引文格式：曾星,黄滢冰,徐文丽,等. 顾及公平与效率的公共服务设施低碳出行可达性分析[J]. 地理空间信息, 2026, 24(7): 59-64. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.07.011

顾及公平与效率的公共服务设施低碳出行可达性分析

曾　星[1]，黄滢冰[2*]，徐文丽[1]，赵克飞[3]
（1. 东莞市规划设计研究院有限公司，广东 东莞 523000；2. 东莞市自然资源技术中心，广东 东莞 523000；
3. 广东工业大学 管理学院，广东 广州 510520）

摘　要：现有的公共服务设施可达性分析较少兼顾低碳出行、公平、效率和居民主动行为等方面，因此通过构建居住区与公共服务设施的空间联系，利用网络分析、二三维矩阵分析法等测度了东莞市中心城区设施的低碳可达性及其空间公平性和效率。结果表明，公共服务设施的低碳可达性呈中心—边缘梯度分布特征且不同设施差异较大，85.5%的社区在公园低碳10 min生活圈内，但仅有27.8%的社区在文体设施低碳10 min生活圈内；即使是低碳可达性表现较好的新旧市政中心所在镇街（南城和莞城）在空间公平性和出行效率方面仍表现欠佳，符合均衡发展型空间的社区不足50%，需进一步优化设施布局和服务能力，促使城市公共资源更平等、便捷。

关键词：GIS；空间分析；公共服务设施；低碳出行；可达性；公平与效率
中图分类号：TU984　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）07-0059-06

Accessibility Analysis of Public Service Facilities with Low-carbon Travel Orientation to Balance Equity and Efficiency

ZENG Xing[1], HUANG Yingbing[2], XU Wenli[1], ZHAO Kefei[3]
(1. Dongguan Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Dongguan 523000, China;
2. Dongguan Technology Center of Natural Resources, Dongguan 523000, China;
3. School of Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Current accessibility analysis of public service facilities rarely considers low-carbon travel, equity, efficiency, and residents' active behavior simultaneously. We constructed spatial connections between residential areas and public service facilities, and used network analysis, 2D and 3D matrix analysis methods to measure the low-carbon accessibility, equity and efficiency of facilities in Dongguan's central urban area. The results show that the low-carbon accessibility of public service facilities exhibits a center-periphery gradient distribution pattern with significant variations among different facilities. While 85.5% of communities are within a low-carbon 10-minute living circle of parks, only 27.8% of communities are within that of cultural and sports facilities. Even in the old and new municipal centers (Nancheng and Guancheng) where facilities show better low-carbon accessibility, there are still issues with spatial equity and travel efficiency, with less than 50% of communities meeting balanced development spatial criteria. This research provides a multi-dimensional analytical perspective for improving low-carbon travel measures, optimizing facility layout, and enhancing service capabilities.

Key words: GIS, spatial analysis, public service facility, low-carbon travel, accessibility, equity and efficiency

低碳出行是指出行选择CO_2排放量较低的交通方式。步行、骑行和公共交通是被广泛认可的构建绿色交通体系的主导模式。《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出，要积极引导低碳出行。国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出，到2030年城区常住人口100万人以上的城市绿色出行比例不低于70%。公共服务设施是市民日常生活中的重要目的地，其布局是否满足低碳出行可达性要求，是否便于居民使用，是落实绿色、共享、惠民的新型城镇化发展理念和建设以人为本的现代化都市的关注重点。既有研究中兼顾公平、效率的低碳可达性综合研究较少，其中针对可达性维度的研究较丰富，多种设施的可达性评价可揭示各类设施可达性的空间分布特征[1-2]，单一设施的可达性评价则可通过深入解析其影响机制来提出针对性优化措施[3]，两步移动法及其改进方法是较常用的可达性研究方法[4-6]；针对小学、公园绿地、医院设施的可达性及其资源配置的空间分析

项目来源：广州市基础与应用基础研究专题资助项目（2024A04J9957）；东莞市财政预算资助项目（441900-202001-0004100001-0001）。
第一作者简介：曾星（1989—），本科，高级工程师，从事城市规划信息化工作，E-mail：478963019@qq.com。
通信作者：黄滢冰（1986—），硕士，正高级工程师，从事自然资源信息化、数字政府工作，E-mail：524833883@qq.com。

和评价研究逐渐凸显出公平性研究的重要性[7-11]；而低碳视角下出行方式合理性的可达性研究[12-14]较少。随着大数据和云计算技术的持续发展，可达性研究的数据基础支撑能力得到极大提升，兴趣点（POI）、兴趣面（AOI）、交通出行量（OD）和地图API等数据源[15-19]能更全面准确地反映出行者空间移动轨迹，显著提升研究结果的真实性和可靠性。东莞市当前汽车保有量在广东省21个城市中位居首位，且东莞市国民经济和社会发展统计公报和《东莞市机动车停车设施专项规划（2023—2035年）》指出，近年来东莞市机动车保有量增长迅速，2024年末和2023年末全市机动车保有量分别为441.46、415.90万辆，截至2023年10月底全市供应的停车泊位仅约为212.46万个，停车泊位缺口较大。全市停车供需矛盾突出，尤其是中心城区“交通堵、停车难”，在一定程度上制约了城市高质量发展。为分析绿色出行理念下公共服务设施的可达性并丰富公平和效率维度的解析，本文以东莞市主城区为研究案例，从公平与效率的低碳出行视角出发构建能真实反映居民实际出行行为和公共设施使用程度的分析框架，基于百度路径规划API，结合百度慧眼出行OD与实际人口数据，采用邻域分析、网络分析、定序变量相关分析和二三维矩阵分析法测度了公共服务设施低碳可达空间的公平性和效率。

1 研究区概况与数据来源

本文选取的研究区为东莞市中心城区，包括莞城、东城、南城、万江4个街道，面积为222.4 km^2；常住人口为152.08万人（占全市的14.5%），GDP为1 848.96亿元（占全市的16.5%），包括69个社区。该研究区是市政中心新旧址所在地，是东莞市经济社会发展的缩影，保留着城市发展的时代脉络印记，区内公共服务设施包括公园、小学、初中、商业中心、文体设施、综合医院6类共352个。

本文采用的数据主要包括百度慧眼OD数据、百度路径规划API、居住小区数据、公共服务设施数据、实有人口数据和社区行政区划等。百度慧眼OD数据提供起点到终点的属性信息，用于研究和揭示居民从居住地到各类服务设施的流量和流向，是分析和优化服务设施布局的重要依据；通过百度地图路径规划API获得不同出行方式（步行、骑行、公交）的出行时间、距离和路线等信息，用于评估居民到达公共服务设施的便利性；居住小区数据在百度地图POI数据的基础上结合全国第三次土地调查数据进行增补和删减，共1 155个小区（含城中村）；公共服务设施数据基于百度地图POI获取中小学、综合医院、公园、商业中心、文体设施信息及其地理空间位置（涉及77所小学、44所初中、29家综合性医院、108个公园、65家商业中心和19个文体设施）；实有人口数据来源于城市人口脱敏数据，属性字段包括人口居住点位、出生日期等，能真实反映实际居住人口的空间位置、非户籍人口、流动人口等情况，用于分析不同群体的服务需求；社区行政区划数据定义了社区的行政边界，有助于结合行政管理分析。

2 研究方法

2.1 技术路线

整体技术路线包括：①利用邻域分析法构建居住小区与公共服务设施之间的空间联系，结合路网数据构建网络数据集，通过路径分析工具计算最短出行距离，匹配低碳出行方式；②输入起止点坐标，作为百度路径规划API请求参数，计算低碳出行时间；③为增强研究的综合性和政策适用性，采用加权平均法将小区尺度的精细计算结果聚合至社区尺度，对API输出的时间阻力进行低碳出行时间划分，识别低碳生活分级空间，以评估居民到达各类公共服务设施的低碳可达性；④采用定序变量相关分析评估低碳可达性与服务人口的匹配度，得出特征人口密度空间和潜在需求等级，并通过二维矩阵分析法评价服务设施的分布公平性；⑤结合百度慧眼OD数据划分设施的实际使用指数等级，采用二维矩阵分析法评估公共服务设施的效率；⑥构建低碳可达性、公平性、效率三维空间矩阵，识别和评估低碳协调性空间，提供优化空间布局的路径参考。初始基础数据以居住小区为最小分析单位，确保空间分析精度，确定最适宜的低碳出行方式。通过百度路径规划API输入起止坐标数据集获取考虑实时路况、道路限行、等车时间、换乘时间和步行接入时间等因素的精准出行时间[20]。考虑到小区尺度过于细碎、易受数据波动影响以及服务城市规划、基层治理的可行性，将研究尺度综合到社区尺度，以便过滤噪声、增强空间分布的易读性与服务决策管理。

2.2 低碳可达性分级

本文以居民从小区到达公共服务设施的便捷程度作为衡量可达性的核心标准，关键指标为出行距离和时间。人们对于短途出行更偏向于选择步行和骑行，随着出行距离的增加更倾向于选择公共交通或私家车。研究表明[21-23]，出行距离在800 m内，居民倾向于步行；距离在1~5 km，居民倾向于骑行；距离在3~5 km，公共交通的优势开始凸显。参考居民出行方式选择行为和可达性研究[2,24]，本文设置的可达性评价分级见表1。

表1　出行方式与可达性评价分级

出行距离/m	选择出行方式	出行时间范围/min	低碳可达性水平Ⅰ	低碳可达性水平Ⅱ
0~800	步行	0~10	好（低碳0~10 min生活圈）	
800~3 000	骑行	10~20	一般（低碳10~20 min生活圈）	低碳30 min生活圈
		20~30	较差（低碳20~30 min生活圈）	
>3 000	公共交通			
		>30	差（低碳30 min以上生活圈）	低碳30 min生活圈外

2.3　低碳可达性二三维分析矩阵构建

矩阵分析法是通过交叉组合两个关键指标构造分析矩阵，从而识别出问题的一种方法，以便采取不同策略应对不同的问题情景[25]。本文利用矩阵分析法构建公共服务设施低碳可达的公平性、效率和空间协调性评价场景（图1）。公平性分析场景：基于社区与设施之间的潜在需求级别和低碳可达性水平两个变量，采用矩阵分析法表达公共设施可达性水平与潜在需求级别的矩阵耦合关系，识别出需要优化布局公共服务设施的问题（设施需求高但可达性差的社区）。效率分析场景：基于社区与设施之间的低碳可达性水平和设施使用等级两个变量，采用矩阵分析法分析低碳可达性水平和设施使用情况的匹配关系，重点识别出需要改善交通条件或增设该类设施点的问题（设施高使用低可达性区域和低使用高可达性区域）。空间协调性分析场景，考虑低碳可达性、公平性和效率3个维度，将设施服务空间分为4类，以便重点关注和策略优化：①均衡发展型，该类设施表现出高可达性、高需求和高使用率的特征，能兼顾公平性和效率，处于理想状态，无需较大调整，可继续优化资源配置，保持高水平的服务质量；②潜力开发型，该类设施表现出低可达性、低需求和低使用率，高可达性、低需求和高使用率以及高可达性、低需求和低使用率3类特征，目前问题不突出，但需关注其未来发展潜力，避免资源闲置或浪费，应适度激发潜在需求，优化资源利用效率；③优化提升型，该类设施表现出高可达性、高需求但低使用率，低可达性、高需求但低使用率以及低可达性、低需求但高使用率3类特征，存在一定的公平性或效率问题，需适时开展调整和优化，提升设施的使用效率或改善可达性，以解决其存在的局部短板；④重点改善型，该类设施通常位于低可达性区域，但服务空间具有高需求和高使用率的特征，反映出公平性与效率的双重不足，亟须重点关注，通过调整设施布局和提升服务水平改善现状，以满足区域的高需求。

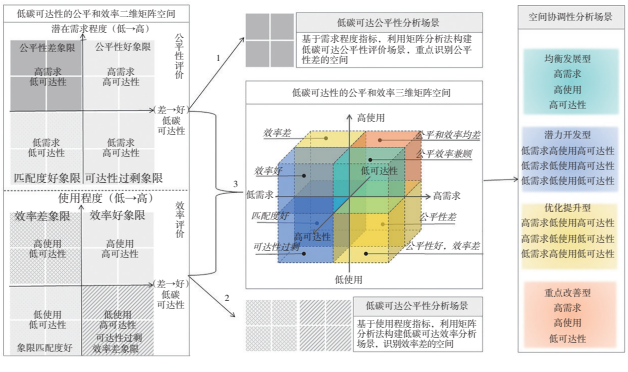


图1　低碳出行的公平性和效率度量矩阵分析

3　研究结果分析

3.1　公共服务设施的低碳可达性空间差异

研究区边界内外的缓冲区分析发现，800 m缓冲区内的公共服务设施数量稀少，且受物理/人工屏障、交通联系强度、行政管理壁垒等因素影响，研究区边界外向缓冲区的少量设施对研究区内居民的服务供给能力和辐射效能有限，内向缓冲区亦然。因此，研究区作为一个独立范围分析公共服务设施低碳可达性的可行性较好。根据低碳可达性评价分级设计，利用百度API获取出行时间，统计社区内居民从住宅到各类公共服务设施的平均最短时间，得到社区可达性等级分布（图2），可以看出，社区到各类设施的低碳可达性程度均由市中心向外逐渐降低，社区到公园、小学的低碳可达性程度较高，初中和商业中心次之，文体设施和综合医院可达性程度较低。公园和小学的低碳可达性表现最好，85.5%的社区在公园低碳10 min生活圈内，95.6%的社区在公园低碳30 min生活圈内；88.4%的社区在小学的低碳10 min生活圈内，仅1个社区处于小学低碳30 min生活圈外。初中的低碳可达性整体良好，63.8%的社区在初中低碳10 min生活圈内，97.1%的社区在初中低碳30 min生活圈内。商业中心的低碳可达性表现一般，尽管商业中心数量较多，但布局向内集聚趋势明显，52.2%的社区在商业中心低碳10 min生活圈内，79.7%的社区在商业中心低碳30 min生活圈内。综合医院的低碳可达性表现较差，尽管综合医院在空间布局上较为均衡，但数量较少，33.3%的社区在综合医院低碳10 min生活圈内，28.9%的社区处于综合医院低碳30 min生活圈外。文体设施的低碳可达性表现最差，由于该类设施数量少且空间分布不均衡，仅27.8%的社区在文体设施低碳10 min生活圈内，51.4%的社区处于文体设施低碳30 min生活圈外。

3.2　基于设施和人口结构特征的低碳出行公平性分析

由于年龄结构密切影响设施的主要服务对象，本文选取总人口、6~12岁、13~15岁、20~45岁和60岁

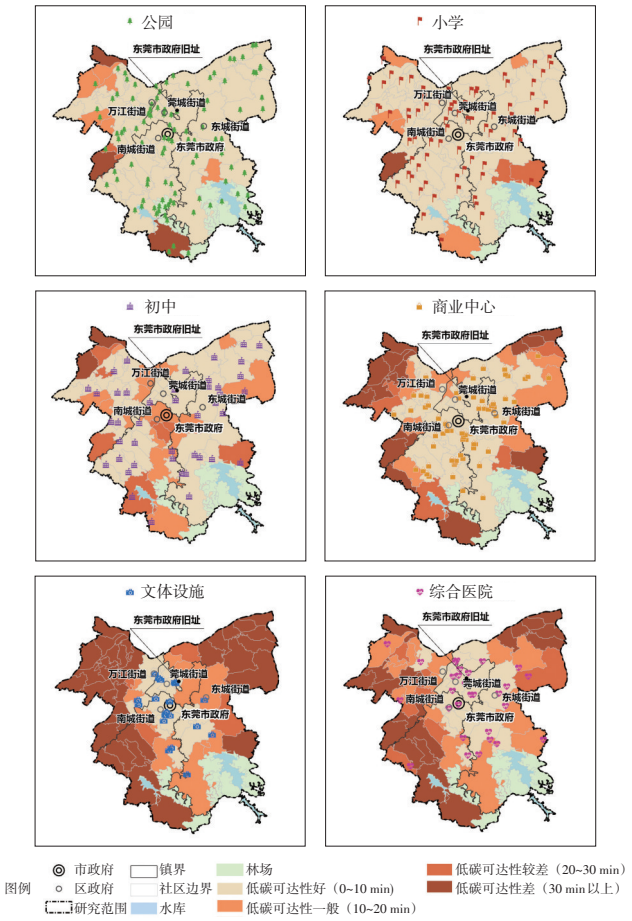


图2　社区尺度的公共服务设施可达性分布

审图号：GS(2024)0650

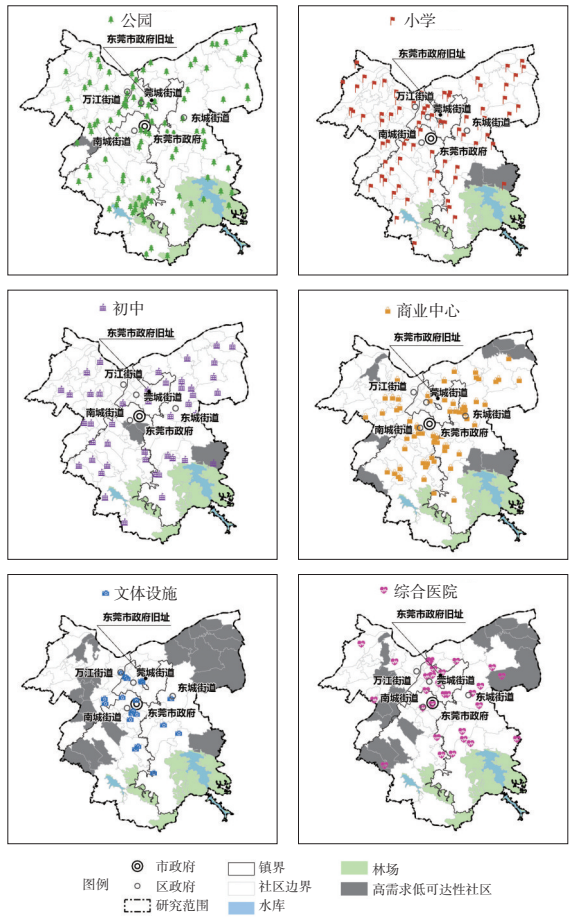


图3　不同设施的高需求低可达性社区分布

审图号：GS(2024)0650

以上5类人口密度指标，对人口密度和低碳出行时间进行定序变量相关分析检验，并建立与设施类别的匹配关系。社区人口密度通过四分位法将居民对设施的潜在需求划分为很高需求、高需求、中需求、低需求4个等级。利用矩阵分析法识别低碳可达性条件下的欠公平区域，即潜在需求高但低碳可达性较差的区域，这是增加公共服务设施布局应优先考虑的对象。

不同类型设施空间布局的低碳可达公平性差异显著（图3），公园、初中、小学的空间布局公平性表现最好（对应的低可达高需求社区较少，仅边缘个别社区），商业中心次之，综合医院和文体设施等专业性基础设施较差且呈显著的空间集聚特征。具体而言，公园仅在万江街道的边缘区域存在1个高需求低可达性社区，初中存在3个高需求低可达性社区，小学存在2个高需求低可达性社区；商业中心空间布局公平性表现一般，存在9个高需求低可达性社区，占社区总数的13%；综合医院和文体设施的空间布局公平性较差，分别存在18个（占比为26%）和22个（占比为32%）高需求低可达性社区。

3.3　基于社区对设施使用指数的低碳出行效率分析

社区是城市管理的最小单位，在社区尺度下通过可达性水平和使用指数两个变量，利用矩阵分析法测度公共服务设施的布局效率。利用人口数据和百度慧眼OD数据统计社区使用设施的实际情况，以社区一周内到设施的人口与社区总人口的比值表示使用指数，引入四分位数将其分为低使用、中使用、高使用、很高使用4个等级。采用矩阵分析法匹配可达性水平和使用等级，测度公共服务设施的低碳出行效率，重点识别低使用高可达性区域和高使用低可达性区域，作为整治提升的决策参考。

低碳出行效率分析结果表明（图4），综合医院的空间布局效率较好，存在10个低使用高可达性社区和3个高使用低可达性社区；文体设施空间布局效率由内到外呈现出高效—低效—高效的分布特征，存在5个低使用高可达性社区和12个高使用低可达性社区；商业中心空间布局效率较好的社区多集中在城区中部、西北部和东北部，存在17个低使用高可达性社区和3个高使用低可达性社区；公园空间布局效率较差，存在33个低使用高可达性社区（占比为48%）和2个高使用低可达性社区，中西部区域的空间布局效率优于东部。需注意的是，受限于招生政策和规模，中小学设施不适用上述方法进行效率分析。中小学具

有独特的服务特性和社会功能，其布局应更加重视公平性，而非单纯追求效率，应另引入就近入学程度指标等研究学校布局和教育资源分配的合理性。

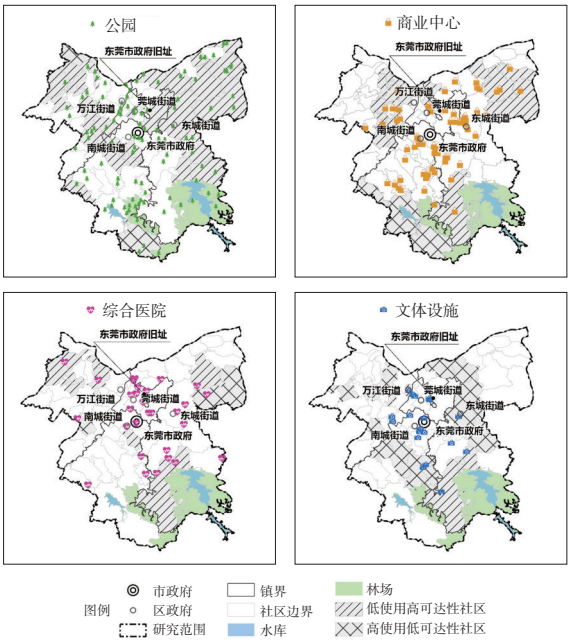


图4　公共服务设施高使用低可达性与低使用高可达性分布

审图号：GS(2024)0650

3.4　综合公平和效率的低碳出行空间协调性分布特征

综合公平和效率的低碳出行空间协调性分析结果表明（图5）：①均衡发展型空间较为有限，仅有少量社区兼顾了公平和效率的低碳可达友好性和良好平衡，其中公园分布相对密集且覆盖面较广，但能兼顾公平和效率的低碳可达友好社区仅有10个，商业中心主要分布于中心城区居住区，14个社区实现了公平与效率兼顾的低碳友好状态，综合医院呈现出核心集中、外围分散的公平效率分布格局，11个社区具备较理想的公平效率兼顾状态，文体设施兼顾公平与效率的低碳可达友好社区有9个，分布在新旧市政中心周围；②潜力开发型空间的社区约占半数，研究区内约一半的社区当前尚未显现明显的公平效率和低碳可达协调性问题，但需持续关注，以避免未来资源闲置或浪费，其中公园和商业中心的潜力开发型空间涉及社区33个（占比为48%），综合医院的潜力开发型空间涉及社区35个（占比约为51%），文体设施的潜力开发型空间涉及社区27个（占比约为39%）；③优化提升型空间较多，该类社区的公平性或效率不足，其中公园的优化提升型空间涉及社区26个，主要分布在莞城东部、东城北部、万江中部和南城中部，商业中心的优化提升型空间涉及社区21个，集中在东城东北部和南部、南城南部和万江中部，综合医院的优化提升型空间涉及社区20个，主要分布在东城东北部、南城中部和万江中部，文体设施的优化提升型空间涉及社区29个，半数分布于东城街道，其余分布在南城和万江中部；④少量空间在公平性、效率和低碳可达性等多个维度上均表现较差，属于重点改善型空间，主要分布在城市边缘地区，其中公园不存在重点改善型空间涉及社区，商业中心、综合医院、文体设施的重点改善型空间涉及社区分别为1、3、4个。

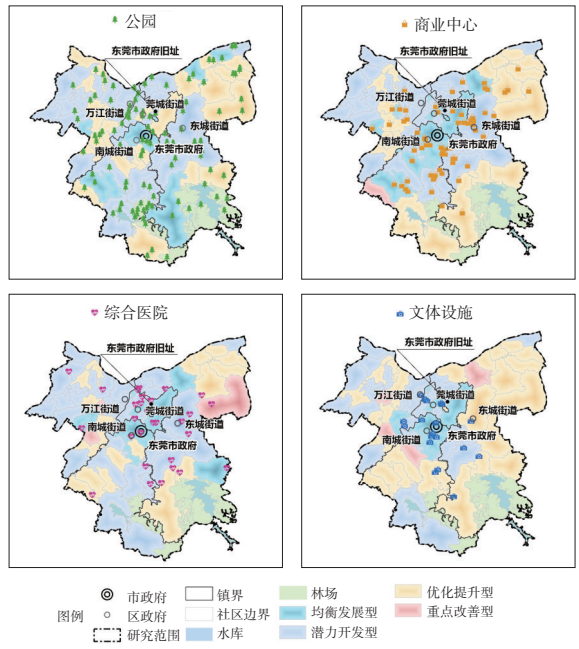


图5　公共服务设施综合公平和效率的低碳可达性

审图号：GS(2024)0650

总体而言，东莞市中心城区的公共服务设施在核心区域配置相对完善，但向外围区域辐射作用仍需加强优化，以实现更加均衡的空间布局。

4　结　语

在“双碳”背景下，实现碳达峰碳中和是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求。城市的公共建筑和公共空间等公共设施是居民使用频繁的场所，也是城市碳排放的重要来源。提升公共服务设施的低碳出行可达性、公平性和效率，对于减少移动碳源、改善城市环境质量、缓解交通拥堵具有重要意义。本文从低碳出行优先的视角评估公共服务设施布局，考虑居民到达设施点便捷性的同时，更关注城市交通的绿色可持续发展。在兼顾公平与效率的视角下，运用GIS、百度路径规划API、相关分析和矩阵分析等方法分析了东莞市中心城区公共服务设施的低碳出行可达性、公平性、效率和协调发展空间。公共服务设施低碳出行可达性呈现显著的空间分异特征，公平性与效率并非完全正相关。研究区中心区域的表现优于边缘区域，医院、公园等设施在公平性方面表现较好，但效率相对不足，而商业中心则相反。公共服务设施的高可达性并非意味着高公平性或

高效率。部分设施低碳可达性高但使用效率低，反映出设施本身存在吸引力不足的问题。一些高需求设施的可达性低，反映了公平性问题，需要通过优化交通网络或增设设施来改善。兼顾公平和效率的低碳可达性分析有助于理解公共服务设施布局的复杂性，制定更加精准的优化策略。通过建立公共服务设施需求、使用和可达性的匹配关系，识别低碳可达水平与需求等级、使用效果的匹配错位区域，可指导新增设施选址评估、公交路线优化、设施服务品质和能力提升等改善策略，不断强化公共服务资源的均衡配置和高效利用。

本文的研究方法可为东莞市及其他城市的公共服务设施规划提供参考，研究结果对城市体检提供了新的启发和建议：①将低碳出行指标融入城市体检评估体系，在大数据支撑下将步行、骑行和公共交通等低碳出行水平纳入评估体系，有利于衡量和推动城市的绿色低碳发展；②引入对公共服务设施的多维度评估方法，现阶段主要为相对粗放的设施数量统计和可达性评价，引入低碳可达性、公平性和效率等多维度评估方法，可更全面地反映城市公共服务质量，避免单一指标的局限性；③完善城市体检“问题识别—聚焦重点—治理提升”机制，低碳出行视角的可达性、公平性和效率检测可识别出高可达低使用率的设施以及设施的低可达高需求社区，将其纳入城市体检的重点关注对象，开展专项治理；④分级管控低碳协调性发展空间，构建区域公共服务设施的低碳可达性、公平性、效率等多维语义空间，划分均衡发展型、潜力开发型、优化提升型和重点改善型等空间标识，有利于统筹优化资源配置，不断提升居民绿色出行便捷度和幸福感。

本文聚焦于东莞市中心城区，反映区内公共服务设施供给的低碳出行可达性和公平效率情况，有助于精准识别中心城区内部的服务供需矛盾和空间配置问题；但仍需关注公共服务设施的大尺度空间范围内的服务和辐射能力。虽然研究区边界内外缓冲区内公共服务设施数量稀少，跨区服务供给能力和辐射效能有限，说明研究区作为一个独立研究范围的可行性；但未来需要市域尺度甚至大湾区尺度的深化研究和综合评价。

参考文献

[1] 刘正兵,张超,戴特奇. 北京多种公共服务设施可达性评价[J]. 经济地理,2018,38(6):77-84

[2] 蒋海兵,张文忠,韦胜. 公共交通影响下的北京公共服务设施可达性[J]. 地理科学进展,2017,36(10):1239-1249

[3] 解扬洋,谌丽,周爱华,等. 社区尺度的北京儿童服务设施可达性分析[J]. 世界地理研究,2021,30(3):546-555

[4] 韩非,罗仁朝. 基于可达性测度的城市社区居家养老服务供需匹配研究:以南京为例[J]. 经济地理,2020,40(9):91-101

[5] 胡莉蓉,何深静,苏世亮. 深圳市公共住房居民就医可达性:基于互联网地图服务和改进两步移动搜索法[J]. 热带地理,2024,44(2):226-235

[6] 江黎明,张兴辉,卢思佳,等. 改进高斯两步移动搜索法的公园绿地步行可达性评价[J]. 测绘科学,2024,49(4):177-186

[7] 郑銮娟,肖童,刘晔,等. 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[J]. 地理科学进展,2023,42(7):1341-1354

[8] 马丽亚,修春亮. 基于居民休闲出行的沈阳市公园绿地与居住地的匹配性研究[J]. 世界地理研究,2023,32(6):108-118

[9] 闫苗苗,韦原原,邓学锋,等. 郑州绿地公园分布及可达性研究[J]. 地理空间信息,2023,21(4):46-49

[10] 倪建华,陈杰,袁哲沛,等. 城市卒中急救网络动态可达性评价:以合肥市为例[J]. 热带地理,2023,43(12):2359-2368

[11] 李万武,柳林,汪恒生,等. 多交通模式下青岛市医疗资源的可达性和公平性[J]. 测绘科学,2024,49(9):62-70

[12] 王宇环,靳诚,安鸿波,等. 基于低碳出行方式的南京市本地居民景点可达性研究[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(11):2443-2452

[13] Shi W C,Lai Joseph H K,Chau C K,et al. Analytic Evaluation of Facilities Performance from the User Perspective: Case Study on a Bad Minton Hall[J]. Facilities,2021,39(13/14):888-910

[14] 徐玄彧,许增巍,苗珊珊. 基于乡村活力的公共空间使用效率评价[J]. 江西农业学报,2023,35(5):238-246

[15] 谢庆哲,赵翠薇. 基于POI和AOI数据的贵阳市生活圈便捷性测度[J]. 西部人居环境学刊,2024,39(2):133-138

[16] 俞艳,闫奇奇,阎程,等. 基于手机信令数据的宁波市医疗资源均等性评估[J]. 地理空间信息,2024,22(7):1-4

[17] 王睿,柯嘉,张赫. 基于职住分离的超大特大城市交通拥堵碳排放机理研究:以天津市“郊住城职”现象为例[J]. 上海城市规划,2023(6):33-39

[18] 陈杰,李昂,符峥,等. 公交模式对公共服务设施可达性的影响[J]. 地球信息科学学报,2019,21(7):983-993

[19] 韩勇,贺萌琳,娄昕欣,等. 大别山革命老区红色文化资源可达性研究[J]. 地理信息世界,2021,28(4):80-86

[20] 石飞,朱乐,原榕. 公共交通可达性分析方法进展[J]. 人文地理,2022,37(6):20-29

[21] 吴殿廷,宋金平,孙久文,等. 区域经济学(第二版)[M]. 北京:科学出版社,2009

[22] Western Australian Planning Commission. Liveable Neighbourhoods: Community Design Code. Draft. Perth[M]. WA: Western Australian Planning Commission,1997

[23] 王宁,杜豫川. 社区居民适宜步行距离阈值研究[J]. 交通运输研究,2015,1(2):20-24

[24] 黄树森,宋瑞,陶媛. 大城市居民出行方式选择行为及影响因素研究:以北京市为例[J]. 交通标准化,2008(9):124-128

[25] Gunn L D,King T L,Mavoa S,et al. Identifying Destination Distances that Support Walking Trips in Local Neighborhoods[J]. Journal of Transport and Health,2017,5:133-141