. 中国公园绿地与城市人口、建设用地发展关系分析. 风景园林, 2020, 27(8): 120-125.

[8] 王春晓, 黄舒语, 邓孟婷, 魏伟. 供需耦合协调视角下高密度城市公园绿地公平性研究——以深圳龙华区为例. 中国园林, 2023, 39(1): 79-84.

[9] 李博, 宋云, 俞孔坚. 城市公园绿地规划中的可达性指标评价方法. 北京大学学报: 自然科学版, 2008, 44(4): 618-624.

[10] 肖华斌, 何心雨, 王玥, 王洁宁, 姜芊孜. 城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展——基于生态系统服务供需匹配视角. 生态学报, 2021, 41(12): 5045-5053.

[11] 王甫园, 王开泳, 刘汉初. 珠三角城市群生态空间游憩服务供需匹配性评价与成因分析——基于改进的两步移动搜寻法. 生态学报, 2020, 40(11): 3622-3633.

[12] 刘影, 张小勇, 徐铭嘉, 郭美萱, 彭安琪, 余传婷, 殷炜达. 供需协同视角下公园绿地空间分异特征研究——以北京市朝阳区为例. 城市发展研究, 2022, 29(2): 12-19.

[13] 任家怿, 王云. 基于改进两步移动搜索法的上海市黄浦区公园绿地空间可达性分析. 地理科学进展, 2021, 40(5): 774-783.

[14] Gupta K, Roy A, Luthra K, Maithani S, Mahavir. GIS based analysis for assessing the accessibility at hierarchical levels of urban green spaces. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 18: 198-211.

[15] 王静文, 雷芸, 梁钊. 基于空间句法的多尺度城市公园可达性之探讨. 华中建筑, 2013, 31(12): 74-77.

[16] 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. 山东建筑大学学报, 2011, 26(6): 519-523.

[17] 郑銮娟, 肖童, 刘晔, 覃茹婧, 柴力行, 姚江春. 基于多出行模式两步移动搜索法的东莞市小学空间可达性研究. 地理科学进展, 2023, 42(7): 1341-1354.

[18] 赵洋, 徐枫, 万义良. 基于改进引力模型的公园绿地空间可达性及供需平衡分析方法. 地球信息科学学报, 2022, 24(10): 1993-2003.

[19] 张金光, 赵兵. 城市公园可达性研究演进与领域动态. 现代城市研究, 2020, 35(8): 2-10.

[20] 仝德, 孙裔煜, 谢苗苗. 基于改进高斯两步移动搜索法的深圳市公园绿地可达性评价. 地理科学进展, 2021, 40(7): 1113-1126.

[21] Radke J, Mu L. Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. Annals of GIS, 2000, 6(2): 105-112.

[22] 陶卓霖, 程杨. 两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展. 地理科学进展, 2016, 35(5): 589-599.

[23] Luo W, Qi Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. Health & Place, 2009, 15(4): 1100-1107.

[24] 陶卓霖, 程杨, 戴特奇. 北京市养老设施空间可达性评价. 地理科学进展, 2014, 33(5): 616-624.

[25] Wang F H, Tang Q A. Planning toward equal accessibility to services: a quadratic programming approach. Environment and Planning B: Planning and Design, 2013, 40(2): 195-212.

[26] Dai D J. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: where to intervene? Landscape and Urban Planning, 2011, 102(4): 234-244.
[27] Dai D J. Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit. Health & Place, 2010, 16(5): 1038-1052.
[28] Luo W, Whippo T. Variable Catchment sizes for the two-step floating catchment area (2SFCA) method. Health & Place, 2012, 18(4): 789-795.
[29] McGrail M R, Humphreys J S. Measuring spatial accessibility to primary health care services: utilising dynamic catchment sizes. Applied Geography, 2014, 54: 182-188.
[30] Jamtsho S, Corner R, Dewan A. Spatio-temporal analysis of spatial accessibility to primary health care in Bhutan. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2015, 4(3): 1584-1604.
[31] Wan N, Zou B, Sternberg T. A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. International Journal of Geographical Information Science, 2012, 26(6): 1073-1089.
[32] Delamater P L. Spatial accessibility in suboptimally configured health care systems: a modified two-step floating catchment area (M2SFCA) metric. Health & Place, 2013, 24: 30-43.
[33] Luo J. Integrating the huff model and floating catchment area methods to analyze spatial access to healthcare services. Transactions in GIS, 2014, 18(3): 436-448.
[34] Ngui A N, Apparicio P. Optimizing the two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility to medical clinics in Montreal. BMC Health Services Research, 2011, 11(1): 1-12.
[35] Mao L, Nekorchuk D. Measuring spatial accessibility to healthcare for populations with multiple transportation modes. Health & Place, 2013, 24: 115-122.
[36] Fransen K, Neutens T, De Maeyer P, Deruyter G. A commuter-based two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility of daycare centers. Health & Place, 2015, 32: 65-73.
[37] 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. 资源科学, 2017, 39(3): 430-440.
[38] 杨文越, 李昕, 陈慧灵, 曹小曙. 基于多出行模式两步移动搜索法的广州多尺度绿地可达性与公平性研究. 生态学报, 2021, 41(15): 6064-6074.
[39] 张婧远, 陈培育. 面向城市公园的感知可达性研究进展述评与人本规划思潮下的应用启示. 国际城市规划, 2021, 36(5): 96-103.
[40] Ingram D R. The concept of accessibility: a search for an operational form. Regional Studies, 1971, 5(2): 101-107.
[41] Pot F J, van Wee B, Tillema T. Perceived accessibility: what it is and why it differs from calculated accessibility measures based on spatial data. Journal of Transport Geography, 2021, 94: 103090.
[42] Lotfi S, Koohsari M J. Analyzing accessibility dimension of urban quality of life: where urban designers face duality between subjective and objective reading of place. Social Indicators Research, 2009, 94(3): 417-435.
[43] Pot F J, Koster S, Tillema T. Perceived accessibility in Dutch rural areas: bridging the gap with accessibility based on spatial data. Transport Policy, 2023, 138: 170-184.
[44] 陈樟昊, 黄甘霖. 城市绿地供需的差异与联系研究进展. 应用生态学报, 2020, 31(11): 3925-3934.
[45] 刘春济, 高静. 大都市滨水区感知可达性的维度结构及其关系——以上海市浦江滨水区为例. 城市问题, 2017, 269(12): 33-39.
[46] 黄硕, 郑宇, 成林莉, 季春悦, 王姗, 董建文. 基于景观偏好的城市公园景观健康效益评价机制研究. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2022, 46(5): 221-228.
[47] 武瑞娟, 李佩毓, 韩云. 评论者专长对酒店评论有用性影响研究——一项基于携程网酒店负面评论的研究. 旅游科学, 2023, 37(1): 93-115.
[48] 张艳辉, 高云帆. 在线声誉水平对消费者关注度的影响: 对大众点评的实证分析. 中国管理科学, 2022, 30(8): 277-292.
[49] 李淑君, 司艳宇. 基于携程网评的无人酒店顾客满意度影响因素分析——以浙江省杭州菲住布渴酒店为例. 西部旅游, 2023(10): 40-42, 45.
[50] 孙佳欣, 王亚群, 张秋娈. 基于携程网网络游记的洛阳市游客满意度研究. 市场论坛, 2021(6): 88-95.
[51] 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. 应用生态学报, 2016, 27(9): 2831-2838.
[52] 韩姝尧, 何荣晓, 王菲, 张乐, 周鹏. 基于高斯两步移动搜索法的城市绿色空间可达性研究. 现代园艺, 2022, 45(7): 54-56.
[53] 何明卫, 寸议鹏, 石庄彬, 何保红. 小汽车用户通勤时间容忍阈值的特征及影响因素. 深圳大学学报: 理工版, 2021, 38(4): 340-346.
[54] 陈佑淋, 余珮珩, 李志刚, 王静, 陈奕云. 基于 SDG11 的城市绿地环境公平测度——以武汉市中心城区为例. 地理与地理信息科学, 2021, 37(4): 81-89.
[55] 浩飞龙, 张浩然, 王士君. 基于多交通模式的长春市公园绿地空间可达性研究. 地理科学, 2021, 41(4): 695-704.