

基于百度迁徙的中国城市网络结构分析

——以 2015 年和 2019 年春运数据为例^①

向 歆^{1,2,3}, 施开放^{1,2,3}, 杨庆媛^{1,2,3}

1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 国家西南山地生态农业培育基地, 重庆 400715;
3. 西南大学 绿色低碳发展研究所, 重庆 400715

摘要: 采用 LBS 百度迁徙春运数据, 运用度中心性、位序-规模法则、优势流方法, 对比分析 2015 年、2019 年我国城市网络结构及其变化特征, 结果表明: ①从城市网络的位序-规模特征看, 全国呈现出首位城市结构, 2019 年各等级城市对外联系强度占比均较 2015 年有所降低, 有向均衡方向发展的趋势; ②从城市网络的层级特征看, 全国一级、二级城市大体呈现“十字形”分布; ③全国城市网络整体呈东部密集、西部稀疏的结构特征, 东部地区特别是沿海地区有更完整的城市网络结构, 全国除核心城市外, 城市受地域距离影响明显; 全国城市南北方向联系强度大于东西方向联系强度, 南北方向的线路联系增加了西部的北京—西安—成都—广州。

关键词: 城市网络结构; 城市对外联系强度; 百度迁徙数据; 春运

中图分类号: F490

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2021)04-0079-10

城市网络是节点城市之间, 以经济流、交通流、信息流及其他要素流为联系介质形成联系线并紧密交织构建在一定区域内的城市群体, 是城市和区域间联系在全球城市体系不断发展和重塑背景下形成的不同空间尺度下的区域空间组织, 城市网络结构是城市网络在区域空间上所呈现出的状态的反映^[1]。城市网络是分析城市对外联系的重要视角, 在刻画城市间空间组织结构上具有独特优势^[2], 其结构演化是城市规划、区域规划及建设的重要依据。21 世纪以来, 随着全球化、信息化的推进, 区域呈现越来越显著的网络化特征, 城市体系研究逐渐发生变化, 研究重点由属性走向关系、由等级走向网络^[3], 城市网络结构的形态变化已成为近年来城市地理学和经济地理学研究的新热点。

目前, 对于城市网络的研究主要集中在 2 个方面: 一是基于文化产业^[4]、生产性服务业^[5-6]、人工智能产业^[7]等产业或企业联系特征^[8-9]研究城市网络; 二是通过公路客流^[10-11]、铁路客流^[12-13]、航空客流^[14-15]和港口货轮航运^[16]等交通基础设施网络特征研究城市网络。近年来, 国内外研究者利用百度指数^[17-19]、微博平台^[20-21]等渠道获取网络关注度对城市网络体系进行定量研究, 除传统的以经济流和交通流研究城市网络体系外, 信息流的引入丰富了基于大数据的城市网络体系研究, 为研究城市网络体系增添了新的视角。

受中国文化、新时代社会结构和发展阶段等的影响, 以春节为首的传统节假日和法定节日成为居民大量出行的首选。节假日人口流动数据有助于研究中国人口省际流动的规模差异、关联结构等联络关系的动态过程。对热门节假日研究最多的是对春节数据的分析, 中国春运由于其流动规模的特殊性, 是目前世界上都罕见的规模最大的迁徙。春运这一现象是中国特有的传统文化与社会结构共同作用的结果, 具有显著的规律性、集中性、广泛性。在 2014 年中央电视台“据说春运”节目中, 百度迁徙大数据利用基于地理位置的服务技术(Location Based Service, LBS), 首次全程、动态、即时、直观地展示了 2014 年春运期间全国人

① 收稿日期: 2020-08-02

作者简介: 向 歆, 硕士研究生, 主要从事土地利用与国土规划的研究。

通信作者: 杨庆媛, 教授, 博士研究生导师。

口大迁徙的轨迹和特征^[22]。这种带有地理行为的网络大数据,与传统方法相比,存在样本量大、数据多源和分析预测性等天然的优势,因此,LBS 一出现就被众多研究者关注,被认为是城市与人口研究领域一个值得深入挖掘的重要数据源,被运用到人口流动空间格局^[22-27]、城市网络结构^[23,28-29]、城市房价^[30]等方面的研究中。

现有的基于百度迁徙的城市网络结构研究成果在时间上多采用单一年份数据研究城市网络结构的现状特征,研究角度上多从单个城市出发,研究其在全国城市网络中的地位和作用。如魏冶等^[23]基于春运人口流动大数据,选取对外联系度、优势流、城市位序-规模分析方法分析 2015 年中国城市网络的结构特征、联系特征、地位作用等;赵梓渝等^[28-29]基于 2015 年数据,先后运用无向和有向转变中心性与控制力测度方法对城市网络的节点重要性和功能进行评估和分类,分析其呈现的二维空间特征与地理空间分布特征。

从时间上看,现有研究多采用单一年份数据,随着信息化和全球经济一体化进程的不断深化,城市体系明显呈现出由“等级体系”向“关系网络”转变的态势^[31-32]。城市结构处于不断的变化发展之中,随着时间的推移,城市的功能和定位也在发生转变。探究城市网络结构演化态势及其原因,能够进一步把握城市变化方向,为城市定位和城市规划提供依据。从空间上看,现有研究缺少全局和局部城市网络结构的对比,城市结构变化不是一个独立的过程,而是相互联系、相互影响的,局部区域城市结构的变化在一定程度上影响全局城市结构的变化,研究局部城市结构变化有助于更清晰地解释全局变化的趋势及原因。首次对百度迁徙数据有较完整的统计年份为 2015 年,目前最新的百度迁徙春运数据年份为 2019 年,因此,本研究选用 2015 年和 2019 年百度迁徙春运数据,结合单个城市和城市群,运用度中心性、位序-规模法则、优势流分析近年来我国城市网络结构及其变化特征,以期优化我国城市空间布局提供参考。

1 数据来源与研究对象

本研究数据来源于百度迁徙平台的 LBS 人口迁徙数据。LBS 是指借助网络运营商提供的无线电通信网络,或者通过外部定位方式,采集移动终端用户的空间位置(如地理坐标),向用户提供与位置服务相关的增值业务^[25]。百度迁徙通过手机用户的定位信息映射人口流动轨迹,塑造出人口流动过程中产生的起止节点及关系强度^[29]。本研究通过百度迁徙平台获取全国 2015 年 363 个市县、2019 年 369 个市县各城市间人口流动的关系数据,包括航空、铁路、公路运输 3 种交通方式出行量,因新疆双河、可克达拉、北屯、于田县、墨玉县和澳门 6 个城市的数据不够全面,为了增强各城市 2 年数据的可对比性,最终将 2015 年、2019 年这 2 年都能获取到数据的 363 个市县作为本研究的研究对象。

按照官方定义,中国春运期一般为 40 天左右(春节前 15 天至春节后 25 天),本研究选取的研究时间段为 2015 年和 2019 年春节后 3 周(2015 年 2 月 18 日—3 月 10 日,2019 年 2 月 4 日—2 月 24 日)各 21 天。

本研究所用行政区界、城市边界均基于标准地图服务网站(<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>)下载的审图号为 GS(2016)2893 号的标准地图,通过 ArcGIS 矢量化、地理配准和投影转换制作。

2 研究方法

2.1 度中心性

中心性是判定网络中节点重要性的指标,是节点重要性的量化^[32],包括点度中心性、接近中心性/亲密中心性、中介中心性/中间中心性。其中,点度中心性是网络分析中刻画节点中心性最直接的度量指标,可测度城市在网络中的影响力,能够表征区域中某一城市与其他城市的交往能力^[33]。一个节点的度数越大,意味着这个节点的度中心性越高,该节点在网络中就越重要。在有线网络中,度分为入度与出度,分别表示为:

$$ID(i) = \sum_{j=1}^n x_{ij, in} \quad (i \neq j) \quad (1)$$

$$OD(i) = \sum_{j=1}^n x_{ij, out} \quad (i \neq j) \quad (2)$$

式中: ID 表示城市 i 的入度; $x_{ij, in}$ 表示城市 j 到城市 i 的入度; OD 表示城市 i 的出度; $x_{ij, out}$ 表示城市 j 到

城市 i 的出度。

为更好地反映城市间的综合对外联系强度,本研究选取各城市节点的流入人口和流出人口分别计算入度和出度,并将二者相加作为该城市的对外联系强度。

$$D_{ij} = ID_{ij} + OD_{ij} \tag{3}$$

式中: D_{ij} 为城市 i 与城市 j 的对外联系强度; ID_{ij} 代表从城市 i 到城市 j 的入度; OD_{ij} 代表从城市 i 到城市 j 的出度。 D_{ij} 值越高,表示城市间相互联系越紧密。

2.2 位序-规模法则

1913 年奥尔巴克^[32] (F. Auerbach) 提出位序-规模法则,即以城市的规模和城市规模位序的关系来检验一个城市体系的规模分布,其公式为: $R_i \times P_i = K$ (R_i 为第 i 位城市的位序; P_i 为第 i 位城市的人口数; K 为常数),现在被广泛使用的是罗特卡和捷夫在此基础上发展的罗特卡模式和捷夫模式 (Zipf 法则) 的一般化:

$$P_i = P_1 / R_i^q \tag{4}$$

式中: P_i 是第 i 位城市的人口; P_1 是规模最大的城市人口; R_i 是第 i 位城市的位序; q 是常数, q 值越大,城市规模分布越集中;反之则越分散。当 $q > 1$,表明城市规模分布比较集中;当 $q < 1$,表明城市规模分布比较分散;当 $q = 1$,符合捷夫模式;当 $q \rightarrow 0$,表明所有城市规模相等;当 $q \rightarrow \infty$,表明只有 1 个城市。

本研究选取城市对外联系强度作为衡量城市规模的指标来检验中国城市体系的位序-规模分布情况,并与传统的以经济总量(本研究选用 GDP) 为规模指标的结构进行对比。

2.3 优势流

优势流是对城市网络简化分析的一种方法,是目前国内外研究城市网络体系结构较成熟的方法之一,该方法依据某一城市主要要素流流向并参照城市规模将该城市归属到对其最具控制力的中心。一般在一定空间范围内某城市所处层级水平越高,表明其中心性、主导性越强,对周边城市或地区的控制力和影响力越大,服务范围越广^[15]。本研究将计算出的城市对外联系强度进行排序,以提取各年优势流。

3 结果与分析

分别构建 2015 年、2019 年 363 个城市一日内作为起点城市和终点城市的人口流动强度矩阵,最终得到 2015 年、2019 年各 21 个 363×363 的加权非对称矩阵。参照社会网络分析中的度中心性方法,统计每个城市与矩阵中其他城市间的人口流动强度,并对结果进行度中心性分析,得到每一城市的度值,即为该城市的对外联系强度。

3.1 城市网络总体特征

3.1.1 城市网络的位序特征

将 2015 年和 2019 年各城市的对外联系强度进行标准化处理,得到 2015 年和 2019 年我国城市对外联系强度的位序-规模分布散点图(图 1)。

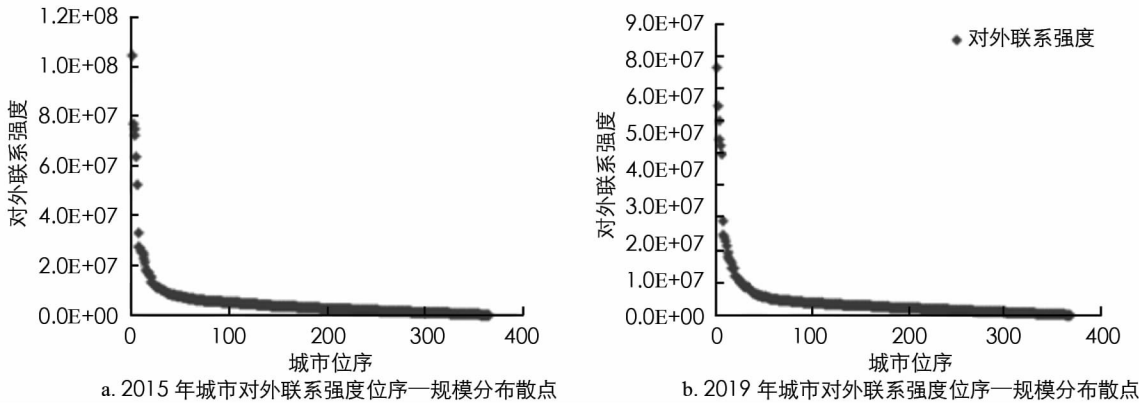


图 1 2015 年、2019 年我国城市对外联系强度的位序-规模分布散点

由图 1 可知,2015 年、2019 年我国城市对外联系强度的位序-规模分布均呈“长尾型”,幂律分布特征

明显,说明城市间的对外联系强度值差异显著,呈现出明显的异质性.多数城市节点集中分布在对外联系强度较小的数值区间,少部分城市节点对外联系强度较大,是典型的无标度网络.

2015 年首位城市度值超过 1×10^8 ,约为第二位城市度值的 1.4 倍,除首位城市外,第二、第三、第四位城市度值相近,说明城市首位度高,首位城市的垄断地位强,首位城市与其他城市的联系强度明显高于其后位次的城市,除前 6 位城市外,城市对外联系强度值集中在 0.38×10^8 以下.2019 年首位城市度值为 0.76×10^8 ,远低于 2015 年,首位城市与第二位城市的度值之差明显减小,说明首位城市的垄断地位有所下降,与其他城市的联系强度降低,除前 6 位城市外,城市对外联系强度值集中在 0.25×10^8 之后,说明后位城市的对外联系强度差异减小,城市间对外联系强度日趋均衡.

3.1.2 城市网络的规模分布特征

以位序的对数为自变量,以 2015 年、2019 年对外联系强度与上一年(2014 年、2018 年)GDP 的对数为因变量,对位序前 100 的城市进行线性回归分析,结果见表 1.

表 1 2015 年和 2019 年我国城市对外联系度和 GDP 线性回归分析结果

年 份	类 型	q 值	置信度(R^2)
2015	对外联系度	-1.32	0.981
	GDP	-1.51	0.976
2019	对外联系度	-1.24	0.982
	GDP	-1.46	0.977

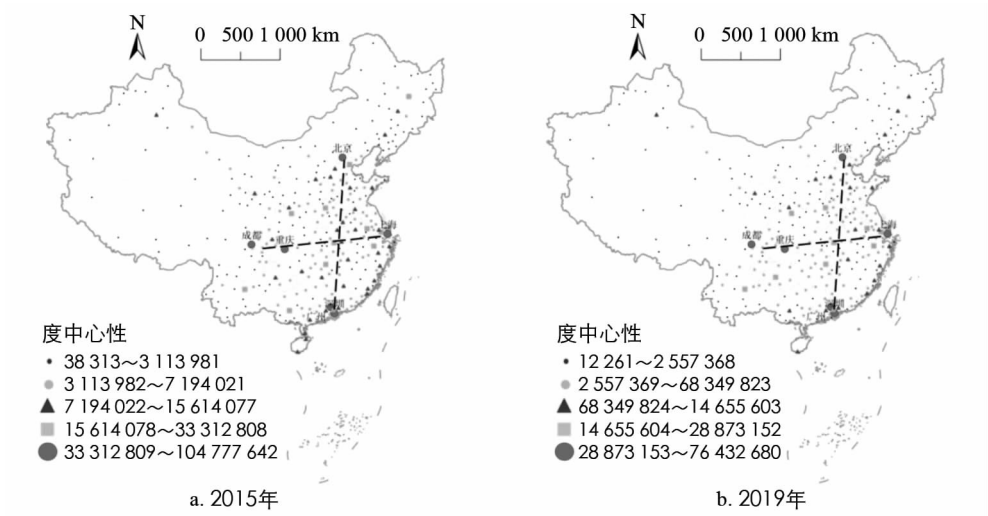
由表 1 可知,线性回归方程皆通过了置信度为 0.01 的显著性检验,且拟合优度 R^2 均在 0.90 以上,表明回归模型可信度较高,即基于 GDP 和对外联系度的城市规模均符合 Zipf 法则.

2015 年对外联系强度和 GDP 的 q 值绝对值分别为 1.32 和 1.51,均大于 1,表明我国城市网络规模呈现出城市规模差异较大、结构体系分布相对分散、首位城市垄断地位较强的特征;2019 年对外联系强度和 GDP 的 q 值绝对值分别为 1.24 和 1.46,均大于 1,总体特征与 2015 年类似,较 2015 年的 q 值有所下降,表明虽然整体城市规模差异仍较大、首位垄断地位明显,但已朝均衡方向发展.

3.2 城市网络层级特征

3.2.1 全国城市层级特征

采用 ArcGIS 10.0 所提供的自然分裂法,依据 2015 年、2019 年城市对外联系强度值 q ,将 363 个城市划分为 5 个层级(图 2).



审图号: GS(2016)2893 号

图 2 2015 年、2019 年中国城市层级图

由图 2 可知,全国一、二级城市大体呈南北向和东西向的“十字形”分布,北京、上海、广州、深圳、重庆、成都 6 个一级城市几乎分布在“十字”连线的端点;武汉、杭州、郑州、长沙等二级城市大多处于“十字”交叉点及其周围.总体而言,东部沿海地区的一、二级城市集中程度远高于其他地区,西北地区 and 西南地

区除核心城市外,其他城市层级低且分散,东北地区没有形成明显的区域性核心城市。

对 2015 年、2019 年全国各层级城市的数量及其占比进行统计,结果如表 2。

表 2 2015 年、2019 年全国各层级城市数量及占比

城市层级	2015 年			2019 年		
	数量/个	数量占比/%	对外联系强度占比/%	数量/个	数量占比/%	对外联系强度占比/%
一级	6	1.65	23.38	6	1.65	22.93
二级	12	3.31	14.58	10	2.75	13.38
三级	34	9.37	17.39	23	6.34	14.74
四级	118	32.50	29.51	131	36.09	32.72
五级	193	53.17	15.14	193	53.17	16.23
合计	363	100.00	100.00	363	100.00	100.00

由表 2 可知,全国 2015 年、2019 年一级至五级城市层级数量结构均呈金字塔结构,塔尖的一级城市数量占比不足 2%,塔底的四级、五级城市数量占比超过 85%,即四级、五级城市数量占据绝对主体。在对外联系强度的占比上,6 个一级城市的占比超过 20%,前 3 级城市占比之和超过 50%。但 2015 年至 2019 年短短的 4 年时间,我国城市层级结构也发生了变化,与 2015 年相比,2019 年我国一级、五级城市数量没有变化,二级、三级城市数量有所减少,四级城市数量有所增多。具体而言,二级城市减少了 2 个,三级城市减少了 11 个,四级城市增加了 13 个;一、二、三级城市的对外联系强度占比都有所下降,三者占比之和从 55%下降到 50%,总体首位度有所降低。

3.2.2 一级城市为核心的城市层级特征

2015 年、2019 年一级城市均为北京、上海、广州、深圳、重庆、成都,分别对应京津冀、长三角、珠三角和成渝 4 个城市群的核心城市。其中,长三角城市群分布的城市最多,城市集聚程度最高,说明长三角城市群整体发展水平较高,城市网络体系较为成熟;成渝城市群除成都和重庆 2 个核心城市外,没有二级城市,三级城市也仅有 1 个,说明重庆和成都城市首位度高,城市网络体系发展程度明显低于其他 3 个城市群。与 2015 年相比,2019 年一级城市分布没有发生变化,但对外联系强度的绝对值整体变小。就整体占比而言,重庆、成都、上海都有所增长,说明这 3 个城市在全国的首位度有所上升,对其他城市的控制力增大;北京、广州、深圳的对外联系强度均有不同程度的减小,其中,广州、深圳减小幅度较大,分别从第二位、第四位下降到第四位、第五位,表明广州、深圳的城市首位度降低,对其他城市的控制力减小。6 个一级城市所处城市群中,京津冀和珠三角城市群整体占比下降,在全国的首位度下降;长三角城市群和成渝城市群都出现了核心城市占比上升、次级城市下降的情况,整体首位度上升,核心城市的垄断更明显。上述结果表明,自 2015 年至 2019 年间,珠三角、长三角两大区域城市群协调发展初见成效,一批次级核心城市控制力增强,承接了一级城市的部分对外联系功能;位于西部地区的重庆、成都,核心城市地位仍在上升,周边次级城市发展未见明显成效,区域内城市协调发展有待完善。

3.2.3 二、三级城市为核心的城市层级特征

全国 2/3 的二级城市为省会城市,其余 1/3 的二级城市均位于一级城市所在的城市群。相较于 2015 年,2019 年的二级城市新增了贵阳,减少了南宁、哈尔滨和天津。就二级城市地区分布而言,2019 年华北、华南和东北地区各减少 1 个,西南地区增加 1 个;从二级城市对外联系强度占比看,苏州、武汉、东莞下降明显,西安、南京、杭州、昆明增加显著。除少数省会城市外,三级城市较为集中地分布于沿海地区和京九铁路干线周边,呈带状分布;长三角和珠三角地区三级城市高度集聚,东北和西南地区除省会城市外几乎没有三级城市分布;相较于 2015 年,2019 年三级城市的变化比一、二级城市更为显著,湖北、湖南、江西、山西 4 省除省会外的三级城市全部变为四级城市,福建、江苏沿海也有所减少。

3.3 城市网络联系结构

3.3.1 全国城市网络联系特征

依据全国各城市间对外联系强度建立 OD 矩阵,利用全国各市县 OD 迁徙客流联系数据,经网络分析得到城市两两之间的不对称网络联系,以 ArcGIS10.0 软件进行空间表达,利用自然分裂法将城市对外联系强度值分为 5 级,一级表示对外联系强度值最高,五级最低。再提取 2015 年、2019 年城市春运优势流数

据，绘制成图 3。

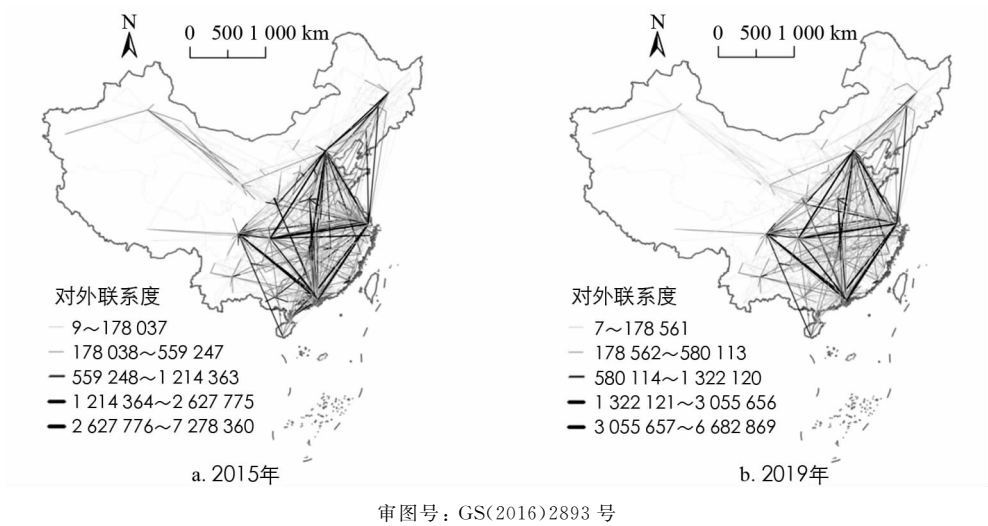


图 3 2015 年、2019 年中国城市春运优势流

为了进一步分析各地的城市网络特征，提取 2015 年、2019 年春节迁入、迁出一、二位流数据分别绘制成图，具体如图 4、图 5 所示。

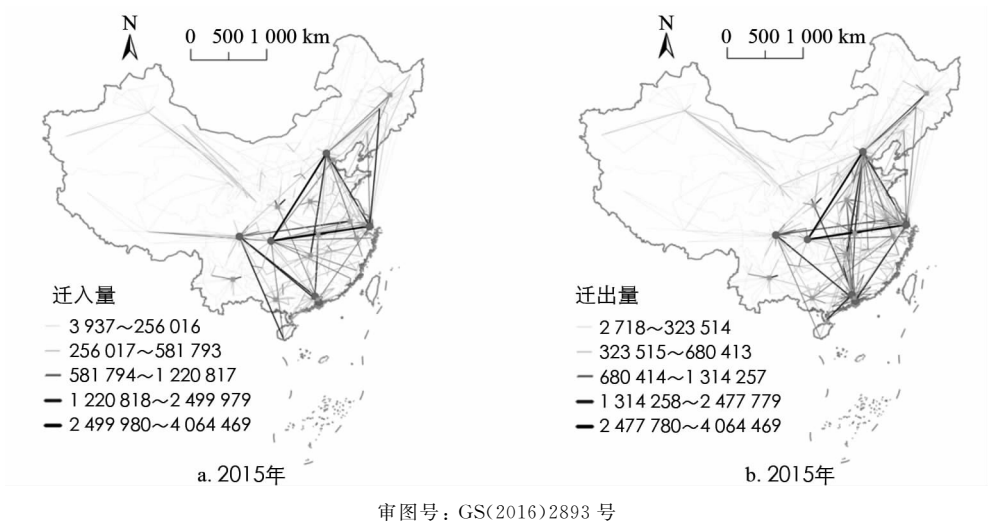


图 4 2015 年中国城市春运迁入迁出一、二位优势流

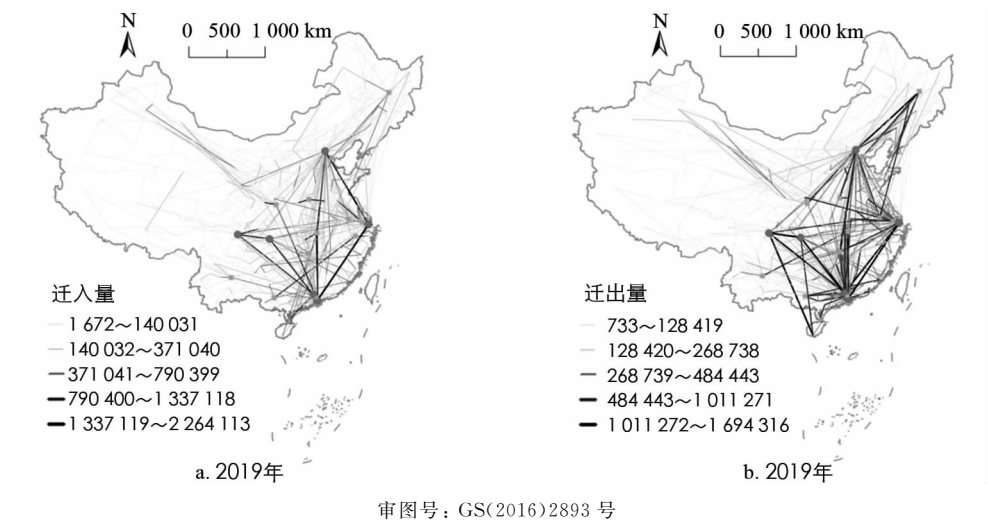


图 5 2019 年中国城市春运迁入、迁出一、二位优势流

由图3—图5可知,全国城市对外联系网络(以下简称“网络”)密集程度呈现从东、南部沿海地区向西、北地区递减的趋势,网络密集区域集中在“胡焕庸线”以东,符合人口分布密度特征。

就全国尺度而言,网络中对外联系强度值最大的30条线路中有28条与一级城市相关,表明一级城市对全国网络的控制作用明显。全国除核心城市外,城市受地域距离影响明显,大部分地区的城市网络都在小范围内联系较为紧密,随着距离的增大,城市间的联系明显减少,互相缺乏联系。在出行方式中,航空主要集中于核心城市,汽车运输主要集中于地区间,铁路运输则承担了地区间联系的主要任务。2015年最大线路集中在6个一级城市之间,明显形成了北京—上海—重庆和广州—深圳—成都2个三角网络,且北京—上海—重庆三角网络是全国最大的网络。2019年全国整体线路的分布没有发生大的变化,在一级城市中,北京—上海—重庆三角网络依然最大,广州—深圳—成都的联系度被新增加的上海—广州—深圳三角网络超越。

全国南北方向联系强度高于东西方向联系强度。南北方向联系主要集中在东部的北京—上海—广州和中部的北京—郑州—武汉—长沙—广州2条线路,承担了南北方向的主要联系。进入“十三五”后,中国高铁运营里程大幅增长,全国尺度上的网络格局逐步形成,截至2019年,高铁已经覆盖了西部地区62.11%的城市^[38],使得西部的节点城市增加,在全国的对外联系强度上升。其中,成都—西安的对外联系强度上升明显,2个城市间高铁线路的开通,在西部串联起了一条新的连接南北方向的线路北京—西安—成都—广州,转移了东部、中部2条线路南北向的联系。

3.3.2 一级城市网络联系特征

由图3至图5可知,以北京为核心的京津冀地区有1个核心城市和多个节点城市(天津、廊坊、保定、石家庄),核心城市与节点城市存在分层。北京作为华北的核心城市,除了在京津冀城市群中作为枢纽外,也是整个北方地区唯一的中心城市,2015年和2019年与东北地区和华中地区都有密切联系;北京作为核心城市不仅对京津冀地区具有极强的控制力,还对华北地区、东北地区有控制力。天津作为北方另一个直辖市,2015年是华北地区重要的二级城市,分担了北京部分中转压力;2019年天津从二级城市变为三级城市,城市对外联系强度和控制力有所下降,与其他节点城市之间的差距在缩小。

以上海为核心的长三角地区分布了全国最多的一、二级城市,是线路最密集的区域,有1个核心城市和多个节点城市(南京、苏州、杭州、宁波、合肥),核心城市与节点城市没有明显断层。2015年上海与其他中心城市有大量的联系,对东北地区和华中地区有很强的控制作用;苏州、南京和杭州作为长三角的次级中心城市,在长三角区域承担分流、中转作用。2019年上海与广州、深圳联系明显增多,其他节点城市在内部分工上有所改变:南京与贵阳、兰州的联系增多,承担了在内部的主要中转作用;苏州线路明显减少,整体控制力下降。长三角地区由单核中心地结构向多中心网络化结构发展^[32],逐渐形成了以沪宁、沪杭、杭甬交通干道为骨架的空间构型^[33]。

以广州和深圳为双核心的珠三角区域的城市线路密集程度仅次于长三角地区,内部网络呈现东部和中部密集、西部稀疏的情况,各类城市间分层明显。2个核心城市在珠三角内部有明确分工,广州是对外联系的核心,深圳是对内联系的核心。2015年珠三角地区整体城市网络结构以广州—佛山—肇庆和深圳—东莞—惠州2个网络为主,并向四周发散,广州、深圳与其他一级城市间的对外联系强度不高,但与全国二、三级城市联系线路的数量和联系度都高于其他一级城市。2019年广州、深圳首位度下降明显,重点城市向其汇入的线路发生变化,中部武汉、长沙方向减少,东部上海方向和西部成都、重庆方向增加。其他节点城市的差距在缩小,整个珠三角地区城市网络发展更加协调。

成渝地区有明显的核心城市,但是缺少节点城市,城市网络结构出现断层,核心城市对周边城市的辐射作用不够明显。成都、重庆作为成渝城市群的核心,在成渝城市群中有明显的分工^[25],这与珠三角地区的情况有些类似。2015年成都主要起对内联系的作用,对外主要形成了成都—广州和成都—三亚2条线路,与周边省份的联系强度不高;重庆主要起对外联系的作用,与一级城市和沿海地区城市的联系强度较高,主要形成了重庆—北京、重庆—上海等线路,对内联系作用明显低于对外联系。2019年成都和重庆在成渝城市群中的分工有所变化:成都和重庆的总体线路都有所增加,成都与以西安为中心的北方城市的联系增强,重庆与广州和华中地区的联系增强。

3.3.3 其他重点城市网络联系特征

由图 3 至图 5 可知,武汉作为我国地理位置上的中心,2015 年主要控制湖北地区,并承担了南北方向上的中转,而与东西方向的联系较少;2019 年对湖北的控制力没有变化,但与珠三角和北京的联系度明显减少,说明南北流量有一定减少。

东北地区的核心城市为沈阳、长春和哈尔滨,对外联系强度从大到小排序为哈尔滨、长春、沈阳。2015 年,哈尔滨作为其对外联系强度最大的城市,主要联系华北地区,而排在二、三位的长春、沈阳主要向上海发散;2019 年,东北地区原有的二级城市变为三级城市,东北地区缺乏明显的核心城市,城市结构存在明显分层。

西北地区沿兰新线、徐兰高铁(西安—兰州段)形成陕西—甘肃—青海—新疆的城市联系轴带,以西安为核心城市向全国流通。西安作为西北最大的城市,2015 年与咸阳一起承担了从西北向长三角、珠三角的中转作用;2019 年,西安和咸阳继续作为西北门户承担向珠三角和长三角中转的角色,但中转的程度发生变化,与珠三角联系度减少,而与长三角联系度增加。西北地区有明显的核心城市和节点城市,但是两者之间的对外联系强调差距很大,在全国的占比较低,表明西北地区还是处于较低的发展阶段。

4 结论与展望

4.1 结论

1) 从城市网络的位序-规模特征看,全国整体依然是首位城市结构。以北京、上海、广州、深圳、重庆、成都为首的核心城市是全国城市网络中最重要的节点,6 个城市的对外联系强度总占比超过全国的 20%;但 2019 年一级、二级、三级城市对外联系强度占比较 2015 年有所降低,有向均衡方向发展的趋势。

2) 从城市网络的层级特征看,全国一级、二级城市大体呈现“十字形”分布,一级城市均分布于“十字”末端,二级城市大多分布于“十字”交叉点的周边;2019 年原本在地貌二级阶梯附近的二、三级城市带几乎消失。6 个一级城市所在的京津冀、长三角、珠三角、成渝城市群中,长三角、珠三角城市群的层级结构相对完善,整体发展水平较高;京津冀、成渝城市群核心城市垄断程度较高,其他城市发展缓慢,缺乏二级城市;2019 年京津冀和珠三角城市群在全国的占比减少;长三角和成渝城市群的核心城市占比上升,次级城市占比下降,核心城市的垄断更明显。

3) 全国整体城市网络呈东部密集、西部稀疏的结构特征。东部地区特别是沿海地区有更完整的网络结构。全国除核心城市外,城市受地域距离影响明显,大部分地区的城市网络都在小范围内联系较为紧密,随着距离的增大,城市间的联系明显减少,互相缺乏联系;全国的南北方向联系强度大于东西方向联系强度,南北方向的联系在东部的北京—上海—广州和中部的北京—郑州—武汉—长沙—广州 2 条线路的基础上增加了西部的北京—西安—成都—广州线路;东北地区城市网络中缺乏明显的核心城市,城市结构存在明显分层;西南地区有核心城市,但城市网络结构出现断层,核心城市的辐射作用发挥不够明显;西北地区形成了明显的城市网络,但整体发展较低。

4.2 研究展望

1) 本研究采用的地理大数据仅包括公路、铁路、航空 3 种公共交通方式,对其他出行方式如自驾等无法反映,在一定程度上影响了研究结果的准确性。今后可以结合多源数据进一步完善航运、私家车等出行方式。

2) 本研究对城市网络的研究只考虑基于交通出行的国内数据,在分析城市网络结构特征时可能与存在于实际城市功能和定位不准确的情况。后期研究时可以从多个角度出发,进一步明确城市网络中的城市功能。

3) 本研究主要对 2015 年至 2019 年间我国城市网络结构及其变化特征进行分析,而对中国城市网络的形成演化机制解释比较薄弱,后续有待进一步强化和深入。

参考文献:

- [1] 彭 翀,林樱子,顾朝林.长江中游城市网络结构韧性评估及其优化策略[J].地理研究,2018,37(6):1193-1207.
- [2] 潘峰华,方 成,李仙德.中国城市网络研究评述与展望[J].地理科学,2019,39(7):1093-1101.

- [3] 杨永春,冷炳荣,谭一洛,等.世界城市网络研究理论与方法及其对城市体系研究的启示[J].地理研究,2011,30(6):1009-1020.
- [4] 张旭,余方正,徐良佳.基于文化产业企业网络视角的中国城市网络空间结构研究[J].地理科学进展,2020,39(1):78-90.
- [5] 庄德林,梁晶,许基兰,等.基于生产性服务业的中国省会城市网络结构研究[J].地理与地理信息科学,2020,36(1):113-120,128.
- [6] 潘苏,种照辉,覃成林.基于先进生产性服务业的粤港澳大湾区城市网络演化及其影响因素[J].广东财经大学学报,2019,34(1):103-112.
- [7] 张欣毅.基于人工智能企业分布的城市网络结构研究[C]//中国城市规划学会,重庆市人民政府.2019中国城市规划年会论文集.中国城市规划学会,2019:1059-1067.
- [8] 马丽亚,修春亮,冯兴华.基于母子企业联系的东北三省城市网络特征[J].地理科学,2019,39(7):1129-1138.
- [9] 盛科荣,王云靓,樊杰.中国城市网络空间结构的演化特征及机理研究——基于上市公司500强企业网络视角[J].经济地理,2019,39(11):84-93.
- [10] CHEN W, LIU W D, KE W Q, et al. Understanding Spatial Structures and Organizational Patterns of City Networks in China: a Highway Passenger Flow Perspective[J]. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(4): 477-494.
- [11] 杨贤房,万智巍,陈永林,等.不同尺度下江西省鄱阳湖生态城市群网络结构特征分析——基于客运班次和列车班次数据[J].现代城市研究,2019(12):90-95.
- [12] 刘书舟,韩增林,郭建科.高速铁路对东北城市网络结构的空間影响[J].地理科学,2020,40(2):270-279.
- [13] 王方方,李香桃.粤港澳大湾区城市群空间结构演化机制及协同发展——基于高铁网络数据[J].城市问题,2020(1):43-52.
- [14] 薛俊菲.基于航空网络的中国城市体系等级结构与分布格局[J].地理研究,2008,27(1):23-32+242.
- [15] 宋伟,李秀伟,修春亮.基于城际航空客流的中国城市层级结构分析[J].地理研究,2008,27(4):918-926.
- [16] 潘坤友,曹有挥,刘可文,等.长江三角洲集装箱班轮网络空间格局及其演化[J].地理科学,2017,37(5):682-690.
- [17] 蒋大亮,孙烨,任航,等.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,2015,24(10):1654-1664.
- [18] 胡国建,陈传明,侯雨峰,等.基于百度指数的黑龙江省城市网络研究[J].地域研究与开发,2018,37(1):58-64.
- [19] 唐艺烜,骆培聪,王镇宁,等.基于百度指数的福建省城市网络体系研究[J].海南师范大学学报(自然科学版),2020,33(1):103-109.
- [20] 陈映雪,甄峰,王波,等.基于微博平台的中国城市网络信息不对称关系研究[J].地球科学进展,2012,27(12):1353-1362.
- [21] 徐艳,黎明.基于新浪微博视角下的城市网络空间特征分析——以重庆市主城区为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(6):43-49.
- [22] 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,2016,71(10):1667-1679.
- [23] 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,2016,36(11):1654-1660.
- [24] 王贤文,王虹茵,李清纯.基于地理位置大数据的京津冀城市群短期人口流动研究[J].大连理工大学学报(社会科学版),2017,38(2):105-113.
- [25] 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,2019,34(3):108-117.
- [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[J].地理科学进展,2017,36(8):952-964.
- [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,2017,23(1):13-23.
- [28] 赵梓渝,魏冶,庞瑞秋,等.基于人口省际流动的中国城市网络转变中心性与控制力研究:兼论递归理论用于城市网络研究的条件性[J].地理学报,2017,72(6):1032-1048.
- [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,2017,36(4):647-660.
- [30] 徐腾,姚洋.城际人口迁移与房价变动——基于人口普查与百度迁徙数据的实证研究[J].江西财经大学学报,2018(1):11-19.
- [31] 吴康,方创琳,赵渺希.中国城市网络的空间组织及其复杂性结构特征[J].地理研究,2015,34(4):711-728.

[32] NEWMAN M E J. Networks: An Introduction [M]. UK: Oxford University Press, 2010.

[33] 刘正兵, 刘静玉, 何孝沛, 等. 中原经济区城市空间联系及其网络格局分析——基于城际客运流 [J]. 经济地理, 2014, 34(7): 58-66.

Analysis of Urban Network Structure in China Based on Baidu Migration Data

——Take the Data of Spring Festival in 2015 and 2019 for Example

XIANG Xin^{1,2,3}, SHI Kai-fang^{1,2,3}, YANG Qing-yuan^{1,2,3}

1. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. The State Cultivation Base of Eco-agriculture for Southwest Mountainous Land, Southwest University, China, Chongqing 400715, China;

3. Institute of Green Low-carbon Development, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Based on the data of LBS Baidu's Spring Festival migration, using degree centrality, rank scale rule and dominant flow method, the urban network structure and its change characteristics in 2015 and 2019 in China have comparatively been analyzed in this paper. The results show that, 1) the result of Rank-Size Rule of city network shows, there is a high score on the law of the primate city in total, and the proportion of cities at all levels in 2019 is lower than that in 2015. 2) From the perspective of the hierarchical characteristics of the urban network, the distribution of the first and second tier cities in China is generally "cross shaped". 3) the overall structure of the national urban network is dense in the East and sparse in the West. The eastern region, especially the coastal area, has a more complete urban network structure. In addition to the core cities, cities in China are significantly affected by regional distance; the strength of the North-South connection is greater than that of the East-West direction, and the North-South line connection increases the "Beijing-Xi'an-Chengdu-Guangzhou" in the West.

Key words: city network structure; external contact value; Baidu migration data; transport during the spring festival

责任编辑 胡 杨