

超大城市商服设施适老性的精准识别与优化机制

卢贝焱¹, 兰泽英¹, 边誉艺¹, 刘洋^{2,3}, 陈晓晖^{2,3}, 何建华⁴

¹广东工业大学管理学院, 广东 广州

²广州市城市规划勘测设计研究院有限公司, 广东 广州

³广东省城市感知与监测预警企业重点实验室, 广东 广州

⁴武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月20日; 发布日期: 2026年5月13日

摘要

在快速老龄化背景下, 如何实现商业服务资源的精准化识别与适老性治理, 已成为超大城市城市服务体系建设的重要议题。然而, 既有研究多依赖静态人口结构与二维供给指标评估设施配置状况, 忽视了老年群体行为差异以及三维空间供给结构对服务效能的影响。为此, 本文构建社区尺度的“3D供给-老年需求-空间匹配”分析框架: 在供给侧建立建筑耦合熵模型刻画商服设施综合服务能力, 在需求侧构建老年群体行为需求测度模型, 并通过修正的空间耦合失衡度(ESDR)识别社区尺度供需格局。以广州为例的实证研究表明: 广州社区适老商服体系呈现显著的梯度分化与结构性错位。核心区表现出明显的供给锁定特征, 极度冗余比例高达76.3%, 反映出资源过度集聚与利用效率低下的并存现状; 战略新区正经历均衡瓦解的过程, 约51.3%的街道呈现显著的“人口先行、服务滞后”特征; 北部增长极在非工作日服务短缺比例仍高达52.6%, 存在严重的资源孤岛现象。研究进一步揭示了超大城市公共服务配置中“形态-行为”之间的结构性错位机制, 为城市在老龄化背景下推动公共服务体系由增量扩张向存量优化转型提供了新的量化工具, 并为实现社区层面的适老性治理与服务均等化目标提供了精准化识别与分区治理的决策依据。

关键词

商服设施, 超大城市, 3D空间供给, 适老行为需求, 建筑耦合熵

Precise Identification and Optimization Mechanism of Age-Friendly Commercial Service Facilities in Megacities

Beixi Lu¹, Zeying Lan¹, Yuyi Bian¹, Yang Liu^{2,3}, Xiaohui Chen^{2,3}, Jianhua He⁴

¹School of Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou Guangdong

²Guangzhou Urban Planning Design & Survey Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

³Key Laboratory of Urban Perception, Monitoring and Warning Enterprises in Guangdong Province, Guangzhou Guangdong

⁴School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan Hubei

Received: March 23, 2026; accepted: April 20, 2026; published: May 13, 2026

Abstract

Against the backdrop of rapid population aging, how to achieve refined identification of commercial service resources and age-friendly service optimization has become an important issue in the development of urban service systems in megacities. However, existing studies mostly rely on static population structures and two-dimensional supply indicators to evaluate facility allocation, ignoring the impacts of behavioral differences among older adults and three-dimensional spatial supply structures on service efficiency. To address this gap, this study constructs a community-scale analytical framework of “3D Supply-Elderly Demand-Spatial Matching”. On the supply side, a building coupling entropy model is established to characterize the comprehensive service capacity of commercial service facilities; on the demand side, a measurement model for behavioral needs of older adults is constructed; and a revised Spatial Coupling Disequilibrium Index (ESDR) is used to identify the supply-demand pattern at the community scale. An empirical analysis of Guangzhou shows that the community-level age-friendly commercial service system exhibits significant gradient differentiation and structural misalignment. The core urban area presents obvious supply lock-in, with an extremely redundant proportion as high as 76.3%, reflecting the coexistence of excessive resource agglomeration and low utilization efficiency. Strategic new development areas are undergoing a process of equilibrium breakdown, with approximately 51.3% of subdistricts showing a prominent pattern of “population agglomeration ahead of service provision”. The northern growth poles still suffer from a service shortage rate of 52.6% on non-working days, indicating a severe resource island effect. This study further reveals the structural misalignment mechanism between “spatial form and daily behavior” in public service allocation in megacities. It provides a new quantitative tool for cities to promote the transformation of public service systems from incremental expansion to stock optimization under aging pressures, and offers a refined identification approach and spatially differentiated planning support to achieve age-friendly community services and service equalization at the neighborhood level.

Keywords

Commercial Service Facilities, Megacities, 3D Spatial Supply, Age-Friendly Behavioral Demand, Building Coupling Entropy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国人口老龄化进程不断加快，社区层面的生活服务供给逐渐成为保障老年群体日常生活质量的重要基础。其中，商服设施因其功能类型丰富、服务内容与社区日常生活高度相关，在满足老年群体基本生活需求与提升生活便利性方面发挥着重要作用，是城市公共服务体系的重要组成部分。一般而言，

老年群体是指年龄在 60 周岁及以上的人群,该群体在日常活动范围、消费模式以及服务需求方面具有明显的社区化与本地化特征。国家发展改革委等部门联合印发的《“十四五”公共服务规划》明确指出,我国公共服务体系正处于由“数量保障”向“质量满足”的转型阶段[1]。在这一背景下,如何在复杂的城市空间结构中精准化识别老年群体商业服务需求,并实现公共服务资源的精细化配置,已成为超大城市推进适老性治理的重要议题。

然而,现有传统的城市规划和公共服务评估体系往往忽视商业设施的快速更新与空间弹性特征[2],同时老年群体在出行能力、活动半径与服务偏好等方面的特征,使其对商业服务设施的可达性与便利性依赖程度更高。如果仅依赖传统的静态人口指标或宏观统计,往往难以反映微观尺度下老年群体行为特征所带来的需求差异,导致老年群体对商服设施的实际服务获得感与设施供给能力之间存在明显脱节[3]。因此,从老年群体行为特征出发构建社区尺度的商服设施适老性识别框架,对于提升城市公共服务体系的精准性与公平性具有重要意义,也逐渐成为推动超大城市适老性治理的重要方向[4]。面向这一挑战,现有研究从供给侧,需求侧的现状描述,以及大尺度匹配分析方面展开分析。

在供给侧的识别中,主要聚焦于商业服务要素的测度与空间结构识别,已有研究认为商业活动在城市空间中呈现出显著的等级性与集聚性,逐步形成了多层次、功能互补的商业服务体系[5][6]。在此基础上,研究通常基于 POI 数据、商业中心识别模型等手段,识别城市商业中心的等级结构与空间分布,为理解城市商业体系的组织方式提供了重要依据。近年来,多源数据的应用进一步推动了研究从传统的供给视角向消费者行为视角延伸。借助问卷调查、热力图、手机信令数据等多源数据[7]-[9],学者们识别了商业区域的功能定位、活力水平与人群特征,从而揭示城市商业服务设施在空间上的多中心分布格局[10]-[12]。然而,现有供给侧研究多基于二维空间指标,侧重于城市商业中心体系识别,对于建筑作为服务载体的三维空间特征关注不足。尤其在超大城市中,高层建筑与大型综合体大量存在,其空间高度与内部结构复杂度显著提高,但老年群体对垂直空间的适应能力相对较弱,过高的建筑高度与复杂空间结构可能在一定程度上降低老年群体获取服务设施的便利性。

在需求侧主要基于人口统计、通勤流与交通行为代理变量,通过动态数据揭示居民的服务需求与空间偏好。早期研究多依托静态人口数据,而近年来,随着大数据技术发展,通勤 OD 数据、交通流、客流与信息流数据被广泛用于刻画城市功能联系与居民活动模式[13][14]。研究方法上,学者们多通过重心迁移分析、流向图谱、网络指标测度等方式刻画城市空间结构与人群流动特征,从而揭示居民需求的空间分异及其与城市功能区的关系。然而,这类研究多以总体人口或通勤群体为对象,对不同年龄群体行为差异关注不足。相比其他群体,老年群体在出行距离、活动时间以及服务需求结构方面具有明显差异,因此,从老年群体行为特征出发识别社区服务需求,对于提升城市公共服务的适老性水平具有重要意义。

为了描述供需匹配状态,学者们发展了多种量化评估模型。有研究基于出行移动数据,例如信令数据、出行轨迹等来反向构造需求分布或使用行为频次作为权重,从而更精准地估算服务设施的需求响应,常见的方法包括可达性模型、最短路径匹配法、Kano 模型等定性分析不同区域之间的服务资源分配不均[15]-[17]。部分研究借助机器学习与数据驱动方法对多源数据进行模式识别与需求预测,引入发展度系数模型、非参数分析、统一量纲的回归分析、建立等级系数模型等[15][18]-[21]。相关研究尺度覆盖宏观-中观-微观多个层级,宏观尺度侧重于城市群整体的空间结构演化与多中心形成机制,强调区域网络协同与职能分工[22][23];中观尺度多关注城市整体或中心城区的服务设施分布与优化路径[24][25];微观尺度则聚焦社区、各类等时圈生活圈层,聚焦于生活半径内的服务资源配置合理性与行为响应机制[26]-[28]。

现有研究在城市商业服务设施供需评估方面取得了丰富成果,但仍存在以下问题:1) 在供给侧研究中,多采用二维空间指标识别设施等级、忽视了建筑作为服务载体的三维实体特征,难以全面反映城市商服设施的实际供给能力及其适老性特征;2) 需求侧研究中,研究多以总体人口或通勤群体为对象,尤

其是老年群体的行为特征关注不足，难以揭示老年群体对社区商业服务设施的实际需求；3) 在研究尺度上大部分基于大尺度或者典型社区，难以兼顾多尺度结构之间的动态互动，对社区层面设施供需匹配及其适老性特征关注不足。服务设施可达性在社区尺度存在显著分化现象[29]，因此有必要在社区尺度上构建面向老年群体行为特征的商服设施适老性评估方法。

基于上述研究背景，本文以广州市为例，从社区尺度出发构建商服设施适老性识别框架。在供给侧识别商服设施的空间分布与服务潜能，在需求侧刻画老年群体的活动特征与服务需求，并在此基础上识别社区层面的商服设施供需匹配格局。同时，通过对比不同阶段城市更新背景下的服务配置变化，分析改善社区适老性程度的作用机制，以期为超大城市社区服务设施的适老性优化配置提供实证依据。

2. 数据与方法

2.1. 研究区与数据概况

广州作为珠三角城市群的核心城市、粤港澳大湾区的重要枢纽城市，广州具有人口高度密集、产业高度聚集与城市空间快速扩张的典型特征，在服务设施供给与居民需求匹配方面呈现出显著的结构张力与空间异质性[30]。随着人口老龄化程度不断加深，社区层面的商业服务设施供给逐渐成为影响老年群体日常生活质量的重要因素。因此，以广州为研究对象开展社区尺度商服设施适老性评估，具有较强的典型性与现实意义。

根据《广州市国土空间总体规划(2021~2035年)》的空间结构，并结合行政区划单元，本研究以广州全市 11 个行政区、163 个镇街作为研究范围(如图 1 所示)。依据城市空间发展格局，将研究区划分为四类区域：中心城区(T1)、东部中心(T2)、南沙新区(T3)以及北部增长极(T4)。其中，中心城区(T1)包括荔湾、越秀、海珠、白云、天河及番禺区，共 106 个镇街，是广州人口密度最高、商业服务设施最为集聚的区域；东部中心(T2)包括黄埔区与增城区，共 28 个镇街，近年来在产业发展与人口集聚方面增长迅速；南沙新区(T3)为南沙区全境，共 9 个镇街，是粤港澳全面合作示范区的重要承载区域；北部增长极(T4)包括花都区与从化区，共 20 个镇街，该区域承担生态屏障与区域门户功能。通过上述空间划分，可进一步识别不同发展阶段区域在社区商业服务供给与适老性水平方面的差异。

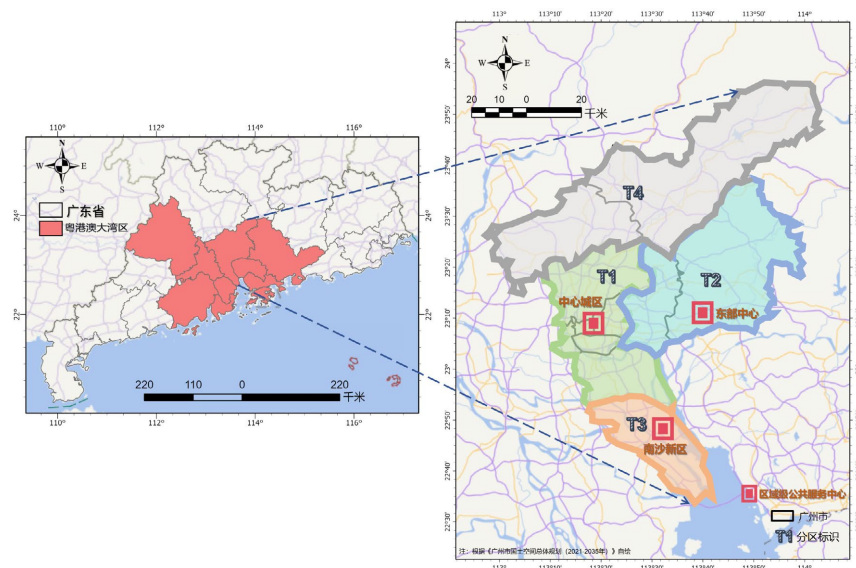


Figure 1. Study area
图 1. 研究区概况

本研究综合利用广州市范围内的分别于 2019 年和 2023 年爬取的九类商服设施 POI 兴趣点(包括餐饮服务、零售超市、产业园区、商务写字楼、金融保险网点、生活服务、文化娱乐、体育健康服务与住宿服务)、三维建筑轮廓数据(包括建筑矢量轮廓数据与建筑高度数据)、老年群体人口结构数据、城市路网数据等多源数据,分别来源于高德地图 API、百度地图、《广州市第七次全国人口普查公报》各区公报文件与 Open Street Map 网站,行政区划数据来源于国家地理信息中心。

2.2. 总体研究框架设计

本研究构建了微观尺度下“需求特征 - 空间供给 - 供需匹配”的适老性精细化评价框架(图 2)。在需求侧,针对老年群体“高频次、小半径”的出行特征,整合设施访问频率与道路网络约束,构建行为导向的社区需求测度模型,实现对老龄群体商业服务诉求的精准表达。在供给侧,引入“实体建筑耦合熵”模型,通过整合建筑规模熵与形态熵,刻画商服设施在空间承载力与结构复杂度上的综合服务效能,有效识别了超大城市复杂垂直空间对老年群体服务获取的制约作用。在匹配识别阶段,采用修正的空间耦合失衡度(ESDR)模型量化供需偏差,并结合标准差椭圆与局部莫兰指数(LISA),从空间格局与服务公平性维度揭示商服设施供需错配的演化机制。该框架通过“供给 - 需求”的双向精准刻画,为识别超大城市适老性服务的空间失衡问题提供了技术支撑。

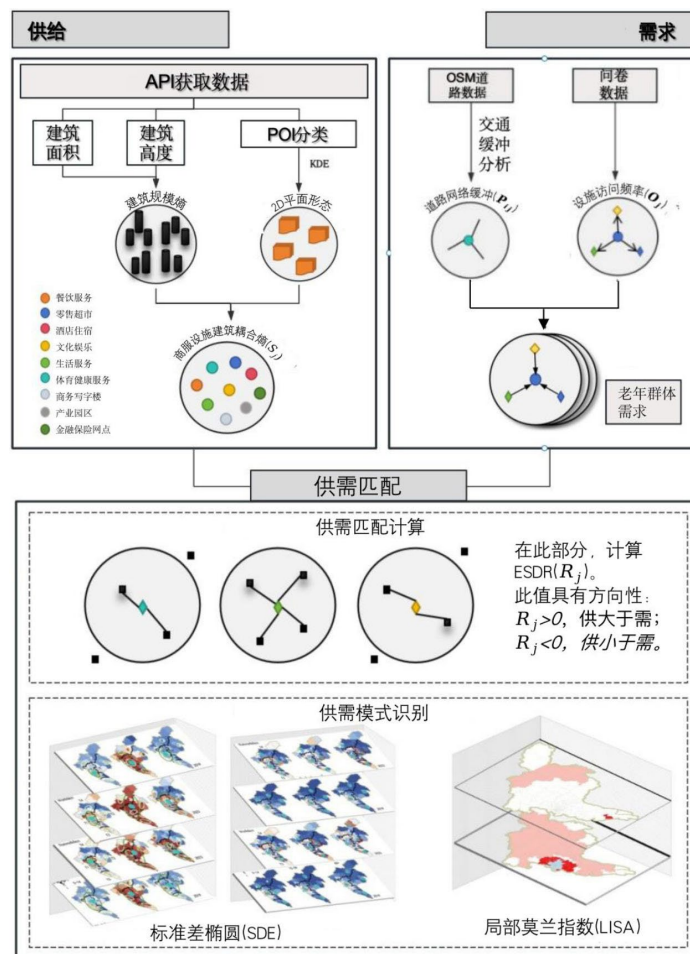


Figure 2. Research flowchart
图 2. 总体研究流程图

2.3. 基于三维实体的商服设施供给能力精准测算

2.3.1. POI 数据选择与清洗

本研究选取商业服务设施作为主要分析对象，经过与三维建筑轮廓数据分区进行识别分类，并对剔除无效点后，2019 年 POI 点共 462,012 个；2023 年 POI 点共 648,895 个。

在本研究中，重点关注与老年群体密切相关的设施类型，以更准确地识别其在日常活动半径内的服务获取条件。依据《国民经济行业分类》(GB/T 4754-2017)对 POI 数据进行归类，并结合社区生活服务设施的功能特征，甄选了九大类核心商服设施要素集合：餐饮服务、零售超市、产业园区、商务写字楼、金融保险网点、生活服务、文化娱乐、体育健康服务与住宿服务。上述设施类型既涵盖居民日常消费、休闲娱乐与健康等服务功能，也反映社区层面商业服务体系的综合供给能力。

2.3.2. 三维建筑耦合熵计算

基于广州市三维建筑数据，提取各类设施在建筑实体层面的核心结构特征，包括建筑面积和高度指标，以此构建服务设施的规模维度；同时引用核密度方法提取其形态维度的信息，分别计算建筑规模熵与建筑形态熵，用以表征设施空间上体量、形态双重维度上的空间复杂性。而后引入信息熵理论，构建实体建筑耦合熵模型。该模型在规模熵与形态熵的基础上，引入加权归一化函数对两者进行融合处理，反映供给系统在建筑层面上的耦合协调程度。

规模熵公式如下：

$$E_{capacity} = -\sum_{x=1}^n P_x \cdot \ln(P_x)$$

$$P_x = \frac{S_x}{\sum_{j=1}^n S_j}$$

$$S_x = A_x \cdot H_x \cdot \beta$$

其中， S_x 是第 x 个建筑的综合服务能力值； β 是建筑的调整系数。

形态熵公式如下：

$$E_{shape} = -\sum_{x=1}^n P_x \cdot \ln(P_x)$$

$$P_x = \frac{K_x}{\sum_{j=1}^n K_j}$$

其中， K_x 是第 x 个位置的 POI 核密度值； n 是空间中划分的区域总数。

实体建筑耦合熵公式如下：

$$S_j = \sqrt{\frac{E_{shape}^2}{E_{capacity}^2}} \times (1 - |E_{shape} - E_{capacity}|)$$

该公式耦合熵值越高，代表该区域建筑实体的空间体量与构型更为匹配协调，服务潜能越强。

2.4. 基于老年群体特征的商服设施需求测算

在社区生活圈主导的城市空间中，老年群体的设施需求主要来源于日常活动，其出行范围与设施选择明显受到交通可达性条件与行为偏好的共同影响。传统 Huff 模型通常以人口规模和距离衰减作为核心变量，难以充分反映老年群体行为特征及设施服务能力差异。因此，本文在传统 Huff 模型基础上引入交

通可达性与老年群体访问行为特征,对设施吸引力与需求响应机制进行修正,构建行为导向的改进型 Huff 需求模型,以刻画社区尺度老年群体对不同类型商服设施的综合需求强度。

2.4.1. 老年群体访问行为描述模型

在交通条件方面,本文基于城市道路网络计算社区尺度的交通可达性。利用 ArcGIS 软件对道路数据进行分级处理,并依据不同道路等级设定相应影响宽度构建道路缓冲区,通过空间叠加形成综合交通服务覆盖区。可达性覆盖率越高,说明社区道路网络越完善,老年群体到达周边商服设施的潜在可达能力越强,该指标作为可达性系数引入需求模型,对设施吸引力进行空间修正。

在行为特征方面,本文基于问卷调查数据测算老年群体对不同类型商服设施的访问频率。问卷记录老年群体在日常外出活动过程中对各类设施的访问情况,并将访问频率划分为多个等级,通过赋值构建设施访问响应矩阵。为消除样本规模差异并突出设施类型之间的相对偏好关系,对访问频率矩阵进行归一化处理,使各设施类别权重之和为 1。归一化后的访问频率用于表征老年群体对不同类型商服设施的行为偏好,并作为需求权重引入模型。

2.4.2. 基于访问行为及可达性修正的需求计算

在交通可达性与老年群体访问行为测算的基础上,本文构建引入行为特征的改进型 Huff 需求模型。该模型突破传统 Huff 模型仅依赖距离衰减或静态人口规模假设的局限,以交通可达性条件、老年群体行为偏好以及设施服务能力共同驱动的加权选择机制为核心,用以估算社区尺度老年群体对不同类型商服设施的综合需求响应强度。

在需求侧,老年群体设施访问频率经归一化处理后作为行为权重参数,用以反映老年群体在社区日常出行约束下对不同设施类型的选择偏好;在供给侧,以实体建筑耦合熵表征不同社区单元内商服设施的综合服务能力。通过上述供需要素的统一建模,实现老年群体行为特征与设施空间供给能力的协同刻画,为后续商服设施适老性识别与供需匹配分析提供一致的需求测度基础。公式如下:

$$Huff_{ij,Mn} = \frac{S_j P_{ij}}{\sum_k S_K P_{ik}}$$

$$D_{i,Mn} = Huff_{ij,Mn} \times \beta_{i,Mn} \times P_{i,Mn} \times O_{i,Mn}$$

式中: S_j 是设施 j 的供给能力,即建筑耦合熵, P_{ij} 是计算的交通缓冲区占比, $\sum_k S_K P_{ik}$ 是所有设施的总吸引力, $Huff_{ij,Mn}$ 是居民点 i 中老年人群 Mn 到设施 j 的访问概率; β_{Mn} 是居民点 i 中第 Mn 类老年人口权重,通过问卷调查获得其对不同类型商服设施的访问频率,并据此构建老年群体设施需求权重。 $O_{i,Mn}$ 是问卷中收集的老年人群对各类设施的访问概率。

2.5. 社区尺度商服设施适老性水平精准评估

2.5.1. 供需匹配精准评估

本研究采用基于局部基尼系数修正的空间耦合失衡度指数(ESDR)模型,进一步从供需比中剥离出盈余成分,用于标记空间分布的供需不平衡方向,识别局部空间上的供需耦合偏差,为评价商服设施配置的空间公平性,采用基尼系数(Gini Coefficient)量化社区老年群体实际获得的服务可达性差异。具体计算如下:

$$ESDR = G_i * \frac{S_c - D_{i,Mn}}{\max(S_c, D_{i,Mn})}$$

式中: G_i 为第 i 单元的局部基尼系数,用以反映相邻单元间供需水平的不均衡程度, S_c 和 $D_{i,Mn}$ 分别为第

i 单元供给与需求指标。ESDR 大于 0 则表明供大于需，ESDR 等于 0 表明供需平衡，ESDR 大于 0 表明该地区需大于供。

2.5.2. 供需匹配模式识别

而后以 ESDR 作为基础，通过各群体规模及反映访问频率的系数进行加权计算，从而得出位置 i 的综合可达性指标 $A_{i,MN}$ 。从空间分布格局和空间公平性两个维度对模型输出结果进行补充性解释与验证分析，引入平均中心法、标准差椭圆和局部莫兰指数(LISA)对社区尺度上的匹配度结果进行空间自相关分析，用于识别一组地理要素的平均位置，反映空间分布的中心趋势，可以直观地展示供需失衡格局的主要方向和覆盖范围。其中标准差椭圆的计算包含三个主要部分：中心 (\bar{X}, \bar{Y}) 、离散度(长轴和短轴)以及方位角 $\tan \theta$ 。

主要公式如下：

$$A_{i,MN} = \sum_{j=1}^J (ESDR_{MN,j} \times O_{i,Mn})$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i,MN} x_i}{\sum_{i=1}^n A_{i,MN}}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i,MN} y_i}{\sum_{i=1}^n A_{i,MN}}$$

$$\tan \theta = \frac{(\sum \tilde{x}_i^2 - \sum \tilde{y}_i^2) + \sqrt{(\sum \tilde{x}_i^2 - \sum \tilde{y}_i^2)^2 + 4(\sum \tilde{x}_i \tilde{y}_i)^2}}{2 \sum \tilde{x}_i \tilde{y}_i}$$

$$I = \frac{n}{W} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$G = \frac{1}{2n^2 \mu} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|$$

式中： x_i 和 y_i 是第 i 个社区单元的空间坐标， \tilde{x}_i 和 \tilde{y}_i 分别是坐标相对于平均中心的偏差； \bar{x} 为空间权重矩阵元素， $w_{i,j}$ 为空间权重矩阵元素； μ 为所有社区服务获得值的均值， x_i ， x_j 为第 i ， j 个社区的服务可达性。

3. 结果分析

3.1. 社区尺度商服设施供给特征分析

3.1.1. 供给强度分析

基于社区尺度的实体建筑耦合熵计算结果揭示了不同区域在设施承载能力上的空间梯度特征(如图 3 所示)。从适老性服务供给视角看，该指标不仅反映设施规模与空间结构特征，也在一定程度上体现了商服设施体系对老年群体日常活动需求的支撑能力。

研究结果显示，城市核心区(T1)各类设施的耦合熵均值普遍高于外围社区，反映出核心区建筑空间在设施集聚程度、功能协同以及服务承载能力方面具有明显优势。从适老性角度来看，高密度的商业服务设施与相对完善的社区服务网络，使老年群体能够在较短的生活半径内获得多类型日常服务，从而形成较为便利的社区生活环境。

从内部均衡性看，核心区 T1 各设施耦合熵的标准差相对较小，表明其内部供给强度分布较为均衡，设施配置呈现出相对稳定的空间结构。这种均衡的设施分布对老年群体尤为重要，因为其出行范围通常较为有限，过于集中的设施布局容易导致部分社区出现服务可达性不足的问题。相比之下，外围社区 T2

与 T3 的标准差明显偏大，显示出外围地区内部存在较为明显的供给极化现象：部分新兴街区设施承载力已接近中心城区，而大量边缘街区仍处于设施发展相对滞后的阶段。在老龄化背景下，这种空间差异可能导致部分外围社区老年群体面临商业服务获取不便的问题。

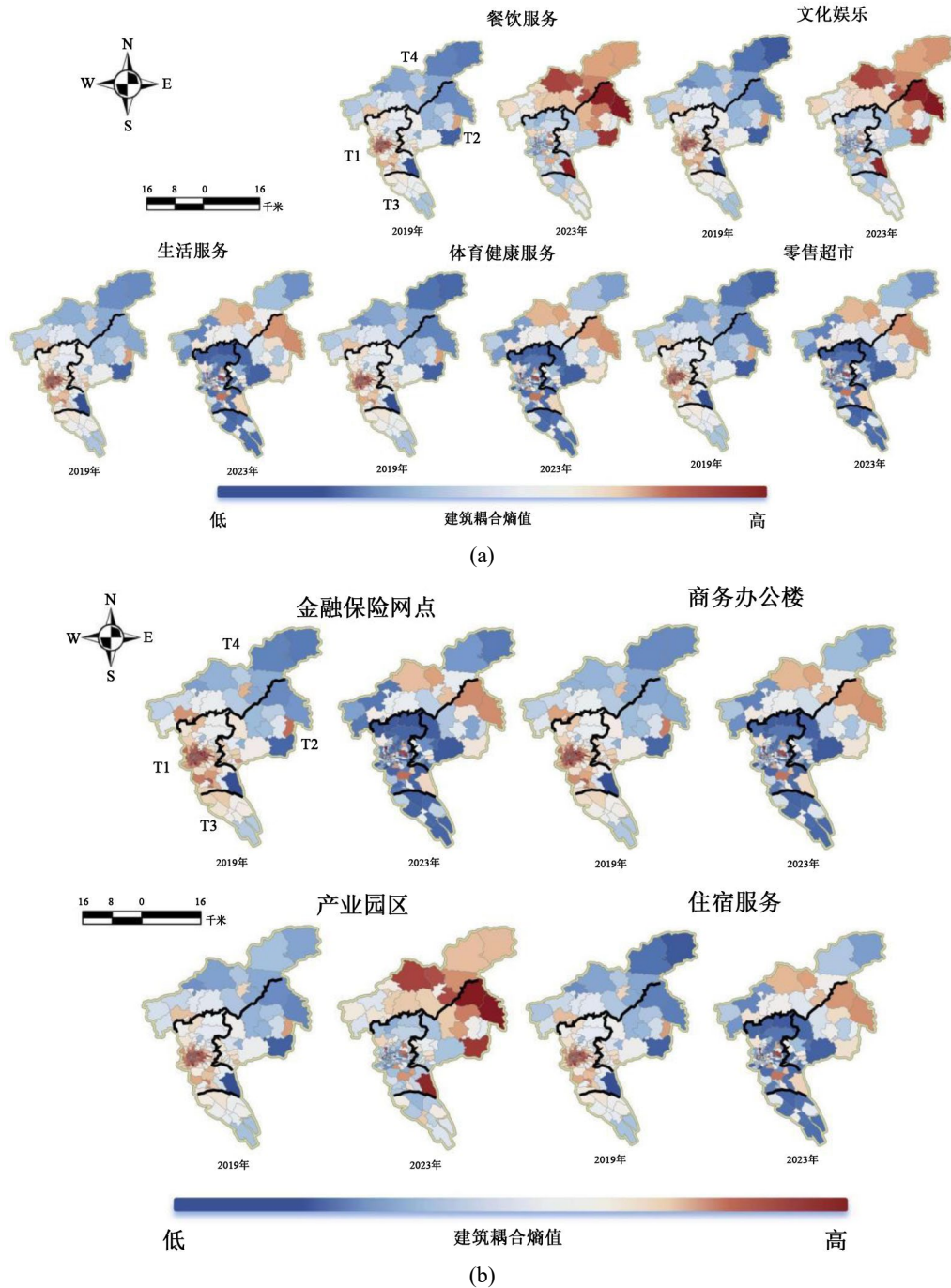


Figure 3. (a) Coupling entropy of life services categories of commercial and service facility buildings at the community level (2019 & 2023); (b) Coupling entropy of industrial commercial categories of commercial and service facility buildings at the community level (2019 & 2023)

图 3. (a) 社区尺度生活服务类商服设施建筑耦合熵(2019 与 2023 年); (b) 社区尺度产业办公类商服设施建筑耦合熵(2019 与 2023 年)

不同业态的空间分布则存在显著分异。产业类设施在核心区与外围的均值差距较小，反映出外围产业园区的承载基础；而与老年群体日常生活紧密相关的生活服务类与体育健康类设施，在核心区的耦合熵水平优势最为突出。此类高频次、刚需型设施的空间集聚，是衡量城市社区适老性服务体系成熟度的核心指标。

2019~2023年间，供给强度呈现出差异化的动态调整。受益于南沙新区等规划带动，T3区域(如万顷沙镇)的生活服务耦合熵显著提升，有效改善了外围新区老年人的保障条件。与此同时，中心城区部分老旧社区因设施老化或功能外迁，耦合熵出现小幅下降，表明传统社区的服务体系正面临严峻的更新压力。在深度老龄化背景下，这种空间结构的动态重塑要求政策制定需从增量转向存量质量提升。

3.1.2. 供给结构的时空分异特征

供给结构的变化呈现出显著的空间与类型异质性。从适老性服务供给视角看，不同区域设施耦合水平的差异不仅反映了城市空间发展阶段的不同，也在一定程度上体现了社区商服设施体系对老年群体日常需求的支撑能力。

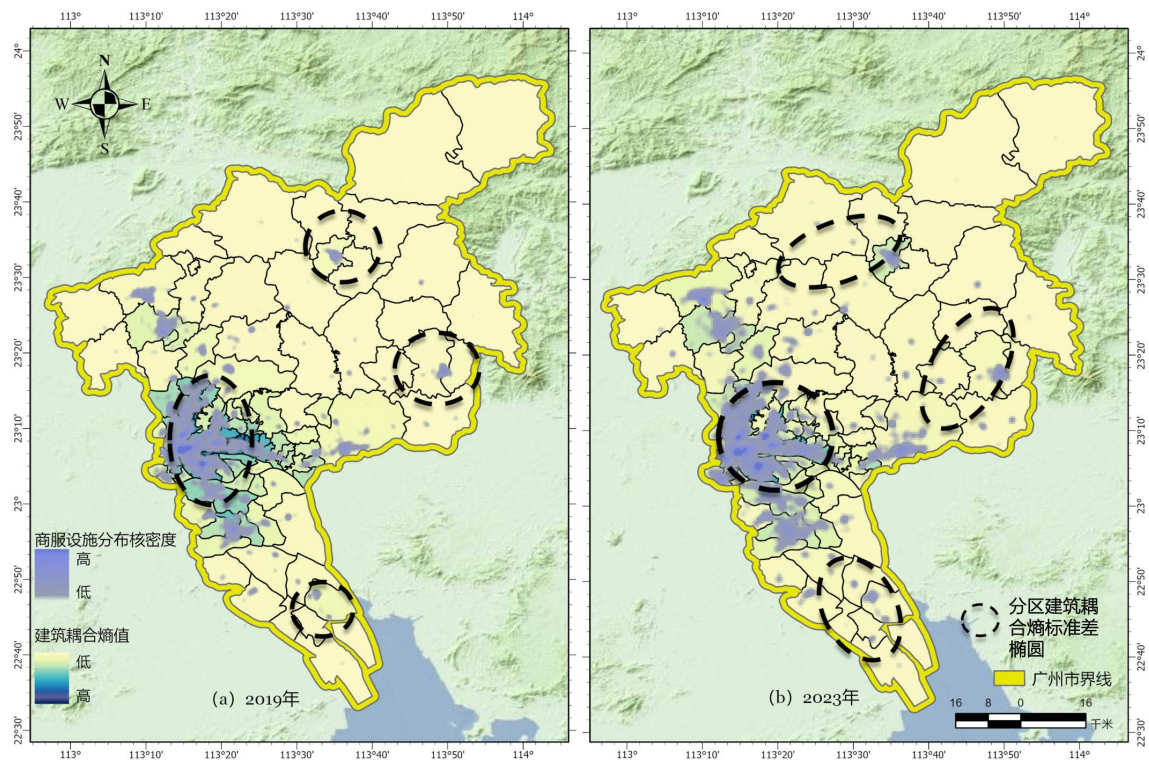


Figure 4. Comprehensive kernel density distribution and BCE of commercial and service facilities at the community level over two years

图 4. 社区尺度商服设施综合核密度分布与建筑耦合熵值(2019 与 2023 年)

如图 4 所示，核心区 T1 内各类设施之间的耦合程度普遍较高，说明在建筑空间承载能力、功能协同以及综合服务能力方面表现较为优越。这种高水平的设施协同结构有助于形成较为完善的社区商服设施网络，使老年群体能够在较小的活动半径内获取多类型商服设施，从而提升社区生活的便利性与可达性。相比之下，外围社区整体耦合程度较低且内部差异显著，反映出不同街区在设施发展与空间承载能力上的非均衡状态：部分发展较快的新兴街区设施耦合水平较高，而发展滞后的街区仍处于设施建设相对不

足阶段。在老龄化背景下，这种空间差异可能导致部分外围社区老年群体在日常商服设施服务获取上面临一定不便。

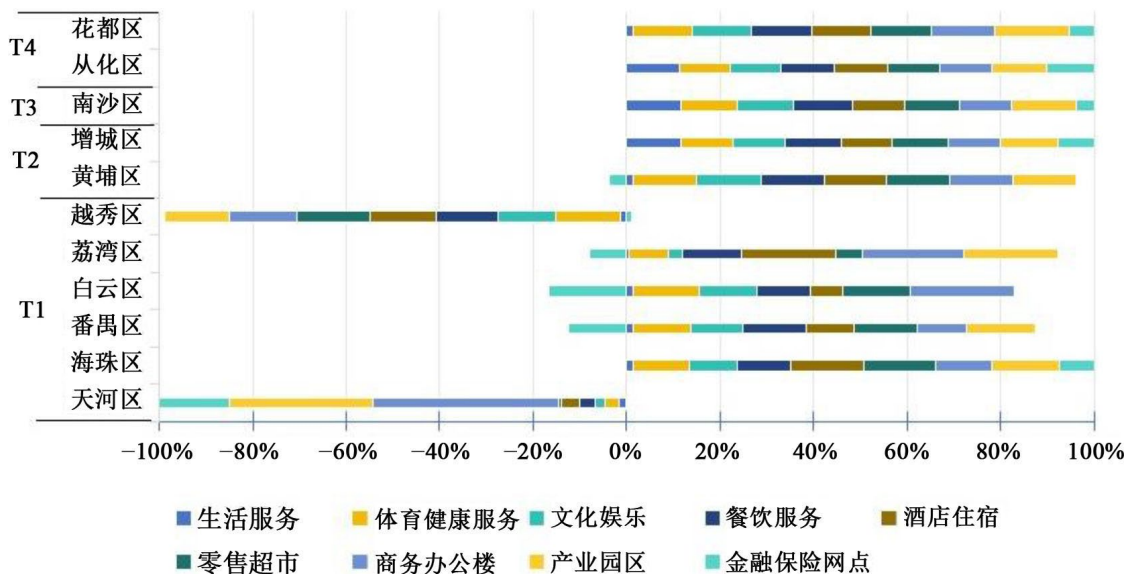


Figure 5. Changes in coupling entropy of various facilities at the district level
图 5. 区尺度各类商服设施耦合熵变化

区尺度的演化轨迹进一步体现了城市内部的发展差异。根据图 5 可知，外围区域(如花都、黄埔)的设施耦合熵呈现显著上升趋势，增长潜力超越了开发趋于饱和的中心城区。这表明随着城市发展重心的外移，部分外围区域正在逐步完善社区商服设施体系，从而在一定程度上改善新区老年群体的生活条件。与之形成对比的是，越秀等老城区受限于既有建筑空间，耦合熵出现小幅下滑，揭示了高龄化传统社区在功能更替与设施更新中的空心化压力。

在类型结构上，核心区在生活服务类与体育健康类等高频需求设施上保持绝对优势，较为完善的商服设施网络为老年群体日常消费、休闲活动与健康服务提供了较好的空间条件。此类设施与老年群体日常生活需求联系最为紧密，其空间集聚度是衡量社区适老性成熟度的核心指标。外围社区虽然部分业态有所增长，但基础商业服务的耦合水平仍待提高。上述结构性差异直接决定了不同区域老年群体在实际服务获取上的空间壁垒，为后续供需匹配分析奠定了基础。

3.2. 社区尺度商服设施需求分析

3.2.1. 社区老年群体访问行为描述

本节在通勤强度指数、社区尺度老年群体年龄结构比例以及访问频率等行为变量的基础上，对社区尺度老年群体服务需求进行综合刻画。其中，老年群体访问频率作为可观测的行为响应结果，用于反映其在通勤或日常出行过程中对各类商服设施的实际接触程度；为更好量化访问行为，本文引入基于李克特量表的需求程度频数，对老年群体对不同类型商服设施的主观认知与态度差异进行补充刻画，该类型量表具有较高信度与广泛适用性，能够测量其他量表难以反映的多维度态度与复杂概念。通过被调查者的总得分，可反映其态度强度及在量表上的差异状态[31]。本次调查回收全市尺度有效问卷 302 份，并对问卷进行了信效度的检验与因子结构分析，通过了信度克隆巴赫 alpha 值为 0.934，效度 KMO 检验值为 0.8044，Bartlett 球形检验($p < 0.05$)，适合进行结构性分析，如图 6 所示。

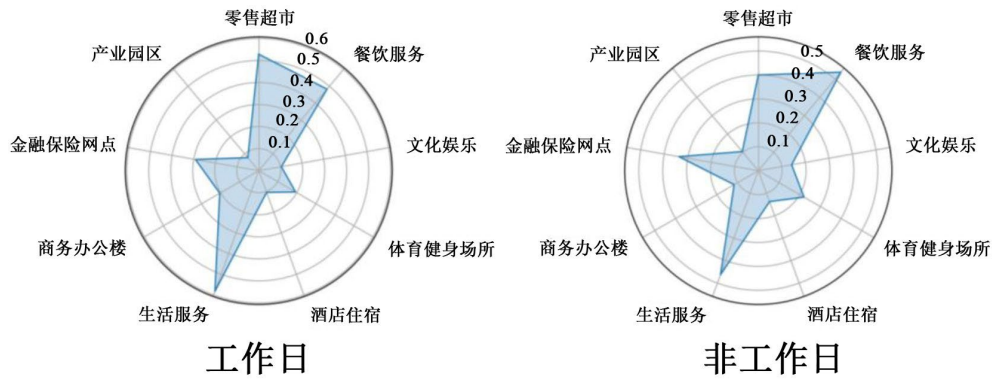


Figure 6. Comparison of demand intensity for nine facility categories on workdays and non-workdays
图 6. 老年群体对各类设施需求程度频数图

3.2.2. 老年群体需求的时空分异特征

老年群体模式在工作日与非工作日时段呈现出显著的时空分异[32]，时空行为异质性在各区域之间构建了复杂的需求梯度，这种由人群活动与家庭消费回归共同驱动的动力机制，正有力推动城市结构向多中心、网络化的空间格局演进。

Table 1. Summary of the number and changes of sub-districts with specific facility demands across different time periods (2019 & 2023)

表 1. 各时段老年群体对各类设施需求社区数量及变化汇总表(2019 与 2023 年)

商服设施类型	工作日						非工作日					
	高需求街道数量 (2019)	高需求街道数量 (2023)	变化率 (%)	低需求街道数量 (2019)	低需求街道数量 (2023)	变化率 (%)	高需求街道数量 (2019)	高需求街道数量 (2023)	变化率 (%)	低需求街道数量 (2019)	低需求街道数量 (2023)	变化率 (%)
餐饮服务	27	12	-56%	58	62	7%	43	48	12%	43	45	5%
产业园区	0	0	0	68	80	18%	41	29	-29%	45	56	24%
零售超市	31	25	-19%	50	55	10%	32	19	-41%	54	58	7%
金融保险网点	22	32	45%	57	61	7%	30	18	-40%	51	57	12%
商务办公楼	20	2	-90%	51	72	41%	30	19	-37%	52	57	10%
生活服务	34	25	-26%	50	53	6%	27	13	-52%	49	52	6%
体育健康服务	19	7	-63%	61	65	7%	26	20	-23%	57	62	9%
文化娱乐	6	0	-100%	66	76	15%	25	16	-36%	58	64	10%
酒店住宿	23	15	-35%	56	62	11%	9	2	-78%	63	70	11%

老年群体商服需求在时空维度上表现出显著的结构分异与空间收敛特征。整体趋势上，高需求街道数量呈收缩态势，需求逐渐向瑞宝、多宝等商服设施服务完善的传统社区集聚。这种格局反映出老年群体对居住周边基础服务的强空间依赖性，其行为模式与社会网络、生活惯性具有高度耦合关系。

从时间维度的动态演化来看(见表 1)，老年群体在工作日时段的需求呈现“错峰”与“生活化”的特

征。2019~2023 年间,约 55%的需求在工作日释放,但空间范围显著收缩。其中,商务办公、文娱体育类高需求街道数量降幅最为剧烈(如商务类降幅达 90%,文娱类呈现完全收缩),反映出老年群体在平日对生产性及远距离休闲设施的诉求有限;而低需求街道的普遍增加,则揭示了部分空间单元在工作日期间的适老性保障仍存在短板。

相比工作日,非工作日的需求结构更为分散且具活力。餐饮服务类高需求街道逆势增长 12%,显示出周末及休闲时段老年群体社会化消费活动的增强。然而,生活服务、金融保险等保障类设施在高需求区仍呈缩减趋势,说明即便在非工作日,老年群体的活动范围依然表现出以社区周边为主的向心性。

综上,老年群体商服需求正由全域扩散转向基于社区生活圈的精准集聚,这种时空收敛的现象为超大城市商服资源的精准投放提供了重要依据。

3.3. 老年群体商服设施供需匹配的时空分异特征

3.3.1. 社区尺度供需失衡强度的空间结构特征

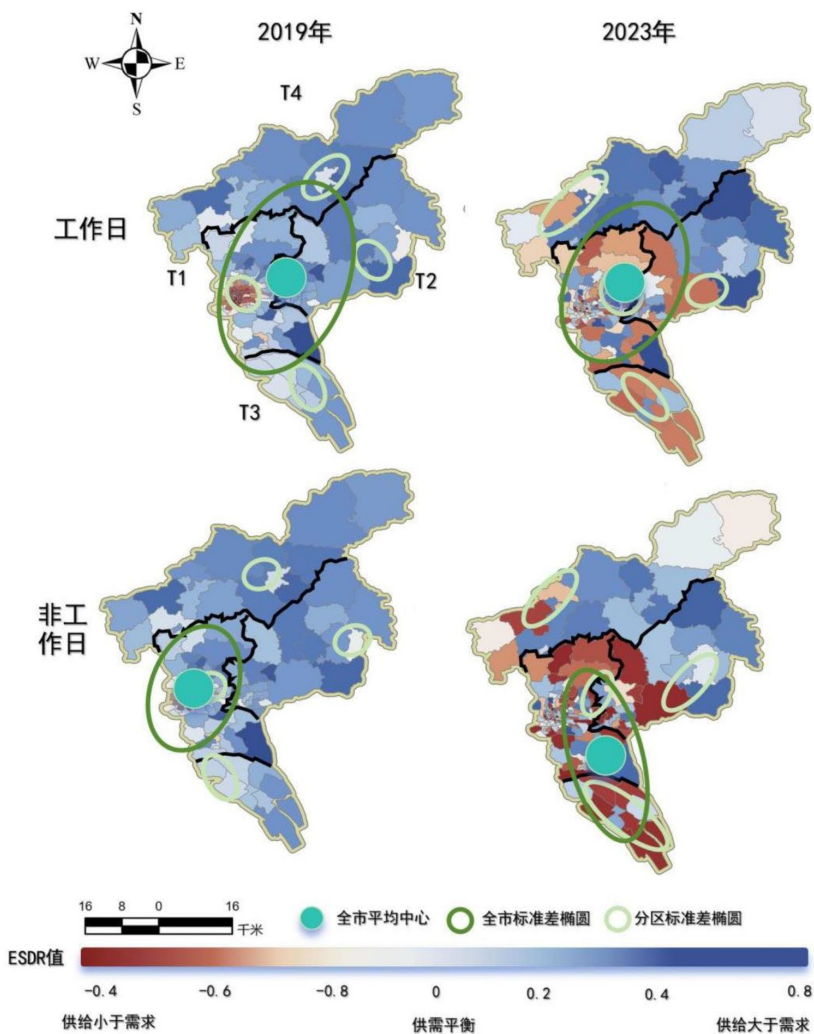


Figure 7. Imbalance intensity centers and global/zonal imbalance ellipse of ESDR values by time period at the community level (2019 & 2023)

图 7. 街道尺度各时段老年群体综合 ESDR 值平均中心与多尺度标准差椭圆(2019 与 2023 年)

为了刻画广州老年群体商服设施供需失衡的整体空间格局,本研究对各街道 ESDR 值取绝对值以表征供需偏离强度,并结合标准差椭圆分析 2019~2023 年间的空间演化特征(见图 7)。结果表明,广州适老服务供需格局在四年间呈现出由“中心集聚”向“多节点扩散”的结构转变。

从空间分布格局来看,2019 年供需失衡程度较高的区域主要集中在越秀、天河等传统核心城区,整体呈现出以中心城区为核心向外围递减的空间梯度结构。这一格局反映出早期城市商服设施服务主要依托成熟社区布局,核心城区形成了相对稳定的社区服务网络。到 2023 年,随着城市空间结构的外扩以及轨道交通网络的发展,供需均衡区开始沿主要交通走廊向外围扩散,中心城区与外围组团之间的空间梯度逐渐减弱,供需失衡区域呈现出多节点分散分布的空间特征。

从空间演化趋势来看,供需失衡强度的空间重心在 2019~2023 年间整体呈现向东南方向移动的趋势,这一变化与广州近年来人口向东部及南部新城迁移的城市发展趋势基本一致。与此同时,标准差椭圆的长轴方向由 2019 年的南北向逐渐转为东北-西南向,说明供需失衡的空间分布主轴发生了明显调整。总体而言,广州老年群体商服设施的供需矛盾正在由传统核心区主导的“中心-边缘”结构逐渐演化为多区域并存的结构失衡格局。

3.3.2. 供需匹配的时空分异特征分析

在空间结构演化的基础上,广州老年群体商服设施供需匹配进一步呈现出明显的区域差异与时段分化特征。

在区域尺度上,广州适老服务供需格局表现出“核心区稳定、外围区补齐与过渡区波动”的空间梯度结构。作为传统核心圈层的 T1 区域,社区商服设施长期高度集聚,整体供需关系相对稳定,但部分老旧社区仍存在一定程度的设施冗余现象,反映出核心城区高龄化社区与既有服务设施之间形成了较为稳定的空间依赖关系。相比之下,北部增长极 T4 区域在 2019~2023 年间经历了由整体滞后向阶段性补齐的转变,部分社区商服设施供给能力显著提升,表明城市公共服务资源正在逐步向外围居住组团扩展。

处于核心城区与外围组团过渡地带的 T2 与 T3 区域则表现出较为明显的动态波动特征。随着人口持续向新兴居住区集聚,部分服务设施配置未能及时跟进,导致局部区域在短时间内出现供需关系由均衡向不足转变的现象,反映出人口导入速度与社区商服设施建设之间仍存在一定的时序差异。

从时段差异来看,非工作日的供需失衡程度整体高于工作日,且失衡区域分布更加集中。这一现象表明老年群体的日常活动具有显著的社区化特征,其生活消费与日常服务需求更多依赖社区生活圈内部的设施供给。当休闲时段社区活动强度增加时,部分区域商服设施的承载能力不足,从而在空间上放大了供需之间的结构性矛盾。

总体来看,广州老年群体商服设施供需格局正由传统核心城区主导的服务模式逐渐向多节点扩散结构转变。尽管近年来外围区域的商服设施供给有所改善,但在部分新兴社区仍存在阶段性供给滞后现象。未来适老服务设施的优化配置,应更加注重社区尺度商服网络的均衡布局,并通过差异化策略提升核心区服务效率与外围社区服务可达性,以更好应对城市老龄化背景下不断增长的社区商服需求。

4. 讨论

4.1. 适老性视角下商服设施供需演化逻辑

本研究基于 2019 年与 2023 年的 ESDR 计算结果,采用 Jenks 自然断点法对供需状态进行等级划分,将社区尺度的供需关系归纳为四类典型错配模式:高度过剩、存量均衡、弹性赤字与结构性真空(见表 2)。从整体格局来看,各分区在供需结构演化中呈现出不同的空间逻辑。其中,核心城区表现出明显的供给

锁定特征，而新区则普遍存在需求增长快于设施配置的现象，远郊区域则主要通过行政性投入逐步弥补历史性服务短缺。这种分区差异共同塑造了超大城市适老服务供需格局的空间结构。

Table 2. Community-district level distribution and spatial-temporal dynamics of commercial facility mismatch patterns in Guangzhou (2019 & 2023)

表 2. 分区视角下广州市商服设施错配模式等级演变与空间分布特征(2019 与 2023 年)

分区	失配模式等级 (Jenks 分级)	2019 年街道数量	2023 年街道数量	等级演变与空间分布特征
T1: 城市核心区	ESDR < -0.52 Level 1: 高度过剩	48	51 (↑)	锁定效应：功能极化加剧；核心区冗余进一步挤占生活空间。
	-0.52 < ESDR < 0 Level 2: 存量均衡	12	9 (↓)	从均衡向冗余过渡。
T2/T3: 战略新区	-0.52 < ESDR < 0 Level 2: 存量均衡	25	18 (↓)	均衡瓦解：基础设施建设未能跟上人口快速增长的步伐
	0.0 < ESDR < 0.42 Level 3: 弹性赤字	11	19 (↑↑)	向下失稳：大规模从均衡向缺失过渡(例如：万顷沙镇)。
T4: 北部增长极	0.0 < ESDR < 0.42 Level 3: 弹性赤字	8	10 (↑)	缺失扩张：从局部短缺转向更广泛的空间扩散。
	ESDR > 0.42 Level 4: 结构真空	38	34 (↓)	碎片化与消散：尽管有政策干预，ESDR 仍维持高位；集群向分散的缺失状态转变。

T1 区域的演化逻辑主要体现为核心功能的锁定与存量空间的再配置。研究发现，越秀区与天河区商服设施在 2023 年的高度过剩街道数量较 2019 年进一步增加，表明核心城区商服设施的空间集聚程度仍在持续强化，核心区商服资源的长期积累形成了稳定的高密度服务网络。从适老视角看，这种高密度服务体系为老年群体日常消费与生活活动提供了较好的空间基础。同时，在城市更新与社区微改造推动下，核心城区部分社区的适老服务供给得到持续改善，反映出在此类政策背景下，核心区适老性服务供给已逐步实现对基本生活需求的有效覆盖。

相比之下，T2 与 T3 区域的演化逻辑主要表现为人口增长驱动下的供需失衡扩张。在新区开发与产业导入的推动下，这些区域人口规模持续增长，但商服设施的配置速度相对滞后，导致部分社区由存量均衡向弹性赤字转变。社区尺度上，2023 年处于弹性赤字状态的街道数量明显增加。例如南沙新区在产业导入和人口集聚过程中，对餐饮、零售以及日常生活服务设施的需求快速增长，但建设周期较长，短期内难以完全满足老年群体需求。从适老服务角度看，这种“人口先行、服务滞后”的发展模式容易在新区形成阶段性的商服缺口，对老年群体的日常生活便利性产生一定影响。

T4 区域的演化逻辑则主要体现为行政干预对结构性短缺的逐步修复。由于历史发展基础较弱，从化与花都等远郊地区在早期阶段普遍存在商服设施不足的问题。近年来通过公共服务设施建设与商业配套引导，部分基础商服设施得到补充，社区尺度上处于“结构性真空”状态的极端短缺街道数量有所下降，显示出远郊地区供给水平有所改善。从适老视角看，这一变化有助于提升远郊地区老年群体获取基础商业服务的便利性。然而，由于人口密度与需求分布较为分散，部分新建设施在实际使用中仍存在服务利用率不高的情况。这表明 T4 区域需要从单纯的设施数量增长逐步转向服务效率与空间配置优化，以提高适老服务体系的整体运行效能(图 8)。

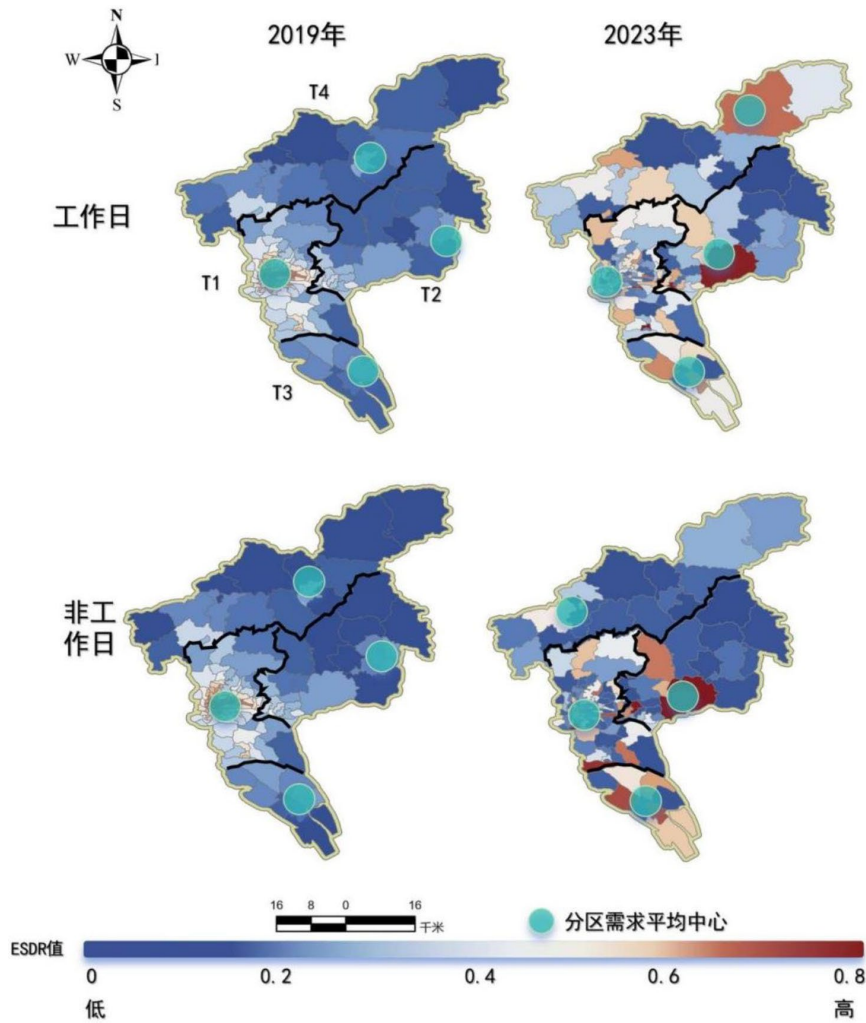


Figure 8. Mean centers of comprehensive demand zones by time period at the community level (2019 & 2023)
图 8. 社区尺度分时段老年群体综合需求中心性演化(2019 与 2023 年)

4.2. 商服设施适老性供需机理与路径依赖

通过对 2019~2023 年社区尺度商服设施 ESDR 指标的跨时段测算，并结合 LISA 空间聚类分析，可以识别出超大城市在快速演进过程中固定设施供给与动态老年群体需求之间的结构性错位特征。总体来看，城市内部商服设施供需关系呈现出显著的时空分异：核心城区普遍存在生活服务设施冗余，而外围社区则在部分生活与休闲设施类型上表现出明显短缺，反映出设施供给格局与老年群体活动需求之间存在一定程度的不匹配。

Table 3. Comparison of supply and demand characteristics of CFSs by partition (2019 & 2023)

表 3. 老年群体商服设施 ESDR 值的分区特征比较(2019 年与 2023 年)

年份	分区	时间段	代表性商服设施	极度短缺比例(%)	极度冗余比例(%)
2023	T1	工作日	生活服务	5.30%	76.30%
	T2	工作日	生活服务	8.70%	43.50%
	T4	非工作日	运动、文娱	52.60%	15.80%

续表

2019	T1	工作日	生活服务	10.50%	71.10%
	T4	工作日	运动、文娱	47.40%	13.20%
	T2/T3	非工作日	餐饮、零售	13.00%	47.80%

从供需结构特征来看，不同城市分区在供需状态上呈现出明显差异。根据表 3 的 ESDR 统计结果，2023 年 T1 在工作日生活服务设施中表现出较高的冗余比例相比 2019 年进一步提升，而极度短缺比例下降至 5.30%。这一变化说明核心城区在生活服务设施配置上总体较为充足，但同时存在设施过度集中与资源利用效率不高的问题。相比之下，外围社区的供需矛盾更为复杂。T2 区域在 2023 年工作日生活服务设施中仍有 8.70% 的街道处于极度短缺状态，显示出部分新兴社区在日常生活服务供给方面仍存在不足。此外，在非工作日活动需求方面，T4 区域运动与文娱设施短缺比例高达 52.60%，表明随着老年群体休闲活动需求的增加，外围地区休闲服务设施的供给缺口正在进一步扩大。

从时间演化角度来看，商服设施供需关系在四年间呈现出一定的结构调整特征。核心城区生活服务设施冗余程度持续上升，说明城市中心区长期积累的商业资源仍在不断强化，而外围地区在产业发展和新区建设带动下，部分商服设施也出现增长趋势。然而，这种增长在空间上并不均衡，一些新区虽然设施数量有所增加，但整体供给水平仍难以完全满足快速增长的老年群体需求，导致局部区域供需矛盾仍然突出。

Table 4. Transition probability matrix of spatial hotspots for CFSs (2019~2023)

表 4. 商服设施空间冷热点转移概率矩阵(2019 与 2023 年)

时间段	总体空间稳定性 (%) (1)	HH→HH (热点稳定性) (%)	LL→LL (冷点稳定性) (%)	NS→NS (随机稳定性) (%)	核心解体: HH→NS (%)	关键格局转变: LL→HL (%) (2)	关键格局形成: NS→HH (%) (3)
非工作日	39.97	20.41	35.71	94.74	77.55	38.57	5.26
工作日	27.2	18.75	0	90	81.25	0	5

注：(1) 总体空间稳定性是指所有对角线元素的平均保留率，反映了 ESDR 失配格局的结构持续性。(2) LL 转 HL (冷点被热点包围)：这是一种关键的演化轨迹，表明原本的资源盈余区正逐渐被资源匮乏区所包围，预示着空间冲突的积聚。(3) NS 转 HH：指此前处于不显著/随机分布的街道演变为新的高 - 高(资源匮乏)热点的比例。

进一步结合 LISA 空间转移概率矩阵(表 4)可以发现，ESDR 空间格局整体稳定性相对有限。非工作日的总体空间稳定性为 39.97%，而工作日仅为 27.2%，表明供需失配格局在时间维度上具有较强的动态演化特征。其中，高 - 高资源短缺热点的稳定性分别为 20.41%与 18.75%，显示部分资源紧缺区域具有持续性；同时，大量热点区域向随机状态的转移比例较高，分别达到 77.55%与 81.25%，说明部分供需紧张区域在城市更新或设施扩张过程中逐渐被缓解。另一方面，冷点向热点结构转化的比例在非工作日达到 38.57%，表明原本资源较为充裕的区域正在逐渐受到周边资源匮乏区域的影响，形成新的空间压力中心。此外，约 5% 的随机区域逐渐演化为新的资源短缺热点，反映出城市扩展与人口活动变化正在不断塑造新的供需失衡区域。

从适老服务视角看，上述时空演化格局对老年群体日常生活具有重要影响。核心城区虽然商服设施整体充足，但过度集聚可能导致资源利用效率下降，而外围社区则在休闲、运动及部分商服设施方面仍存在明显供给缺口。由于老年群体活动范围通常受限于社区生活圈尺度，外围社区设施供给不足更容易

形成适老服务短板。因此，识别这些持续性或新出现的供需失配区域，对于优化社区尺度适老服务设施布局、提升老年群体日常生活便利性具有重要意义。

4.3. 适老性商服设施供需匹配的优化策略

基于自然断点法识别的四类供需错配模式，并结合 2019~2023 年 ESDR 演化特征，广州市商服设施的适老性优化路径应遵循“社区生活圈驱动、行政区统筹协调”的多尺度治理逻辑。研究表明，城市适老服务供需关系正由早期的总量失衡逐步向结构性错配转变，不同空间分区在演化过程中呈现出差异化调整路径：核心城区供需关系显著改善并趋于均衡，新区逐步由均衡转向阶段性短缺，而外围地区则由供给冗余向有效供给收敛。在此背景下，适老服务设施优化需结合不同区域的发展阶段与供需演化特征，实施差异化治理策略。

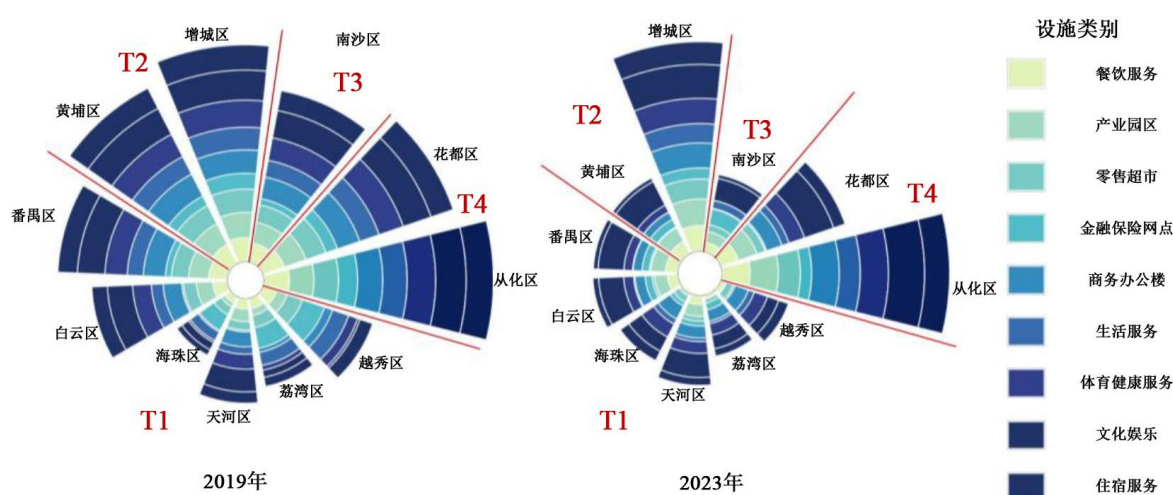


Figure 9. Difference maps of supply-demand optimization for nine categories of facilities at the district level (2019 & 2023)
图 9. 区域尺度九类设施适老性优化差值图(2019 年与 2023 年)

第一，T1 应在供需关系持续修复的基础上，推动存量空间的功能复合化与适老服务精细补给。2019~2023 年间，核心城区由普遍短缺向局部均衡转变，但部分街区仍存在商业与办公设施高度集聚所形成的空间锁定效应，对社区商业服务空间产生挤压(见图 9)。因此，应在既有微更新成效基础上，进一步通过“空间针灸”，对低效商业空间和闲置建筑进行功能置换，引入社区餐饮、便民零售、医疗康养及文体服务等设施。同时，可探索共享空间与分时段使用机制，将非高峰商业空间转化为社区公共活动与老年服务空间，实现由静态供给向弹性供给的转变，以巩固核心城区适老服务供需均衡状态。

第二，T2 与 T3 应重点应对需求快速增长引发的结构性短缺问题，强化需求导向的商业服务设施配置。如图 9 所示，该类区域在 2019 年多处于相对均衡状态，而至 2023 年已在部分设施类型上转向接近短缺，反映出人口导入与功能开发背景下“需求增长快于供给响应”的阶段性矛盾。因此，在社区尺度上，应优先补齐零售、餐饮及社区服务等基础生活设施短板，增强社区生活圈的完整性；在行政区层面，应强化公共服务设施与居住开发的协同配置，避免形成“快生产 - 慢生活”的结构失调。同时，应在新区规划中前置嵌入养老、医疗及公共活动空间，以应对老年人口规模增长带来的潜在需求压力。

第三，T4 应顺应供给冗余向收敛演化的趋势，推动资源整合与跨社区共享配置。外围区域在 2019 年普遍处于供给冗余状态，而至 2023 年虽有所收敛，但仍存在设施分布零散与利用效率不高的问题(见图 9)。在人口密度相对较低的条件下，单一社区尺度的设施补给难以实现规模效益。因此，应由行政区层面

统筹，在人口集聚节点构建综合服务枢纽，整合零售、医疗、文体及社区服务功能，提升设施复合利用水平。同时，应重点改善慢行交通系统与公共空间环境，提高服务设施的可达性，以降低老年群体获取服务的空间成本。

最后，应构建面向演化过程的多尺度动态评估体系，以提升城市公共服务治理的响应能力。建议将 ESDR 指标及其分级模式纳入常态化监测框架，建立“社区精准识别 - 区级统筹调控”的动态治理机制。通过持续跟踪不同区域供需关系的变化，及时识别由冗余向短缺或由均衡向失衡的转变过程，从而实现公共服务资源由被动配置向前瞻调控的转型。

5. 研究结论

本文在理论视角与技术路径上实现了双向突破。首先，通过精准捕捉老年群体高频次、短距离、强依赖的异质性行为特征，构建了从物理空间供给向实际获得感转换的适老性评价框架，弥补了传统全龄化评估中人本尺度缺失的局限。这一转变实现了从单一的物理设施覆盖率评价，向更具人本关怀的“空间供给 - 行为需求”匹配质量评价的理论跨越。

其次，在方法体系上研究系统性地集成了实体建筑耦合熵与改进 Huff 模型。前者创新性地通过建筑形态熵与规模熵的耦合，刻画了复杂垂直城市空间对老年人的实际承载力；后者则引入行为频率修正，精细化模拟了社区尺度下的适老需求强度。结合 ESDR 模型对供需错配模式的分类识别，为存量空间下的精准“微更新”提供了从识别到决策的完整技术闭环，填补了微观动态行为与空间供给耦合研究的空白。

评估结果显示，广州市商服设施供需匹配在空间格局上，整体表现为“核心冗余 - 增长极滞后 - 远郊短缺”的三层结构；从时空演化看，供需关系正由早期的“单核集聚”向“多中心协同”过渡，尽管资源随人口外溢向外围扩散，但设施建设速度仍滞后于人口增速，导致局部失衡依然突出。本质上，超大城市商服体系已由总量失衡转向服务结构错配阶段，老年群体的实际诉求与现有设施的业态功能、空间可达性之间存在显著脱节。

基于上述结论，未来治理应摒弃盲目增量，核心城区需通过“微更新”精准植入高频适老功能以提升存量效能，增长新区则应建立基于 ESDR 指标的动态监测体系实现时空同步配置，而远郊区域应强化末端节点保障，通过推动商服体系向需求导向的精细化匹配转型，从根本上提升超大城市应对人口老龄化的系统适应能力与空间均衡水平。

参考文献

- [1] 姜晓萍, 吴宝家. 人民至上: 党的十八大以来我国完善基本公共服务的历程、成就与经验[J]. 管理世界, 2022, 38(10): 56-70.
- [2] 王俐人. 环境行为理论下城市微型商业设施布局适宜性评价研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2019.
- [3] 李欣, 叶果, 张尚武, 等. “形流适配”: 形态与功能耦合的多中心体系理论和方法[J]. 规划师, 2025, 41(2): 46-53.
- [4] 刘颖. 从“十一五”到“十四五”: 我国基本公共服务均等化政策的变迁逻辑[J]. 北京城市学院学报, 2024(4): 53-58.
- [5] 曾源, 王国恩, 张媛媛. 基于 POI 的武汉市商业中心识别及等级研究[J]. 现代城市研究, 2021(6): 109-116.
- [6] Hu, X., Ren, Y., Tan, Y. and Shi, Y. (2023) Research on the Spatial and Temporal Dynamics of Crowd Activities in Commercial Streets and Their Relationship with Formats—A Case Study of Lao Men Dong Commercial Street in Nanjing. *Sustainability*, 15, Article 16838. <https://doi.org/10.3390/su152416838>
- [7] 张小英, 巫细波. 电商时代大城市商业布局的时空演变特征与趋势——基于多期 POI 数据[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(4): 468-475.
- [8] 张梅欣玉. 基于百度热力图的商业中心形态类型活力研究: 以武汉市商业中心为例[J]. 城市建筑, 2023, 20(19):

76-81.

- [9] 吴健宇, 袁涛, 袁春, 等. 基于多源数据的北京市城市中心及其空间结构研究[J]. 资源开发与市场, 2023, 39(3): 257-265, 376.
- [10] Chen, J.Y., Gan, Z.Q., Li, D., *et al.* (2023) Comprehensive Strength Evaluation System of Commercial Centres Based on Multisource Data: A Case of Hefei Central City. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 17082. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44139-x>
- [11] 李俊蓉, 孙艳玲, 郭鹏, 等. 基于多源数据的商业空间格局及影响因素分析——以珠海市中心城区为例[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2023, 43(3): 53-60.
- [12] 岳丽莹, 李山, 李开明, 等. 商圈惠顾行为的空间衰减: 幂律模式还是指数模式[J]. 地理科学, 2021, 41(3): 446-453.
- [13] 黎耕, 宗会明. 基于铁路交通的成渝城市群功能多中心度研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(2): 109-116.
- [14] 刘海伦, 程朋根. 出租车出行数据下的城市特征感知——以深圳为例[J]. 江西科学, 2023, 41(3): 472-477.
- [15] Wang, W., Cai, Y., Xiong, X. and Xu, G. (2025) Evaluating Accessibility and Equity of Multi-Level Urban Public Sports Facilities at the Residential Neighborhood Scale. *Buildings*, **15**, Article 1640. <https://doi.org/10.3390/buildings15101640>
- [16] Chen, J., Fu, Y., Ma, S., Chen, Q., Zhang, W., *et al.* (2025) Research on the Supply-Demand Balance Evaluation and Driving Mechanism of Community Public Service Facilities. *PLOS ONE*, **20**, e0322109. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322109>
- [17] 韩宏, 唐文. 基于 Kano 模型的社区公园适老性环境需求研究[J]. 中国城市林业, 2024, 22(5): 35-41, 65.
- [18] 谢昱梓, 钮心毅. 基于多源大数据的轨道交通线网与上海城市中心体系匹配度测度研究[J]. 上海城市规划, 2019(6): 1-7.
- [19] 袁晓玲, 王书蓓, 贺斌. 中国城市多中心发展格局演化及驱动因素研究[J]. 城市问题, 2023(12): 60-69.
- [20] 马琦伟, 黄竞雄, 刘安琪, 等. 基于通勤流分析的城市多中心空间结构评估与优化方法——以京津冀大都市区为例[J]. 地球信息科学学报, 2025, 27(3): 668-681.
- [21] Douaioui, K., Oucheikh, R., Benmoussa, O. and Mabrouki, C. (2024) Machine Learning and Deep Learning Models for Demand Forecasting in Supply Chain Management: A Critical Review. *Applied System Innovation*, **7**, Article 93. <https://doi.org/10.3390/asi7050093>
- [22] Hall, P. and Pain, K. (2006) The Polycentric Metropolis: Learning from Megacity Regions in Europe. Earthscan.
- [23] 向家庚. 中国城市群多中心空间结构的测度及影响因素分析[J]. 市场周刊, 2022, 35(11): 53-56.
- [24] Lang, R.E. and Dhavale, D. (2005) Beyond Megalopolis: Exploring America's New Megalopolitan Geography. Metropolitan Institute Census Report Series, 1-33.
- [25] 李玲燕, 陶进. 多维联系视角下关中平原城市群城市网络结构分析[J]. 资源开发与市场, 2021, 37(11): 1339-1344, 1353.
- [26] 杨辰, 辛蕾, 欧阳宏, 等. 基于主客观评价的社区生活圈公共服务设施优化策略研究——以南宁市中心城区为例[J]. 上海城市规划, 2024(1): 9-16.
- [27] 房冠辛, 杨昊月. 公共服务下沉过程中的“邻避冲突”——以 N 市 S 社区养老服务实践为例的研究[J]. 江苏行政学院学报, 2023(6): 69-76.
- [28] Song, L., Kong, X. and Cheng, P. (2024) Supply-Demand Matching Assessment of the Public Service Facilities in 15-Minute Community Life Circle Based on Residents' Behaviors. *Cities*, **144**, Article ID: 104637. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104637>
- [29] Jing, C., Zhou, W., Qian, Y., *et al.* (2023) Trajectory Big Data Reveals Spatial Disparity of Healthcare Accessibility at the Residential Neighborhood Scale. *Cities*, **133**, Article ID: 104127. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104127>
- [30] 胡峰, 贺辉文, 刘莉娜, 等. 面向需求升级的城市公共服务优化供给思考——以广州面向 2049 的城市发展战略为例[J]. 城市规划, 2024, 48(S2): 60-66, 74.
- [31] He, G.Z., Zhao, X. and Yu, M.Z. (2021) Exploring the Multiple Disturbances of Karst Landscape in Guilin World Heritage Site, China. *CATENA*, **203**, Article ID: 105349. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105349>
- [32] Song, G.W., Zhang, Y.J., Bernasco, W., *et al.* (2023) Residents, Employees and Visitors: Effects of Three Types of Ambient Population on Theft on Weekdays and Weekends in Beijing, China. *Journal of Quantitative Criminology*, **39**, 385-423. <https://doi.org/10.1007/s10940-021-09538-1>