

基于大数据的生活圈范围与服务设施空间匹配研究 ——以北京为例

赵鹏军^{1,2}, 罗佳², 胡昊宇¹

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院, 广东 深圳 518055)

摘要:生活圈建设是新时代国土空间规划的关键内容之一,生活圈内服务设施配置是做好生活圈规划的首要基础,居民生活圈与服务设施的空间匹配关系也是地理学“人地关系”在城市社区尺度的重要体现。学术界对生活圈与服务设施的匹配关系已有研究,但主要采用问卷调查数据,该类数据存在样本量少、地域覆盖范围小等不足。论文将采用手机信令数据和POI(point of interest)数据等大数据,以北京为例,测定居民生活圈范围和服务设施可达性,并分析两者间的空间匹配关系及其地域分异特征。结果表明:①居民生活圈呈现多中心结构,其半径由市中心和新城中心至非中心地区递增;服务设施可达性则呈现圈层结构,其水平则由市中心至郊区递减。②设施可达性水平与生活圈半径的匹配关系整体呈现显著的负相关,即综合设施可达性水平越高则居民生活圈半径越小。③空间匹配模式呈现明显地理分异特征,在中心城区、新城中心,服务设施可达性水平与生活圈半径以“高一低”空间匹配关系为主,但中心城区和新城的边缘地区则以“低—低”“低—高”空间匹配关系为主。④不同类型设施之间也存在差异,文体和休闲设施的可达性水平与生活圈范围的空间匹配度显著偏低。研究结论可为完善生活圈理论研究提供新实证案例,并可为生活圈空间规划提供决策参考。

关键词:都市生活圈;公共服务设施;可达性;空间匹配;手机信令大数据;北京

生活圈是指居住于具有地理和社会连贯性的聚落中的人群、有关日常生产生活的各种活动的分布,它涵盖了居民必要性活动的空间范围^[1],本质上是基于个体的出行活动频率和范围汇总而来的功能地域。近年来,随着国内外人本主义思潮的兴起,城市空间研究的目的由以往重视生产的经济目标转向重视生活质量的社会目标^[2],城市空间的研究热点由物质、经济空间走向生活空间^[3],生活圈成为城市空间研究中的重要领域,生活圈规划成为城市规划的新热点与重点。

生活圈建设也已成为新时代国土空间规划的重要内容之一。2019年,《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》提出,要着力完善交通基础设施和公共服务设施,促进基本公共服务均等化,打造宜居、宜业、宜游、宜学、宜养的社区生活圈,实现高品质生活、建设美好

家园;同年8月30日,第四期“UP论坛”在自然资源部举办,论坛以“构建以人民为中心的社区生活圈”为主题。这一系列的政策理念都在强调国土空间规划应实现由“速度型”城市建设转向“质量型”城市建设,重视生活圈建设。2020年8月自然资源部公布的《市级国土空间总体规划编制指南》(试行)指出,要完善城乡基础设施和公共服务设施网络体系,改善可达性,构建不同层次和类型、功能复合、安全韧性的城乡生活圈。城乡生活圈可分为都市生活圈、城镇生活圈、社区生活圈等。

随着生活圈理论和实践探索的不断深入,一些研究开始从服务设施与生活圈的匹配关系视角探讨生活圈规划对策。目前,该领域主要有服务设施供给与生活圈内居民需求、生活圈社会经济属性、生活圈范围的匹配关系3类研究。前2类研究普遍采用小样本调查数据以表征生活圈特征,形成了直

收稿日期:2020-07-16;修订日期:2020-11-09。

基金项目:国家自然科学基金项目(41925003)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41925003.]

第一作者简介:赵鹏军(1975—),男,教授,博士生导师,主要从事空间与交通规划研究。E-mail: pengjun.zhao@pku.edu.cn

引用格式:赵鹏军, 罗佳, 胡昊宇. 基于大数据的生活圈范围与服务设施空间匹配研究: 以北京为例 [J]. 地理科学进展, 2021, 40(4): 541-553.
[Zhao Pengjun, Luo Jia, Hu Haoyu. Spatial match between residents' daily life circle and public service facilities using big data analytics: A case of Beijing. Progress in Geography, 2021, 40(4): 541-553.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2021.04.001

接指导生活圈规划建设的研究方法。服务设施与生活圈内居民需求匹配关系视角下,一些学者基于居民需求和服务设施的齐全度、完善度之间的匹配关系进行研究,提出了针对供需指标不匹配区域的服务设施优化空间策略^[4-5];也有学者从时空维度出发提出区域服务设施优化的时空策略^[6]。服务设施与生活圈社会经济属性匹配关系视角下,一些学者基于服务设施的供给量与居住人口数量的匹配关系,提出生活圈服务设施优化建议^[7-8];也有学者基于生活圈可步行性与小区各项社会经济指标的匹配关系,提出生活圈的社会公平优化策略^[9]。比起前2个视角的研究,服务设施供给与生活圈范围的匹配关系研究很少,已有研究缺少直接指导生活圈规划建设的研究方法。如刘婧^[10]尽管基于POI数据和手机信令数据回归分析了不同圈层生活圈空间范围与各类设施之间的相关关系,但未对二者的匹配关系在空间布局上进行探讨。

本文拟弥补以上不足。以北京为例,结合手机信令数据和POI(point of interest)数据2类大数据,基于居民生活圈空间范围和服务设施可达性水平的测度,重点研究二者的空间匹配关系。这将进一步完善生活圈理论研究,为生活圈空间规划提供直接决策依据。

1 生活圈与服务设施空间匹配测定方法

1.1 案例区域

案例分析范围是北京主要的城市区域(图1),介于以往的北京市市域范围和中心城区范围之间。《北京市城市总体规划(2016—2035)》将北京市分为4大功能区,分别为首都功能核心区、城市功能拓展区、城市发展新区和生态涵养发展区。本文的研究范围包括首都功能核心区、城市功能拓展区、城市发展新区及生态涵养发展区中门头沟区的建成区,具体包括北京中心城区和昌平、顺义、通州、亦庄、大兴、房山、门头沟7区的居住网格。另外,在下文的分区比较研究中,郊区新城的范围包括各郊区新



图1 研究区域
Fig.1 The study area

城主要街道及其周边一定范围内的区域(即各新城主要街道以生活圈半径均值向外做缓冲区所包括的1 km×1 km居住网格)。

1.2 数据来源

本文采用的数据主要包括手机信令数据和POI数据,前者用于生活圈范围的识别与测度,后者用于服务设施可达性水平的评价。研究所用的手机信令数据来自某运营商,数据时期为2018年6月某周共计3 d,数据记录的时间间隔为30 min,空间精度为1 km×1 km的网格,数据包含驻留信息和OD(origin-destination)信息。其中,OD数据中的出行目的有通勤出行、生活出行、其他出行3类。类别划分方式为:基于手机信令日夜间驻留数据识别稳定居住地和稳定就业地,稳定居住地和稳定就业地之间的出行作为通勤出行,稳定居住地与其他地点之间的出行作为生活出行,其他地点之间的出行作为其他出行。本文基于按照空间属性汇总后的生活出行类OD数据,共计22962996条生活出行链记录。经过数据清洗所使用的手机信令OD数据的具体信息见表1。

研究所用的POI数据来源于2018年的百度地图。研究范围内的数据量为1190469条,数据涵盖了餐饮服务、公共设施、交通设施、购物、教育、金融、商务住宅、生活服务、体育、医疗、政府机构及社会团体、住宿服务等20个大类,每个大类下包含若干个中类和小类。每条POI数据包括经度、纬度、

表1 手机信令OD数据格式
Tab.1 Format of OD information identified by mobile phone data

字段名	date_dt	time_id	o_grid	d_grid	age	gender	pop	type
含义	日期	时间段	起点网格编号	终点网格编号	年龄	性别	人数	出行目的

名称、地址、类型、行政区等属性信息。基于POI原有数据分类,结合已有设施评价研究,笔者选取相关POI数据进行了类型重划,将其分别归入本文的教育、医疗、购物、休闲等生活服务设施类别(表2)。其中,同类设施中具有较强不可替代性且易于区分的设施在本文中保留小类,即教育设施中的幼儿园、小学、中学,以便更好地从居民生活出行角度指导设施建设。

1.3 研究方法

1.3.1 技术思路

本文基于居民生活圈范围识别和服务设施可达性水平的测度,分析两者之间的空间匹配关系,具体的技术路线如图2。第一步,基于手机信令数据识别各居住网格的生活圈范围的半径大小;第二步,以全市的生活圈半径均值为半径,从各居住网格质心向外做缓冲区,基于POI数据计算各居住网

格的设施可达性水平;第三步,通过局部空间双变量分析探究各居住网格的设施可达性水平和生活圈半径的匹配规律,从整体匹配情况、分区域的空间分异、分设施的匹配情况3个层面进行分析。

1.3.2 生活圈范围测度方法

根据2020年8月自然资源部公布的《市级国土空间总体规划编制指南》(试行),城乡生活圈可分为都市生活圈、城镇生活圈、社区生活圈等。但当前生活圈范围测度研究主要为社区生活圈层面的小样本,研究方法主要包括结晶生长算法^[11]、标准置信椭圆法^[12]、最小凸多边形^[13]、*k-means*空间聚类^[14]、Alpha-shape法^[15]。而其他层次生活圈识别的方法相对较少,目前主要有2类:一是单次出行距离法,如以居住地出发0.8、1.8、15 km分别为初级生活圈、基础生活圈、基本生活圈^[16];二是累计出行时长法,如以居住地出发对各个停留点按照由近至远的顺序进行驻留时间累计,取累计时长达50%、80%、95%对应的出行距离分别界定城市生活圈第一、第二和第三圈层^[10]。单一距离法无法反映居民实际生活出行的特征。累计出行时长法能够反映居民实际生活出现的特征,但出行时长取决于出行工具(例如小汽车、地铁、步行等)、交通拥堵状况、出发时间等,对空间规划的直接指导意义不够大。

尤其是以前的研究大多以15 min步行空间范围作为社区生活圈。这样的测度存在2个问题:第一,理想中的15 min步行出行空间范围之内到底有多少人是真实地为了日常生活需求而只需要步行15 min?在北京这样的大城市,居民日常生活的真实范围要远大于15 min。第二,居民是偶尔一两次的15 min出行,还是经常15 min出行,也就是说居民日常生活出行中多次出行是多大范围?对于居民来说,这种多次的主导出行范围应该是其生活圈范围,而不是少数出行的范围作为其生活圈范围。

为了回答上述2个问题,本文采用居民生活出行次数累计方法来测定生活圈。即以居住地出发对各个停留点按照由近至远的顺序累计出行次数,以生活出行累计次数占总出行次数的50%为阈值,将生活出行次数的累计出行率达到50%时的出行距离*d*作为生活圈半径*r*。具体计算过程分为3步:第一步,将每个居民的生活出行信息按照空间属性汇总到1 km×1 km的网格,以某居住网格出发到某生活出行目的地网格计为一个OD出行链,出行链

表2 POI数据的分类结果
Tab.2 Categories of POI data

设施类型	具体设施兴趣点
教育设施	幼儿园
	小学
	中学
医疗设施	社区卫生服务中心、综合医院、专科医院、药店等
购物设施	便利店、大型购物中心、超市、菜市场等
休闲设施	公园、休闲广场、电影院等
文化设施	社区文化中心、青少年文化中心、大型文化设施等
体育健身设施	健身中心、体育场馆等

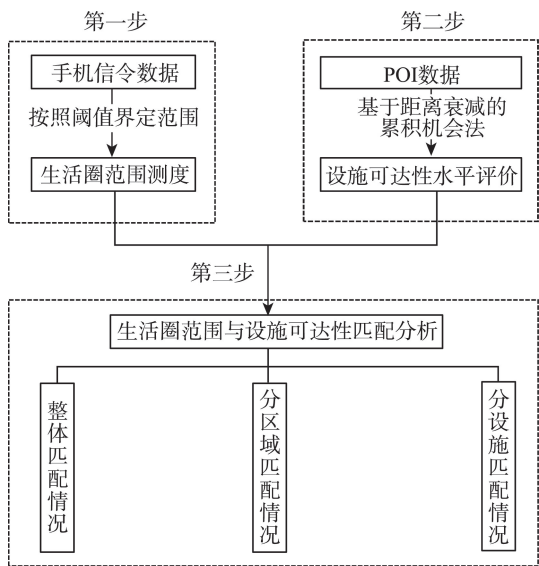


图2 研究方法流程
Fig.2 Workflow of the research

数据中显示符合此出行轨迹的出行次数。第二步,基于OD出行链信息计算所有OD出行链对应的生活出行距离,即从居住网格的质心到生活出行目的地终点网格的质心的距离 d 。第三步,以累计出行率达阈值时的生活出行距离作为生活圈半径。

将50%作为阈值的主要依据是研究范围内的生活出行累计出行率与出行距离 d 之间的关系如图3所示。基于手机信令OD数据统计所有居住网格每隔5%出行率的出行距离 d 的均值,发现其累计出行率为20%、50%、95%时,分别对应着距离居住地5、12、35 km左右的空间范围,类似于以往研究中的城市居民生活空间的近家、中短距离和中长距离3个集中圈层划分^[17];但由于中长距离圈层中存在过多的随机行为且一般不被纳入设施配置的考虑范畴,本文对居民发生中高频率生活出行的近家圈层、中短距离圈层统筹考虑,取50%为累计出行率的阈值。从计算方法和空间尺度来看,本文的生活圈属于城镇生活圈范畴。

1.3.3 服务设施可达性水平测度方法

常用的单类设施可达性水平的测度方法有距离法、累积机会法、等线值法、重力模型法、平衡系数法等^[18-20],但各方法都有着不同的使用条件。由于POI数据无法呈现出设施的等级、规模、质量,本文选取了其中的累积机会法,即计算从某地点出发可获得的就学、医疗、购物、休闲等机会的多少^[21]。在此基础上,本文考虑了距离衰减的作用,以此测度研究范围内的每个网格的单类设施的可达性水平,计算公式如下:

$$A_{i,s} = \sum_{j=1}^n f(i,j) S_j \quad (1)$$

$$f(i,j) = \begin{cases} 1 & (d_{ij} \leq 0.5) \\ 0.5^\beta & (0.5 < d_{ij} < r_{ij}) \\ 0 & (d_{ij} \geq r_{ij}) \end{cases} \quad (2)$$

式中: $A_{i,s}$ 为网格 i 在一定范围 d 内获得 s 类设施的可达性指数; S_j 即该网格可获得的设施 j 的服务能力; $f(i,j)$ 为表达距离衰减作用的指数; β 为阻抗系数; d_{ij} 为起点网格 i 到终点设施 j 之间的距离; r_{ij} 为网格的生活圈半径。结合已有相关研究, β 一般取值在1~2之间^[22-23],考虑到POI数据无法区别设施等级规模,每个设施服务能力均定义为1,因此阻抗系数不宜太大,这里取 $\beta=1$ 。此外,由于本文所用的网格尺度为1 km×1 km,在小于0.5 km的范围内,设施的距离衰减作用可以忽略不计,因此以 $d_{ij}=0.5$ km为界对设施可达性水平的距离衰减作用进行分类测度。

多类设施的综合设施可达性水平测度是可达性研究的重要挑战,已有学者采用了在单类设施可达性测度方法的基础上引入不同类设施的多样性权重的测度方法,如引入效用法^[24-25]、熵值法^[26]等。本文的综合设施可达性水平的测度方法即在单类设施可达性水平测度方法的基础上引入熵值法计算,具体采用幂函数形式,以单类设施可达性总和为底、熵权为幂。熵权是由能够反映设施的多样性

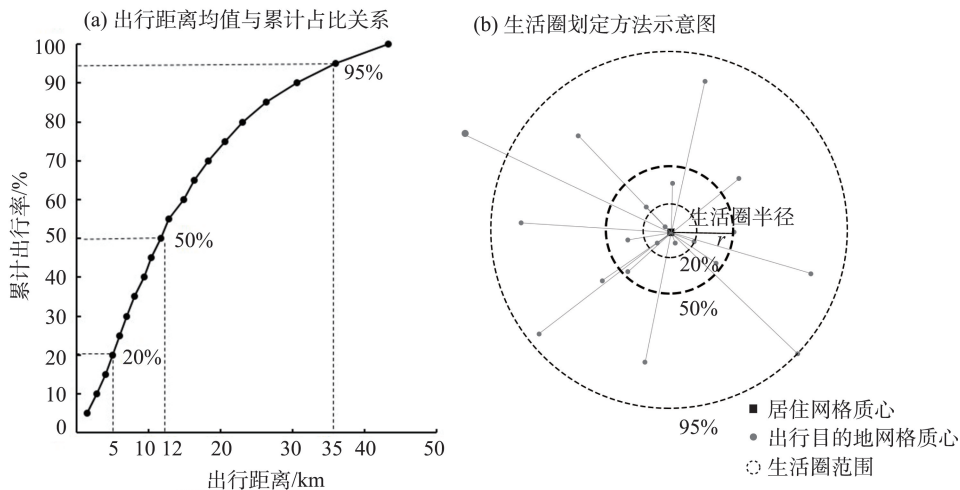


图3 生活圈范围划定方法示意图

Fig.3 Identification of life circle

的香农熵指数计算而来^[27]。计算公式如下:

$$A_i = \sum_s A_{i,s} \quad (3)$$

$$P_i(s) = \frac{A_{i,s}}{A_i} \quad (4)$$

$$H_i = -\sum_s [P_i(s) \times \ln P_i(s)] \quad (5)$$

$$Q_i = \frac{H_i}{\ln m} \quad (6)$$

$$AT_i = \begin{cases} A_i^{Q_i} & (A_i \neq 0) \\ 0 & (A_i = 0) \end{cases} \quad (7)$$

式中: A_i 代表某网格的各类设施可达性水平的算数总和; $P_i(s)$ 为 i 区位获得 s 设施机会占总设施获得机会的比例; H_i 为香农熵指数; Q_i 为网格的相对熵; m 为设施种类数, 本文取 8; AT_i 即为所有类性设施的综合可达性水平。

1.3.4 生活圈范围与服务设施可达性的空间关系测定

双变量局部空间自相关分析通常被用来揭示地理要素的空间关系^[28-29]。本文利用双变量局部空间自相关的分析方法, 对每个研究单元所在区位的设施可达性水平和生活圈半径进行相关性分析, 可从空间匹配模式和空间匹配度 2 个方面揭示案例地区生活圈半径和设施可达性水平的匹配情况。

首先, 结合 Moran 散点图和 LISA 集聚图可剖析可达性与生活圈半径的空间匹配模式。Moran 散点图的第一、二、三、四象限分别代表网格的设施可达性水平与其邻域网格的生活圈半径均值是“高一高”的空间正相关、“低—高”的空间负相关、“低—低”的空间正相关、“高一低”的空间负相关。LISA 集聚图可直观展示不同空间位置的双变量相关关系属于上述 4 种关系的哪一种及是否显著。其次, Moran 空间自相关指数 I_{ar}^i 可表征设施可达性水平与生活圈半径的匹配度。 I_{ar}^i 的取值一般在 $[-1, 1]$ 之间, 等于 0 表示不相关, 即设施可达性水平与生活圈半径没有显著的匹配关系; 大于 0 表示正相关, 值越大则相关性越高, 设施可达性水平与生活圈半径的匹配度越高; 小于 0 则相反。

$$I_{ar}^i = z_a^i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_r^j \quad (8)$$

$$z_a^i = \frac{X_a^i - X_a}{\sigma_a} \quad (9)$$

$$z_r^j = \frac{X_r^j - X_r}{\sigma_r} \quad (10)$$

式中: I_{ar}^i 代表双变量局部 Moran 空间自相关指数; w_{ij} 为空间单元 i 、 j 之间的空间连接矩阵权重; X_a^i 是空间单元 i 的可达性 (AT_i 或 A_i) 的值, X_r^j 是空间单元 j 的生活圈半径 (r) 的值; z_a^i 是 X_a^i 经过标准差标准化的观测值; z_r^j 是 X_r^j 经过标准差标准化的观测值; X_a 、 X_r 分别是可达性 (AT_i 或 A_i)、生活圈半径 (r) 的平均值; σ_a 、 σ_r 分别是可达性 (AT_i 或 A_i)、生活圈半径 (r) 的标准差。

2 生活圈与服务设施可达性空间匹配测度结果

2.1 生活圈范围特征

采用上述方法, 本文对案例地区北京的生活圈范围进行测度并分析其特征。结果显示 (图 4 和表 3): 生活圈范围半径的空间分布呈现多中心结构, 整体呈现出由市中心向郊区递增趋势, 即整体上由中心城区、近郊区、远郊区 3 个圈层依次递增, 这 3 个圈层的生活圈半径均值分别为 5.58、7.17、11.69 km。近郊区中, 郊区新城生活圈与周边其他区域呈现出明显的异质性, 生活圈范围在郊区新城内部出现次中心, 由新城中心向周边递增, 但是郊区新城整体的居民生活圈半径均值为 7.49 km, 大于其他地区的生活圈半径均值 (6.72 km)。但是在远郊区, 郊区新城的居民生活圈半径均值 (10.03 km) 则小于其他区域的均值 (13.95 km)。

2.2 服务设施可达性特征

采用上述方法, 本文对案例地区北京的服务设施可达性水平进行测度。结果显示 (表 4 与图 5): 服务设施可达性水平的空间分布整体呈现出由市中心向郊区递减的规律, 中心城区四环内、中心城区四环—五环、近郊区、远郊区的服务设施可达性水平分别为 126.16、82.60、37.86、13.18。近郊区中, 新城的服务设施可达性水平显著小于其他地区, 而远郊区中, 新城的服务设施可达性水平显著大于其他地区。值得注意的是, 与生活圈范围半径的空间分布相比, 服务设施可达性水平的圈层式格局更加清晰, 但多中心格局不明显。

图 6 显示, 各类服务设施的可达性水平在空间分布上均呈现出由市中心向郊区递减的规律。表 5 显示, 不同类型的服务设施之间, 可达性水平存在显著差异。教育、休闲、体育健身等设施的可达性

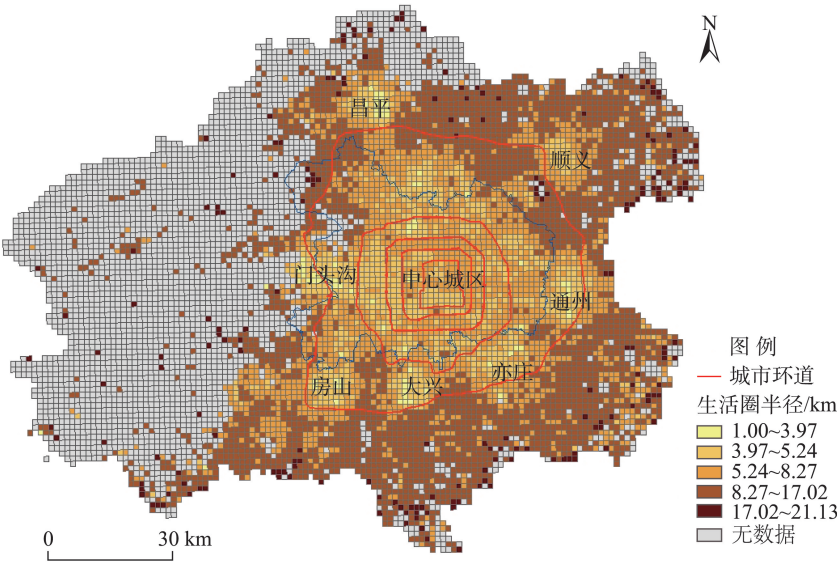


图4 生活圈半径的空间分布

Fig.4 Spatial distribution of the radius of life circle

表3 生活圈半径的圈层差异

Tab.3 Zonal differences in the radius of life circle

分区	均值/km	标准差/km
中心城区(五环内)	5.58	0.97
三环以内	5.59	0.88
三环—五环	5.60	0.98
近郊区(五环—六环)	7.17	2.81
郊区新城	7.49	2.95
其他	6.72	2.53
远郊区(六环以外)	11.69	6.56
郊区新城	10.03	4.23
其他	13.95	8.25

表4 设施综合可达性水平的圈层差异

Tab.4 Zonal differences in comprehensive accessibility of public service facilities

分区	可达性水平均值	标准差
中心城区(四环以内)	126.16	29.04
三环以内	138.02	21.81
三环—四环	115.18	30.16
中心城区(四环—五环)	82.60	31.62
近郊区(五环—六环)	37.86	19.97
郊区新城	28.99	9.44
其他地区	50.19	23.85
远郊区(六环以外)	13.18	8.30
郊区新城	16.52	7.71
其他地区	8.43	6.43

水平较低,购物设施和医疗设施可达性水平较高,其中购物设施的可达性水平是教育、休闲、体育健身等设施的可达性水平的8~13倍。

2.3 生活圈范围与服务设施可达性空间匹配

2.3.1 整体水平情况

Moran 散点图(图7)显示 $I_{ar}^i = -0.40$ (P 值为 $0.001 < 0.05$),这说明总体上综合服务设施可达性水平与居民生活圈范围半径具有显著的空间负相关,综合服务设施可达性水平越高,居民的生活出行距离越短,生活圈范围半径也就越小。值得注意的是,Moran散点图的第一象限、第三象限也有少量的网格样本量,这说明除了存在大量网格的综合服务设施可达性水平与其邻域网格的生活圈范围半径均值是“低—高”和“高—低”的空间负相关分布,也存在一定量的网格是“高—高”和“低—低”的空间正相关。这也表明生活圈范围半径与服务设施可达性水平的空间匹配度及匹配模式都存在一定的空间分异。

2.3.2 空间分异规律

综合服务设施可达性水平与生活圈范围半径的空间匹配度由中心城区、近郊区至远郊区3个圈层依次递增, I_{ar}^i 均值分别为-0.17、-0.20、-0.26,中心城区的匹配度远低于其他2个圈层(表6)。近郊区和远郊区中,郊区新城的匹配度均远低于其他地区。这说明中心城区、郊区中心的设施匹配度未来

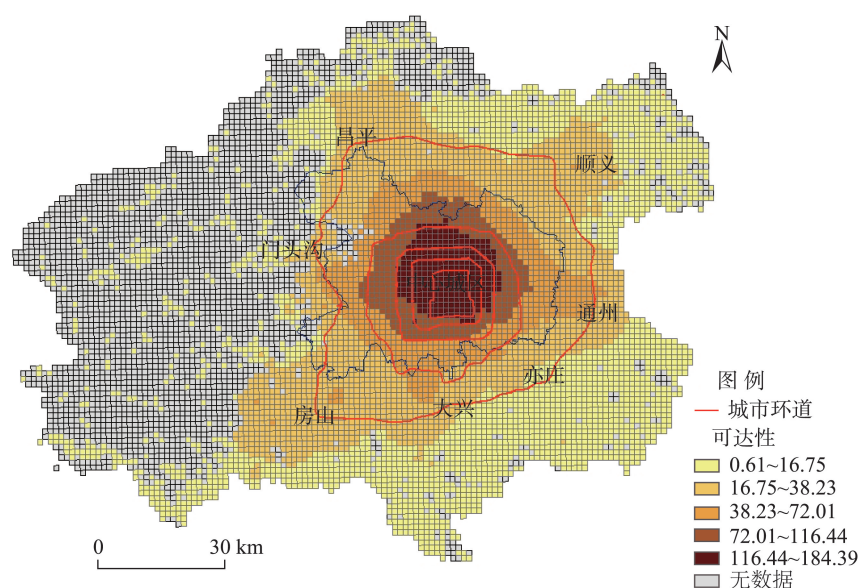


图5 设施综合可达性水平空间分布

Fig.5 Spatial distribution of comprehensive accessibility of public service facilities

都还有进一步提升的空间。

综合服务设施可达性水平和生活圈范围半径的空间匹配模式也存在显著的空间分异(图8)。

① 在中心城区和郊区新城中心区,综合服务设施可达性水平与其邻域的生活圈半径大多呈现出“高一低”的空间负相关,即网格的综合服务设施可达性水平较高,其邻域网格的生活圈半径均值较低,这表明该网格的服务设施供给相对充足且有效。

② 在新城周边则多呈现出“低—低”的空间正相关,即网格的综合服务设施可达性水平较低,其邻域网格的生活圈半径均值也较低,这表明该网格的服务设施供给相对不足但居民的生活出行距离并不大,居民的基础生活出行需求可以被满足;除亦庄新城呈现出“低—低”分布的空间模式,其他新城均呈现出外围“低—低”分布包围中心“高一低”分布的模式,主要原因是其他新城的外围与新城中心的可达性差异比较大,居民主要依赖于新城中心区的服务设施,而亦庄新城的服务设施均等化已取得一定成效。

③ 在其他区域则多呈现出“低—高”“不显著”关系。“低—高”关系区域的综合服务设施可达性水平较低,其邻域网格的生活圈半径均值较高,这表明区域的服务设施供给不足且居民生活出行距离普遍较大,设施供给亟待提升。“不显著”关系即网格的综合服务设施可达性水平与其邻域网格的生活圈半径的相关关系在统计上不显著,在中心城

区、近郊、远郊均有分布,通常是服务设施可达性过高或过低导致。

为进一步研究不显著关系区域的作用机制,本文进行了分区域的综合设施可达性与生活圈半径的匹配性分析,其LISA聚类图(图9)显示,中心城区呈现出外围显著区域包围着中心不显著区域的结构,而各新城大体呈现出新城外围不显著的区域包围着新城中心显著区域的结构。这2类结构中的不显著区域具有不同的作用机制:① 在中心城区,中心不显著区域的服务设施可达性水平远高于居民的需求量、设施种类丰富且交通便利,居民能够在更加广泛的范围内依据品质、个人偏好等选择设施,该区域的设施可达性水平的差异并非影响居民生活圈半径的关键因素;② 而在各个新城外围的不显著区域,服务设施可达性水平远低于居民需求量,居民往往要去邻近的新城中心去使用各类生活设施,也可能选择在上下班途中使用购物、休闲等设施,该区域的居民生活圈范围主要取决于离新城中心的距离和通勤途中的服务设施吸引力。

2.3.3 分设施类型的差异特征

不同类型的服务设施在可达性水平与生活圈范围半径的空间匹配关系中,也表现出显著差异。表7显示,文化设施、体育健身设施、中学和休闲设施的可达性水平与生活圈范围半径的空间匹配度显著低于其他设施。具体来看:① 文化设施的空间

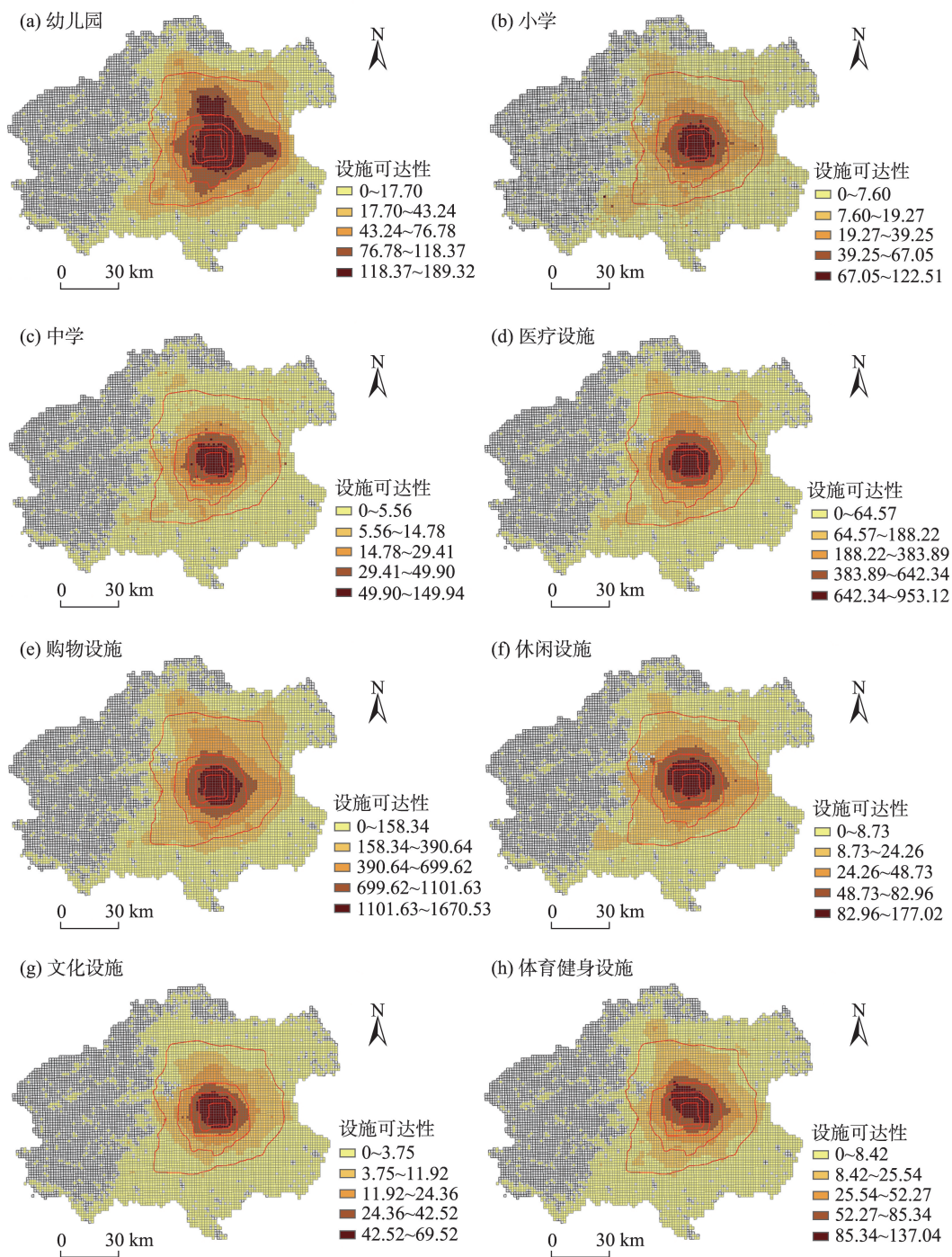


图6 各类设施可达性的空间分布

Fig.6 Spatial distribution of accessibility of various public service facilities

匹配度最低,整体的文化设施可达性与生活圈范围的空间自相关指数 I_{ar}^i 仅为-0.41,该指标显著低于其他各类设施。在多数新城,文化设施的空间匹配度均属于该新城各类设施中最低的,其中,顺义新城的该类指标仅为-0.13。② 体育健身设施的空间匹配度为倒数第二,其整体空间自相关指数 I_{ar}^i

为-0.50。但该指标在各新城中的分异很大,最低的是顺义新城,仅为-0.30,最高的是亦庄新城,高达-0.73。亦庄新城的体育健身设施空间匹配度高的主要原因是亦庄新城的创新型产业集群和科技服务中心较为集中,青年人群比例相对较高,对于体育设施需求和使用程度较高。③ 中学和休闲设施

表5 各类设施可达性水平描述统计量

Tab.5 Descriptive statistics for accessibility of various public service facilities

设施类型	极小值	极大值	均值	标准差
文化设施	0	69.52	5.56	11.24
中学	0	146.95	7.70	12.76
小学	0	122.52	12.72	17.63
体育健身	0	137.05	13.50	23.50
休闲设施	0	177.02	16.12	24.09
幼儿园	0	189.32	39.88	43.50
医疗设施	0	953.12	105.84	167.99
购物设施	0	1670.54	263.62	313.85

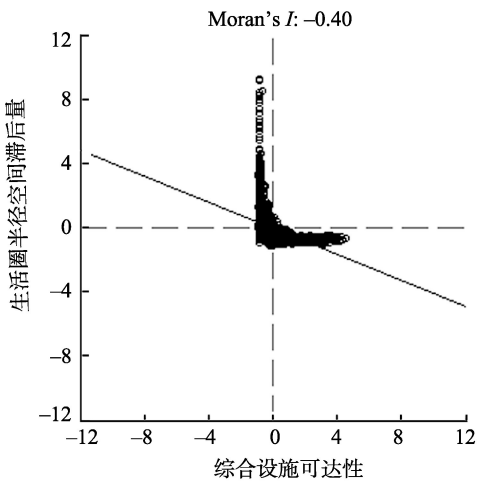


图7 综合服务设施可达性与生活圈半径的Moran散点图

Fig.7 Moran's *I* scatter plot of accessibility for comprehensive accessibility of public service facilities and radius of life circle

表6 综合服务设施可达性与生活圈半径的空间匹配关系的圈层差异

Tab.6 Zonal differences in spatial matching relationship

分区	I_{ar}^i 均值	I_{ar}^i 标准差
中心城区(五环以内)	-0.17	0.19
近郊区(五环—六环)	-0.20	0.40
郊区新城	-0.05	0.18
其他地区	-0.41	0.51
远郊区(六环以外)	-0.26	0.67
郊区新城	-0.09	0.30
其他地区	-0.49	1.09

的空间匹配度为倒数第三,整体空间自相关指数 I_{ar}^i 为-0.51。从中学设施的该指标来看,门头沟新城、顺义新城较低,分别为-0.49、-0.43。顺义新城休闲设施的该指标最低,仅为-0.36。

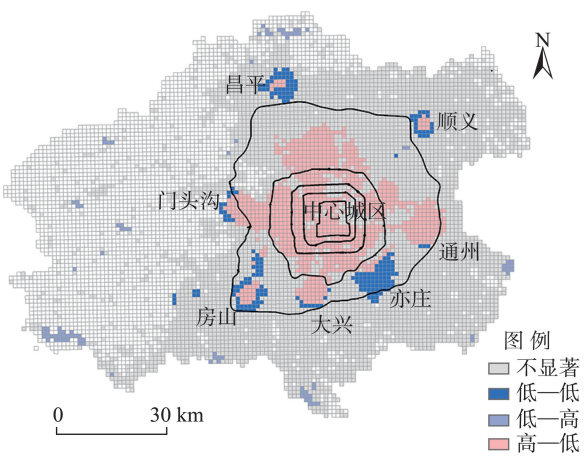


图8 综合服务设施可达性与生活圈半径的LISA聚类图

Fig.8 Local indicators of spatial association (LISA) cluster map of comprehensive accessibility for public service facilities and radius of life circle

3 结论

生活圈规划是国土空间规划的重要内容之一,生活圈研究也是交通地理学研究的核心理论议题之一。已有学者对于生活圈进行了大量研究,但是在服务设施与生活圈范围的匹配关系仍亟待深入探讨。本文采用手机信令数据和POI数据等大数据,以北京为例,测度居民生活圈范围半径和服务设施可达性水平,并分析两者之间的空间匹配关系。主要结论如下:

首先,生活圈范围半径大小的空间分布整体呈现出由中心城区、近郊区向远郊区依次递增的规律,在郊区也存在由新城中心向周边郊区递增规律,于是市域层面则呈现出多中心结构;服务设施可达性水平的空间分布则呈现出圈层结构,由市中心至郊区递减,其多中心格局不如生活圈半径格局明显。

其次,服务设施可达性水平与居民生活圈范围半径整体为显著的负相关,随着服务设施可达性水平增加,生活圈范围半径有减少趋势。但是,二者的匹配关系也存在空间分异,一方面,匹配度呈现出由中心城区、近郊区、远郊区3个圈层递增的趋势,近郊区和远郊区中,郊区新城的匹配度均远低于其他地区。另一方面,匹配关系的空间模式也存在差异:中心城区与新城中心以“高—低”为主,中心城区边缘地区和新城周边则以“低—高”“低—低”为主。

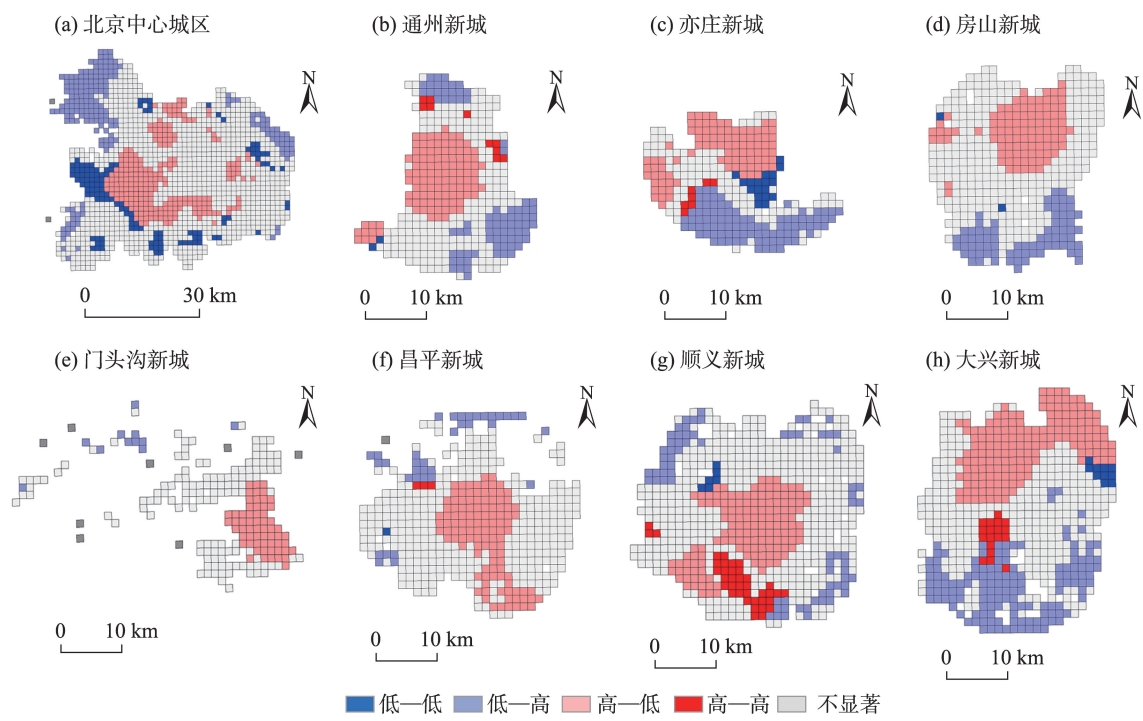


图9 分区域综合设施可达性与生活圈半径LISA聚类图

Fig.9 LISA cluster map of comprehensive accessibility for public service facilities and radius of life circle in difference regions

表7 分区各类设施可达性水平与生活圈半径间的空间双变量自相关莫兰指数 I_{ar}^i

Tab.7 Moran index between accessibility of various public service facilities and radius of life circle in different regions

区域	幼儿园	小学	中学	医疗设施	购物设施	休闲设施	文化设施	体育健身设施	综合设施
整体	-0.56	-0.55	-0.51	-0.55	-0.54	-0.51	-0.41	-0.50	-0.57
大兴新城	-0.70	-0.69	-0.71	-0.72	-0.72	-0.72	-0.63	-0.71	-0.69
通州新城	-0.67	-0.64	-0.61	-0.66	-0.63	-0.66	-0.57	-0.63	-0.66
亦庄新城	-0.67	-0.57	-0.53	-0.62	-0.65	-0.70	-0.64	-0.73	-0.64
房山新城	-0.65	-0.58	-0.65	-0.67	-0.66	-0.61	-0.54	-0.64	-0.64
昌平新城	-0.54	-0.61	-0.59	-0.55	-0.56	-0.53	-0.35	-0.54	-0.57
门头沟新城	-0.52	-0.57	-0.49	-0.55	-0.50	-0.54	-0.49	-0.45	-0.54
中心城区	-0.56	-0.50	-0.51	-0.56	-0.56	-0.54	-0.52	-0.55	-0.50
顺义新城	-0.28	-0.40	-0.43	-0.41	-0.32	-0.36	-0.13	-0.30	-0.37

再次,服务设施可达性水平与居民生活圈半径匹配关系背后的作用机制也具有一定的差异性规律。中心城区的核心地区和新城的外围地区均存在一定规模的相关性不显著空间单元,但两者的成因机制不同。前者主要由于服务设施可达性水平整体很高,居民选择的空間灵活性高^[30],匹配关系很大程度上受居民社会经济属性^[31-32]、个人偏好^[33-36]等要素的影响,存在较大不确定性;后者服务设施可达性水平整体较低,居民往往存在多种选择,可能会选择在新城中心或通勤途中使用更高质量的服务设施,也可能选择在当地使用较低质量的服务设施。匹配关系受到居民对于服务设施的可支付

能力、对时间成本的重视程度等因素影响,也存在较大不确定性。

最后,不同类型的服务设施可达性水平和生活圈半径的匹配度存在差异。文化、体育健身、休闲等设施的空間匹配度较低,主要原因是这些设施属于非刚性需求的消遣类设施,受居民的社会经济属性^[31-32]、居民选择偏好^[33-36]影响更大,中学就学情况不同于小学就学,受到学区政策的影响较小,更取决于学校名气和质量,好的学校会吸引来自更广区域的生源,造成中学设施可达性水平同实际使用者的生活圈范围的空間匹配度较低。

本文实证研究结论可以为城镇生活圈的编制

提供决策参考。一方面,服务设施可达性水平和居民实际生活圈范围的空间匹配关系存在“高一高”“高一低”“低一低”“低一高”等多种模式,对于“高一高”“高一低”地区应该注重服务设施的质量和效率,多考虑居民选择喜好,做更精细化的设施提升;对于“低一高”地区,应该注重服务设施总量规模的供给,使得居民在一定出行时长范围内能够获得足够的设施服务。另一方面,不同类型服务设施可达性与居民实际生活圈范围的匹配度具有较大差异,对不同类型服务设施配置也应采取不同规划策略,如文化、体育健身、休闲等消遣类设施的配置要更多地考虑设施供给的品质及其与目标人群的需求匹配;教育类等与城市管理政策息息相关的设施配置则要结合入学制度改革、户籍制度改革等制度改革进行。

参考文献(References)

- [1] 朱查松,王德,马力. 基于生活圈的城乡公共服务设施配置研究:以仙桃为例 [C]// 中国城市规划学会,重庆市人民政府. 规划创新: 2010 中国城市规划年会论文集. 重庆: 重庆出版社, 2010: 2813-2822. [Zhu Chasong, Wang De, Ma Li. Research on the allocation of urban and rural public service facilities based on life circle: A case study of Xiantao // Urban Planning Society of China, Chongqing Municipal People's Government. Planning Innovation: Proceedings of the China Urban Planning Annual Conference in 2010. Chongqing, China: Chongqing Press, 2010: 2813-2822.]
- [2] 柴彦威,刘志林,李峥嵘,等. 中国城市的时空结构 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2002: 1-2. [Chai Yanwei, Liu Zhilin, Li Zhengrong, et al. Time-space structure of Chinese cities. Beijing, China: Peking University Press, 2002: 1-2.]
- [3] 王开泳. 城市生活空间研究述评 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(6): 691-698. [Wang Kaiyong. Review and prospect of the researches on urban living space. Progress in Geography, 2011, 30(6): 691-698.]
- [4] 王悦雯,单欣宏. 基于生活圈的公共服务设施空间分布特征研究 [C]// 中国城市规划学会,重庆市人民政府. 活力城乡 美好人居: 2019 中国城市规划年会论文集 (20 住房与社区规划). 重庆: 重庆出版社, 2019: 9. [Wang Yuewen, Shan Xinhong. Research on the spatial distribution characteristics of public service facilities based on life circle // Urban Planning Society of China, Chongqing Municipal People's Government. Invigorate urban, Beautiful living: Proceedings of the China Urban Planning Annual Conference in 2019 (Housing and community planning, 2020). Chongqing, China: Chongqing Press, 2019: 9.]
- [5] 李萌. 基于居民行为需求特征的“15 分钟社区生活圈”规划对策研究 [J]. 城市规划学刊, 2017(1): 111-118. [Li Meng. The planning strategies of a 15-minute community life circle based on behaviors of residents. Urban Planning Forum, 2017(1): 111-118.]
- [6] 端木一博,柴彦威. 社区设施供给与居民需求的时空匹配研究: 以北京清上园社区为例 [J]. 地域研究与开发, 2018, 37(6): 76-81. [Duanmu Yibo, Chai Yanwei. Space-time matching between community facilities and resident's demand: A case of Qingshangyuan Community in Beijing. Areal Research and Development, 2018, 37(6): 76-81.]
- [7] 周弦. 15 分钟社区生活圈视角的单元规划公共服务设施布局评估: 以上海市黄浦区为例 [J]. 城市规划学刊, 2020(1): 57-64. [Zhou Xian. Assessing the distribution of public service facilities in unit planning based on the perspective of the 15-minute community-life circle: Evidence from Huangpu District of Shanghai. Urban Planning Forum, 2020(1): 57-64.]
- [8] 赵彦云,张波,周芳. 基于 POI 的北京市“15 分钟社区生活圈”空间测度研究 [J]. 调研世界, 2018(5): 17-24. [Zhao Yanyun, Zhang Bo, Zhou Fang. Research on the spatial measurement of “15-minute community life circle” in Beijing based on POI. The World of Survey and Research, 2018(5): 17-24.]
- [9] Weng M, Ding N, Li J, et al. The 15-minute walkable neighborhoods: Measurement, social inequalities and implications for building healthy communities in urban China [J]. Journal of Transport & Health, 2019, 13(2): 259-273.
- [10] 刘婧. 基于手机数据的居民生活圈识别及与建成环境关系研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018. [Liu Qiang. Mobile phone data identification of residents' life circle and its condition with the built environment. Harbin, China: Harbin Institute of Technology, 2018.]
- [11] 柴彦威,李春江,夏万渠,等. 城市社区生活圈划定模型: 以北京市清河街道为例 [J]. 城市发展研究, 2019, 26(9): 1-8, 68. [Chai Yanwei, Li Chunjiang, Xia Wanqu, et al. Study on the delineation model of urban community life circle: Based on Qinghe District in Haidian District, Beijing. Urban Development Studies, 2019, 26(9): 1-8, 68.]
- [12] 申悦,柴彦威. 基于 GPS 数据的北京市郊区巨型社区居民日常活动空间 [J]. 地理学报, 2013, 68(4): 506-516. [Shen Yue, Chai Yanwei. Daily activity space of suburban mega-community residents in Beijing based on GPS

- data. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(4): 506-516.]
- [13] Yin L, Raja S, Li X, et al. Neighbourhood for playing: Using GPS, GIS and accelerometry to delineate areas within which youth are physically active [J]. *Urban Studies*, 2013, 50(14): 2922-2939.
- [14] 季珏, 高晓路. 基于居民日常出行的生活空间单元的划分 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(2): 248-254. [Ji Jue, Gao Xiaolu. Identifying the scope of daily life in urban areas based on residents' travel behaviors. *Progress in Geography*, 2012, 31(2): 248-254.]
- [15] 孙道胜, 柴彦威, 张艳. 社区生活圈的界定与测度: 以北京清河地区为例 [J]. *城市发展研究*, 2016, 23(9): 1-9. [Sun Daosheng, Chai Yanwei, Zhang Yan. The definition and measurement of community life circle: A case study of Qinghe area in Beijing. *Urban Development Studies*, 2016, 23(9): 1-9.]
- [16] 孙德芳, 沈山, 武廷海. 生活圈理论视角下的县域公共服务设施配置研究: 以江苏省邳州市为例 [J]. *规划师*, 2012, 28(8): 68-72. [Sun Defang, Shen Shan, Wu Tinghai. Life circle theory based county public service distribution: Jiangsu Pizhou case. *Planners*, 2012, 28(8): 68-72.]
- [17] 许晓霞, 柴彦威, 颜亚宁. 郊区巨型社区的活动空间: 基于北京市的调查 [J]. *城市发展研究*, 2010, 17(11): 41-49. [Xu Xiaoxia, Chai Yanwei, Yan Yaning. Activity space of suburban mega-community residents: Evidence from Beijing household activity-diary survey data. *Urban Studies*, 2010, 17(11): 41-49.]
- [18] 宋正娜, 陈雯, 张桂香, 等. 公共服务设施空间可达性及其度量方法 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(10): 1217-1224. [Song Zhengna, Chen Wen, Zhang Guixiang, et al. Spatial accessibility to public service facilities and its measurement approaches. *Progress in Geography*, 2010, 29(10): 1217-1224.]
- [19] 程敏, 连月娇. 基于改进潜能模型的城市医疗设施空间可达性: 以上海市杨浦区为例 [J]. *地理科学进展*, 2018, 37(2): 266-275. [Cheng Min, Lian Yuejiao. Spatial accessibility of urban medical facilities based on improved potential model: A case study of Yangpu District in Shanghai. *Progress in Geography*, 2018, 37(2): 266-275.]
- [20] 陈建国, 周素红, 柳林, 等. 交通拥堵对急救医疗服务时空可达性的影响: 以广州市为例 [J]. *地理科学进展*, 2016, 35(4): 431-439. [Chen Jianguo, Zhou Suhong, Liu Lin, et al. Estimating the effect of traffic congestion on accessibility to emergency medical care services: Take Guangzhou as an example. *Progress in Geography*, 2016, 35(4): 431-439.]
- [21] 陈洁, 陆锋, 程昌秀. 可达性度量方法及应用研究进展评述 [J]. *地理科学进展*, 2007, 26(5): 100-110. [Chen Jie, Lu Feng, Cheng Changxiu. Advance in accessibility evaluation approaches and applications. *Progress in Geography*, 2007, 26(5): 100-110.]
- [22] Wang F H. Modeling commuting patterns in Chicago in a GIS environment: A job accessibility perspective [J]. *The Professional Geographer*, 2000, 52(1): 120-133.
- [23] Peeters D, Thomas I. Distance predicting functions and applied location-allocation models [J]. *Journal of Geographical Systems*, 2000, 2(2): 167-184.
- [24] Cascetta E, Carteni A, Montanino M. A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities [J]. *Journal of Transport Geography*, 2016, 51: 45-58.
- [25] Chorus C G, de Jong G C. Modeling experienced accessibility for utility-maximizers and regret-minimizers [J]. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(6): 1155-1162.
- [26] Cheng J Q, Bertolini L. Measuring urban job accessibility with distance decay, competition and diversity [J]. *Journal of Transport Geography*, 2013, 30(5): 100-109.
- [27] 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. [Liu Zhengbing, Zhang Chao, Dai Teqi. Measuring accessibility of multi-type urban public service facilities with entropy in Beijing. *Economic Geography*, 2018, 38(6): 77-84.]
- [28] Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: An introduction to spatial data analysis [J]. *Geographical Analysis*, 2006, 38 (1): 5-22.
- [29] 陈彦光. 基于Moran统计量的空间自相关理论发展和方法改进 [J]. *地理研究*, 2009, 28(6): 1449-1463. [Chen Yanguang. Reconstructing the mathematical process of spatial autocorrelation based on Moran's statistics. *Geographical Research*, 2009, 28(6): 1449-1463.]
- [30] 钟炜菁, 王德. 基于居民行为周期特征的城市空间研究 [J]. *地理科学进展*, 2018, 37(8): 1106-1118. [Zhong Weijing, Wang De. Urban space study based on the temporal characteristics of residents' behavior. *Progress in Geography*, 2018, 37(8): 1106-1118.]
- [31] 刘艳霞, 李晋玲. 中小型城市居民通勤特征及其影响因素研究: 以山西省临汾市为例 [J]. *城市学刊*, 2018, 39 (3): 93-98. [Liu Yanxia, Li Jinling. A study of the characteristics of commuting and its influencing factors among small and medium-sized urban residents: Taking Linfen City of Shanxi Province as an example. *Journal of Urban Studies*, 2018, 39(3): 93-98.]
- [32] 杨励雅, 王振波. 城市社区建成环境对居民日常出行行为的影响分析 [J]. *经济地理*, 2019, 39(4): 101-108. [Yang Liya, Wang Zhenbo. Impact of residential built environment on daily travel behavior. *Economic Geography*, 2019, 39(4): 101-108.]

- [33] Ayvalik C K. Analysis of travel behavior of households sensitive to environmental justice [D]. Chicago, USA: Illinois Institute of Technology, 2003.
- [34] Crawford D W, Jackson E L, Godbey G. A hierarchical model of leisure constraints [J]. *Leisure Sciences*, 1991, 13(4): 309-320.
- [35] Scott D. The problematic nature of participation in contract bridge: A qualitative study of group-related constraints [J]. *Leisure Sciences*, 1991, 13(4): 321-336.
- [36] Ettema D, Zwartbol D. The structure of joint leisure trips: Analyzing two-person leisure trips of Dutch students [J]. *Journal of Transport Geography*, 2013, 31: 216-225.

Spatial match between residents' daily life circle and public service facilities using big data analytics: A case of Beijing

ZHAO Pengjun^{1,2}, LUO Jia², HU Haoyu¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China)

Abstract: Residents' daily life circle is one of the key issues in relation to the national spatial planning in the "new era". Supply of public service facilities is the primary condition for plan-making of this type of circle. Spatial match between residents' daily life circle and public service facilities reveals the human-environment relationship at the community level. There exist many studies on spatial match between residents' daily life circle and public service facilities. However, the existing findings are mainly based on survey data, which have disadvantages such as insufficient samples, small geography coverage, and so on. This study investigated the spatial match between residents' daily life circle and public service facilities in large cities by taking Beijing as an example. Using mobile phone data and point-of-interest (POI) data collected in 2018, this study measured the spatial range of residents' daily life circle and accessibility of public service facilities, and analyzed the relationship between the spatial range of residents' daily life circle and accessibility of public service facilities by the bivariate spatial autocorrelation method. It also analyzed the geographical variations in the relationship. The results of analysis show that residents' daily life circle has a multi-centric structure at the city level. The length of radius of the circle increases from the central areas to the periphery. Accessibility of public service facilities is featured with a zonal structure but its level decreases with the distance away from the centers. The level of accessibility is negatively related with radius of the circle, which means that the higher level of accessibility, the smaller radius of the circle. There are geographical variations in the relationship. The relationship is "high-low" in the city center and new town centers, but dominated by "low-low" and "low-high" pattern in the fringe of the city center and new town centers. There are also variations in the relationship between different types of public service facilities. For the cultural and leisure facilities, the degree of spatial match between residents' daily life circle and public service facilities is obvious lower than other facilities. The conclusion of this research provides new evidence for residents' daily life circle study, and has policy implications for residents' daily life circle planning.

Keywords: urban life circle; public service facilities; accessibility; spatial match; mobile phone big data; Beijing