

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.01.002

# 成渝地区双城经济圈流空间网络特征

涂建军<sup>1,2</sup>, 徐桂萍<sup>3</sup>, 姜莉<sup>3</sup>, 韩梦涛<sup>3</sup>

1. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715; 2. 中国西部非公经济发展与扶贫反哺协同创新中心, 重庆 400715;  
3. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715

**摘要:** 以“流”空间表征的城市空间网络能更好地刻画城市间的空间联系。该研究以经济流和交通流作为流空间的表达参数, 利用空间可视化和社会网络分析手段, 对成渝地区双城经济圈流空间网络格局进行解析。结果发现: ① 成渝地区经济流和交通流网络整体呈现“双核一轴两带”的空间格局, “双核”强向心性明显, 但在川渝交界地区形成“毗邻区塌陷”, 省界对空间流的阻隔效应还十分明显; ② 经济流网络中与一级中心城市邻近的城市其中心度更高, 地理邻近效应显著, 而交通流网络中的城市中心度具有交通趋向性, 沿铁路干线的城市中心度等级更高; ③ 经济流网络大致形成成都—重庆中心城区、川南、南遂广、万开云、渝西等5个次级组团, 交通流网络中的城市组团则处于零散状态; ④ 相较于经济流, 交通流更能发挥时空压缩效应, 带动区域空间网络向多中心、组团化演化, 推进成渝地区一体化发展。

**关键词:** 流空间; 经济流; 交通流; 城市网络;

成渝地区双城经济圈

中图分类号: F061.5

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2022)01-0012-12

## Characteristics of Flow Spatial Network in the Chengdu-Chongqing Economic Circle

TU Jianjun<sup>1,2</sup>, XU Guiping<sup>3</sup>, JIANG Li<sup>3</sup>, HAN Mengtao<sup>3</sup>

1. School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Innovation Center of Non-public Economic Development and Anti-compensation for Poverty in West China, Chongqing 400715, China;

3. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

**Abstract:** The urban spatial network represented by the “flow” data can better describe the spatial links between cities. Based on the economic flow and traffic flow, this paper uses spatial visualization and social network analysis to analyze the spatial network pattern of the Chengdu-Chongqing economic circle. The results showed that the overall economic flow and traffic flow network in Chengdu-Chongqing Area presents a spatial pattern of “dual cores, one axis and two belts”. The “dual cores” has obvious strong centrip-

收稿日期: 2021-08-06

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(20&ZD156).

作者简介: 涂建军, 博士, 教授, 主要从事城市与区域发展研究.

etality, but the “adjacent area collapse” formed at the junction area of Sichuan Province and Chongqing City. It means the blocking effect of the provincial barrier on the spatial flow is still very obvious. Cities adjacent to the first-level central cities in the economic flow network have higher centrality and significant geographic proximity effects. The urban centrality in the traffic flow network shows a traffic tendency, and the cities along the main railway are in the higher levels. Five city clusters in the economic flow network can roughly be recognized: Chengdu-Chongqing, Southern Sichuan, Nanchong-Suining-Guangan, Wanzhou-Kaizhou-Yunyang, and Western Chongqing. The city clusters in the traffic flow network are fragmentally distributed. Compared with economic flow, traffic flow can exert the effect of space-time compression to drive the trend of multi-center and multi-cluster regional network, and promote the integrated development of Chengdu-Chongqing Area.

**Key words:** flow space; economic flow; traffic flow; urban network; Chengdu-Chongqing economic circle

根据地理学第一定律,物理上的邻近是促成各种地理现象产生空间聚合的关键,是形成地理空间联系的重要前提<sup>[1]</sup>。随着全球化、信息化的快速发展,“时空压缩效应”逐渐显现,区域研究由“场所空间”转向“流空间”(space of flows)<sup>[2]</sup>。“流空间”概念由城市社会学家 Castells 在 1989 年首次提出,是指“不必地理邻接即可实现共享时间之社会实践的物质组织”<sup>[3]</sup>。在流空间背景下,通过要素关系数据反映城市间的相互作用,促使区域空间结构的研究从城市内部特征转向外部关系<sup>[4]</sup>,由此形成“城市网络”,城市与区域的研究视角也开始转向“流空间”及其映射的城市网络。基于不同尺度要素流作用下的城市流空间网络已成为当前城市地理学的研究热点。

国外学者早期通过航空流数据研究了全球城市的网络关系和联系紧密程度<sup>[5-6]</sup>; Grubestic 等、Malecki<sup>[7-8]</sup>基于互联网流量、联邦快递等信息流并运用网络分析法测度了城市间的联系。以 Taylor 为代表的全球化与世界研究小组(GaWC)通过生产性服务企业总部、区域性中心、地方办事处等在城市体系的分布特征构建起全球城市网络<sup>[9-10]</sup>。进入 21 世纪,国内学者开始基于“流空间”视角开展区域或城市群空间结构研究,前期主要利用公路客运流<sup>[11]</sup>、铁路列车途经班次<sup>[12]</sup>、航空直达航班<sup>[13]</sup>等客运交通流数据研究城市网络结构及组织模式、城市中心性、城市网络层级演变等。随着互联网的快速发展,网络大数据成为信息流<sup>[14]</sup>、通信流<sup>[15]</sup>、人口流<sup>[16]</sup>、企业流<sup>[17]</sup>等多元要素流的重要数据源,基于大数据的城市网络研究成为新的研究方向。在研究尺度上,近些年国内相关研究开始关注省域、城市群等较大尺度流空间网络,相较于发育程度较高的东部城市群,对于广大西部地区城市群的研究还需加强<sup>[18]</sup>,但已有不少学者对成渝地区双城经济圈展开研究,例如姚作林等<sup>[19]</sup>运用修正引力模型从“点、线、面”视角刻画了成渝经济区城市群城市格局的总体形态;宗会明等、黄言等<sup>[20-22]</sup>借助交通设施和客流数据开展了成渝城市群交通可达性和客运空间联系网络的初步探讨。在研究的数据源上,已有研究多侧重于分析单要素对城市流空间的影响。近年来随着网络大数据获取方式的多样性,部分学者开始探究在多元要素流共同作用下的城市网络结构特征。例如王少剑等<sup>[23]</sup>借助人流、物流、资金流、信息流等多源数据,对珠三角城市群空间结构的现状和发展趋势进行了综合研判;孙阳等<sup>[24-25]</sup>基于交通流和信息流,对长三角城市群“空间流”网络结构特征及沿海三大城市群网络拓展进行了探析。在研究方法上,较多运用了社会网络分析,探讨区域内部城市中心性<sup>[26]</sup>、凝聚子群<sup>[27]</sup>等,重视拓扑结构而弱化地理空间作用。

2020 年 1 月,中央财经委员会第六次会议作出推动成渝地区双城经济圈建设的重要部署,有望重塑中国区域发展格局<sup>[28]</sup>。2021 年 10 月,中共中央、国务院印发了《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》(以下简称《规划纲要》),强调将成渝地区双城经济圈打造为带动全国高质量发展的重要增长极和新的动力源,这意味着成渝地区双城经济圈在国家区域发展战略中扮演的角色进一步升级。从流空间视角探讨双城经济圈空间网络特征对于深入理解成渝地区城市联系格局、加快经济圈建设具有重要的理论与现实意义。本研究尝试融合传统社会经济数据与网络大数据,对比分析成渝地区双城经济圈的城市网络联系、网络节点和局部网络特征,以期更真实地反映成渝地区双城经济圈“流空间”网络结构,为推动成渝地区双城经济圈空间

结构优化、促进经济圈高质量发展提供理论支撑。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区域

本文以《规划纲要》确定的成渝地区双城经济圈范围作为研究区域,包括四川省的成都、自贡、泸州、德阳、绵阳(除北川县、平武县)、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州(除万源市)、雅安(除天全县、宝兴县)、资阳等 15 个市,以及重庆市的渝中、大渡口、渝北、江北、九龙坡、南岸、北碚、沙坪坝、巴南(上述 9 个市辖区为重庆中心城区)、万州、黔江、涪陵、綦江、大足、长寿、江津、合川、永川、南川、潼南、铜梁、荣昌、璧山、梁平、丰都、垫江、忠县等 27 个区(县)以及开州、云阳的部分地区。因数据分割难度较大,本文将《规划纲要》扣除的部分区域也统一纳入研究范围,并将重庆中心城区作为一个研究单元。由此形成四川省 15 个市、重庆中心城区以及重庆市其他 20 个区(县)共计 36 个基本研究单元。成渝地区双城经济圈幅员面积 18.5 万 km<sup>2</sup>,2020 年 GDP 达到 6.64 万亿元,约占全国的 6.5%,西部的 33.7%,具有承东启西、连接南北的区位优势,是西部参与国家乃至全球竞争、建设世界级城市群的重要载体。作为西部经济基础最好、经济实力最强的区域之一,成渝地区双城经济圈无论是内部城市联系的紧密程度和发达程度,还是在联动内陆腹地、对接西部及国家城市网络的综合效能上,都位居西部城市群的前列,是具有全国性重要地位和较强网络关联特性的典型区域。

### 1.2 数据来源

#### 1.2.1 数据类型

本文主要关注成渝地区内部的城市联系,需获取表征城市间经济流和交通流的原始数据。经济流数据包括地区生产总值、常住人口、第二产业产值、进出口总额、地方一般公共预算收入、社会消费品零售总额、金融机构本外币存款余额等 7 项社会经济统计指标数据,运用改进的引力模型,计算城市间经济联系强度,以此表征经济流联系。交通联系以两两城市之间公路、铁路在 1 d 中的客运班次为原始数据。

#### 1.2.2 数据采集与预处理

社会经济统计数据来源于四川省、重庆市 2020 年统计年鉴以及各市区县的政府统计公报。公路最短距离来源于百度地图(<https://map.baidu.com/>),取两城市人民政府所在地之间驾车路线的最短距离。交通流数据中公路班次数据来自车次网([www.checi.cn](http://www.checi.cn)),通过网页检索搜集,对个别城市拥有多个汽车客运站进行合并,在获取过程中通过随机检验的方式进行数据验真,确保数据准确性。铁路班次数据来自中国铁路客户服务中心网站([www.12306.com](http://www.12306.com)),通过查询两两城市之间铁路客运班次得到数据。因公路与铁路行程班次相对固定,均选取 1 d 的数据为代表,数据采集时间为 2020 年 12 月 17 日。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 经济流模型

经济流模型基于引力模型而构建,用于衡量城市间经济联系强弱。在传统的引力模型中,城市的经济质量一般使用年末人口数和地区生产总值两者乘积的开方来表示,而城市之间的距离通常是利用两地的空间距离来换算<sup>[29]</sup>。本研究采用改进的经济联系强度模型来衡量城市间经济联系强度,计算公式如下:

$$F_{ij} = \frac{M_i \times M_j}{L_{ij}^2} \quad (1)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (2)$$

$$S = \frac{F_k}{F_{\max}} \quad (3)$$

式中, $F_{ij}$  表示城市  $i$  与城市  $j$  之间的经济联系强度; $M_i$  和  $M_j$  分别为城市  $i$  和城市  $j$  的经济综合质量,这里采用上述 7 项指标,利用熵值法确定指标权重并计算综合质量; $L_{ij}$  是城市  $i$  与城市  $j$  政府所在地之间驾车路线的最短距离; $F_i$  为城市  $i$  的经济流总量, $n$  为城市节点数( $n=36$ ); $S$  为相对经济流; $F_k$  表示所有

与城市  $k$  有关的经济流总量;  $F_{\max}$  表示区域中经济流强度的最大值。

### 1.3.2 交通流模型

交通客运班次数据为有向网络, 两两城市之间为双向连接, 由于部分城市尚未开通高速列车, 为尽量以连接强度来反映真实的交通联系情况, 本文采用两城市间相互客运往来班次代表交通流的绝对强度, 并根据交通运输部《2019 年交通运输行业发展统计公报》中公布的公路、铁路运输旅客周转量确定公路、铁路运输的权重, 分别为 0.375 9, 0.624 1。具体计算公式如下:

$$N_{ij} = aA_{ij} + bB_{ij}; N_{ji} = aA_{ji} + bB_{ji} \quad (4)$$

$$T_{ij} = N_{ij} + N_{ji} \quad (5)$$

$$T_i = \sum_{i,j=1}^n T_{ij} \quad (6)$$

$$S = \frac{T_k}{T_{\max}} \quad (7)$$

式中,  $N_{ij}$ ,  $N_{ji}$  分别为城市  $i$  到城市  $j$ 、城市  $j$  到城市  $i$  的交通联系量;  $A_{ij}$ ,  $A_{ji}$ ,  $B_{ij}$ ,  $B_{ji}$  分别表示城市  $i$  与城市  $j$  的长途汽车、铁路客运往来班次数;  $a$ ,  $b$  为公路、铁路的运输权重;  $T_{ij}$  为城市  $i$  与城市  $j$  之间的交通联系量;  $T_i$  是城市  $i$  的交通流总量;  $S$  为相对交通流,  $T_k$  表示所有与城市  $k$  有关的经济流总量;  $T_{\max}$  表示区域中交通流强度的最大值。

### 1.3.3 社会网络分析

社会网络分析可以将区域联系网络化的过程变得更加直观, 量化效果也更加明显<sup>[30]</sup>。本文运用社会网络分析方法, 主要从网络密度、度数中心度、凝聚子群 3 方面刻画成渝地区网络特征。

1) 网络密度: 指网络中实际存在的关系总数与理论最大可能关系数之比<sup>[31]</sup>。计算公式为:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d(i, j)}{n(n-1)} \quad (8)$$

式中,  $D$  为网络密度,  $n$  为城市节点数,  $d(i, j)$  为节点城市  $i$ 、 $j$  间的关系量,  $D$  值在  $[0, 1]$  之间, 数值越大, 表示城市间联系越紧密。

2) 度数中心度: 用于衡量网络结构中各节点联系其他节点的能力, 主要反映城市节点在流网络中的联系中心性水平, 其值越大, 该点在网络中的中心性越突出, 联动区域网络的能力越强<sup>[32]</sup>。计算公式为:

$$CI(i) = \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{n-1} \quad (9)$$

式中,  $CI(i)$  表示度数中心度,  $S_{ij}$  表示城市  $i$  与城市  $j$  间的联系强度,  $n$  表示城市节点数。

3) 凝聚子群: 在区域联系网络中某些城市节点之间的联系特别紧密, 以至于结合成一个次级团体, 社会网络分析称这样的团体为凝聚子群。如果该网络存在凝聚子群, 并且凝聚子群的密度较高, 说明处于这个凝聚子群内部的城市节点之间联系紧密。凝聚子群分析可以更加深入地探测区域内部的网络关系, 进一步刻画流空间网络结构特征<sup>[33]</sup>。

## 2 成渝地区流空间网络联系特征

### 2.1 城市联系强度特征

运用上述经济流和交通流强度模型计算得到成渝地区 630 个城市对联系强度值, 表 1 列出了强度值排名前 10 的城市对。通过对计算结果的统计分析, 发现城市联系强度具有以下特征:

第一, 经济流和交通流联系均呈现显著的“双核”强向心性。成都、重庆中心城区与其他城市间的经济流强度占城际流总量的 88.88% (其中成都占 47.70%, 重庆中心城区占 41.18%), 交通流强度也达到 63.99% (成都占 29.14%, 重庆中心城区占 34.85%), 说明“双核”主导着整个成渝地区的经济和交通联系,

且成都在经济流网络中的主导地位更突出,而重庆中心城区在交通流网络中的首位度更高.在前 30 位的城市对中,经济流仅有绵阳—德阳(11 位)、交通流仅有绵阳—德阳(9 位)、眉山—乐山(26 位)属于不是与成都、重庆中心城区相联系的城市对.

第二,整体联系有待加强,特别是在成渝边缘地区还存在联系空白.网络密度计算结果显示,整体经济流网络密度为 0.10,交通流为 0.08,均处于较低水平,整体城市空间联系较为松散.川西(雅安、眉山、乐山)、川东北(达州)、渝东北、渝东南等经济圈边缘地区的内部经济联系还相当弱,仅占总量的 1.05%,其对外联系也不强,仅占总量的 16.87%.而且,成渝地区尚有 225 个城市对出现交通联系为 0,其中四川省内 1 对(达州—乐山),重庆市内 66 对,川渝之间 158 对,渝东北、渝东南城市对外形成 146 对,该地区面临交通边缘化的困境.

第三,川渝毗邻区出现空间流“塌陷区”.川渝交界地区的经济、交通联系均较弱,四川省和重庆市交界地区,即重庆市的江津、永川、荣昌、大足、潼南、合川、重庆中心城区、长寿、垫江、梁平、万州、开州等 12 个区(县)与四川省的泸州、内江、资阳、遂宁、广安、达州等 6 个地级市之间的经济流联系强度总和仅占成渝地区联系总强度的 7.71%,交通流联系强度仅占 10.70%,造成流空间的“毗邻区塌陷”,说明省界对空间流的阻隔效应还十分明显,克服因省界造成的“空间摩擦”是未来推进成渝地区一体化发展的重要努力方向.

表 1 成渝地区双城经济圈联系强度排名前 10 的城市对

序号	经济流		交通流	
	城市对	联系强度	城市对	联系强度
1	德阳—成都	68.235	绵阳—成都	1.247
2	眉山—成都	52.457	重庆中心城区—成都	0.969
3	江津—重庆中心城区	42.732	德阳—成都	0.956
4	重庆中心城区—成都	38.200	乐山—成都	0.881
5	绵阳—成都	31.227	永川—重庆中心城区	0.872
6	璧山—重庆中心城区	17.525	眉山—成都	0.776
7	乐山—成都	15.668	宜宾—成都	0.734
8	合川—重庆中心城区	14.258	合川—重庆中心城区	0.655
9	资阳—成都	13.996	绵阳—德阳	0.655
10	永川—重庆中心城区	13.133	遂宁—成都	0.639

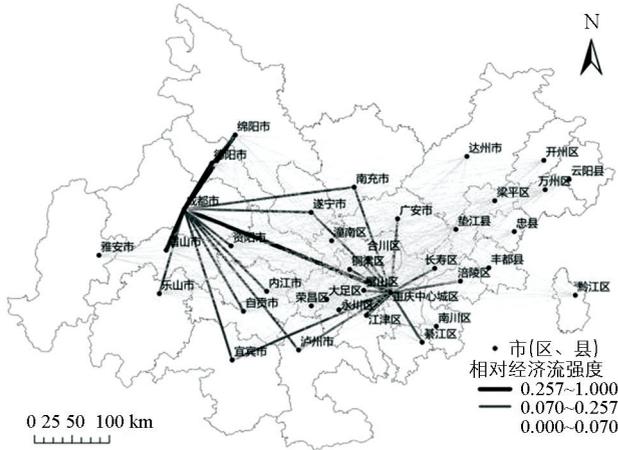
## 2.2 城市联系层级特征

为更加清晰直观地刻画成渝地区城市网络联系格局,依据相对联系强度值,运用自然断裂点法对成渝地区城市网络联系进行层级划分,分别选取大于 0.070 和 0.257 的相对经济流构建城市联系的主干网络和骨架网络,交通流选取大于 0.128 和 0.444 的相对交通流构建主干网络和骨架网络(图 1).

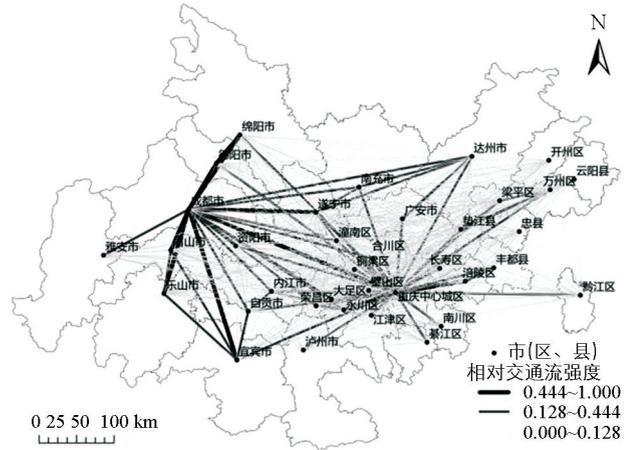
主干网络显示(图 1c, d),经济流“双核”高度集聚,交通流已呈现初步网络化趋势.从主干网络构成来看,经济流主干网络由 21 个城市对联系构成,除德阳—绵阳城市对以外,其余 20 个城市对均是与成都、重庆中心城区构成.交通流网络则由 52 个城市对联系构成,与成都、重庆中心城区相连的有 36 对.经济流主干网络整体形态呈现以成都、重庆中心城区为核心的放射状结构,且双核相向扩散,共同推进成渝地区经济流空间的网络化发育.交通流主干网络除成都和重庆中心城区与其周边城市有紧密联系外,川南地区的宜宾、自贡、内江、泸州,以及渝西—川中的南充、遂宁、广安、荣昌、永川、潼南等城市间的横向联系不断强化,促使成渝地区交通流主干网络形成“钻石菱形”结构,出现了初步网络化特征.

骨架网络显示(图 1e, f),经济流网络形成以成都、重庆中心城区为核心,德阳、绵阳、眉山、江津为节点的“丁字形”构架,以成都为核心连接德阳、绵阳、眉山,以重庆中心城区为核心连接相毗邻的江津,而且成都和重庆中心城区这两座超大城市间的联系强度最高,形成强大的联系“轴”横亘在成渝地区,“双核—

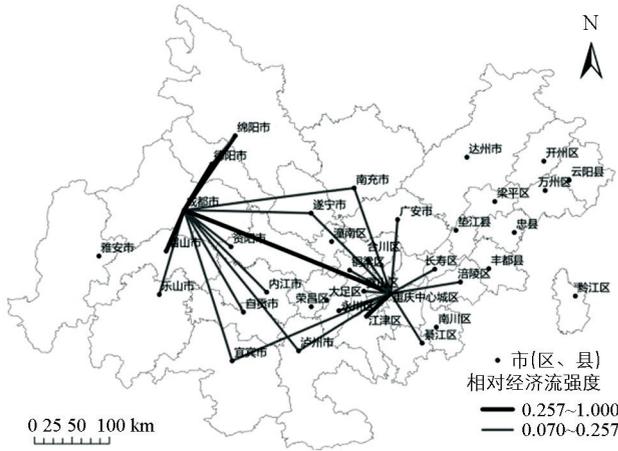
轴”格局凸显。交通流骨架网络形成了以成都、重庆中心城区为“双核”并串联成“轴”，四川形成以成都为核心，以德阳、绵阳、眉山、乐山、宜宾、遂宁为节点的放射状；重庆则以中心城区为核心，永川、涪陵、合川等城市为节点呈放射状延展。



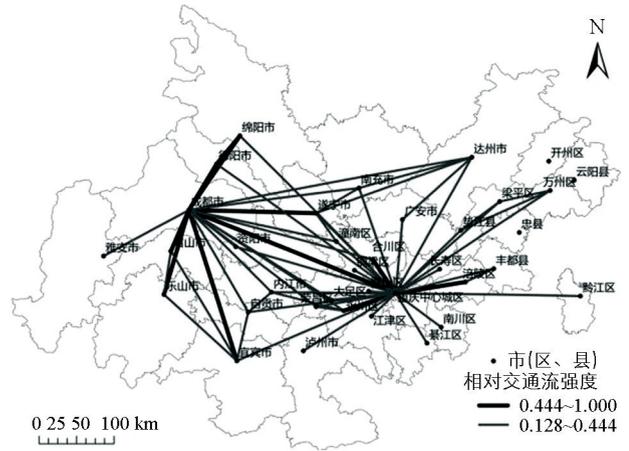
a. 经济流城市网络



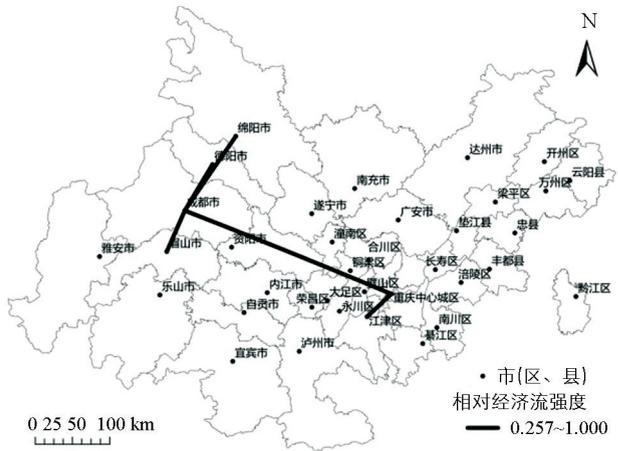
b. 交通流城市网络



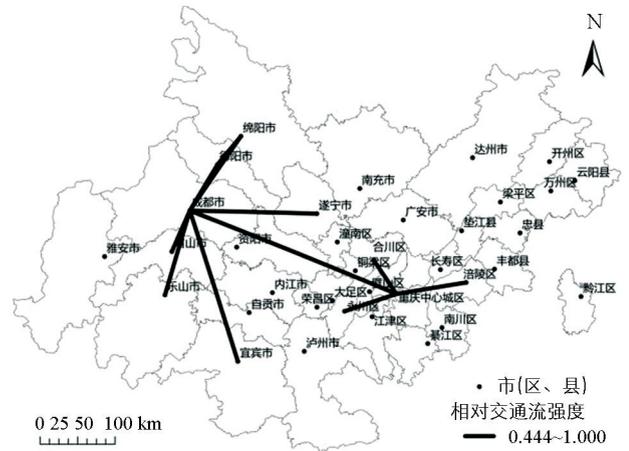
c. 经济流城市主干网络



d. 交通流城市主干网络



e. 经济流城市骨架网络



f. 交通流城市骨架网络

底图来源于国家标准地图服务系统, 审图号: GS(2019)1823.

图 1 成渝地区双城经济圈城市网络联系格局

## 2.3 经济联系与交通联系的对比分析

通过对比两种流空间网络下的城市联系格局,可以得出:①“双核”独大特征突出,交通流在一定程度上更能体现成渝地区城市网络联系,其空间结构网络化已处在初级阶段,但依旧受到传统行政边界与物理空间距离的阻隔,成都和重庆中心城区更多地与本省(市)的城市相连接,次级节点城市间的联系较弱。②经济流与交通流整体网络格局有部分重合,以成都、重庆中心城区为核心,“双核”高度连接成“轴”,并对外辐射形成成都—德阳—绵阳—眉山、重庆中心城区—江津—永川—涪陵“两带”,一定程度上与《成渝城市群发展规划》(于 2016 年 4 月由国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部以“发改规划[2016]910 号”文件联合印发,规划期为 2016—2020 年)提出的“双核、一轴、两带”空间布局相吻合。③成渝地区经济流网络中的低层级联系发育不足,需要指出的是,经济流排名前 10 的城市对联系强度值占比比交通流前 10 的占比高出 29.25%,说明成渝地区经济流网络联系较交通流的极化现象更加突出,交通联系成为影响区域内部空间格局的重要力量,但交通基础设施红利尚未释放出应有的经济红利。④经济流网络中的地理邻近效应较交通流网络更明显,经济流网络中,除与成都、重庆中心城区相联系的城市对以外,其余 561 个城市对中,联系最强的前 20 个城市对中相邻城市对占 90%,不相邻城市对仅有宜宾—内江、眉山—德阳 2 个。交通流网络中,联系最强的前 20 对中相邻城市对占比 80%,不相邻城市对仅有永川—内江、达州—遂宁、眉山—绵阳、长寿—万州 4 个。无论是在经济流还是交通流网络中,相较于不相邻城市对,相邻城市对的联系强度更高。此外,经计算成渝地区内各城市省(市)内联系均大于省(市)外联系,这说明成渝地区城市间联系尚未摆脱地理空间的束缚,形成跨区域的强联系。

## 3 成渝地区流空间网络节点中心性特征

### 3.1 节点中心性等级特征

运用公式(9)计算出成渝地区流空间网络中 36 个城市的度数中心度,利用 ArcGIS 10.4 软件的自然断裂点法将城市中心性划分成从高到低 5 个等级(表 2)。

表 2 成渝地区双城经济圈城市网络节点中心性等级划分

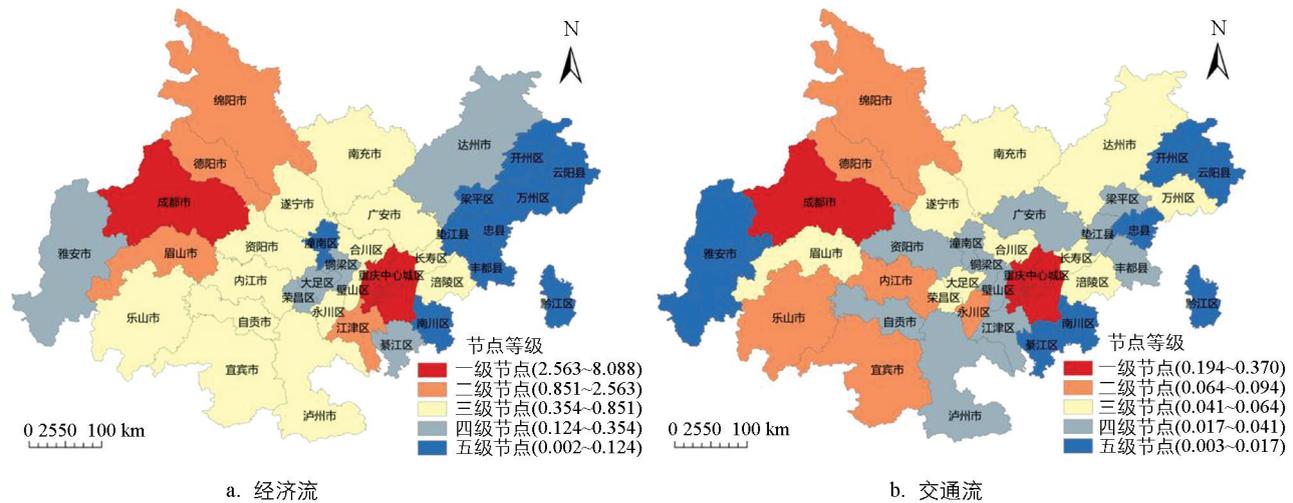
中心性等级	经济流		交通流	
	城市	数量	城市	数量
一级	成都、重庆中心城区	2	重庆中心城区、成都	2
二级	德阳、眉山、绵阳、江津	4	绵阳、永川、内江、宜宾、德阳、乐山	6
三级	南充、泸州、宜宾、乐山、璧山、内江、自贡、遂宁、永川、合川、资阳、长寿、广安、涪陵	14	遂宁、南充、眉山、万州、合川、荣昌、涪陵、达州、大足、长寿	10
四级	铜梁、达州、綦江、大足、荣昌、雅安	6	梁平、潼南、垫江、广安、泸州、资阳、自贡、璧山、丰都、铜梁、江津	11
五级	潼南、万州、南川、垫江、开州、梁平、云阳、忠县、丰都、黔江	10	綦江、雅安、黔江、南川、忠县、开州、云阳	7

成都、重庆中心城区在经济流和交通流网络中的中心性均属最高等级,对周围城市有很强的带动能力,是成渝地区重要的经济中心和综合性交通枢纽,但成都的经济中心性高于重庆中心城区,而重庆中心城区的交通中心性高于成都。绵阳和德阳在经济流和交通流网络中均占据较为重要的地位,已成为成渝地区综合性二级节点城市。南充、遂宁、合川、长寿、涪陵的经济流和交通流中心性均属第三级,为综合性三级节点城市。经济流网络中有 6 个四级节点城市,而在交通流网络中有 11 个,远多于经济流,其中铜梁在经济流和交通流网络中均属于四级节点城市。南川、开州、云阳、忠县、黔江同属于五级经济流和交通流节点城市,经济流和交通流中心度均较低。

值得注意的是,眉山、江津、泸州、璧山、自贡、资阳、广安、綦江、雅安等 9 个城市的经济中心性等级高于交通流中心性等级,其中眉山、江津在经济流网络中处于第二等级,但在交通流网络中眉山处于第三等级,江津交通中心性更低,处于第四等级;同样,泸州、璧山、自贡、资阳、广安在经济流中处于第三等级,而交通中心性较低,处于第四等级,说明这些城市的交通道路建设与经济发展水平有一定差距,交通联系有待加强.另外,宜宾、乐山、内江、永川、达州、大足、荣昌、潼南、万州、垫江、梁平、丰都等 12 个城市的交通流中心性等级高于经济流中心性等级,其中宜宾、乐山、内江、永川在经济流网络中处于第三等级,而在交通流网络中位于第二等级,达州、大足、荣昌在经济流网络中处于第四等级,但在交通流中处于第三等级,这说明这些城市的经济辐射带动能力较弱,也印证了交通设施建设能够促进区域网络联系多中心化,一定程度上拓宽了城市节点在网络中的辐射能力.

### 3.2 节点中心性分布特征

利用 ArcGIS 10.4 软件进行可视化表达(图 2),进一步分析成渝地区城市中心性等级分布特征.



底图来源于国家标准地图服务系统,审图号:GS(2019)1823.

图 2 成渝地区双城经济圈网络节点等级分布

交通流网络中的一级、二级节点城市数量较经济流多,多中心化更突出.从不同等级节点城市的空间分布来看,成渝地区经济流二级节点城市主要分布在成都、重庆中心城区两个一级中心城市周围,如眉山毗邻成都,江津毗邻重庆中心城区.交通流的二级节点城市如乐山、内江、宜宾、永川主要沿成绵乐城际铁路、成渝、内昆、成贵等铁路干线分布,且与成都、重庆中心城区具有密切的交通联系.除资阳、涪陵、长寿外,经济流网络中三级节点城市呈片状集中分布在川南(包括泸州、宜宾、乐山、内江、自贡)、川中(包括南充、遂宁、广安)以及渝西(包括璧山、永川、合川)地区,而交通流网络中的三级节点城市分布较为分散,除达州、开州外,散布于一级中心和二级中心城市周围.四级、五级经济流和交通流节点城市的空间分布具有相似性,主要集中在成渝中部交界地带和渝东北地区两个片区.

整体来看,环成都、重庆中心城区的经济流和交通流中心性等级更高,而处于成渝中部主轴、成渝交界地带以及渝东北地区等级较低.经济流网络形成潼南—铜梁—大足—荣昌、达州—渝东北—渝东南两个低中心性延绵区,其中达州—渝东北—渝东南地区由于其受成都、重庆中心城区城市辐射作用小,造成经济中心性不高,而位于川渝交界的城市一方面受到重庆中心城区的“遮蔽效应”影响,处于高中心性的“阴影”之下,另外也可能因为省级边界的“边缘效应”造成中心性不高.交通流网络则形成资阳—潼南—铜梁—璧山—江津、渝东北—渝东南两个延绵的低中心性片区,虽然资阳—潼南—铜梁—璧山—江津位于成渝客专、渝遂铁路等快速通道上,但其停靠车次偏少,致使其交通中心性并不高;而开州、云阳、忠县、丰都等区县暂时未开通对外直达客运铁路交通,需要通过周边区县“中转”进行间接关联,因此这些城市急需加强与高等级中心性城市的交通联系,尽早融入“双圈”发展.另外,綦江、南川、黔江、雅安的经济中心性

和交通中心性等级均较低,需警惕这些城市被边缘化。

### 3.3 经济流和交通流中心性对比分析

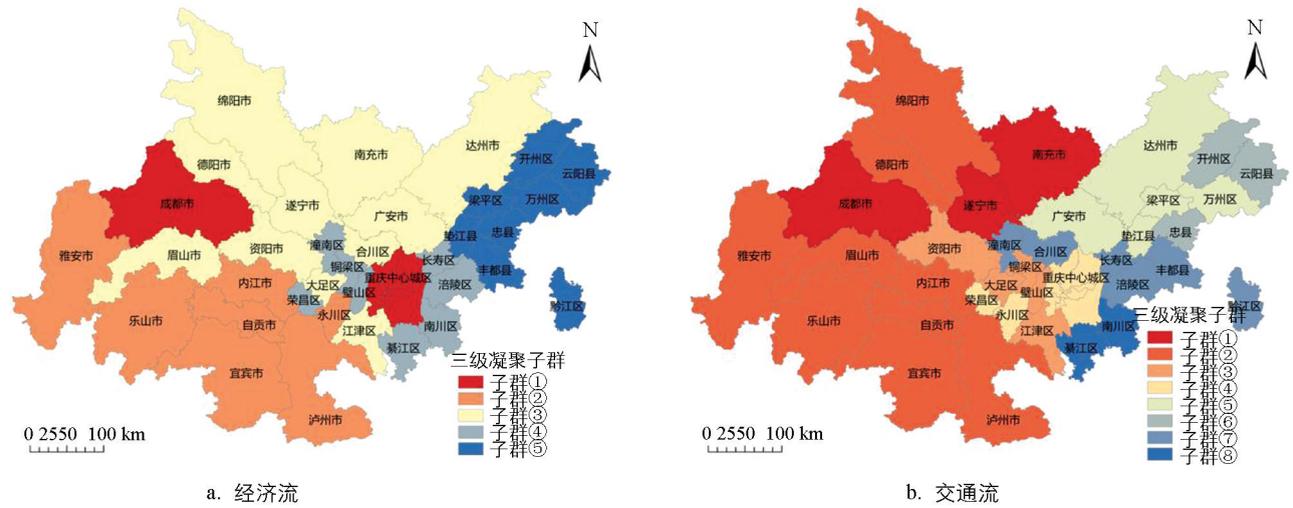
综合两种流空间网络节点中心性特征来看,经济流网络中五级节点城市的数量比例为 5.5 : 11.1 : 38.9 : 16.7 : 27.8,二、三、四级中心性城市占比 66.7%;交通流网络的对应比例为 5.5 : 16.7 : 27.8 : 30.6 : 19.4,二、三、四级占比 75.1%,因此交通流网络结构形态更为扁平。从不同等级节点分布来看,经济流网络中,与成都、重庆中心城区地理位置相邻近的城市中心度更高,网络节点等级也在一定程度上围绕一级中心城市梯级扩散;而交通流网络中沿成渝、成绵乐、内昆、成贵等铁路干线的城市其中心度更高,城市等级也更高,同其他各个城市的联系也较频繁。两种流空间网络中,均形成沿成渝发展主轴的低中心性城市连绵带,说明成渝地区“中部塌陷”问题确实存在,未来应发挥成都、重庆中心城区的辐射扩散作用,带动这一地区协同发展。

## 4 成渝地区流空间网络子群特征

为了更好地描述成渝地区流空间网络子群特征,对经济流和交通流联系强度进行二值化处理,运用 Ucinet 6.2 中的 Concor 模块进行凝聚子群分析,将各个三级子群中度数中心度最高的城市作为该凝聚子群的中心城市。需要说明的是,每一个子群只是多个网络联系较强且结构类似的城市集合,并不都是地理邻近的,也不具备城市联盟的性质,这样的划分只是为了更好地分析各子群间的相互作用<sup>[34]</sup>。

城市经济流网络形成 3 个二级凝聚子群、5 个三级凝聚子群。三级子群中(图 3a),子群①是以成都为中心,与重庆中心城区形成跨界子群,说明成都、重庆中心城区两地间经济联系较为紧密;子群②是以泸州为中心,包括川南的自贡、乐山、内江、宜宾、雅安以及渝西的永川构成川南—渝西子群;子群③以德阳为中心,与绵阳、眉山、资阳、遂宁、南充、广安、大足、合川、江津构成南遂广子群;子群④是以璧山为中心,潼南、铜梁、荣昌、长寿、涪陵、南川、綦江等形成的重庆主城新区子群,沿重庆中心城区呈环状分布;子群⑤是以万州为中心,由渝东北的万州、开州、梁平、丰都、垫江、忠县、云阳等构成的渝东北子群。各子群密度大小依次为子群①、子群②、子群③、子群④、子群⑤(表 3),这表明成都、重庆中心城区间的经济联系较紧密,子群②、子群③次之,处于渝东北地区的子群⑤其城市内部联系较为松散。从二级子群层面上来看,子群①和子群②同属于一个二级子群,说明由成都和重庆中心城区组成的子群①与主要由川南地区城市组成的子群②之间联系较为紧密;子群③与子群④共同构成一个二级子群,说明成渝两地相向发展,一定程度上带动成渝地区中部 2 个三级子群快速发展,经济交流合作加强;子群⑤单独构成一个二级子群,这说明处于渝东南、渝东北地区的凝聚子群⑤与其他 4 个子群之间联系不强。

城市交通流网络有 4 个二级凝聚子群、8 个三级凝聚子群。三级子群中(图 3b),子群①是以成都为中心,包括遂宁、南充;子群②是以绵阳为中心,包括德阳、眉山、泸州、自贡、内江、乐山、眉山、宜宾、雅安;子群③是以大足为中心,包括资阳、璧山、铜梁、江津;子群④是以重庆中心城区为中心,包括荣昌、永川;子群⑤是以万州为中心,包括达州、广安、梁平、垫江;子群⑥是以忠县为中心,包括开州和云阳;子群⑦是以涪陵为中心,包括长寿、丰都、潼南、合川、黔江;子群⑧则是以綦江为中心,与南川构成体量较小的一个子群。各子群密度从大到小依次为子群①、子群⑦、子群⑤、子群②、子群③、子群⑥(其中子群④密度与子群①相同,子群⑧密度与子群③相同),成都、重庆中心城区所在子群①和④联系密度最大,“双核”综合交通枢纽作用凸显,而处于渝东北地区的开州、云阳、忠县构成的子群⑥密度最低,这是因为云阳、忠县的铁路交通建设尚未完善,子群内铁路交通联系不紧密。从二级子群层面来看,子群①和子群②同属于一个二级子群,说明以成都为核心的子群①与其周边城市组成的子群②之间的联系较为密切;同样,以重庆中心城区为核心的子群④与子群③联系也最为密切,这两个二级子群的形成主要得益于成都、重庆中心城区与其周边城市间的综合交通基础设施完善,提高了与其邻近城市间的交通联系度;子群⑤和子群⑥构成一个二级子群,两个子群间有渝西铁路、达万铁路、渝万铁路等铁路干线连接,表明川东北与渝东北的交通联系正在改善。因地理位置邻近以及高速公路连接,子群⑦和子群⑧属于同一个二级子群(表 4)。



底图来源于国家标准地图服务系统, 审图号: GS(2019)1823.

图 3 成渝地区双城经济圈城市网络三级凝聚子群分布

表 3 成渝地区双城经济圈经济流网络凝聚子群联系密度

凝聚子群编号	①	②	③	④	⑤
①	1	0.929	1	0.5	0
②	0.929	0.381	0.026	0	0
③	1	0.026	0.073	0.011	0
④	0.5	0	0.011	0.036	0
⑤	0	0	0	0	0.018

表 4 成渝地区双城经济圈交通流网络凝聚子群联系密度

凝聚子群编号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①	1	0.741	0.267	0.556	0.800	0	0.778	0.167
②	0.778	0.764	0.311	0.778	0.067	0	0.019	0
③	0.400	0.289	0.500	0.867	0.040	0	0.333	0.400
④	0.556	0.741	1	1	0.733	0.333	0.667	0.500
⑤	0.667	0.044	0.080	0.600	0.850	0.400	0.200	0
⑥	0	0	0	0.111	0.133	0.167	0.111	0
⑦	0.611	0.037	0.167	0.611	0.267	0.056	0.867	0.333
⑧	0	0	0	0.500	0	0	0.083	0.500

通过对比两种城市流空间网络的凝聚子群特征可以发现, 交通流网络的三级子群数量较经济流多, 且交通流网络中的子群内节点数量较为均衡, 这说明交通流的时空压缩效应已经起作用, 推动各要素在区域空间内的自由流动和融合, 未来将引导成渝地区流空间网络朝多组团化方向发展. 另外, 经济流和交通流网络的凝聚子群内城市分布均表现出地理邻近效应, 经济流网络中的 5 个三级子群分布呈片状, 除成都—重庆中心城区子群外, 大致形成川南子群(子群②)、南遂广子群(子群③)、达万开云子群(子群⑤)和重庆主城新区子群(子群④), 在一定程度上与成渝城市群规划提出的“三区”(川南、南遂广、达万城镇密集区)相吻合, 而交通流网络中的凝聚子群则受交通道路建设影响, 主要沿铁路干线形成子群.

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

基于不同要素流数据的流空间网络分析提供了接近城市真实联系状况的量化表征方式. 通过对比分析成渝地区经济流和交通流网络联系特征、城市中心性特征、局部联系特征, 主要得出以下结论:

1) 成渝地区城市联系的经济流和交通流网络中均呈现强向心性特征, 成都和重庆中心城区“双核”高度集聚, 但经济流和交通流网络整体密度均较低, 尤其在经济流网络中, 川东北、川南、渝东北地区目前尚未出现显著的城市联系网络, 网络空间整体联系有待加强. 经济流与交通流整体网络联系层级特征有部分重合, 都主要以成都、重庆中心城区为核心, 连接形成成都—德阳—绵阳—眉山、重庆中心城区—江津—永川—涪陵“两带”, 一定程度上与《成渝城市群发展规划》提出的“双核、一轴、两带”空间布局基本吻合.

2) 成渝地区网络节点中心性呈现严重的两极分化趋势, 二者对比来看, 交通流节点等级结构发育得更好, 结构呈扁平化. 经济流和交通流网络节点等级分布具有一定差异, 经济流网络中与成都、重庆中心城区地理位置相邻近的城市中心度更高, 节点等级在一定程度上围绕一级中心城市呈梯级递减; 而交通流网络中沿成渝、成绵乐、内昆、成贵等铁路干线的城市等级更高, 因成渝地区交通路网分布不均, 不同等级网络节点分布也较为分散.

3) 成渝地区两种流空间网络中的凝聚子群内城市分布均呈现地理邻近效应, 经济流网络形成 3 个二级凝聚子群, 5 个三级凝聚子群, 交通流网络形成 4 个二级凝聚子群, 8 个三级凝聚子群. 经济流网络中的 5 个三级子群呈片状分布, 在一定程度上与《成渝城市群发展规划》提出的“三区”(川南、南遂广、达万城镇密集区)相吻合, 而交通流网络子群则有很强的交通趋向, 三级子群多沿交通干线分布. 成都、重庆中心城区所在子群内部联系较为密切, 位于川南地区子群次之, 而位于渝西、川东北、渝东北、渝东南地区城市形成的子群联系则较松散. 此外, 交通流网络的三级子群数量较经济流多, 且不同交通流子群内的城市节点数量更为均衡, 表明交通流能更高效地推动各要素的自由流动和融合, 发挥时空压缩效应带动区域网络节点成长, 推动成渝地区联系网络在未来呈现多组团化发展趋势.

### 5.2 讨论

实证研究发现, 成渝地区双城经济圈城市空间网络还不够成熟, 但蕴含巨大的发展潜力. 未来, 在推动成渝地区双城经济圈建设过程中, 应下大力气补齐和打通交通网络的“断点”“堵点”和“边缘点”, 一方面要进一步加强大通道建设, 提升次级城市与成都和重庆中心城区两大核心城市的交通联系效率, 延伸双核的辐射半径, 同时也要加强不同等级城市的横向联系, 织密交通的“毛细血管网”, 压缩城市间的时空距离. 要树立一盘棋思想和一体化发展理念, 加强基础设施共建共享, 模糊行政边界的阻隔效应, 积极推进跨界地区一体化发展, 逐步消除成渝地区的“中部塌陷”和“毗邻区塌陷”问题. 要突出重庆中心城区和成都两个中心城市的协同带动, 明确各级中心城市的功能分工, 引导区域联系向多组团化发展, 促进区域深度协同发展. 要积极探索经济圈层面相对统一的治理机制和模式, 适当推行治理尺度上移和下推, 设立跨区域层面统一的组织机构以弱化行政区划边界壁垒, 创设具有成渝特色的一体化运作系统.

基于“流空间”理论并结合多源数据开展城市空间网络结构研究, 有助于明晰城市间的相互关系, 对推进城市群一体化发展具有重要意义. 本研究结合经济流和交通流数据探析成渝地区城市节点在不同要素流作用下的非均衡化空间联系格局, 较为全面地反映了成渝地区城市空间网络的联系现状. 但囿于数据可得性, 本文没能将信息流、私家车交通流、货车物流等因素考虑进去, 而且经济流数据采用的是统计数据, 尚无法实现经济流的有向性表达, 今后需进一步完善研究的基础数据和研究方法.

### 参考文献:

- [1] 邱坚坚, 刘毅华, 陈浩然, 等. 流空间视角下的粤港澳大湾区空间网络格局——基于信息流与交通流的对比分析 [J]. 经济地理, 2019, 39(6): 7-15.
- [2] 陆大道. 关于珠江三角洲大城市群与泛珠三角经济合作区的发展问题 [J]. 经济地理, 2017, 37(4): 1-4.
- [3] CASTELLS M. The Rise of Network Society [M]. Oxford: Blackwell, 1996.

- [4] 马丽亚,修春亮,冯兴华.多元流视角下东北城市网络特征分析[J].经济地理,2019,39(8):51-58.
- [5] MAHUTGA M C, MA X L, SMITH D A, et al. Economic Globalisation and the Structure of the World City System: The Case of Airline Passenger Data [J]. Urban Studies, 2010, 47(9): 1925-1947.
- [6] DERUDDER B, WITLOX F. Mapping World City Networks through Airline Flows: Context, Relevance, and Problems [J]. Journal of Transport Geography, 2008, 16(5): 305-312.
- [7] GRUBESIC T H, O'KELLY M E. Using Points of Presence to Measure Accessibility to the Commercial Internet [J]. The Professional Geographer, 2002, 54(2): 259-278.
- [8] MALECKI E J. The Economic Geography of the Internet's Infrastructure [J]. Economic Geography, 2002, 78(4): 399-424.
- [9] SASSEN S. The Global City: New York, London, Tokyo [M]. Princeton: Princeton University Press, 2013.
- [10] TAYLOR P J. Specification of the World City Network [J]. Geographical Analysis, 2001, 33(2): 181-194.
- [11] 陈伟,刘卫东,柯文前,等.基于公路客流的中国城市网络结构与空间组织模式[J].地理学报,2017,72(2):224-241.
- [12] 马学广,李鲁奇.基于铁路客运流的环渤海城市空间联系及其网络结构[J].经济地理,2017,37(5):66-73.
- [13] 王海江,苗长虹.中国航空联系的网络结构与区域差异[J].地理科学,2015,35(10):1220-1229.
- [14] 熊丽芳,甄峰,王波,等.基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J].经济地理,2013,33(7):67-73.
- [15] 董超,修春亮,魏冶.基于通信流的吉林省流空间网络格局[J].地理学报,2014,69(4):510-519.
- [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,2020,22(6):1240-1253.
- [17] 赵新正,李秋平,芮旻,等.基于财富500强企业网络的城市网络空间联系特征[J].地理学报,2019,74(4):694-709.
- [18] 杨延杰,尹丹,刘紫玟,等.基于大数据的流空间研究进展[J].地理科学进展,2020,39(8):1397-1411.
- [19] 姚作林,涂建军,牛慧敏,等.成渝经济区城市群空间结构要素特征分析[J].经济地理,2017,37(1):82-89.
- [20] 宗会明,黄言.高速铁路对成渝城市群区域可达性和城市相互作用格局的影响[J].人文地理,2019,34(3):99-107,127.
- [21] 宗会明,黄言,胡佯佯.基于多元城际客流的成渝城市群城市网络特征研究[J].地域研究与开发,2018,37(5):60-65,82.
- [22] 黄言,宗会明,杜瑜,等.交通网络建设与成渝城市群一体化发展——基于交通设施网络和需求网络的分析[J].长江流域资源与环境,2020,29(10):2156-2166.
- [23] 王少剑,高爽,王宇渠.基于流空间视角的城市群空间结构研究——以珠三角城市群为例[J].地理研究,2019,38(8):1849-1861.
- [24] 孙阳,姚士谋,张落成.长三角城市群“空间流”层级功能结构——基于高铁客运数据的分析[J].地理科学进展,2016,35(11):1381-1387.
- [25] 孙阳,姚士谋,张落成.中国沿海三大城市群城市空间网络拓展分析——以综合交通信息网络为例[J].地理科学,2018,38(6):827-837.
- [26] 王圣云,翟晨阳,顾筱和.长江中游城市群空间联系网络结构及其动态演化[J].长江流域资源与环境,2016,25(3):353-364.
- [27] 张荣天.长三角城市群网络结构时空演变分析[J].经济地理,2017,37(2):46-52.
- [28] 彭劲松.把握区域协调发展科学内涵 扎实推进成渝地区双城经济圈高质量建设[J].当代党员,2020(3):42-45.
- [29] 林勋媛,胡月明,王广兴,等.基于多元要素流的珠三角城市群功能联系与空间格局分析[J].世界地理研究,2020,29(3):536-548.
- [30] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004.
- [31] 涂建军,毛凯,况人瑞,等.长江经济带三大城市群城际客运联系网络结构对比分析[J].世界地理研究,2021,30(1):69-79.
- [32] 程利莎,王士君,杨冉.基于交通与信息流的哈长城市群空间网络结构[J].经济地理,2017,37(5):74-80.
- [33] 姜莉莉,袁家冬,邸玉双,等.吉林省城市空间结构及地方中心城市腹地范围界定[J].地理科学,2020,40(8):1319-1327.
- [34] 叶磊,段学军,欧向军.基于交通信息流的江苏省流空间网络结构研究[J].地理科学,2015,35(10):1230-1237.