

引用格式: 湛东升, 谢春鑫, 张文忠, 等. 基于累计机会可达性的北京城市公共服务设施复合功能识别[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(6): 1320-1329. [Zhan D S, Xie C X, Zhang W Z, et al. Identifying mixed functions of urban public service facilities in Beijing by cumulative opportunity accessibility method[J]. Journal of Geo-information Science, 2020, 22(6): 1320-1329.] DOI: 10.12082/dqxxkx.2020.190717

基于累计机会可达性的北京城市公共服务设施复合功能识别

湛东升¹, 谢春鑫¹, 张文忠², 丁亮³, 许婧雪², 甄茂成⁴

1. 浙江工业大学管理学院, 杭州 310023; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展分析与模拟实验室, 北京 100101; 3. 浙江工业大学建筑工程学院, 杭州 310023; 4. 北京城市系统工程研究中心, 北京 100044

Identifying Mixed Functions of Urban Public Service Facilities in Beijing by Cumulative Opportunity Accessibility Method

ZHAN Dongsheng^{1*}, XIE Chunxin¹, ZHANG Wenzhong², DING Liang³, XU Jingxue², ZHEN Maocheng⁴

1. School of Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China; 2. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China; 4. Beijing Research Center of Urban System Engineering, Beijing 100044, China

Abstract: Rapid development and application of urban space-time big data have provided a new data environment and technical means for identifying urban functional areas. However, the literature regarding mixed urban functional areas detection in the field of urban public service facilities is still lacking. Using spatial point-level data of nine categories of urban public service facilities in Beijing with consideration of their rank and quality, this paper employed cumulative opportunity method to measure urban public service facilities' accessibility in Beijing at 1 km×1 km grid scale, and further emphatically analyzed the mixed functions and influencing factors of urban public service facilities. The results show that the spatial distribution of urban public service facilities' cumulative opportunity accessibility in Beijing presented a similar characteristic of central agglomeration. While the specific spatial patterns and coverage areas of urban public service facilities varied by their categories. In addition, functional areas of urban public service facilities in Beijing were divided into the five types: single functional areas, mixed functional areas with single facility oriented, mixed functional areas with two types of oriented facilities, mixed functional areas with three types of oriented facilities, and balanced mixed functional areas. Finally, population density, distance to the city center, land price, and cumulative opportunity accessibility of several commercial-oriented facilities were important factors affecting the existence of mixed function of urban public service facilities in Beijing. Our findings provide insights for both urban functional studies and spatial optimization of urban public service facilities in Beijing.

Key words: big data; urban functional area; public service facilities; mixed functions; cumulative opportunity; accessibility; influencing factors; Beijing

收稿日期: 2019-11-25; 修回日期: 2020-03-02.

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(20YJCZH221); 国家自然科学基金项目(41871170); 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室开放基金项目。 [**Foundation items:** Humanities and Social Sciences Research Program of the Ministry of Education, No.20YJCZH221; National Natural Science Foundation of China, No.41871170; Supported by Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences.]

作者简介: 湛东升(1987—), 男, 安徽寿县人, 副教授, 主要从事城市与区域发展研究。E-mail: zhands@126.com

*Corresponding author: ZHAN Dongsheng, E-mail: zhands@126.com

摘要:城市时空大数据技术的快速发展和应用,为城市功能区识别提供了新的数据基础和技术手段,但专门关于城市公共服务设施复合功能的研究还相对较少。基于北京市9大类公共服务设施的空间点数据,综合考虑不同类型公共服务设施等级和品质特征,采用累计机会方法对1 km×1 km 格网尺度的北京城市公共服务设施可达性进行了综合评价,在此基础上重点分析了北京城市公共服务设施复合功能特征与影响因素。研究表明:①北京城市公共服务设施累计机会空间分布存在明显的中心集聚特征,但不同类型公共服务设施的空间分布模式和覆盖范围却有所区别;②北京城市公共服务设施功能区可以划分为单一功能、单一化的复合功能、2种复合功能、3种复合功能和均衡化的复合功能等5大类型;③人口密度、距市中心距离、土地价格和经营性为主设施的累计机会可达性是影响北京城市公共服务设施复合功能的重要因素。研究结论对进一步细化城市功能区研究和促进北京城市公共服务设施空间结构优化具有科学启示作用。

关键词:大数据;城市功能区;公共服务设施;复合功能;累计机会;可达性;影响因素;北京

1 引言

城市功能分区描绘了一定时期内不同城市空间区域所承载的主要社会经济活动类型和土地利用方式,如办公区、居住区、商业区和公共服务区等^[1-4]。1933年颁发的《雅典宪章》作为现代城市规划大纲,由于过度强调城市功能分区而牺牲了城市的有机构成和活力,使其对现代城市功能的适应性和指导性越来越差。简·雅各布斯的城市多样性、《马丘比丘宪章》和新城市主义等规划思想均对城市功能分区进行了批判和反思,相继提出了混合功能的思想,为建设多样化功能城市实践提供了理论基础。美国城市规划协会认为,混合功能是在不同规模下将可兼容的功能、公共设施等结合,营造以适宜步行、高密度和多样性为特征的建设环境,激发城市活力,使人们可以在同一个地方居住、工作、游憩和购物^[5]。随着中国城市社会经济快速发展,城市居民对多样化城市功能^[6-7]尤其是公共服务设施复合功能的需求也越来越迫切^[8-9]。公共服务设施作为城市功能区的重要类型之一,不仅是城市向广大市民提供公共产品和服务的物质载体,也是中国和谐宜居城市建设和人民美好生活需要的重要构成^[10]。加强北京城市公共服务设施复合功能识别研究,有助于继续深化城市功能区划的研究内容,同时对明晰北京城市内部公共服务设施功能组织特点和促进城市公共服务设施功能复合利用具有很好的实践指导作用。

早期的城市功能分区主要以土地利用调查和遥感解译数据为基础,由于城市内部土地利用数据获取困难、精度限制和更新速度较慢,传统的城市功能区划分结果还较为粗糙,主要侧重静态的物理特征和大空间尺度分析^[11-13]。近年来,随着以位置

服务(Location Based Service, LBS)和兴趣点(Point of Interest, POI)等表征人类社会经济活动的城市大数据快速普及和应用,精细空间尺度的城市功能区划分研究成果也不断涌现^[14-15]。Xing等^[16]综合了景观指数和众包数据语义分析提取的社会经济要素,采用随机森林方法预测了商业用地、工业用地、居住用地和公共服务用地等单一的城市功能区特征。王芳等^[17]通过街区商业活动量指标确定了北京城市商业街区,再采用聚类分析方法识别出饮食文化型商业区、专营型商业区、购物中心型商业区、便利型商业区和综合型商业区等商业功能区。还有不少学者结合POI数据和浮动车/公交刷卡等数据分析了城市功能分区及其空间互动特征^[18-20]。除了单一的城市功能区划分以外,还有部分研究关注了城市混合功能区特征。如池姣等^[21]构建了频数密度和类型比例2个指标,定量识别了1 km×1 km 格网尺度的武汉城市功能区,并将类型比例值是否超过50%作为单一功能区和混合功能区的划分标准。冉钊^[22]利用类似方法对长沙市8类生活服务业空间格局进行了分析,得出单一功能区、双功能混合区和多功能混合区。浩飞龙等^[6]采用信息熵指数方法,测度了长春市街道单元的多功能要素复合度^[6]。

上述研究从精细空间尺度和人类社会经济活动维度完善了城市功能分区研究的理论与方法,但仍存在一些不足需要改进:①所使用的POI数据分类标准不统一,较少考虑不同POI的等级规模和占地面积差异;②静态视角的城市功能区识别容易受到可变量单元问题(Modifiable Areal Unit Problem, MAUP)的影响,同时忽略了各类设施的有效服务范围与居民的设施实际利用活动行为;③关于城市功能区形成的影响机理研究还相对缺乏。因此,本文采用北京市9大类公共服务设施数据,从居民设

施行为活动视角出发,结合不同类型设施等级和质量特征,采用累计机会法对不同类型公共服务设施可达性进行了评价,在此基础上使用频数密度和类型比例方法识别了北京城市公共服务设施复合功能特征,并分析了北京城市公共服务设施复合功能的影响因素。

2 研究区概况、数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

本文选择的研究区域为北京市六环道路以内的主城区,该区域属于相对均质的高度城市化地区,同时含有少量乡村地区。研究区域共由184个街道和乡镇所构成,地理面积和2010年常住人口数量分别为3340 km²和1562.6万人,分别占到全市地理面积和常住人口的20.4%和79.7%,平均人口密度达到4679人/km²。北京城市六环道路以内区域是整个城市人口分布和社会经济活动的主要承载区,也是城市公共服务设施的主要供给区和消费区,加强北京城市化核心区域的公共服务设施功能区研究,对解析北京城市公共服务空间分布规律、优化提升城市功能和促进国际一流的和谐宜居之都建设具有重要的理论与实践意义。

为分析精细空间尺度的北京城市公共服务设施功能区特征,选择1 km×1 km格网对研究区进行划分和分析,最终共得到3556个格网空间单元。尽管城市居民对不同类型或不同等级公共服务设施的出行活动范围意愿有所差异,但日常步行可到达的公共服务设施出行范围主要集中为500~1000 m

左右,这与绝大多数社区基础公共服务设施的服务半径和北京市所倡导的“一刻钟社区服务圈”居民出行范围也相吻合,故可认为采用1 km×1 km格网空间尺度分析北京城市公共服务设施可达性比较合理,并具有实际意义。

2.2 数据来源

结合2013年北京宜居城市问卷调查数据基础^[23],同时考虑北京城市公共服务设施配置与居民日常生活质量的密切程度,共选取了餐饮、购物、金融、教育、医疗、文体、养老、休闲游憩和公共交通9大类17小类的公共服务设施作为研究对象(表1)。其中,教育、医疗、文体、养老、休闲游憩设施以及公共交通设施中的地铁站点,均来自2016年北京市政府主管部门的最新公开数据或申请获取数据,最后通过地理编码方法将采集数据转换为GIS空间矢量数据。鉴于餐饮、购物和金融等商业设施缺乏统一的官方信息发布渠道,采用高德POI数据表示。公共交通中的公交站点数据是由北京城市实验室网站获取,但原始数据的同一个公交站点因有多条公交线路经过,而被大量重复计数,采用ArcGIS 10.3融合方法对重复数据进行剔除,最终仅保留唯一名称的公交站点设施,在此忽略其上下行公交站点错位的细微差异。在北京城市公共服务设施功能区影响因素分析中,格网尺度人口数据来自数据堂网站提供,该数据原始格式为160 m×160 m栅格数据,是根据2010年第六次全国人口普查街道人口数据,同时结合遥感和地理信息等10种背景信息数据进行定量空间建模生成;道路密度由北京城市道路

表1 北京城市公共服务设施数据来源描述

Tab. 1 Data source introduction of urban public service facilities in Beijing

大类	小类	对应的服务等级	数据来源	年份
购物设施	便利店,普通超市,大型连锁超市	社区级,社区级或街区级,街区级或区级	高德POI数据	2014
餐饮设施	餐馆	社区级	高德POI数据	2014
金融设施	银行机构	社区级或街区级	高德POI数据	2014
教育设施	幼儿园、小学、中学	社区级,社区级,街区级	北京市教育委员会	2016
医疗设施	基层医疗设施、一二级医院、三级医院	社区级,社区级或街区级,区级或城市级	北京市卫生和计划生育委员会	2016
文体设施	社区文化服务中心,文体综合设施	社区级,区级或城市级	北京市文化局、文物局和体育局	2016
养老设施	养老服务机构	城市级或区级	北京市民政局	2016
休闲游憩设施	公园	城市级或区级	首都园林绿化政务网	2016
公共交通设施	公交站点,地铁站点	社区级,街区级	北京城市实验室和北京市交通委员会	2014、2016

注:基层医疗设施包括村卫生室和社区卫生服务中心(站);文体综合设施包括图书馆、文化馆、美术馆、博物馆、演出场所和体育场馆;公园包括城市公园、风景名胜、郊野公园和森林公园。

数据空间矢量化计算获得;土地价格数据来自北京市规划和自然资源委员会公布的土地出让数据,对其进行GIS空间矢量化和克里金插值处理,最后得到每个格网单元的土地价格。

2.3 研究方法

2.3.1 累计机会法

容器法是以往城市功能区研究的最常用方法^[21],却忽略了城市公共服务设施的服务半径和居民设施利用的实际活动出行范围,分析结果容易受到可变面单元问题(MAUP)的影响。累计机会法是基于需求点出发搜索一定距离范围内的公共服务设施可利用数量或品质好坏^[24],其主要优势在于考虑了不同类型设施的服务半径差异,即承认城市居民对不同类型设施的实际出行意愿差异。本文默认不同类型设施的服务半径与居民的实际出行意愿范围相符。参照国家颁发的相关设施服务半径建议标准和研究经验值,对不同类型和等级公共服务设施的服务半径进行了设定。社区级设施的服务半径取值为500~1000 m,街区级设施的服务半径取值为1000~2000 m,城市级或市辖区级设施的服务半径为10 km或20 km,分别对应30 min或60 min日常公共交通出行距离。

传统的城市功能区研究很少考虑不同类型设施的等级规模和质量差异,可能影响评价结果的精确性。本文除了考虑公共服务设施规模等级以外,参照其他学者的赋值方法^[25-26],还对教育设施、基层医疗设施和休闲游憩设施等服务质量进行了分级赋值(表2),其中小学质量赋值借鉴了21世纪教育和搜狐等网络机构公布的2016年北京市小学排名,其他设施质量划分标准主要参照政府网站公开信息。累计机会可达性计算公式为^[24]:

$$A_i = \sum_j O_j f(C_{ij}) \quad (1)$$

式中: A_i 表示地点*i*的累计机会可达性; O_j 为设施*j*的

机会(数量或质量); $f(C_{ij})$ 是个二元变量;当地点*i*到设施*j*的时间或距离成本 C_{ij} 小于设定阈值时, $f(C_{ij})$ 取值为1,或者为0。

最后,采用极差标准化和线性加权方法对北京城市各小类公共服务设施累计机会可达性进行计算,最终得到标准化的大类公共服务设施累计机会可达性。

2.3.2 公共服务设施功能区识别技术流程

参照已有研究^[21-22],北京城市公共服务设施功能区识别的技术流程如下:

(1)标准化处理。为了消除不同类型公共服务设施累计机会的量纲差异,采用极差标准化方法对各类公共服务设施累计机会进行标准化处理。

$$y_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

式中: y_i 为标准化后*i*类公共服务设施累计机会可达性; x_i 为*i*类公共服务设施累计机会可达性的原始值; x_{\max} 和 x_{\min} 分别是其最大值和最小值。

(2)线性加权。采用线性加权方法对各个小类公共服务设施累计机会进行计算,得到每个大类公共服务设施的累计机会综合可达性。

$$Y_i = w_i \times y_i \quad (3)$$

式中: Y_i 为*i*大类公共服务设施累计机会可达性; w_i 为*i*小类公共服务设施的权重; y_i 含义同上。

(3)频数密度。采用频数密度方法,计算每个格网的不同类型公共服务设施累计机会占研究区对应类型公共服务设施累计机会总和的比例,计算公式如下:

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{j=1}^n Y_{ij}} \quad (4)$$

式中: P_{ij} 为*j*空间单元*i*类公共服务设施累计机会可达性占研究区所有空间单元累计机会可达性的比重; Y_{ij} 为*j*空间单元*i*类公共服务设施累计机会可达性。

(4)类型比例。计算每个单元不同类型公共服务设施频数密度所占的相对比例,反映其类型比例特征。如果类型比例 $\geq 50\%$,表示单一功能;类型比例 $< 50\%$,表示复合功能。类型比例的计算公式如下:

$$CR_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} \quad (5)$$

式中: CR_{ij} 为*j*空间单元*i*类公共服务设施累计机会可达性所占的类型比例; P_{ij} 含义同上。

(5)复合功能细化。在复合功能中,将类型比

表2 部分公共服务设施质量赋值标准

Tab. 2 Valuing criterion of several types of urban public service facilities' quality

类型	服务质量赋值标准(分)
教育设施	普通幼儿园(1),示范幼儿园(2)
	普通小学(1),网络排名21~100名的小学(2),网络排名前20名小学(3)
	普通中学(1),非第一批次示范中学和区县重点中学(2),第一批示范中学(3)
基层医疗设施	村卫生室(1),卫生服务中心(站)(2)
休闲游憩设施	普通公园(1),精品公园(2)

例 $\geq 25\%$ 的设施类型,作为复合功能的主要功能。如果类型比例都小于25%,说明不同类型公共服务设施的频数密度分布比较均衡,没有明显的主要功能。

3 结果及分析

3.1 描述统计

表3为累计机会法的北京城市公共服务设施可达性描述统计。结果显示,北京城市养老设施、一二级医院和三级医院等高等级公共服务设施的累计机会得分最高,餐饮设施、基层医疗设施、普通超市和文体综合设施等累计机会得分次之,而地铁站点、社区文化服务中心、小学、幼儿园和中学等设施累计机会得分相对较低。北京市不同公共服务设施累计机会可达性差异主要与各类设施的自身服务半径和分布数量等因素直接相关,通常公共服务设施服务半径越大或分布数量越多,其累计机会可达性越高。

3.2 公共服务设施累计机会可达性空间格局

图1展示了北京市9大类公共服务设施累计机会可达性空间格局。可以看出,不同类型公共服务设施累计机会可达性均呈现出中心集聚分布的共性特征,但由于各类设施分布数量和服务半径的巨大差异,不同类型公共服务设施累计机会可达性分布和服务盲区也存在一定程度的差异性。

表3 北京城市公共服务设施累计机会可达性的描述统计
Tab. 3 Descriptive statistics of cumulative opportunity accessibility of urban public service facilities in Beijing

大类	小类	平均值 /分	标准 差	变异 系数
餐饮设施	餐饮设施	8.19	19.60	2.39
	便利店	1.63	3.73	2.29
购物设施	普通超市	3.34	4.44	1.33
	大型连锁超市	0.79	2.09	2.64
	金融设施	2.87	7.32	2.55
教育设施	金融设施	2.87	7.32	2.55
	幼儿园	0.27	0.72	2.69
	小学	0.20	0.57	2.83
医疗设施	中学	0.49	1.13	2.32
	基层医疗设施	5.45	6.42	1.18
	一二级医院	45.07	55.96	1.24
文体设施	三级医院	32.65	27.25	0.83
	社区文化服务中心	0.17	0.46	2.73
	文体综合设施	3.31	8.30	2.51
养老设施	养老设施	51.36	28.59	0.56
休闲游憩设施	公园	1.08	2.05	1.90
公共交通设施	公交站点	1.49	2.13	1.43
	地铁站点	0.16	0.45	2.77

从具体设施来看,餐饮设施分布呈现出中心集聚与外围零星分布的空间特征,由于其设施服务半径有限,覆盖盲区达到51.18%。购物设施分布高值区向CBD中心地区集聚明显,但仅有31.98%的覆盖盲区。金融设施高值区分布表现出CBD和金融街双核共存的特征,同时在中关村地区形成小规模的高值集聚区,覆盖盲区却高达60.20%。教育设施高值区分布主要以四环以内的城市中心地区为主,覆盖盲区也较高,达到62.88%。医疗设施累计机会呈现出明显的圈层分布特点,高值区主要集中于三环道路内部,设施服务覆盖盲区比例很小。文体设施存在中心集聚和外围散点化分布的空间特征,有47.75%的设施覆盖盲区。养老设施不存在设施覆盖盲区,其高值区向城市西北方向扩展明显;休闲游憩设施分布特征与文体设施较为相似,也表现出中心集聚与外围散点分布的特征,设施覆盖盲区为58.78%;公共交通设施累计机会分布比较均衡,具有明显的散点化空间分布特征,拥有41.92%的设施覆盖盲区。对比不同设施的空间覆盖盲区可以看出,医疗设施和养老设施具有很低的或零覆盖盲区;而教育设施、餐饮设施和休闲游憩设施的覆盖盲区比例却相对较高,均超过了50%。

3.3 公共服务设施复合功能识别

采用频数密度和类型比例方法,对北京城市公共服务设施功能区进行划分,最后将北京城市公共服务设施功能区分为单一功能和复合功能2大类。其中,复合功能又由单一化的复合功能、2种复合功能、3种复合功能和均衡化的复合功能等4个子类构成,故最终的北京城市公共服务设施功能区共有5类构成。图2为北京城市公共服务设施功能区空间分布。

不同公共服务设施功能区的主要特征为:

(1)单一功能的格网面积占比为27.75%,主要分布在北京城市五环道路以外地区,并以养老设施和医疗设施分布的所占比例相对较大。

(2)单一化的复合功能的格网面积占比最高,达到29.54%。该功能区仅有1种公共服务设施的类型比例 $\geq 25\%$,主要以教育设施、休闲游憩设施、购物设施和文体设施等格网面积占比相对较高,所占比例分别为17.00%、16.52%、14.18%和13.26%。

(3)2种复合功能的格网面积占比也相对较高,达到23.76%。提取格网单元数超过10个的2种复合功能进行重点统计分析,主要包括购物—教育、

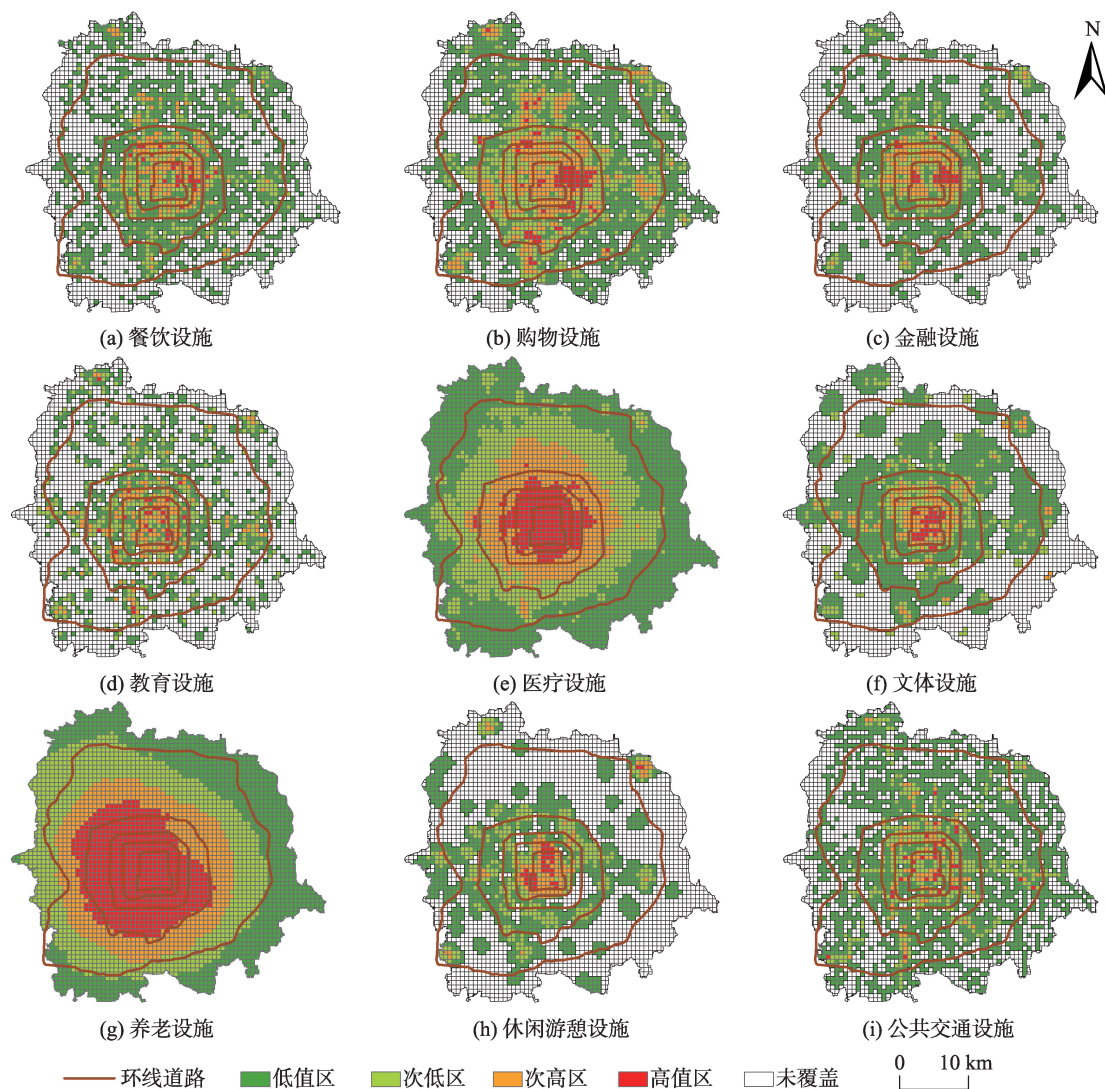


图1 北京城市公共服务设施累计机会可达性空间格局

Fig. 1 Spatial patterns of cumulative opportunity accessibility of urban public service facilities in Beijing

购物—医疗、购物—文体、购物—养老、购物—交通、教育—医疗、教育—文体、教育—养老、教育—休闲、医疗—养老、医疗—休闲、医疗—交通、文体—休闲、养老—休闲、养老—交通等不同组合模式，其空间分布以城市五环道路以外地区为主。

(4) 3种复合功能的格网面积占比最小，仅为3.72%，主要以购物—医疗—养老、医疗—养老—休闲、医疗—养老—交通等组合模式为主，格网单元数分别为47、29和31个。其空间分布主要在城市四环道路以外地区零星分布。

(5) 均衡化的复合功能的格网面积占比为15.23%。该复合功能的各类公共服务设施类型比例均小于25%，缺乏明显的主要功能，属于相对均衡化的复合功能模式，其空间格局呈现出中心地区

相对集聚和外围地区相对分散的分布特征。

采用等权重和信息熵方法^[27]分别计算北京市公共服务设施综合可达性和多样性，图3统计了不同类型公共服务设施功能区的累计机会综合可达性和多样性。结果发现，北京市不同类型公共服务设施功能区的综合可达性和多样性均值均呈现出“均衡化的复合功能>单一化的复合功能>2种复合功能>3种复合功能>单一功能”的依次递减特征。这说明，均衡化的复合功能的公共服务设施综合服务水平最高，拥有较高的公共服务设施累计机会可达性和多样性；单一化的复合功能次之；而单一功能的公共服务设施综合服务水平明显偏低，对应的公共服务设施累计机会可达性较低且设施类型构成相对单一。

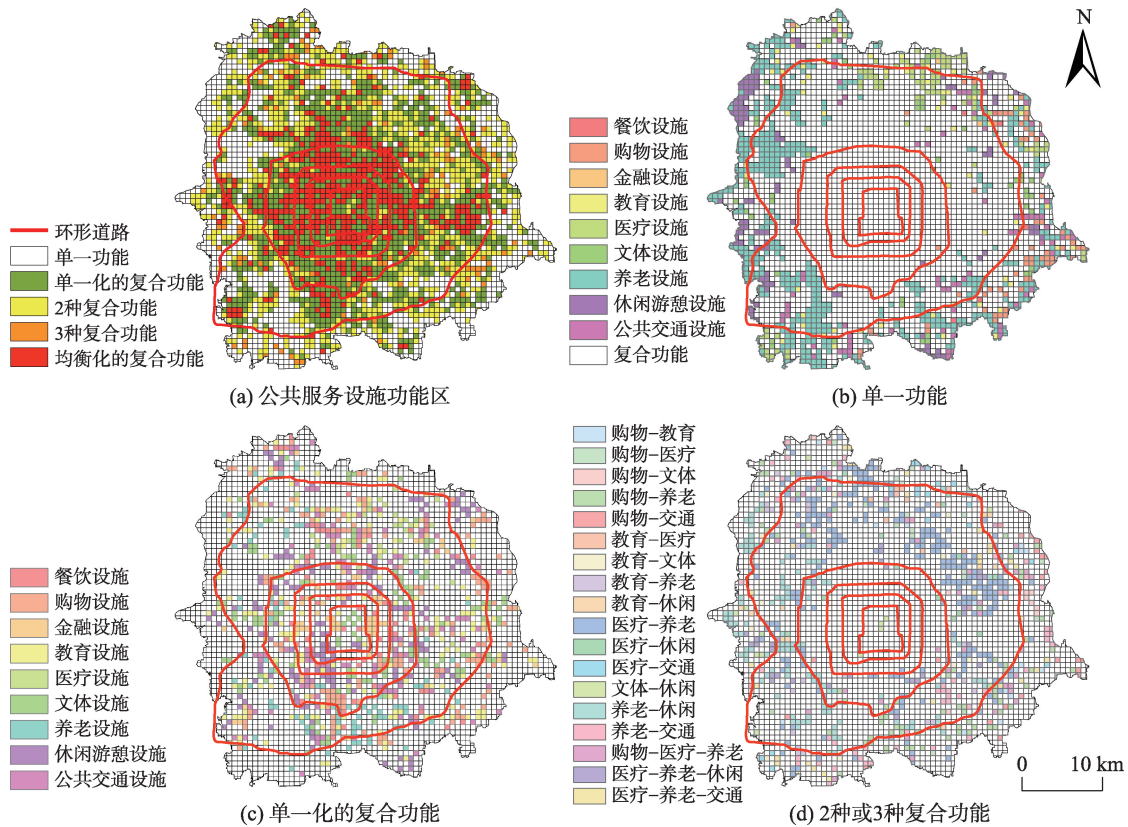


图2 北京城市公共服务设施功能区划分

Fig. 2 Functional areas division of urban public service facilities in Beijing

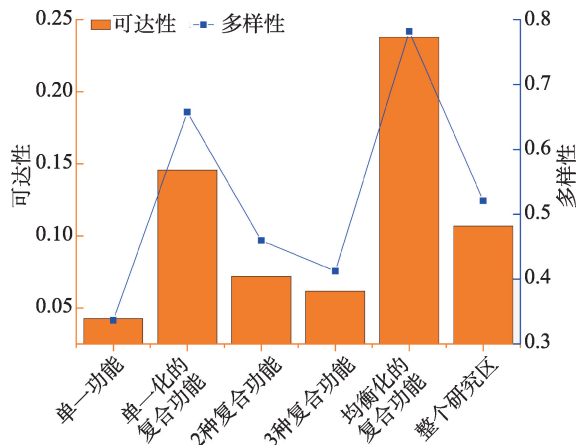


图3 不同功能区的累计机会综合可达性和多样性比较

Fig. 3 The integrated value and diversity of cumulative opportunity accessibility by different functional areas

3.4 公共服务设施复合功能影响因素分析

根据简·雅各布斯的城市多样性理论,城市多样化复合功能的形成主要受到人口需求、地价因素、交通可达性和道路密度等因素影响^[6]。采用二元 Logistic 回归分析方法进一步探讨北京城市公共服务设施复合功能形成的影响因素,被解释变量为研究单元公共服务设施功能类型(单一功能赋值为

0,复合功能赋值为1),解释变量主要包括人口密度、土地价格,道路密度和距市中心距离等变量,为了考察不同类型公共服务设施累计机会对北京城市公共服务设施复合功能形成的影响,将其作为控制变量也纳入模型进行分析。

表4为北京城市公共服务设施复合功能影响因素分析结果。模型1和模型2整体上均具有较高的预测正确率,分别达到80.4%和84.1%。模型1结果显示,人口密度和距市中心距离和土地价格均对北京城市公共服务设施复合功能形成具有显著的影响,并通过5%水平的显著性检验,说明这些解释变量均是影响北京城市公共服务设施功能区分的重要因素。其中,人口密度对公共服务设施复合功能形成具有显著的正向促进作用,人口密度对数值每增加1人/km²,北京城市公共服务设施复合功能的发生优势比增加了49.2%;而距市中心距离对北京城市公共服务设施复合功能形成具有显著的负向影响,距市中心距离对数值每增加1 km,北京城市公共服务设施复合功能的发生优势比降低了94.6%。土地价格对北京城市公共服务设施复合功能形成也具有显著的正向影响,土地价格对数值每提高1元/km²,公

表4 北京城市公共服务设施复合功能的影响因素分析

Tab. 4 Influencing factors of the mixed functions of urban public service facilities in Beijing

解释变量	模型1			模型2		
	回归系数	显著性	Exp(B)	回归系数	显著性	Exp(B)
常量	11.935***	0.000	152 448.223	-9.940**	0.037	0.000
人口密度/(人/km ²)	0.400***	0.000	1.492	0.203***	0.000	1.225
距市中心距离/km	-2.922***	0.000	0.054	-0.74*	0.093	0.477
土地价格/(元/km ²)	1.503***	0.000	4.496	1.496***	0.000	4.465
道路密度/(km/km ²)	0.001	0.853	1.001	-0.005	0.413	0.995
餐饮设施可达性				276.344***	0.000	1.04E+120
购物设施可达性				185.591***	0.000	3.99E+80
金融设施可达性				438.931***	0.000	4.22E+190
教育设施可达性				-44.489***	0.010	0.000
医疗设施可达性				103.498***	0.000	8.88E+44
文体设施可达性				-73.586***	0.000	0.000
养老设施可达性				-18.249	0.102	0.000
休闲游憩设施可达性				20.879***	0.004	1.17E+09
公共交通设施可达性				-57.020***	0.000	0.000
-2对数似然值	2845.145			2407.497		
预测正确率/%	80.4			84.1		

注:人口密度、距市中心距离和土地价格均取对数值; *、**和***分别表示0.1、0.05和0.01水平显著。

共服务设施复合功能的发生优势比增加了3.496倍。

模型2控制了9大类公共服务设施累计机会可达性的影响。结果显示,人口密度、距市中心距离和土地价格仍是影响北京城市公共服务设施复合功能形成的显著因素,但其影响强度却有所降低。不同类型公共服务设施累计机会对北京城市公共服务设施复合功能区形成的影响方向并不一致。餐饮设施、购物设施、金融设施、医疗设施和休闲游憩设施累计机会对北京城市公共服务设施复合功能形成具有显著的正向促进作用,回归系数分别为276.344、185.591、438.931、103.498和20.879;而教育设施、文体设施和公共交通设施对北京城市公共服务设施复合功能形成具有显著的抑制作用,回归系数均为负值,但北京城市公共服务设施复合功能的发生优势比却接近于0。回归系数结果说明,餐饮、购物和金融等经营性为主的公共服务设施可达性提高,对北京城市公共服务设施复合功能形成具有更加明显的促进作用,而公益性设施分布对北京城市公共服务设施复合功能形成却产生比较微弱的阻碍作用,这可能与公益性设施大多数独立占地有关。

4 结论与讨论

4.1 结论

公共服务设施复合功能是影响城市宜居性和居民生活品质的重要方面。本文采用累计机会方

法测度了北京城市公共服务设施可达性,可以打破行政区划的限制和减少可变单元问题的影响,考虑了不同类型设施的等级特征和服务半径差异,得到更加符合居民设施实际利用行为特点的可达性评价结果,丰富了过去以物理特征和社会经济语义特征为主的单一城市功能利用识别方法^[28-29];通过深入剖析北京城市公共服务设施复合功能特征与影响因素,深化和拓展了关于特定类型城市功能的人类活动语义挖掘。研究主要得出如下结论:

(1)北京市公共服务设施累计机会可达性整体上呈现出明显的中心集聚态势,但不同类型公共服务设施的空间分布模式和设施覆盖范围却存在一定的差异。这与其他学者关于北京公共服务设施可达性研究结论基本相似^[30-31],再次验证了本文研究结论与方法的可靠性。就不同类型设施覆盖率而言,医疗和养老设施具有较高的设施覆盖率,而教育、金融、休闲游憩和餐饮等设施覆盖率却相对偏低,这主要与各类设施的空间分布数量、等级和服务半径等差异有关。

(2)采用频数密度和类型比例方法,可以将北京城市公共服务设施功能区划分为单一功能、单一化的复合功能、2种复合功能、3种复合功能和均衡化的复合功能5种类型,各个功能区面积占研究区域的比例依次为27.75%、29.54%、23.76%、3.72%和15.23%,且不同公共服务设施功能区的空间分布和设施类型构成存在一定差异。结果可以看出,北京

城市公共服务设施复合功能空间格局已经初步形成,但主要以单一化或3种以下复合功能为主,而均衡化的复合功能空间所占比例仍然较小。因此,需要加强北京城市公共服务设施多中心建设,尤其是提高城市外围公共服务设施次中心的建设力度,加快在郊区部分核心街道形成均衡化的公共服务设施复合功能,可以有效地促进北京城市公共服务设施空间均等化分布和改善居民生活品质。

(3)北京城市公共服务设施复合功能影响因素分析表明,人口密度、距市中心距离、土地价格和经营性为主设施的累计机会可达性是影响城市公共服务设施复合功能的显著因素。当北京城市内部区域的人口密度、土地价格和经营性为主设施的累计机会可达性等提高或距离市中心距离减小时,越有可能形成城市公共服务设施复合功能。研究表明,公共服务设施复合功能完善程度与人口集聚程度密切相关,因此加强北京中心城区人口和功能疏解,逐步提高外围郊区街道人口密度,将有助于城市外围地区形成公共服务设施复合功能;充分发挥城市土地价格的市场化作用机制,提高城市公共服务设施建设用地成本,可以引导不同类型公共服务设施集中化建设,形成多功能的城市公共服务中心;通过财政补贴、税收优惠或规划引领等方式,合理引导经营性为主设施和高等级医疗设施等向城市外围的近远郊地区布局,也能够显著提升北京城市公共服务设施复合功能和品质。

4.2 讨论

但本文也存在一些研究不足。① 累计机会可达性测度方法并没有考虑设施服务水平的距离衰减效应和居民需求因素的影响,采用不同可达性测度方法对城市公共服务复合功能识别的结果可能会存在一定差异;② 研究只考虑了设施服务半径的距离因素,却没有考虑时间和交通方式等因素的影响,这些忽略因素也可能对北京城市居民的公共服务设施实际利用行为产生潜在影响;③ 本研究只分析了北京城市公共服务设施复合功能形成的影响因素,并没有深入解析北京城市公共服务设施复合功能构成差异的影响机制。这些研究不足还有待后续研究进一步完善和改进。

参考文献(References):

[1] 谷岩岩,焦利民,董婷,等.基于多源数据的城市功能区识别及相互作用分析[J].武汉大学学报·信息科学版,2018,43(7):1113-1121. [Gu Y Y, Jiao L M, Dong T, et al.

Spatial distribution and interaction analysis of urban functional areas based on multi-source data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2018,43(7): 1113-1121.]

- [2] 刘彤,周伟,曹银贵.沈阳市城市功能区分布与人口活动研究[J].地球信息科学学报,2018,20(7):988-995. [Liu T, Zhou W, Cao Y G. Distribution of functional areas and population activities in Shenyang City[J]. Journal of Geoinformation Science, 2018,20(7):988-995.]
- [3] Tian G, Wu J, Yang Z. Spatial pattern of urban function in the Beijing metropolitan region[J]. Habitat International, 2010,34(2):249-255.
- [4] Xing H, Meng Y. Measuring urban landscapes for urban function classification using spatial metrics[J]. Ecological Indicators, 2020,108:105722.
- [5] American Planning Association. Planning and urban design standards[M]. Hoboken: John Wiley and Sons, 2006.
- [6] 浩飞龙,施响,白雪,等.多样性视角下的城市复合功能特征及成因探测——以长春市为例[J].地理研究,2019,38(2):247-258. [Hao F L, Shi X, Bai X, et al. Geographic detection and multifunctional land use from the perspective of urban diversity: A case study of Changchun[J]. Geographical Research, 2019,38(2):247-258.]
- [7] 孙博,程淑佳,于国政,等.景观生态学视角下长春城市功能空间耦合特征研究[J].地理科学,2017,37(4):519-527. [Sun B, Cheng S J, Yu G Z, et al. Coupling characteristics of urban functional space in Changchun city from the perspective of landscape ecology[J]. Scientia Geographica Sinica, 2017,37(4):519-527.]
- [8] 湛丽,张文忠,杨翌朝.北京城市居民服务设施可达性偏好与现实错位[J].地理学报,2013,68(8):1071-1081. [Chen L, Zhang W Z, Yang Y Z. Residents' incongruence between reality and preference of accessibility to urban facilities in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2013,68(8):1071-1081.]
- [9] 胡畔,王兴平,张建召.公共服务设施配套问题解读及优化策略探讨——居民需求视角下基于南京市边缘区的个案分析[J].城市规划,2013(10):77-83. [Hu P, Wang X P, Zhang J Z. Problems of public service facilities and its optimization strategies: A case study on Nanjing fringe area based on residents' demand[J]. City Planning Review, 2013(10):77-83.]
- [10] 湛东升,张文忠,湛丽,等.城市公共服务设施配置研究进展及趋向[J].地理科学进展,2019,38(4):506-519. [Zhan D S, Zhang W Z, Chen L, et al. Research progress and its enlightenment of urban public service facilities allocation [J]. Progress in Geography, 2019,38(4):506-519.]
- [11] 吕永强,郑新奇,周麟.路网中心性与城市功能用地空间分布相关性研究——以北京城市中心区为例[J].地理研究,2017,36(7):1353-1363. [Lv Y Q, Zheng X Q, Zhou L. Relationships between street centrality and spatial distri-

- bution of functional urban land use: A case study of Beijing central city[J]. *Geographical Research*, 2017,36(7):1353-1363.]
- [12] 杨君,何欢,胡巧莲,等.基于路网密度的城市功能用地空间分布相关性研究——以益阳市中心城区为例[J].*经济地理*,2018,38(12):97-103. [Yang J, He H, Hu Q L, et al. Relationships between road network density and spatial distribution of urban functional land: A case study of central urban area in Yiyang City[J]. *Economic Geography*, 2018,38(12):97-103.]
- [13] Zhou G, Li C, Li M, et al. Agglomeration and diffusion of urban functions: An approach based on urban land use conversion[J]. *Habitat International*, 2016,56:20-30.
- [14] 李娅,刘亚岚,任玉环,等.城市功能区语义信息挖掘与遥感分类[J].*中国科学院大学学报*,2019,36(1):56-63. [Li Y, Liu Y L, Ren Y H, et al. Semantic information mining and remote sensing classification of urban functional areas[J]. *Journal of University of Chinese Academy of Sciences*, 2019,36(1):56-63.]
- [15] 王俊珏,叶亚琴,方芳.基于核密度与融合数据的城市功能分区研究[J].*地理与地理信息科学*,2019,35(3):66-71. [Wang J J, Ye Y Q, Fang F. A study of urban functional zoning based on kernel density estimation and fusion data[J]. *Geography and Geo-information Science*, 2019,35(3):66-71.]
- [16] Xing H, Meng Y. Integrating landscape metrics and socioeconomic features for urban functional region classification[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2018,72:134-145.
- [17] 王芳,高晓路,许泽宁.基于街区尺度的城市商业区识别与分类及其空间分布格局:以北京为例[J].*地理研究*,2015,34(6):1125-1134. [Wang F, Gao X L, Xu Z N. Identification and classification of urban commercial districts at block scale[J]. *Geographical Research*, 2015,34(6):1125-1134.]
- [18] 陈世莉,陶海燕,李旭亮,等.基于潜在语义信息的城市功能区识别——广州市浮动车GPS时空数据挖掘[J].*地理学报*,2016,71(3):471-483. [Chen S L, Tao H Y, Li X L, et al. Discovering urban functional regions using latent semantic information: Spatiotemporal data mining of floating cars GPS data of Guangzhou[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016,71(3):471-483.]
- [19] 韩昊英,于翔,龙瀛.基于北京公交刷卡数据和兴趣点的功能区识别[J].*城市规划*,2016,40(6):52-60. [Han H Y, Yu X, Long Y. Identifying urban functional zones using bus smart card data and points of interest in Beijing[J]. *City Planning Review*, 2016,40(6):52-60.]
- [20] 陈泽东,谯博文,张晶.基于居民出行特征的北京城市功能区识别与空间交互研究[J].*地球信息科学学报*,2018,20(3):291-301. [Chen Z D, Qiao B W, Zhang J. Identification and spatial interaction of urban functional regions in Beijing based on the characteristics of residents' traveling[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018,20(3):291-301.]
- [21] 池娇,焦利民,董婷,等.基于POI数据的城市功能区定量识别及其可视化[J].*测绘地理信息*,2016,41(2):68-73. [Chi J, Jiao L M, Dong T, et al. Quantitative identification and visualization of urban functional area based on POI data[J]. *Journal of Geomatics*, 2016,41(2):68-73.]
- [22] 冉钊,周国华,吴佳敏,等.基于POI数据的长沙市生活性服务业空间格局研究[J].*世界地理研究*,2019,28(3):163-172. [Ran Z, Zhou G H, Wu J M, et al. Study on spatial pattern of consumer service industry in Changsha based on POI data[J]. *World Regional Studies*, 2019,28(3):163-172.]
- [23] 湛东升,张文忠,余建辉,等.基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理[J].*地理科学进展*,2015,34(8):966-975. [Zhan D S, Zhang W Z, Yu J H, et al. Analysis of influencing mechanism of residents' livability satisfaction in Beijing using geographical detector[J]. *Progress in Geography*, 2015,34(8):966-975.]
- [24] Levinson D, Marion B, Owen A, et al. The city is flatter: Changing patterns of job and labor access[J]. *Cities*, 2017, 60:124-138.
- [25] Ouyang W, Wang B, Tian L, et al. Spatial deprivation of urban public services in migrant enclaves under the context of a rapidly urbanizing China: An evaluation based on suburban Shanghai[J]. *Cities*, 2017,60:436-445.
- [26] 湛东升,张文忠,张娟锋,等.北京市公共服务设施集聚中心识别分析[J].*地理研究*,2020,39(3):554-569. [Zhan D S, Zhang W Z, Zhang J F, et al. Identifying urban public service facilities centers in Beijing[J]. *Geographical Research*, 2020,39(3):554-569.]
- [27] 党云晓,董冠鹏,余建辉,等.北京土地利用混合度对居民职住分离的影响[J].*地理学报*,2015,70(6):919-930. [Dang Y X, Dong G P, Yu J H, et al. Impact of land-use mixed degree on resident's home-work separation in Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015,70(6):919-930.]
- [28] Liu X P, He J L, Yao Y, et al. Classifying urban land use by integrating remote sensing and social media data[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2017,31(8):1675-1696.
- [29] Zhang Y, Li Q, Tu W, et al. Functional urban land use recognition integrating multi-source geospatial data and cross-correlations[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2019,78:101374.
- [30] 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. [Jiang H B, Zhang W Z, Wei S. Public service facility accessibility as influenced by public transportation in Beijing[J]. *Progress in Geography*, 2017,36(10):1239-1249.]
- [31] 许婧雪,张文忠,谯丽,等.基于弱势群体需求的北京服务设施可达性集成研究[J].*人文地理*,2019,34(2):64-71. [Xu J X, Zhang W Z, Chen L, et al. Research on the integration of Beijing service facilities accessibility based on the needs of disadvantaged groups[J]. *Human Geography*, 2019,34(2):64-71.]