

中国主要城市群人口迁移倾向研究

——基于百度指数的应用

肖周燕, 李慧慧

(首都经济贸易大学 劳动经济学院, 北京 100070)

摘要: 互联网的发展以及大数据的开发和应用为研究城市间的人口迁移流动提供了可能。利用网络用户搜索信息行为数据, 构造人口迁移倾向指标, 在分析中国三大城市群城际人口迁移倾向概率和方向基础上, 利用马尔科夫链对人口迁移倾向概率进行预测, 以此对城市群未来城际人口迁移态势作出判断。研究发现, 粤港澳大湾区和长三角城际人口迁入迁出倾向活跃, 它们依然是目前乃至以后中国人口迁移活跃地区; 京津冀城际人口迁移倾向活跃程度明显低于长三角和粤港澳大湾区, 北京与周边城市虽然物理距离比较近, 但迁移倾向关联度不高。长三角城市群的上海、南京、舟山等地, 粤港澳大湾区的珠海、香港、深圳、广州、澳门、惠州和中山以及京津冀城市群的天津将是中国未来人口迁移的主要目的地。

关键词: 城市群; 迁移倾向; 预测

中图分类号: C922 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4149 (2021) 04-0022-15

DOI: 10.3969/j.issn.1000-4149.2021.00.027

A Study on the Tendency of Population Migration in Major Urban Agglomerations in China: Based on the Application of Baidu Index

XIAO Zhouyan, LI Huihui

(School of Labor Economics, Capital University of Economics and Business,
Beijing 100070, China)

Abstract: The development of the Internet and the application of big data have made it possible to study the population migration between cities. Based on the analysis of the

收稿日期: 2021-01-02; 修订日期: 2021-05-24

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“中国主要城市群人口集聚与空间格局优化研究”(18ZDA131)。

作者简介: 肖周燕, 首都经济贸易大学劳动经济学院教授; 李慧慧, 首都经济贸易大学劳动经济学院博士研究生。

probability and direction of the intercity population migration in the three major urban agglomerations of China, this paper constructs the index of the population migration propensity according to the information searching behavior data of network users and predicts the probability of population migration by using Markov chain, so as to judge the future intercity population migration trend in urban agglomerations. The results show that Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and Yangtze River Delta Urban Agglomerations are still the active areas of population migration in China at present and in the future. The active degree of population migration tendency of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration is lower than that in Yangtze River Delta Region and Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, Although the physical distance between Beijing and surrounding cities is relatively close, the correlation degree of migration tendency is not high. In the future, the cities of Shanghai, Nanjing and Zhoushan in Yangtze River Delta Urban Agglomerations, Zhuhai, Hong Kong, Shenzhen, Guangzhou, Macao, Huizhou and Zhongshan in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, and Tianjin in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration will be the main destinations of China's population migration.

Keywords: urban agglomeration; migration propensity; predict

一、引言

当前中国城镇化已进入中心城市带动城市群,进而带动区域经济发展的新阶段。城市群不仅是推行城镇化的重要载体,同时也是流动人口集聚的重要平台。流动人口不断向大城市及城市群聚集,一方面彰显了区域经济发展的变迁,另一方面必将重塑中国社会经济发展格局。为此,城市群的人口迁移研究对于中国宏观经济决策十分重要。传统的人口迁移分析主要从人口普查或抽样调查中获取迁移人口数据,但上述数据在时效性、方向性和连续性方面往往存在缺陷,且利用传统数据分析人口迁移多侧重省际层面^[1-2],缺乏城际层面的探讨,研究范围的宽泛难以全面反映现实的人口迁移情况,对政策的指导意义有限。近年来,随着互联网平台的快速发展,基于社交网络大数据、人口实时迁移的位置数据,以及移动通讯总量数据使城际人口迁移研究成为可能。在国外,城际人口迁移研究日益丰富^[3-5]。随着互联网的普及,地理信息、社交媒体以及来自信息和通信技术的数据是大数据的新兴来源^[6-7],有助于开发和理解人口时空分布,通过挖掘大数据可以探讨人口迁移模式^[8]。在国内,利用大数据分析人口迁移的文献也日益增多。刘望保等利用百度迁徙数据,从人流集散层级、人流集散网络体系的分层集聚、人口日常流动空间格局及其与“胡焕庸线”之间的关系等角度,探讨城际人口日常流动相关特征与空间格局^[9]。蒋小荣等同样基于百度迁徙大数据,运用复杂网络分析方法,构建中国城际间人口日常流动网络模型,测度并分析其复杂性网络特征^[10]。王萌等利用社会网络分析法,结合网络用户搜索行为数据,探究了珠三角城市群城市间人口流动倾向路径和空间差异^[11]。赵落涛等将中国流动人口动态监测数据和春运百

度迁徙数据结合，对泛长三角人口迁移的复杂网络进行了研究^[12]。赖建波等利用“腾讯迁徙”大数据，探究春节前、春节中和春节后城市间人口流动特征与空间格局^[13]。人口迁移相关的大数据日益丰富，为精细和准确掌握人口迁移信息提供了支持，也使城际间人口迁移研究成为现实。但需要指出的是，利用位置数据虽然综合了统计数据和问卷访谈数据的优势，能够模拟人口迁移，但所得到的数据包含了旅游、走亲访友等短时的人口迁移，这种短时的人口迁移明显不同于人口学中伴随着户籍迁移的单向的人口迁移概念，加入短时的城际迁移研究虽然具有一定的参考价值，但是对于流入地和流出地如何有针对性地进行社会经济管理，其政策指导作用还有待进一步考察。此外，从研究内容上来看，基于大数据的人口迁移研究大多立足于城市群人口迁移或城市的网络结构上^[14-16]，而对于人口迁移方向以及未来发展趋势探讨不多^[17]。那么，排除旅游、走亲访友等短时的人口迁移，城际间人口迁移状况究竟如何，未来城市群人口迁移流动情况怎样，这些问题是促进城市群高质量发展，提升城市社会经济发展水平需要重视的问题。

随着互联网的迅猛发展，搜索引擎成为人们获取信息的主要来源，对人们的大量网络行为进行统计分析可以很好地了解到人们在各方面的诉求^[18-19]，如当人们在发生实际迁移行为之前，会在网络平台上查询目标城市的相关信息，对迁移的风险和成本作出一定的评估，所以，信息搜索行为可以反映出人们在心理上的迁移倾向，而这种心理空间上的迁移倾向与现实空间上的迁移活动总是相互影响和相互作用的，心理上的迁移倾向往往对未来的迁移流动具有指导作用，且这种指导作用会随着迁移倾向的加强而提升。为此，利用较长时间内城市间的信息搜索行为产生的网络大数据，可以推算出经济新常态背景下城市间的迁移倾向，这一方面通过扩大样本的数量和时间跨度排除了短时人口迁移对研究结果的影响，另一方面可以进行城际间人口迁移倾向的探讨，基于大体量的数据展开人口迁移倾向概率的预测研究。

本研究的创新性主要体现在以下几个方面：首先，基于网络大数据更侧重城际间人口迁移方向的分析，弥补由于省际数据范围较大无法全面细致地反映人口迁移格局的不足。其次，弥补现有文献对人口迁移流向分析的不足，丰富人口迁移的空间格局研究。此外，尝试进行人口迁移的预测分析，为把握未来人口迁移流动格局，推动城市群发展等方面提供政策建议。

二、数据来源与研究方法

1. 数据来源

本文的研究数据主要来自于网络用户主动搜索行为的百度指数趋势数据^①。百度指数中的搜索指数是以关键词为统计对象，计算各个关键词在网页搜索中搜索频次的加权和，该数据反映了网络用户对于特定领域的关注度^[14,18-19]。由于每一个用户在百度的检索行为都是主动意愿的展示，因此每一次与迁移行为相关的检索行为都可能成为该用户迁移意愿的表

① <http://index.baidu.com>

达。中国互联网信息中心发布的《2019年中国网民搜索引擎使用情况研究报告》数据显示,截至2019年6月,我国搜索引擎用户规模达6.95亿,搜索引擎使用率高达81.3%,而百度搜索在搜索引擎用户中的渗透率为90.9%^①。可以看出,人们在网络搜索过程中产生的数据,可以反映出其心理诉求^[20]。所以,利用反映网络用户主动搜索行为的百度指数大数据分析人口迁移倾向具有科学性和可信性。

基于研究目的和要求,在收集搜索行为数据时将时间段分别设置为2018年的1月1日至12月31日和2019年的1月1日至12月31日,搜索地区分别设置为我国319个地级市*i*,根据人口流动导向的一般信息需求和“最小努力法则”^[11],考虑到数据可得性和科学性,分别以“城市*j*招聘”、“城市*j*地图”和“城市*j*租房”为关键词,获取2018年和2019年我国319个地区分别对关键词“城市*j*招聘”、“城市*j*地图”和“城市*j*租房”的搜索指数整体日均值,形成两个时间段的6个319×319矩阵。利用获取的搜索指数矩阵,构造人口迁移倾向指标,分析主要城市群人口迁移倾向,并对未来城市群人口迁移倾向概率进行预测,以此间接判断在城市群范围内城际间人口迁移的现状与未来。

2. 人口迁移倾向模型

人口迁移倾向是指具有一定迁移动机的人口向目标城市流动的可能性。由于人口迁移倾向与现实人口迁移活动相互关联,了解迁移倾向在一定程度上可以判断和预测迁移行为。根据人口迁移导向的一般信息需求,潜在迁移者会更关注目标城市的就业机会、房屋市场动向和目标城市空间范围及基础设施的具体方位。为此,城市*i*对城市*j*的迁移倾向主要可以从就业机会、房屋市场与目标城市的方位三方面进行探讨。建立城市*i*对城市*j*的迁移倾向度模型如下:

$$Propensity_{ij} = \sqrt[3]{Job_{ij} \times Map_{ij} \times House_{ij}} \quad (i \neq j) \quad (1)$$

其中, $Propensity_{ij}$ 表示城市*i*对城市*j*的人口迁移倾向度; Job_{ij} 表示城市*i*对关键词“城市*j*招聘”的搜索指数,表明搜索者对目标城市就业机会的关注,即就业倾向; Map_{ij} 代表城市*i*对关键词“城市*j*地图”的搜索指数,表示搜索者对目标城市的现实空间范围、公共设施等的具体方位的掌握倾向,即方位倾向。 $House_{ij}$ 表示城市*i*对关键词“城市*j*租房”的搜索指数,表示搜索者对目标城市的住房市场的了解倾向,即定居倾向。为探讨城际人口迁移倾向的方向,用城市*i*和城市*j*两两城市迁移倾向度的差值来衡量,将该差值称为净迁移倾向度(M_{ij})。若 $M_{ij} > 0$,表示城市*i*对城市*j*的迁移倾向大于城市*j*对城市*i*的迁移倾向。即对城市*i*和城市*j*而言,城市*j*是城市*i*的潜在人口迁入地,数值越大说明城市*i*对城市*j*迁入倾向越强。反之亦然。

$$M_{ij} = Propensity_{ij} - Propensity_{ji} \quad (2)$$

其中, M_{ij} 代表城市*i*与城市*j*之间的净迁移倾向度,且 $M_{ij} = -M_{ji}$ 。

3. 人口迁移倾向概率

人口迁移倾向概率是指在一定时期人口在地理空间上迁移倾向变动的可能性,用一定时

① <http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/index.htm>

期某城市人口迁入或迁出倾向度与该时期所有城市迁入或迁出倾向度加总之比来表示。人口迁入倾向概率用一定时期人口迁入倾向度与该时期所有城市迁入倾向度加总之比来表示。人口迁出倾向概率用一定时期人口迁出倾向度与该时期所有城市迁出倾向度加总之比来表示。净迁移倾向概率为人口迁入倾向概率与迁出倾向概率的差值。具体计算步骤如下。

首先，利用人口迁移倾向度构造城际间人口迁入倾向矩阵 C 和迁出倾向矩阵 $C1$ ，分别为：

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} \end{pmatrix} \tag{3}$$

$$C1 = \begin{pmatrix} C1_{11} & C1_{12} & \cdots & C1_{1j} \\ C1_{21} & C1_{22} & \cdots & C1_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C1_{i1} & C1_{i2} & \cdots & C1_{ij} \end{pmatrix} \tag{4}$$

由此，可以分别构造城际间人口迁入倾向概率向量矩阵 W_{PMI} ($1 * 319$ 矩阵) 和人口迁出倾向概率向量矩阵 W_{PMO} ($1 * 319$ 矩阵)，其中，

$$W_{PMI} = \sum_{i=1}^{319} C_{ij} / \sum_{i=1}^{319} \sum_{j=1}^{319} C_{ij} \tag{5}$$

$$W_{PMO} = \sum_{i=1}^{319} C1_{ij} / \sum_{i=1}^{319} \sum_{j=1}^{319} C1_{ij} \tag{6}$$

人口迁移倾向概率为人口迁入倾向概率与迁出倾向概率的加总；净迁移倾向概率为人口迁入倾向概率与迁出倾向概率的差值，分别表示为：

$$TM = W_{PMI} + W_{PMO} \tag{7}$$

$$NM = W_{PMI} - W_{PMO} \tag{8}$$

其中， TM 为人口迁移倾向概率，反映城市之间双向迁移倾向的总关联程度。 NM 为净迁移倾向概率，是判断城市迁入迁出倾向属性的指标。如果净迁移倾向概率为正值，表示该城市迁入倾向比较强，为潜在迁入城市。反之，净迁移倾向概率为负值，表示该城市迁出倾向强，为潜在迁出城市。需要指出的是，净迁移倾向概率的正负值并不反映现实中人口的迁入迁出，该指标只是潜在迁入和迁出倾向的一种衡量，从某种意义上反映某城市流动人口可能的增速。如净迁移倾向概率为负值，表明该城市为潜在迁出城市，并不意味着现实中人口从该城市迁出，表明该城市流动人口增速放缓；若净迁移倾向概率为正值，表明该城市为潜在迁入城市，流动人口将快速增长。利用净迁移倾向概率可以把握城市迁移倾向类型，间接反映流动人口增速。

4. 人口迁移倾向概率预测模型

采用马尔科夫链对城际人口迁移倾向进行预测，判断未来人口迁移的潜在可能性。马尔科夫链是马尔科夫过程的一种形式。马尔科夫过程理论是随机过程理论的一种，描述了某一

时期将达到某种状态的过程,这一过程仅依赖于目前所处的状态,而与以往的状态无关。马尔科夫过程不仅能够描述时间序列的变动过程,也能够描述结构变动的过程。因此,可以被广泛应用到人口迁移流动分析当中^[21-22]。利用马尔科夫链,通过计算一个反映城市之间人口迁移倾向的概率转移矩阵,利用初始矩阵的 n 步转移,可以预测之后年份的迁移倾向概率矩阵。

(1) 马尔科夫链。马尔科夫链是时间和状态都离散的马尔科夫过程,其中,在 t 时刻状态的变化取决于 $t-1$ 时刻的状态,这种过程可以用条件概率来描述^[23]。

为了方便描述,假设 t 时刻的状态为 E_i , $t+1$ 时刻的状态为 E_j ,则条件概率可以写为:

$$P(E_i \rightarrow E_j) = P(E_j/E_i) = P_{ij} \quad (9)$$

其中, P_{ij} 为状态转移概率。如果被预测的事件有 $E_1, E_2, \dots, E_n$,共 n 个可能的状态,则状态转移概率矩阵为:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

其中, P_{ij} 满足以下条件:

$$\begin{cases} 0 \leq P_{ij} \leq 1 & (i, j = 1, 2, \dots, n) \\ \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 & (i = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (11)$$

当初始向量 $W^0 = \{p_1^0, p_2^0, p_3^0, \dots, p_n^0\}$ 已知,并且状态转移概率矩阵为 P (n 阶方阵),则经过 k 次转移后,状态 W^k 可以表示为:

$$W^k = W^{k-1} * P = W^0 * P^{k-1} \quad (12)$$

(2) 人口迁移倾向概率的预测模型。根据网络用户主动搜索行为的百度指数趋势数据,计算城市间人口迁移倾向矩阵,利用马尔科夫链建立人口迁移的预测模型。基本步骤如下。

首先,确定初始概率矩阵 W^0 。利用2019年城市 i 与城市 j 之间的人口迁移倾向度矩阵($319 * 319$),构造基年中国城际人口迁移倾向矩阵为:

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12}, \cdots, C_{1n} \\ C_{21} & C_{22}, \cdots, C_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{n1} & C_{n2}, \cdots, C_{nn} \end{pmatrix} \quad (13)$$

由此,以2019年为基期,分别构造出城际人口迁入初始概率向量矩阵 W_{PMI}^0 ($1 * 319$ 矩阵)和人口迁出初始概率向量矩阵 W_{PMO}^0 ($1 * 319$ 矩阵)。

其次,确定转移概率矩阵 P 。根据2018年和2019年两个时间段城际人口迁移倾向度矩阵($319 * 319$)的矩阵均值,可以构造人口迁入倾向概率转移矩阵 PMI ($319 * 319$ 矩阵)

和迁出倾向概率转移矩阵 PMO ($319 * 319$ 矩阵):

$$PMI = \begin{pmatrix} & \text{来源城市 1} & \text{来源城市 2} & \cdots & \text{来源城市 } n \\ \text{现居地 1} & P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ \text{现居地 2} & P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & & & & \\ \text{现居地 } n & P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

(14)

$$PMO = \begin{pmatrix} & \text{目标城市 1} & \text{目标城市 2} & \cdots & \text{目标城市 } n \\ \text{现居地 1} & P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ \text{现居地 2} & P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & & & & \\ \text{现居地 } n & P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

(15)

最后，利用马尔科夫链预测人口迁入和迁出倾向概率。根据马尔科夫链模型，可以计算 2020—2030 年的城际人口迁移倾向概率矩阵分别如下。

城际人口迁入倾向概率矩阵:

$$WT^k = W_{PMI}^0 * PMI^{k-2019}$$

(16)

城际人口迁出倾向概率矩阵:

$$WO^k = W_{PMO}^0 * PMO^{k-2019}$$

(17)

5. 研究范围

本研究城市群主要包括长三角、粤港澳大湾区和京津冀三个国家级城市群，三大城市群将引领东部乃至全国的经济发展。长江三角洲城市群包括上海，江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州，浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州，安徽省的合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城等 26 市。京津冀城市群包括北京、天津、张家口、承德、秦皇岛、唐山、沧州、衡水、廊坊、保定、石家庄、邢台、邯郸 13 市。粤港澳大湾区包括广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆、香港和澳门 11 市。

三、分析结果

1. 人口迁移规模与迁移倾向的关联

一般来说，潜在的迁移人口会对目的地的方位、就业机会和房屋市场信息等进行查询。利用百度指数计算的迁移倾向度与人口迁移规

表 1 人口迁移规模与倾向相关性分析

变量	Pearson 相关系数	Spearman 相关系数	P 值
迁移倾向	0.8864	0.9071	0.0000

资料来源：根据 2015 年全国 1% 人口抽样调查数据与百度指数相关数据计算而得。

模存在一定相关关系，结合 2015 年全国 1% 人口抽样调查中迁移流动数据进行验证。相关分析结果如图 1 所示，城市群迁移人口规模与迁移倾向相关系数在 0.9 以上，且通过显著性检验，说明利用在网络中异地之间的查询功能方法来测算人口迁移倾向度在一定程度上可以表

征城际间的人口迁移。

2. 三大城市群迁移倾向概率比较

利用与迁移相关的百度搜索指数，从全国层面计算出城际人口迁移倾向矩阵。在全国人口迁移流动背景下，利用公式（1），计算三大城市群城际人口迁移倾向度。基于 2019 年各城市净迁移倾向概率，判断城市迁入或迁出倾向属性，结果如表 2 和图 1 所示。

表 2 三大城市群净迁移倾向概率前 10 位排名表

位序	长三角	净迁移倾向概率	位序	粤港澳大湾区	净迁移倾向概率	位序	京津冀	净迁移倾向概率
1	上海	0.01561	1	香港	0.01019	1	唐山	-0.00490
2	合肥	-0.00526	2	珠海	0.00769	2	天津	0.00454
3	南京	0.00467	3	佛山	-0.00447	3	北京	-0.00413
4	苏州	-0.00404	4	澳门	0.00424	4	保定	-0.00262
5	金华	-0.00276	5	东莞	-0.00289	5	邯郸	-0.00160
6	台州	-0.00227	6	惠州	0.00245	6	石家庄	-0.00156
7	盐城	-0.00189	7	深圳	0.00222	7	秦皇岛	0.00141
8	泰州	-0.00166	8	江门	-0.00213	8	廊坊	-0.00118
9	镇江	-0.00166	9	广州	0.00110	9	衡水	0.00091
10	宁波	-0.00166	10	肇庆	0.00060	10	邢台	-0.00091

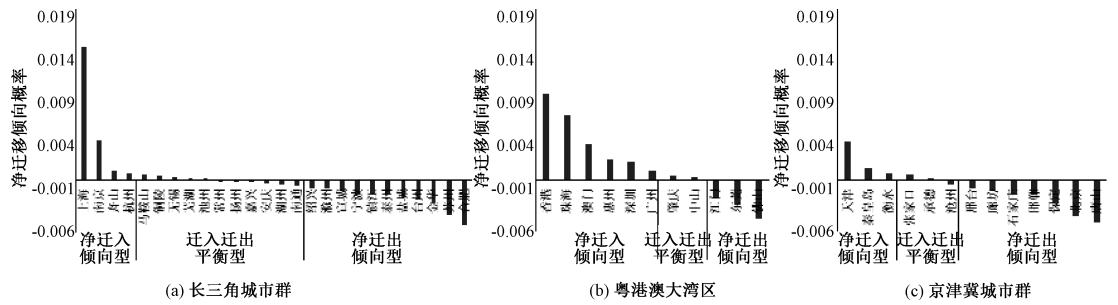


图 1 2019 年三大城市群净迁移类型

图 1 结果显示，长三角、粤港澳大湾区和京津冀三大城市群各个城市的潜在迁移倾向存在较大差距。根据净迁移倾向概率大小，将内部城市划分为具有迁入倾向、迁出倾向和迁入迁出倾向相对平衡三类。长三角城市群总共 26 个城市，如图 1 所示，潜在迁入城市主要包括上海、南京、舟山和杭州；迁入迁出倾向相对平衡城市为马鞍山、铜陵、无锡、芜湖、池州、常州、扬州、嘉兴、安庆、湖州和南通；潜在迁出倾向城市主要包括绍兴、滁州、宣城、宁波、镇江、泰州、盐城、台州、金华、苏州和合肥。虽然长三角城市群潜在迁出倾向城市的数量大于迁入倾向的城市数量，但是上海和南京对人口的巨大吸引力使得长三角城市群依然具有较强吸引力。

对于粤港澳大湾区城市群的 11 个城市，根据净迁移倾向概率，具有迁入倾向城市主要包括香港、珠海、澳门、深圳、惠州和广州；迁入迁出倾向相对平衡城市为肇庆和中山；迁出倾向城市主要包括江门、东莞和佛山。由于经济发展迅速、城市的包容性以及有力的人才吸引政策，香港、澳门和深圳一直以来是粤港澳大湾区具有较强迁入倾向的城市。广州作为

老牌一线省会城市，同北京和上海一样，存在控制人口规模压力，同时粤港澳大湾区其他城市发展对广州具有人口分流作用，所以广州市的净迁移概率处于较低的水平。东莞作为制造业基地，在产业转型期间遇到瓶颈，经济增长速度明显放缓，成为人口的潜在迁出地，流动人口增速减缓。

比较而言，京津冀城市群具有潜在迁入倾向的城市并不多。对于京津冀城市群 13 个城市，具有迁入倾向城市分别为天津、秦皇岛和衡水；迁入迁出倾向相对平衡城市包括张家口、承德和沧州；邢台、廊坊、石家庄、邯郸、保定、北京和唐山为主要迁出倾向城市。由于外迁非首都核心功能以及京津冀协同发展的提出，北京近年来一直在进行产业疏解和人口调控，这给予了北京周边城市更多的发展机会，不仅使这些城市成为具有一定吸引力的迁入倾向城市，如天津、秦皇岛和衡水，而且这些城市发展对北京具有一定的分流作用，北京成为具有迁出倾向城市，流动人口增速将有所放缓。北京从 2010 年流动人口增速为 14.735% 到 2018 年流动人口增速为-3.739%。

3. 三大城市群迁移倾向路径比较

通过计算两两城市间净迁移倾向度绝对值，可以判断城市群迁移倾向的大致方向，结果如表 3 所示。从表 3 可以看出，比较而言，长三角城市群和粤港澳大湾区均有其他城市向其流入的倾向，而京津冀城市群迁移流动的前 10 条路径只是向外部流出和内部流动，说明长三角和粤港澳大湾区城市群潜在吸引力高于京津冀城市群。其中，粤港澳大湾区人口向外部流出的净迁移倾向度小于外部城市流入粤港澳大湾区城市群的净迁移倾向度，而长三角城市群人口向外部流出的净迁移倾向度大于外部城市流入长三角城市群的净迁移倾向度。所以，整体而言，粤港澳大湾区是最具潜在吸引力的城市群，而这与其在中国社会发展过程中的经济地位密不可分。

表 3 三大城市群净迁移倾向度前 10 位的路径

位序	长三角迁移倾向路径	净迁移倾向度	位序	粤港澳迁移倾向路径	净迁移倾向度	位序	京津冀迁移倾向路径	净迁移倾向度
1	上海→香港	58.0662	1	佛山→珠海	105.4613	1	北京→海南	91.5510
2	金华→上海	51.8229	2	佛山→中山	100.5358	2	北京→香港	79.4414
3	合肥→南京	50.0409	3	广州→香港	87.1194	3	北京→珠海	62.0266
4	南宁→上海	49.5122	4	北京→香港	79.4414	4	唐山→天津	53.9202
5	合肥→马鞍山	49.2127	5	广州→珠海	71.3117	5	唐山→秦皇岛	53.9157
6	合肥→淮北	49.1551	6	广州→澳门	67.9578	6	唐山→张家口	52.2747
7	南阳→上海	48.8393	7	北京→珠海	62.0266	7	唐山→廊坊	46.4319
8	合肥→芜湖	48.2745	8	东莞→珠海	60.7329	8	唐山→沧州	46.3046
9	宁波→舟山	48.2346	9	上海→香港	58.0662	9	唐山→衡水	44.6139
10	杭州→香港	47.9148	10	广州→清远	55.5290	10	北京→西安	44.2778

具体来看，在前十位的倾向迁移流中，长三角城市群有 5 条属于城市群内部迁移路径，5 条属于长三角城市群与外部的城市之间的迁移。其中，尽管从上海迁至香港的净迁移倾向度高达 58，但是依然存在 3 条路径的潜在目的地为上海，说明尽管存在特大城市的人口调控和产业升级转移政策，但作为中国经济发展中心，上海的吸引力依然不容忽视，是长三角内部城市和不少省会城市的潜在首选迁入地，其未来的人口净流入量有望持续上涨。同时，

长三角城市群前十位的净迁移流中,合肥作为迁出城市的路径将近 50%,而 2017 年合肥综合性国家科学中心获国家批复,与上海一同成为国家级科创中心城市,这给合肥带来了很多的机遇,其对人口的潜在吸引力不言而喻,因而,合肥呈现出净迁出倾向型城市可能是因为其内部人口外迁倾向较大。整体而言,虽然长三角城市群潜在迁出倾向城市的数量大于迁入倾向的城市数量,但是上海和南京对人口的巨大吸引使得长三角城市群依然具有较强吸引力。粤港澳大湾区城市群有 6 条属于内部迁移路径,城市群内部和外部净迁移倾向平分秋色,迁移流动倾向最为活跃。无论是内部流动和外部迁入,考虑人口迁出倾向之后,珠海、香港和澳门成为主要迁入潜在目标城市。而广州作为省会城市和粤港澳大湾区的中心城市之一,其与珠海、香港和澳门相比,对人口的潜在吸引力较弱,这主要是一方面由于广州存在控制人口规模的压力,另一方面由于香港、澳门和珠海的快速发展对广州的分流作用。京津冀城市群有 6 条属于内部迁移路径,但基本都是河北省内部的人口迁移流动,且均为从唐山流向其他城市,说明相对于河北省的秦皇岛、张家口、廊坊、沧州和衡水等地,唐山对人口的潜在吸引力呈现出明显的劣势,这与其经济发展过程中过于依赖第二产业,缺乏经济活力以及就业形势严峻不无关系。而对于京津冀城市群与外部的人口迁移流动路径,潜在迁出城市均为北京,充分说明北京人口迁出倾向不容忽视,同时,还说明尽管北京与周边城市物理距离比较近,但迁移倾向关联度并不高。

每个城市既是迁入地也是迁出地。从表 4 至表 6 可以看出长三角、粤港澳大湾区和京津冀城市群各城市排名前三的迁出倾向的目标城市和迁入倾向的来源城市。从迁移倾向度上来看,长三角城市群以上海、杭州、苏州和南京人口迁入和迁出倾向较为活跃,合肥、宁波、嘉兴等紧随其后。具体来看,对于长三角城市群内部城市之间的人口流动倾向而言,上海的人口流向杭州、苏州、南京和合肥的倾向远大于流向其他城市的倾向,同时,未来上海的流动人口主要来源于杭州、苏州、南京、合肥和宁波。从长三角城市群与外部城市的人口迁移倾向来看,从北京迁至上海、杭州、苏州和南京等地的倾向占据了外部城市与长三角城市群的迁移倾向的主要地位。粤港澳大湾区城市群以广州和深圳为代表,其次为东莞和佛山,人口迁出和迁入倾向比较活跃。值得注意的是,迁移倾向十分活跃的迁移路径除北京流向深圳外,均为粤港澳大湾区的内部城市之间的迁移。同时,粤港澳大湾区的人口迁移流动主要是围绕广州、深圳、珠海、香港和澳门展开的,例如佛山的人口向外迁出的潜在城市主要为广州、珠海和深圳。比较而言,京津冀城市群除北京和天津以外,人口迁入和迁出倾向活跃的城市并不多,与城市群外部的迁移流动倾向比较弱,且集中在经济发达城市。同时,对于京津冀城市群其他城市,无论是其迁移潜在目标城市还是潜在来源城市,北京都处于第一位,但高迁入北京和高迁出北京的两条路径最终弱化了其他各城市与北京之间的净迁移倾向度。

4. 主要城市群迁移倾向预测比较

通过马尔科夫链分别推算出 2020—2030 年长三角、京津冀和粤港澳大湾区各城市的净迁移倾向概率,结果如图 2 所示。比较而言,受特大城市人口规模调控政策和以城市群为重要空间载体促进中国高质量发展的战略思路的影响,未来北京依然属于具有净迁出倾向城

表 4 长三角城市群人口迁移倾向度城市排名

城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度	城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度
上海	1	杭州	157.16	苏州	185.96	芜湖	1	合肥	49.10	合肥	97.38
	2	苏州	152.54	北京	180.79		2	上海	48.36	上海	52.70
	3	北京	150.43	杭州	172.44		3	南京	48.25	北京	34.12
杭州	1	上海	172.44	上海	157.16	滁州	1	南京	71.70	合肥	80.71
	2	宁波	152.96	北京	139.31		2	合肥	57.08	南京	39.55
	3	温州	146.35	宁波	132.95		3	上海	36.69	北京	30.97
苏州	1	上海	185.96	上海	152.54	安庆	1	合肥	69.42	合肥	77.73
	2	南京	151.97	南京	125.40		2	上海	35.64	北京	34.13
	3	无锡	133.13	北京	103.92		3	南京	25.11	上海	24.92
南京	1	上海	142.84	苏州	151.97	镇江	1	南京	94.44	南京	66.19
	2	苏州	125.40	上海	133.88		2	上海	65.91	苏州	57.01
	3	无锡	100.76	北京	120.80		3	苏州	51.97	上海	32.69
合肥	1	上海	129.98	上海	119.35	常州	1	上海	82.16	苏州	100.15
	2	南京	114.35	北京	97.85		2	南京	70.95	南京	85.13
	3	芜湖	97.38	六安	83.69		3	苏州	55.63	上海	70.30
宁波	1	杭州	132.95	杭州	152.96	盐城	1	上海	73.47	苏州	72.76
	2	上海	111.78	上海	81.79		2	南京	70.48	南京	59.51
	3	台州	83.95	北京	48.46		3	苏州	62.70	上海	36.47
嘉兴	1	杭州	97.63	杭州	124.25	舟山	1	宁波	31.43	宁波	79.67
	2	上海	87.20	上海	82.55		2	杭州	24.15	杭州	71.56
	3	北京	24.45	宁波	39.24		3	上海	18.72	上海	25.48
绍兴	1	杭州	110.62	杭州	121.01	宣城	1	合肥	73.53	合肥	61.98
	2	上海	59.91	宁波	38.86		2	上海	35.55	上海	19.67
	3	宁波	39.74	上海	38.62		3	蚌埠	33.88	北京	17.53
扬州	1	南京	81.82	南京	93.79	泰州	1	南京	57.17	苏州	52.59
	2	上海	66.65	苏州	82.41		2	上海	57.16	南京	49.43
	3	苏州	41.34	上海	54.74		3	苏州	51.00	无锡	25.85
金华	1	杭州	104.90	杭州	111.37	马鞍山	1	南京	60.50	合肥	75.24
	2	上海	69.52	宁波	36.44		2	合肥	26.03	南京	37.25
	3	北京	37.08	深圳	24.35		3	上海	22.90	北京	27.59
无锡	1	上海	113.04	苏州	133.13	湖州	1	杭州	77.95	杭州	107.33
	2	苏州	90.75	上海	112.18		2	上海	45.97	上海	31.53
	3	南京	82.71	南京	100.76		3	北京	18.40	宁波	26.64
台州	1	杭州	83.78	杭州	88.83	池州	1	合肥	18.87	合肥	52.31
	2	上海	57.28	宁波	83.95		2	上海	17.40	六安	16.76
	3	宁波	43.46	上海	23.90		3	南京	9.59	上海	13.61
南通	1	上海	99.89	苏州	94.34	铜陵	1	合肥	16.29	合肥	60.57
	2	南京	65.06	上海	76.02		2	上海	13.48	北京	18.70
	3	苏州	63.69	南京	74.51		3	南京	10.00	上海	11.21

市，流动人口增速将明显放缓，同时粤港澳大湾区的珠海、香港和深圳等地将是未来迁移人口主要目的地，未来流动人口将快速增长。

具体来看，2020 年以后的长三角城市群，上海依然是迁入倾向性强的城市，但迁入倾向随着时间的推移有所放缓，人口增长的步伐将逐渐减小；2019 年杭州是具有弱迁入倾向城市，但 2020 年以后杭州转变为人口迁出型城市，这与上海对人口的巨大吸引力不无关系，同时，杭州以电商为代表的产业在未来的发展势头依然强劲，这对人口具有一定的吸引力，

表5 粤港澳大湾区城市群迁移倾向度的城市排名

城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度	城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度
深圳	1	东莞	210.55	广州	202.31	江门	1	广州	90.46	广州	94.05
	2	广州	191.60	东莞	166.72		2	深圳	63.59	佛山	54.85
	3	香港	173.80	北京	155.40		3	珠海	40.33	东莞	54.65
广州	1	深圳	202.31	深圳	191.60	中山	1	珠海	81.90	广州	116.02
	2	佛山	166.19	佛山	161.27		2	广州	81.23	佛山	100.54
	3	珠海	135.73	东莞	144.42		3	深圳	70.42	深圳	92.66
东莞	1	深圳	166.72	深圳	210.55	惠州	1	深圳	112.47	深圳	147.87
	2	广州	144.42	广州	133.93		2	广州	66.02	广州	85.63
	3	珠海	79.90	佛山	67.05		3	东莞	50.46	东莞	65.58
佛山	1	广州	161.27	广州	166.19	澳门	1	珠海	60.16	广州	75.51
	2	珠海	121.21	深圳	100.42		2	深圳	10.07	深圳	62.33
	3	深圳	113.34	东莞	77.22		3	广州	7.55	珠海	62.11
珠海	1	深圳	68.79	广州	135.73	肇庆	1	广州	48.49	广州	76.30
	2	广州	64.42	佛山	121.21		2	深圳	41.16	江门	40.12
	3	澳门	62.11	深圳	110.46		3	佛山	20.57	佛山	39.13
香港	1	深圳	121.31	深圳	173.80						
	2	上海	40.77	广州	123.73						
	3	广州	36.62	北京	108.54						

表6 京津冀城市群迁移倾向度的城市排名

城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度	城市	排名	目标城市	迁出倾向度	来源城市	迁入倾向度
北京	1	天津	208.15	天津	169.20	廊坊	1	北京	136.84	北京	96.91
	2	上海	180.79	上海	150.43		2	天津	60.08	唐山	56.45
	3	深圳	155.40	石家庄	146.40		3	石家庄	31.59	石家庄	44.53
天津	1	北京	169.20	北京	208.15	秦皇岛	1	北京	59.72	北京	88.05
	2	上海	83.50	唐山	90.03		2	天津	37.86	唐山	70.05
	3	深圳	66.57	石家庄	74.33		3	承德	26.70	石家庄	41.19
石家庄	1	北京	146.40	北京	137.65	沧州	1	北京	76.87	北京	57.98
	2	保定	97.77	保定	92.59		2	天津	54.24	唐山	53.22
	3	邯郸	91.31	邯郸	89.02		3	石家庄	38.53	石家庄	41.94
保定	1	北京	140.74	北京	106.27	衡水	1	北京	51.06	北京	63.48
	2	石家庄	92.59	石家庄	97.77		2	石家庄	44.81	石家庄	51.22
	3	天津	62.94	唐山	43.56		3	天津	19.46	邯郸	48.75
唐山	1	北京	124.48	北京	82.46	承德	1	北京	57.80	北京	62.58
	2	天津	90.03	石家庄	48.28		2	石家庄	25.66	唐山	50.23
	3	石家庄	70.73	天津	36.11		3	天津	19.78	秦皇岛	26.70
邯郸	1	北京	107.57	北京	97.79	张家口	1	北京	72.62	北京	87.15
	2	石家庄	89.02	石家庄	91.31		2	天津	22.97	唐山	52.27
	3	邢台	57.73	唐山	32.69		3	邢台	21.43	石家庄	37.80
邢台	1	石家庄	84.58	石家庄	82.41						
	2	北京	81.39	北京	62.90						
	3	衡水	34.85	邯郸	57.73						

两股力量相互作用使得杭州市的人口净迁移概率的变化幅度逐渐减小，稳定在-0.005 左右。近年来舟山新区的建设以及良好的环境质量，在人口争夺战中给舟山增加了吸引人口的砝

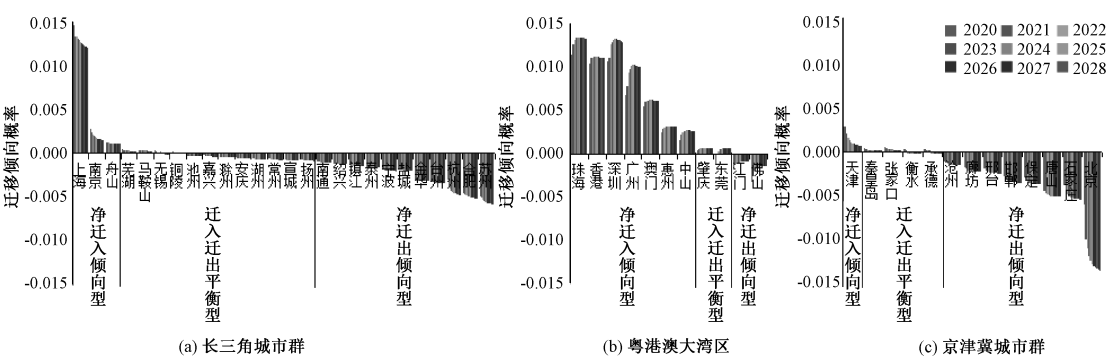


图 2 2020—2030 年三大城市群各城市人口迁移倾向概率

码，未来舟山呈现明显的人口迁入倾向。在长三角城市群中，尽管上海的迁入倾向概率远高于其他城市的人口迁移概率，但是，上海的人口迁入倾向概率已经开始下降，这一方面是上海产业转移和人口调控的结果，另一方面说明长三角一体化上升为国家战略以后，长三角其他城市获得了更多的发展空间。以南京和舟山为代表的城市，未来人口迁入倾向明显，将成为继上海以后，长三角城市群下一批充满机遇的城市，流动人口规模将增长。长三角城市群未来依然是中国经济版图中当之无愧的“硬核”力量，将是人口迁入的主要潜在目的地。

根据粤港澳大湾区人口净迁移倾向概率预测结果，2020—2030 年珠海、香港、深圳、广州、澳门、惠州和中山人口迁入倾向明显，但迁入倾向随着时间放缓，逐渐稳定在一个固定值，这些城市的人口迁入倾向明显高于迁出倾向，珠海成为未来粤港澳大湾区城市群中最具吸引力城市，其次是香港和深圳，这些城市作为移民城市和多元文化环境将吸引大量潜在流动人口，未来流动人口增速不可小觑。此外，由于深圳和东莞等地工业趋于饱和，惠州因其得天独厚的地理位置以及本身良好的资源条件，也将是粤港澳大湾区城市群潜在流动人口的主要增长点。珠海、中山和江门将共同打造珠江口西岸都市圈，数据显示不仅将分流珠海的人口，同时给中山和江门更多发展机会，中山成为人口迁入倾向城市，将是未来粤港澳潜在人口主要迁入地，而江门虽然是人口迁出倾向城市，但是其迁出概率在逐渐下降，有望摆脱人口迁出倾向。肇庆和东莞则迁入倾向和迁出倾向保持平衡，未来人口增速不会发生大的变化。需要指出的是，具有迁入倾向城市未来迁移人口将会不断攀升，在医疗、教育、社会保障等公共服务方面将面临压力需要加以重视。

对于京津冀城市群而言，作为首都的北京有着调控人口和疏解产业的压力，导致北京的迁入倾向明显减弱，迁入倾向概率小于迁出倾向概率，因此，北京未来流动人口增速不会提高，流动人口规模将有所控制。而正是由于北京市的人口调控政策的实施，落户难的问题使得人们迁往京津冀的意愿下降，京津冀大部分城市为净迁出倾向型城市，在这种情况下，天津成为京津冀城市群唯一一个净迁入倾向型城市，其未来流动人口的增速有望提升。实际上，北京由于其独特优势，京外人口迁入北京的倾向依然高于全国其他城市，但是，由于调控政策的实行，北京的迁出倾向概率大于迁入倾向概率，掩盖了北京高水平的迁入倾向概率。如图 2 所示，未来十年间沧州、邢台、廊坊、邯郸、保定、石家庄和唐山的人口迁出倾

向明显高于迁入倾向,这些城市的未来流动人口规模将有所减少。秦皇岛、张家口、衡水和承德人口迁入和迁出倾向保持平衡,未来流动人口增速不会发生大的变化。未来京津冀城市群对流动人口的吸纳能力将依然小于长三角和粤港澳大湾区城市群。

四、结论与讨论

互联网的发展以及大数据的开发为研究城市之间的人口迁移流动提供了可能。在网络用户搜索信息行为数据的基础上,构造人口迁移倾向指标,在分析中国三大城市群城市间迁移倾向概率和方向基础上,利用马尔科夫链对人口迁移倾向概率进行预测,以此间接判断城市群城市间的未来的人口迁移流动,得出以下主要结论。

首先,从目前来看,虽然长三角、粤港澳大湾区和京津冀城市群是主要的迁入倾向地,但是城市之间迁移流动倾向差异较大。由于特大城市人口规模调控和产业转移升级,以及长三角一体化、粤港澳大湾区发展和京津冀协同发展的提出,北京成为具有净迁出倾向的城市,上海的迁入倾向下降,广州的人口迁入倾向增幅变缓,同时周边城市获得了一定的发展机会,部分城市人口迁入倾向有所提高,城市群一体化或协同发展效果显现。

其次,粤港澳大湾区和长三角城市群人口迁入迁出倾向活跃,是目前乃至以后人口迁移活跃地区;京津冀城市群流动倾向主要来自其他城市与北京之间的流动,城市群内迁移流动倾向活跃程度明显低于长三角和粤港澳大湾区城市群,表明北京存在与周边城市虽然物理距离比较近,但迁移倾向关联度并不高的问题。

最后,在推进京津冀协同发展、长三角一体化发展和粤港澳大湾区建设中,城市群将是迁移人口主要集中地。未来中国迁移人口将主要集中流向长三角城市群的上海、南京、舟山等地,粤港澳大湾区的珠海、香港、深圳、广州、澳门、惠州和中山以及京津冀城市群的天津。

利用互联网大数据,分析城市群之间的人口迁移倾向,揭示了中国城际人口迁移流动的可能性,有利于把握城市的流动人口规模和趋势,为城市群的高质量发展提供政策建议。需要指出的是,互联网大数据的普及为本文实现城市之间的人口迁移流动模拟提供了契机。然而,以上分析是建立在网络用户的比例与信息发布偏好一致的假设基础上,这一假设将带来多大的偏差是后续需要进一步探讨的。但是,相对于现有的传统人口学研究成果,本文在研究范围上突破了省际层面,对城市间人口迁移路径方面的研究进行尝试,且通过对百度指数大数据的模拟推算出城市间的迁移倾向概率及其未来的发展趋势,这均是传统人口学研究成果鲜有涉及的。

参考文献:

- [1] 董上,蒲英霞,马劲松,王结臣,陈刚,王亚平. 中国省际人口迁移的复杂网络研究[J]. 南方人口, 2014 (2): 54-61.
- [2] 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[J]. 人文地理, 2014 (2): 129-137.
- [3] PENG Z, BAI G, WU H, et al. Travel mode recognition of urban residents using mobile phone data and MapAPI[J].

- Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2021, 48 (12): 1-16.
- [4] PETZOLD K. Migration, commuting, or a second home? insights from an experiment among academics [J]. European Journal of Population, 2020, 36 (1): 277-315.
- [5] LUO F, CAO G, MULLIGAN K, et al. Explore spatiotemporal and demographic characteristics of human mobility via twitter: a case study of Chicago [J]. Applied Geography, 2020, 70 (3): 11-25.
- [6] CHOW T E, SCHUERMAN R T, NGU A H, et al. Spatial mining of migration patterns from web demographics [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2018, 32 (10): 1977-1998.
- [7] 方滨兴, 贾焰, 李爱平, 殷丽华. 网络空间大搜索研究范畴与发展趋势 [J]. 通信学报, 2015 (12): 1-8.
- [8] PAN J, LAI J. Spatial pattern of population mobility among cities in China: case study of the National Day plus Mid-Autumn Festival based on tencent migration data [J]. Cities, 2019, 94 (11): 55-69.
- [9] 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.
- [10] 蒋小荣, 汪胜兰. 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 [J]. 中国人口科学, 2017 (2): 35-46, 127.
- [11] 王萌, 匡耀求, 黄宁生. 珠江三角洲城际间人口流动倾向空间特征——基于网络关注度数据的时空演化 [J]. 热带地理, 2017 (1): 33-42.
- [12] 赵落涛, 曹卫东, 魏冶, 等. 泛长三角人口流动网络及其特征研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2018 (4): 705-714.
- [13] 赖建波, 潘竞虎. 基于腾讯迁徙数据的中国“春运”城市间人口流动空间格局 [J]. 人文地理, 2019 (3): 108-117.
- [14] 蒋大亮, 孙烨, 任航, 陈影影, 张振克. 基于百度指数的长江中游城市群城市网络特征研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2015 (10): 1654-1664.
- [15] 潘竞虎, 赖建波. 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 [J]. 地理研究, 2019 (7): 1678-1693.
- [16] 李涛, 王姣娥, 黄洁. 基于腾讯迁徙数据的中国城市群国庆长假城际出行模式与网络特征 [J]. 地球信息科学学报, 2020 (6): 1240-1253.
- [17] 陈双, 周锐, 高峻. 基于腾讯迁徙大数据的长三角城市群春运人口流动时空特征 [J]. 人文地理, 2020 (4): 130-138.
- [18] 俞庆进, 张兵. 投资者有限关注与股票收益——以百度指数作为关注度的一项实证研究 [J]. 金融研究, 2012 (8): 152-165.
- [19] 徐映梅, 高一铭. 基于互联网大数据的 CPI 舆情指数构建与应用——以百度指数为例 [J]. 数量经济技术经济研究, 2017 (1): 94-112.
- [20] 顾雯娟, 欧向军, 叶磊, 杨宝宝. 基于要素流的长三角城市群空间布局 [J]. 热带地理, 2015 (6): 833-841.
- [21] 蔡建明, 王国霞, 杨振山. 我国人口迁移趋势及空间格局演变 [J]. 人口研究, 2007 (5): 9-19.
- [22] 龙晓君, 郑健松, 李小建, 朱纪广, 刘严松, 陈慕华. “全面二孩”背景下我国省际人口分布时空演变 [J]. 经济地理, 2018 (1): 28-35.
- [23] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 93-98.

[责任编辑 方志]