

长三角城际日常人口移动网络的格局与影响机制

唐锦玥^{1,2,4}, 张维阳^{1,2,3}, 王逸飞²

(1. 华东师范大学中国行政区划研究中心, 上海 200062; 2. 华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200241; 3. 华东师范大学崇明生态研究院, 上海 200241; 4. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要: 人口移动是城际要素流动和资源配置的主要载体, 是建构区域网络组织的主要形式。本研究关注人口移动的重要组分——短时间尺度48小时内城际日常移动(daily intercity mobility), 基于微博签到大数据, 通过分析长三角人口日常移动的城际格局发现, 人口流动具有向多核心极化的分布特征, 受到省级行政边界阻碍, 并存在明显的省际差异。通过重力模型进行反向验证, 对影响因素进行系统统计检验发现, 移动的时间等成本和产业结构、文化、教育等城市特征补充塑造了由物理距离决定的城际移动模式, 且相比于移动成本, 城市特征对人口移动有着更大的影响。本文拓展了重力模型检验网络影响机制的方法实践, 解析了城际日常移动机理, 并从人口日常移动角度为理解长三角一体化的进程与优化策略提供参考。

关键词: 人口移动; 城市网络; 格局; 机制; 重力模型; 长江三角洲

DOI: 10.11821/dlyj020190422

1 引言

人口移动是研究城际相互作用和联系的重要途径, 且是刻画区域空间结构的主要形式。通过人口移动和其附带的资本、知识、信息等各类要素的城际流动, 单个城市通过密集的城际联系形成网络化的区域组织模式, 并进一步推动城际互联互通, 逐步形成一体化的城市区域^[1]。因此, 对城际人口移动格局和机理的分析, 有助于刻画其所承载的城际商务合作、知识流动和基础设施互联互通的城际连接态势, 认清促进或阻碍城际要素流动的因素与机制, 对于凝练推动区域城际联系、促进要素资源合理配置的政策建议具有重要意义。特别是在长三角一体化上升为国家战略的时代背景下, 探讨长三角的城际日常流动, 能够对认清长三角一体化程度的现状、推动长三角城际联系的便捷化和同城化、加快一体化进程, 提供重要的科学背景参考。

对人口移动的模式刻画与机理解析一直是人文地理关注的主要话题之一。国外关于人口移动的研究相对较早, 提出了“推拉”理论、新古典经济学理论、双重劳动力市场理论、年龄-迁移率模型、四阶段模型等理论^[2,3]。如Herberle提出“推拉”理论, 认为人口迁移是由迁出地的“推力”和迁入地的“拉力”共同作用的结果, 如较高的生活水平

收稿日期: 2019-05-23; 修订日期: 2019-10-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41901186); 上海哲社青年课题(2018ECK009); 华东师范大学科研启动基金(2018ECNU-HLYT016)

作者简介: 唐锦玥(1999-), 女, 山东聊城人, 大学本科, 研究方向为产业发展与科技创新。
E-mail: tangjinyue@126.com

通讯作者: 张维阳(1989-), 男, 山东济宁人, 副教授, 研究方向为城市网络与多中心发展。
E-mail: wyzhang@re.ecnu.edu.cn

作为一种拉力可促进人口从农村流向城市^[4]。此外,国外研究还集中关注了移动特征的群体差异^[5,6]以及影响因素,包括人口社会经济属性^[6]、公共政策^[7]、宗教信仰^[8]、生态环境^[9]等。自老一辈地理学家关注人口分布格局及对区域发展的影响以来(如“胡焕庸线”的提出,揭示了中国人口分布东密西疏的重要特征),国内学者对人口的跨城市、跨区域移动的格局^[10,11]、演化^[1,12]、机理与模拟^[13,14]也进行了深入探讨。其中,关于国内人口移动的主要模式和特征,已有研究发现全国范围内人口主要由中西部流向东部沿海地区,省内流动比例较大、跨省流动较为集中,长三角、珠三角、京津冀地区城市是跨省人口流动的主要中心^[10]。而城市群内部(比如长三角城市群)人口流动空间分布不均衡^[1],具有明显层次、形成多级中心与流动体系^[15]。人口移动格局的影响因素方面,已有研究多单独或部分探讨空间距离^[16]、经济规模^[17]、预期收益和收入差异^[18]、产业结构^[16]、文化教育^[19]、人口密度^[20]等的影响。如赵梓渝基于2015年春运期间百度地图迁徙数据的实证分析表明经济发展类指标对人口流动产生深刻影响^[21];而王桂新则认为中国省际人口迁移模式主要受地理环境的区域结构、宜居条件及经济发展差异等宏观因素的影响,迁入地人均可支配收入和迁出地人口规模是迁移规模的主要影响因素^[22]。

人口移动研究的一个重要特征是对时间尺度选取的敏感性。采用不同时间间隔来界定人口移动映射了不同的出行动因,因而也会形成完全不一样的移动网络格局。比如,人口迁移是人口在两个地区之间的地理流动或者空间流动,通常会涉及到永久性居住地由迁出地到迁入地的变化^[2],反映的是城乡流动人口的迁移;对于氏族跨区域的历史迁徙的研究,反映的是历史移民的移动^[23];因居民工作地与居住地的分离而产生的离开居住地前往工作地的日常出行,反映的则是日常通勤的移动^[24];对于两日内城际出行的研究,则主要反映日常商务或旅行的移动^[25]。已有研究对这种具体移动类型的分类粗糙,多是长期或者短期出行行为的区分;对日常出行、商务出行、节假日出行等特定出行模式的研究相对薄弱。而日常出行等特定类型的出行行为恰恰是分析城际合作紧密度、城市引力范围、旅游市场腹地等实际问题的关键所在。另外,关于日常移动的已有研究多关注城市内部,对城际日常移动的关注相对较少。同时,已有城际研究多聚焦于分析春运、国庆等节假日期间休闲旅游和返乡探亲的人口流动^[21,26],而非节假日期间日常移动的相关研究较为缺乏。而这种城际日常移动映射的城际商务联系、资本流动或休闲旅游的多维复合叠加,对于探究城际联系和区域空间组织具有更重要的意义。

个体移动数据的缺乏是过去城际移动研究受限的主要原因。已有研究多基于人口普查等聚合数据进行整体迁移格局的刻画,及探讨背后反映的人文经济地理事项^[27]。由于个体层面移动数据的获取难度,关于城际日常移动的部分研究多是基于问卷调查的方式进行少样本的分析^[28]。近年来兴起的大数据研究及不断丰富数据获取手段使刻画大样本的城际移动模式成为可能。如基于百度大数据的春运流动人口研究^[29]、基于手机信令数据的大都市区范围划定^[30]等都为这种研究提供了范例。

综合以上实践和理论背景,本研究基于微博签到大数据的获取和处理,试图描绘长三角日常城际出行格局,并深入探究这种移动格局的形成机理。具体来说,研究基于2014年长三角微博用户的签到足迹信息,建立城际日常出行网络,从节点、联系和整体网络格局三个方面研究城际出行网络的格局;并从成本和收益的角度对城际移动的形成机理进行解释,将经济、交通、文化等多种潜在影响因素转化为城市间“距离”,通过反向的重力模型检验,对长三角城际人口移动的影响机制进行了系统分析。本文最后基于实证研究的发现,为促进长三角地区人口流动及一体化进程提出政策建议。

2 研究区概况、数据来源与方法

2.1 研究区概况

区域一体化发展是长三角地区区域发展的主要建设方向。从1982年提出以上海为中心建立长三角经济圈，到2016年长江三角洲城市群发展规划发布，长三角各市城际联系日益紧密，人口移动愈发频繁。特别是2018年长三角区域一体化上升为国家战略，《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》通过，使长三角地区的要素流动与互联互通迈入新的阶段。本文研究区域为规划纲要中限定的长江三角洲地域范围，包括上海市和江苏、浙江、安徽三省，地域面积35.8万 km² (图1)。

长三角地区经济社会发展水平较高。区域内人力资源丰富，2017年(下同)人口2.23亿，占全国总人口的1/6以上；经济基础雄厚，经济总量19.53万亿元，占全国经济总量的近1/4，是中国经济增长的重要引擎^[31]；人口日常移动频繁，形成上海、杭州、南京、合肥、徐州共5大都市圈，高铁等交通网络发达，一日交流圈覆盖面积较大^[32]。长三角地区工业化水平位于全国前列，工业生产总产值占地区生产总值的37.28%，产业结构完备；教育水平较高，6岁及6岁以上大专及以上学历人口占比较全国平均水平高出2.72%；方言种类繁多，有官话、闽语、吴语、徽语、赣语共5类方言大区^[33]。

2.2 数据来源

本文所用的主要数据为2014年微博签到数据。微博是国内除腾讯QQ、微信之外应用最多的社交网络平台，其提供的基于LBS (Location Based Service) 的签到行为可反映用户发布消息的位置和时间的信息，而在不同城市中使用多个标记信息的用户则具有反映其城市间移动性的潜力^[34]。假设一个用户连续两天在两个城市发布了签到记录，则认为其发生了一次移动。例如，一个微博用户在4月1日、2日、3日内分别在B、D、C三个城市签到，则认为其发生了由B到D、由D到C两次移动(图2)。基于API接口，收集了2014年1月至11月期间微博用户在长三角地区提交的所有地理标记记录，并反演出48小时内城际日常移动轨迹78万条。城际移动强度根据在每两个城市间发生移动的用户总量加和得到，例如，该时间段内上海与合肥间的符合48小时内移动假设的人口移动总量为65.56万人次，即两城市间日常人口移动数值为65.56万人^①。

此外，本文还使用了2018年铁路订票数据，2014年《区域经济统计年鉴》，以及中国各县方言归属数据。铁路订票数据为于2018年11月爬取携程旅行网得到的长三角地区

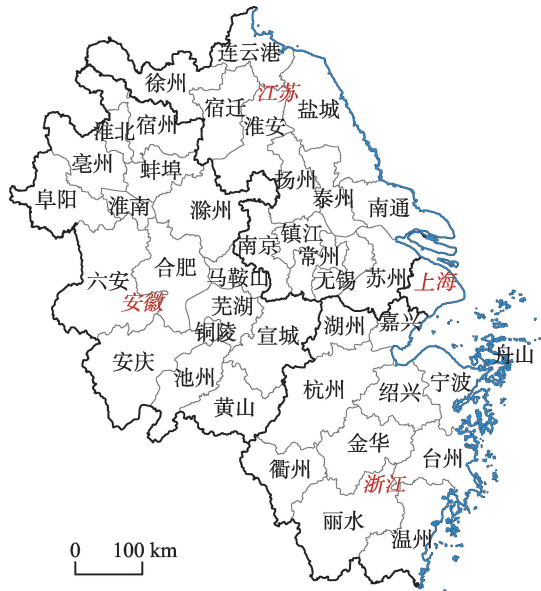


图1 长江三角洲区域范围

Fig. 1 Regional scope of the Yangtze River Delta

① 鉴于数据陈旧可能带来的分析结果有偏的问题，根据可获取的新浪微博用户发展报告，对比2014和2018年微博用户群体的年龄、性别等特征。研究发现，年龄组成上，2014年与2018年，用户均以20岁至35岁青年群体为主，占比分别约为72%、75%；性别组成上，男性占比分别约为61%、57%。因此，可以看出，2014—2018年，微博用户组成特征较相近，城际人口移动的基本组分未发生明显改变。

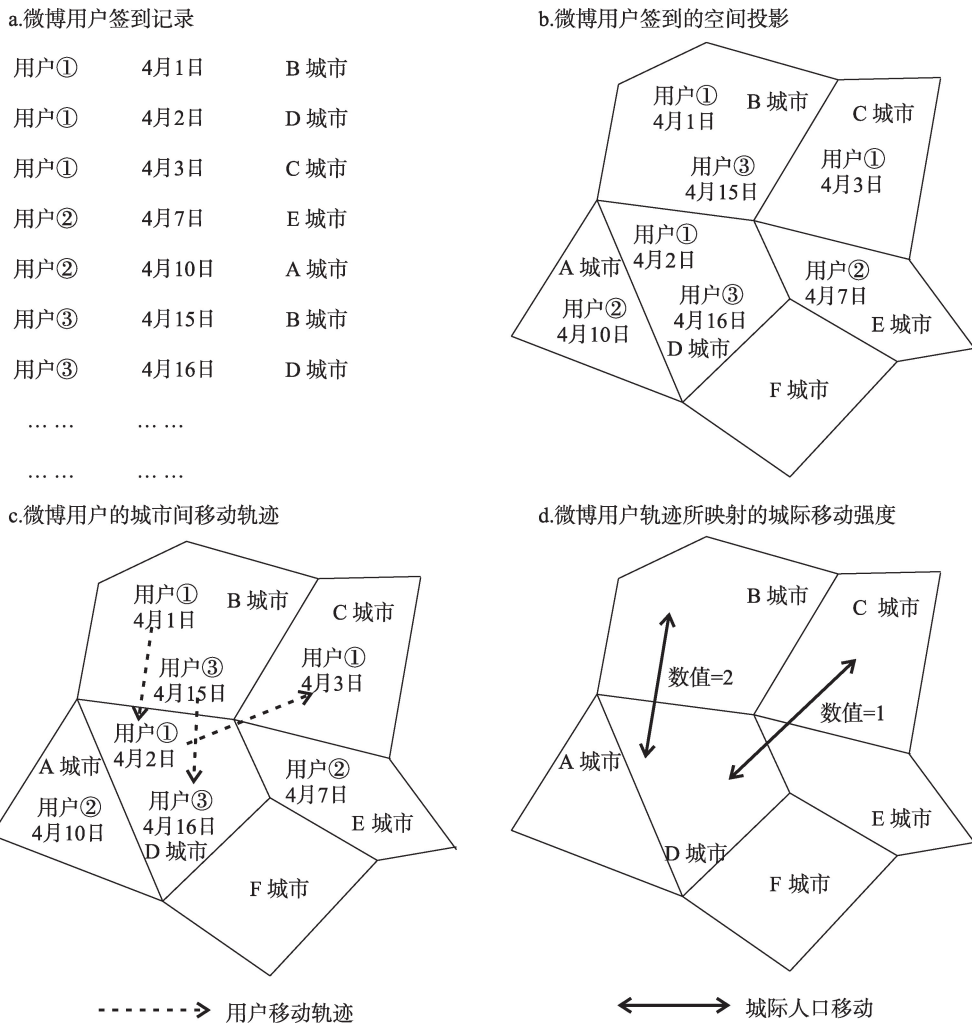


图2 微博签到数据映射城际日常移动的示例

Fig. 2 Example of inter-city trips based on Weibo users' geo-tagged records

各城市间的铁路车次及其票价、时长等信息数据；区域经济统计年鉴数据来自中国统计出版社；方言归属数据参考中山大学徐现祥团队依据《汉语方言大词典》整理所得的“1986年中国各县方言归属数据”^[33]。

2.3 研究方法

本文运用Clauset等人提出的基于模块度优化的贪婪算法，对长三角人口移动网络的社区结构进行探测和分析^[35]。此外，为了模拟城际连接、对多种要素进行综合分析，本文使用重力模型，将城市的人口规模视为质量，将城市间的空间、属性等差异转换为距离，反演长三角地区人口移动，并以此系统刻画和分析移动收益或成本等影响因素。

Zipf在借鉴物理学中牛顿重力公式的基础上，提出了关于迁移的重力模型^[36]。根据人口迁移理论，人口规模决定了移动的需求规模，城市间距离决定了移动的成本。该模型表明人口迁移量与两地人口的乘积成正比，与两地的距离成反比。人口流动模型的一般形式为：

$$F_{ij} = g \times P_i \times P_j \times D_{ij}^{-2} \tag{1}$$

式中： F_{ij} 是人口从*i*地到*j*地的迁移量； P_i 、 P_j 分别是*i*、*j*两地的人口规模； D_{ij} 为*i*、*j*两地的距离； g 是模型系数。

在基本模型的基础上，本文根据研究目的，在模型中加入城市“距离”多种指标，并取对数，将基本重力模型调整为：

$$\ln F_{ij} = C_0 + C_1 \ln Pop_i + C_2 \ln Pop_j + \sum C_n \ln D_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

式中： F_{ij} 为城市间人口移动规模； Pop_i 、 Pop_j 分别为城市*i*、城市*j*常住人口规模； D_{ij} 为城市间距离； C_0 为常数； C_1 、 C_2 、 C_n 等均为系数； ε_{ij} 为误差项。

3 城际日常移动影响因素的选取与研究假设

基于包括推拉理论在内的关于人口移动的国内外理论与研究结果分析，根据城际人口移动的成本与收益分析，将各因素划分为促进移动和抑制移动两类，总结得到两个假设并进行检验与分析。人口移动影响因素的概念框架见图3。

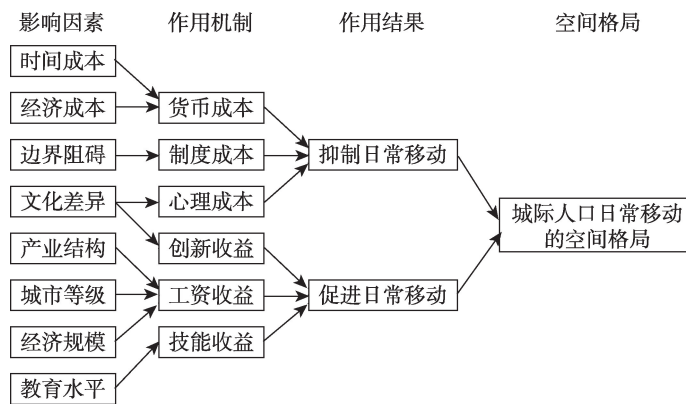


图3 人口移动影响因素的概念框架

Fig. 3 Conceptual framework for factors affecting population movement

3.1 抑制日常移动的因素

出行成本是影响城际移动决策行为的重要因素，主要包括时间可达性和经济可达性两个方面。从时间成本看，迁移所消耗的时间对城际人口迁移发生概率的提高起阻碍作用。高铁的快速发展使得沿线城市间交通便利、时间距离拉近，形成“同城效应”，而非沿线城市间的可达性与社会经济交流则未得到强化^[32]，城市间距离相对拉大。从经济成本看，票价即交通工具的出行成本决定了乘客的交通方式、机动能力与可达性水平，如高票价会带来出行成本增加，尤其会阻碍中低收入乘客的交通工具选择与出行^[37]。

边界的存在像一堵“无形的高墙”，阻碍了要素的跨区域流动和城际社会经济文化交流^[38]。与省内流动相比，不同省级行政区间制度壁垒会增加迁移成本，阻碍人的自由移动^[39]。如靳诚和陆玉麒研究发现，行政区边界阻碍了长三角区域旅游一体化的趋势^[40]。各省模糊的经济边界与清晰的行政边界形成对立，成为制约大中小城市协调发展的主要障碍^[41]，抑制了人口的跨界移动。

文化差异会对人口的城际移动产生影响。语言的相似性、同乡关系可促进生活就业信息的传递，提升在方言区内的工作搜寻效率和收入^[42]；强化个体在区内劳动力市场上的身份认同，扩展社会资本与社会网络^[43]，促进区内人口流动。但也有部分研究认为，

人口的跨方言区移动可因技能互补、思想交流而获取更高的收入回报^[44],跨城市学习、商务合作的移动动机增强。长三角地区有7个方言区、18个方言片,语言结构复杂,可对外来务工人员的就业和生活造成不便、阻碍人口流动。

假设一:时间、行政边界、文化等成本因素会抑制日常人口移动。

3.2 促进日常移动的因素

城市间产业结构的差异可对人口移动产生促进作用。长三角各城市产业结构差异较大,上海、南京、杭州等城市第三产业发展水平高、服务范围广,更易吸引商务人士参观学习、寻求合作。此外,产业结构转型使得各地经济对劳动力的需求改变,新兴的知识、技术密集型产业对于劳动力素质要求较高,需其他地区的高素质人才跨区域流动。如姚华松和许学强研究表明,20世纪90年代发达国家制造业比例下降、信息和生产性服务业上升,产业结构的差异使城市对劳动力的需求互补,人口通过城际移动来实现就业,经济结构转型影响了人口迁移流动方向和数量规模^[45]。

城市等级会对人口的城市间移动产生影响。首先,长三角地区高等级城市的溢出效应较强,同级小城市间投资消费结构、产业结构等要素的差异性与互补性较弱,且政府间出于官员晋升压力而在招商引资、土地出让等领域激烈竞争,影响了城市的空间关联^[41]。其次,直辖市、省会等城市往往聚集了各大公司的总部,因短期出差、业务往来而与周边小城市产生人口移动。另外,高等级城市承担的职能较多,因而游客等群体前往高等级城市获取小城市缺少的商品和服务。

对于流动人口来说,跨省迁移的机会成本与风险较高,需更高的收入来弥补迁移的成本^[27]。经济规模大的城市因规模经济、集聚经济效应,有更高的生产效率,劳动力的工资水平较高,对务工人口产生吸引。同时,大城市物价水平和生活成本较高,部分劳动者为降低生活成本、提高收入而选择在大城市工作、在周边小城市居住,并在两城市间通勤,促进城际日常人口流动。

当两个城市居民受教育水平相差较大时,一方面,教育水平较低的城市亟需高素质劳动力来推动经济发展、技术变革,城市可通过劳动力移动、商务合作来实现互补。如段成荣的研究表明,以识字率为表征的教育水平差异对实际省际迁移的正向影响作用显著^[12]。另一方面,平均教育水平不发达的城市,其政府官员、企业职员、在读学生等可前往其他城市,学习先进技术和知识,接受教育与培训,形成日常城际移动。

此外,如前所述,在文化差异大的城市间移动也会带来创新溢出,进而促使了人口移动的发生。因此文化对日常人口移动的影响是双向的。

假设二:产业、行政等级、经济、教育、文化等收益因素会促进日常人口移动。

本文关注迁入地与迁出地之间的空间距离及属性差异,借助重力模型对以上假设进行反向检验,将各影响因素转化为城市间“距离”后进行回归分析,如将边界效应转化为制度距离、并用两城市是否跨越省级行政区这一指标来表征,文化差异转化为文化距离、并用两城市是否跨越方言区指标来表征。采取重力模型的对数形式以检验假设,为避免对零值取对数无意义的问题产生,对制度距离、等级距离、文化距离3类变量在原数值上同时加1个单位,且不影响统计的鲁棒性^[46]。模型的变量设置见表1,描述性统计分析见表2。

4 长三角城际日常移动的格局模式

长三角地区人口流动呈现出以4个主中心、多个次中心为核心,核心与腹地之间联系相对均衡的分布格局,主要呈现以下特征:

表1 变量设计与预期效应

Tab. 1 Variable design and expected effect

变量板块	变量设置	变量设计	数据来源	预期效应	
因变量	人口流动	城市间的人口移动规模 (万人)	2014年微博签到大数据	~	
自变量	人口规模	起点人口	城市的常住人口规模 (万人)	2014年《区域经济统计年鉴》	+
		终点人口	城市的常住人口规模 (万人)	2014年《区域经济统计年鉴》	+
	物理距离	直线距离	地球表面上城市间最短距离 (km)	Google Earth测距	-
成本距离	时间距离		城市间所有铁路车次出行时间的平均值 (min)	2018年携程网铁路订票数据	-
		经济距离	城市间所有铁路车次出行票价的平均值 (元)	2018年携程网铁路订票数据	-
属性距离	制度距离	两城市是否跨越省级行政区 (是=1, 否=0)	~	-	
	等级距离	城市间行政等级差值的绝对值 (直辖市=3, 省会=2, 地级市=1)	~	+	
	规模距离	城市间GDP差值的绝对值	2014年《区域经济统计年鉴》	+	
	结构距离	城市间二产与三产之比差值的绝对值	2014年《区域经济统计年鉴》	+	
	教育距离	城市间人均受教育年限差值的绝对值	2010年第六次人口普查数据	+	
	文化距离	两城市是否跨越方言区 (是=1, 否=0)	1986年中国各县方言归属数据 ^[33]	+、-	

注：+、-、~ 分别表示变量的预期效应为正、负和内容缺失。

表2 描述性统计分析

Tab. 2 Descriptive statistical analysis

变量板块	变量设置	样本数	均值	最小值	最大值
因变量	人口流动	1588	0.96	-2.66	6.91
自变量	人口规模	1640	533.72	73.60	2415.15
		1640	533.72	73.60	2415.15
	物理距离	1640	5.80	3.33	6.91
成本距离	时间距离	1020	5.34	2.78	7.17
	经济距离	1020	4.57	2.52	6.11
属性距离	制度距离	1640	0.48	0.00	0.69
	等级距离	1640	0.15	0.00	1.10
	规模距离	1640	7.40	0.88	9.96
	结构距离	1640	-1.39	-7.72	0.80
	教育距离	1632	-0.53	-4.61	1.27
	文化距离	1640	0.46	0.00	1.00

4.1 人口移动的等级结构

按照度中心性大小, 可将长三角地区人口流动中心划分为4个等级 (表3)。其中, 一级人口流动中心为上海、杭州、苏州、南京; 二级中心发育较完善, 共有嘉兴、无锡、合肥、常州、宁波、镇江、金华7个城市, 且其多与周边小城市联系紧密, 形成了自身的腹地范围。

长三角地区缺乏强势的人口流动中心, 直辖市上海没有表现出突出的人口吸引能力与首位优势。地区内规模前40的人口流动通道中 (表4), 上海市与三省的联系通道占比较少, 以邻近的浙江、江苏两省为主, 与安徽联系较弱, 且辐射范围在江苏中部、浙江

表3 人口流动的等级结构

Tab. 3 Hierarchical structure of population movement

等级	度中心性	标准化度中心性	城市数量	城市名称
一级中心	>2000	>5	4个	上海、杭州、苏州、南京
二级中心	800~2000	2~5	7个	嘉兴、无锡、合肥、常州、宁波、绍兴、镇江
三级中心	400~800	1~2	9个	扬州、金华、湖州、泰州、南通、芜湖、徐州、滁州、温州
地方节点	<400	<1	21个	台州、马鞍山、盐城、黄山等其余城市

表4 人口流动的重要通道

Tab. 4 Main intercity connections for population movement

次序	城市	人口流动强度	次序	城市	人口流动强度
1	上海⇌苏州	6.908	21	上海⇌宁波	4.933
2	杭州⇌嘉兴	6.495	22	常州⇌镇江	4.926
3	上海⇌杭州	6.455	23	苏州⇌常州	4.878
4	上海⇌嘉兴	6.159	24	上海⇌常州	4.852
5	无锡⇌苏州	6.119	25	合肥⇌淮南	4.834
6	杭州⇌绍兴	5.903	26	上海⇌南通	4.785
7	上海⇌南京	5.750	27	苏州⇌南通	4.784
8	无锡⇌常州	5.624	28	南京⇌滁州	4.781
9	南京⇌苏州	5.529	29	宁波⇌绍兴	4.746
10	南京⇌镇江	5.520	30	南京⇌合肥	4.699
11	上海⇌无锡	5.503	31	合肥⇌安庆	4.661
12	杭州⇌金华	5.479	32	马鞍山⇌芜湖	4.634
13	杭州⇌宁波	5.426	33	合肥⇌芜湖	4.583
14	杭州⇌湖州	5.342	34	扬州⇌镇江	4.573
15	苏州⇌嘉兴	5.316	35	南京⇌徐州	4.519
16	南京⇌扬州	5.304	36	宁波⇌舟山	4.500
17	南京⇌无锡	5.302	37	无锡⇌泰州	4.483
18	南京⇌常州	5.267	38	南京⇌马鞍山	4.469
19	苏州⇌杭州	5.177	39	南京⇌淮安	4.446
20	南京⇌杭州	4.981	40	绍兴⇌金华	4.419

北部明显收缩,止于苏中扬州、浙北湖州一带。

4.2 人口移动的组团结构

运用社区探测方法对长三角人口移动网络的整体结构分析得到,网络的模块度为0.31,证实了社区结构的存在。长三角共被划分为三个社区(图4),不同颜色的节点代表城市分属不同的社区,同一社区内的城市往往有着更紧密的联系。社区结构空间分异明显,以上海和杭州、南京、合肥为中心的社区范围边界分别近似于浙江、江苏、安徽三省的省界,体现了省级边界对人口流动的屏蔽和对塑造城际移动格局的关键性作用。值得注意的是,上海、苏州、杭州三个节点中心度大的城市同属一个社区,这体现了空间临近、城市发展水平对城际人口流动的影响,即距离相近的区域大城市之间人口流动频繁,形成地区重要的流动通道。

4.3 人口移动的边界阻碍

区域尺度上,强的人口流动多发生于各省内部,省会城市与省内其他城市的联系紧

密；跨省流动较少，省级边界对人口移动的阻碍作用显著。规模前40的通道中，15条是三省省会城市与省内其他城市的联系通道（表4）。省会城市在人口流动体系中具有重要地位，与其他行政等级较低的城市形成明显的核心边缘结构。在规模前40的通道中，跨越省级行政区的仅有14条，且多为省会间的联系及距离较近的跨省联系，如苏州与嘉兴、南京与杭州等，这证实了省际边界对人口流动的阻碍作用。

4.4 人口移动的省际差异

省内尺度上，不同省份人口流动体系差异较大，浙江、江苏两省已经形成了较成熟的多级人口流动体系，安徽省流动体系则不完善。其中，浙江省人口流动体系为以杭州为中心的单中心结构，省内规模较大的通道有8条，以杭州为端点的有5条，腹地范围内无其他高等级中心；江苏省为双中心结构，规模较大的通道中有一半以上以南京或苏州为端点，即以南京、苏州为核心，周边有无锡、常州、镇江等二级中心，与外围地方节点城市共同构成省内等级分明、发展较成熟的人口流动体系；安徽省流动体系发育程度较低，规模较大的通道仅有4条，除合肥这一唯一的二级吸引中心之外，其余城市度中心性均较低、属于地方节点。本文发现的省内流动体系与已有研究结论是相符的^[9]。

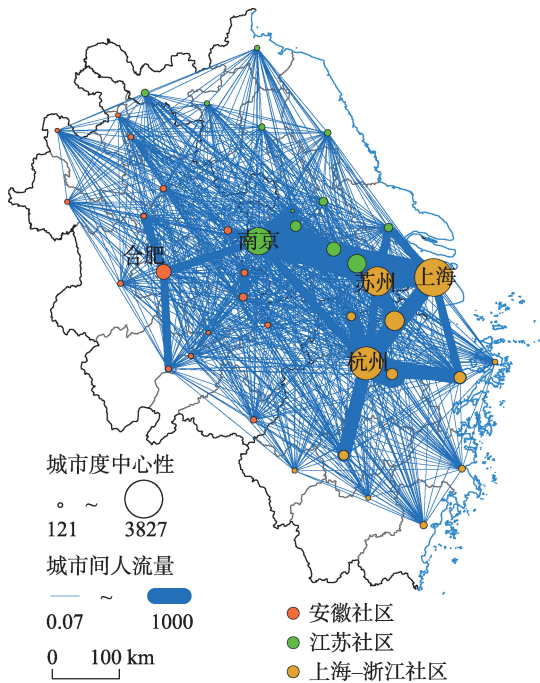


图4 人口流动的空间格局

Fig. 4 Spatial patterns of population movement

5 长三角城际日常移动的影响因素

逐步回归分析结果如表5，模型（1）为标准的重力模型，与预期相符，常住人口规模对城际人口迁移规模的影响为正，城市间直线距离的影响为负；模型（2）和模型（3）为依次引入成本因素、收益因素所得结果，经检验，变量的引入顺序对模型的估计结果无明显影响。为避免变量间可能存在共线问题，本文对变量进行多重共线性检验，得到VIF值均小于10，Mean VIF值为2.56、不明显大于1，即不存在严重的多重共线性。重力模型的拓展模型（表5，模型（3））解释度较大、达84.3%，模型的偏回归如图5（见第1176页），本文最终以此为基准模型，分析城际人口移动的影响机制。本文结论与有关城市人口迁移的部分文献结论相符，如人口规模^[9]、迁移成本^[47]会对人口移动产生影响。同时有诸多新的发现，如人口移动更容易发生在大城市与小城市之间、而非大城市间或小城市间，产业结构相近的两个城市更容易相互吸引和联系等。

5.1 抑制城际日常移动的因素

（1）时间和价格成本补充了物理距离所塑造的城际移动模式。经典重力模型中，城市间直线距离常用于分析距离对经济联系与社会交往等活动的影响，但其对人口移动的影响因交通运输系统的进步而减小。铁路的发展凸显了时空收缩效应，人口在城市间移

表5 逐步回归分析结果
Tab. 5 Results of stepwise regression analysis

变量板块	变量设置	移动规模模型 (1)	移动规模模型 (2)	移动规模模型 (3)
人口规模	起点人口	0.00181***	0.00171***	0.00126***
	终点人口	0.00181***	0.00171***	0.00126***
物理距离	直线距离	-2.54800***	-1.58006***	-1.58300***
成本距离	时间距离		-0.72200***	-0.51200***
	经济距离		-0.15700**	
属性距离	制度距离			-1.75900***
	等级距离			0.94700***
	规模距离			0.12600***
	结构距离			-0.16500***
	教育距离			0.09480***
	文化距离			0.28900***
常数项		13.73000***	13.12000***	11.15000***
样本量		1588	1022	1018
拟合度		0.72000	0.76200	0.84300

注: *、**、*** 分别表示变量在 90%、95% 和 99%置信水平上显著。

动的时间距离进一步拉近;高铁的开通扩大了一日交流圈,促进城市间社会经济交流。而铁路不发达的城市间距离则相对扩大,人口移动的机会成本上升、规模下降,因而时间成本对人口移动具有显著负效应。在对经济成本进行验证时,经济距离对移动有负向影响,但其在纳入其他变量后因p值过大而被剔除。可能原因是经济距离对不同社会经济属性的群体影响有所不同,低收入者对成本变化敏感,高收入者受票价影响较小,因而在涵盖所有群体的数据中未能得到明显的表现。

(2)省内人口移动显著较强,人口移动更易发生在不同文化归属的城市间。在人口移动的其他距离相同的情况下,与省内移动相比,跨省人口移动较弱。比如,当时间距离、规模距离、结构距离等相同时,江苏省内部两城市间人口移动与江苏、安徽间的移动相比,省内移动规模较大。边界效应的存在限制了人口要素的跨区域流动,阻碍了区域一体化进程。受行政区划的影响,不同省级行政区相对隔离。户籍制度、儿童入学制度等政策的不一致导致了制度壁垒、使人产生心理屏障,人口移动的无形成本较高。因而人口流动多集中于同一省级行政区之内,跨行政区的移动数量较少。

对于文化差异,本文实证得到,跨方言区可促进人口日常移动的形成,这与部分已有研究相悖^[11,42,43]。虽然语言相似、血缘或同乡关系较多被认为可提高就业机会和收入,但一方面,长三角地区外来人口比例较高,对原有的社会结构与人脉关系产生冲击;另一方面,文化的交流、传播及普通话的推广使得方言的重要性下降,人口跨方言区移动的成本降低。此外,方言与文化的差异给人带来的跨文化交际、知识与信息交换、思想与观念碰撞可促进创新与灵感的产生,跨方言区移动给个人带来的收益有所增加,并促进以商务合作、知识信息交流为目的的城际人口移动规模增大。因而人口的移动不再限于其所在的文化区内部,而是倾向于跨文化区移动,人口移动的网络结构也相应发生变化。

5.2 促进城际日常移动的因素

(1)经济规模与行政等级的差异越大,城市间人口移动越强。规模距离变量是衡量经济规模、社会经济水平差异大小的指标,即两城市间经济体量差异越大,人口移动越

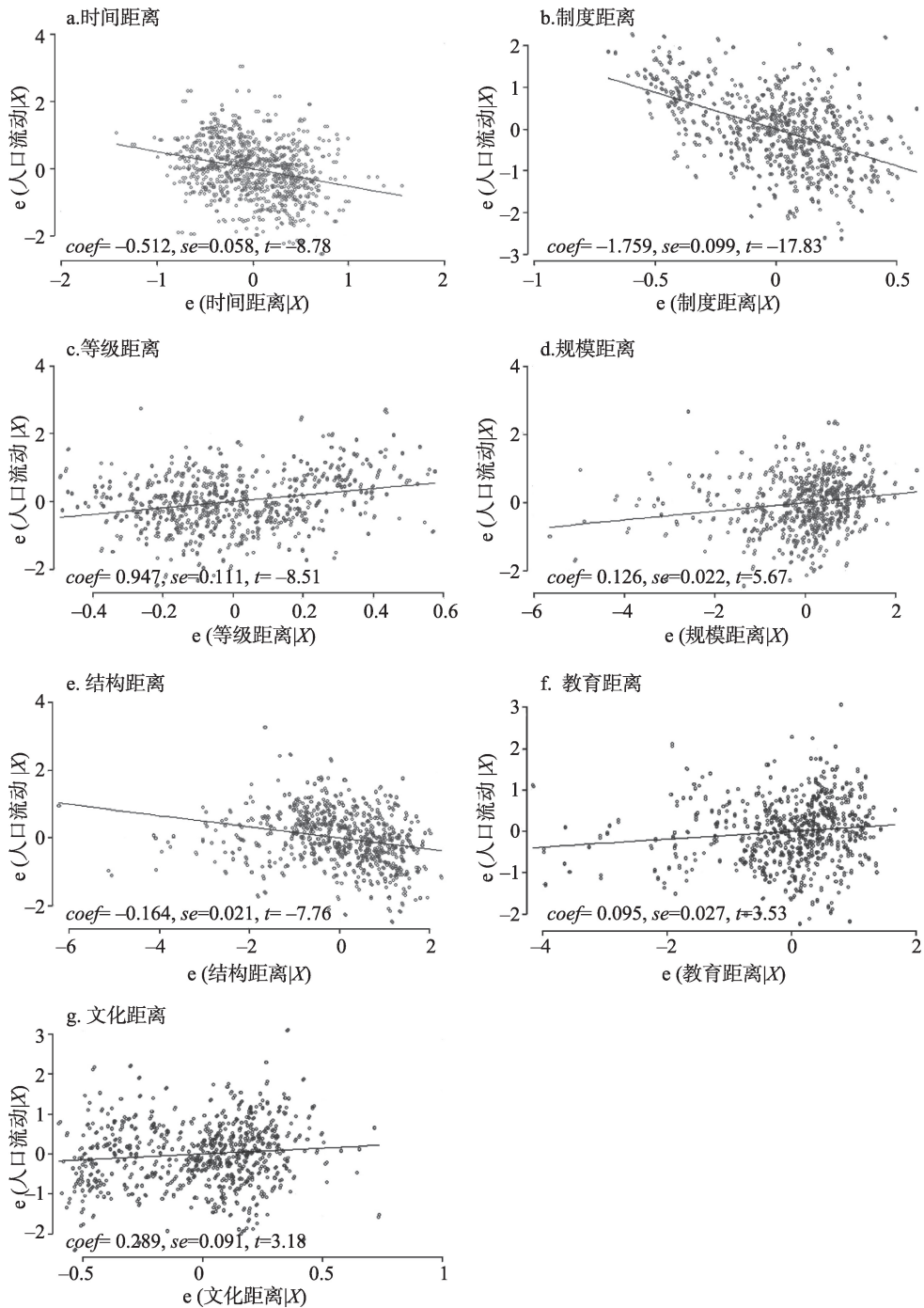


图5 重力模型的偏回归图

Fig. 5 Partial regression graph of gravity model

强。长三角地区城市间的生产总值差异较大，经济规模大、社会经济水平高的城市就业机会更加多样化、资本集聚密集、公共服务更为优质，劳动者在城市中更容易得到就业机会，获取较高的劳动报酬与生活质量。

长三角城市群内,高等级城市集聚效应与规模效益较强,行政等级高、政治资源丰富,且大城市利好的人才政策会刺激周边小城市的人口移动,因而人口倾向于在高等级城市与小城市之间进行移动,以从大城市的资源禀赋中受益。同层级大城市间、小城市间因城市等级相同、政治地位相近,地方政府出于晋升压力而在经济发展、招商引资、劳动力吸引等方面展开激烈竞争,城市间人口移动较弱。

(2) 产业结构的差异会抑制城际移动,教育水平的差异则可促进移动。结构距离变量是城市二、三产业产值的比值之差,用于衡量产业结构差异大小。对于产业结构相似的两个城市,为获取合作者、合作企业的资源与经验,企业、个体的城际合作与交流较多,人口日常移动频繁。另外,产业结构相似的城市往往发展阶段、规划理念相近,人们为短期商务出行、旅游而跨城市移动所需克服的心理、生活等适应障碍更小,日常移动更容易发生。产业结构的差异会抑制人口移动与部分已有研究相悖^[45,48],本文的实证发现,虽然产业结构差异为劳动力移动提供了条件,但其多针对长时间尺度的人口迁移。而对于短时间内的日常移动来说,产业结构相似的城市间商务合作、学习交流更为频繁。

人口教育水平差异越大,城市间移动强度越强。人口移动是基于经济效益、个人前途等角度的考虑而做出的理性选择,其趋利性贯穿于整个移动过程。在教育水平低的城市,劳动力市场上高素质人才相对稀缺,外地优质劳动力在该城市具有竞争优势,容易获得就业机会和更高的收入,因而产生移动的动机。而该城市的劳动力可通过前往其他城市获得新的知识、经验与技能,倾向于向高教育水平的城市移动。

6 结论

人口移动是研究城际相互作用和联系的重要途径,且是刻画区域空间结构的主要形式。在长三角一体化上升为国家战略的时代背景下,探讨长三角的城际日常流动可为加快一体化进程提供重要的科学背景参考。关于城际人口移动的已有研究多关注长时间尺度的人口迁移,对于短时间尺度的城际日常移动研究较少,而这种移动映射了城际商务联系、资本流动或休闲旅游等行为,对于探究城际联系和区域空间组织具有重要意义。此外,已有研究多使用问卷、统计年鉴等传统数据和方法,基于大数据的有关研究较少。而近年来大数据研究的兴起及数据获取方法的丰富使刻画个体的城际移动模式成为可能,为深化网络空间关系的解读提供契机。本研究利用长三角微博签到大数据,反演长三角日常城际人口移动格局,在系统分析潜在影响因素的基础上,通过重力模型“距离变量”的反向检验,对长三角城际人口移动的影响机制进行了系统分析。

关于长三角日常城际移动格局,研究发现,按照度中心性大小,人口流动中心可被划分为4个等级;地区缺乏强势的人口流动中心,上海市未表现出区域首位城市的巨大优势;强的人口流动多发生于各省内部,跨省流动较少;不同省份人口流动体系差异较大,浙江、江苏两省已经形成了较为成熟的多级人口流动体系,安徽省人口流动体系则有待完善。通过对影响因素的系统统计检验,研究表明,时间和价格成本补充了物理距离所塑造的城际移动模式;省内人口移动显著较强,人口移动更易发生在不同文化归属的城市间;经济规模与行政等级的差异越大,城市间人口移动越强;产业结构的差异会抑制城际移动,教育水平的差异则可促进移动。

本文对推动长三角一体化进程具有一定借鉴意义。第一,构建人口移动的多级体系,发挥直辖市与省会城市的空间溢出效应、集聚效应、人口吸引与释放作用,加快区

域及地方的人口流动体系构建。第二,各级政府应加快城际快速交通网络的建设,强化高铁等快速交通对人口流动的带动作用,缩短城际移动的时间与成本。第三,鼓励跨文化、跨方言区的交流交往,打破文化区边界,推动长三角城际间文化互联互通。第四,弱化省级行政区行政界限对要素流动的限制,弱化区域内各省市之间的户籍制度、医疗卫生、儿童入学等制度屏障,促进人口自由流动。

日常人口移动所反映的商务合作、资本流动、知识传播、旅游活动等为分析区域空间组织结构提供了一个视角,对理解区域一体化具有重要意义。本文用网络科学的视角重新认识区域日常城际人口移动特征,对人口移动的网络模式进行了解读,对其影响机制进行了验证。然而,微博签到数据只获取了微博用户的出行特征,对于人口移动的整体地域网络系统及其形成进行分析,难免存在一定偏误。且不同目的、不同流动时长、不同人口特征的人口移动影响因素可能存在差异,而微博签到数据无法获取微博用户的社会经济属性等个体特征,使得本文无法对各种类型的人口移动进行细致地区分。另外,人口移动是有方向的,本文将其当作无向处理,未分析各个因素会对城市间人口流向造成的影响。因此,一方面,未来研究需加强对人口移动数据的获取,增强数据所包含的信息的丰富程度;另一方面,需更加全面地分析和揭示人口移动的网络及其空间结构形成的内在机理,从多尺度、多体系、多源数据的综合视角研究城际日常人口移动。

致谢:感谢中科院地理科学与资源研究所王江浩副研究员在数据保障方面提供的支持;感谢两位匿名评审专家在论文评审中所付出的时间和精力,评审专家对本文研究思路 and 结果分析等方面的修改意见,使本文获益匪浅。

参考文献(References)

- [1] 王珏,陈雯,袁丰.基于社会网络分析的长三角地区人口迁移及演化.地理研究,2014,33(2):385-400. [Wang Jue, Chen Wen, Yuan Feng. Human mobility and evolution based on social network: An empirical analysis of Yangtze River Delta. Geographical Research, 2014, 33(2): 385-400.]
- [2] 董上,蒲英霞,马劲松,等.中国省际人口迁移的复杂网络研究.南方人口,2014,29(2):54-61. [Dong Shang, Pu Yingxia, Ma Jinsong, et al. A study of the complex network of China's interprovincial migration. South China Population, 2014, 29(2): 54-61.]
- [3] Watts S J. A model of the rural settlement process: The rural community and population mobility in the Ilorin area of Nigeria. Journal of Economic and Social Geography, 1985, 76(3): 216-222.
- [4] Herberle R. The causes of rural-urban migration: A survey of German theories. American Journal of Sociology, 1938, 43(6): 932-950.
- [5] Guereño-Omil B, Hannam K, Alzua-Sorzabal A. Cross-border leisure mobility styles in the Basque Eurocity. Leisure Studies, 2014, 33(6): 547-564.
- [6] Lin G C S, Tse P H M. Flexible sojourning in the era of globalization: Cross-border population mobility in the Hong Kong-Guangdong border region. International Journal of Urban and Regional Research, 2005, 29(4): 867-894.
- [7] Taylor J. Public policy and aboriginal population mobility: Insights from the Katherine region, Northern Territory. The Australian Geographer, 1989, 20(1): 47-53.
- [8] Jeans D N, Kofman E. Religious adherence and population mobility in 19th century New South Wales. Australian Geographical Research, 1972, 10(2): 193-202.
- [9] Hugo G J. Changing patterns and processes of population mobility. In: Jones G W and Hull T H (eds.), Indonesia Assessment: Population and Human Resource. Singapore: Institute of Southeast Asian Studies, 1997: 68-100.
- [10] 劳昕,沈体雁.中国地级以上城市人口流动空间模式变化:基于2000和2010年人口普查数据的分析.中国人口科学,2015,(1):15-28,126. [Lao Xin, Shen Tiyan. Spatial pattern changes of China's internal migration to prefectural and higher level cities: Evidence from the 2000 and 2010 population census data. Chinese Journal of Population Science, 2015, (1): 15-28, 126.]
- [11] 李扬,刘慧,汤青.1985-2010年中国省际人口迁移时空格局特征.地理研究,2015,34(6):1135-1148. [Li Yang, Liu

- Hui, Tang Qing. Spatial-temporal patterns of China's interprovincial migration during 1985-2010. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1135-1148.]
- [12] 段成荣, 杨炯, 张斐, 等. 改革开放以来我国流动人口变动的九大趋势. *人口研究*, 2008, (6): 30-43. [Duan Chengrong, Yang Ge, Zhang Fei, et al. Nine trends of China's floating population since the reform and opening up. *Population Research*, 2008, (6): 30-43.]
- [13] 古恒宇, 沈体雁, 刘子亮, 等. 基于空间滤波方法的中国省际人口迁移驱动因素. *地理学报*, 2019, 74(2): 222-237. [Gu Hengyu, Shen Tiyan, Liu Ziliang, et al. Driving mechanism of interprovincial population migration flows in China based on spatial filtering. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 222-237.]
- [14] 蒲英霞, 韩洪凌, 葛莹, 等. 中国省际人口迁移的多边效应机制分析. *地理学报*, 2016, 71(2): 205-216. [Pu Yingxia, Han Hongling, Ge Ying, et al. Multilateral mechanism analysis of interprovincial migration flows in China. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(2): 205-216.]
- [15] 朱杰. 长江三角洲人口迁移空间格局、模式及启示. *地理科学进展*, 2009, 28(3): 353-361. [Zhu Jie. Spatial structure, mode and the meaning of population migration in the Yangtze River Delta. *Progress in Geography*, 2009, 28(3): 353-361.]
- [16] 李树茁. 中国80年代的区域经济发展和人口迁移研究. *人口与经济*, 1994, (3): 3-8+16. [Li Shuzhuo. Study on China's regional economic development and population migration in the 1980s. *Population & Economics*, 1994, (3): 3-8+16.]
- [17] Clark G L, Gertler M. Migration and capital. *Annals of the Association of American Geographers*, 1983, 73(1): 18-34.
- [18] 朱农. 论收入差距对中国城乡迁移决策的影响. *人口与经济*, 2002, (5): 10-17. [Zhu Nong. The impacts of income gaps on rural-urban migration decisions in China. *Population & Economics*, 2002, (5): 10-17.]
- [19] 杨云彦, 陈金永, 刘塔. 中国人口迁移: 多区域模型及实证分析. *中国人口科学*, 1999, (4): 20-26. [Yang Yunyan, Chan Kam Wing, Liu Ta. Population migration in China: Multi-region model and empirical analysis. *Chinese Journal of Population Science*, 1999, (4): 20-26.]
- [20] 段成荣. 省际人口迁移迁入地选择的影响因素分析. *人口研究*, 2001, (1): 56-61. [Duan Chengrong. Influencing factors of destination choice of China's inter-provincial migration. *Population Research*, 2001, (1): 56-61.]
- [21] 赵梓渝, 魏冶, 杨冉, 等. 中国人口省际流动重力模型的参数标定与误差估算. *地理学报*, 2019, 74(2): 203-221. [Zhao Ziyu, Wei Ye, Yang Ran, et al. Gravity model coefficient calibration and error estimation: Based on Chinese interprovincial population flow. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 203-221.]
- [22] 王桂新, 潘泽瀚, 陆燕秋. 中国省际人口迁移区域模式变化及其影响因素——基于2000和2010年人口普查资料的分析. *中国人口科学*, 2012, (5): 2-13+111. [Wang Guixin, Pan Zehan, Lu Yanqiu. China's inter-provincial migration patterns and influential factors: Evidence from year 2000 and 2010 population census of China. *Chinese Journal of Population Science*, 2012, (5): 2-13+111.]
- [23] 龚胜生, 于颖. 湘阴县氏族移民地理研究(121-1735年). *地理研究*, 2006, (6): 1096-1106. [Gong Shengsheng, Yu Ying. A geographic research on the immigrating clans of Xiangyin county during A.D.121-1735. *Geographical Research*, 2006, (6): 1096-1106.]
- [24] 张艳, 柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究. *地理研究*, 2009, 28(5): 1327-1340. [Zhang Yan, Chai Yanwei. Characteristics of commuting pattern in Beijing: Based on the comparison of different urban residential areas. *Geographical Research*, 2009, 28(5): 1327-1340.]
- [25] Zhang W, Derudder B, Wang J, et al. Regionalization in the Yangtze River Delta, China, from the perspective of intercity daily mobility. *Regional Studies*, 2018, 52(4): 528-541.
- [26] 赵梓渝, 魏冶, 庞瑞秋, 等. 中国春运人口省际流动的时空与结构特征. *地理科学进展*, 2017, 36(8): 952-964. [Zhao Ziyu, Wei Ye, Pang Ruiqiu, et al. Spatiotemporal and structural characteristics of interprovincial population flow during the 2015 Spring Festival travel rush. *Progress in Geography*, 2017, 36(8): 952-964.]
- [27] 刘晏伶, 冯健. 中国人口迁移特征及其影响因素: 基于第六次人口普查数据的分析. *人文地理*, 2014, 29(2): 129-137. [Liu Yanling, Feng Jian. Characteristics and impact factors of migration in China: Based on the analysis of the sixth census data. *Human Geography*, 2014, 29(2): 129-137.]
- [28] 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. *地理学报*, 2013, 68(2): 159-174. [Wu Kang, Fang Chuanglin, Zhao Miaoxi, 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. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2): 159-174.]
- [29] 魏冶, 修春亮, 王绮, 等. 中国春运人口流动网络的富人俱乐部现象与不平衡性分析. *人文地理*, 2018, 33(2): 124-129. [Wei Ye, Xiu Chunliang, Wang Qi, et al. Rich-club phenomenon and disequilibrium of China's population flow network during Spring Festival travel period. *Human Geography*, 2018, 33(2): 124-129.]

- [30] 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. 地理学报, 2018, 73(10): 1896-1909. [Wang De, Gu Jiahuan, Yan Longxu. Delimiting the Shanghai metropolitan area using mobile phone data. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 1896-1909.]
- [31] 中国国家统计局. 中国统计年鉴 2018. 北京: 中国统计出版社, 2018. [National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook 2018*. Beijing: China Statistics Press, 2018.]
- [32] 汪德根, 章鋈. 高速铁路对长三角地区都市圈可达性影响. 经济地理, 2015, 35(2): 54-61+53. [Wang Degen, Zhang Yun. The influence of high-speed railways on accessibility of Yangtze River Delta region's metropolitans. *Economic Geography*, 2015, 35(2): 54-61, 53.]
- [33] 刘毓芸, 徐现祥, 肖泽凯. 劳动力跨方言流动的倒U型模式. 经济研究, 2015, 50(10): 134-146+162. [Liu Yuyun, Xu Xianxiang, Xiao Zekai. The pattern of labor cross-dialects migration. *Economic Research Journal*, 2015, 50(10): 134-146+162.]
- [34] Zhang W, Derudder B, Wang J, et al. Using location-based social media to chart the patterns of people moving between cities: The case of Weibo-users in the Yangtze River Delta. *Journal of Urban Technology*, 2016, 23(3): 91-111.
- [35] Clauset A, Newman M E J, Moore C. Finding community structure in very large networks. *Physical Review E*, 2004, 70(6): 066111.
- [36] Zipf G K. The P1 P2/D hypothesis: On the intercity movement of persons. *American Sociological Review*, 1946, 11(6): 677-686.
- [37] 蒋海兵, 张文忠, 祁毅, 等. 高速铁路与出行成本影响下的全国陆路可达性分析. 地理研究, 2015, 34(6): 1015-1028. [Jiang Haibing, Zhang Wenzhong, Qi Yi, et al. The land accessibility influenced by China's high-speed rail network and travel cost. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1015-1028.]
- [38] 王成龙, 刘慧, 张梦天. 行政边界对城市群城市用地空间扩张的影响: 基于京津冀城市群的实证研究. 地理研究, 2016, 35(1): 173-183. [Wang Chenglong, Liu Hui, Zhang Mengtian. The influence of administrative boundary on the spatial expansion of urban land: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Geographical Research*, 2016, 35(1): 173-183.]
- [39] 巫强, 朱姝, 安修伯. 中国劳动力流动存在省际边界壁垒吗? 基于居住证数据的实证研究. 中国经济问题, 2016, (6): 3-13. [Wu Qiang, Zhu Shu, An Xiubo. Does the provincial boundary barrier exists in the Chinese labor flow: An empirical research based on the data of temporary residence permit. *China Economic Studies*, 2016, (6): 3-13.]
- [40] 靳诚, 陆玉麒. 区域旅游一体化进程中边界效应的量化研究: 以长江三角洲地区入境旅游为例. 旅游学刊, 2008, (10): 34-39. [Jin Cheng, Lu Yuqi. A quantitative study on boundary effect in the course of regional tourism integration: Taking inbound tourism in Yangtze River Delta region as an example. *Tourism Tribune*, 2008, (10): 34-39.]
- [41] 孙斌栋, 丁嵩. 大城市有利于小城市的经济增长吗? 来自长三角城市群的证据. 地理研究, 2016, 35(9): 1615-1625. [Sun Bindong, Ding Song. Do large cities contribute to economic growth of small cities? Evidence from Yangtze River Delta in China. *Geographical Research*, 2016, 35(9): 1615-1625.]
- [42] 严善平. 中国省际人口流动的机制研究. 中国人口科学, 2007, (1): 71-77, 96. [Yan Shanping. Inter-provincial migration and its determinants in the 1990's China. *Chinese Journal of Population Science*, 2007, (1): 71-77, 96.]
- [43] 戴亦一, 肖金利, 潘越. “乡音”能否降低公司代理成本? 基于方言视角的研究. 经济研究, 2016, 51(12): 147-160, 186. [Dai Yiyi, Xiao Jinli, Pan Yue. Can “local accent” reduce agency cost?: A study based on the perspective of dialects. *Economic Research Journal*, 2016, 51(12): 147-160, 186.]
- [44] 金江, 孟勇, 张莉. 跨方言区流动、自选择与劳动力收入. 统计研究, 2018, 35(8): 94-103. [Jin Jiang, Meng Yong, Zhang Li. Cross-dialect migration, self-selection, and income. *Statistical Research*, 2018, 35(8): 94-103.]
- [45] 姚华松, 许学强. 西方人口迁移研究进展. 世界地理研究, 2008, 17(1): 154-166. [Yao Huasong, Xu Xueqiang. Progress of research on migration in western countries. *World Regional Studies*, 2008, 17(1): 154-166.]
- [46] Box G E P, Cox D R. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 1964, 26(2): 211-243.
- [47] 俞路, 张善余. 基于空间统计的人口迁移流分析: 以我国三大都市圈为例. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2005, (5): 25-31, 122. [Yu Lu, Zhang Shanyu. An analysis of the population resettlement flow based on the integration of spatial statistics: A case study of three megalopoles in contemporary China. *Journal of East China Normal University (Philosophy and Social Sciences)*, 2005, (5): 25-31, 122.]
- [48] 王国霞, 李曼. 省际人口迁移与制造业转移空间交互响应研究. 地理科学, 2019, 39(2): 183-194. [Wang Guoxia, Li Man. The spatial interaction between inter-provincial migration and manufacturing industry transfer. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(2): 183-194.]

The pattern and influencing factors of daily population movement network in the Yangtze River Delta

TANG Jinyue^{1,2,4}, ZHANG Weiyang^{1,2,3}, WANG Yifei²

(1. Research Center for China Administrative Division, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

3. Institute of Eco-Chongming, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

4. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Population movement is the main carrier of inter-city factor flow and resource allocation. It is also one of the main forms of regional network construction. As the Yangtze River Delta integration has become a national strategy, in order to promote inter-city population movement and regional integration, it is of great importance to recognize the pattern of population movement and analyze the influencing factors. This study focuses on the inter-city daily mobility within 48 hours, one of the important components of population movement, based on the Weibo sign-in data. It analyzes the pattern of inter-city population movements in the Yangtze River Delta, applying the gravity model to test influencing factors, from perspectives of movement cost and city characteristics. The results indicate that: (1) population movements in the study area have multiple cores, and connections between cores and their hinterlands are relatively balanced. In addition, there are three communities in this region, and Shanghai, Suzhou and Hangzhou belong to the same community. (2) Strong population movements occur within each province, and population movement systems of the three provinces are different. Zhejiang and Jiangsu provinces have formed a relatively mature multi-level population mobility system, while the population mobility system in Anhui Province needs to be improved. (3) Movement cost and city characteristics complement the inter-city mobility model shaped by physical distances, and compared with movement cost, city characteristics have a greater impact on population movement. (4) Compared with the inter-province movement, population movements within each province are stronger, and are more likely to occur between cities with different cultures. The greater the differences between the two cities, regarding economic scale and administrative level, the stronger the population movements between them. Besides, differences in industrial structure will inhibit intercity mobility, while differences in education level can promote mobility. This paper expands the applications of the gravity model, analyzes inter-city daily movement mechanism, and provides references for understanding the process of the Yangtze River Delta integration, as well as optimizes policies from the perspective of daily population movement.

Keywords: population movement; urban networks; pattern; mechanism; gravity model; Yangtze River Delta