

中国城市人口流动格局演变及影响因素分析*

张伟丽 晏晶晶 聂桂博

【摘要】文章根据腾讯位置大数据推算的城市间人口流动总人次数据,运用网络分析技术,研究中国城市人口流动的空间格局演变及其影响因素。结果发现:(1)人口流动网络的空间格局表现为以北京、上海、广州、深圳、成都、重庆、西安、武汉和长沙等为顶点的十字骨架支撑的菱形结构。最具有人口吸引力的地域集中在长三角、珠三角、京津冀、成渝、关中、中原、长江中游等城市群,而黄河流域多数城市处于人口流失阶段。(2)人口流动网络形成了相对稳定的子群,并且子群的成员多来自同一省份。(3)经济差距、距离及舒适度差异等因素在人口流动网络的形成及演变中发挥了关键作用,人口的流动更趋向于提高舒适程度,而不是单纯追求高收入。

【关键词】人口流动网络 影响因素 腾讯位置大数据 城市

【作者】张伟丽 河南财经政法大学资源与环境学院,教授;晏晶晶 深圳大学建筑与城市规划学院,硕士研究生;聂桂博 河南财经政法大学资源与环境学院,硕士研究生。

一、引言

随着城市化进程的加快和户籍制度的放松,人口在不同地带间,以及同一省份不同城市间流动。大规模的人口作为物质、信息、技术和资本的载体在区域间的流动,不仅重塑了人口空间分布格局,而且改变了城市的经济结构、产业布局和资源环境状况,成为中国影响最为深远的地理过程之一。中国大规模人口的流动始于20世纪80年代到90年代中期,大量制度改革释放的农村剩余劳动力转入城市非农部门,这一时期流动人口的年增长率约为7%。90年代后期至2010年,流动人口增长率持续增加,达到年均12%。然而,2010年以后,流动人口的增速变缓,特别是2015年之后,流动人口总量出现了下

* 本文为国家自然科学基金项目“时空耦合俱乐部趋同形成与演化机制研究”(编号:41771124)的阶段性成果。

降的趋势。除了数量的变化,人口流动的方向也发生了改变,出现由东部向西部回流的情形(李志刚等,2020),四川和安徽等省的人口回流现象最为明显(古恒宇等,2019)。那么,随着人口流动数量和方向的变化,中国城市之间形成了怎样的人口流动格局?不同年份之间发生了怎样的演变?促使人口流动的因素有哪些?对这些问题的探讨不仅有利于揭示人口流动的空间规律,而且能够为地方政府制定合理的人口管理政策提供决策参考。此外,人口流动不仅能优化劳动力的资源配置,而且带来大量贸易机会,促进区域间的经济往来,有利于缩小经济差异,实现城市的协调发展。因此,区域间的人口流动问题已成为新时代区域高质量发展研究的热点问题之一。现有文献虽然已取得了较大进展,但仍存在一些不足。

从理论上讲,新古典理论和舒适度理论对人口流动的解释存在争论。新古典理论代表性研究中,Lewis(1954)较早提出劳动力转移二元经济论,Bogue(1959)进一步构建了“推—拉”理论。国内学者也发现地区经济差异是促进人口流动的重要原因(叶明确、任会明,2020)。总体上,新古典理论强调经济因素的影响,忽视了环境、气候、设施水平等因素的作用。近年来,随着人们对舒适度要求的提高,基于舒适度理论解释人口流动的研究增多。如Gutmann等(2010)提出大型自然灾害、短期有利或有害的气候条件、环境便利条件、环境屏障及管理等因素会促进或阻碍人口流动。这一观点得到较多学者的支持,他们普遍认为自然环境、气候条件、体育、文化和教育设施等对人口流动产生重要影响(陈秋红,2015;Cao等,2018)。

从研究方法上看,重力模型最为经典,该模型假设人口迁移流是由流入地和流出地的人口数及两地之间的地理距离决定的。也有学者提出,经济发展水平也会影响人口流动,进而建立基于交通、人口和经济的改进重力模型(王珏等,2014)。此外,辐射模型(侯贺平等,2013)、随机效用模型(Bastin等,2010)、多元回归分析(于涛方,2012)和空间自相关分析(张耀军、岑俏,2014)等也被用于分析人口流动空间格局。随着全球化和信息化的发展,区域空间组织呈现出“流动空间”的形式,原来的地理空间结构被网络关系所渗透重构。因此,网络分析方法能更好地分析人口迁移的模式和机制,为城市间人口流动的研究提供崭新的视角(潘竞虎、赖建波,2019)。

从数据来源上看,人口普查数据是多数文献的首选,但这些研究未能准确反映中国整体的人口流动情况(叶明确、任会明,2020),而且人口普查数据是在一定时间范围内获取的静态数据,难以刻画日常流动大规模、群体性的特征和连续时间段内人口流动的情况。大数据的出现提供了更好的数据基础,为解决上述问题提供了可能,也日益受到学者的青睐。蒋小荣、汪胜兰(2017)通过百度迁移大数据发现中国城市间的人口流动有明显的分层集聚现象,并呈现出典型的“小世界”特征。马学广、唐承辉(2018)基于高铁客运流大数据发现全国网络密度较低并呈现一定核心边缘结构。然而,现有相关研究多

采用春节期间(魏冶等,2016)、国庆—中秋小长假期间(潘竞虎、赖建波,2019)或工作日(梁林等,2019)的数据,只能反映某一个特定时间段的人口流动特征,既不能反映全年的人口流动变化情况,也不能反映年际人口流动的演变(张伟丽等,2019)。此外,现有研究多关注人口流动的网络特征,较少分析其影响因素。

鉴于此,本文以中国328个地级及以上城市行政单元为研究对象(统称城市),采用腾讯公司根据用户位置获取的人口流动数据,探讨人口流动网络的空间格局演变及其影响因素。

二、研究对象及数据来源

本文的研究对象为中国地级及以上城市行政单元,由于数据获取的限制,西藏、香港、台湾和澳门未纳入研究范围。此外,从区划上看,海南省除海口和三亚可以视为地市级行政单元,其他只能作为省直辖行政单元,所以将海南省视为地级行政单元进行数据处理(张伟丽等,2019)。因此,本文的研究对象共计328个城市。

黄河流域是中国承南启北的枢纽区域,是“黄河流域生态保护和高质量发展战略”的重要载体,因此,本文在全国的基础上重点关注黄河流域。在选择其范围时,依据“以自然黄河流域为基础、尽可能保持地区级行政区划单元的完整性和考虑地区经济发展与黄河的直接关联性”三条原则,以水利部黄河水利委员会划定的范围为基础,最终选取青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南和山东9个省份(刘海洋等,2020)。

本文所用数据来自“腾讯位置大数据”中的人口迁移数据^①,它是在保护使用者隐私的前提下通过比较8小时内智能终端用户的位置发生变化的信息来计算和分析人口在城市间的流动。数据集中记录了一个城市的前10条流出路线,其他城市的流入路线可以补充其流出路线。虽然该数据不能涵盖所有流动人口,但其占比远超过常规流动人口抽样调查的比例(刘张等,2020)。据《中国移动互联网发展报告》的统计,2018年中国互联网即时通信用户规模高达8.29亿人,占网民总数的95%,占总人口的59.43%。可见,使用腾讯大数据进行人口流动的研究具有较强的代表性,刘涛、靳永爱(2020)对比了传统人口数据和大数据的结果,发现传统人口数据模型的解释力为73%~84%,大数据模型的解释力为71%~77%,二者基本相当。因此,大数据在分析人口流动格局方面是切实有效的(潘竞虎、赖建波,2019;张伟丽等,2019)。

本文人口流动网络的构建采用2015~2018年的腾讯位置大数据的日人口流动人次,通过对原始数据的处理,最终得到4年人口流动网络的关联矩阵,其中,列表示流出城市,行表示流入城市,矩阵中的元素是当年由起始地到目的地的流动人次总和。

^① <https://heat.qq.com/qianxi.php>。

三、人口流动网络的空间格局及演变

(一) 人口流动网络的总体格局及演变

从图 1 可以看出,2015 年中国人口流动呈现十字形骨架支撑的菱形分布,其中 9 个主要顶点分别为北京、上海、广州、深圳、成都、重庆、西安、武汉和长沙。与 2015 年相比,2016 年中国流动人口所呈现的菱形分布保持稳定,而且菱形区域内的流动更为密集,这一趋势在 2017 年继续加深,而且沈阳、南宁、昆明等非菱形顶点的城市与菱形顶点城市间的人口流动更加频繁。2018 年虽然人口流动格局仍呈现出十字骨架支撑的菱形分布,但菱形区域内的网络联系明显开始减弱,大于 2 000 万的流动人口总人次仅为 17.55 亿,比 2017 年减少 37.79 亿人次,比 2016 年减少 9.42 亿人次。因此,中国人口流动格局呈现由集中走向分散的趋势。

(二) 人口流动网络
出入度盈余及社区结构

1. 人口流动网络的
出入度盈余及演变

本文利用 Gephi 软件计算各个节点的入度中心度和出度中心度,其中,入度中心度指人口流入该城市的数量,出度中心度是指由该城市人口流出到其他城市的数量。 $R_i=I_i-O_i$;
 $C_i=O_i-I_i$ 。其中, I_i 和 O_i 分别表示城市 i 的入度中心度和出度中心度, R_i 和 C_i 分别表示城市 i 的入度盈余和出度盈余, R_i 大于 0 表明该城市的人口呈增长趋势, C_i 大于 0 表明该城市的人口规模趋于减少,



图 1 中国人口流动网络及其演变

处于收缩状态。

2015~2018年入度盈余值大于0的城市个数分别为110、139、144和143个,平均占城市总数的比例为41%,其中,36%的城市位于东部。采用ArcGis的自然断裂点分级法将入度盈余为正的从低到高分5个等级,等级越高表示入度盈余的值越大。2015年,不同等级城市个数占总数110的比例按照等级由高到低的顺序依次为5.5%、7.3%、20%、20.9%、46.3%,2016年该比例依次为1.4%、10.1%、17.3%、30.9%、40.3%,2017和2018年该比例揭示的规律与前两年类似,即等级越高,其包含的城市个数越少,呈现金字塔式的层级结构。具体而言,2015年第五等级有6个城市(北京、上海、深圳、重庆、广州和成都)。其中,4个位于东部,2个位于西部。2016年,仅有2个城市进入该等级,且均位于东部。2017年,第五等级有4个城市(阿勒泰、锡林郭勒、宁波和南宁),其中,只有1个位于东部,其余3个位于西部。2018年,第五等级变为3个城市,其中,2个位于东部,1个位于西部。再来看第四等级的情形,2015年,第四等级包括8个城市(苏州、天津、西安、杭州、武汉、东莞、南京和郑州),其中,东部城市占比62.5%。2016年,位于第四等级的城市14个城市中东部占35.71%、中部占28.57%、西部占35.71%。与2016年相比,2017年西部城市在各等级所占比例逐渐增加,其中,第四等级中有54%的城市位于西部。2018年,这一比例有所下降,第四等级中位于西部的比例为40%,仍高于2016年。总体上,随着等级的降低,位于中西部地区的比例有所增加,东部地区的比例相对下降。

2015~2018年出度盈余值大于0的城市个数分别为214、167、150和157个,平均来看出度盈余为正的占城市总数的比例为52%,其中,41%的城市位于西部。2015年,不同等级城市个数占总数214的比例按照等级由高到低的顺序依次为2.3%、7.0%、25.2%、26.6%、38.9%,2016年该比例依次为0.6%、5.4%、12.6%、31.7%、49.7%,2017和2018年该比例揭示的规律与前两年类似,即等级越高,其包含的城市个数越少,与入度盈余分级情况相同,也呈现金字塔式的层级结构。具体而言,2015年,果洛、黄南、克孜勒苏柯尔克孜、怒江和甘南等位于第五等级,这些城市均位于西部。属于第四等级的有15个城市,其中,西部占66.67%,中部占20%。2016年,人口流失最严重的为克孜勒苏柯尔克孜,其次为阿拉善盟、柳州、韶关、周口、内江、广安、江门、六盘水和信阳,这些城市中有55.56%位于西部。2017年,出度盈余大于0的城市个数减少,其中,第五等级仅有东部的承德。2018年,位于第五等级的6个城市中,东部、西部占比分别为33.33%和66.67%。总体上,随着等级的降低,东部的比例有所增加,中西部的比例相对下降。

黄河流域与全国存在差异。2015~2018年入度盈余值大于0的城市个数占黄河流域城市总数的比例分别为28.70%、37.39%、44.35%和39.13%,低于全国平均水平。出度盈余值大于0的城市个数占黄河流域城市总数的比例分别为70.43%、59.13%、42.61%和52.17%,高于全国平均水平。总体上,黄河流域多数城市处于人口流失的阶段。

2. 人口流动网络的“社区”结构

利用 Gephi 软件计算得出 2015~2018 年人口流动网络的平均聚类系数分别为 0.426、0.406、0.418 和 0.416,远大于随机网络的平均聚类系数 0.025,因此,存在“小世界”特性,通过聚类算法,以流动人口总量作为权重计算得出流动人口网络 4 年均可分为 18 个子群(见表 1)。

2015 年,除子群 1、2、4、7、11、13 外,其余均由同一省份的城市组成。子群 2 由 63 个城市组成,其中包括北京、天津和呼伦贝尔,以及河北、黑龙江、辽宁、湖北等。子群 4 包括上海和安徽的蚌埠、滁州、淮北、宿州,以及吉林和江苏。子群 11 由重庆和福建组成。子群 12 由甘肃的平凉、庆阳和青海、陕西组成。子群 7 由广西、贵州和浙江组成。此外,子群 1 由甘肃和新疆组成,子群 13 由内蒙古和宁夏组成。2016 年社区结构基本保持稳定,除子群 1、4、5、12、13、14 由不同省份组成,其他组均来自同一省份。其中,子群 5 由广东东部的部分城市和四川组成,子群 12 由重庆和贵州、浙江组成,子群 13 由广东、广西和湖南的部分城市组成,其余子群均来自相邻省份。2017 年社区分类发生变化的城市较多,子群 1、2、4、12、13、15、17 均由多个相邻或不相邻的省份组成。随着高铁、机场等基础设施的完善和普及,较远距离的人口流动将是未来发展的趋势。2018 年大多数城市保持原来的分组,黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古共同组成了一个长子群,说明东北三省和内蒙古之间的人口流动更为频繁,联系更为紧密。

从空间分布看,2015 年,最大的子群 2 横跨东部、中部、西部和东北等四大区域,最小的子群 17 和 18 分别位于西部和东北,子群 4、10、11、14、15 等主要位于东部,而子群 3、8、9、16 等则多位于中部,其余子群绝大多数分布在西部。2016 年,最大的子群 1 主体分布在西部,少数位于东北。子群 12 一半位于东部,一半位于西部。而子群 4 和 13 分布在东北,子群 5、6、7 位于西部,另外,子群 2、11、14、15、18 等多由东部城市构成,其余子群大多分布在中部。2017 年,最大的子群 1 主体仍然分布在西部,且城市个数增加,少数位于东北,主要位于西部的子群还有 5、6、7、9、13、18 等。子群 2 横跨东部和中部,子群 12 横跨东部和西部,以东部为主。类似的还有,子群 4 和 15 联通东部和东北,子群 17 则联通中部和东北,而子群 14 横跨东部、中部和西部,其主体在东部。此外,子群 3、8、10 和 16 的城市多来自中部,其余子群则主要由东部的城市构成。2018 年,子群的空间分布与 2017 年类似,发生较大变化的是子群 12、13 及 17,子群 12 仍横跨东部和西部,但以西部为主,子群 13 联通西部和东北,主要分布在东北,而子群 17 则联通东部和中部,以中部为主。可见,随着时间的推移,不同区域之间形成同一子群的情形开始增多。

人口流动网络存在不同省份城市属于同一子群的情形,主要由于这些城市具有地理位置临近、交通可达性较高、政策引导合作、温差小、文化认同感强等特点。例如,2015 年由新疆和除平凉、庆阳外的甘肃省形成的子群 1 是由于两省地理临近,温差较小。内

表 1 人口流动网络社区分类

子群	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
1	甘肃(除平凉、庆阳)、 新疆	甘肃、黑龙江(双鸭山)、 宁夏、青海、陕西、新疆	甘肃(除平凉、庆阳)、 青海、新疆、黑龙江 (双鸭山)	甘肃(除平凉、庆阳)、 青海、新疆、黑龙江 (双鸭山)
2	北京、天津、河北、黑龙江 (除双鸭山)、湖北、江西 (除赣州)、辽宁 和内蒙古的呼伦贝尔	北京、天津、河北	北京、天津、河北、湖南 (除郴州、永州)	北京、天津、河北、湖南
3	河南(除三门峡)	河南	河南	河南
4	安徽(蚌埠、滁州、淮北、 宿州)、吉林、江苏和 上海	上海、吉林、辽宁、内蒙古 (赤峰、兴安盟、通辽)	上海、重庆、吉林、江苏	上海、重庆、江苏、浙江 (杭州、湖州、嘉兴、宁波、 绍兴、台州、舟山)、安徽 (淮北、宿州)
5	海南、四川(除阿坝)	四川、广东(东莞、潮州、 河源、惠州、揭阳、梅州、 汕头、汕尾、深圳)	四川(除阿坝)、云南 (昭通)	四川(除阿坝)、广东 (东莞、潮州、河源、惠州、 揭阳、梅州、汕头、汕尾、 深圳)
6	云南	云南	云南	云南
7	广西(除梧州和贺州)、 贵州、浙江	广西	广西(除梧州、贺州)	广西
8	安徽(除蚌埠、滁州、 淮北、宿州)	安徽(除蚌埠、滁州、 淮北、宿州)	安徽、海南	安徽(除淮北、宿州)
9	湖南	湖南(除郴州、衡阳、永州)	甘肃(平凉、庆阳)、陕西	陕西、宁夏、甘肃(平凉、 庆阳)
10	广东(潮州、揭阳和汕头)	江西	江西	江西
11	重庆、福建及四川(广安)	福建	福建	福建
12	甘肃(平凉、庆阳)、 青海、陕西	重庆、贵州、浙江	贵州、浙江	贵州、浙江(金华、丽水、 温州、衢州)
13	内蒙古(除呼伦贝尔)、 宁夏	黑龙江(除双鸭山)、 内蒙古(除赤峰、 兴安盟、通辽)	宁夏、内蒙古、黑龙江 (大兴安岭)	黑龙江(除双鸭山)、 吉林、辽宁、内蒙古
14	广东(除潮州、揭阳、 汕头)、广西(梧州、 贺州)和江西(赣州)	广东(中山、佛山、广州、 江门、茂名、清远、韶关、 阳江、云浮、湛江、肇庆、 珠海)、广西(梧州和 贺州)、湖南(郴州、衡阳、 永州)	广东、广西(梧州、贺州)、 湖南(郴州、永州)	广东(中山、佛山、广州、 江门、茂名、清远、韶关、 阳江、云浮、湛江、肇庆、 珠海)
15	山东	山东	山东、黑龙江(除双鸭山)	山东
16	山西、河南(三门峡)	山西	山西	山西
17	四川(阿坝)	湖北	湖北、辽宁	湖北、海南
18	黑龙江(双鸭山)	安徽(蚌埠、滁州、淮北、 宿州)、江苏	四川(阿坝)	四川(阿坝)

蒙古(除呼伦贝尔市)和宁夏构成的子群 13,二者同为少数民族自治区,除了地理位置相近,有较强的文化认同感,在风俗习惯、气温上的相似性也使两省的人口往来频繁。2017 年,湖南省和京津冀城市群形成同一组主要由于京湘合作平台的建立,促成两地人口密集流动。

四、人口流动网络形成及演变因素分析

(一) 理论基础

根据新古典增长理论,流入地和流出地的人口势能差越高,两地的人口流动越频繁(雷光和等,2013),因此,人口规模是影响人口流动的重要因素之一,本文用年末户籍人口差值矩阵(Pop)测度城市间人口规模的差异。除人口规模外,地区间的收入差距也影响人口流动,由于收入差距的存在,人们会在不同区域之间自主流动以实现自身效用的最大化(Lee,1996)。因此,本文选取在岗职工平均工资差值矩阵(Wag)和人均年末金融机构人民币各项存款余额的差值矩阵(Pdb)测度收入差距。经济发展水平越高、产业结构越合理的地区就业机会越多,而人口的流动主要是为了更多的就业机会,因此,人均地区生产总值差值矩阵(Pgdp)、第二产业占 GDP 比重差值矩阵(Pro2)和第三产业占 GDP 比重差值矩阵(Pro3)也是影响人口流动的因素(张耀军、岑俏,2014)。另外,对外开放水平反映城市融入全球化的程度,其差异对人口流动网络也有重要的影响(叶明确、任会明,2020),本文采用当年实际使用外资金额差值矩阵(For)测度城市间对外开放水平的差异。人口流动的空间距离会影响迁移成本和信息的获取,进而影响人口迁移的决策(雷光和等,2013),因此本文使用城市间的距离差值矩阵(Dis)测度。

舒适度理论提出人工设施或自然环境等带来的舒适度差异是人口流动的决定因素,教育科技发达、社会保障能力强、基础设施条件好的城市能给流动人口带来更高的舒适度,而教育科技水平较低、社会保障能力较弱、基础设施较差的城市的人口将不断流失(李拓、李斌,2015)。因此,本文分别选取公共财政教育支出差值矩阵(Edu)和公共财政科学技术支出差值矩阵(Sci)等测度城市间教育科技水平的差异,用城镇职工基本养老保险参保人数差值矩阵(Old)和城镇职工基本医疗保险参保人数差值矩阵(Med)测度城市间社会保障能力的差距,并采用互联网宽带接入用户数差值矩阵(Int)刻画城市基础设施水平的差异,采用绿地面积差值矩阵(Gre)衡量城市间人工环境的差异。自然环境方面,气候是影响舒适度的主要因素,因此,选取气候差值矩阵(Tem)测度城市间自然环境差异(Cao 等,2018)。根据上述分析,本文提出假设:人口流动网络形成及演变的因素主要包括人口、经济、距离、人工设施和自然环境等,人口规模差距越高、经济发展水平差距越大、距离越近、人工设施条件差距越大、自然环境越相似的城市之间越容易产生人口的流动,进而形成人口流动网络,这些因素变化引起人口流动网络演变。

（二）经验分析

根据上述假设,本文首先分析假说中的指标从经验看是否影响城市间人口流动网络的形成及演变。人口流动网络稳定的核心节点城市有北京、深圳、上海、东莞、广州、杭州、成都、武汉和西安,这些城市的互联网宽带接入用户数、绿地面积及人均年末金融机构人民币各项存款余额等远高于全国平均水平,与其他城市之间的差距较大,因此,其人口流动总人次也较高。2016和2017年分别新增12个及32个核心节点城市,这些城市的互联网宽带接入用户数、绿地面积和人均年末金融机构人民币各项存款余额等指标与其他城市之间的差距均呈增长趋势,进而促使这些城市新增为核心节点城市。2018年有43个城市退出核心节点,这些城市的互联网宽带接入用户数、绿地面积和人均年末金融机构人民币各项存款余额等指标均出现了不同程度的降低,导致其退出核心节点。另外,入度盈余等级较高的城市其公共财政科技支出、互联网接入用户数、绿地面积和人均年末金融机构人民币各项存款金额等指标均高于全国平均水平,这些指标的增加将提高城市的入度盈余等级。出度盈余等级较高的城市其公共财政科技支出、互联网接入用户数、绿地面积、人均年末金融机构人民币各项存款金额和平均温度等指标均低于全国平均水平,且增速缓慢,这些指标的增加将降低城市的出度盈余等级。

总之,公共财政科技支出、互联网宽带接入用户数、绿地面积及人均年末金融机构人民币各项存款、平均温度等指标对人口流动网络的形成和演变产生了一定的影响,其数值越高,相应城市越容易加入入度盈余较高等级,反之,该城市越容易加入出度盈余较高等级。那么,假设中提到的其他因素是否也会对人口流动网络的形成产生影响?当同时考虑所有因素时,人口流动网络的形成和演变原因是什么?对这些问题的回答需要进一步的模型检验。

（三）模型检验

为了确定人口流动网络形成的影响因素,本文以人口流动网络矩阵为因变量,以所选取的指标为自变量进行QAP回归分析。需要说明的是,因变量为0-1矩阵,代表每年城市间人口往来的联系,赋值原则是根据每年城市间人口流动总人次矩阵,将每一行中大于该行平均值的元素赋为1,小于平均值的城市元素赋为0。在做差值矩阵之前,先将指标进行标准化处理,以避免量纲及不同类型指标对结果的干扰,然后,再分别转换为 328×328 的差值矩阵。回归结果显示,2015~2018年调整后的 R^2 分别为0.190、0.173、0.179和0.177,说明这些指标能较好地解释人口流动网络的形成。

由表2可知,人均年末金融机构人民币各项存款余额差值、互联网宽带接入用户数差值、绿地面积差值、城市间地理距离、公共财政科学技术支出差值和年平均温度差值等均通过1%的显著性检验,说明这些因素对人口流动网络的形成产生了重要的影响。其中,前3个指标与人口流动正相关,表明城市间金融机构存款余额差距越大,人口越容易在这些城市之间流动。互联网宽带接入用户越多,城市绿地面积越高,则该城市给

表 2 人口流动网络影响因素 QAP 回归分析结果

变量	2015 年		2016 年		2017 年		2018 年	
	回归系数	P 值	回归系数	P 值	回归系数	P 值	回归系数	P 值
Pop	-0.002	0.761	0.022*	0.068	0.025*	0.075	0.021	0.107
Wag	-0.017**	0.032	-0.014	0.119	0.011	0.165	0.009	0.200
Pdb	0.140***	0.000	0.196***	0.001	0.157***	0.001	0.190***	0.001
Pgdp	0.011	0.405	-0.015**	0.045	-0.009	0.211	-0.008	0.762
Pro2	-0.062	0.994	-0.013	0.984	-0.004	0.873	0.002	0.686
Pro3	-0.016	0.355	0.005	0.357	0.001	0.423	0.010	0.171
For	0.042	0.491	0.099***	0.001	0.104***	0.000	0.051**	0.036
Dis	-0.150***	0.000	-0.180***	0.000	-0.208***	0.001	-0.225***	0.000
Edu	0.048**	0.037	-0.015	0.189	-0.051	0.108	-0.062	0.305
Sci	-0.254***	0.002	-0.177***	0.001	-0.161***	0.000	-0.159***	0.002
Old	0.231***	0.001	0.137	1.000	0.165***	0.003	0.146***	0.007
Med	0.107**	0.017	0.003	0.378	-0.021	0.339	0.015	0.173
Int	0.080***	0.003	0.138***	0.001	0.123***	0.001	0.132***	0.001
Gre	0.053**	0.018	0.041**	0.042	0.069**	0.014	0.077***	0.001
Tem	-0.024***	0.001	-0.031***	0.005	-0.042***	0.001	-0.018*	0.051

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

人们带来的舒适度越高,因此,较易产生人口的流动。城市间地理距离与人口流动负相关,表明两地之间的地理距离越远,越不利于人口的流动。公共财政科学技术支出差值矩阵回归系数为负主要由于两地之间科技支出的差距越大,流出城市的人口越不能满足流入城市对高质量发展人才的要求,因此,将在一定程度上限制两城市间的人口流动。此外,各城市间年平均温度的差值矩阵回归系数为负,说明两地之间的温度差异越大,越不利于人口流动,人们趋向于选择与流出地环境相似的地区作为流入地。

实际使用外资金额差值和城镇职工基本养老保险参保人数差值矩阵 4 年中有 3 年通过显著性检验,说明这两个指标也会影响人口在城市间的流动。其中,实际使用外资金额差值在 2016~2018 年与人口流动显著正相关,表明全球化程度逐渐成为流动人口关注的重要方面。城镇职工基本养老保险参保人数差值在 2015、2017 和 2018 年与人口流动显著正相关,表明流动人口对养老保障更加重视。

总之,经济发展水平差距越大、距离越近、设施条件差距越大的城市之间越容易产生人口的流动。具体而言,促进人口流动的因素主要有城镇职工基本养老保险参保人数、人均年末金融机构人民币各项存款余额、互联网宽带接入用户数、当年实际使用外资金额和绿地面积,这些变量对人口流动网络的平均影响强度为 0.1807、0.1708、0.1183、0.0847、0.06。阻碍人口流动的因素主要有城市间地理距离、公共财政科学技术支出和年平均温度,其平均影响强度分别为 -0.1908、-0.1878 和 -0.0288。

五、结论和建议

本文基于腾讯位置大数据研究 2015~2018 年中国各城市间人口流动网络的空间格局及其演变,并探讨其影响因素,得到以下结论:(1)人口流动网络的空间分布格局相对稳定,呈十字骨架支撑的菱形分布,北京、上海、广州、深圳、成都、重庆、西安、武汉和长沙等为其主要顶点,人口流动布局由集中转向分散。(2)流动人口较多的城市集中在长三角城市群、珠三角城市群、京津冀城市群、成渝城市群、关中城市群、中原城市群、长江中游城市群等的中心城市。而人口损失较为严重的地方则主要位于新疆、青海、云南、四川、甘肃及内蒙古的部分少数民族自治州或盟。黄河流域多数城市处于人口流失的阶段。(3)人口流动网络存在“小世界”特性,具有比较明显的社区结构。大多数子群以省份为单位进行划分,不同省份的城市属于同一子群主要归因于这些城市具有地理位置临近、交通可达性较高、政策引导合作、温差小、文化认同感强等特点。(4)人口流动网络的形成及演变归因于经济差距、距离远近,以及人工设施或自然环境带来的舒适度差异等。人均年末金融机构人民币各项存款余额、互联网宽带接入用户数、绿地面积、当年实际使用外资金额,以及城镇职工基本养老保险参保人数等指标数值越高的城市越容易成为人口流动网络的核心节点,其入度盈余等级较高。反之,这些指标数值降低,则该城市将退出核心节点,入度盈余等级也会降低。同时,这些指标与其他城市的差距越大,越容易形成人口的流动。另外,城市间公共财政科学技术支出差距的扩大将阻碍人口的流动,而城市间地理距离和年平均温度差距的增加也不利于人口的流动。因此,人口的流动更趋向于提高舒适程度,而不是单纯追求高收入。

根据上述研究结论,本文提出以下建议:(1)通过腾讯位置大数据能够及时发现最具人口吸引力及人口流失最严重的城市,因此,各级政府可以根据这些数据针对不同类型的城市制定精准的人口流动管理政策。例如,对于净流入人口数量较大的城市,城市发展处于由粗放型向精致型转变的关键时期,因此,当地政府可制定相应的政策吸引“高精尖”的高质量人才流入;对于人口流失严重的地区,当地政府更应关注于如何增加劳动力密集型行业的就业机会,以吸引大量的人口流入,提高城市活力和可持续发展能力。(2)城市间城镇职工基本养老保险参保人数、人均年末金融机构人民币各项存款余额、城市绿地面积和互联网宽带接入用户数等的差距会促进人口流动,因此,当地政府应努力加快社会保障、通信设施和环境基础设施等的建设和优化,以提升城市的舒适度水平,增强人口吸引力。(3)城市间的地理距离会阻碍人口在区域间的流动,尤其是西部地区,一些城市节点只能通过特定的门户城市在网络中进行人口的流动。虽然各城市间的地理距离是恒定的,但出行的交通时间是可变的。因此,政府应加快交通基础设施建设,尽量缩短城市间的交通出行时间,以促进各地区间的人口流动。

参考文献:

1. 陈秋红(2015):《环境因素对人口迁移的作用机制分析》,《中国农村观察》,第3期。
2. 古恒宇等(2019):《中国城市流动人口回流意愿的空间分异及影响因素》,《地理研究》,第8期。
3. 侯贺平等(2013):《基于改进辐射模型的乡镇人口流动网络研究》,《中国人口·资源与环境》,第8期。
4. 蒋小荣、汪胜兰(2017):《中国地级以上城市人口流动网络研究——基于百度迁徙大数据的分析》,《中国人口科学》,第2期。
5. 雷光和等(2013):《中国人口迁移流动的变化特点和影响因素——基于第六次人口普查》,《西北人口》,第5期。
6. 李拓、李斌(2015):《中国跨地区人口流动的影响因素——基于286个城市面板数据的空间计量检验》,《中国人口科学》,第2期。
7. 李志刚等(2020):《中国城乡流动人口“回流”研究进展与述评》,《人文地理》,第1期。
8. 梁林等(2019):《京津冀城市间人口流动网络研究——基于腾讯位置大数据分析》,《西北人口》,第1期。
9. 刘海洋等(2020):《基于腾讯人口迁徙大数据的黄河流域城市联系网络格局》,《经济地理》,第4期。
10. 刘涛、靳永爱(2020):《人口流动视角下的中国新冠疫情扩散时空动态——传统数据与大数据的对比研究》,《人口研究》,第5期。
11. 刘张等(2020):《基于多源时空大数据的区际迁徙人群多层次空间分布估算模型——以COVID-19疫情期间自武汉迁出人群为例》,《地球信息科学学报》,第2期。
12. 马学广、唐承辉(2018):《中国城市网络化空间联系与格局——基于高铁客运流的大数据分析》,《经济地理》,第4期。
13. 潘竞虎、赖建波(2019):《中国城市间人口流动空间格局的网络分析——以国庆—中秋长假和腾讯迁徙数据为例》,《地理研究》,第7期。
14. 王珏等(2014):《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》,第2期。
15. 魏冶等(2016):《春运人口流动透视的转型期中国城市网络结构》,《地理科学》,第11期。
16. 叶明确、任会明(2020):《中国省际人口流动网络演化及其影响因素研究》,《当代经济管理》,第3期。
17. 于涛方(2012):《中国城市人口流动增长的空间类型及影响因素》,《中国人口科学》,第4期。
18. 张伟丽等(2019):《网络关联、空间溢出效应与中国区域经济增长——基于腾讯位置大数据的研究》,《地理科学》,第9期。
19. 张耀军、岑俏(2014):《中国人口空间流动格局与省际流动影响因素研究》,《人口研究》,第5期。
20. Bastin F., Cirillo C., Toint P.L. (2010), Estimating Nonparametric Random Utility Models with an Application to the Value of Time in Heterogeneous Populations. *Transportation Science*. 44(4):429-553.
21. Cao Z., Zheng X., Liu Y., Li Y., Chen Y. (2018), Exploring the Changing Patterns of China's Migration and Its Determinants Using Census Data of 2000 and 2010. *Habitat International*. 82:72-82.
22. Bogue D.J. (1959), *The Study of Population: An Inventory and Appraisal*. Chicago: University of Chicago Press, 1959:64-72.
23. Lee E.S. (1996), A Theory of Migration. *Demography*. 3(1):47-57.
24. Lewis W.A. (1954). Economic Development with Unlimited Supplies of Labor. *The Manchester School*. 22(2): 139-191.
25. Gutmann M.P., Field V. (2010), Katrina in Historical Context: Environment and Migration in the U.S.. *Population and Environment*. 31(1-3):3-19.

(责任编辑:朱 犁)