

日常流动视角下的上海市实有人口分布与流动性构成*

王 德 任熙元

Distribution and Composition of Actual Population in Urban Space from Daily Human Mobility View

WANG De, REN Xiyuan

提 要 大城市中海量人群的日常性流动已对其内部空间产生了结构性影响,然而人口普查或人口统计数据无法反映日常流动给城市局部空间带来的真实人口压力。因此,从日常流动视角研究特大城市实有人口的空间分布与构成特征,对于了解居民对城市资源时空配置的差异化需求以及城市空间的精细化管理有着重要意义。移动定位大数据以其极高的采样率和精细的时间粒度为城市人口的日常流动研究提供了新的数据支撑与研究视角。文章界定城市局部空间中实有人口的概念,利用手机信令数据揭示实有人口的空间分布与流动性构成特征,并为上海市城市空间政策的制定提出建议。结果表明:①上海市实有人口向中心城区的集聚趋势明显强于居住人口与工作人口,城市中心与一些重要节点的人口压力比以往的认知更大;②实有人口按照其流动性可以进一步分为随机流动性人口、规律流动性人口和静止人口,城市中心随机流动性人口占比较高,居住、就业区与新城规律流动性人口占比较高,城市边缘区域静止人口占比较高;③在大城市空间政策制定中应根据局部空间的实有人口密度对规划人口基数做出相应调整,并结合不同区域实有人口流动性构成的差异有针对性地制定设施配置策略。**关键词** 手机信令数据;实有人口;规律性流动人口;随机性流动人口;静止人口;上海市

Abstract: Daily movements of massive population have brought great influence on the urban spatial structure, while census data only show the periodical changes of urban daily population at macro level and fail to reflect the actual population and their flow in the city. Hence, it is necessary to study the spatial distribution and composition of actual population in megacities from the perspective of daily human mobility, which brings great impact on the way to understand citizens' needs for urban resource and also the refined management of urban space. With the development of location-based technology, big data with nearly full sample rate and fine time granularity bring new opportunities for urban daily population researches. In the paper, we defined the concept of Actual Population, and then revealed its features in spatial distribution and floating composition in Shanghai using cell phone data. Finally, we proposed several suggestions on urban policy of Shanghai. The results show that: (1) Actual Population has a stronger agglomeration trend toward city center than residents and working population, and the population pressure in the city center and key nodes is heavier than previous recognition; (2) Actual Population could be further divided into random floating population, stable floating population and static population. Obvious spatial differences are found in the composition of Actual Population in Shanghai, with the highest random floating population proportion in the city center, the highest stable floating population proportion in residential and employment areas, and the highest static population proportion in urban fringe areas; (3) Actual Population should be taking into account to complement basic population for urban policy making. Planning and configuration of amenities in different areas need to meet the need of Actual Population.

Keywords: cell phone data; actual population; stable floating population; random floating population; static population; Shanghai

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.201902004
文章编号 1000-3363(2019)02-0036-08

作者简介

王 德,博士,同济大学建筑与城市规划学院,高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室,教授,博导,

dewang@tongji.edu.cn

任熙元,同济大学建筑与城市规划学院,硕士研究生

随着大城市生活工作节奏的加快,海量人口在城市中的跨区域流动产生得更加频繁,居民的空间流动性及对城市资源时空需求的持续增加,给城市局部空间形成了巨大压力(Kwan, 2007; 柴彦威,等, 2013)。然而传统人口调查,如全国范围内的人口普查,每10年调查一次,调查内容反映的是城市人口长周期的变化(刘涛,等,

* 国家自然科学基金重点项目:基于大数据的城市中心区空间规划理论与关键技术研究(批准号:51838002);国家自然科学基金面上项目:基于手机信令数据的居民行为空间结构与模式研究(批准号:41771170)资助成果

2015), 无法反映人群日常流动给城市局部空间带来的真实人口压力。大城市内部空间功能的分区 (Sheller, 2004)、设施等级的差异 (张文忠, 等, 2006)、职住关系的错位 (刘志林, 等, 2011) 等因素使城市局部空间中平日实有人口与传统规划体系中普查人口存在较大差异, 居民的日常流动性差异使其对城市资源的时空需求也具有多样性。因此, 从日常流动视角研究特大城市实有人口的空间分布与构成特征, 对于了解居民对城市资源时空配置的差异化需求以及城市空间的精细化管理有着重要意义。

城市中的实有人口, 是指平均每天在城市局部空间中发生过停留的人口。城市局部空间中的实有人口可以由本地居住人口、工作人口或因办事、休闲游憩等目的到此停留的人口组成。相比人口普查视角下的人口概念, 城市实有人口不局限于人口与居住地的“一一对应”, 反映了日常与城市空间发生真实联系的人口数量以及对空间资源的需求量。既有研究主要通过人流量观测统计数据 (Foley, 1952)、交通调查数据 (Roddis, et al., 1998)、高分辨率遥感数据 (Sleeter, et al., 2006) 等进行城市实有人口空间动态分布的展示和估算 (戚伟, 等, 2013; 赵晔琴, 2010; 毛夏, 等, 2010)。但由于数据自身条件的限制, 鲜有研究能兼顾广域空间尺度的城市宏观格局与精细时间粒度的短时人群日常流动, 因此相关研究尚未从日常流动视角对城市实有人口这一概念进行严格界定, 对实有人口的空间分布与内部构成缺乏系统的分析。

近几年移动定位技术、无线通信技术和传感技术迅速发展, 移动定位大数据如手机信令数据使日常流动视角下城市实有人口的研究成为可能。已有学者对于手机数据在降噪处理 (Kim, et al., 2012)、停留点识别 (Calabrese, et al., 2011)、出行模式识别 (Isaacman, et al., 2011; Kang, et al., 2010)、出行链预测 (Chen, et al., 2016) 等技术层面进行可行性验证, 并在城市空间结构 (钮心毅, 等, 2014; 王德, 等, 2015)、居民活动空间 (钟炜菁, 等,

2017)、出行行为特征 (Ahas, et al., 2015; Yuan, et al., 2012) 等领域取得了许多重要研究成果。在数据源与研究方法的双重推动下, 有望居民活动行为出发完善城市实有人口的定义及分类方法, 揭示大城市实有人口的空间分布与内部构成特征, 积极应对城市人口的动态、精细化管理需求。

由此, 本文以上海市为例, 利用2014年上海市3月15日至3月28日连续两周的中国移动手机信令数据, 从中获取手机用户连续两周的出行链, 揭示日常流动视角下特大城市实有人口的空间分布与流动性构成特征。首先, 界定城市实有人口的概念并划分其类别; 其次, 计算城市空间单元中实有人口密度, 并根据各类实有人口的数量计算其在城市空间单元中的占比; 最后, 结合实有人口的空间分布与流动性构成特征划分上海市实有人口特征区, 针对城市各类功能区提出相应的空间政策建议。

1 数据处理与研究方法

1.1 局部空间中实有人口的概念与分类

在传统规划与管理中通常存在两类人口概念: 第一类是“常住人口”, 即在本地居住超过半年以上的人口, 通常被认为是最基础的人口规模指标 (牛慧恩, 2007; 陈义勇, 等, 2015); 第二类是“实际服务人口” (施澄, 等, 2018), 与“常住人口”的差异主要是在本地居住6个月以下的“流动人口”, 目前上海、北京两座特大城市已经明确要求在设施配置上为其留下“弹性空间” (石崧, 2015)。这类人口概念从宏

观层面反映了城市人口的基本规模, 在统计方法上建立人口与居住地的“一一对应”关系, 即居民被算作其住房所在地的人口。然而在城市中观层面, 居民日常因工作、办事、休闲游憩等目的可能与多处城市空间发生联系而不仅限于其居住地, 这使得日常在城市局部空间中真实存在的人口数量与“常住人口”、“实际服务人口”存在偏差 (钟炜菁, 等, 2017)。因此有必要界定城市局部空间中的“实有人口”概念, 从而更精细化地反映城市居民对空间资源的需求量。

本研究界定的实有人口, 是指平均每天在城市局部空间中发生过停留^①的人口。实有人口的概念突破了人口与居住地的“一一对应”关系, 同一位居民平日如果因工作、办事、游憩等目的在多处发生停留, 则应被算作多个城市空间单元的实有人口。图1展示城市中观层面不同人口概念之间的关系, 可以看到“实有人口”与“实际服务人口”的差异主要在居住地不在此但会到此发生停留的“平日到访人口”, 这部分人口在日常流动性较强的区域总量往往很大, 给城市空间带来的人口压力难以通过“常住人口”或“实际服务人口”体现。城市局部空间的实有人口按照流动性可以进一步分为三类: 静止人口, 指一天中绝大多数的时间都在此驻留的人口, 在城市中几乎不发生流动; 规律流动性人口, 指从其他城市空间到此发生停留且具有一定规律性的人口, 通常与此处具有稳定的通勤、办事、休闲等联系; 随机流动性人口, 指偶尔从其他城市空间到此发生停留的人口, 通常是由

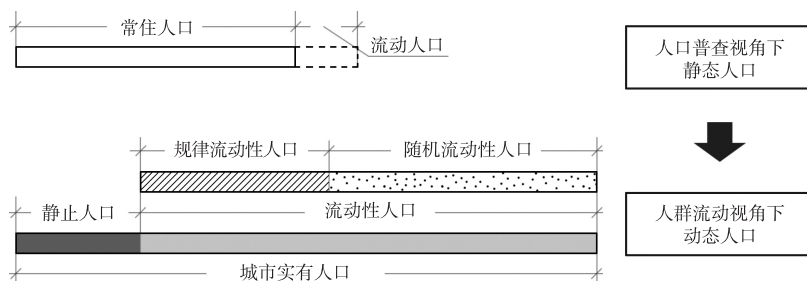


图1 城市空间中的人口概念示意

Fig.1 Concept of population in urban space
资料来源: 作者自绘。

特定目的主导、不确定性较强。由此，本研究定义的实有人口由上述三部分组成。

1.2 数据与处理方法

本文采用的是2014年3月15日到3月28日连续两周上海移动用户产生的手机信令数据。数据为匿名形式，每条信令数据包含用户ID、时间戳、基站位置编号、事件类型（如接打电话、收发短信、位置更新）等信息。全市约36 000个基站，日均记录到上海1 600—1 800万个手机用户，日均信令记录总数6—8亿条。

数据处理分为3步：①从手机信令数据中提取个体出行链。首先，参考国内外标准（Wang, et al., 2018; Traag, et al., 2011; Ye, et al., 2009），设定30m/s的速度阈值用来剔除漂移数据，清洗60s内相邻基站间的切换，排除高频乒乓切换造成的误差；其次通过动态距离阈值^②和20min时间阈值识别停留点；最后，将停留点联结生成14天中的个体出行链数据；②识别居住、工作人口，手机用户职住地的识别方法可参考王德等（王德，等，2016）的研究，本文不再赘述。③识别三类城市实有人口。将某天仅在一处基站有记录且停留6h以上^③的用户识别为此处的当日静止人口；若用户某天从其他空间单元到此发生停留20min以上且14天中有2天及

以上来此，则将其识别为此处的当日规律流动性人口；若用户某天从其他空间单元到此发生停留20min以上且此14天中仅有1天来此，则将其识别为此处的当日随机流动性人口。最后将当日实有人口取平均值，作为城市局部空间的实有人口数量。

1.3 研究思路与技术路线

本文界定城市局部空间中实有人口的概念，利用手机信令数据揭示上海市5 432个居委会空间单元中实有人口的空间分布与流动性构成特征，并划分实有人口特征区，为上海城市空间政策的制定提供建议。

在实有人口的空间分布方面，通过各居委会单元的实有人口密度反映实有人口的空间分布特征，进一步比较实有人口与同样通过手机信令数据识别出的居住人口、工作人口在空间分布上的差异；在流动性构成方面，根据实有人口在城市局部空间中的流动性将其划分为随机流动性人口、规律流动性人口和静止人口，计算各类实有人口占总实有人口的比重，从而揭示局部空间中实有人口的内部构成特征。

根据研究思路建立实有人口的分析框架（表1）。实有人口密度反映了实有人口在各居委会单元中的聚集强度，是实有人口的基础指标；随机流动性人口

表1 实有人口分析框架

Tab.1 Analysis framework of actual population

	主要特征	分析指标	特征分区
日常流动视角下城市实有人口	空间分布	实有人口密度	高强度
			中等强度
			低强度
流动性构成		随机流动性人口占比	随机流动主导型
		规律流动性人口占比	规律流动主导型
		静止人口占比	静止主导型

资料来源：作者整理。

占比、规律流动性人口占比、静止人口占比反映了各居委会单元中实有人口的流动性构成情况。进一步，可以根据实有人口的密度将城市空间分为高、中、低三级强度，反映城市空间中实有人口聚集程度；再根据各类实有人口的占比将城市空间分为随机流动主导型、规律流动主导型、静止主导型三类，反映城市空间中实有人口的流动性差异。结合两个维度的指标划分上海市实有人口特征区，并针对城市不同功能空间的实有人口流动性特征提出相应的政策建议。

2 城市实有人口的空间分布与流动性构成特征

2.1 实有人口空间分布特征

各居委会单元实有人口累积规模在

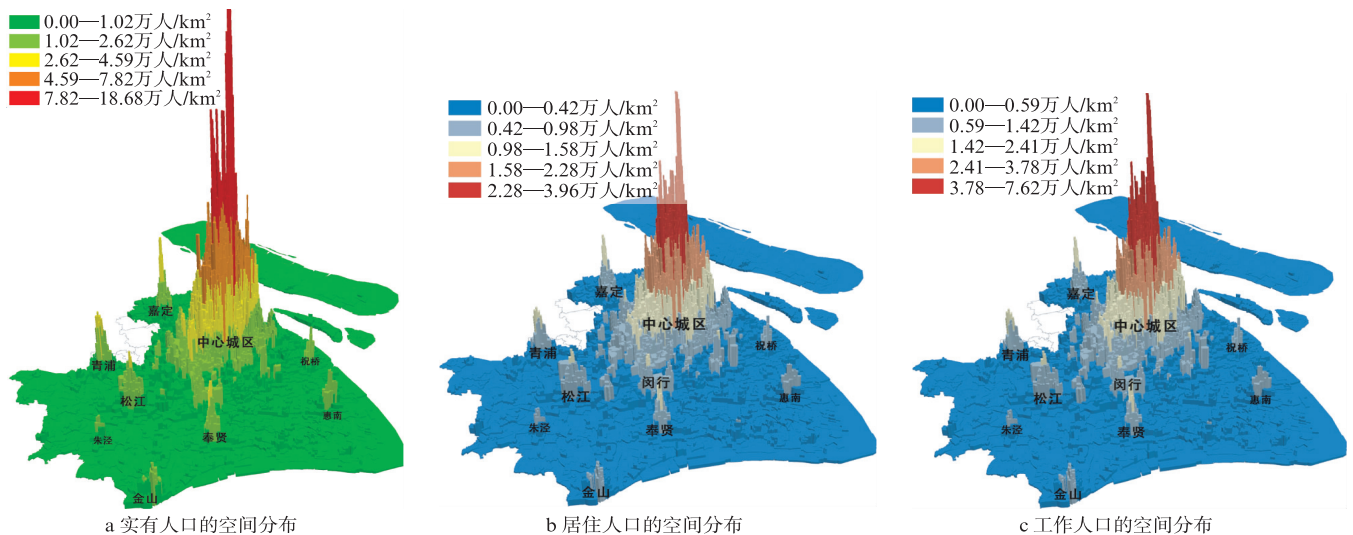


图2 实有人口、居住人口和工作人口的空间分布

Fig.2 Distribution of actual population, resident population, work population

资料来源：笔者自绘。

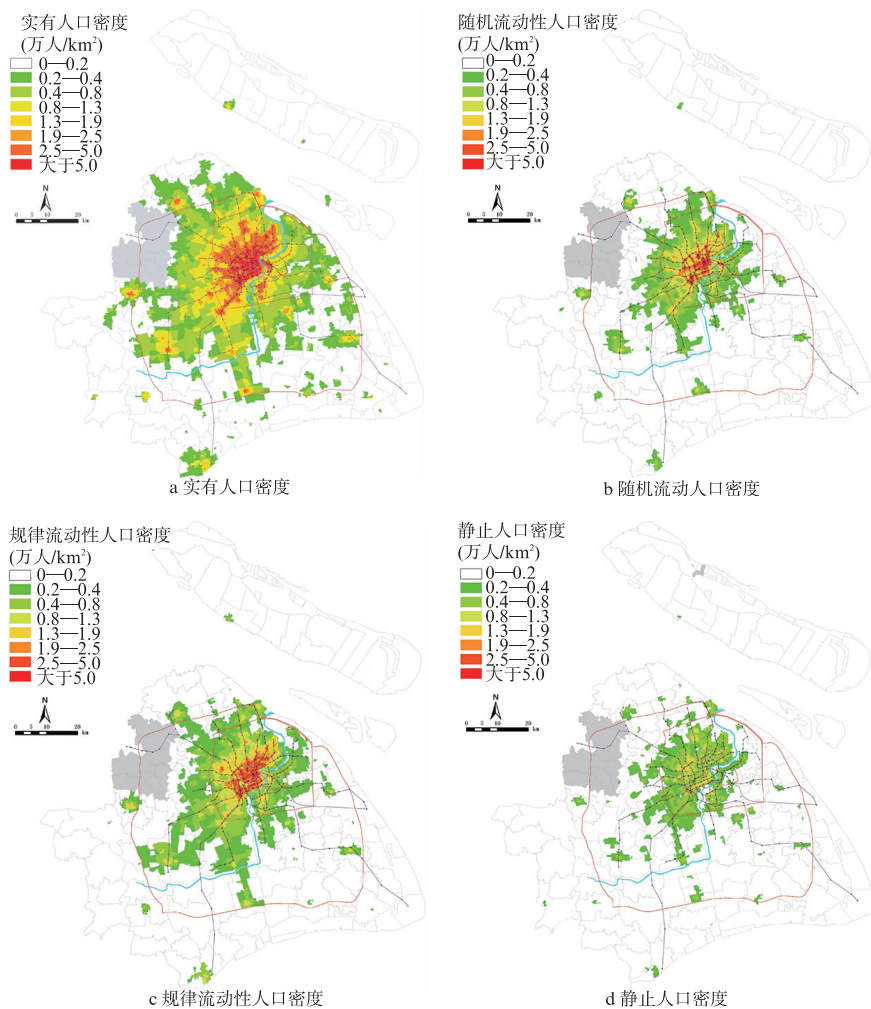


图3 人口密度分类分析
Fig.3 Classified population density
资料来源：笔者自绘。

2 580万人左右，相比日均1 600—1 800万个手机用户数量，有超过50%的用户由于在城市内流动被重复统计。从总实有人口密度的分布上看（图2a），中心聚集特征十分明显，中心城区（外环线以内区域）密度远高于周边地区，嘉定、青浦、松江等几个新城及中心镇密度相对较高。实有人口密度由城市中心向外存在较强的距离衰减规律，外环至中环线内区域的实有人口密度仅为内环线内的1/10。对比同样通过手机信令数据识别出的实有人口、居住人口、工作人口密度的空间分布可以看出（图2b、2c），三者的空间分布差异主要体现在中心城区与一些城市重要节点上，即实有人口向中心城及城市重要节点的聚集性较工作人口、居住人口更强。这一现

象说明城市居民日常工作、休闲游憩仍大量依托于中心城，城市中心及一些重要节点的人口压力可能比想象中更大，有必要从实有人口出发重新审视城市的空间承载力，建立更加科学的“人地对应”关系。

进一步将各类实有人口放在同一尺度下进行比较，从总实有人口密度的空间分布上看（图3a），主要集中在浦西中心城以内及浦东陆家嘴区域，呈现出向外逐步递减的规律，近远郊新城出现几处相对高值区；从随机流动性人口的密度分布上看（图3b），向城市中心及轨道交通站点聚集的趋势十分明显，人民广场、静安寺、上海火车站、徐家汇、五角场等几处现有的城市中心是主要的高值区；从规律流动性人口的密度

分布上看（图3c），聚集趋势较随机流动性人口有所减缓但依旧明显，主要集中在浦西内环线以内，沿延安路高架静安寺至南京东路段是人口密度最高；从静止人口的密度分布上看（图3d），整体分布更加均匀，在内环线周边的几处大型住区及高密度老城区的分布相对更集中，城市中心的静止人口密度较小。

2.2 实有人口内部流动性特征

根据本文的研究思路，将城市实有人口按照其流动性进一步分为随机流动性人口、规律流动性人口与静止人口。随机流动性人口偶尔在此发生停留，每天都是由不同人群组成，对空间资源的需求是随机且短时发生的；规律流动性人口的停留具有一定规律性，很可能与特定城市空间单元具有如通勤、日常生活等长期且稳定的流动联系；静止人口则在一天中的绝大多数时间停留在某一城市空间单元，这类人口几乎不在其他区域发生停留，对本地空间资源的需求是长期且固定的。图4直观地展示了三类实有人口的空间分布，可以看到大量随机流动性人口集中在城市中心与交通枢纽，且从中心向外围数量有明显的衰减；规律流动性人口主要出现在城市各级生活中心与就业区，中心城南部老城区、中心城北部及近郊的大型住区静止人口相对较多。

实有人口的流动性构成特征指标包括随机流动性人口占比、规律流动性人口占比以及静止人口占比。将三项指标按照自然间断点分为5类可以发现（图5），地铁2号线连接的东西向“横轴”（就业中心、城市中心、交通枢纽为主）与地铁1号线连接的南北向“纵轴”（副

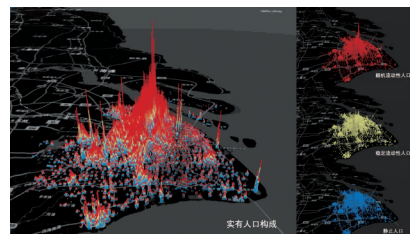


图4 实有人口及流动性人口的分布
Fig.4 Distribution of actual population and floating population
资料来源：笔者自绘。

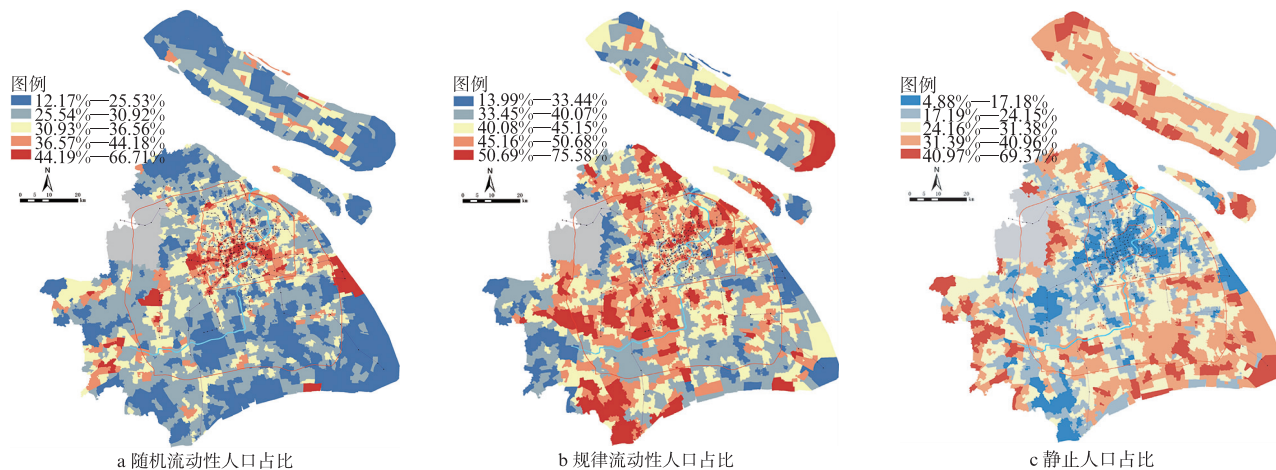


图5 随机流动性人口、规律流动性人口和静止人口占比

Fig.5 Proportion of random population, regular population, static population
资料来源：笔者自绘。

中心、生活中心为主)随机流动性人口占比极大,超过其实有人口的一半。由于横、纵轴形成的十字核心区城市功能完善、服务能级很高,对周边以及整个上海市域人口的办事、购物、休闲娱乐行为有着极强的吸引力;上海市北部片区(杨浦、宝山、浦东的居住区和产业园为主)以及南部片区(金山、青浦新城、松江新城城区为主)规律流动性人口占比较高,从另一方面也证明了稳定流动中有很大大比例都是通勤与日常生活流动;南汇新城、崇明岛以及上海市西侧边缘区的静止人口占比较高,是因为这些城市边缘区域以非集建区居多且青壮年劳动力占比较小,从而导致这些区域的日常流动活力不高。

研究进一步分析了58个上海市典型功能区的实有人口构成,可以看到城市中心和交通枢纽的随机流动性人口占比相对更大,其中人民广场、上海火车站的随机流动性人口占实有人口的60%以上,对于这些功能空间来说平日总有不同的人群到此发生停留;地区中心、就业区、居住区的稳定性流动人口占比相对更大,其中鞍山新村、四平路街道的规律流动性人口占比在50%—60%之间,对于这些功能空间来说到此发生停留的人群比较稳定;新城的静止人口占比相对更大,其中南汇新城静止人口超过实有人口的一半,对于这些功能空间来说日常流动活力不高,很大比例的人口在

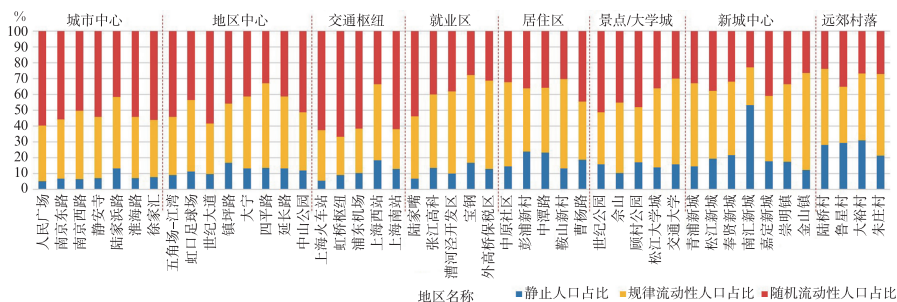


图6 各类城市空间的实有人口构成

Fig.6 Composition of actual population in different urban areas
资料来源：笔者自绘。

此静止不动(图6)。

3 实有人口的流动性特征分区

根据实有人口密度将城市空间分成高、中、低三类强度,若居委会单元的实有人口密度的百分比排序在前33%,则划分为高强度;若密度的百分比排序在33%—67%,则划分为中等强度;若在67%—100%,则划分为低强度。可以看到实有人口的强集聚性空间更接近“点——面”两级结构,即浦西主城区与陆家嘴组成“中央硬核”,嘉定、松江、青浦、奉贤新城在上海市远郊形成“次级中心”。近郊居住圈层普遍为中等强度,高强度的空间很少(图7)。根据居委会单元中各类实有人口占比将城市空间分成随机流动主导型、规律流动主导型和静止主导型三类,每一类空间中

相应的实有人口占比更大。可以看到随机流动主导型空间的分布形态接近由城市中心向东西两侧辐射的“扇面”,并且与轨道交通线路的空间耦合性很强;中心城北部、浦东的产业园区以及金山镇、嘉定、松江新城城区以规律流动主导型空间为主;上海西侧边缘区域、南汇新城、崇明岛等区域则以静止主导型空间居多(图8)。

综合实有人口的空间分布与流动性构成特征,将上海城市空间分为7个主要类别,划分标准与典型城市空间如表2所示。

从7类实有人口特征区的空间分布上看(图9),“高强度,随机主导”型空间主要是各级城市中心、中心城内地地铁沿线以及几个新城的主城区。这类空间日常流动性极强,是实有人口视角下城市的核心区域,受轨道交通线路影响

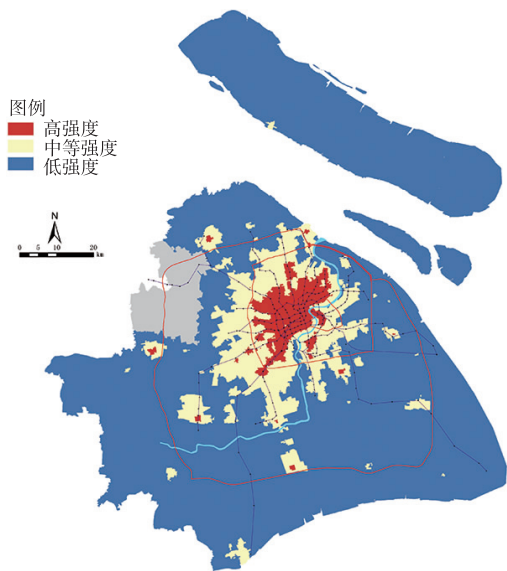


图7 实有人口密度分区
Fig.7 Population density feature zones
资料来源：笔者自绘。

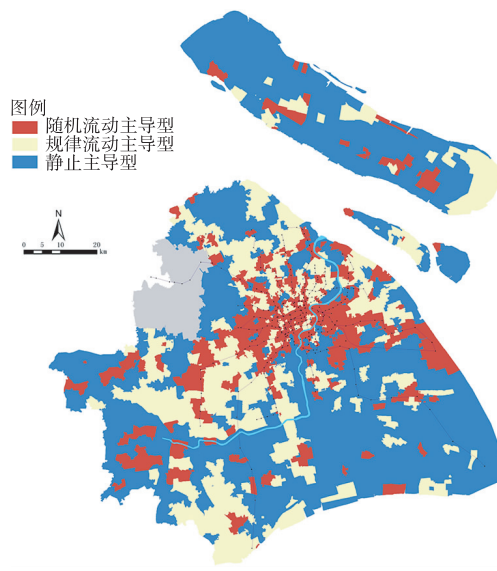


图8 流动性构成特征区
Fig.8 Population composition feature zones
资料来源：笔者自绘。

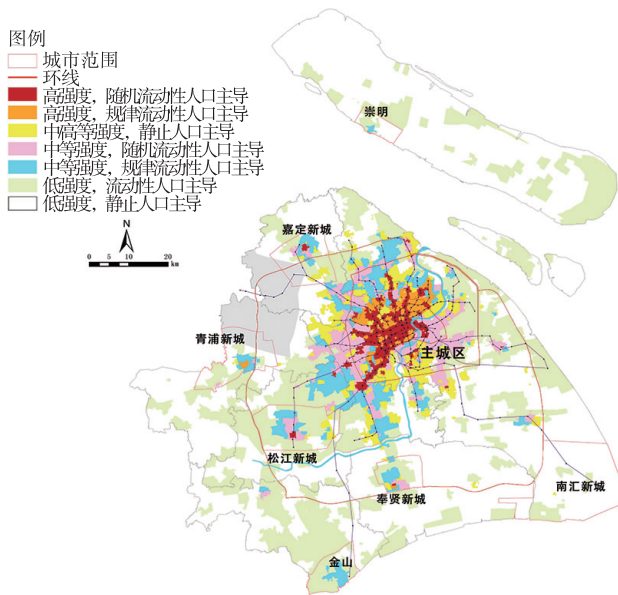


图9 日常流动视角下的城市空间特征区
Fig.9 Feature areas under daily human mobility view
资料来源：笔者自绘。

空间形态由“圈层式”转向“轴向延伸”之势；“高强度，规律主导”型空间分布在高密度老城区及中心城北部生活区中，这类空间中的日常流动以大量居民的日常生活与通勤流动为主，因而强度高且具有规律性；“高/中强度，静止主导”型空间，主要是一些城市中心区“填充区”及近郊大型住区，这类空间有较高的人口密度但很大部分实有人口静止不动，老龄人群占比可能较大；“中等强度，随机主导”型空间由火车站、大型郊野公园及部分新城核心区组成。其中火车站实有人口总量规模大但统计单元面积也很大，因此实有人口密度适中。这类空间处于城市核心区的外围，最有潜力成为城市核心区的拓展延伸区疏解实有人口压力；“中等强度，规律主导”型空间出现在社区中心、近郊生活区及部分新城生活区。这类空间目前功能相对完善但自身等级和吸引力不如城市核心区，因此实有人口密度不高；权衡分类的数量与重要性将低强度，随机、规律流动性人口主导型空间合并为“低强度，流动主导”型空间，主要为机场、产业园区、远郊景区以及新城城区，其中机场与产业园区由于统计单元面积过大实有人口密度很低。这类空间的边界与上海市集建区边界较为

表2 城市空间特征区划分标准

Tab.2 Classification of urban feature zones

特征区类型	实有人口密度	主导人口	典型城市空间
1. 高强度, 随机主导	前 33%	随机流动性人口	各级城市中心、中心城地铁沿线、新城中心
2. 高强度, 规律主导	前 33%	规律流动性人口	高密度老城区、中心城北部生活区
3. 高/中强度, 静止主导	前 67%	静止人口	城市中心“填充区”、近郊大型居住区
4. 中等强度, 随机主导	33%—67%	随机流动性人口	火车站、大型郊野公园、部分新城核心区
5. 中等强度, 规律主导	33%—67%	规律流动性人口	社区中心、近郊生活区、部分新城生活区
6. 低强度, 流动主导	67%—100%	随机/规律流动性人口	机场、产业园区、远郊景区、新城城区
7. 低强度, 静止主导	67%—100%	静止人口	大面积远郊城市边缘区域、崇明岛

资料来源：笔者整理。

表3 城市各类功能区的规划政策建议

Tab.3 Policy suggestion for different functional areas

城市功能区	实有人口流动性特征		规划政策建议
	实有人口密度	主导人口类型	
城市中心	很高	随机流动性人口	基于实有人口重新考量空间承载力,需要提出相应政策应对随机流动性人口形成的短时高峰
地区中心	较高	随机、规律流动性人口	在常住人口基础上扩大规划人口基数,设施配置应同时考虑规律流动性人口的规模与需求
居住区	较高	规律流动性、静止人口	用常住人口作为规划人口基数即可,设施配置主要考虑满足本地居民日常生活需求
就业区	较高	随机、规律流动性人口	在常住人口基础上相应扩大规划人口基数,设施配置应区分本地居住与就业人口需求

资料来源:笔者整理。

接近;最后一类“低强度,静止主导”大型为大面积远郊城市边缘区域与崇明岛,对于这些区域来说日常流动活力很低,日常生活在此的居民构成了这里的主要人口。

4 面向城市实有人口的规划应对

大城市内部空间功能的分区、设施等级的差异、职住关系的错位等因素是局部空间中实有人口与普查人口差异长期存在的基础,因此在规划人口基数确定时有必要将实有人口数量纳入考量。此外,各类实有人口的流动性差异使其对城市空间资源的需求程度不同,例如随机流动性人口更多使用本地的大型文娱、商业、交通等设施且往往是短时大量发生的,而静止人口更多使用本地生活服务设施且时段分布较均匀,因此有必要结合城市空间实有人口构成特征制定相应的设施配置策略。表3展示了九类主要的城市功能区的实有人口特征,笔者相应地提出这些功能区的规划政策建议。

对于城市中心而言,实有人口密度很高、随机流动性人口占很大比例,规划编制时应基于实有人口重新考量其空间承载力,需要提出相应政策应对随机流动性人口形成的短时高峰;对于地区中心而言,实有人口密度较高、随机流动性人口和规律流动性人口各占一定比例,规划编制时可在常住人口基础上扩大规划人口基数,设施配置应同时考虑规律流动性人口的规模与需求;对于居

住区而言,实有人口密度虽较高但很大部分由本地居住人口组成,因此用常住人口作为规划人口基数即可,设施配置主要考虑满足本地居民日常生活需求;就业区有较高的实有人口密度,随机流动性人口和规律流动性人口占比较大,可在常住人口基础上相应扩大规划人口基数,设施配置应区分本地居住与就业人口需求;对于交通枢纽和游憩景点而言,虽然实有人口密度受到统计单元尺度的影响,但实有人口总量很大程度反映了日均客运量和游客量,因此实有人口可作为客流压力预估的参考,并进一步从时间维度把握人流高峰规律,做到提前预警;对于消费/休闲区来说,实有人口密度较高,可在常住人口基础上相应扩大规划人口基数,服务设施应结合自身类别差异化配置;对于新城城区来说,用常住人口作为规划人口基数即可,规划应提升服务设施能级提升自身吸引力,缓解中心城压力;最后,远郊边缘区域的实有人口密度很低,因此规划人口基数可略低于常住人口,设施配置主要考虑满足本地居民日常生活需求。

5 结论与讨论

移动定位大数据以其接近全样本的采样率和精细的时间粒度为城市人口研究提供了新的机遇。从日常流动视角估算城市局部空间中实有人口数量及内部构成对于城市空间结构优化发展导向、人口分布的不确定性和动态调整策略都有着重要意义。本研究界定城市实有人

口的概念,利用手机信令数据揭示实有人口的空间分布与流动性构成特征,并为上海市城市空间政策的制定提出几点建议。主要的观点和结论可以归纳为以下几个方面:

首先,城市的实有人口,是指平均每天在城市局部空间中发生过停留的人口,其概念突破了人口与居住地的“一一对应”关系,根据流动性特征可以细分为随机流动性人口、规律流动性人口及静止人口。

其次,通过手机信令数据识别出实有人口向中心城区的集聚趋势明显强于居住人口与工作人口,城市中心与一些重要节点的人口压力比以往的认知更大。各类实有人口中,随机流动性人口的集聚性最强,静止人口的集聚性最弱。

再次,上海市实有人口的流动性构成也存在明显的空间差异,地铁1、2号线沿线形成的“十字”核心区随机流动性人口占比最高,上海市北部的杨浦、宝山及南部金山、青浦、松江等新城的居住、就业区规律流动性人口占比最高,南汇新城、崇明岛以及上海市西侧边缘区的静止人口占比最高。

最后,实有人口视角下上海市城市核心区域更接近“点——面两级结构”,且受地铁线影响呈“轴向延伸”之势。在大城市空间政策制定中应根据局部空间的实有人口密度对规划人口基数做出相应调整,并结合不同区域实有人口流动性构成的差异有针对性地制定设施配置策略

研究本身还存在两点不足。首先,利用手机信令数据获取个体出行链进而计算实有人口涉及到较多参数和阈值的选取,识别结果的可靠性需要其他数据源辅助验证;其次,研究仅以上海市为例,暂未在其他城市进行尝试,需要更多城市案例来确保研究结果的稳定性。但随着未来数据信息平台的开放以及城市人口研究领域的发展,相信将会有越来越多的研究成果进行补充验证。

注释

① 本文认为居民处于同一城市空间单元中

20min以上算做发生一次停留,即排除单纯路过的居民不计入实有人口。

- ② 动态距离阈值,即距离阈值会随着基站间距的变化而变化,有助于弱化基站空间位置分布不均对识别结果造成的影响。
- ③ 考虑到用户关机、信令数据打点密度等因素,稍微放宽识别门槛认为一天中仅在此停留且时长达到6h就算这里的静止人口,由于有“仅在一个地点发生停留”的限制静止人口不会被重复计算。

参考文献 (References)

- [1] AHAS R, AASA A, YUAN Y, et al. Everyday space-time geographies: using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2015, 29(11): 2017-2039.
- [2] CALABRESE F, DI LORENZO G, LIU L & RATTI C, et al. Estimating origin-destination flows using mobile phone location data[J]. *IEEE Pervasive Computing*, 2011, 10(4): 36-44.
- [3] CHEN C, MA J, SUSILO Y, et al. The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis[J]. *Transportation Research Part C: Emerging technologies*, 2016, 68: 285-299.
- [4] FOLEY D L. The daily movement of population into central business districts[J]. *American Sociological Review*, 1952, 17(5): 538-543.
- [5] ISAACMAN S, BECKER R, CÁCERES R, et al. Ranges of human mobility in Los Angeles and New York[C]. 2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2011: 88-93.
- [6] KANG C, GAO S, LIN X, et al. Analyzing and geo-visualizing individual human mobility patterns using mobile call records[C]. 2010 18th International Conference on Geoinformatics, 2010: 1-7.
- [7] KIM J S, GRAČANIN D, QUEK F. Sensor-fusion walking-in-place interaction technique using mobile devices[C]. 2012 IEEE Virtual Reality Workshops (VRW), 2012: 39-42.
- [8] KWAN M P. Mobile communications, social networks, and urban travel: hypertext as a new metaphor for conceptualizing spatial interaction[J]. *The Professional Geographer*, 2007, 59(4): 434-446.
- [9] RODDIS S, RICHARDSON A. Construction of daytime activity profiles from household travel survey data[J]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1998 (1625): 102-108.
- [10] SHELLER M. Mobile publics: beyond the network perspective[J]. *Environment and Planning D: Society and Space*, 2004, 22(1): 39-52.
- [11] SLEETER R, WOOD N. Estimating daytime and nighttime population density for coastal communities in Oregon[C]. 44th Urban and Regional Information Systems Association Annual Conference, British Columbia, 2006: 1-15.
- [12] TRAAG V A, BROWET A, CALABRESE F, et al. Social event detection in massive mobile phone data using probabilistic location inference[C]. 2011 IEEE Third International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2011 IEEE Third International Conference on Social Computing, 2011: 625-628.
- [13] WANG Z, HE S Y, LEUNG Y. Applying mobile phone data to travel behaviour research: a literature review[J]. *Travel Behaviour and Society*, 2018, 11: 141-155.
- [14] YE Y, ZHENG Y, CHEN Y, et al. Mining individual life pattern based on location history[C]. 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware, 2009: 1-10.
- [15] YUAN Y, RAUBAL M, LIU Y. Correlating mobile phone usage and travel behavior a case study of Harbin, China[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2012, 36(2): 118-130.
- [16] 柴彦威, 塔娜. 中国时空行为研究进展[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(9): 1362-1373. (CHAI Yanwei, TA Na. Progress in space-time behavior research in China[J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(9): 1362-1373.)
- [17] 陈义勇, 刘涛. 北京城市总体规划中人口规模预测的反思与启示[J]. *城市规划*, 2015, 31(10): 16-21. (CHEN Yiyong, LIU Tao. Reflection on population prediction in Beijing urban master plan[J]. *Planners*, 2015, 31(10): 16-21.)
- [18] 刘涛, 齐元静, 曹广忠. 中国流动人口空间格局演变机制及城镇化效应——基于2000和2010年人口普查分县数据的分析[J]. *地理学报*, 2015, 70(4): 567-581. (LIU Tao, QI Yuanjing, CAO Guangzhong. China's floating population in the 21st century: uneven landscape, influencing factors, and effects on urbanization[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 567-581.)
- [19] 刘志林, 王茂军. 北京市职住空间错位对居民通勤行为的影响分析——基于就业可达性与通勤时间的讨论[J]. *地理学报*, 2011, 66(4): 457-467. (LIU Zhilin, WANG Maojun. Job accessibility and its impacts on commuting time of urban residents in Beijing: from a spatial mismatch perspective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(4): 457-467.)
- [20] 毛夏, 徐蓉蓉, 李新硕, 等. 深圳市人口分布的细网格动态特征[J]. *地理学报*, 2010, 65(4): 443-453. (MAO Xia, XU Rongrong, LI Xinsuo, et al. Fine grid dynamic features of population distribution in Shenzhen[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(4): 443-453.)
- [21] 牛慧恩. 城市规划中人口规模预测的规范化研究——《城市人口规模预测规程》编制工作体会[J]. *城市规划*, 2007(4): 16-19. (NIU Huien. Standardization population forecasting in urban planning[J]. *City Planning Review*, 2007(4): 16-19.)
- [22] 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J]. *城市规划学刊*, 2014(6): 61-67. (NIU Xinyi, DING Liang, SONG Xiaodong. Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data[J]. *Urban Planning Forum*, 2014(6): 61-67.)
- [23] 戚伟, 李颖, 刘盛和, 等. 城市昼夜人口空间分布的估算及其特征——以北京市海淀区为例[J]. *地理学报*, 2013, 68(10): 1344-1356. (QI Wei, LI Ying, LIU Shenghe, et al. Estimation of urban population at daytime and nighttime and analyses of their spatial pattern: a case study of Haidian district, Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1344-1356.)
- [24] 施澄, 陈晨, 钮心毅. 面向“实际服务人口”的特大城市空间规划响应——以杭州市为例[J]. *城市规划学刊*, 2018(4): 41-48. (SHI Cheng, CHEN Chen, NIU Xinyi. Planning megacities for the actual service population: the case of Hangzhou[J]. *Urban Planning Forum*, 2018(4): 41-48.)
- [25] 石崧. 城市人口规模预测方法范式转型及上海实践[J]. *规划师*, 2015, 31(10): 22-27. (SHI Song. Innovation of population and Shanghai's method[J]. *Planners*, 2015, 31(10): 22-27.)
- [26] 王德, 钟炜菁, 谢栋灿, 等. 手机信令数据在城市建成环境评价中的应用——以上海市宝山区为例[J]. *城市规划学刊*, 2015(5): 82-90. (WANG De, ZHONG Weijing, XIE Dongcan, et al. The application of cell phone signaling data in the assessment of urban built environment: a case study of Baoshan district in Shanghai[J]. *Urban Planning Forum*, 2015(5): 82-90.)
- [27] 王德, 朱查松, 谢栋灿. 上海市居民就业地迁移研究: 基于手机信令数据的分析[J]. *中国人口科学*, 2016, 1: 80-89. (WANG De, ZHU Chasong, XIE Dongcan. Research on the change of employment place of Shanghai resident: based on cell phone data[J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2016, 1: 80-89.)
- [28] 张文忠, 李业锦. 北京城市居民消费区位偏好与决策行为分析——以西城区和海淀中心地区为例[J]. *地理学报*, 2006, 61(10): 1037-1045. (ZHANG Wenzhong, LI Yejin. Study on residents' shopping location preference and shopping location choice: a case on Xicheng and Haidian districts of Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10): 1037-1045.)
- [29] 赵晔琴. 国外大都市“白天人口”研究及其对我国的启示[J]. *南方人口*, 2010, 25(6): 24-31. (ZHAO Yeqin. International studies on “daytime population” and its implications for China[J]. *South China Population*, 2010, 25(6): 24-31.)
- [30] 钟炜菁, 王德, 谢栋灿, 等. 上海市人口分布与空间活动的动态特征研究——基于手机信令数据的探索[J]. *地理研究*, 2017, 36(5): 972-984. (ZHONG Weijing, WANG De, XIE Dongcan, et al. Dynamic characteristics of Shanghai's population distribution using cell phone signaling data[J]. *Geographical Research*, 2017, 36(5): 972-984.)

修回: 2019-03