

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2026.01.003

轨道交通同城化对都市圈三级医院可达性及其空间公平性的影响

彭一升¹, 刘嘉慧², 陈林³, 方翰¹, 杨林川¹

(1. 西南交通大学建筑学院, 成都 611756; 2. 香港大学社会科学学院, 香港 999077;

3. 成都西南交通大学设计研究院有限公司, 成都 610031)

摘要: 现有研究大多忽视都市圈层面轨道交通同城化对三级医院可达性及其空间公平性的影响。针对此问题, 引入两步移动搜索法和修正平均绝对偏差来分别评价可达性与空间公平性, 构建现状与轨道交通同城化两个场景, 以成都为例, 系统分析都市圈三级医院可达性及其空间公平性的演变。研究发现: 轨道交通同城化促进三级医院可达性的整体提升; 随着轨道交通同城化的推进, 可达性空间极化现象逐渐减弱, 同时无法获得优质医疗服务的区域也在减少, 但龙泉山脉东西两侧的可达性差异却愈发显著; 轨道交通同城化缩小可达性的空间差异, 促进空间公平。据此, 提出促进成都都市圈三级医院均衡化与高水平协同发展的优化策略。

关键词: 轨道交通同城化; 三级医院; 可达性; 空间公平; 成都都市圈

中图分类号: TU984

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2026)01-0019-06

Impact of Rail Transit Integration on Accessibility to Tertiary Hospitals and Its Spatial Equity in the Metropolitan Area

PENG Yisheng¹, LIU Jiahui², CHEN Lin³, FANG Han¹, YANG Linchuan¹

(1. School of Architecture, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756;

2. Faculty of Social Sciences, The University of Hong Kong, Hong Kong 999077;

3. Southwest Jiaotong University Chengdu Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610031)

Abstract: Most existing studies have overlooked the impact of rail transit integration at the metropolitan scale on accessibility to tertiary hospitals and its spatial equity. To address this gap, this study uses the two-step floating catchment area (2SFCA) model and the adjusted mean absolute deviation to measure accessibility to tertiary hospitals and its spatial equity, sets two scenarios (the status quo and the rail transit integration scenario), and evaluates the impact of rail transit integration on accessibility to tertiary hospitals and its spatial equity in the Chengdu Metropolitan Area. The results show that rail transit integration has substantially improved accessibility to tertiary hospitals. As rail transit integration progresses, spatial polarization in accessibility has gradually weakened, and the number of high-accessibility areas has declined. However, the accessibility gap between the eastern and western sides of the Longquan Mountains has become increasingly pronounced. Rail transit integration has reduced spatial disparities in accessibility to tertiary hospitals and fostered spatial equity. These findings provide valuable insights for the rational allocation of high-quality medical and rail transit resources.

收稿日期: 2025-07-23 修回日期: 2025-09-17

第一作者: 彭一升, 男, 博士研究生, 从事城市环境与活动行为研究, yisheng.peng@my.swjtu.edu.cn

通信作者: 杨林川, 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事城市交通与土地利用规划研究, yanglc0125@swjtu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(52208034); 四川省杰出青年科学基金项目(2025NSFJQ0016)

引用格式: 彭一升, 刘嘉慧, 陈林, 等. 轨道交通同城化对都市圈三级医院可达性及其空间公平性的影响[J]. 都市轨道交通, 2026, 39(1): 19–24.

PENG Yisheng, LIU Jiahui, CHEN Lin, et al. Impact of rail transit integration on accessibility to tertiary hospitals and its spatial equity in the metropolitan area[J]. Urban rapid rail transit, 2026, 39(1): 19–24.

Keywords: rail transit integration; tertiary hospital; accessibility; spatial equity; Chengdu Metropolitan Area

充足的医疗资源是保障公共健康和社会民生的关键因素。然而,在城镇化快速推进以及住房制度改革背景下,医疗资源分布不均衡的现象愈发显著。这不仅加剧了不同区域与群体间医疗资源可达性的差异,还引发了更深层次的医疗资源公平性问题。《健康中国2030纲要》和《“十四五”全民医疗保障规划》的相继发布,充分体现了国家对医疗资源公平性的高度重视。在此背景下,深入探讨医疗资源公平性问题,对提升人民福祉、优化资源配置以及营造健康宜居环境具有重要的现实意义。

医疗设施空间公平是医疗资源公平性研究的重要分支^[1]。空间公平是实现社会公平的重要途径,其本质在于确保不同地理空间中资源、服务和机会的平等分配,以实现更加均衡的发展目标。医疗设施可达性能够反映居民获取医疗资源的便利程度,因此常被用作衡量医疗设施空间公平的关键指标。在我国,公共交通是居民的主要出行方式之一^[2-3],它在居民获取医疗资源方面发挥着重要的作用。

近年来,区域层面的医疗设施空间错配现象愈发显著。区域交通基础设施(如高速铁路、高速公路、机场和航线)的快速发展是导致这一现象的主要原因。在居民就医需求的驱动以及各城市医疗服务供给水平存在较大差异的双重影响下,居民的跨市就医行为愈发普遍。三级医院作为区域稀缺资源,汇聚了高水平的医疗力量,其对居民的重要性不言而喻。因此,在城市功能互补与区域协同发展的时代背景下,探讨区域内三级医院可达性及其空间公平性具有较强的现实意义。

随着《关于培育发展现代化都市圈的指导意见》的颁布,都市圈已成为区域治理与协同发展的重要调控单元^[4-6]。2025年7月召开的中央城市工作会议明确指出要“发展组团式、网络化的现代化城市群和都市圈”,进一步凸显了其重要性。轨道交通同城化作为构建现代化都市圈的关键支撑,在推动区域社会经济发展中发挥着重要作用。然而,现有的医疗设施空间公平研究多集中于城市层面,对区域层面的关注则相对不足,关于轨道交通同城化对三级医院可达性及其空间公平性影响的研究更是少之又少。

在理论探讨与现实需求的双重驱动下,本文分析了轨道交通同城化对成都都市圈三级医院可达性及其空间公平性的影响。首先,构建现状和轨道交通同城

化两个场景,以系统测度成都都市圈三级医院可达性的时空演变特征。其次,运用两步移动搜索法评价两个场景下三级医院可达性,并揭示其空间分布格局。最后,运用修正平均绝对偏差(adjusted mean absolute deviation, AMAD)评价三级医院可达性的空间公平性。本文的贡献包括:①从轨道交通同城化的动态视角,分析了三级医院可达性的时空演变特征;②探讨了三级医院可达性的空间公平性问题,为推动成都都市圈医疗资源的普惠共享、缓解医疗资源配置失衡提供了决策参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

成都都市圈位于“一带一路”和长江经济带、西部陆海新通道的重要交汇点,是成渝地区双城经济圈的西部极核。根据《成都都市圈发展规划》,成都都市圈由成都市、德阳市、眉山市和资阳市构成,总面积为3.31万km²(见图1)。截至2023年末,成都都市圈常住人口总数达3006.4万人,城镇化率达到72.54%。

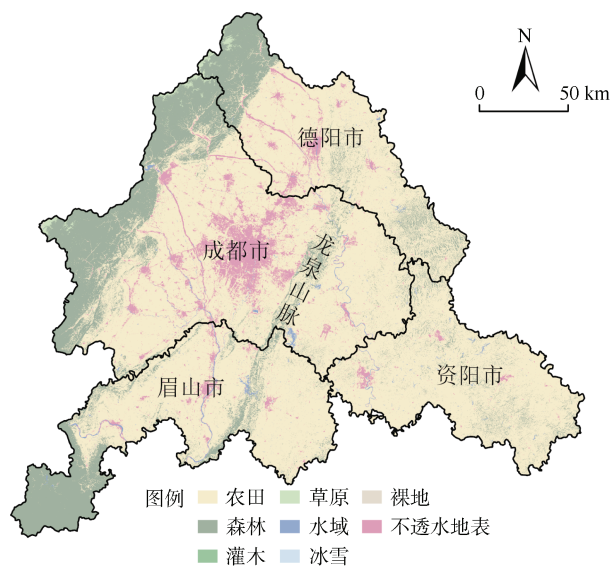


图1 成都都市圈概况

Figure 1 Overview of the Chengdu Metropolitan Area

成都都市圈已初步形成以成都综合性国际交通枢纽为核心的立体交通网络。然而,区域内医疗资源的空间分布极不均衡,呈现出“中心区域密集,周边稀疏”的格局,这在一定程度上引发了大规模的跨市就

医现象。鉴于此,本文以成都都市圈为研究区域,聚焦三级医院可达性及其空间公平性评价,并将成都都市圈划分为若干个 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 的格网,以实现与研究区域的精细化空间分析。图2展示了成都都市圈人口的空间分布格局。

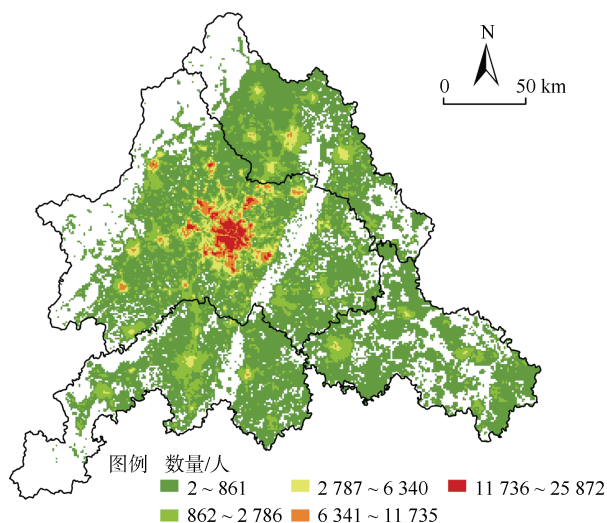


图2 成都都市圈人口的空间分布

Figure 2 Spatial distribution of populations in the Chengdu Metropolitan Area

1.2 数据来源

本文的数据涵盖三级医院、轨道交通、公交与道路等方面。截至2023年9月,成都都市圈共有三级医院144家,其中成都市105家,德阳、眉山和资阳三市合计39家(见图3)。

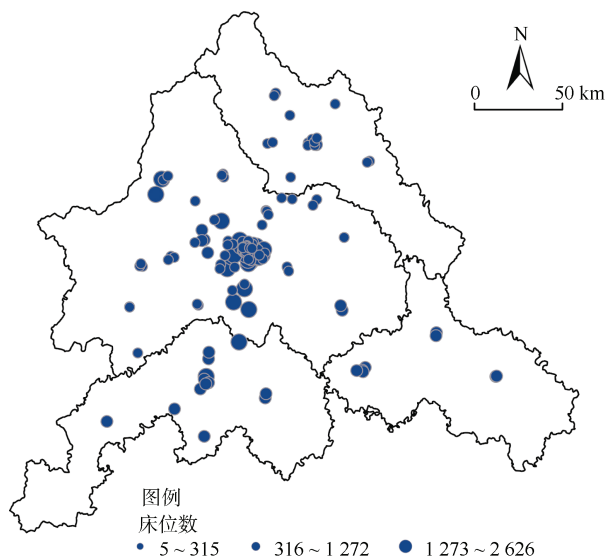


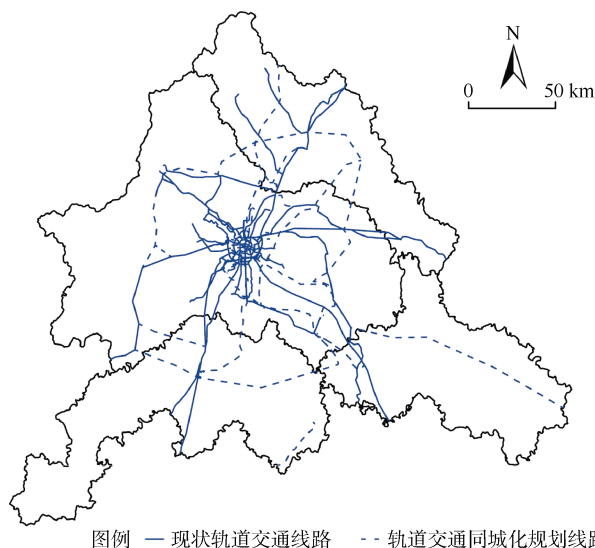
图3 成都都市圈三级医院的空间分布

Figure 3 Spatial distribution of tertiary hospitals in the Chengdu Metropolitan Area

轨道交通分为城市轨道交通、城际与市域(郊)铁路和干线铁路三种类型。公交与步行作为轨道交通的重要接驳方式,在提升轨道交通网络可达性和运行效率方面发挥重要作用。

1.3 场景设置与轨道交通同城化措施

本文设定两个场景。①“现状”场景,涵盖了现有的轨道交通线路;②“轨道交通同城化”场景,涵盖了“十四五”规划期间制定的轨道交通同城化规划站点和线路。图4对比展示了两个场景下的轨道交通线路分布情况。由于各市“十四五”综合交通运输规划中未详细披露公交和道路规划信息,在两个场景中均采用了现状公交和道路数据。



图例 — 现状轨道交通线路 - - 轨道交通同城化规划线路

图4 两个场景下的轨道交通线路分布

Figure 4 Distribution of rail transit lines in two scenarios

根据《成都都市圈发展规划》和各城市《“十四五”综合交通运输发展规划》,成都都市圈通过新建轨道交通(如S5、S11、S13线)、推动轨道交通公交化运营、促进数据互联等多项措施推进轨道交通同城化。本文重点考察新建轨道交通与推动轨道交通公交化运营这两项关键措施对三级医院可达性及其空间公平性的影响。新建轨道交通通过增加轨道线网密度来扩大居民活动范围,而推动轨道交通公交化运营则通过缩短发车间隔、减少等候时间,降低居民就医时间成本。

出行时间由步行时间、等候时间、换乘时间和乘车时间4个部分构成。各出行方式的参数设置如表1所示。城市轨道交通相关参数参考高德地图数据,而城际和市域(郊)铁路、干线铁路的参数参考12306网站信息。规划轨道交通线路速度根据设计最高速度乘

以现状综合轨道交通速度折算率(实际速度/设计最高速度)进行推算。由于公交速度数据获取较为困难,本文沿用《成都市公共汽车客运企业及客运驾驶员安全管理暂行办法》中提及的速度 30 km/h,并增加了公交停靠站时间,设定为 1 min,以减少与实际值之间的偏差。此外,根据中国铁路官方建议“提早多少抵达火车站”,将城际和市域(郊)铁路与干线铁路的等候/换乘时间统一设定为 25 min。最终,通过 ArcGIS Pro 3.0.0 构建相关要素的网络数据集,进而计算各格网中心到三级医院的出行时间。

表 1 两个场景下的各出行方式参数设置

Table 1 Parameter setting of travel modes in two scenarios

出行方式	参数	现状场景	轨道交通同城化场景
步行	速度/(km/h)	4.8	4.8
公交	速度/(km/h)	30	30
	等候时间(或换乘时间)/min	10	10
	停靠站时间/min	1	1
城市轨道交通	速度/(km/h)	各线路 速度不同	各线路 速度不同
	等候时间(或换乘时间)/min	5	5
城际和市域(郊)铁路	速度/(km/h)	各线路 速度不同	各线路 速度不同
	等候时间(或换乘时间)/min	25	10
干线铁路	速度/(km/h)	各线路 速度不同	各线路 速度不同
	等候时间(或换乘时间)/min	25	25

2 研究方法

2.1 空间可达性评价方法: 两步移动搜索法

两步移动搜索法是空间可达性研究领域应用最为广泛的方法之一^[7-9]。在该方法的演进过程中,学者们通过引入距离衰减函数,有效解决了传统模型忽视空间阻抗效应的局限性,从而更精确地刻画了服务供给端与需求端的空间交互关系,显著提升了模型的空间解释力与现实适用性。两步移动搜索法的计算公式为:

$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} \frac{S_j f(d_{ij}, d_0)}{\sum_{k \in \{d_{ij} \leq d_0\}} P_k f(d_{kj}, d_0)} \quad (1)$$

$$f(d_{ij}, d_0) = \begin{cases} d_{ij}^{-\beta}, & d_{ij} \leq d_0 \\ 0, & d_{ij} > d_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, A_i 为格网 i 的三级医院可达性; S_j 为三级医院 j 的服务规模(床位数), 个; P_k 为格网 k 的需求量(常住人口数量), 千人; d_{ij} 和 d_{kj} 分别为格网 i 和 k 与三级医

院 j 之间的交通成本(出行时间), min; d_0 为居民到访三级医院的极限出行时间, min; f 为距离衰减函数; β 为出行摩擦系数, 用来衡量地理空间中出行的阻力或成本。参考胡舒云等^[10]的做法, 将 β 值设定为 1, d_0 设定为 3 h。

2.2 空间公平性评价方法: AMAD 指数

本文基于修正的平均绝对偏差(mean absolute deviation, MAD)指数来测度空间公平。MAD 指数的计算公式为:

$$MAD = \frac{\sum_i^n P_i |A_i - \bar{A}|}{\sum_i^n P_i} \quad (3)$$

式中, $\bar{A}$ 为可达性平均值; P_i 为格网 i 的人口数量, 千人; n 为格网数量。MAD 越小(即越趋近于 0), 表示成都都市圈三级医院可达性的空间分布越公平; 相反, MAD 越大, 表明成都都市圈三级医院可达性在空间上的差异越大^[9]。

为了消除量纲差异, 便于不同年份间的对比分析, 本文构建了修正 MAD 指数(即 AMAD 指数), 其计算公式为:

$$AMAD = \frac{\sum_i^n P_i \left| \frac{A_i - \bar{A}}{\bar{A}} \right|}{\sum_i^n P_i} \quad (4)$$

若轨道交通同城化场景的 AMAD 值低于现状场景, 表示轨道交通同城化推动了可达性的空间公平分布。

3 结果分析

本文首先采用网络分析方法, 测度了成都都市圈各个格网通过公共交通到达最近三级医院所需的时间(最短出行时间)。结果显示, 4 个城市平均最短出行时间存在显著差异, 最大差距接近 4 h, 这突显了成都都市圈三级医院空间分布的非均衡性。在现状场景下, 成都市大部分区域的居民能在 2 h 内到达最近的三级医院, 这主要得益于成都市内三级医院分布集中以及公共交通覆盖广泛。相比之下, 资阳市居民的平均最短出行时间较长, 表明该市居民获取医疗资源的成本较高。此外, 资阳市最短出行时间的分布较其他城市更为分散, 表明居民前往三级医院的出行时间存在显著差异, 部分居民需要花费很长的时间才能到达三级医院。

场景间对比可知,轨道交通同城化降低了居民就医的时间成本。在设定的两个场景下,成都都市圈的平均最短出行时间分别为 2.92、2.88 h。在 4 个城市中,眉山市的改善程度最低。此外,资阳市的平均最短出行时间仍然远高于其他 3 个城市。

本文运用两步移动搜索法测度了成都都市圈三级医院可达性。在设定的两个场景下,全局的三级医院平均可达性分别为 1.320、1.383。这说明轨道交通同城化促进了可达性的整体提升。

图 5 展示了两个场景下的成都都市圈三级医院可达性的空间分布。在现状场景下,成都都市圈三级医院可达性呈现出从中心向外围递减的空间分布趋势,且在外围区域存在零星的高值集聚现象。此外,三级

医院可达性存在明显的区域差异,主要以龙泉山脉为分界线。龙泉山脉以东区域(简称东部区域)大多数地区无法在 3 h 内抵达三级医院,可达性普遍较低,呈现出明显的“洼地”现象。相反,龙泉山脉以西区域(简称西部区域)可达性高值连片,居民在 3 h 内基本上可以享受到三级医院服务。这进一步凸显了成都都市圈三级医院可达性在空间上极不平衡的分布特征。

图 5 显示,随着轨道交通同城化的推进,可达性空间极化现象逐渐减弱,同时无法获得优质医疗服务的区域也在减少。这表明三级医院的医疗资源普惠于更多居民。然而,《综合医院建设标准》等相关文件以及医院的初始规划往往决定了各个医院的服务水平与承载能力。在供给不变的前提下,交通便利所带来的服务人数增加必然会导致三级医院服务压力的增加,从而减少高可达性区域的数量。

值得注意的是,随着轨道交通同城化的推进,龙泉山脉东西两侧三级医院可达性的空间差异却愈发显著。在设定的两个场景下,西部区域三级医院平均可达性分别为 1.829、2.056,表明该区域得益于轨道交通资源的整合发展,医疗服务可达性得到了一定的提升。然而,东部区域的三级医院平均可达性分别为 0.612、0.447,这表明东部区域的医疗资源在轨道交通同城化进程中受到了西部区域的“蚕食”。

本文采用 AMAD 指数,测度了可达性的空间公平性。结果显示,在设定的两个场景下,全局的 AMAD 指数分别为 0.613、0.555,降幅为 9.5%。这说明了随着轨道交通同城化的推进,三级医院可达性的空间公平性(即均衡性)得到了明显的提升。这与纪元等^[11]的发现相契合,即轨道交通建设提升区域整体均衡性。

4 结论

1) 结论:轨道交通同城化促进了三级医院可达性的整体提升;随着轨道交通同城化的推进,三级医院可达性空间极化现象逐渐减弱,同时无法获得优质医疗服务的区域也在减少,但龙泉山脉东西两侧的可到达性差异却愈发显著;轨道交通同城化缩小了三级医院可达性的空间差异,促进了空间公平。

2) 建议:首先,应加强以公共交通为导向的三级医院资源配置,推动医疗设施与轨道交通等公共交通体系的协同发展。同时,建立多维度、系统化的就医需求评价框架,精细化识别不同地区在“医疗资源—公共交通—就医需求”之间的关系,从而实现更加精

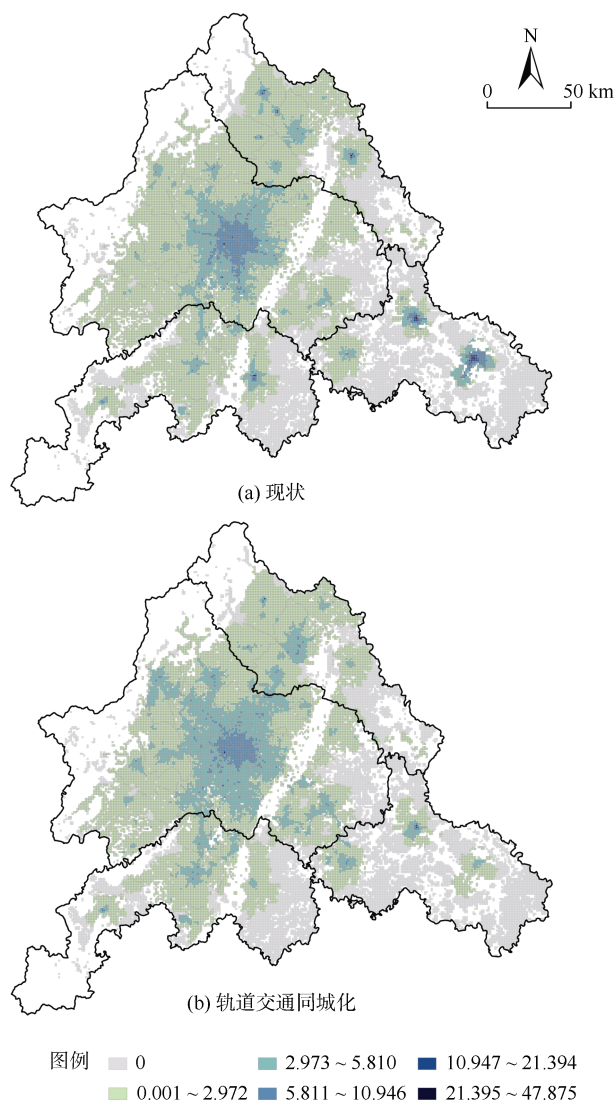


图 5 两个场景下的三级医院可达性的空间分布

Figure 5 Spatial distribution of accessibility to tertiary hospitals in two scenarios

准和高效的资源配置。其次,适当加大对东部区域的交通和医疗资源投入,提升轨道交通与其他交通方式的接驳效率,完善公共交通体系,以贯彻人本导向的城市发展理念。

本文从“都市圈”和“同城化”的视角,探究了轨道交通同城化对成都都市圈三级医院可达性及其空间公平性的影响,为公共服务设施可达性和公平性研究提供了新的视角与实证支持。然而,本文还存在一些不足之处:首先,在轨道交通同城化场景中,尚未考虑三级医院、公交以及道路等资源配置力度可能加强的因素。未来研究可以补充这方面的数据,构建更为完善的三级医院空间分布及公共交通网络数据集,以更好地测度公共交通同城化下三级医院的可达性及其公平性。其次,未充分考虑不同疾病的需求差异。后续研究可以综合多种疾病需求,探究不同类别的三级医院可达性,以进行更为细致的探索。

参考文献

- [1] KIM J, RAPURI S, CHULUUNBAATAR E, et al. Developing and evaluating transit-based healthcare accessibility in a low- and middle-income country: a case study in Ulaanbaatar, Mongolia[J]. *Habitat international*, 2023, 131: 102729.
- [2] YANG Linchuan, CHAU K W, SZETO W Y, et al. Accessibility to transit, by transit, and property prices: spatially varying relationships[J]. *Transportation research part D*, 2020, 85: 102387.
- [3] 樊明浩, 洪于亮, 戴冀峰, 等. 复杂网络下 TOD 耦合机制引导城市发展策略研究: 以北京为例[J]. *都市轨道交通*, 2022, 35(4): 74-80.
FAN Minghao, HONG Yuliang, DAI Jifeng, et al. Urban development strategy guided by TOD coupling mechanism under complex network: a case study of Beijing[J]. *Urban rapid rail transit*, 2022, 35(4): 74-80.
- [4] 龙茂乾, 李婉, 扈茗, 等. 新时期我国都市圈治理的新逻辑与变革方向探讨[J]. *规划师*, 2020, 36(3): 12-16.
LONG Maoqian, LI Wan, HU Ming, et al. Metropolitan area governance and future reform in China[J]. *Planners*, 2020, 36(3): 12-16.
- [5] 戴智, 王小龙, 韩延彬, 等. 粤港澳大湾区城际铁路公文化运营模式下服务提升对策研究: 以广佛都市圈为例[J]. *都市轨道交通*, 2024, 37(4): 9-15.
DAI Zhi, WANG Xiaolong, HAN Yanbin, et al. Counter-
- measures for service improvement under bus-like operation of intercity railways in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area: a case study of the Guangfo Metropolitan Region[J]. *Urban rapid rail transit*, 2024, 37(4): 9-15.
- [6] 姜宇逍, 陆毅, 运迎霞, 等. 基于梯度理论的北京通勤圈城市活力特征与影响机制研究[J]. *城市规划学刊*, 2023(6): 50-58.
JIANG Yuxiao, LU Yi, YUN Yingxia, et al. Urban vitality characteristics and impact mechanisms in Beijing's commuting circle: a gradient theory perspective[J]. *Urban planning forum*, 2023(6): 50-58.
- [7] YANG Linchuan, LU Yi, CAO Mengqiu, et al. Assessing accessibility to peri-urban parks considering supply, demand, and traffic conditions[J]. *Landscape and urban planning*, 2025, 257: 105313.
- [8] LUO Wei, WANG Fahui. Measures of spatial accessibility to healthcare in a GIS environment: synthesis and a case study in Chicago Region[J]. *Environment and planning B*, 2003, 30(6): 865-884.
- [9] 陶卓霖, 戴特奇, 宋长青. 空间公平导向的城市医疗设施优化配置模型研究[J]. *地理学报*, 2023, 78(2): 474-489.
TAO Zhuolin, DAI Teqi, SONG Changqing. Improving spatial equity-oriented location-allocation models of urban medical facilities[J]. *Acta geographica sinica*, 2023, 78(2): 474-489.
- [10] 胡舒云, 陆玉麒, 胡国建, 等. 基于多源大数据的深圳市医疗设施可达性与公平性测算[J]. *经济地理*, 2021, 41(11): 87-96.
HU Shuyun, LU Yuqi, HU Guojian, et al. Measuring accessibility and equity of medical resources in Shenzhen based on multi-source big data[J]. *Economic geography*, 2021, 41(11): 87-96.
- [11] 纪元, 关文川, 岳隽. 面向多场景的城际铁路区域空间公平效率影响研究: 以深莞惠区域为例[J]. *热带地理*, 2023, 43(7): 1259-1274.
JI Yuan, GUAN Wenchuan, YUE Jun. A multi-scenario-oriented study on the impact of regional spatial equity and efficiency of intercity railways: a case study of the Shenzhen-Dongguan-Huizhou Region[J]. *Tropical geography*, 2023, 43(7): 1259-1274.

(编辑: 傅依萱)