

引用格式: 钮心毅, 李凯克. 跨城功能联系视角下的都市圈国土空间规划实施监测[J]. 资源科学, 2021, 43(2): 380-389. [Niu X Y, Li K K. Implementation monitoring of territorial and spatial planning in metropolitan areas from the perspective of intercity functional linkages[J]. Resources Science, 2021, 43(2): 380-389.] DOI: 10.18402/resci.2021.02.15

# 跨城功能联系视角下的都市圈国土空间规划实施监测

钮心毅, 李凯克

(同济大学建筑与城市规划学院, 上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室, 上海 200092)

**摘要:** 移动定位大数据可在都市圈的国土空间规划实施监测中发挥重要作用。在流空间理论下, 都市圈功能一体化表现为同城化“跨城功能联系”。“居住—工作”和“工作—工作”这两种跨城功能联系是都市圈功能一体化形成的标志, 也是都市圈国土空间规划实施监测的关注重点。本文以上海都市圈为例, 提出了以移动定位大数据支持都市圈功能一体化规划实施监测的方法。首先, 移动定位大数据可以从城际出行有效地量化测度跨城功能联系。其次, 移动定位大数据在都市圈规划实施监测中有3个适用领域: ①使用跨城功能联系界定都市圈紧密联系范围; ②监测都市圈产业分工带来的人力资源要素流动; ③监测都市圈的交通基础设施建设绩效。最后, 研究认为以功能一体化为目标, 都市圈国土空间规划需要以支持跨城功能联系的空间体系为主导, 跨城功能联系为主的“流动空间体系”应作为规划编制、实施、监测、评估的重要内容之一。

**关键词:** 都市圈; 国土空间规划; 跨城功能联系; 移动定位大数据; 实施监测; 上海

DOI: 10.18402/resci.2021.02.15

## 1 引言

《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》中明确提出了分级分类建立国土空间规划体系; 强调建立健全国土空间规划动态监测、评估预警和实施监管机制的重要性, 将国土空间规划的实施监测制度放在了国土空间规划体系的重要位置<sup>[1]</sup>。都市圈作为城市群中的核心地域, 是中心城市与周边城市之间社会经济功能高度一体化的区域。促进中心城市与周边城市同城化发展, 建设现代化都市圈是推进新型城镇化的重要手段<sup>[2]</sup>。都市圈也将会是国土空间规划体系中值得关注的一个层级。

虽还没有统一的定义, 一般认为都市圈是由一个综合功能的特大城市、及其扩散辐射功能带动的周边大、中、小城市共同形成的区域, 是具有一体化特征的城市密集地区, 都市圈在地域上小于“城市

群”, 是“城市群”的核心<sup>[3,4]</sup>。这一概念已经在规划实践中较为广泛使用。由此逐步形成了中国规划语境中的“都市圈”。这一概念基本接近国际学术界针对城市密集地区空间形态的城市区域(city region)、巨型城市(mega-city)的概念。

对城市密集地区的认知有形态、功能、治理3个维度<sup>[5,6]</sup>。都市圈是城市密集地区的一种类型, 都市圈一体化也同样可以从形态一体化、功能一体化、治理一体化来认识。其中, 形态一体化、功能一体化是都市圈国土空间规划的任务。

随着高速铁路、城际铁路等快速交通体系的发展, 原来存在于同一城市内的居住、工作、游憩等基本活动扩散到了都市圈相邻城市之间, 产生了居住、工作、游憩等城市基本功能分散在不同城市之间的模式<sup>[7,8]</sup>。中国三大城市群中, 上海—苏州、北京—廊坊、深圳—东莞等城市之间跨城通勤现象已

收稿日期: 2020-05-18, 修订日期: 2020-07-17

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51878457)。

作者简介: 钮心毅, 男, 浙江湖州人, 教授, 研究方向为城乡规划方法与技术。E-mail: niuxinyi@tongji.edu.cn

2021年2月

经日益显著。当最为紧密的“居住—工作”功能联系开始扩散到城市之间,其他功能联系也能扩散到城市之间,由此带来了城市之间的不同类型跨城功能联系。同城化的都市圈也就是上述功能一体化的都市圈。同城化现象表现为高频的跨城就业、跨城使用公共服务等功能联系,从而改变了城市之间原有的以生产、商务等为主的联系模式。

现有的规划实施监测方法重在监测土地利用变化、城乡建设用地扩张等空间形态变化,缺乏对功能联系变化的监测手段。由于传统数据特点,监测也难以做到定时和常态化。例如,国土空间规划实施监测中,使用土地利用、道路交通、基础设施等基础数据能够实现对都市圈形态一体化的实施监测。然而,跨城功能联系表征的都市圈功能一体化却很难通过传统基础数据和方法实施监测。

移动定位大数据是随着信息技术发展产生、从个体行为获取的时空轨迹数据,具有大样本、连续性的特点。移动定位大数据是带有地理位置标签的大数据,包括了移动通信网络中产生的手机信令数据,带定位的出租车、公交车、卡车产生的浮动车数据,以及来自移动互联网访问记录的LBS(基于位置服务,Location Based Service)数据等种类。由于手机等移动终端的高普及率、用户随身携带等特点,其产生的连续定位数据能够记录个体在时空中的移动和停留等活动信息,能反映个体在城乡空间内活动的时空特征。已有研究表明,移动定位大数据已经形成了可以识别出城乡居民的居住地<sup>[9,10]</sup>、工作地<sup>[11,12]</sup>、游憩地<sup>[11,13]</sup>的技术;也形成了可识别城市之间人流联系的技术<sup>[7,14]</sup>。将上述两类技术方法结合起来,采用特定的时空规则,就能测算出居住、工作、游憩等跨城功能联系的特征。这就为都市圈功能一体化提供了规划实施监测途径。本文拟采用移动定位大数据测算都市圈的跨城功能联系,提出以移动定位大数据应用于都市圈功能一体化规划实施监测的方法;进而以上海都市圈为例,探讨移动定位大数据在都市圈规划实施监测中适用领域;由此研究都市圈国土空间规划实施监测的途径。

## 2 都市圈的跨城功能联系

### 2.1 都市圈的“流动空间”

“流空间”概念认为,有别于传统的地方空间(space of place),流动要素组成的“流动空间”

(space of flows)已经成为主导空间形式<sup>[15]</sup>。在流空间的背景下,关联数据(relational data)所表示的真实“流”可以视为城市之间功能联系,以“流”反映城市之间相互作用<sup>[16,17]</sup>。由此形成了采用功能联系网络研究区域城际关系、研究区域空间结构的研究范式,并已为学术界普遍接受。在流空间的视角下,对都市圈的空间研究可以转向流通要素组成的“流动空间”。关注都市圈的“流动空间”也能成为都市圈这一城市密集形态的研究范式。本文将高频城际人员流动视为一种流动要素,高频城际人员流动形成了都市圈的“流动空间”。在这种都市圈“流动空间”中,同样会有不同“流”反映都市圈内城市之间的相互作用,由此也能用对应的功能联系网络来研究都市圈内城市之间关系。基于此,都市圈“流动空间”的变化可以通过监测都市圈内城市之间功能联系变化来实现,从而达到对都市圈国土空间规划实施监测的目的。

城际高频人员流动是都市圈内最重要的功能联系,不管是发改委对都市圈的定义<sup>[2]</sup>,还是日本大都市圈、美国大都市区等的定义<sup>[12]</sup>,均是从人流联系的角度出发,多目的、高频人流联系是最能代表都市圈内各地区之间联系紧密程度的跨城功能联系,是都市圈区别于其他城市集群的根本特征。在中国当前社会经济条件下,“居住—工作”和“工作—工作”这两种跨城功能联系是都市圈功能一体化形成的标志。都市圈内高频城际人员流动形成“流动空间”也反映为两种跨城功能联系,是都市圈国土空间规划实施监测的关注重点。

### 2.2 都市圈功能一体化体现为两种跨城功能联系

#### 2.2.1 都市圈的“居住—工作”跨城功能联系

都市圈内的跨城通勤出行反映了都市圈内部的“居住—工作”跨城功能联系。这种日常最有规律性的功能联系一直是学术界研究城市密集地区的主要手段。通常多数研究以此来认识城市区域的空间结构、空间相互作用等<sup>[18,19]</sup>。跨城通勤也是都市圈内最主要的功能联系<sup>[20]</sup>。

跨城通勤出行是都市圈内部中心城市与周边城市形成了一体化就业市场的表现。一方面,产业集聚使高价值区段产业的就业岗位在中心城市集中;另一方面,快速交通体系使得通勤时长在可控前提下,跨越地级市的长距离通勤有了实现可能

性。流入中心城市的跨城通勤反映了中心城市聚集的产业、就业岗位如何作用于周边城市。对于与中心城市有紧密“居住—工作”跨城功能联系的周边城市,跨城通勤反映了这些城市所提供的城市公共服务、居住功能完善程度。

### 2.2.2 “工作—工作”功能联系与高频商务出行

都市圈内部另一种重要跨城功能联系是高频当日往返的商务出行,这是中心城市与周边城市之间的“工作—工作”跨城功能联系。这种功能联系反映在城际出行上,是工作日内在中心城市与周边城市之间“当日往返出行”,这种出行不仅当日往返,而且高频重复发生,是一种同城化高频商务出行。从中心城市与周边城市之间高频商务出行联系入手,也是学术界研究全球城市区域空间结构的一种典型途径<sup>[21,22]</sup>。

高频当日往返出行是都市圈内产业水平分工带来的结果,是中心城市与周边城市之间强烈产业关联带来的同城化功能联系。虽然在信息化时代,有信息化的网络联系,但面对面的交流仍不可替代,这包括了商务会议、协调工作等<sup>[21,23]</sup>。高频当日往返出行反映了中心城市聚集的产业与周边城市的产业协作关联的程度,也反映了城市之间的经济联系紧密程度。

### 2.3 移动定位大数据测度两种跨城功能联系

由于中国没有跨城市的居民出行调查,传统手段很难测算都市圈内的这两种跨城功能联系。虽然国内外均有研究使用客运交通班次、铁路连通性等作为跨城功能联系的替代研究手段<sup>[24-26]</sup>,但仍存在明显缺陷。例如,客运班次无法反映个体出行行为的规律特征,也无法统计城市之间以私人交通方式出行的联系。

在国内外已有的研究中,一般将移动定位大数据视为个体连续时空轨迹,从个体用户多日活动产生的连续时空轨迹中,依据居住、工作、游憩等活动发生的一般时空规律,从中识别出个体的居住、工作、游憩等行为发生的位置,总体上移动定位大数据就能视作反映“居住—工作”“居住—游憩”等功能联系的大样本。例如,匿名用户一个月内在60%日期夜间在同一位置留下了轨迹点,这个位置就很有可能是该用户常住地;一个月内在60%工作日日在同一位置留下了轨迹点,这个位置就很有可能

是该用户当月工作地,类似规则也能测算用户休息日常去的游憩地<sup>[11,27,28]</sup>。

在都市圈的城际尺度上,移动定位大数据也能反映个体在城市之间出行轨迹。如果用户常住地、工作地分离在不同城市,该用户就可以判别为跨城通勤者,由此,测算出都市圈内的“居住—工作”跨城功能联系。同样,如果用户常住地、工作地点位于同一城市,但是频繁在两个城市之间出行且当日往返,就可以测算出都市圈内的“工作—工作”跨城功能联系(图1、图2)。

移动定位大数据能反映大量用户的总体时空行为特征。在都市圈城际尺度上,反映了居住、工作等城市功能的流动特征,为量化测度都市圈的两种跨城功能联系提供了可能。移动定位大数据是都市圈国土空间规划实施监测重要基础数据。

## 3 跨城功能联系监测的适用领域——以上海都市圈为例

### 3.1 界定都市圈紧密联系范围

第一个适用领域是界定都市圈紧密联系范围。都市圈是中心城市与周边城市一体化发展的区域,但都市圈紧密联系范围到底多大是学术界一直讨论的议题。本文认为,中国的都市圈紧密联系范围可以用前文提出的两种跨城功能联系范围进行界定。体现“居住—工作”跨城功能联系的跨城通勤是界定都市圈紧密联系范围的指标之一,体现“工作—工作”跨城功能联系的高频当日往返出行是另一指标。

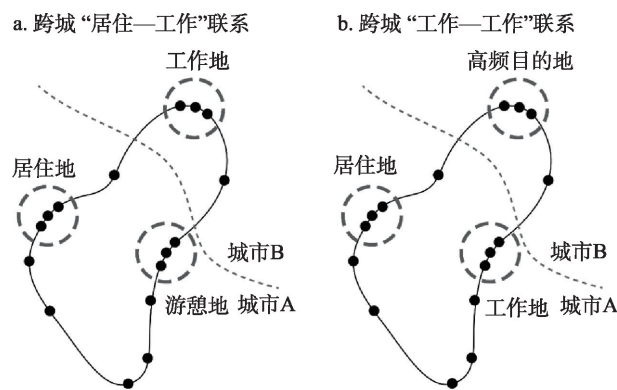


图1 都市圈内跨城市“居住—工作”(a)、“工作—工作”(b)联系示意图

Figure 1 Schematic diagram of living-working (a) and working-working (b) intercity functional linkages in metropolitan areas



2021年2月

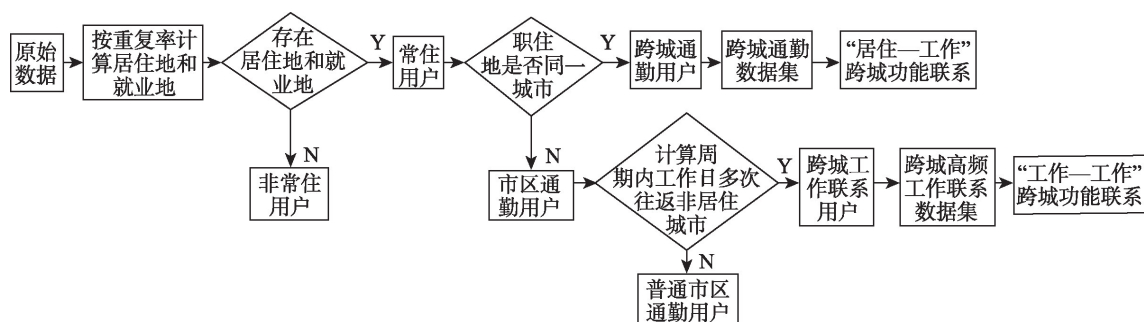


图2 “居住—工作”和“工作—工作”跨城功能联系数据处理流程

Figure 2 Data processing workflow of living-working and working-working intercity functional linkages

国内现有对都市圈相关区域范围界定的研究,多数立足于中心城市的影响范围研究,利用与中心城市的时空、经济距离、客货流量等数据定义中心城市影响范围<sup>[12]</sup>,而在统一劳动力市场思想下,使用通勤数据界定都市圈范围的研究,范围多局限在特大城市的市域范围内<sup>[12,29]</sup>。本文认为,第一,跨越地级市的跨城通勤是符合中国现阶段国情的监测指标。在缺乏有效跨城通勤调查数据的情况下,利用移动定位大数据,建立城市群范围内的跨城通勤数据集,得到各个行政单元到中心城市的通勤人数及通勤率,能准确划分中心城市的紧密通勤范围。已有部分研究使用了跨越地级行政区的移动定位大数据,探讨了都市圈紧密通勤范围<sup>[7,30]</sup>。第二,通过测算中心城市与周边城市的高频当日往返出行的紧密程度,得到相应的紧密联系范围,也能从“工作—工作”跨城功能联系角度界定都市圈的紧密联系范围。通盘考虑上述两种跨地级市尺度的紧密联系范围就能更好地界定都市圈。

以上海都市圈为例,将上海市域作为中心城市范围,以1.5%通勤率为划分标准,近沪城市的紧邻部分地域进入上海的紧密通勤范围(图3)。相比于传统统计数据和交通调查数据,移动定位大数据能准确定位个体的居住地和就业地,识别通勤用户,且不受行政区限制,从而能更准确划分中心城市的紧密通勤范围;同时,能有效监测紧密通勤范围的变化,合理评估都市圈功能一体化成效。同样以上海都市圈为例,将高频当日往返于上海与长三角其余地区的人流量按大小排序,取前80%目的地作为上海与周边城市的高频当日往返紧密联系范围。这一范围包括了苏州全市,嘉兴、南通的近沪地区,

无锡、常州、杭州、南京中心城区以及宁波、金华的部分地域(图3)。这一范围明显大于1.5%通勤率界定的跨城通勤紧密联系范围。这一范围也表明了,在高速交通体系作用下,都市圈空间形态不再是简单圈层式结构。“工作—工作”功能联系界定的都市圈紧密联系范围更符合中国当前的社会经济实际

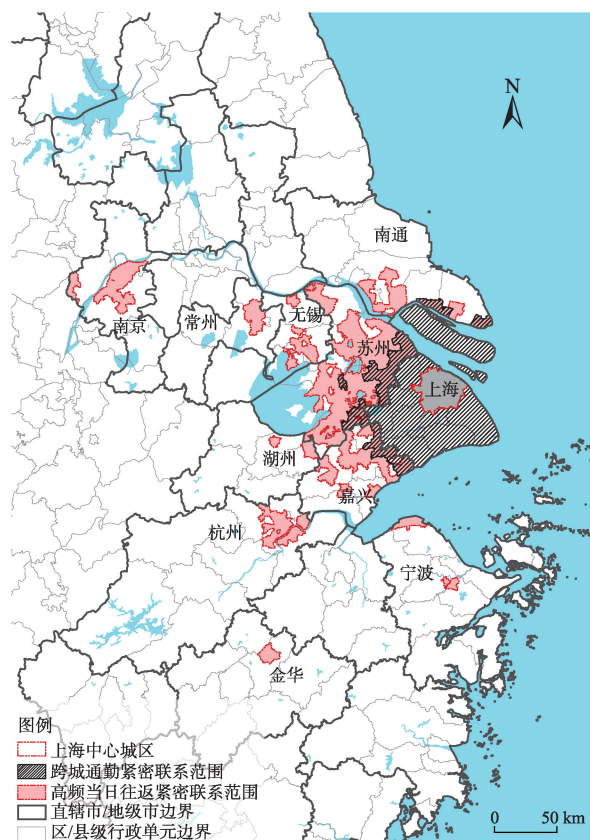


图3 上海跨城通勤紧密联系范围和低频当日往返紧密联系范围

Figure 3 Scopes of intercity commuting linkage and high-frequency one-day round trip linkage of Shanghai



情况。通过监测都市圈内跨地级市的通勤人口比例,以及前80%高频当日往返流量的目的地,能有效界定都市圈紧密联系范围。

### 3.2 监测都市圈内产业集聚和分工带来的人力资源要素流动

第二个适用领域是监测都市圈内产业集聚和分工带来的人力资源要素流动。都市圈内城市间产业分工协作、城市功能互补是都市圈发展的目标<sup>[2]</sup>。随着全球化及经济转型带来了新的产业分工,形成产业间利润率差异化,企业对城市产业空间的竞争越来越激烈,高价值区段的企业和部门向中心集聚,而低价值区段的企业和部门在空间上表现为“集中的分散”<sup>[22]</sup>。长三角区域已出现价值区段不同的企业和部门分别集中分布的趋势。上海作为长三角的“门户”,承载着全球城市职能的同时,还承担企业区域总部和全国性总部等功能,在空间上表现为高价值区段产业部门在上海核心区域的向心集聚。监测都市圈内“居住—工作”跨城功能联系的变化,不仅能监测中心城市的职住空间关系,也能监测中心城市产业如何作用于周边城市;而监测都市圈“工作—工作”跨城功能联系的变化,不仅能监测中心城市与周边的同城化程度,也能监测中心城市与周边城市之间水平分工程度。

传统调查数据中缺少同时包含人口流动信息和社会属性的调查数据,而移动互联网LBS数据依据定位技术,结合用户APP使用行为特征,经数据

挖掘,能对用户的社会经济属性进行“画像”。使用以上“画像”数据,不仅能反映跨城功能联系流动,也能反映跨城出行用户的多种社会经济属性信息。

以花桥和苏州工业园区到上海的跨城通勤为例,通过监测两地的跨城通勤,可以反映上海产业对周边城市作用。通过对移动定位大数据分析,得到居住于上海市域以外昆山市花桥镇和苏州市苏州工业园区两地前往上海高频流动人群的工作地分布。来自花桥的就业者在上海中心城区的就业地主要位于在浦西生产性服务业集中的地区,如徐家汇、漕河泾、曹杨路等(图4a)。来自苏州工业园区的跨城通勤者的工作地在信息产业集中的漕河泾开发区、虹桥临空经济园区和金融商贸产业集中的陆家嘴、人民广场等(图4b)。使用匿名移动互联网画像数据对这些人群的社会经济情况进行分析。苏州工业园区的跨城通勤者的本科以上学历者、高收入者占比均高于花桥镇的跨城通勤者,同时,整体学历和收入水平高于社会平均水准(图5);从就业类型上看,多为技术、商务人员;从工作地点上看,更集中于高价值区段企业集中分布的陆家嘴、漕河泾、虹桥临空经济园区等地。通过这一监测结果,可以认为当前上海中心城区金融商贸、信息技术产业等生产性服务业聚集已经对都市圈内周边城市产生了作用,也带来了都市圈内职住空间关系的明显变化。综合使用移动定位大数据和互联网画像数据,能有效监测都市圈内由于产业集聚

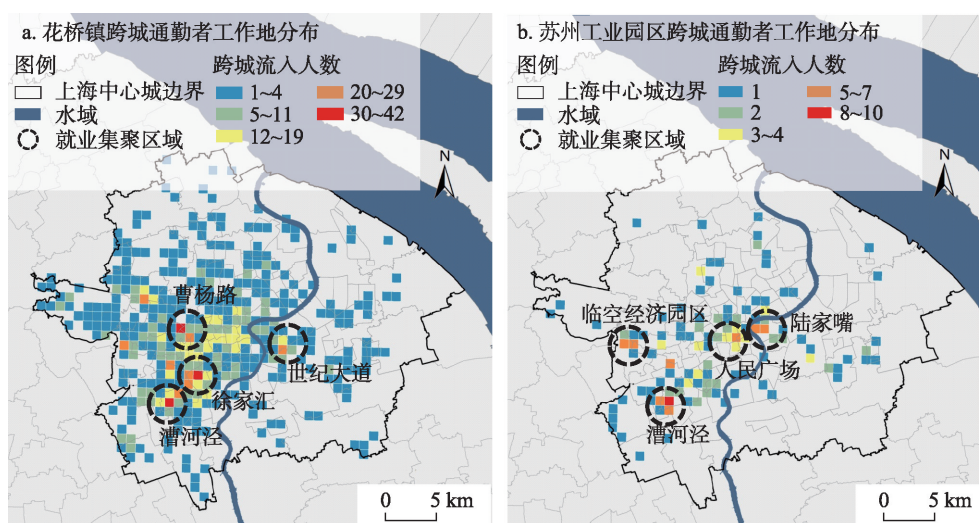


图4 花桥镇跨城通勤者(a)和苏州工业园区跨城通勤者(b)在上海中心城区的工作地分布

Figure 4 Workplace distribution of intercity commuters from Huaqiao Town (a) and Suzhou Industrial Park (b) in Shanghai central city

2021年2月

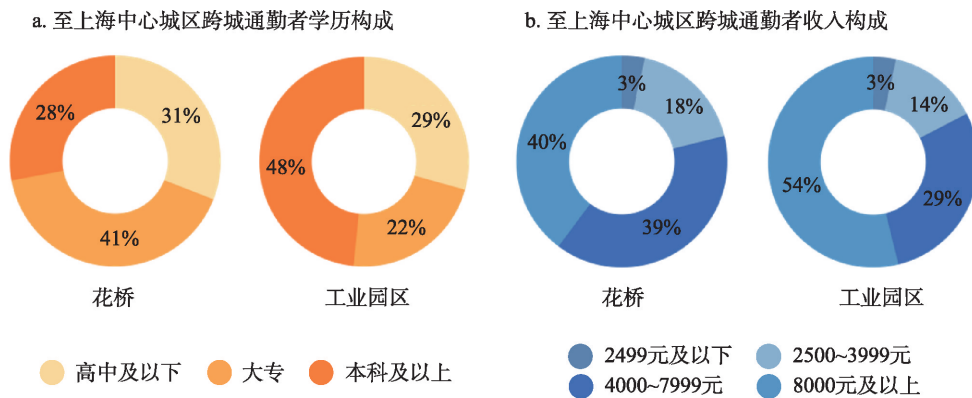


图5 依据移动互联网数据挖掘得到的花桥镇和苏州工业园区至上海中心城区跨城通勤者的社会经济属性

Figure 5 Socioeconomic attributes of intercity commuters from Huaqiao Town and Suzhou Industrial Park to Shanghai central city based on mobile internet data

和产业分工带来的人力资源要素流动情况。

### 3.3 监测都市圈交通设施建设绩效

第三个适用领域是监测都市圈交通设施建设绩效。都市圈内的交通设施建设是都市圈发展的必要条件,推动干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通的“四网融合”也是都市圈建设的要求。现有交通设施建设绩效监测重点在通达性、交通运行效果监测、社会经济影响监测<sup>[31-33]</sup>等方面,

而都市圈推进“四网融合”等交通基础设施建设的目的是带动都市圈内的人力资源要素流动,满足跨城功能联系的需要。都市圈内交通设施建设是否有效支持了都市圈内跨城功能联系,相应绩效如何,需要进行有效的监测。使用移动定位大数据测算实际跨城功能联系的流量、流向,与交通设施的理论可达性进行比较,就能得出相应的绩效。

仍以上海都市圈为例(图6),利用移动定位大

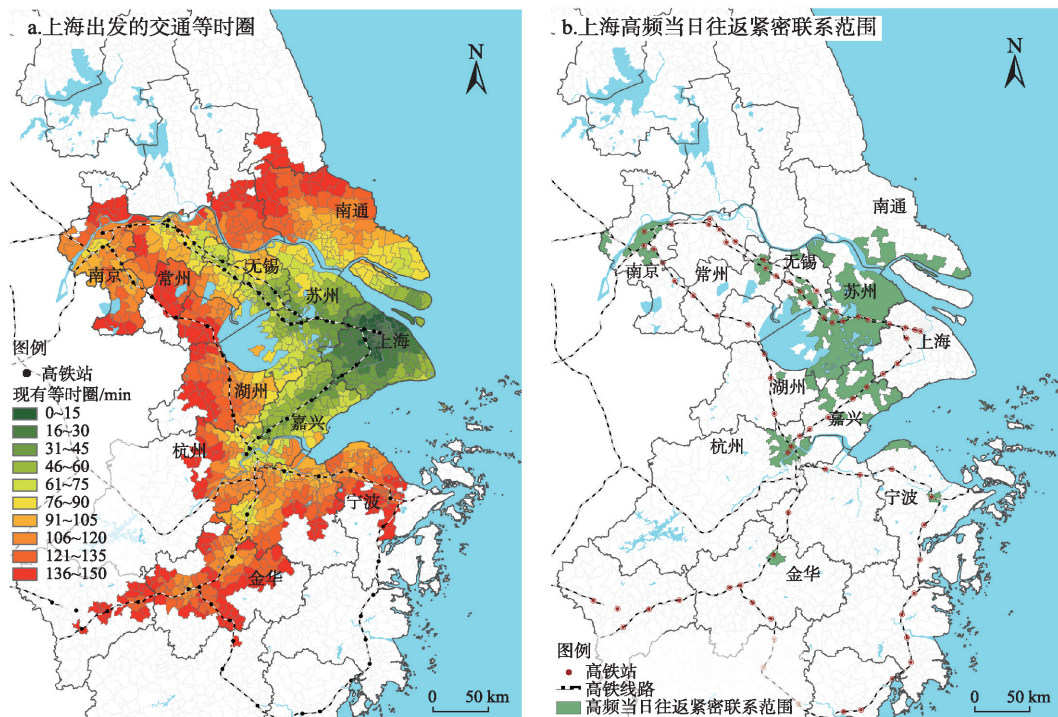
图6 上海出发的交通等时圈(a)和上海高频当日往返紧密联系范围(b)<sup>[14]</sup>

Figure 6 Traffic isochronous area of Shanghai (a) and the scope of high-frequency one-day round trip linkage of Shanghai (b)<sup>[14]</sup>



数据识别出上海的高频当日往返出行的紧密联系范围,反映“工作—工作”跨城功能联系的实际状况。进一步,利用互联网地图接口等方式,计算都市圈内不同位置出发到上海的多种交通工具等时圈范围,得到了都市圈交通设施支持下的交通理论可达范围。将两者范围进行对比,就能监测交通设施建设对都市圈内跨城功能联系的实际带动绩效。在本例中,高频当日往返出行的紧密联系范围包含了苏州全市,嘉兴、南通近沪地区,以及无锡、常州、杭州、南京的部分地区(图6b)。从基于互联网地图的交通等时圈可以发现,高频当日往返紧密联系范围大部分位于90分钟交通等时圈范围内,部分位于120分钟范围内。在相似交通条件下,沪宁

方向上的范围明显大于沪杭方向(图6a)。以带动都市圈内人力资源要素的视角,沪宁方向交通设施的绩效明显高于沪杭方向交通设施的绩效。同样的方法,可以对比昆山、嘉兴两地至上海的跨城通勤者的居住地分布。使用移动定位大数据测算的昆山通勤者居住地分布集中于高铁站、跨省的上海11号地铁站周边(图7a)。相比之下,嘉兴的跨城通勤者居住地分布与高铁站相距较远,两者没有显著关系(图7b)。由此可以发现,区域交通设施站点对昆山至上海跨城通勤的支持绩效高于嘉兴至上海。利用移动定位大数据得到的通勤和高频当日往返数据,结合90分钟或120分钟等时圈范围,可以监测和评估都市圈交通基础设施建设绩效。

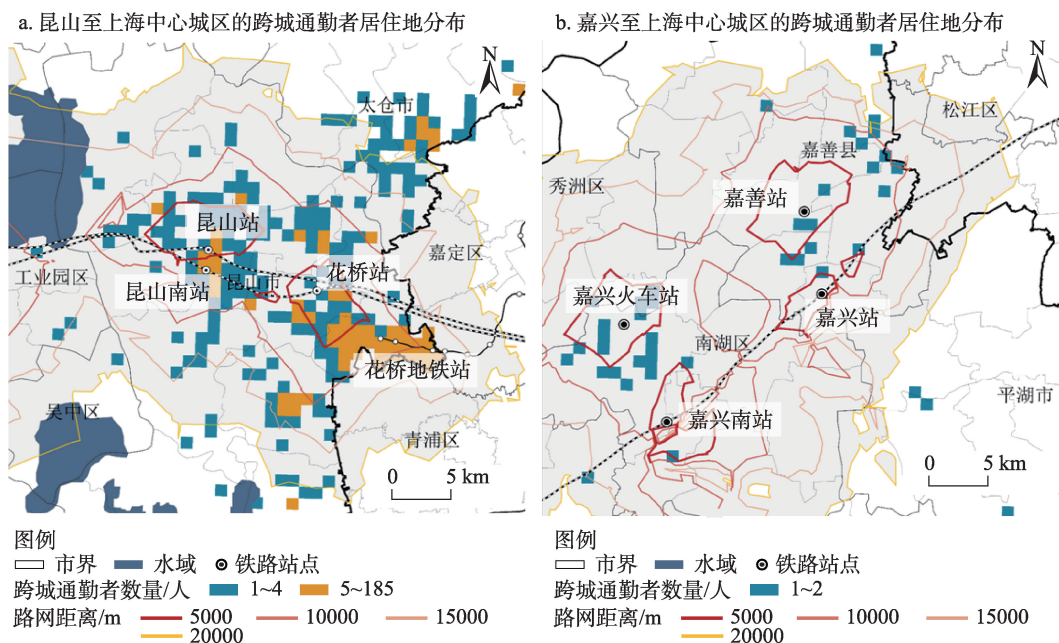


图7 昆山至上海中心城区的跨城通勤者居住地分布(a)和嘉兴至上海中心城区的跨城通勤者居住地分布(b)

Figure 7 Residence distribution of intercity commuters from Kunshan (a) and Jiaxing (b)

## 4 结论和展望

### 4.1 结论

本文梳理了在跨城功能联系视角下,利用移动定位大数据对都市圈国土空间规划实施进行有效监测的理论基础和实现途径。当前国土空间规划体系尚在构建中,都市圈国土空间规划将是今后国土空间规划的重要组成部分。本文重点探讨都市圈国土空间规划实施监测的理论和方法,得出如下结论:

(1)流空间是移动定位大数据测度都市圈跨城功能联系的理论基础。移动定位大数据测度是通过量化测度“流空间”,支持对都市圈内各类资源要素自由流动的分析和监测,从而可应用于国土空间规划实施监测。移动定位大数据应用于都市圈国土空间规划实施监测是建立在现有的规划理论基础上,能在现有规划理论框架中得到解释。

(2)“居住—工作”和“工作—工作”跨城功能联系流动是都市圈功能一体化的体现。功能一体化



2021年2月

是跨城功能联系监测都市圈规划实施的目标。移动定位大数据记录了城际出行的时空轨迹,能测算以上两种城际出行表征的跨城功能联系,从而实现都市圈功能一体化的定期监测。

(3)移动定位大数据适用于界定都市圈紧密联系范围、监测都市圈人力资源要素流动、监测都市圈交通设施建设绩效等3个领域的实施监测。上述3个适用领域都是针对都市圈功能一体化规划目标,通过监测都市圈的两种跨城功能联系变化而实现。以上海都市圈为例,得出了移动定位大数据在3个领域的应用方向和实现方法,可推广到其他都市圈,应用于都市圈国土空间规划的实施监测。

## 4.2 展望

### 4.2.1 都市圈规划需要以支持功能联系的流动空间体系为主导

以资源要素自由流动的功能一体化为目标,跨城功能联系表征的“流动空间”体系将是都市圈国土空间规划的重要内容。都市圈规划不应仅停留在经济联系、基础设施共享等形态一体化上,还应关注跨城通勤等跨城功能联系及其对空间结构的影响。都市圈的规划也不应停留在“点—轴”“边缘—中心”空间体系上,而是更要将跨城功能联系的“流动空间”体系作为规划重要内容。城市群、都市圈将是下一阶段城镇化的重点。在未来国土空间规划体系中,都市圈规划也将会是国土空间规划体系组成部分之一。

### 4.2.2 移动定位大数据将在都市圈国土空间规划编制、实施监测中起到重要作用

本文讨论的移动定位大数据测度跨城功能联系,适用于对都市圈现状功能一体化的分析,能更好地认识、理解城市之间相互作用,发现都市圈现状特征。在规划编制中可以支持现状分析,也可以用于比较规划策略与现状情况之间的差异,为规划决策提供支撑。从当前技术来看,还做不到对都市圈的跨城功能联系的预测。如何将移动定位大数据用于预测跨城功能联系,尚有待于数据分析技术的进步。另一方面,流空间理论支持了对都市圈内城市关联的认识,提供了跨城功能联系用于规划实践的理论基础,但是对跨城功能联系如何作用于都市圈、城市群的演变,还需要从规划理论层面进行深入讨论。规划理论演进、国土空间规划实践需求

将是推动移动定位大数据在都市圈规划中应用的两大动力。

## 参考文献(References):

- [1] 中共中央国务院. 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[EB/OL]. (2019-05-23) [2020-05-12]. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content\\_5394187.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm). [Central Committee of the CPC and the State Council. Several Opinions of the Central Committee of the CPC and the State Council on Establishing the System of Territorial and Spatial Planning and Supervising Its Implementation[EB/OL]. (2019-05-23) [2020-05-12]. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content\\_5394187.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm).]
- [2] 国家发展改革委. 国家发展改革委关于培育发展现代化都市圈的指导意见[EB/OL]. (2019-02-21) [2020-05-12]. [http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/21/content\\_5367465.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/21/content_5367465.htm). [National Development and Reform Commission. Guidelines of the National Development and Reform Commission on Fostering and Developing Modern Metropolitan Areas[EB/OL]. (2019-02-21) [2020-05-12]. [http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/21/content\\_5367465.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/21/content_5367465.htm).]
- [3] 张京祥, 邹军, 吴启焰, 等. 论都市圈地域空间的组织[J]. 城市规划, 2001, 25(5): 19-23. [Zhang J X, Zou J, Wu Q Y, et al. On the spatial organization of the metropolitan area[J]. City Planning Review, 2001, 25(5): 19-23.]
- [4] 袁家冬, 周筠, 黄伟. 我国都市圈理论与规划实践中的若干误区[J]. 地理研究, 2006, 25(1): 112-120. [Yuan J D, Zhou Y, Huang W. Several long-standing mistaken ideas in the theoretical studies and planning practices of Chinese metropolitan regions[J]. Geographical Research, 2006, 25(1): 112-120.]
- [5] J·戈特曼, 李浩, 陈晓燕. 大城市连绵区: 美国东北海岸的城市化[J]. 国际城市规划, 2007, 22(5): 2-7. [Gottmann J, Li H, Chen X Y. Megalopolis: Or the urbanization of the Northeastern Seaboard[J]. Urban Planning International, 2007, 22(5): 2-7.]
- [6] 罗震东, 朱查松. 解读多中心: 形态、功能与治理[J]. 国际城市规划, 2008, 23(1): 85-88. [Luo Z D, Zhu C S. Understanding polycentricity by configuration, function and governance[J]. Urban Planning International, 2008, 23(1): 85-88.]
- [7] 钮心毅, 王垚, 刘嘉伟, 等. 基于跨城功能联系的上海都市圈空间结构研究[J]. 城市规划学刊, 2018, (5): 80-87. [Niu X Y, Wang Y, Liu J W, et al. Spatial structure of Shanghai conurbation area from perspective of inter-city functional links[J]. Urban Planning Forum, 2018, (5): 80-87.]
- [8] 吴康, 方创琳, 赵渺希, 等. 京津城际高速铁路影响下的跨城流动空间特征[J]. 地理学报, 2013, 68(2): 159-174. [Wu K, Fang C L, Zhao M X, et al. The intercity space of flow influenced by high-speed rail: A case study for the rail transit passenger behavior between Beijing and Tianjin[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(2): 159-174.]

- [9] Deville P, Linard C, Martin S, et al. Dynamic population mapping using mobile phone data[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, 111(45): 15888–15893.
- [10] Silm S, Ahas R. The seasonal variability of population in Estonian Municipalities[J]. *Environment and Planning A*, 2010, 42(10): 2527–2546.
- [11] 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 X Y, Ding L, Song X D. Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data[J]. *Urban Planning Forum*, 2014, (6): 61–67.]
- [12] 王德, 顾家煊, 晏龙旭. 上海都市区边界划分: 基于手机信令数据的探索[J]. *地理学报*, 2018, 73(10): 1896–1909. [Wang D, Gu J H, Yan L X. Delimiting the Shanghai metropolitan area using mobile phone data[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 1896–1909.]
- [13] 明雨佳, 刘勇, 周佳松. 基于大数据的山地城市活力评价: 以重庆主城区为例[J]. *资源科学*, 2020, 42(4): 710–722. [Ming J Y, Liu Y, Zhou J S. Vitality assessment of mountainous cities based on multi-source data: A case of Chongqing Municipality, China[J]. *Resources Science*, 2020, 42(4): 710–722.]
- [14] 钮心毅, 李凯克. 紧密一日交流圈视角下上海都市圈的跨城功能联系[J]. *上海城市规划*, 2019, (3): 16–22. [Niu X Y, Li K K. Inter-city functional linkages in Shanghai metropolitan region from the perspective of close daily communication area[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2019, (3): 16–22.]
- [15] Castells M. *The Rise of the Network Society*[M]. London: Blackwell, 1996.
- [16] Batten D F. Network cities: Creative urban agglomerations for the 21st Century[J]. *Urban Studies*, 1995, 32(2): 313–327.
- [17] 黄泰. 长三角城市群旅游流潜力格局演变及其影响因素[J]. *资源科学*, 2016, 38(2): 364–376. [Huang T. Evolution characteristics and factors affecting tourist flow potential in the Yangtze River Delta urban agglomerations[J]. *Resources Science*, 2016, 38(2): 364–376.]
- [18] Goei B D, Burger M J, Oort F G V, et al. Functional polycentrism and urban network development in the Greater South East, United Kingdom: Evidence from commuting patterns, 1981–2001[J]. *Regional Studies*, 2010, 44(9): 1149–1170.
- [19] 王垚, 钮心毅, 宋小冬. “流空间”视角下区域空间结构研究进展[J]. *国际城市规划*, 2017, 32(6): 27–33. [Wang Y, Niu X Y, Song X D. Research progress of regional spatial structure under the perspective of space of flow[J]. *Urban Planning International*, 2017, 32(6): 27–33.]
- [20] Coombes M. From city-region concept to boundaries for governance: The English case[J]. *Urban Studies*, 2014, 51(11): 2426–2443.
- [21] Pain K. Examining ‘core-periphery’ relationships in a global city-region: The case of London and South East England[J]. *Regional Studies*, 2008, 42(8): 1161–1172.
- [22] Hall P, Pain K. *The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-city Regions in Europe*[M]. London: Routledge, 2006.
- [23] Reades J, Smith D. Mapping the ‘Space of Flows’: The geography of global business telecommunications and employment specialization in the London mega-city-region[J]. *Regional Studies*, 2014, 48(1): 105–126.
- [24] 罗震东. 长江三角洲功能多中心程度初探[J]. *国际城市规划*, 2010, 25(1): 60–65. [Luo Z D. Study on the functional polycentricity of Yangtze River Delta[J]. *Urban Planning International*, 2010, 25(1): 60–65.]
- [25] 罗震东, 何鹤鸣, 耿磊. 基于客运交通流的长江三角洲功能多中心结构研究[J]. *城市规划学刊*, 2011, (2): 16–23. [Luo Z D, He H M, Geng L. Analysis of the polycentric structure of Yangtze River Delta based on passenger traffic flow[J]. *Urban Planning Forum*, 2011, (2): 16–23.]
- [26] 汪德根, 牛玉, 陈田, 等. 高铁驱动下大尺度区域都市圈旅游空间结构优化: 以京沪高铁为例[J]. *资源科学*, 2015, 37(3): 581–592. [Wang D G, Niu Y, Chen T, et al. Optimizing tourist spatial structure for large scale regional metropolitan circles under the Beijing-Shanghai high-speed rail[J]. *Resources Science*, 2015, 37(3): 581–592.]
- [27] 丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 利用手机数据识别上海中心城的通勤区[J]. *城市规划*, 2015, 39(9): 100–106. [Ding L, Niu X Y, Song X D. Identifying the commuting area of Shanghai central city using mobile phone data[J]. *City Planning Review*, 2015, 39(9): 100–106.]
- [28] 钮心毅, 康宁, 李萌. 都市圈视角下的上海城市公共中心体系重构探讨[J]. *城市规划学刊*, 2019, (3): 42–49. [Niu X Y, Kang N, Li M. Reconstruction of Shanghai city public center system from the perspective of metropolitan area[J]. *Urban Planning Forum*, 2019, (3): 42–49.]
- [29] 张沛, 王超深. 大都市区空间范围的界定标准: 基于通勤率指标的讨论[J]. *城市问题*, 2019, (2): 37–43. [Zhang P, Wang C S. Standards of spatial scale of metropolitan area: Discussion based on the Commuter Rate Index[J]. *Urban Problems*, 2019, (2): 37–43.]
- [30] 赵鹏军, 胡昊宇, 海晓东, 等. 基于手机信令数据的城市群地区都市圈空间范围多维识别: 以京津冀为例[J]. *城市发展研究*, 2019, 26(9): 69–79. [Zhao P J, Hu H Y, Hai X D, et al. Identifying metropolitan edge in city clusters region using mobile phone data: A case study of Jing-Jin-Ji[J]. *Urban Development Studies*, 2019, 26(9): 69–79.]
- [31] 李维庆, 杜晶, 张璇, 等. 长江经济带交通网络通达性监测分析[J]. *应用科学学报*, 2018, 36(6): 978–986. [Li W Q, Du J, Zhang X, et al. Monitoring and analysis of traffic network accessibility of the Yangtze River Economic Zone[J]. *Journal of Applied Sciences*, 2018, 36(6): 978–986.]
- [32] 王晶晶, 毛力增, 张崎, 等. 京津冀区域交通运行一体化监测现状分析与策略研究[J]. *交通工程*, 2019, 19(S1): 48–52. [Wang J

J, Mao L Z, Zhang Q, et al. Research on integrated monitoring of traffic operations in the Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Journal of Transportation Engineering, 2019, 19(S1): 48-52.]

[33] 《中国公路学报》编辑部. 中国交通工程学术研究综述·2016[J].

中国公路学报, 2016, 29(6): 1-161. [Editorial Department of China Journal of Highway and Transport. Review on China's traffic engineering research process: 2016[J]. China Journal of Highway and Transport, 2016, 29(6): 1-161.]

## Implementation monitoring of territorial and spatial planning in metropolitan areas from the perspective of intercity functional linkages

NIU Xinyi, LI Kaike

(Shanghai Key Laboratory of Urban Renewal and Spatial Optimization Technology, College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Mobile positioning big data can play an important role in the implementation monitoring of territorial and spatial planning. Based on the theory of “space of flows”, the functional integration of metropolitan area is represented by intercity functional linkages in the area. The two intercity functional linkages of living-working and working-working are the signs of the functional integration of a metropolitan area. This study took Shanghai metropolitan area as an example, and proposed a set of methods for monitoring the functional integration of the metropolitan area with mobile positioning big data. First, mobile positioning big data can effectively quantify intercity functional linkages from intercity travels. Second, there are three application areas of mobile positioning big data in the implementation monitoring of territorial and spatial planning. The first is to delineate the scope of close connection in the metropolitan area using intercity functional linkages. The second is to describe and quantify the functional flow of resources brought by the industrial division in the metropolitan area. The third is to monitor the performance of transportation infrastructure in the metropolitan area. Finally, with functional integration as the goal, the spatial planning of the metropolitan area needs to be guided by a spatial system that supports intercity functional linkages. The system of “flow space” with intercity functional linkages should be one of the important contents of planning, implementation, monitoring, and evaluation.

**Key words:** metropolitan area; territorial and spatial planning; intercity functional linkages; mobile positioning big data; implementation monitoring; Shanghai