

地理科学
Scientia Geographica Sinica
ISSN 1000-0690, CN 22-1124/P

《地理科学》网络首发论文

题目: 基于多交通模式的长春市公园绿地空间可达性研究
作者: 浩飞龙, 张浩然, 王士君
收稿日期: 2020-07-06
网络首发日期: 2021-04-26
引用格式: 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[J/OL]. 地理科学.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1124.P.20210426.1403.008.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

基于多交通模式的长春市公园绿地空间可达性研究

浩飞龙^{1,2}, 张浩然¹, 王士君^{1,2}

(1. 东北师范大学地理科学学院, 吉林 长春 130024; 2. 长白山地理过程与生态安全教育重点实验室, 吉林 长春 130024)

摘要: 城市公园绿地资源空间配置的有效性和公平性对城市规划建设和居民生活具有重要意义。基于百度地图路径规划 API 及腾讯宜出行大数据, 采用集成多种交通模式(步行、公交、驾车)的引力模型与双变量空间自相关分析等方法, 综合测度长春市中心城区公园绿地的空间可达性及其供需匹配特征。研究发现: ① 长春市中心城区的公园绿地空间可达性随出行方式和时间观测阈值的变化而改变, 各社区可达性水平空间差异显著, 可达性较好的社区多分布于城市公园、河流及轨道交通沿线; 低可达性社区主要位于城市东北、西南向外围边缘区域。② 从不同交通模式来看, 驾车出行的可达性水平要显著高于步行和公交, 其出行克服时间成本的能力较强, 但驾车可达性的空间差异也高于公交和步行; 随时间阈值的增大, 不同交通模式可达性的空间分布表现出显著差异。③ 基于供需平衡视角的空间可达性特征显示, 中心城区二环、三环区域公园绿地供需匹配较好, 供需失衡的区域主要集中在一环内核心区及城市边缘开发区, 核心区存在“低供给-高需求”的聚集现象, 边缘城区存在“高供给-低需求”聚集现象。

关键词: 公园绿地; 可达性; 互联网地图服务; 宜出行大数据; 长春

中图分类号: K901 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2021)X-0695-10

公共绿地作为城市绿色基础设施, 具有净化环境、调节小气候、涵养水源、活化土壤、维持生物多样性的生态功能, 休闲、文化和教育的社会功能, 以及防灾、避险功能^[1]。在城市服务设施的供给过程中, 其空间配置会直接或间接地影响社会公共资源享用的公平性与有效性, 实现其空间布局上的公平正义对于促进居民幸福、增加空间包容性、维护社会和谐稳定等具有重要意义^[2]。2017 年住房和城乡建设部发布《关于加强生态修复城市修补工作的指导意见》(http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201703/t20170309_230930.html), 明确指出“城市双修”是治理“城市病”, 改善人居环境的重要行动; 并就城市绿地系统完善提出, 按照居民出行“300 米见绿、500 米入园”的要求, 优化城市绿地布局,

均衡布局公园绿地。因此, 对城市公园绿地空间配置的公平性与有效性研究, 对于城市的建设和发展十分必要, 有利于充分发挥其多功能作用, 也可作为城市公园绿地的规划布局提供重要的决策建议。

对公共服务设施空间公平的研究多聚焦于服务或设施的空间维度, 分析服务设施空间分布上的均衡性或确保居民到服务设施的距离相等^[3-7]。基于可达性的方法是评估公共服务设施空间公平性最常用的方法, 被广泛用于城市绿地、公共交通、医疗设施等服务设施^[8-11]的空间配置研究中。公共绿地的可达性是指居民克服距离和旅行时间等阻力到达公共绿地的意愿和能力的定量表达, 是衡量城市公园绿地提供服务能力及其空间公平性

收稿日期: 2020-07-06; **修订日期:** 2020-09-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801153, 41630749)、中央高校基本科研业务费专项资金项目(2412020FZ001)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41801153, 41630749), The Fundamental Research Funds for the Central Universities (2412020FZ001).]

作者简介: 浩飞龙(1989-), 男, 甘肃庆阳人, 讲师, 博士, 主要从事城市地理与城乡规划研究。E-mail: haofl587@nenu.edu.cn

通讯作者: 王士君。E-mail: wangsj@nenu.edu.cn

网络出版时间:

网络出版地址:

最主要的指标^[12,13]。常用的度量方法和模型主要有缓冲区分析法、最小临近距离法、网络分析法、重力模型等^[14-19]。近年来,学者们多采用二步移动搜索模型和引力模型进行可达性测度^[20-22]。二步移动搜索法的主要不足在于人为划定可达性的阈值范围,阈值范围内设施视为可达,而阈值外的视为不可达,忽视了阈值外部分的需求;引力模型方法的主要不足在于其对距离和道路时速的测算与实际情况存在较大的误差^[23,24]。真实的居民出行方式应是多样的,道路的等级、实时路况、等待时间等情况差异,都会影响到可达性的计算。一些学者认为出行方式对服务设施的空间可达性有显著影响,不同的交通方式可以产生不同的可达性结果^[25,26],但是少有学者在计算可达性时考虑到不同交通模式对可达性的影响。随着空间感知及移动定位技术的快速发展,在传统的可达性模型中融入不同的交通模式以及采用地图大数据的算法来计算时间或者距离成本成为近年来的新发展趋势^[27,28]。利用地图大数据算法,并结合引力模型测度不同交通模式下的可达性,不仅考虑到多模式交通出行的时间成本,也考虑了供给点的服务能力与需求点的需求量,其对可达性的测度更加客观,而将大数据融入传统可达性测度模型也为可达性研究提供了新的视角与思路。

长春市是吉林省的省会,东北中部平原腹地中心城市,2016年9月被评为“国家森林城市”,截止2019年底全市公园绿地面积达到39.65 km²,城市建成区绿化覆盖面积达到215.34 km²,绿化覆盖率达到41%,人均公园绿地面积11.6 m²^[23]。但在推进绿色宜居森林城市建设的过程中,长春市仍然面临着生态绿地总量不足,城市公园绿地建设滞后,空间分布不均等问题。因此,如何在快速的城市建设开发中,有效保障城市公园绿地的供给,调整公共绿地与城市建设用地增长不协调的关系,满足城市居民的生态休闲需求是值得深入探讨的问题。基于以上背景,本文选取长春市中心城区作为研究区域,基于百度地图路径规划API、腾讯宜出行人口数据,采用多交通模式引力模型与双变量空间自相关分析等方法,测度长春市城市公园绿地空间可达性及其空间供需匹配特征,以为长春市公共绿地政策制定及城市公园绿地规划提供科学依据。

1 数据获取与研究方法

1.1 数据获取与处理

本文的研究区是长春市中心城区,根据《长春市总体规划(2011—2020)》(<http://www.ccghzg.com/info/1031/1051.htm>)所划定的范围中心城区包括5个区、329个社区,总面积为519.04 km²。基于课题组的实地调研,本文选取2019年长春市中心城区已建设完成并投入使用的24块现状公园绿地进行研究(图1)。研究中使用的社区矢量底图数据来自于长春市城乡规划设计研究院,社区人口数据来自于长春市统计局普查数据。各绿地公园的面积、绿化率、服务范围来自于课题组的实地调研与遥感影像解译。研究所采用的多交通模式通行时间数据来自于百度地图路径规划服务功能API(Application Programming Interface)。百度地图API是一套为开发者免费提供的基于百度地图的应用程序接口,基于该接口可批量请求各社区和公园绿地之间不同交通模式下的通行时间数据(<http://lbsyun.baidu.com/products/products/direction>)。在实际测算时,首先对公园绿地和居住社区进行基于几何中心的面转点处理,然后分别指定测算通行时间的起点和终点,多次计算各社区到邻近公园3种交通模式下的通行时间。通过多次测试

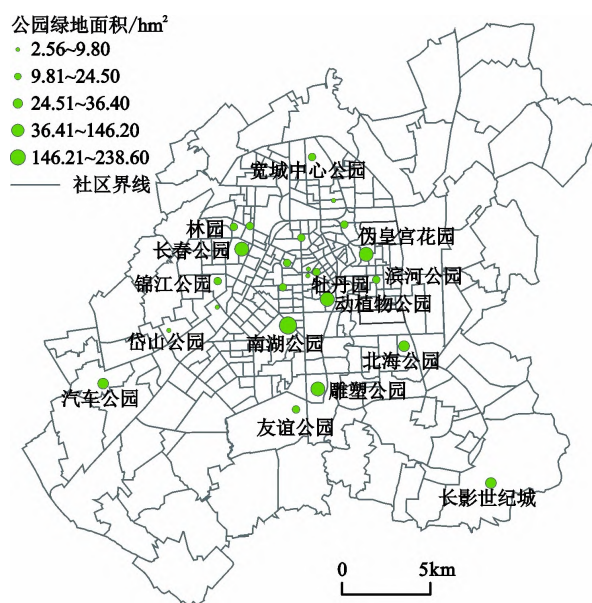


图1 2019年长春市中心城区公园绿地与社区分布

Fig.1 The distribution of park green space and community of Changchun in 2019

工作日与周末、高峰与平峰时段多种交通模式的可达性差异, 研究者选取 2019 年 9 月 9—15 日连续一周非特殊天气, 在上午 8:00~11:00 时间范围内, 将各个社区和公园绿地的中心点坐标转换为百度坐标之后, 利用 JavaScript 调用百度地图路径规划 API, 批量请求得到步行、公共交通、驾车 3 种交通模式下各社区和公园绿地之间的平均通行时间数据。

为进一步反映社区公园绿地的实际需求, 研究获取了腾讯宜出行大数据。宜出行数据是一种人口分布的空间热力图, 通过腾讯 QQ、微信、游戏及网页等腾讯产品活跃用户的实时位置, 来反映研究区人口的空间分布, 因此成为一种获取成本低、空间分辨率高、时效性强的新地理空间数据来源^[29]。基于腾讯位置大数据服务端(<https://heat.qq.com/index.php>), 通过 Python 程序抓取长春市中心城区范围的宜出行数据, 数据获取时间为 2019 年 8 月 19~23 日。将原始数据根据经纬度信息转化为空间点数据后, 基于 ArcGIS 软件进行密度分析, 结果如图 2 所示。可以看出长春市中心城区的人口分布大致呈“中心高-外围低”的圈层结构, 共有三大人口热力高值区, 分别为重庆路、红旗街和桂林路商圈区域, 该区域内道路网络密集, 交通通达性较高, 因而集聚了大量的人口, 对各类

服务设施的需求水平比较高。城市外围开发区等人口密度相对较低, 多处于城市外围边缘地带, 开发时间短、开发程度低, 受区位交通条件所限, 各类生活服务、基础服务设施密度较低, 集聚的人口密度也相对较低。整体来看, 宜出行人口分布特征与长春市中心城区人口统计数据的分布具有较强的一致性。

1.2 研究方法

1.2.1 基于多交通模式的可达性计算

Joseph 在 1982 年开发了一种改进的引力模型^[18], 计算公式如下:

$$A_i = \sum_{j=1}^m \frac{M_j}{V_i D_{ij}^\beta}, V_i = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{D_{ki}^\beta} \quad (1)$$

式中, A_i 表示 i 空间单元中某些服务设施的可达性, V_i 表示 i 空间单元中的人口与其相邻空间单元对有限的服务之间的竞争, M_j 是设施 j 的服务能力, D_{ij} 是空间单元 i 和服务设施 j 之间的空间分离时间或距离, P_k 是空间单元 k 的总人口, D_{ki} 是空间单元 k 和单元 i 之间的空间分离, β 是摩擦系数, m 为设施数量, n 为空间单元个数。

Chang^[3] 和 Mao^[21] 通过将不同的交通方式集成到上述引力模型中开发了空间可达性测度模型, 该模型中不同交通方式的交通成本 (*Travelcost*) 计算公式如下:

$$Travelcost = \sum_{i=1}^n [a_1 \times p_i \times T_{ij(walk)} + a_2 \times p_i \times T_{ij(bus)} + a_3 \times p_i \times T_{ij(car)}] \quad (2)$$

式中, p_i 是分区 i ($i=1,2,3, \dots, 329$) 中居民人口, 而 a_1 、 a_2 、 a_3 是在分区 i 中分别步行、公交、驾车居民比例, $T_{ij(walk)}$ 、 $T_{ij(bus)}$ 、 $T_{ij(car)}$ 分别是居民采用步行、公交、驾车从空间单元 i 到服务设施 j 的通行时间。

基于 Chang 等学者的空间可达性模型, 本文通过将竞争因子 V_i 和吸引因子 s_j 整合到空间可达性测度模型中来进一步改进模型。将交通成本纳入公式(1)中以取代 D_{ij}^β , 由此, 公园绿地的空间可达性计算公式如下:

$$SE_i = \frac{\sum_j M_j \times s_j}{\sum_i V_i \times a_1 \times p_i \times T_{ij(walk)}} + \frac{\sum_j M_j \times s_j}{\sum_i V_i \times a_2 \times p_i \times T_{ij(bus)}} + \frac{\sum_j M_j \times s_j}{\sum_i V_i \times a_3 \times p_i \times T_{ij(car)}} \quad (3)$$

式中, SE_i 是分区 i 的公园绿地的空间可达性水平,

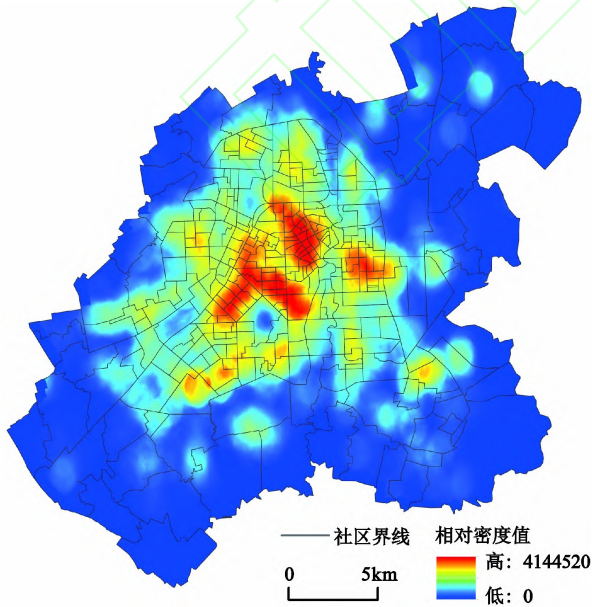


图 2 2019 年长春市中心城区腾讯宜出行人口密度分布

Fig.2 Density analysis results of easygo data points of Changchun in 2019

较高的 SE_i 意味着公园绿地服务的可达性更高; M_j 是公园绿地 j 的服务能力, 用公园绿地的面积来表示; s_j 是标准化的吸引指数, 值越高意味着其吸引力越大, 其由每块公园绿地的等级、服务半径等表示。根据长春市规划局《综合交通体系规划》发布的 2018 年居民出行方式调查^[30], 长春市居民采用步行、公共交通、私家车、出租车出行人数比例分别为 30.2%、19.0%、20.3% 和 19.4%, 将私家车和出租车出行合并为一类即驾车模式的出行比例, 因此, $a_1=0.302$, $a_2=0.19$, $a_3=0.397$ 。

1.2.2 基于双变量空间自相关的供需平衡分析

空间自相关作为一种空间统计分析方法, 旨在空间上测度某区域属性值是否与其相邻区域的存在相关性($I_{i,k,l}$)。为了揭示多变量间的空间相关特征, 2002 年 Anselin 在已有研究的基础上引入了双变量空间自相关分析^[31], 计算公式如下:

$$I_{i,k,l} = \frac{X_{i,k} - \bar{X}_k}{\delta_k} \times \sum_{j=1}^n \left(W_{ij} \times \frac{X_{j,l} - \bar{X}_l}{\delta_l} \right) \quad (4)$$

式中, $X_{i,k}$ 、 $X_{j,l}$ 分别表示空间单元 i 的属性 k 的值和空间单元 j 的属性 l 的值, \bar{X}_k 、 \bar{X}_l 表示属性 k 和 l 的平均值, δ_k 和 δ_l 分别表示属性 k 和 l 的方差; W_{ij} 为空间单元 i 、 j 之间的空间连接矩阵; n 为空间单元个数。双变量空间自相关分析可以表示某一区域某一变量与相邻区域另一变量均值是高高和低低的空间正相关, 以及高低、低高的空间负相关状态。本文采用双变量空间自相关分析公园绿地可达性与居民需求水平之间的空间匹配模式。

2 结果与分析

2.1 公园绿地可达性总体特征

基于公式(3)计算不同时间阈值下, 长春市中心城区集成 3 种交通模式的绿地公园可达性水平, 结果如表 1 所示。可以看出: 随着时间阈值的不断增加, 公园绿地可达性水平显著提升, 可达性最大值、均值及标准差均在增大。从 10 min 增至 20 min 的观测阈值后, 可达性为 0 的社区总量由 100 个减少至 13 个, 表明随着时间阈值的增加, 公园绿地服务能力在不断提升, 但服务质量仍存在一定的空间差异; 部分社区在 20 min 的时间阈值时, 仍不能有效享受公共绿地服务, 可见公园绿地的空间分布仍存在不均衡的问题。

表 1 不同时间情景下长春市绿地公园可达性描述性统计

时间阈值	最大值	最小值	均值	标准差
10 min	98.35594	0	0.5379	6.1165
15 min	242.9837	0	1.0931	13.8564
20 min	422.5200	0	2.0934	24.9744

进一步从各社区绿地公园可达性水平的空间分布来看(图 3), 随着观测时间阈值的不断增大, 公园绿地的服务覆盖范围不断扩大, 在 20 min 的观测情境下, 中心城区绝大部分社区均能享受到公园绿地服务。在 10 min 时间阈值时, 公园绿地

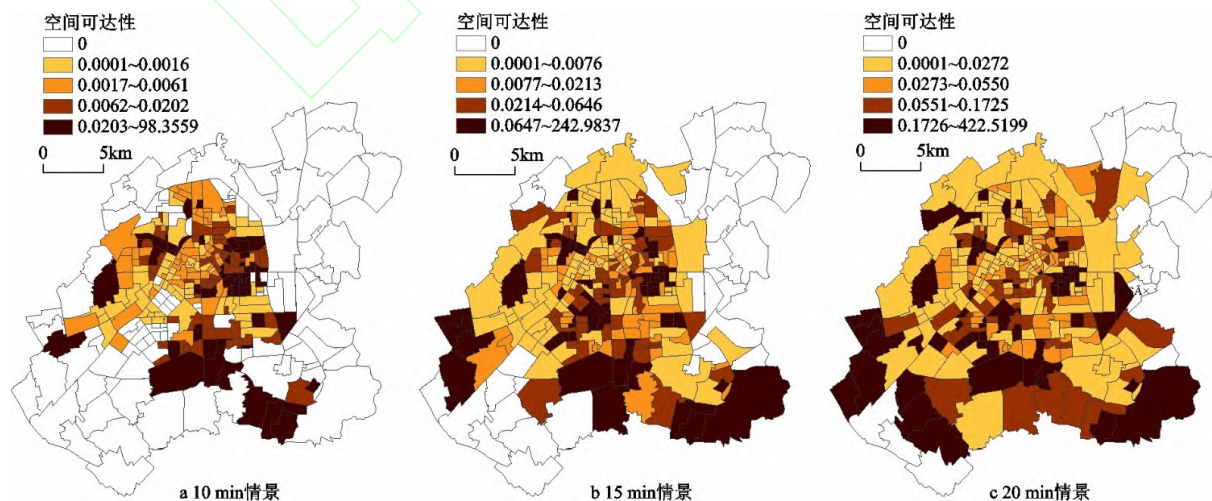


图 3 不同时间情景下长春市各社区公园绿地空间可达性

Fig.3 The spatial accessibility of public green space under different time scenarios in Changchun

的服务覆盖范围基本以三环内的核心区和净月经济技术开发区部分社区为主,其余社区公园绿地可达性较差,以东北向和西南向城区最为典型。城市东北、西南向为长春市国家级新区及经开、高新技术产业开发区范围,该区域以高新技术产业、汽车产业等为主,注重生产、就业功能,城市公园绿地等基础设施建设相对滞后。在 15 min 情景下,公园绿地服务范围进一步扩大至城市四环区域及净月经济技术开发区,可达性较高的区域集中于南湖公园、南部新城、伊通河沿岸、净月潭附近。这些地区绿色资源丰富、公共绿地建设基础较好;但城市东北、西南两翼仍处于公园绿地可达性的低水平状态。在 20 min 情景下,各社区公园绿地可达性整体得到提升,但是社区间差异进一步增大;可达性较好的区域仍然以中心城区及南部新城区域为主,东北及西南边缘区域可达性较差。综合来看,长春市中心城区的公园绿地空间可达性随着出行方式和观测阈值的变化而改变,各社区可达性水平空间差异显著,可达性较好的区域位于人民大街、伊通河沿线及各城市公园绿地附近;低可达性社区主要位于城市外围新区及开发区,尤其是城市东北、西南向开发区。

2.2 不同交通模式下的可达性特征

不同交通模式下各社区可达性水平均值及标准差如表 2 所示。可以看出,在不同时间阈值下,驾车出行的可达性均值(0.514 7、0.821 3、1.156 3)均高于公交出行(0.014 0、0.261 7、0.859 5),公交出行的可达性均值均高于步行(0.009 2、0.010 0、0.077 6)。从均值上看,随着时间阈值的增大,3 种交通模式的空间可达性均在增大,且增幅明显。时间阈值从 10 min 增大到 20 min,步行、公交、驾车 3 种交通方式下空间可达性的平均增长率分别为 88.2%、98.4%、55.5%,步行和公交可达性平均增长率显著高于驾车出行,这表明驾车可达性受时

间阈值影响相对较小,驾车出行克服时间成本的能力更强。从标准差来看,随着时间阈值的增大,3 种交通模式可达性标准差均出现明显的增大,这表明随着时间阈值的增大,不同交通模式下各社区的公园绿地空间可达性差异性越来越大。在 10~15 min 时间范围内,驾车可达性的空间差异要显著高于公交和步行;在 20 min 的时间阈值时,公交可达性的空间差异高于其他二者。

进一步从空间分布来看各社区不同交通模式下可达性的差异(图 4)。可以看出,不同交通模式下的可达性空间差异显著,在 10~15 min 时间阈值下,驾车出行的可达性均显著高于步行和公交。但值得一提的是步行出行的可达性值虽然整体较低,但是在 10 min 的情景下,步行可达覆盖的社区数量要多于公交出行,说明在 10 min 的时间阈值内,步行出行有着更好的绿地可达性,相反公交则由于固定站点路线、等候车辆、停靠站等原因可达程度较低。从不同交通模式来看,步行可达性随着时间阈值的增大,可达性较好的社区数量进一步增多,但均分布于城市主要公园及河流邻近区域,且在城市西部轨道交通沿线区域形成了明显的空间隔离。但随时间阈值的不断增大,步行可达的社区数量仍占比较小,可见在 20 min 的时间阈值内,大部分城市社区仍不能有效享有公共绿地。公交出行可达性随时间阈值的增加,空间可达范围进一步扩展,以人民大街地铁 1 号线沿线社区及城市二环以内的中心区可达性较好的社区为主。该区域整体路网密度高,轻轨、地铁及公交等公共交通服务覆盖面广,因而具有较好的可达性水平,其社区可达性的空间拓展也表现出沿城市轨道交通路线、城市主要交通干道分布的特征。驾车出行可达性较好的社区覆盖范围整体较大,同等时限下其空间可达范围显著增加。可以看出,随时间阈值的增加,可达范围主要向城市南部、东南、西南

表 2 不同时间情景下长春市各交通模式空间可达性均值及标准差

Table 2 The mean value and standard deviation of spatial accessibility in different scenarios and transportation modes of urban greenin Changchun

时间阈值	步行		公交		驾车	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
10 min	0.0092	0.1198	0.0140	0.2525	0.5147	5.7936
15 min	0.0100	0.1199	0.2617	4.5368	0.8213	9.4527
20 min	0.0776	1.2118	0.8595	12.6415	1.1563	11.9883

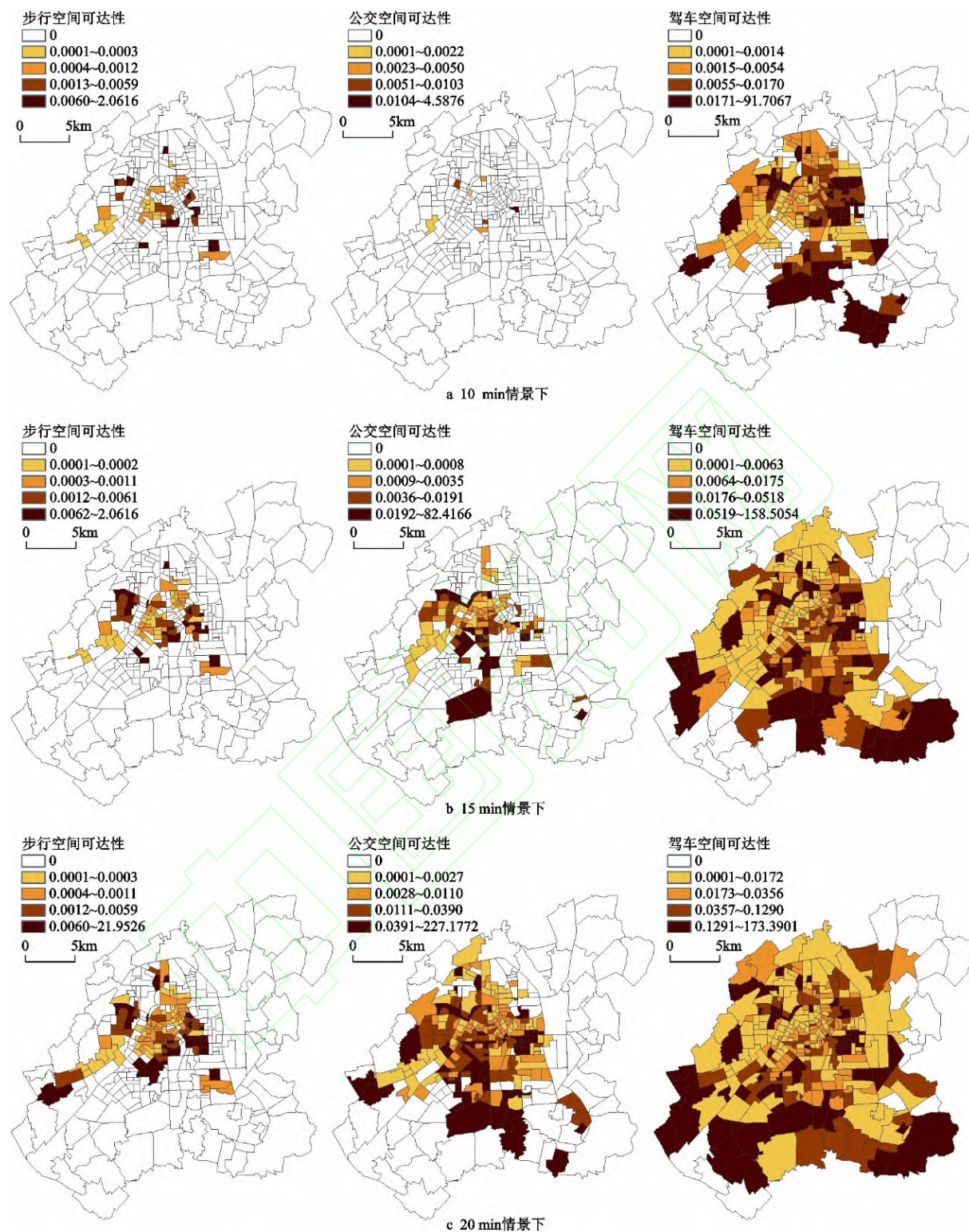


图4 不同时间情景下长春市各社区公园绿地不同交通模式可达性空间分布

Fig.4 The spatial accessibility under different scenarios and modes of transportation in urban green space in Changchun

方向扩展,而东北部社区可达性水平始终较低。城市南部、东南及西南边缘开发区和城市中心区有着较好的快速交通干道连接,驾车模式下各区域

内社区可达性水平显著提升,但城市东北、西南边缘区域交通联系相对不便,仍然是公园绿地可达性的低值区域。

2.3 公园绿地空间供需平衡特征

腾讯宜出行数据较好的表征了各社区常住人口的分布,能够反映各社区公园绿地的实际需求水平,利用 GeoDa 软件对长春市中心城区各个社区绿地的供给水平(社区公园绿地可达性)与需求水平进行双变量的空间自相关分析,探讨各个社区公园绿地供给和需求之间的空间匹配关系。在 0.05 的显著性水平上,长春市中心城区公园绿地可达性与需求水平间的匹配模式如图 5 所示。图中低-低表示区域供给和需求水平都很低;低-高表示区域供给水平低,但需求水平高;高-低表示区域供给水平高,但需求水平低;不显著区域表明需求与供给水平适中,整体匹配度较好。

从不同时间情景来看,在 10 min 时间阈值情景下,城市核心区有 52 个社区显示为“低-高”聚集,说明核心区各类功能要素集聚、人口密度较大,但公园绿地空间有限,不能满足居民的高需求水平,产生了供需不匹配,该区域需要进一步提升其公共绿地建设面积与品质。城市外围区有 65 个社区显示为“低-低”聚集,以东北向的高新北区和经开北区、四环东路以东的二道区和经开南区、四环南路以南的南关区、西南向的朝阳区和高新南区最为典型。此部分区域多为城市开发区,位于城市边缘区域,各社区公园绿地可达性均比较低,同时低密度的人口分布其需求水平也相对较低。但随着城市外围区域的快速开发及“退二进三”产业结构的调整,边缘区域仍需进一步提升其公共绿地服务功能。此外,有少部分社区存在“高供给-低需求”的现象,包括净月技术开发区的金穗社区、

永新村和汽开区的东山村等,由于其在空间上接近公园绿地,但是邻近区域居住人口相对稀少,故而出现了“高供给-低需求”的分布现象。随时间阈值的不断增大,各社区可达性水平均显著提升,但其供需匹配格局变化较小,除局部区域有所变化外,其他大部分社区与 10 min 时间阈值情景下相同。综合来看,有将近 60% 的社区其可达性的空间供需匹配较好,包括城市二环至三环区域;而供需失衡的区域主要集中在一环内核心区及部分城市边缘开发区。核心城区存在“低供给-高需求”的聚集现象,公园绿地供给和需求水平存在负向关联,供给与需求协调度较差;边缘城区多为“低供给-低需求”的聚集单元,存在部分“高供给-低需求”社区单元,整体公园绿地供给和需求水平存在正向相关性,匹配度相对适中。

3 结论与讨论

3.1 结论

基于百度地图路径规划 API 和腾讯宜出行人口数据,采用集成多交通模式的引力模型与双变量空间自相关分析等方法,分析长春市中心城区公园绿地的空间可达性特征,主要结论如下:

① 长春市中心城区的公园绿地空间可达性随出行方式和观测阈值的变化而改变,各社区可达性水平空间差异显著,可达性较好的区域多分布于人民大街、伊通河、轨道交通、快速路沿线及各城市公园附近;低可达性社区主要位于城市外围边缘区域,尤其是城市东北、西南向开发区。② 从不同交通模式来看,驾车出行的可达性水平要显

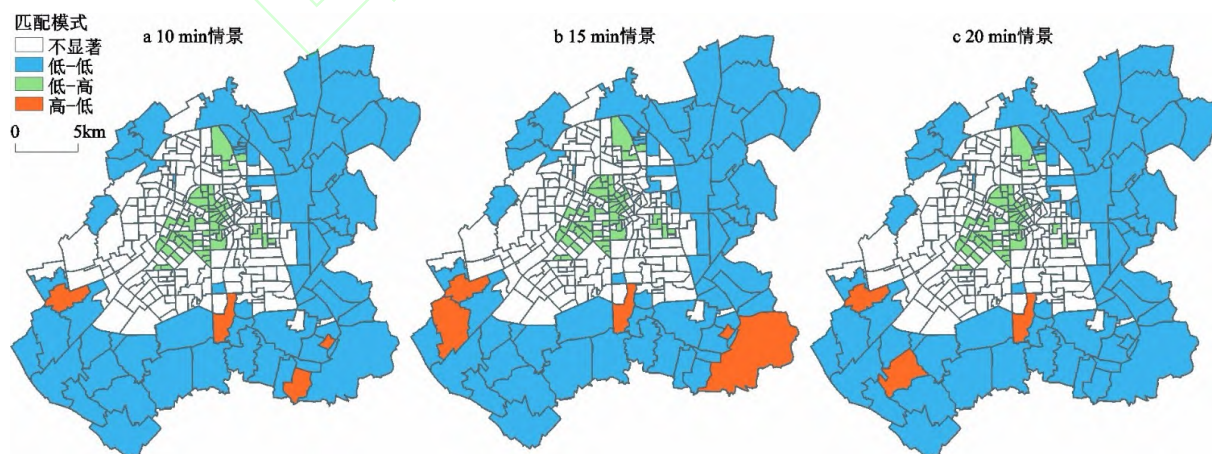


图 5 长春市中心城区社区公园绿地可达性与需求水平匹配模式

Fig.5 The spatial matching patterns of accessibility and demand level of urban green space in Changchun

著高于步行和公交,其出行克服时间成本的能力较强,但驾车可达性的空间差异也高于公交和步行;从各社区的可达性空间分布来看,10 min 情景下,步行可达覆盖的社区数量要多于公交出行;但随时间阈值的不断增大,不同交通模式可达性的空间分布表现出显著差异。③ 基于供需平衡视角的空间可达性匹配特征显示,长春市中心城区二环、三环区域公园绿地的空间供需匹配相对较好,供需失衡的区域主要集中在一环内的核心区及城市边缘开发区,核心区存在“低供给-高需求”的聚集现象,而边缘区存在“高供给-低需求”及“低供给-低需求”聚集现象。

3.2 讨论

从理论方法来看,本文将互联网大数据与传统的引力模型结合,并融入了多种交通模式,在城市社区尺度测度了城市公园绿地的可达性及其供需匹配特征,为城市绿地公园可达性的测度提供了一种新的思路;相比于传统的两步移动搜索模型和引力模型,基于互联网地图数据获取的空间与时间距离更符合居民的实际出行情况,其对可达性的测度也更为准确、客观。基于微观社区尺度的研究也较以往城市片区或街道尺度的分析,更加的精细,也更接近城市社区的真实情况。对比之前学者对长春市公共绿地的研究结论:中心城区人口密度与可达性不完全匹配,老城区部分区域人口密度与可达性适应较差,城市周边新开发区人口密度与可达性相对适应^[23],这与本文空间可达性及供需匹配视角的研究结论基本相合。从实践的角度来看,本研究可为长春市公共绿地的选址及政策制定提供一定的参考。中国住房和城乡建设部关于“城市双修”指导意见要求实现“300米见绿、500米入园”的城市公园建设目标,从论文基于通行时间的可达性研究结论来看,500米入园近似于10 min 情景下的可达范围。步行和公交模式下绝大部分社区无法满足上述要求,驾车模式下仅三环以内城市社区基本能满足公园布局要求,可见长春城市绿地公园的建设与布局仍有较大的提升空间。长春市中心城区公园绿地空间可达性显示,城市东北向和西南向始终是公园绿地服务匮乏区,宜考虑在此地兴建综合型公园,以提高“东北、西南”两翼的公共绿地服务能力;同时亦可借机建设楔形绿地,切合城市主导风向,形成通风廊道。从供需平衡角度来看,城市核心区多为“低

-高”聚集区,宜考虑在旧城区建设具有综合服务功能的公共绿地,同时优化零散的社区绿地,提高绿地的服务覆盖度;城市边缘的“低-低”集聚区应建设小面积的可以满足居民日常游憩需求的公共绿地,可结合国外“口袋公园”理念,利用城市小块绿地、边角地及闲置空间,建设生态斑块,在城市内部形成均质生态空间,以提升城市绿色空间覆盖率。

论文的研究仍存在一些不足之处,首先在评价公园绿地的吸引力指数时仅考虑了公园的性质、服务半径和面积,没有考虑公园内部的基础设施和景观状况;且不同类型的公园其对居民的吸引程度是有显著差异的,结合公园类型、服务质量及居民需求的可达性分析还需进一步深入研究。其次,论文对通行时间的测度是基于公园绿地和居住社区的几何中心测算,考虑到部分公园面积较大,仍存在一定的误差,需要在未来结合其他数据作进一步修正。另外,在对公园绿地的可达性评价时,论文关注的是社区的所有群体,针对不同群体或者特定群体的公园绿地需求研究,仍然是值得进一步深入探讨的方向。

参考文献(References):

- [1] 李锋,王如松.城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究——以扬州市为例[J].生态学报,2003,23(9):1929-1936. [Li Feng, Wang Rusong. Evaluation planning and prediction of ecological service function of urban green space system: A case study of Yangzhou. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1929-1936.]
- [2] 王敏,朱安娜,汪洁琼,等.基于社会公平正义的城市公园绿地空间配置供需关系——以上海徐汇区为例[J].生态学报,2019,39(19):7035-7046. [Wang Min, Zhu Anna, Wang Jieqiong et al. Supply and demand relationship of urban park green space allocation based on social equity and justice: A case study of Xuhui district, Shanghai. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(19): 7035-7046.]
- [3] Chang H S, Liao C H. Exploring an integrated method for measuring the relative spatial equity in public facilities in the context of urban parks[J]. *Cities*, 2011, 28(5): 361-371.
- [4] Marsh M T, Schilling D A. Equity measurement in facility location analysis: A review and framework[J]. *European Journal of Operational Research*, 1994, 74(1): 1-17.
- [5] Omer I. Evaluating accessibility using house-level data: A spatial equity perspective[J]. *Computers Environment & Urban Systems*, 2006, 30(3): 254-274.
- [6] Tsou K W, Hung Y T, Chang Y L. An accessibility-based integ-

- rated measure of relative spatial equity in urban public facilities[J]. *Cities*, 2005, 22(6): 424-435.
- [7] Comber A, Brunsdon 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] 李鑫, 马晓冬, 薛小同, 等. 城市绿地空间供需评价与布局优化——以徐州中心城区为例[J]. *地理科学*, 2019, 39(11): 1771-1779. [Li Xin, Ma Xiaodong, Xue Xiaotong et al. Spatial supply-demand evaluation and layout optimization for urban green space: A case study of Xuzhou central district. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(11): 1771-1779.]
- [9] Delmelle E C, Casas I. Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia[J]. *Transport Policy*, 2012, 20(3): 36-46.
- [10] 吴建军, 孔云峰, 李斌. 基于GIS的农村医疗设施空间可达性分析——以河南省兰考县为例[J]. *人文地理*, 2008, 23(5): 37-42. [Wu Jianjun, Kong Yunfeng, Li Bin. Spatial accessibility analysis of rural medical facilities based on GIS: A case study of Lankao county, Henan province. *Human Geography*, 2008, 23(5): 37-42.]
- [11] 浩飞龙, 王士君, 谢栋灿, 等. 基于互联网地图服务的长春市商业中心可达性分析[J]. *经济地理*, 2017, 37(2): 68-75. [Hao Feilong, Wang Shijun, Xie Dongcan et al. Accessibility analysis of Changchun commercial center based on Internet map service. *Economic Geography*, 2017, 37(2): 68-75.]
- [12] 林康, 陆玉麒, 刘俊, 等. 基于可达性角度的公共产品空间公平性的定量评价方法——以江苏省仪征市为例[J]. *地理研究*, 2009, 28(1): 215-224. [Lin Kang, Lu Yuqi, Liu Jun et al. A quantitative evaluation method for the spatial fairness of public products based on accessibility: A case study of yizheng city, Jiangsu province. *Geographical Research*, 2009, 28(1): 215-224.]
- [13] Wolch J, Wilson J P, Fehrenbach J. Parks and park funding in Los Angeles: An equity-mapping analysis[J]. *Urban Geography*, 2005, 26(1): 4-35.
- [14] 杨俊, 鲍雅君, 金翠, 等. 大连城市绿地可达性对房价影响的差异性分析[J]. *地理科学*, 2018, 38(12): 1952-1960. [Yang Jun, Bao Yajun, Jin Cui et al. The impact of urban green space accessibility on house prices in Dalian city. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(12): 1952-1960.]
- [15] 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. [Hu Zhibin, He Xingyuan, Lu Qingxuan et al. Research on the accessibility of green space landscape based on GIS —A case study of shenyang city. *Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science Edition)*, 2005, 21(6): 671-675.]
- [16] Oh K, Jeong S. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 82(1): 25-32.
- [17] Hansen W G. How accessibility shapes land use[J]. *American Planning Association*, 1959, 25(2): 73-76.
- [18] Joseph AE, Bantock PR. Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: A method and case study[J]. *Social Science & Medicine*, 1982, 16(1): 85-90.
- [19] 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[J]. *城市规划*, 1999, 8: 8-11. [Yu Kongjian, Duan Tiewu, Li Dihua et al. Evaluation method and case of landscape accessibility as a functional indicator of urban green space system. *Urban Planning*, 1999, 8: 8-11.]
- [20] Dai D. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: Where to intervene?[J]. *Landscape & Urban Planning*, 2011, 102(4): 234-244.
- [21] Mao L, Nnkorchuk D. Measuring spatial accessibility to health-care for populations with multiple transportation modes[J]. *Health & Place*, 2013, 24(6): 115-122.
- [22] Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region[J]. *Environment and Planning B*, 2003, 30(6): 865-884.
- [23] 姚雪松, 冷红, 杨青山, 等. 基于可达性评价的长春市公园布局研[J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 2016, 48(3): 142-149. [Yao Xuesong, Leng Hong, Yang Qingshan et al. Study on the layout of parks in changchun city based on accessibility evaluation. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 2016, 48(3): 142-149.]
- [24] 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 Zhengna, Chen Wen. Evaluation method of spatial accessibility of medical facilities based on potential model. *Advances in Geoscience*, 2009, 28(6): 848-854.]
- [25] Dony C C, Delmelle E M, Delmelle E C. Re-conceptualizing accessibility to parks in multi-modal cities: A Variable-width Floating Catchment Area (VFCA) method[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 143(11): 90-99.
- [26] Páez, Antonio, Scott D M, Morency C. Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators[J]. *Journal of Transport Geography*, 2012, 25(11): 141-153.
- [27] 黄应淮, 刘小平, 刘艳平, 等. 基于高德地图API的多种交通方式下城市公园时空可达性分析——以广州市海珠区为例[J]. *地理与地理信息科学*, 2018, 34(6): 50-57. [Huang Yinghuai, Liu Xiaoping, Liu Yanping et al. Analysis of spatio-temporal accessibility of urban parks under multiple traffic modes based on the API of Gaode map: A case study of Haizhu District, Guangzhou City. *Geography and Geographic Information Science*, 2018, 34(6): 50-57.]
- [28] Langford M, Higgs G, Fry R. Multi-modal two-step floating catchment area analysis of primary health care accessibility[J]. *Health & Place*, 2016, 38(3): 70-81.
- [29] 段亚明, 刘勇, 刘秀华, 等. 基于宜出行大数据的多中心空间

- 结构分析——以重庆主城区为例[J]. 地理科学进展, 2019, 38(12): 1957-1967. [Duan Yaming, Liu Yong, Liu Xiuhua et al. Measuring polycentric urban structure using Easygo big data: A case study of Chongqing metropolitan area. *Advances in Geoscience*, 2019, 38(12): 1957-1967.]
- [30] Hu S, Song W, Li C et al. The spatial equity of nursing homes in Changchun: A multi-trip modes analysis[J]. *International Journal of Geo-Information*, 2019, 8(5): 1-13.
- [31] Anselin L, Syabri I, Smirnov O. Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows[J]. *New tools for spatial data analysis: Proceedings of the Specialist Meeting*, Santa Barbara: University of California, 2002: 1-20.

Spatial Accessibility of Urban Green Space in Central Area of Changchun: An Analysis Based on the Multi-trip Model

Hao Feilong^{1,2}, Zhang Haoran¹, Wang Shijun^{1,2}

(1. School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China; 2. Key Laboratory of Geographical Processes and Ecological Security of Changbai Mountains, Ministry of Education, Changchun 130024, Jilin, China)

Abstract: An efficient and fair allocation of urban green space is of great significance to urban planning and construction. Based on the path planning API in Baidu Map, and Easygo big data, the gravity model and bivariate spatial autocorrelation analysis were used to analyze the spatial equity of urban green space in Changchun from the perspective of the balance between supply and demand. Results show that: 1) The accessibility of urban green space in the central urban area of Changchun changed with travel modes and the time thresholds. The accessibility level of each community is different with each other. The areas with higher accessibility were mainly located in the nearby regions of urban parks, rivers and rail transit lines. The communities with a low accessibility are mainly located in the northeast and southwest periphery of Changchun. 2) The accessibility landscapes varied by trip modes, the accessibility level under driving is significantly higher than that of walking and public transportation, which showed that time threshold has less influence on driving, but the accessibility level under driving is also higher than that of public transportation and walking. With the increase of time, the accessibility maps under different trip modes showed significant differences. 3) The spatial distribution of demand for urban green space generally presented a “center-periphery” pattern. From the perspective of a balanced distribution between supply and demand, the supply and demand of urban green space in the second ring and the third ring are relatively balanced. The areas with an imbalance distribution between supply and demand were mainly concentrated in the core area within the first ring and most of the urban peripheries. The core area showed low supply but high demand for urban green space, on the contrary, most of the urban peripheries showed high supply but low demand for urban green space.

Key words: urban green space; spatial accessibility; internet map service; Easygo big data; Changchun