

利用手机数据识别上海中心城的通勤区*

IDENTIFYING THE COMMUTING AREA OF SHANGHAI CENTRAL CITY USING MOBILE PHONE DATA

丁亮 钮心毅 宋小冬

DING Liang; NIU Xinyi; SONG Xiaodong

【摘要】用手机数据识别了用户的日间驻留地、夜间驻留地，从中提取出日间在上海中心城内驻留用户、夜间在中心城内驻留用户，分别计算出其通勤范围。根据其夜间驻留地、日间驻留地的分布密度识别出上海中心城的通勤圈，并将其转换为以街道行政边界为空间单元的中心城通勤区。在中心城及通勤区内，超过97%的居民实现了职住平衡。研究表明上海市域空间结构在“中心城”和“郊区”之间还存在一个“中心城通勤区”层次。中心城通勤区以内、以外区域存在较显著差异。中心城通勤区的识别结果可加深对上海市域空间结构的认识，为在市域范围内分层次、分区域制定有针对性的规划政策提供依据。

【关键词】手机数据；通勤区；城市空间结构；大数据

ABSTRACT: This paper identifies mobile phone users' daytime stations and nighttime stations, then extracts the users who stay in the Central City during the daytime and users who stay in central city during the nighttime and calculate their commuter ranges. The commuting circle of Shanghai Central City is identified based on the density distribution of their nighttime stations or daytime stations. The paper converts the commuting circle into commuting area based on the spatial units of subdistrict. In the Central City and its commuting area, more than 97% residents can get job-housing balance. There is a "Central City Commuting Area" between the "Central City" and "Suburb" in Shanghai urban spatial structure. There are significant differences between inside and outside commuting areas. This result can advance the understanding of Shanghai urban spatial structure and provide the basis for making targeted planning policies hierarchically and regionally in Shanghai.

KEYWORDS: mobile phone data; commuting area; urban spatial structure; big data

1 引言

在上海的规划编制和规划管理中，一般将上海市域以外环线为边界，将上海市域分为外环以内、外环以外两个部分。其中，外环线以内地区称为中心城，面积664km²，约占市域面积的10.5%，外环线以外地区视为郊区。这一划分直接影响了规划编制标准和规划管理要求，使得外环线以内、以外范围分别制定了不同规划指标和规划政策。

近些年来，浦西地区外环线内外的城市建设用地部分已经连绵成片，浦东地区也有部分城市建设用地由中心城向外蔓延。单从现状城市建设用地连绵蔓延的程度上看，已经很难将紧邻外环线区域与中心城区区分开来。中心城与周边连绵发展区域面积已经达到1560km^{2[1]}。外环线以外是否继续还能作为一个整体看待，是近年来引发讨论的一个议题。例如，有学者认为上述上海市域空间结构两个部分划分未考虑与中心城有密切联系的通勤影响，应将上海市域划分为中心城、通勤区、郊区三个圈层^[2,3]。通勤区为外环线外、距市中心半径30km范围内的区域，面积约936km²。在各类规划中也提出在市域内增加中间层次，便于分区域实施不同规划政策。如《上海市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》在市域内增加了一个拓展区，将宝山、闵行两区作为中心城外拓展区，面积约674km^{2[4]}。

无论是通勤区还是拓展区，都是试图依据中心城的直接影响范围而划定的，目的在于增加一个管理层次，对中心城以外地区分区域制定更加有针对性的规划和政策。确定中心城的直接影响范围，应以与中心城的社会、经济联系程度为依据。一方面，联系紧密程度一般以通勤联系衡

丁亮(1986-),男,同济大学建筑与城市规划学院博士生。

钮心毅(1971-),男,同济大学建筑与城市规划学院副教授,本文通讯作者。

宋小冬(1954-),男,同济大学建筑与城市规划学院教授,博士生导师。

量,包括由中心城至外围区域的通勤、由外围区域至中心城的通勤。通勤指标能简明反映中心城与外围区域联系的密切程度,可以作为市域空间结构划分的重要依据。在美国等西方国家,通勤指标已经被作为中心城影响范围划分的主要依据^[6]。另一方面,居住与就业的空间组织是城市空间结构的重要要素。从通勤出行入手,分析城市居民的就业、居住的空间关系,可以进一步认识城市空间结构。

本文将手机数据测算上海中心城内居民的通勤范围,识别上海中心城通勤区,以通勤区作为上海中心城的紧密联系范围,用于认识和划分上海市域空间结构。

2 手机数据与通勤研究

2.1 通勤研究的基础数据

从数据来源看,我国的人口普查数据不涉及就业地、经济普查数据不涉及居住地。由于难以同时获取居民就业地与居住地空间分布,一般通勤研究采用抽样问卷调查方法为基础数据,也有部分研究进一步结合人口普查数据、经济普查数据来进行。

用抽样问卷调查数据来分析整个城市的职住关系和通勤特征,样本数量和代表性是关键问题。在一般的研究中,样本数从几百到几千份不等。配合交通规划专门进行的城市交通调查,虽然采用了相对较大的样本数,如“上海市第四次综合交通调查”的样本量达15万人,但是在全市域尺度上抽样率也仅为0.75%比例仍很小^[6]。抽样调查方式一般只调查一日的通勤数据,是否能准确反映多日平均规律存在质疑。此外,抽样调查还需要被调查人主动配合。

龙瀛等以公交刷卡数据为基础,分析城市职住关系和通勤出行,使用北京市连续一周公交卡数据,识别出了超过22万人的持卡人通勤出行^[7]。公交刷卡数据样本量大,无需被调查人配合,但还是不能包含非公共交通方式出行的通勤,且能同时识别出就业和居住地的持卡人仅占总持卡人的2.8%。

2.2 相关研究进展

近年来,移动通信实现了城乡空间全覆盖,通过手机和基站之间信息交换,大致确定手机的空间位置,这就有可能使用手机数据研究通勤。其中,手机信令数据是运营商记录下来的手机用户在移动通信网络中活动时的位置信息。当手机用户发生开机、关机、主叫、被叫、收发短信、切换基站或移动交换中心、周期性位置更新时,手机识别号、信令成功的时间、当时所处的基站

编号均保存在手机信令数据中。手机信令数据配合基站坐标,就能确定手机信令成功时用户的空间位置,能用于描述居民的居住、工作、游憩等活动的时空特征。

近年来出现的手机数据应用于城市规划的研究,多数采用时空分布分析技术,也就是计算城市内部每个空间统计单元在不同时间截面的个体数量,通过描述性统计分析、时间序列分析等方法,就能反映手机用户活动的空间分布动态变化过程。由此评价城市活动强度、识别城市空间类型等,分析结果以热点图表示^[8~11]。有少量研究关注手机用户的时空轨迹分析,通过识别手机用户的居住地、就业地所在空间单元,通过统计特定时间段内离开、到达各个空间统计单元的个体数量,用于研究通勤和职住关系,这方面已有了一些探索。艾斯(Ahas)等用手机数据识别了居住和就业人口分布,确定了用户的居住地和就业地^[12]。贝克尔(Becker)等依据手机用户不同时间段的通话、短信数据,分析了靠近纽约的郊区城镇莫里斯敦(Morristown)的就业人口的居住地,得出了莫里斯敦的通勤范围^[13]。

手机数据有四个特点。第一,移动通信普及率高,手机数据就是大样本或近似全样本数据。第二,手机数据具有实时性,能较为连续记录居民活动的时空变化。第三,手机数据采集成本低,易于多日连续采集,便于记录和分析居民多日行为的一般特征。第四,被调查者不能干预手机信令数据实时采集。与传统通勤研究的基础数据、调查方式相比,手机数据具有独特优势。

本研究以连续多日手机信令数据为基础数据,首先识别手机用户夜间和日间驻留地得到个体通勤范围,其次依据中心城所有用户的整体通勤范围识别中心城的通勤区。

2.3 相关概念

为避免概念混淆引起误解,笔者认为有必要对相关概念作出界定:

(1)通勤:在两地之间的规律性往返活动,包括就业、上学等。由于通勤有多种类型,造成通勤在时间和空间上也有多种类型。例如某些居民只在下午上班或工作三天休息一天,某些居民在晚上上夜校。为简化研究,本文中的通勤是指最普遍的八小时工作制且有固定驻留地的工作日通勤。

(2)上海中心城通勤圈:与中心城在日常生产生活中有密切联系的、能在单日通勤往返的圈层范围,圈层内绝大部分居民的通勤活动都位于其中。通勤圈包括了日间向中心城通勤的居民的通勤圈(日-夜通勤圈)和夜间向中心城通勤的居民的通勤圈(夜-日通勤圈)。

(3)上海中心城通勤区:将中心城通勤圈转

化、落实而来，以街道(镇)行政边界为空间单元。通勤区位于中心城范围外，是市域空间结构组成部分。

3 数据概况和处理方法

3.1 数据概况

本文使用了上海市的中国移动2G用户数据，包括2011年、2014年各连续两周的手机信令数据。数据采集时间避开了公共节假日。在2011年数据采集时间内，记录到的不同手机用户为2492万个，其中两周10个工作日重复出现6次以上的手机用户(识别为常住用户)为1763万个。在2014年数据采集时间内，记录到的不同手机用户为2419万个，其中两周10个工作日重复出现6次以上的手机用户为1555万个。平均每天记录到的手机信令数据约为6亿条。

3.2 驻留地识别

驻留地是指手机用户有规律的停留地点，包括日间驻留地和夜间驻留地。例如就业者的日间驻留地就是工作地，退休老年人的日间驻留地就是居住地或日间常去的地方(公园、社区活动室等)、学生的日间驻留地就是学校，夜间驻留地一般为居住地，但不排除上夜班者的夜间驻留地为工作地。利用手机数据识别驻留地采用重复率算法，即若某一时间段内手机用户重复出现在某一地点次数最多或超过一定概率，则该地点识别为驻留地。

根据八小时工作制的作息规律，日间9:00-11:30, 13:30-17:00一般为工作时间，就业者位于工作地，夜间23:00-5:00一般为睡觉时间，就业者一般位于家中，由此确定日间10:00、11:00、14:00、15:00、16:00为识别就

业者工作地的特征时间点，夜间00:00、01:00、02:00、03:00、04:00为识别就业者居住地的特征时间点。若某一手机用户某天日间至少有3个时间点所连接的基站间距在1000m内，就将出现频率最高的基站识别为待选工作地，连续10个工作日得到10个待选工作地。若10个待选工作地中至少有6个间距在1000m内，就将出现频率最高的基站识别为工作地(日间驻留地)。用相同的方法可识别居住地(夜间驻留地)。若用户关机，在特征时间点连接的基站计为关机时的位置。采用重复率算法，用户发生规律性关机行为，识别为驻留地，因手机没电引起偶尔关机不计入驻留地。学生、退休老年人等人群也包括在这一识别结果中。

从2011年数据中最终识别出1045万用户的日间驻留地、1175万用户的夜间驻留地，同时可识别出日间和夜间驻留地的用户为849万。按1763万常住用户计，识别率分别为59.3%、66.6%和48.2%。从2014年数据中最终识别出892万用户的日间驻留地，1022万用户的夜间驻留地，同时可识别出日间和夜间驻留地的用户为740万。按1555万常住用户计，识别率分别为57.4%、65.7%和47.6%。考虑到只识别了八小时工作制作息规律的用户，参考艾斯的识别率^[12]，这一识别率可以接受。下文数据分析使用同时可识别出日间和夜间驻留地的用户数据。

3.3 识别结果检验

3.3.1 Zipf法则检验

根据Zipf法则，短距离通勤者应远远多于长距离通勤者，识别结果的总体通勤距离应符合幂律曲线。由图1可见，纵轴为用户数，横轴为通勤距离，红色曲线为拟合的幂指数曲线，2011年两者相关系数(R)达到0.92，2014年两者相关系

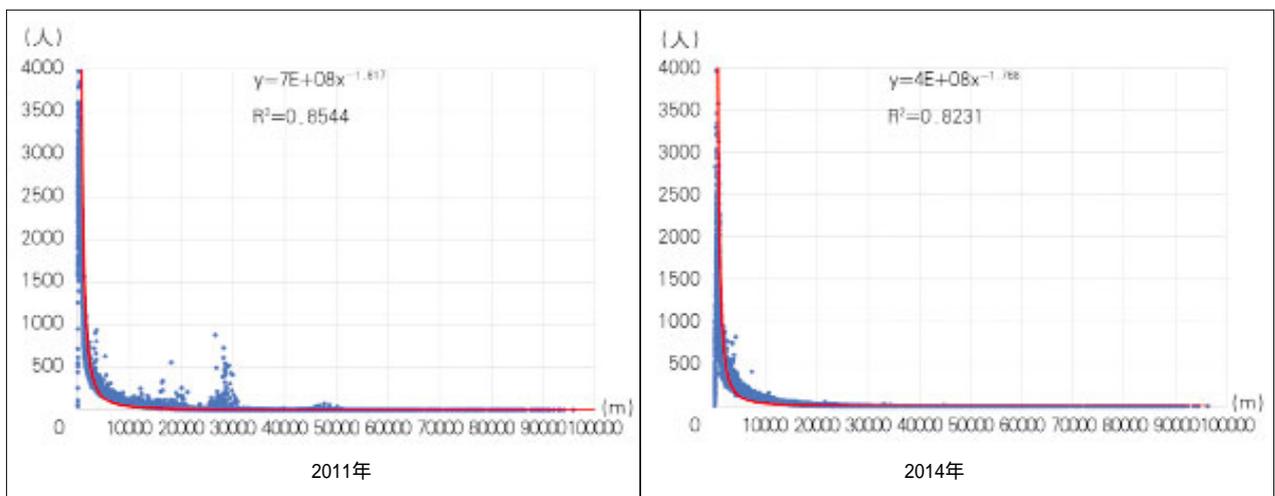


图1 出行距离分布
Fig.1 Trip distance distribution

数(R)达到0.91,证明识别结果的通勤距离具有较高可信度。

3.3.2 平均出行距离检验

2011年用户平均通勤距离为2418m,2014年为2320m。根据《上海市第四次综合交通调查总报告》(下文简称“交通调查”)中对一次出行的定义,排除通勤距离小于400m的用户后,将平均通勤距离转化为平均出行距离。计算得到2011年工作日平均出行距离为市域4689m、中心城4199m,2014年工作日平均出行距离为市域4711m、中心城3978m,约为交通调查中的平均出行距离(市域6500m、中心城5400m)的75%左右。考虑到上述计算得到的距离只是两个基站之间的直线距离,基站定位存在800m左右误差,而且识别结果不包括出行距离较长的以休闲娱乐为主的休息日出行、无固定驻留地用户出行,这一结果可以接受。通过以上两种检验,认为识别结果基本能反映上海市域内居民的总体通勤规律。

4 通勤圈识别

4.1 日-夜通勤圈识别

从识别结果中筛选出日间驻留地在中心城内的用户,2011年为335万,2014年为395万。查询其夜间驻留地,并以基站为单位统计汇总夜间驻留用户数。采用核密度分析法,以800m为搜索半径,按每一基站连接用户数进行密度计算,以 $200 \times 200\text{m}$ 的栅格表示日间在中心城驻留的用户夜间驻留地分布。800m搜索半径考虑了中心城内基站的覆盖范围(半径500~1000m)及基站之间的平均距离。以上地理空间定位和核密度分析使用ESRI的ArcGIS10.2完成。

从图2上看,夜间驻留地仍在中心城内的用户,浦西密度较高,浦东密度相对较低。上述用



图3 等值线间距在0.01值处突变
Fig.3 Contour interval mutation at the value of 0.01

户的夜间驻留地覆盖了全市域各个区县,总体上呈现中心城内最高、中心城向外密度逐次降低的趋势。在中心城以外,分布密度较高的地区有宝山新城、闵行新城、虹桥商务区、泗泾镇、浦江镇中部、周浦镇西部、川沙新镇西北部、曹路镇等地区。离外环相对较远的罗店镇、月浦镇、嘉定新城嘉定镇街道、松江新城、青浦新城夏阳街道等地区的分布密度也略高。2014年与2011年相比,中心城内日间驻留用户的夜间驻留地分布略有向外扩散的趋势。

为明确中心城日间驻留用户夜间驻留地的集中分布范围,以 $0.01\text{万人}/\text{km}^2$ 的等值距生成密度等值线。比较相邻等值线之间的平均距离,发现在0.01等值线以外密度值变化趋势较缓,0.01等值线以内密度值变化趋势骤然升高(图3)。密度值在 $0.01\text{万人}/\text{km}^2$ 的等值线处出现突变,并且在该等值线之外再无围绕中心城的等值线。表示日间在中心城驻留用户的夜间驻留地主要分布在该条等值线内。该范围即中心城的日-夜通勤圈。2011年只有3.3%的用户夜间在该等值线范围外

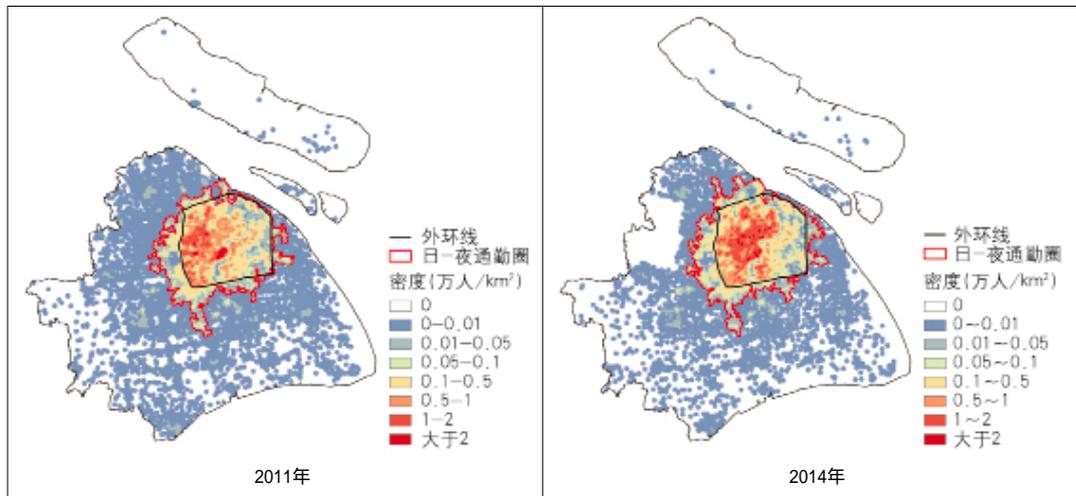


图2 中心城日间驻留用户的夜间驻留地分布
Fig.2 Distribution of nighttime stations of users who stay in the Central City during daytime

表1 中心城与通勤圈的驻留人数比较(单位:万人)

Tab.1 Comparison of the number of stationed people between Central City and Commuting Circle (Unit: 10000 people)

分项	中心城		日-夜通勤圈		夜-日通勤圈		综合通勤圈	
	2011年	2014年	2011年	2014年	2011年	2014年	2011年	2014年
日间驻留	335	395	464	505	-	-	849	514
夜间驻留	323	383	-	-	423	462	476	517
日夜驻留	306	368	449	494	407	450	481	514
外部夜间驻留	29	28	15	12	-	-	16	12
外部夜间驻留/ 日间驻留(%)	8.7%	7.0%	3.3%	2.3%	-	-	3.3%	2.3%
外部日间驻留	17	15	-	-	16	13	20	16
外部日间驻留/ 夜间驻留(%)	5.3%	3.9%	-	-	3.8%	2.8%	4.3%	3.0%

驻留;2014年只有2.3%的用户夜间在该等值线范围外驻留。说明在该范围内实现日-夜通勤的用户比例已高达97%左右(表1)。符合上文对上海中心城通勤圈的界定,判断此范围就是中心城的日-夜通勤圈。2011年和2014年的中心城日-夜通勤圈面积分别为1028km²和1072km²(图2)。

4.2 夜-日通勤圈识别

从识别结果中筛选出夜间在中心城内驻留的用户,2011年为323万,2014年为383万。查找其日间驻留地,以同样的方法生成密度分布图,表示夜间在中心城驻留的用户日间驻留地分布(图4)。中心城内夜间驻留用户,很少日间驻留在中心城外,在外环线以外的密度下降趋势更显著。2011年夜间在中心城内驻留的用户只有17万(5.3%)日间离开中心城,而日间在中心城内驻留的用户有29万(8.7%)夜间离开中心城,是前者的1.7倍;2014年这两个数字分别是15万(3.9%)和28万(7.0%),后者是前者的1.9倍。

说明中心城对就业、上学等日间活动的吸引力大于对居住、上夜班等夜间活动的吸引力。

同样以0.01万人/km²的间距生成等值线,密度值也在0.01等值线处出现突变。表示中心城内夜间驻留用户的日间驻留地主要分布在该条等值线范围内。2011年只有3.8%的用户日间在该范围外驻留;2014年只有2.8%的用户日间在该范围外驻留。说明在该范围内夜-日通勤的用户比例也已高达97%左右(表1)。这一范围就是中心城的夜-日通勤圈。2011年中心城夜-日通勤圈面积910km²,2014年中心城夜-日通勤圈面积904km²。中心城的夜-日通勤圈小于日-夜通勤圈。宝山新城、闵行新城、虹桥商务区仍然是中心城夜-日通勤圈的主要拓展方向。

4.3 综合通勤圈与通勤区

将中心城的日-夜通勤圈与夜-日通勤圈叠加,得到该年度的中心城综合通勤圈(图5)。2011年上海中心城综合通勤圈的面积为1087km²,2014年上海中心城综合通勤圈的面积为1125km²。2011年的综合通勤圈内,日间驻留用户有96.7%在综合通勤圈内实现了职住平衡;夜间在圈外的用户仅占3.3%;夜间驻留用户95.7%在综合通勤圈内实现了职住平衡,日间在圈外的用户仅占4.3%。2014年的综合通勤圈内,日间驻留用户有97.7%在综合通勤圈内实现了职住平衡;夜间在圈外的用户仅占2.3%;夜间驻留用户97.0%在综合通勤圈内实现了职住平衡,日间在圈外的仅占3.0%(表1)。综合通勤圈内的绝大部分居民都实现了职住平衡。

将中心城外的综合通勤圈转化为以街道(镇)行政边界为空间单元的通勤区。具体转化规则为,若该街道位于通勤圈以内的面积比例

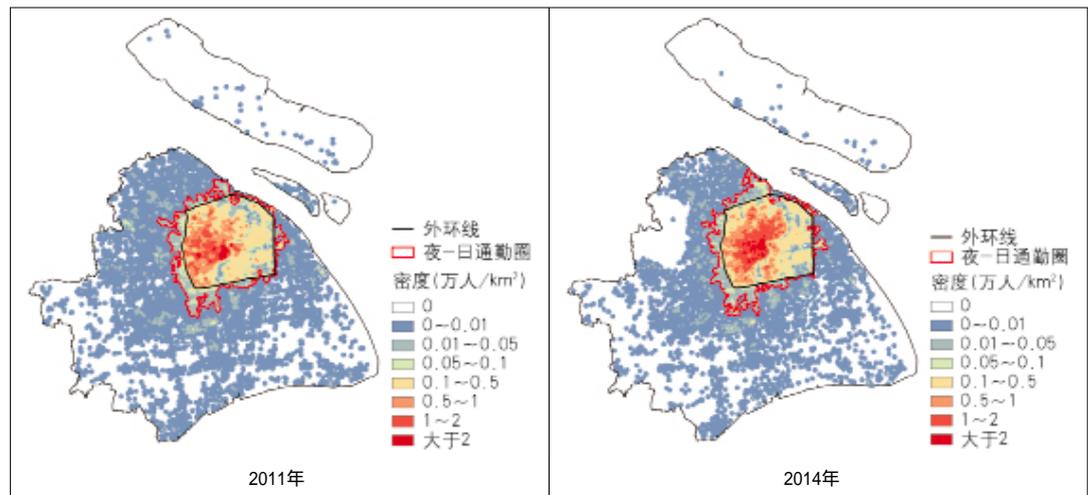


图4 中心城夜间驻留用户的日间驻留地分布

Fig.4 Distribution of daytime stations of users who stay in the Central City during nighttime

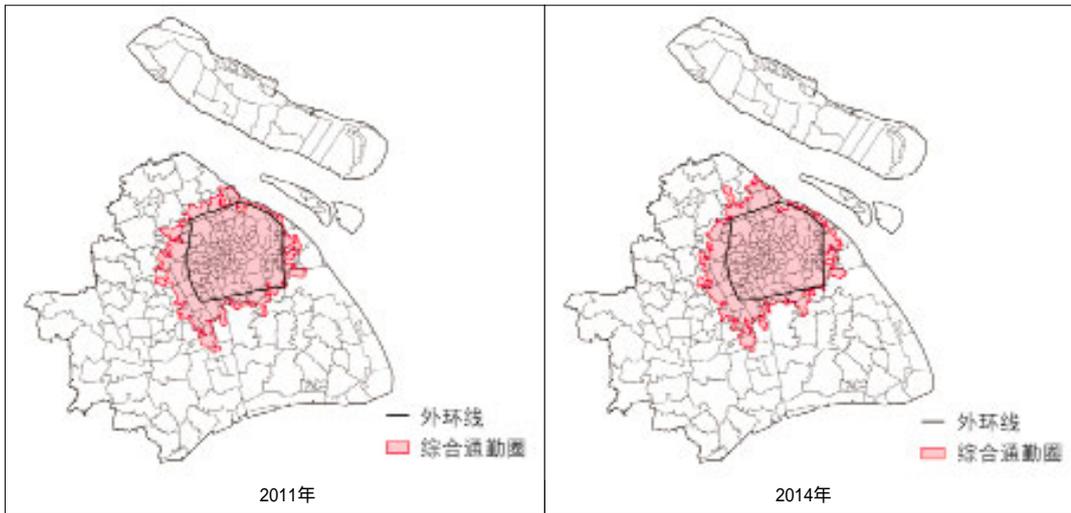


图5 中心城综合通勤圈
Fig.5 Comprehensive commuting circle of the Central City

超过30%，则将该街道纳入通勤区。叠加后得到2011年和2014年通勤区的范围一致。有127个街道(镇)处于中心城和通勤区之内，总面积为1240km²，中心城外的通勤区面积为576km²。由图6可见，中心城通勤区已将宝山新城、闵行新城、虹桥商务区，以及浦西的南翔镇、江桥镇、徐泾镇、九亭镇，浦东的曹路镇、唐镇、康桥镇等纳入其中。从通勤角度来看，中心城的直接影响范围呈圈层状向外扩展。在上海市域内的中心城以外区域存在一个较明显的通勤区，通勤区以外属于郊区。通勤区以内基本实现了职住平衡。

继续从人口和用地角度对中心城、通勤区、郊区进行比较(表2)。中心城人口密度高达1.8万人/km²，人口高度密集，城市建设用地比例达到85.2%，是城市核心建成区；通勤区内这两项指标分别为0.6万人/km²和61.1%，人口较密集，是中心城向郊区的过渡地带；郊区的这两项指标分别为0.2万人/km²和23.3%，人口密度较低，城市建设用地比例较低，是城市外围地带。中心城、通勤区、郊区在人口密度和城市建设用地比例上梯度递减，也呈现出较显著的层次差异。

上述分析表明，上海市域空间结构存在中心城、通勤区、郊区三个层次。通勤区与郊区之间，不仅在与中心城通勤联系紧密程度上有明显差异，而且在人口密度、城市建设用地比例上也有明显差异。制定规划政策时需要考虑这一差异，需要对外环线以外的通勤区、郊区分别制定有针对性的规划编制技术指标和规划管理要求。

5 讨论和结语

5.1 讨论

手机数据是一种大数据，为识别城市通勤

区、划分市域空间结构提供了良好的数据源。在上海的案例中，2011年和2014年分别从中识别出了849万、740万用户的通勤数据，这是用传统调查、普查方法难以实现的。通过多日手机信令数据推算居民的居住地、工作地，获得了居民通勤范围，得出了上海中心城的直接紧密影响范围。大样本的计算结果弥补了传统通勤调查方法的不足。

依据手机数据计算的通勤数据也有局限。首先，手机数据缺少行为目的，只能通过一般通勤行为的规律识别居住地、工作地。其次，手机数据依靠基站定位，精度相对较粗，因此与交通调查获取的通勤数据存在一定差异。第三，采用目前识别方法，同时能识别日、夜驻留地的用户比例为50%左右。目前的方法无法准确识别非八小时工作制的就业者工作地，也不能识别流动工作的就业者(如从事交通运输行业工作人员)，还需

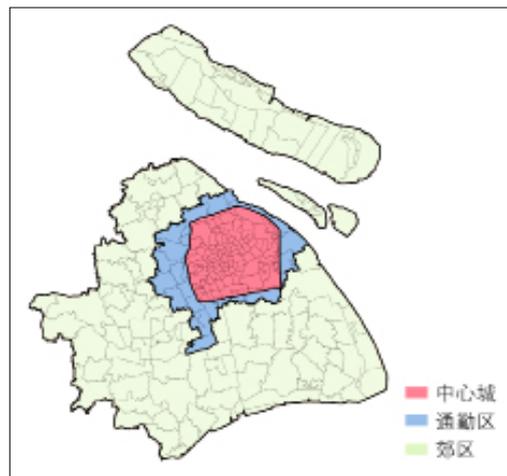


图6 上海中心城通勤区识别结果
Fig.6 Identified results of the Commuting Area of Shanghai Central City

表2 中心城、通勤区、郊区部分指标比较
Tab.2 Comparison of some index between Central City, Commuting Area and suburb of Shanghai

指标	中心城	通勤区	郊区
面积(km ²)	664	576	5101
常住人口(万人)	1132	352	818
人口比例(%)	49.2	15.3	36
人口密度(万人/km ²)	1.8	0.6	0.2
城市建设用地比例(%)	85.2	61.1	23.3

进一步优化算法、提高识别率。

5.2 结语

本文以通勤联系的紧密程度衡量中心城的影响范围,识别出中心城的通勤区,以此为依据划分上海市域空间结构。在计算方法上,以手机信令数据为基础数据,形成了一种以手机用户的时空轨迹识别通勤范围的方法。在识别出的上海中心城的通勤区内,绝大多数居民实现了职住平衡。

利用手机数据,以通勤联系的紧密程度划分,证明在上海市域中心城以外地区存在较为显著的差异。上海市域空间结构在“中心城”和“郊区”之间还存在一个“中心城通勤区”层次。中心城通勤区以内、以外区域不仅在通勤联系程度,而且在人口密度、城市建设用地比例上也存在较显著差异。中心城的通勤区识别结果可以用于加深对上海市域空间结构的认识,为在市域范围内分层次、分区域制定针对性的规划政策提供依据。

注释(Notes)

手机用户一般会处于多个基站覆盖范围内,连接的基站可能是不固定的(称为漂移现象),设定1000m间距可以减小漂移影响。

《上海市第四次综合交通调查总报告》对“一次出行”的定义为:步行单程时间在5min以上,或自行车单程在400m以上。工作日通勤一般步行速度较快,5min步行也可按400m计算。2014年的手机信令数据中缺失了市域西部的安亭镇、白鹤镇数据。以2011年数据推算,日间在中心城驻留且夜间在中心城外驻留的用户中,落在上述地区只占中心城日间驻留用户的0.05%。夜间在中心城驻留且日间在中心城外驻留的用户中,落在上述地区只占中心城日间驻留用户的0.06%,且0.01万人/km²等值线距这两个地区较远,对研究结果基本无影响。

上海中心城内城市建设用地比例是根据《上海市城市总体规划(1990-2020)实施评估研究报告专题之十二:中心城发展研究》中的2011年中心城常住人口1132万人、人均城镇建设用地指标53.8m²进行推算,为566km²。中心城总面积664km²,由此计算得到中心城内建设用地比例为85.2%。

参考文献(References)

- 上海市总体规划实施评估工作组.上海市城市总体规划(1990-2020)实施评估研究报告专题之十二:中心城发展研究[R]. 2013.
Working Group of the Implementation Evaluation for Master Planning of Shanghai. The 12th Research Report of Implementation Evaluation for

Master Planning of Shanghai (1990-2020): The Research of the Central City Development[R]. 2013.

- 宁越敏. 上海大都市区空间结构的重构[J].城市规划, 2006(S1):44-45+55.
Ning Yuemin. Redesign of the Spatial Structure for the Metropolis of Shanghai[J]. City Planning Review, 2006(S1):44-45+55.
- 李健, 宁越敏. 1990年代以来上海人口空间变动与城市空间结构重构[J]. 城市规划学刊, 2007(2): 20-24.
Li Jian, Ning Yuemin. Population Spatial Change and Urban Spatial Restructuring in Shanghai since the 1990s [J]. Urban Planning Forum, 2007 (2): 20-24.
- 上海市人民政府.上海市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[Z]. 2011.
Shanghai Municipal People's Government. The Twelfth Five-Year Plan for National Economic and Social Development of Shanghai [Z]. 2011.
- United States Census Bureau. Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas [EB/OL]. [2015-03-20]. <http://www.census.gov/population/metro/>.
- 上海市城乡建设和交通委员会,等.上海市第四次综合交通调查总报告[R].2010.
Urban-Rural Construction and Transportation Committee of Shanghai, et al. The 4th General Report of the Comprehensive Traffic Survey of Shanghai[R].2010.
- 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10):1339-1352.
Long Ying, Zhang Yu, Cui Chengyin. Identifying Commuting Pattern of Beijing Using Bus Smart Card Data [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(10):1339-1352.
- 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.
- Ratti C, Williams S, Frenchman D, et al. Mobile Landscapes: Using Location Data from Cell Phones for Urban Analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.
- Sagl G, Resch B, Hawelka B, et al. From Social Sensor Data to Collective Human Behaviour Patterns: Analysing and Visualising Spatio-Temporal Dynamics in Urban Environments[C]//Proceedings of the GI-Forum 2012: Geovisualization, Society and Learning, 2012: 54-63.
- Sagl G, Delmelle E, Delmelle E. Mapping Collective Human Activity in an Urban Environment Based on Mobile Phone Data[J]. Cartography and Geographic Information Science, 2014, 41(3): 272-285.
- Ahas R, Silm S, Järvi O, et al. Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones[J]. Journal of Urban Technology, 2010,17(1): 3-27.
- Becker R A, Caceres R, Hanson K, et al. A Tale of One City: Using Cellular Network Data for Urban Planning[J]. IEEE Pervasive Computing,2011,10(4): 18-26.