

泛长三角人口流动网络及其特征研究¹

赵落涛¹、曹卫东^{1, 2}, 魏 冶³, 张 宇¹

(1. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241002;

2. 安徽师范大学 城市与区域规划研究中心, 安徽 芜湖 241002;

3. 东北师范大学 地理科学学院, 吉林 长春 130024)

【摘要】：作为中国人口流动最活跃的泛长三角地区，其人口流动特征与规律无疑具有典型代表性。基于 2015 年全国流动人口动态监测数据和 2015 年春运百度迁徙数据，引入复杂网络分析中的度、中心度、聚类系数和平均路径长度等概念模型，运用 GIS 网络分析以及 Gephi 网络数据可视化处理分析软件对泛长三角人口流动复杂网络进行分析。研究发现：（1）兼有小世界性和无标度性特征的泛长三角人口流动复杂网络已经形成。（2）该网络具有明显的层级特征，形成了以上海、苏州、杭州、南京为中心的“一主三副”多核心网络。上海、苏南、以及浙东北地区网络联系较强、关联程度较高；浙西南和皖北地区网络联系较强，但关联程度较低；苏北、苏中、皖中以及皖南地区网络联系较弱、关联程度较低。（3）在研究区域内，流入人口呈现“Z”形和“M”形空间分布。上海市始终是人口“净”流入状态，江苏省人口流入以区域内流动为主，浙江省以省外流入为主，安徽省是人口净流出大省。研究一方面有助于归纳总结发达地区人口流动特征、丰富人口迁移的有关理论，另一方面也为科学判断泛长三角人口流动趋势、实现人口有序流动、促进区域可持续健康发展提供理论借鉴。

【关键词】：泛长三角；人口流动；复杂网络

【中图分类号】：K901.3 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1004-8227（2018）04-0705-10

【DOI】：10.11870/cjlyzyyhj201804002

改革开放以来，伴随着我国户籍管理制度的变革以及城市化的快速发展，人口流动规模得以逐步扩大，而大规模的人口流动也为我国工业化和现代化的建设提供了丰富的劳动力资源。人口流动作为社会经济现象，其流动规模和分布格局的动态演化将会直接影响到区域间资源的再分配、区域内经济结构的调整和城乡社会生活方式的重塑。

人口流动不仅是人口地理学的主要内容，也是研究城市间相互联系的重要途径之一。国外学者侧重于人口流动对区域发展的影响分析，认为人口流动会扩大区域发展差异^[1, 2]、人口流动会缩小区域发展差异^[3~5]以及人口流动对区域发展差异的影响具有复杂性^[6~8]。同时，国内相关学者也对这 3 种代表性观点进行了深入分析^[9~15]。此外，国内学者还基于不同方法和不同研

¹[收稿日期]：2017-06-14；[修回日期]：2017-07-17

[基金项目]：国家自然科学基金项目（41571124）

[作者简介]：赵落涛（1993~），男，硕士研究生，主要从事区域发展与城乡规划研究。E-mail: lezhanglw@163.

[通讯作者]：E-mail: weidongwh@163.com

究尺度对人口流动的空间结构进行了大量实证分析,臧玉珠^[16]、王钰^[17]基于社会网络分析视角分别对中国省际和长三角地区人口流动空间格局演化进行了相关研究;周捷等运用人口重心法研究了北上广等特大城市的人口流动空间分布及其演化^[18];张苏北等基于人口迁移指数对安徽省人口迁移的空间特征进行了研究^[19];敖荣军等基于全国人口普查数据对湖北省县域迁入人口空间分布格局及其影响因素进行了分析^[20]。

近年来,随着复杂网络分析在地理学领域兴起,国外学者已经展开了大量实证分析^[21~23];而国内学者对其研究成果相对较少。侯贺平等^[24]基于改进辐射模型对荆门市的乡镇人口流动网络进行了研究;董上等^[25]运用复杂网络分析方法对中国省际人口流动进行了研究。同时地理行为大数据因其在样本量大、数据多元和分析预测性强等方面具有传统数据无法比拟的优势,已经越来越成为人口流动研究的重要数据来源,部分学者尝试结合复杂网络分析方法和地理大数据对人口流动展开实证分析。刘望保等^[26]、蒋小荣等、魏冶等^[28]、赵梓渝等^[29]基于百度迁徙数据分别对中国城市间人口日常流动空间格局、城市人口流动网络以及我国城市网络格局进行了探索性研究。

透过已有研究不难发现,以往研究数据多来源于统计年鉴,时效上存在滞后性,难以反映当前中国快速城镇化背景下流空间的变化特征与城市间日益复杂的交互关系;已有研究尺度多集中于省际单元,而对区域内部等中观尺度的研究偏少;已有研究内容主要集中于人口空间分布格局及其影响因素,而对人口流动网络关注较少;同时,国内还没有学者综合运用国家卫生计生委流动人口动态监测数据和百度迁徙数据对区域内人口流动的规模和趋势做出相关研究。因此,本文尝试基于百度迁徙数据和国家卫生计生委流动人口动态监测数据,综合运用复杂网络、GIS 网络分析以及 Gephi 网络数据可视化处理分析软件,对泛长三角地区三省一市(上海市、江苏省、浙江省、安徽省)41 个地级及以上城市的人口流动进行分析。通过对泛长三角人口流动进行研究,一方面有助于归纳总结发达地区人口流动特征、丰富人口迁移的有关理论;另一方面也为科学判断泛长三角人口流动趋势,明确未来长三角城市群发展的核心区,合理定位城市功能,适度配套城市基础设施,实现人口有序流动,促进区域可持续发展提供理论借鉴。

1、研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

泛长三角作为学术界一个区域空间概念,是基于长三角概念内涵、空间范畴及其辐射范围的不断演化而来,尽管泛长三角范围一直存在争议,但“1+3”模式即上海市、江苏省、浙江省、安徽省基本达成共识。泛长三角是我国经济实力最强、社会发展程度最高的区域之一,泛长三角区域面积为 35.73 万 km²,截止 2016 年底人口共 2.2 亿人,其占全国总人口的 16.1%,地区生产总值 15 万亿元,占全国生产总值的 22%。高水平的经济发展必然导致大规模的人口流动,据国家卫生计生委《中国流动人口发展报告 2015》数据显示^[30],截止 2014 年 10 月 1 日零时,全国流动人口约为 2.43 亿人,跨省流动人口约为 9433 万人,作为人口流入地的浙江省、上海市、江苏省占据了全国跨省流入人口的 43.73%;作为人口流出地的安徽省占据全国跨省流出人口的 18.89%,是第一人口流出大省,因此泛长三角地区是全国人口流动最主要的区域,对其人口流动特征的研究具有显著的典型性。

1.2 数据来源

本研究数据来源于百度迁徙数据和国家卫生计生委 2015 年全国流动人口动态监测数据,由于单一运用一种数据不能很好的反映泛长三角人口流动复杂网络及其特征,故而将二者结合使用。“百度迁徙”是百度公司针对 2014 年春运期间推出的基于定位服务(Location Based Service,简称 LBS)的人口迁徙大数据平台,通过手机用户的定位信息反映人口流动轨迹,最终呈现各个城市前 10 位的流入地和流出地。本文通过百度迁徙平台,采集了 2015 年春运期间(2015 年 2 月 7 日~3 月 4 日,共计 23d)泛长三角地区 41 个地级及以上城市间的 5597 条人口流动数据,作为构建泛长三角城市间人口流动网络的依据。2015 年全国流动人口动态监测数据涵盖了全国 31 个省市和自治区以及新疆生产建设兵团,调查采用分层、多阶段、与规模成比例的 PPS 抽样法,共计 20.6 万份问卷,是具有真实性与权威性的流动人口抽样调查数据。其中泛长三角地区共计 3.9 万份问卷,其中同时具

有流入地和流出地属性数据的有效个体为 11.19 万人。

2、研究方法

本文在运用传统的统计分析基础上，运用复杂网络研究方法，引入复杂网络中的度、中心度、聚类系数和平均路径长度等概念，进行数据处理和分析。

2.1 度和中心度

在无向网络中，度可以理解为与节点 i 连接的边数，在有向网络中，可分为入度和出度，入度表示从节点 j 流入节点 i 的人数，出度表示为从节点 i 流出到节点 j 的人数。因为百度迁徙平台只显示出城市间人口流动的百分比，即城市 i 流入城市 j 的人数占城市 j 流入总人数的百分比，所以采用权重赋值法对数据进行标准化处理，将第一优势流至第十优势流依次附上数值 10 到 1，表示城市间人口流动网络中城市 z 的流入或流出前十优势流的得分系数。在本研究中，可定义如下公式：

$$O_i = \sum T_{ji}, (i \neq j; i, j = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (1)$$

$$D_i = \sum T_{ij}, (i \neq j; i, j = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (2)$$

$$N_i = O_i + D_i, (i = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (3)$$

式中： T_{ji} 为一天内从城市 j 流入到城市 i 的人口优势流得分系数； T_{ij} 为一天内从城市 i 流出到城市 j 的人口优势流得分系数； O_i 为研究时间段内从城市 j 流入到城市 i 的总得分系数； D_i 为研究时间段内从城市 i 流出到城市 j 的总得分系数； N_i 为城市 i 的总度值。

为更好的识别城市 i 在网络中的地位，进一步定义中心度这一概念，即城市 i 的总度值占网络总度值的比重，比重越大，说明城市 i 在网络中的地位越显著。

$$P_i = N_i / \sum_{i=1}^n N_i, (i = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (4)$$

式中： P_i 为城市 i 的中心度； N_i 为城市 i 的总度值。

2.2 聚类系数

聚类系数在复杂网络分析中，用来反映网络的局部集聚情况。在计算城市 i 的集聚系数时，通常只考虑与其直接相连接的城市节点，计算公式如下：

$$C_i = S_i / K_i, (i = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (5)$$

式中： C_i 为城市 i 的聚类系数； S_i 为与城市 i 实际相连接的城市节点数； K_i 为与城市 i 可能相连接的城市节点数。

而整个复杂网络的聚类系数通常为所有节点的聚类系数的平均值，即平均聚类系数，计算公式如下：

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}, (i = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (6)$$

式中：PC 为整个复杂网络的平均聚类系数； C_i 为城市 i 的聚类系数； n 为城市节点数。

2.3 平均路径长度

复杂网络中最短路径长度为节点相连接的最小路径。在本研究中，可定义城市 i 与城市 j 的最短路径长度为两城市节点相连接所需经过的最少中间城市节点个数。为了描述整个复杂网络，需测算整个网络的平均路径长度，公式如下：

$$PL = \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i \neq j} L_{ij}, (i \neq j;$$

$$i, j = 1, 2, 3, \dots, n; n = 41) \quad (7)$$

式中：PL 为整个复杂网络的平均路径长度； L_{ij} 为城市 i 与城市 j 两城市间的最短路径长度； n 为城市节点数。

3、结果分析

3.1 兼有小世界性和无标度性特征的复杂网络形成

在百度迁徙数据处理过程中，首先，以 41 个地级市构建邻接矩阵，以纵坐标为流出城市，横坐标为流入城市，依次输入得分系数，得到一个 41×41 的有向加权非对称矩阵，再通过公式（1）～（3）的计算转换成一个上下三角对称的无向多值矩阵，并将无向多值矩阵导入 Gephi 网络数据分析和可视化软件进行处理，生成泛长三角人口流动复杂网络（图 1），同时利用 Gephi 软件生成一个随机网络，并分别计算平均聚类系数和平均路径长度（表 1）。

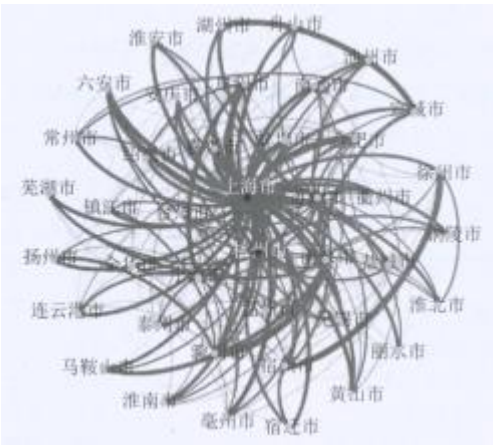


图 1 泛长三角人口流动复杂网络

表 1 人口流动网络与随机网络平均聚类系数和平均路径长度对比

指标	人口流动网络	随机网络
平均聚类系数	0.447	0.185
平均路径长度	1.582	1.645

通过表 1，可以发现：人口流动网络的平均聚类系数大于随机网络的平均聚类系数；而平均路径长度指标方面，人口流动网络又小于随机网络，所以人口流动网络同时具有了较大的聚类系数和较短的平均路径长度，是一个典型的小世界网络。

将利用公式（3）计算出的泛长三角各城市的总度值做出散点图（图 2），并结合泛长三角人口流动复杂网络图（图 1），可以发现：泛长三角各城市总度值分布具有典型的长尾特征和一定的幂律特征；人口流动网络中大部分城市的总度值较小，处于人口流动网络的边缘，少数城市的总度值较大，位于网络的核心地位，具有明显的异质性特征。这表明泛长三角人口流动网络是以少数城市为核心的、各城市紧密联系的无标度网络。

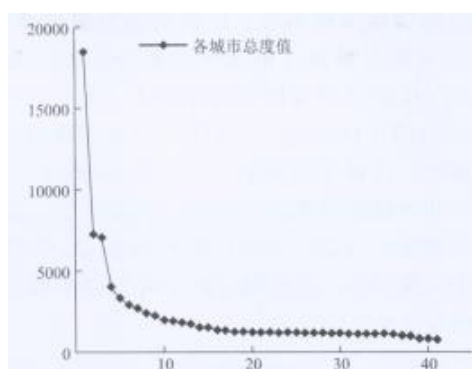


图 2 泛长三角各城市总度值分布

综上，泛长三角地区人口流动复杂网络已经形成。这种网络化格局的形成无疑是受到区域经济发展一体化、交通基础设施网络化以及发展梯度差等因素所引发。这种流动网络的形成反过来又有利于提高人口等要素流通时效性，实现资源要素在区域内科学高效配置，加快区域一体化进程；有利于人口流出城市和人口流入城市发挥各自的比较优势，缩小城市间的发展差异，实现区域均衡发展；有利于各城市在人口流动网络中确定自身合理地位，避免各城市为争做“大、特、全”城市而导致的无序竞争、重复建设以及资源浪费，促使区域综合竞争力的提升。

3.2 层级特征明显，“一主三副”多核心网络形成

将各城市人口流动总度值运用公式（4）进行中心度测算，并运用分析聚类方法将各城市在网络中的等级划分为 5 类（表 2）。通过 ArcGIS 10.2 软件将处理好的无向多值矩阵和各城市中心度进行网络化处理（图 3），同时将泛长三角地区分为上海、苏北、苏中、苏南、浙东北、浙西南、皖北、皖中以及皖南 9 大地区，并计算各城市与 9 大地区关联城市和关联强度的比重（表 3），可以发现：

（1）以上海、苏州、杭州以及南京为中心的“一主三副”多核心人口流动网络已经形成。上海与区域内其他 40 个城市之间都存在着联系，且其中 28 个城市与上海间的关联强度占其对外总关联强度的比重达到 30%，同时上海的中心度（0.20303）远高于其他城市，这就使上海在网络中占据核心地位。南京、杭州以及苏州三市的关联城市个数分别为 24、30 以及 28，且中心度

(0.07982、0.07799、0.04437)也高于其他城市,这表明南京、杭州以及苏州三市与其他城市都有着较强的联系,在网络中处于次核心地位。4个核心城市因其具有较高的经济生产总值、便捷的交通条件以及良好的政策优势,故而吸引着大量人口的流入,从而成长为人口流动网络中的核心城市。

(2) 上海、苏南以及浙东北地区网络联系较强、关联程度较高;浙西南和皖北地区网络联系较强,但关联程度较低;苏北、苏中、皖中以及皖南地区网络联系较弱、关联程度较低。9地区关联城市比重均值排序依次为浙东北(19.39)>浙西南(16.25)>苏南(14.80)>皖北(12.08)>皖中(8.75)>皖南(8.21)>苏北(7.59)>上海(6.73)>苏中(6.20);关联强度比重均值排序依次为上海(31.00)>苏南(18.20)>浙东北(17.95)>皖北9.94>院中(7.43)>皖南(4.97)>苏北(4.32)>浙西南(3.77)>苏中(2.42),可以发现苏南和浙东北地区不管是关联城市还是关联强度比重排名都在前三,所以苏南和浙东北地区网络联系较强、关联程度较高;上海关联强度排名第一,虽然关联城市比重较低,但与其他40个城市均有联系,所以上海同样是网络联系较强、关联程度较高地区。浙西南和皖北地区关联城市比重较大,但关联强度比重较低,这表明浙西南和皖北地区与区域内其他城市有着较多的联系,但是关联强度较弱。苏北、苏中、皖中以及皖南地区不管是关联城市还是关联程度比重都较低,说明这四个地区网络联系和关联程度都较弱。上海、苏南以及浙东北地区具有较高的经济发展水平、高额的劳动报酬、便捷的交通条件以及较为完善的城市基础设施,这些拉力因素造成上海、苏南以及浙东北地区大量流动人口集聚,人口流动网络联系较强、关联程度较高。

(3) 地理空间相邻城市之间关联程度较高。南京-滁州(826)、上海-苏州(812)、徐州-宿州(733)、苏州-嘉兴(710)、湖州-宣城(657)、上海-嘉兴(631)、南京-马鞍山(515),这些地理空间上相邻的城市间关联程度均大于500,关联程度较高。这些城市对的出现,一方面说明了它们彼此之间都存在着较强的联系;另一方面说明了人口流动过程中城市间的距离对人口流动有着较大的影响作用,相邻城市之间由于具有较短的空间距离、相同的社会生活习惯以及固有的乡土情结,这些因素都造成了相邻城市间较为活跃的人口流动。

(4) 安徽省阜阳、滁州、宿州、合肥以及六安是人口流动网络中的重要节点城市。阜阳、宿州属于皖北地区,因为其具有庞大的人口基数,同时较低的经济水平、低廉的劳动报酬以及较少的工作岗位,这些推力因素导致其人口大量流出,所以具有相对较强的网络联系(关联城市个数分别为20、19)和较高的中心度(0.03686、0.02674),所以是重要的人口流出型节点城市。合肥、滁州以及六安属于皖中地区,相比皖北和皖南地区,具有较高的经济发展水平、较多的工作机会和较高的工资报酬以及相对完善的城市公共服务设施,这些拉力因素吸引着大量的安徽省内流动人口集聚,是典型的人口流入型节点城市。

(5) 各省内城市人口之间联系较少,这并不意味着较低的省内人口流动,这是因为百度迁徙数据只显示城市流入和流出前十位有关的国内其他城市,且春运期间人口以大规模的跨省流动为主,所以省内城市间的联系由于庞大的全国城市数目而显示不出来。但通过国家卫生计生委2015年流动人口动态监测数据的分析,可以知道各省市都存在着省内流动,且安徽省和江苏省省内流动比重较大,浙江省占比虽不及安徽省和江苏省,但是依旧占到了1/3左右。

表2 泛长三角人口流动网络中的城市中心度

等级(中心度)	城市
核心城市(0.07983-0.20303)	上海
次核心城市(0.03687-0.07982)	杭州、苏州、南京
重要城市(0.02113-0.03686)	阜阳、滁州、宁波、宿州、合肥、六安
次边缘城市(0.01497-0.02112)	宣城、嘉兴、徐州、亳州、湖州
边缘城市(0.00869-0.01497)	黄山、蚌埠、南通、安庆、宿迁、马鞍山、淮安、芜湖、淮南、温州、无锡、铜陵、镇江、池州、舟山、泰州、扬州、盐城、常州、台州、淮北、连云港、绍兴、金华、衢州、丽水

表 3 泛长三角城市与九大地区关联城市和关联强度比重 (%)

城市	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
上海	0.0	0.0	12.	11.	7.5	7.5	12.	13.	15.	14.	12.	9.2	15.	16.	10.	12.	15.	13.
	0	0	50	98	0	3	50	80	00	78	50	4	00	23	00	96	00	48
南京	4.1	10.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.	7.8	20.	1.4	20.	10.	12.	26.	25.	43.
	7	40	0	0	0	0	0	0	67	2	83	6	83	18	50	27	00	87
无锡	5.8	36.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.	24.	17.	5.7	17.	3.6	17.	27.	5.8	1.7
	8	99	0	0	0	0	0	0	29	10	65	7	65	0	65	78	8	6
镇江	5.8	37.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.	24.	11.	4.8	29.	3.8	11.	28.	11.	1.1
	8	53	0	0	0	0	0	0	41	51	76	2	41	9	76	06	76	8
常州	8.3	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.	23.	25.	2.8	25.	13.	8.3	2.6	8.3	19.
	3	49	0	0	0	0	0	0	00	11	00	4	00	87	3	7	3	02
苏州	3.5	11.	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	21.	28.	17.	14.	21.	19.	14.	16.	14.	9.7
	7	44	4	1	0	0	0	0	43	37	86	75	43	28	29	19	29	6
扬州	9.0	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.	19.	27.	5.4	9.0	0.7	9.0	34.	9.0	0.8
	9	96	0	0	0	0	0	0	36	61	27	8	9	1	9	45	9	0
泰州	5.8	40.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.	28.	17.	5.9	17.	9.7	23.	14.	11.	1.4
	8	39	0	0	0	0	0	0	53	01	65	7	65	5	53	40	76	9
南通	6.2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.	29.	25.	9.3	18.	15.	18.	6.7	6.2	0.5
	5	52	0	0	0	0	0	0	00	72	00	6	75	09	75	6	5	5
徐州	6.6	21.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.	11.	13.	2.3	40.	61.	6.6	3.2	0.0	0.0
	7	74	0	0	0	0	0	0	33	29	33	6	00	40	7	0	0	0
连云港	7.6	40.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.	36.	15.	1.8	23.	5.6	23.	14.	7.6	0.1
	9	73	0	0	0	0	0	0	08	81	38	2	08	4	08	82	9	9
淮安	11.	36.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.	23.	33.	4.5	0.0	0.0	11.	35.	0.0	0.0
	11	28	0	0	0	0	0	0	44	34	33	9	0	0	11	79	0	0
盐城	6.6	45.	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.7	20.	29.	20.	3.1	13.	3.8	26.	16.	6.6	0.8
	7	53	0	0	0	0	7	1	00	67	00	9	33	1	67	30	7	0
宿迁	11.	35.	0.0	0.0	0.0	0.0	11.	0.5	22.	28.	11.	1.1	22.	30.	11.	2.5	11.	0.6
	11	84	0	0	0	0	11	6	22	41	11	3	22	83	11	8	11	5
杭州	3.3	6.7	16.	14.	10.	9.0	16.	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	20.	15.	13.	13.	20.	22.
	3	0	67	37	00	4	67	05	0	0	0	0	00	98	33	87	00	97
宁波	4.0	14.	16.	15.	8.0	1.5	20.	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	24.	47.	16.	8.3	12.	3.4
	0	68	00	34	0	5	00	8	0	0	0	0	00	14	00	7	00	3
嘉兴	4.1	34.	16.	3.9	8.3	3.4	12.	40.	0.0	0.0	0.0	0.0	16.	11.	16.	3.4	25.	2.7
	7	03	67	9	3	0	50	45	0	0	0	0	67	92	67	5	00	5
湖州	10.	24.	0.0	0.0	20.	0.7	30.	30.	0.0	0.0	0.0	0.0	10.	0.5	10.	0.2	20.	42.
	00	87	0	0	00	8	00	52	0	0	0	0	00	8	00	6	00	99
绍兴	5.8	38.	17.	1.8	5.8	0.1	23.	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	23.	28.	11.	6.2	11.	1.0
	8	36	65	7	8	0	53	96	0	0	0	0	53	40	76	1	76	8
舟山	9.0	37.	9.0	0.4	18.	12.	36.	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	18.	31.	9.0	0.2	0.0	0.0

温州	9	80	9	3	18	29	36	83	0	0	0	0	18	40	9	6	0	0
	3.8	22.	19.	7.2	11.	13.	19.	24.	0.0	0.0	0.0	0.0	19.	18.	7.6	3.2	19.	10.
	5	20	23	6	54	69	23	71	0	0	0	0	23	78	9	6	23	10
金华	5.5	35.	5.5	1.1	0.0	0.0	16.	25.	0.0	0.0	0.0	0.0	33.	23.	11.	8.2	27.	6.2
	6	30	6	8	0	0	67	15	0	0	0	0	33	85	11	6	78	6
衢州	5.8	46.	11.	2.0	17.	1.0	11.	27.	0.0	0.0	0.0	0.0	11.	2.1	17.	8.0	23.	13.
	8	57	76	1	65	6	76	19	0	0	0	0	76	3	65	4	53	00
台州	4.1	30.	12.	4.7	8.3	4.0	20.	26.	0.0	0.0	0.0	0.0	25.	25.	12.	3.8	16.	4.3
	7	96	50	2	3	9	83	16	0	0	0	0	00	89	50	3	67	6
丽水	6.6	50.	0.0	0.0	13.	3.7	20.	29.	0.0	0.0	0.0	0.0	20.	7.2	20.	6.0	20.	3.0
	7	70	0	0	33	9	00	20	0	0	0	0	00	1	00	7	00	3
蚌埠	6.2	38.	18.	3.3	6.2	0.1	25.	27.	18.	24.	25.	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	85	75	2	5	5	00	47	75	30	00	1	0	0	0	0	0	0
淮南	8.3	37.	8.3	3.0	8.3	0.6	25.	30.	33.	24.	16.	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	74	3	6	3	6	00	14	33	53	67	8	0	0	0	0	0	0
淮北	10.	35.	10.	20.	0.0	0.0	20.	16.	30.	24.	30.	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	26	00	12	0	0	00	74	00	84	00	3	0	0	0	0	0	0
阜阳	5.0	20.	10.	1.8	5.0	0.3	25.	13.	30.	53.	25.	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0	77	00	5	0	9	00	92	00	56	00	1	0	0	0	0	0	0
宿州	5.2	16.	21.	47.	10.	9.5	15.	10.	21.	13.	26.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6	68	05	66	53	3	79	85	05	48	32	1	0	0	0	0	0	0
亳州	6.2	33.	12.	3.0	12.	3.6	31.	23.	18.	19.	18.	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	29	50	3	50	1	25	76	75	00	75	32	0	0	0	0	0	0
合肥	5.0	31.	15.	11.	10.	6.3	20.	24.	25.	19.	25.	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0	18	00	92	00	2	00	87	00	08	00	3	0	0	0	0	0	0
安庆	7.6	39.	15.	1.4	7.6	2.2	15.	28.	30.	24.	15.	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	0.3
	9	15	38	2	9	1	38	81	77	70	38	9	0	0	0	0	9	2
滁州	4.7	15.	19.	19.	14.	15.	19.	37.	19.	10.	23.	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6	09	05	32	29	06	05	62	05	48	81	2	0	0	0	0	0	0
六安	9.0	37.	9.0	0.6	18.	1.4	27.	43.	27.	15.	9.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9	78	9	5	18	5	27	88	27	99	9	5	0	0	0	0	0	0
芜湖	8.3	35.	0.0	0.0	0.0	0.0	25.	34.	25.	25.	33.	4.0	0.0	0.0	8.3	0.3	0.0	0.0
	3	83	0	0	0	0	00	68	00	12	33	4	0	0	3	3	0	0
马鞍山	10.	32.	10.	0.1	0.0	0.0	20.	42.	40.	23.	20.	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	12	00	6	0	0	00	13	00	24	00	4	0	0	0	0	0	0
铜陵	9.0	35.	9.0	0.6	9.0	0.6	18.	33.	27.	27.	27.	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9	35	9	7	9	7	18	59	27	02	27	9	0	0	0	0	0	0
黄山	7.6	28.	0.0	0.0	15.	1.3	15.	24.	23.	36.	38.	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9	76	0	0	38	2	38	21	08	10	46	1	0	0	0	0	0	0
池州	8.3	36.	8.3	0.7	8.3	0.5	16.	32.	25.	22.	33.	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	08	3	6	3	9	67	26	00	33	33	8	0	0	0	0	0	0
宣城	10.	21.	0.0	0.0	0.0	0.0	30.	34.	30.	42.	30.	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	90	0	0	0	0	00	44	00	51	00	4	0	0	0	0	0	0

注：江苏省可分为苏北（淮安、盐城、宿迁、徐州、连云港）、苏中（扬州、泰州、南通）和苏南（南京、镇江、常州、无锡、苏州）三大区；浙江省可分为浙东北（杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山）和浙西南（温州、金华、衢州、台州、丽水）两大区；安徽省可分为皖北（阜阳、亳州、宿州、蚌埠、淮北、淮南）、皖中（合肥、滁州、六安、安庆）和皖南（马鞍山、芜湖、铜陵、池州、宣城、黄山）三大区，表中：A1-9 分别代表城市与上海、苏北、苏中、苏南、浙东北、浙西南、皖北、皖中以及皖南九大地区关联城市（X）和关联强度（Y）的比重。

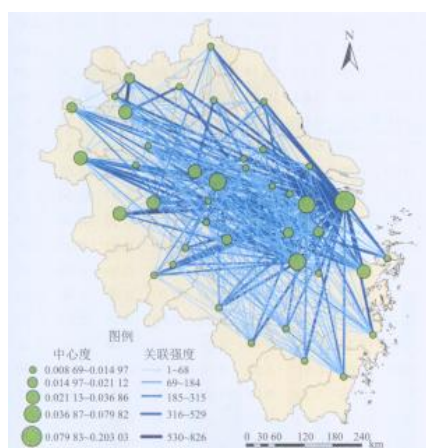


图3 泛长三角人口流动多中心网络

3.3 流入人口呈“Z”形和“M”形空间分布

依据 2015 年全国流动人口动态监测数据，从区域内部流入人口数、全国流入人口数两个口径进行统计分析，分别统计出各城市 and 九大地区（图 5）流动人口数，并将结果通过 ArcGIS10.2 软件进行自然间断点分级法进行处理，得到泛长三角流入人口空间分布格局图（图 4），同时综合运用区域流入、全国流入、区域流出、全国流出、省内流动 5 个指标对三省一市人口流动情况进行比较分析（图 6），可以发现：

（1）泛长三角内部流入人口呈现“Z”形（南京-上海-杭州-宁波）分布，而全国情况下呈现“M”形（南京-上海-杭州-宁波-温州）分布。区域内部流入人口数南京（4121）、常州（5415）、无锡（3985）、苏州（3388）、上海（13121）、嘉兴（2015）、杭州（2733）以及宁波（2171）9 市较多，排名都在前十，因而流入人口空间分布为“Z”形。而随着区域外部人口的流入，促使南通、绍兴、金华、台州以及温州等城市等级提高，从而造成流入人口空间分布从“Z”形变化为“M”形。

（2）上海、苏南和浙东北地区是人口流入热点区域，苏北、苏中以及安徽省流入人口较少，浙西南地区全国流入人口较多。区域内流入人数排序依次为苏南>上海>浙东北>皖中>浙西南>苏中>皖南>苏北>皖北；全国流入人口数排序依次为浙东北>苏南>上海>浙西南>苏中>皖中>皖南>苏北>皖北。可以发现上海、苏南以及浙东北地区是人口流入热点区域，对不管是区域内部还是全国的流动人口都具有巨大的吸引力；苏北、苏中以及安徽省两种情况排名都靠后，对流动人口吸引力不强，人口流入较少；区域外其他省市人口的流入促使浙西南地区城市排名提升，进而形成“苏锡常宁”和“温杭甬”两大流动人口核心城市群。

（3）上海市在区域流入（13121 人）和全国流入（24607 人）两个口径方面人流量都非常大，而区域流出（139 人）和全国流出（304 人）流量十分稀少，几乎可以忽略不计，所以上海市是人口净流入地区，处于其他城市无法超越的绝对核心地位。从区域流入指标看江苏省流动人口数（22100 人）>浙江省流动人口数（13726 人），而全国流入方面浙江省（43192 人）>江苏省（35358 人），且省内流动方面，江苏省省内流动人口占区域流入的 52%，远大于浙江省的 27%，这表明江苏省人口流入以省

内流动为主，而浙江省以省外流入为主。安徽省从区域和全国两个角度看，人口流出都远大于人口流入，证明了安徽省是人口净流出大省的这一现实状况。省内流动量（7206 人）和区域流入量（7563 人）以及全国流入量（8485 人）基本持平，且省内流动极化情况明显，迁往合肥市和芜湖市的人数占比超过 55%，从而造成合肥市和芜湖市在人口流入“洼地”中成长为相对“高地”。

（4）对比百度迁徙数据和全国流动人口动态监测数据，可以发现如下共同点：①上海在网络中绝对核心地位相一致；②上海、苏南以及浙东北地区是人口流入热点区域，网络联系较强、关联程度较高；苏北、苏中以及安徽省流入人口较少，网络关联程度较弱；③上海市、杭州市、苏州市、南京市、宁波市以及合肥市 6 市，虽然在百度迁徙数据和国家卫生计生委流动人口动态监测数据两种数据排名次序不一致，但都为核心节点城市。

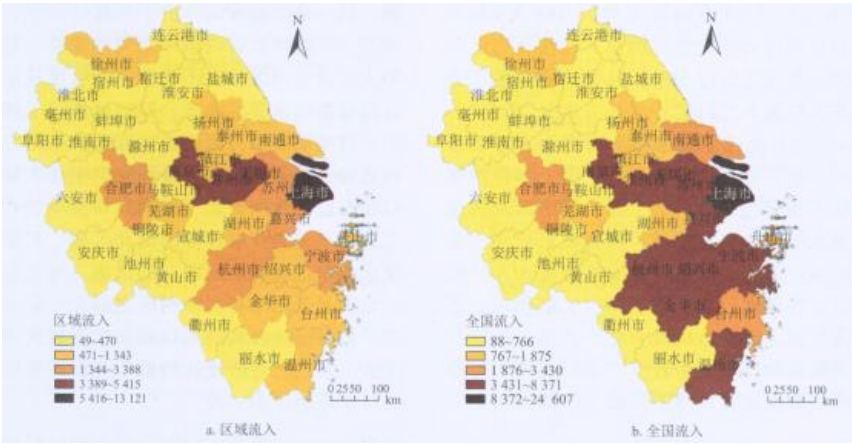


图 4 泛长三角流入人口空间分布格局

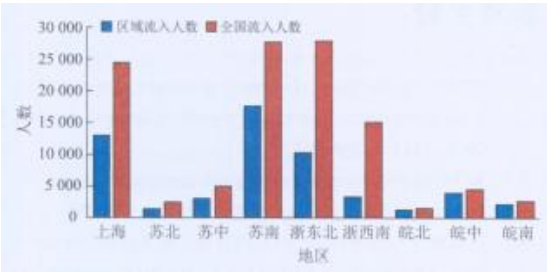


图 5 九大地区人口流入情况

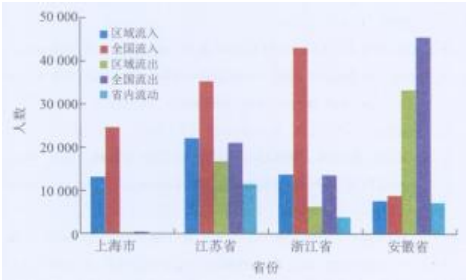


图 6 三省一市人口流动情况

4、结论与不足

4.1 结论

本研究基于 2015 年全国人口动态监测数据和 2015 年春运百度迁徙数据，运用权重赋值法和复杂网络分析方法，分析了泛长三角人口流动空间分布格局和网络特征，主要结论如下：

（1）在研究区内，兼有小世界性和无标度性特征的人口流动复杂网络已经形成。泛长三角人口流动网络具有较大的聚类系数和较短的平均路径长度，因而具有小世界性特征；各城市总度值分布符合一定的幂律分布，所以具有无标度性特征。

（2）泛长三角人口流动具有明显的层级特征，并形成以上海、苏州、杭州、南京为核心的“一主三副”多核心网络。上海、苏南、以及浙东北地区网络联系较强、关联程度较高；浙西南和皖北地区网络联系较强，但关联程度较弱；苏北、苏中、皖中以及皖南地区网络联系较弱、关联程度较低。

（3）在研究区内，流入人口呈现“Z”形和“M”形空间分布。上海市始终是人口“净”流入状态；江苏省人口流入以区域内流动为主，浙江省以省外流入为主；安徽省是人口净流出大省，省内流动和区域流入几乎持平，且集中于合肥市和芜湖市两市，造成了两市在“洼地”中的“凸起”。

4.2 不足

本研究通过实证分析，证实了泛长三角人口流动复杂网络已经形成，但依然存在两方面的问题：其一是数据方面，由于百度迁徙平台设计的原因，不能获取省内城市之间的联系，造成构建的人口流动网络相对不完善，但百度迁徙数据通过海量数据全程、动态、即时地展示了城市之间的人口流动格局，因而更适合用于城市之间的人口流动分析，同时也通过国家卫生计生委流动人口动态监测数据证实了省内人口流动的存在；其二，由于无法获取具体的流动人数，只能通过权重赋值来代替城市间联系的比重，可能会造成人口流动复杂网络与实际网络之间存在着一定的偏差，但是通过和流动人口动态监测数据进行对比分析，发现二者所反映的重要节点城市以及流动人口集聚地区相一致。

致谢：在此，特别感谢国家卫生和计划生育委员会流动人口司为本文写作提供的数据支持。

[参考文献]：

[1]DICKY H. The impact of migration on regional wage inequality: a semiparametric approach[J]. Journal of Regional Science, 2014, 54 (5) : 893-915.

[2]KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99 (3) : 483-499.

[3]JUSTIN Y L, WANG GEWEI, ZHAO Y H. Regional inequality and labor transfers in China[J]. Economic Development and Cultural Change, 2004, 52 (3) : 587-603.

[4]TAYLOR A M , WILLIAMSON J G. Convergence in the age of mass migration[J]. European Review of Economic History, 2006, 1 (1) : 27-63.

[5]BARRO R, SALA-I-MARTIN X. Regional growth and migration : A Japan-United States comparison[J]. Journal of

the Japanese and International Economics, 1992, 6 (b) : 312-346.

[6]BEINE M A R, DOCQUIER F, RAPOPORT H .Brain Drain and LDCs' Growth: Winners and Losers[J].Social Science Electronic Publishing, 2003: 118.

[7]OZGEN C, NIJKAMP P, POOT J .The effect of migration on income growth and convergence: meta-analytic evidence[J].Papers in Regional Science, 2010, 89 (3) : 537-561.

[8]FRATESI U, PERCOCO M .Selective migration , regional growth and convergence: evidence from Italy[J].Regional Studies, 2014, 48 (10) : 1650-1668.

[9]段平忠, 刘传江. 中国省际人口迁移对地区差距的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2012 (11) : 60-67.

[10]李国平, 范红忠. 生产集中、人口分布与地区经济差异[J]. 经济研究, 2003 (11) : 79-86, 93.

[11]严浩坤. 劳动力跨地区流动与地区差距[J]. 地理科学, 2008 (02) : 179-184.

[12]赵 伟, 李 芬. 异质性劳动力流动与区域收入差距: 新经济地理学模型的扩展分析[J]. 中国人口科学, 2007(01): 27-35, 95.

[13]彭国华. 技术能力匹配、劳动力流动与中国地区差距[J]. 经济研究, 2015 (01) : 99-110.

[14]李晶晶, 苗长虹. 长江经济带人口流动对区域经济差异的影响[J]. 地理学报, 2017 (02) : 197-212.

[15]王桂新, 魏星, 沈建法. 中国省际人口迁移对区域经济发展作用关系之研究[J]. 复旦学报(社会科学版), 2005 (03) : 148-161.

[16]臧玉珠, 周生路, 周兵兵, 等. 1995~2010 年中国省际人口迁移态势与空间格局演变——基于社会网络分析的视角[J]. 人文地理, 2016 (04) : 112-118.

[17]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[J]. 地理研究, 2014 (02) : 385-400.

[18]周 婕, 罗 逍, 谢 波. 2000~2010 年特大城市流动人口空间分布及演变特征——以北京、上海、广州、武汉等市为例[J]. 城市规划学刊, 2015 (06) : 56-62.

[19]张苏北, 朱 宇, 晋秀龙, 等. 安徽省内人口迁移的空间特征及其影响因素[J]. 经济地理, 2013 (05) : 24-30, 23.

[20]敖荣军, 蒋 亮, 张 涛, 等. 湖北省县域迁入人口的空间格局及影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25 (11) : 1672-1678.

[21]KYLE F, DAVIS1, PAOLO D , et al .Global spatio-temporal patterns in Human Migration: a complex network perspective[J]. PLOS ONE, 2013, 8 (1) : 1-8.

[22]JUSTIN HIRAGA, MYONG-SOPPAK, JEE-MOON PAK .Immigration' s impact on bi-lateral trade formation: a social network analysis approach[J].Journal of Intl Logistics and Trade, 2015, 13 (1) : 49-71.

[23]MIHAELA PERES, HELIAN XU, GANG WU .Community evolution in International Migration Top1 Networks[J].PLOS ONE, 2016, 11 (2) : 1-20.

[24]侯贺平, 刘艳芳, 李纪伟, 等. 基于改进辐射模型的乡镇人口流动网络研究[J]. 中国人口•资源与环境, 2013 (08) : 107-115.

[25]董 上, 蒲英霞, 马劲松, 等. 中国省际人口迁移的复杂网络研究[J]. 南方人口, 2014 (02) : 54-61.

[26]刘望保, 石恩名. 基于 ICT 的中国城市间人口日常流动空间格局——以百度迁徙为例[J]. 地理学报, 2016 (10) : 1667-1679.

[27]蒋小荣, 汪胜兰, 杨永春. 中国城市人口流动网络研究——基于百度 LBS 大数据分析[J]. 人口与发展, 2017 (01) : 13-23.

[28]魏 冶, 修春亮, 刘志敏, 等. 春运人口流动透视的转型期中国城市网络结构[J]. 地理科学, 2016 (11) : 1654-1660.

[29]赵梓渝, 魏 冶, 王士君, 等. 有向加权城市网络的转变中心性与控制力测度——以中国春运人口流动网络为例[J]. 地理研究, 2017 (04) : 647-660.

[30]国家卫生和计划生育委员会流动人口司. 中国流动人口发展报告 2015[M]. 中国人口出版社, 2015: 164.