

基于现实与虚拟流视角下的东北地区城市空间网络特征

初楠臣¹, 吴相利^{*1}, 张平宇^{2,3}, 张 鹏¹

(1. 哈尔滨师范大学 地理科学学院, 中国黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 中国吉林 长春 130102; 3. 中国科学院大学 资源与环境学院, 中国 北京 100049)

摘 要:在“东北地区再振兴”背景下,研究现实与虚拟流视角下的东北地区城市空间网络特征对于认识和重塑东北地区经济社会空间结构具有重要意义。利用经济、普列、高铁、信息等联系强度模型和社会网络分析指标探讨东北地区城际多维要素流强度和城市空间网络特征,结果表明:①东北地区城市具备空间网络化发展趋势,形成以沈阳、哈尔滨、长春、大连为核心,吉林、鞍山、齐齐哈尔为副核心,哈尔滨—大连—轴,辽宁省子群、吉林省子群、黑龙江省西部子群、黑龙江省东部子群、赤峰—通辽、乌兰浩特—白城、伊春—黑河等关系对的“四核、三副、一轴、七群”空间结构。②多维要素流影响下的辽中南城市群一体化态势比哈长城市群强烈,沈阳、哈尔滨、长春、大连的流量最强,哈尔滨省内联系对象为齐齐哈尔、大庆,长春省内联系对象为吉林,沈阳省内联系对象为大连、本溪、丹东,大连省内联系对象为沈阳、丹东、营口。③东北地区“T”型轴带有向哈(尔滨)大(连)单轴发展的趋势,综合流呈沿哈大轴带向东西两侧衰减的“核心—边缘”格局。其中经济流呈辽宁省向吉林省,继而向黑龙江省与蒙东区由南至北的衰减格局;普列流呈以哈大与滨洲铁路为轴带,并向两侧弱化的空间格局;高铁流呈沿哈大主轴带、长珲与哈齐次轴带向两侧非对称的递减格局;信息流呈“四核心、四边缘”的格局特征。

关键词:要素流;城际联系;社会网络分析;空间格局;东北地区;辽中南城市群;发展轴带

中图分类号:F293 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-8462(2022)05-0066-09

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2022.05.007

Urban Spatial Network Characteristics from the Perspectives of Reality and Virtual Flow in Northeast China

CHU Nanchen¹, WU Xiangli¹, ZHANG Pingyu^{2,3}, ZHANG Peng¹

(1. College of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin 150025, Heilongjiang, China; 2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, Jilin, China; 3. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Under the background of "Revitalization of Northeast China", it is of great significance to study the urban spatial network characteristics from the perspectives of reality and virtual flow in Northeast China. This paper studied the intercity element flow intensity and the urban spatial network characteristics in Northeast China from the perspectives of economic flow, general-speed train flow, high-speed rail (HSR) flow and information flow. The results are as following: 1) Northeast China's cities display the network development trend, which is composed of four centers, three subcenters, one axis and seven subgroups. Shenyang, Harbin, Changchun and Dalian are the network centers, while Jilin, Anshan and Qiqihar are the sub-centers. One axis is formed by Harbin and Dalian. Seven subgroups are distributed in Liaoning Province, Jilin Province, the east and west of Heilongjiang Province, Chifeng-Tongliao, Ulanhot-Baicheng, Yichun-Heihe. 2) Under the influence of multi-dimensional flow, the integration of urban agglomeration in central-southern Liaoning is stronger than that in Harbin-Changchun. Shenyang, Harbin, Changchun and Dalian have the strongest flow in Northeast China. Harbin has good contact with Qiqihar and Daqing in Heilongjiang Province. Changchun has good contact with Jilin City in Jilin Province. Shenyang has good contact with Dalian, Benxi and Dandong in Liaoning Province. Dalian has good contact with Shenyang, Dandong and Yingkou in Liaoning Province. 3) It's found that the Harbin-Dalian line has become the main "corridor" in Northeast China and presents the core-periphery pattern in term of comprehensive flow.

收稿时间: 2021-05-27; 修回时间: 2022-01-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(42101165, 42071162); 黑龙江省哲学社会科学研究规划项目(21JLC201); 中国博士后科学基金资助项目(2021M693817); 黑龙江省博士后资助项目(LBH-Z21067)

作者简介: 初楠臣(1992—), 男, 黑龙江佳木斯人, 博士, 讲师, 研究方向为城市地理与区域发展。E-mail: chunanchen_1992@163.com

※通讯作者: 吴相利(1964—), 男, 黑龙江庆安人, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域开发与空间规划。E-mail: jndxwxi@163.com

The economic flow shows the continuous attenuation pattern from Liaoning to Jilin, then to Heilongjiang and the east of Inner Mongolia. The general-speed train flow shows the attenuation trend centered on the railways of Harbin-Dalian and Harbin-Manzhouli. The HSR flow shows the asymmetrical decreasing trend along the railways of Harbin-Dalian, Changchun-Hunchun and Harbin-Qiqihar. The information flow shows "four cores, four edges" pattern.

Keywords: flow; intercity connection; social network analysis; spatial pattern; Northeast China; central-southern Liaoning urban agglomeration; development axis

在全球化快速发展的背景下,交通与通讯技术的革新对区域经济社会格局重塑产生重大影响,“地方空间”逐渐被“流动空间”所取代^[1],Castells最早提出流空间理论,其认为通讯与信息技术的发展与创新使得城市网络的主导者不再是地方空间,而是流动空间^[2],地方空间与流动空间交互,传统的城市网络逐步向流动、开放、多中心网络化结构转变^[3],进一步带来城市和区域在空间形态、格局和功能等方面的变革^[4-6],所形成的网络组织最终成为全球经济社会系统的重要结构元素^[2]。

流空间理论为研究区域和城市空间网络提供了新的视角,基于流空间视角的区域和城市网络研究主要集中在人流^[7]、物流^[8-9]、资金流^[10-12]、通信流^[13]、交通流^[14-20]、信息流^[18-22]等方面,在此基础上探究城市网络层级^[16,21]、城市网络结构^[14,18-19,21]、城市网络格局^[8-9,13,17,23]、城市网络特征^[9,22]、城市网络拓展^[20]等,及城市网络内部的集群性、中心性、连通性等^[23]。陈伟基于公路、铁路、航空多元交通流数据分析了城市网络层级结构、网络时空变化^[16];Goetz、孙阳、叶磊等从多元交通与信息流的视角研究了国家、城市群、省域内部的城市网络结构^[14,18-19];Matsumoto、Shin、董超、陈建军等探讨了货运流、高铁流、通信流等影响下的城市等级体系与城市网络格局变化^[8,13,17,23];宓泽锋、熊丽芳利用水路、公路、铁路、航空等货运的OD数据及百度信息流数据分析了城市网络空间关联特征^[9,22];孙阳以综合交通信息流为例分析了城市空间网络的拓展模式^[20]。国内外流空间视角下的区域和城市网络成果丰富,呈现理论与实证、静态与动态、定性定量相结合的多元化发展态势,且研究对象多集中在发达国家以及中国经济发达的长三角、珠三角、京津冀等城市群。相较发达地区而言,以东北地区为代表的欠发达地区的实证研究相对不足,目前以“流”为视角探讨东北地区城市网络的研究集中在资金流^[12]、信息流^[21,24]、铁路流^[25-26]等单维要素流,陈晨分析了东北地区资金流影响下的城市网络分布特征^[12],赵映慧与于欣洛利用百度指数研究东北地区的城市信息网络联系层级结构、时空演变特

征^[21,24],修春亮与初楠臣以铁路流为例探讨了铁路运输的空间极化、高铁网络的格局特征^[25-26];东北地区已有流空间视角下的城市网络研究存在一定局限性,从单维要素流入手难以综合反映城市网络特征,伴随着各种交通和信息手段的更新升级,多维要素流视角下的城市网络特征亟待挖掘。

2003年国家出台《关于实施东北地区等老工业基地振兴战略的若干意见》,2007—2010年东北地区经济呈持续性增长;受宏观经济下行压力及自身体制机制等原因,2014—2016年东北三省GDP增速全国垫底,2016年4月国家出台《关于全面振兴东北地区等老工业基地的若干意见》,8月印发《推进东北地区等老工业基地振兴三年滚动实施方案(2016—2018)年》,12月出台《东北振兴“十三五”规划》;2018年9月习近平主席提出“新时代东北振兴是全面振兴、全方位振兴”,2019年6月李克强总理提出“要更大力度推进改革开放,奋力实现东北全面振兴”,东北地区再振兴之路面临着前所未有的机遇和挑战。人流、经济流、交通流、信息流等各种“流”要素是促进东北地区全面发展、实现东北地区再次振兴的重要基础性内容,是认识东北地区城市空间网络特征的重要本底性内容,但目前关于东北地区城市多维要素流量的格局不明、多维要素流组成的空间网络结构不清,严重影响了未来重点城市的改造与发展、重点通道的选择和打造、重点平台的布局和建设,只有明确各要素流的空间格局,才能为挖掘城市全方位、多领域的经济增长点,认识和重塑东北地区经济社会空间结构,打开东北地区全面发展新格局,形成具有中国特色的区域发展模式等提供支持,因此研究多维要素流影响下的东北地区城市空间网络至关重要。基于此,本文以东北地区39个地级城市为研究单元,从现实与虚拟视角开展经济流、交通流、信息流等多维流的实证研究,分析城际多维要素的联系强度,模拟多维要素流量的空间格局。在此基础上结合社会网络分析指标探讨城市空间网络特征,一方面弥补了传统城市流模型仅偏向于经济视角研究的缺陷;另一方面从多要素流入手克服单要素流分析的偏颇,以期为

东北地区的城市未来发展方向、空间网络结构优化等提供科学依据。

1 城市要素流量分析

1.1 研究思路与模型

流的构成复杂多样,不同要素流代表不同含义,相比于传统的“要素分布”或“重力模型”所表征的静态格局,基于不同要素流所表征的动态格局研究更具意义。经济流、交通流、信息流等是当今新经济形态和信息化社会发展的重要组成部分,其中经济流反映各种经济活动发生规模的总量,是城市间最基础的联系纽带;交通流是经济等要素流动的重要载体,普速铁路、高速铁路作为经济要素流动的关键媒介和人们出行常用的交通工具,推动着沿线经济社会的发展和空间格局的渐变,其是普铁或高铁等交通活动发生规模的总量;随着互联网和通信技术的飞速发展,信息流逐渐发展为城市间联系的重要形式,对城市经济社会发展产生重要影响,其是各种信息活动发生规模的总量;三种流相互促进、相互关联、相互影响。基于经济联系强度模型、交通联系强度模型、信息联系强度模型测算城市经济流、交通流、信息流等多维要素流的流量,在此基础上构建多维要素流的综合联系强度模型,探讨城际相互联系,模拟城市要素流量格局(表1)。

1.2 经济流量分析

东北地区的城市群经济流量排序:辽中南(1 005.4) > 哈长(613.1),辽中南城市群经济流量大于哈长城市群。各省(区)经济流量排序:辽宁(1 232.9) > 吉林(306.6) > 黑龙江(210.8) > 蒙东(2.8),辽、吉省内经济联系紧密,黑、蒙东相对较弱。省(区)间经济流量排序:辽宁—吉林(193.1) > 吉林—黑龙江(103.9) > 辽宁—黑龙江(56.5) > 辽宁—蒙东(35.8) > 吉林—蒙东(21.0) > 黑龙江—蒙东(9.3),辽吉经济相互作用强,吉黑、辽黑次之,黑蒙(东)最弱。从单个城市的经济流量看,沈阳(575.7)、长春(335.0)、哈尔滨(197.9)、大连(120.7)经济流量高居前列,经济活力强,占整个东北经济流总量的52.3%,呼伦贝尔(3.1)与黑河(1.2)经济流量最低,其位处边缘区位,高铁未通,普铁与公路旅行时间长,对外辐射效应弱。从城际经济联系强度看,沈阳—本溪

表1 不同流的研究方法和数据来源

Tab.1 Research methods and data sources of different flow

流	模型	算法	公式	字母含义	数据来源
经济流	经济联系强度模型	利用经济联系强度模型测度城市间经济联系程度大小。选取人口、GDP、公共财政收入等5项指标表征城市综合经济实力,衡量东北地区城际经济联系程度 ^[27] ,表征经济流强弱	$R_{ij} = \frac{\sqrt[5]{P_i \cdot G_i \cdot F_i \cdot S_i \cdot C_i} \cdot \sqrt[5]{P_j \cdot G_j \cdot F_j \cdot S_j \cdot C_j}}{T_{ij}^2}$ $R_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}$	R_{ij} 为 <i>i</i> 与 <i>j</i> 城市间经济联系强度; R_i 为 <i>i</i> 城市的经济流总量; P_i, G_i, F_i, S_i, C_i 与 P_j, G_j, F_j, S_j, C_j 分别为 <i>i</i> 与 <i>j</i> 城市年末户籍人口(万人)、GDP(亿元)、公共财政收入(亿元)、居民人民币存款余额(亿元)、固定资产投资(亿元);由于部分城市间没有直达铁路与高铁,选用公路旅行时间 T_{ij} 为距离指标	人口与经济指标数据来源于《中国城市统计年鉴2017》;公路旅行时间来源于百度地图(http://map.baidu.com/),勾选驾车选项,键入出发、目的地的城市,选取最短路程的公路时间
交通流	交通联系强度模型	参考陈建军 ^[17] ,利用每日往返的客运频次反映城市间交通联系强度,交通流入量、流出量分别用出发、到达班次表示,表征交通流强弱	$U_{ij} = U_{i-j} + U_{j-i}$ $U_i = \sum_{j=1}^n U_{ij}$ $H_{ij} = H_{i-j} + H_{j-i}$ $H_i = \sum_{j=1}^n H_{ij}$	U_{ij} 与 H_{ij} 分别为 <i>i</i> 与 <i>j</i> 城市间日普速列车、日高铁的交通联系强度; U_i 与 H_i 分别为 <i>i</i> 城市的日普列、日高铁的交通流总量; $U_{i-j}, U_{j-i}, H_{i-j}, H_{j-i}$ 为 <i>i</i> 到达 <i>j</i> 到达的日普列、日高铁的运营频次,表示城市日普列流、日高铁流强弱	运营频次数据来源于铁路客户服务中心网站(http://www.12306.cn/),键入出发、目的地的城市,基于2018年8月21日Z-直达、T-特快、K-快速、其他统计日普列频次,GC-高铁/城际、D-动车统计日高铁频次
信息流	信息联系强度模型	百度数据平台是互联网时代最重要的统计分析平台之一 ^[21] ,其以海量网民行为数据为基础,利用该平台搜索其他城市,表示对其他城市的信息关注度。利用百度指数反映城市间信息联系与关注倾向,表征信息流强弱	$B_{ij} = B_{i-j} + B_{j-i}$ $B_i = \sum_{j=1}^n B_{ij}$	B_{ij} 为 <i>i</i> 与 <i>j</i> 城市的信息联系强度; B_i 为 <i>i</i> 城市的信息流总量; B_{i-j}, B_{j-i} 为 <i>i</i> 对 <i>j</i> 、 <i>j</i> 对 <i>i</i> 的百度搜索指数	收集2018年7月23日至2018年8月21日东北地区两两城市间的百度用户关注度的月平均值
综合流	综合联系强度模型	为反映城市综合流量的强弱,将经济流、普列流、高铁流、信息流的四大流矩阵赋予相同权重0.25 ^[20] ,求和得到综合流矩阵,利用综合联系强度模型分析多维要素流视角下东北地区城际综合联系			经济流、交通流、信息流的数据来源

(138.6)、沈阳—抚顺(70.4)、沈阳—长春(62.1)、长春—吉林(60.3)、哈尔滨—大庆(54.1)、长春—哈尔滨(38.6)、沈阳—鞍山(34.2)、沈阳—大连(33.0)的经济联系频繁,加快沈本、沈抚、长吉等经济一体化进程,吉蒙(东)与黑蒙(东)内部多数城市对的经济联系强度弱。如图1,城市经济流量的南北分异格局显著,高值区集中在以沈阳为核心的沈阳经济区范围内,低值区分布在黑龙江省东部煤电化基地、蒙东区呼伦贝尔,整体呈辽宁省向吉林省、继而向黑龙江省和蒙东区的由南至北的不断衰减格局特征。

1.3 普列流量分析

东北地区城市日普速列车总流量为8 884,从铁路主干线看,哈大铁路线(2 996)的日普列流量大于滨洲—滨绥铁路线(948),流量大小霄壤之别,

目前哈大线已实现高铁贯通化,发展成为黑吉辽三省重要交通廊道,滨洲—滨绥线满洲里—齐齐哈尔段高铁尚未开通,整个东北地区的“T”型轴带有向哈大单轴发展的趋势。从城际日普列流量看,沈阳—长春、沈阳—四平、长春—四平、沈阳—锦州联系最强,日均开行普列双向120、118、112、100列,沈阳—哈尔滨、哈尔滨—绥化、长春—哈尔滨、沈阳—鞍山次之,日均开行普列双向88、85、84、80列。从单个城市日普列流量看,沈阳(1 114)、哈尔滨(754)、长春(736)、四平(722)最多,锦州、铁岭、鞍山、葫芦岛、大连、辽阳、绥化、齐齐哈尔介于300~600,延吉、伊春、黑河、双鸭山、营口、七台河最低;沈阳是京哈、沈大、沈丹、沈吉、沈佳、沈山等铁路线交汇处,建有沈阳站及其东、西、南、北等站,哈尔滨是哈大、滨洲—滨绥、哈佳、哈牡等铁路线交汇处,

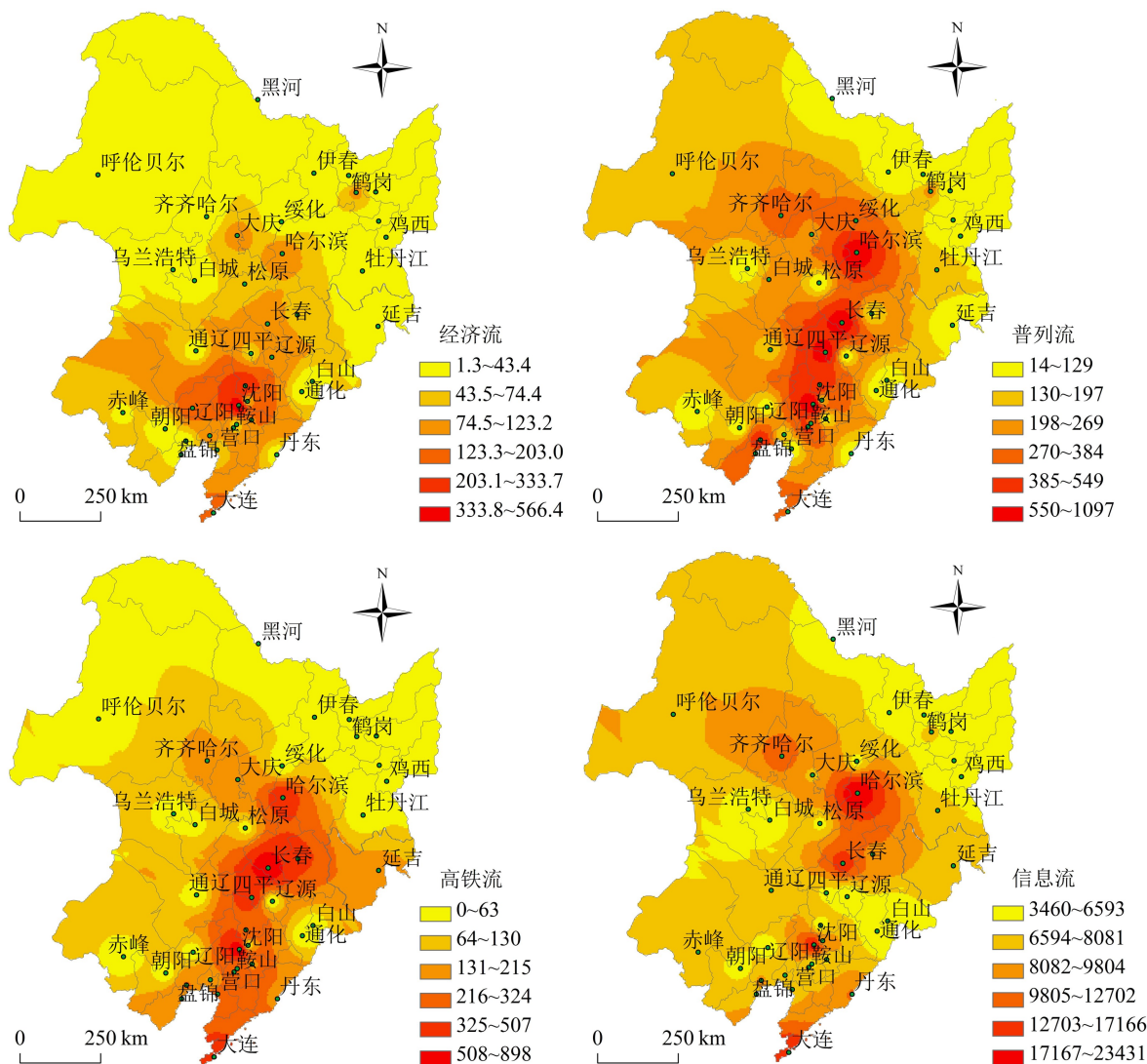


图1 城市经济流、普列流、高铁流、信息流的空间格局

Fig.1 Spatial pattern of urban economic flow, general-speed train flow, HSR flow and information flow

外与俄罗斯铁路线接轨,是中国大陆与东北亚地区的重要铁路枢纽,长春拥有长春站和长春西站,是哈大、长白、长滨、长大、长图、辽长、长双烟铁路交汇处。图1中,城市普列流量呈现以哈大与滨洲铁路轴带为核心,并向两侧逐渐递减弱化的空间格局,高值区分布在哈大走廊隆起带,低值区位于哈大走廊带的东西两翼,及黑龙江省东北部黑河—伊春—鹤岗—双鸭山—鸡西—七台河串联区,其铁路改造缓慢,加之林区、山区等地形限制,铁路发展遭遇瓶颈。

1.4 高铁流量分析

东北地区高速铁路网络尚未完善化,城市日高铁总流量仅6 040,低于日普列总流量8 884。从高铁线路看,哈大(3 010)线的日高铁流量最大,长珲(474)、沈丹(404)、哈齐(400)线次之,长白乌(126)与丹大(20)线最少,这与高铁建设时间、沿线经济发展水平、沿线人口密集程度等密切相关,一般而言,高铁建设时间长,沿线城市规模大、沿线城市经济发达,其日高铁流量相对较高。从城际日高铁流量看,沈阳—长春、长春—吉林联系最强,日均开行高铁双向134、133列,沈阳—大连、沈阳—四平、长春—哈尔滨次之,日均开行高铁双向106、83、77列,得益于哈大高铁的“干状”主轴核心优势和长吉一体化的联通优势。从单个城市的日高铁流量看,沈阳(913)、长春(803)、大连(509)、哈尔滨(472)、四平(425)最多,吉林、铁岭、营口、鞍山、辽阳、锦州、葫芦岛日高铁流量介于200~400,蒙东区除乌兰浩特外的其他边缘城市未通高铁,日高铁流量为0。如图1,城市高铁流量呈现沿哈大高铁的主轴带、长珲与哈齐高铁的次轴带向两侧非对称递减的空间格局,辽宁省内呈哈大—沈丹—丹大的高铁三角交叉状格局,沈阳、大连双核格局特征突出,吉林省内呈长珲轴带状格局,长白乌高铁流优势不显著,黑龙江省内哈尔滨是高铁流集散中转地,哈齐轴带状格局凸显,蒙东区尚依赖于黑吉辽三省高铁优势流的扩散,高铁增长极核尚处培育阶段。

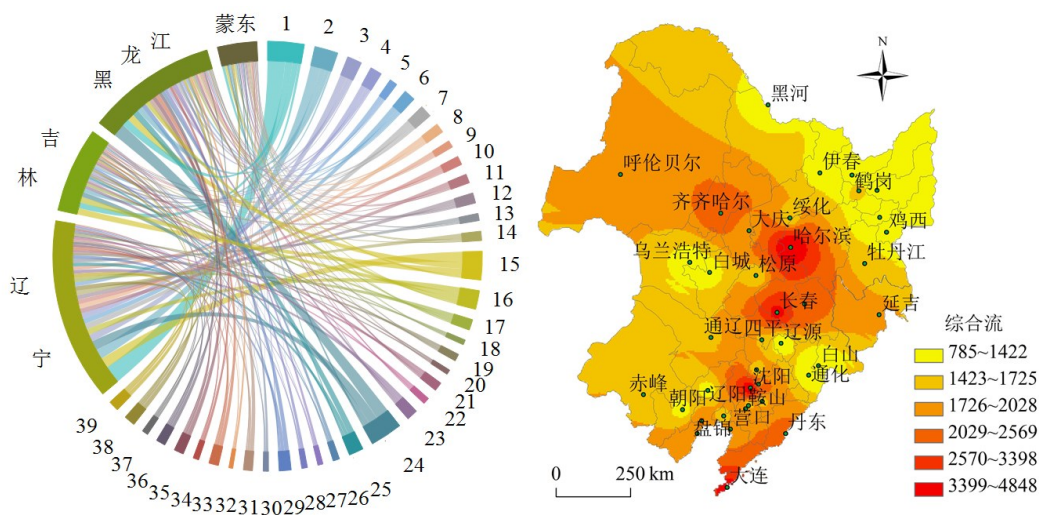
1.5 信息流量分析

不同于经济流、普列流、高铁流等现实流,利用百度指数搜索量从虚拟视角分析城市信息流量,不受城市间实际距离影响,不存在距离衰减效应。东北地区的城市百度用户关注度月均值总量达302 084次,从城际信息流量看,本市居民对本市的搜索量大、对省会城市的搜索量大,哈尔滨—齐齐哈尔(1 314)、沈阳—大连(1 220)信息流量最多,长

春—哈尔滨(944)、沈阳—哈尔滨(929)、哈尔滨—大连(843)、沈阳—丹东(793)次之,辽源→朝阳、鹤岗→铁岭、鹤岗→白山、七台河→辽阳、白城→鹤岗、白山→双鸭山的百度指数搜索量为0。从单个城市的信息流量看,哈尔滨(23 447)、沈阳(19 690)、大连(17 237)、长春(15 492)、齐齐哈尔(11 000)最高,丹东、吉林、鞍山、锦州、葫芦岛介于8 000~10 000。一方面哈、沈、大、长作为东北地区经济增长极,GDP、互联网用户数及普及率高,城市信息化水平高,信息流量大;另一方面,地理环境、历史文化、社会设施、生活行为等形成其独有的魅力,哈尔滨“东方莫斯科、小巴黎”,沈阳“盛京”与“奉天”,长春“北国春城”,大连“北方明珠”与“浪漫之都”,齐齐哈尔“鹤城”等“金字招牌”吸引网民直观的搜索度大幅攀升。如图1,城市信息流量的高值区集中在哈、长、沈、大四大核心城市,低值区位于黑龙江省东北部黑河—伊春—鹤岗—双鸭山—七台河、吉林省东部辽源—白山—通化、辽宁省西部朝阳—辽阳、吉林省与蒙东区接壤的乌兰浩特—白城,其信息流处于被剥夺的境地,整体呈“四核心、四边缘”的空间格局。

1.6 综合流量分析

制作 Circos 环状图(图2)分析城市面向黑、吉、辽、蒙东综合要素流的流经线路,环状外层是不同城市的综合流量比重,环状内层条带的宽窄表示综合流量大小,条带的流向表征城市与省(区)间的综合拓展流向。辽宁省、黑龙江省与39个城市的综合流量大于吉林省、蒙东区,且辽、黑、吉、蒙东与沈阳、哈尔滨、长春、大连的综合联系最强。沈阳—大连、哈尔滨—齐齐哈尔、长春—哈尔滨、沈阳—哈尔滨、长春—沈阳、哈尔滨—大庆、长春—吉林、沈阳—本溪、哈尔滨—大连、沈阳—丹东等的综合流最强,除沈、长、哈、大4大城际间外,哈尔滨省内主要联系对象为西北向齐齐哈尔、大庆,长春省内主要联系对象为东侧吉林,沈阳省内主要联系对象为大连、本溪、丹东,大连省内主要联系对象为沈阳、丹东、营口,得益于哈大、哈齐、长吉、沈丹、丹大高铁线路的导向性。图2中,随着信息网络化的不断发展,城际交通的全面变革引发时空收敛效应,城际间要素流动频繁化,城市对外综合流的高值区与经济、交通、信息流的高值区表现出一定相似性,整体呈沿哈大轴带向东西两侧衰减的“核心—边缘”格局,与此同时,哈齐城际高铁加速综合要素流沿滨洲铁路线向满洲里扩散,未来伴随着中俄跨境高铁



注: 1 沈阳、2 大连、3 鞍山、4 抚顺、5 本溪、6 丹东、7 锦州、8 营口、9 阜新、10 辽阳、11 盘锦、12 铁岭、13 朝阳、14 葫芦岛、15 长春、16 吉林、17 四平、18 辽源、19 通化、20 白山、21 松原、22 白城、23 延吉、24 哈尔滨、25 齐齐哈尔、26 鸡西、27 鹤岗、28 双鸭山、29 大庆、30 伊春、31 佳木斯、32 七台河、33 牡丹江、34 黑河、35 绥化、36 呼伦贝尔、37 乌兰浩特、38 通辽、39 赤峰。

图2 城市对外综合流及其面向黑、吉、辽、蒙东的拓展流向

Fig.2 Spatial distribution of urban comprehensive flow and their directions facing to Heilongjiang, Jilin, Liaoning and Eastern Mongolia

运营, 对外连接俄西伯利亚大铁路, 加速中俄国际间, 尤其是中国东北地区与俄罗斯西伯利亚、远东联邦区要素的互联互通化。

2 城市空间网络特征分析

2.1 研究方法与思路

基于现实和虚拟视角下的经济流、交通流、信息流等综合流构建东北地区的城市空间网络。①划定城市空间网络范围: 中国东北地区; 选择内部节点: 39个地级市。②确定城市空间网络内节点间关系: 39个地级市间的多维要素流动轨迹。③确定数据来源: 39个节点的综合流关联矩阵。④构建节点关系赋值矩阵: 结合社会网络分析软件UCINET的Import模块, 将39×39的城际综合流关联矩阵导入, 为原矩阵; 基于UCINET的Transform模块, 将原矩阵转化为1/0矩阵, “1”“0”代表两城市间存在、不存在综合流联系。

社会网络分析(Social Network Analysis, SNA)理论始于1930年代, 其通过对行动者及其之间的联系进行“关系数据”的量化, 而非传统“属性数据”量化, 建立对象间的关系模型^[28-29], 它把结点间的关系看成基本分析单位, 把行为结构看成行动者间的关系模式, 将区域联系网络化的过程与量化效果变得更加直观、清晰^[30]。通过UCINET的Network Density、Core/Periphery、Roles & Positions功能, 结合网络密度、核心—边缘结构、凝聚子群等分析东北

地区多要素流影响下的城市空间网络特征(表2)。

2.2 东北地区城市具备空间网络化发展规模

图3中, 东北地区城市空间网络内部, 各节点综合流理论的连接数量1482, 有效连接数量1476, 网络密度为0.996, 整体关联性较为紧密, 具备网络化发展规模, 城际各要素流流动的通达性较好, 不同流通过一个节点传递到另一个节点较为容易, 网络整体凝聚力较强。东北地区城市空间网络呈多核心发展态势, 包含4个核心城市、3个副核心城市, 沈阳(0.467)、哈尔滨(0.369)、长春(0.365)、大连(0.271)的核心度最高, 在经济流、普列流、高铁流、信息流等流量排序中保持领先地位, 是城际互通互联的重要枢纽, 具有明显的辐射与带动效应, “场核”性质明显。吉林(0.225)、鞍山(0.171)、齐齐哈尔(0.168)的核心度紧随其后, 作为长春、沈阳、哈尔滨的副核心城市, 吉林是东北新型工业基地, 入选国家首批新型城镇化试点、十佳冰雪旅游与创新型城市建设名单; 鞍山位处环渤海经济区腹地与沈大黄金经济带, 是东北最大的钢铁工业城市; 齐齐哈尔是东北老工业、商品粮、畜牧业与绿色食品基地, 在长珲、哈大、哈齐等高铁牵引下, 对其他边缘城市的多维要素流产生虹吸效应, 但吉林的普列流、齐齐哈尔的经济流还有待提升。

2.3 东北地区空间网络内部形成七大区系

图3中, 多维要素流影响下的东北地区城市空间网络内部形成七大区系(这里的区系并不指城市

表2 网络指标的算法和含义

Tab.2 Algorithm and meaning of network indicators

指标	公式	字母含义	涵义	衡量标准
网络密度	$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{d(n_i, n_j)}{n(n-1)} \quad (9)$	D 为网络密度,取值[0,1], $D=1$ 表示城市间均存在流联系, $D=0$ 表示不存在流联系; n 为城市数量; $d(n_i, n_j)$ 为 <i>i</i> 和 <i>j</i> 间综合流量	网络密度是社会网络分析中最基本、最直观的度量指标,其从宏观视角衡量东北地区城市空间网络内各节点的综合流强度	节点数量相同的前提下,节点间综合流量越多,城际间各要素流流动越频繁,整体联系越紧密,网络密度越大。用“实际发生综合流的关系数量”除以“理论发生综合流的最大数量”得到
核心边缘结构	$\delta_{ij} = c_i c_j \quad (10)$	C_i, C_j 为 <i>i, j</i> 城市所隶属的核心或边缘类型; δ_{ij} 表示在理想情况下的核心、边缘关系存在与否	核心—边缘结构指在东北地区的城市空间网络中,通过设置城市综合流的特定密度阈值,划分核心、边缘的结构区,分别在核心、边缘结构区中判别起到关键作用的“核心”“边缘”城市。核心城市的网络地位、集散强度均高于边缘城市	
凝聚子群	利用 Convergent Correlations (CONCOR)的迭代相关收敛法。首先计算矩阵各行(或各列)之间的相关系数,得到一个相关系数矩阵,将该相关系数矩阵作为输入矩阵,进行重复计算、多次迭代,最后得到“相关系数的……相关系数的矩阵”		凝聚子群指在东北地区的城市空间网络中,各要素流流动频繁、具有一定凝聚性的城市集合,识别凝聚子群数量、各凝聚子群间关系、凝聚子群内包含的城市、城市间联系特征与互动方式等	一个网络有多个分区,每个区内还可细分,分区越细致,各区成员越少。其中2个城市组合为“关系对”,3个及3个以上城市组合为“子群”,“关系对”和“子群”统称为“区系”

联盟,是多维要素流联系密切的城市集合体),其中辽中南城市群一体化发展态势强于哈长城市群,沈阳和大连作为辽宁省的增长极城市,位于同一区系,哈尔滨和长春作为黑龙江省与吉林省的功能联系中心,分列在不同的区系。七大区系包括:辽宁省沈大子群,以沈阳、大连为核心,鞍山为副核心,囊括辽宁省所有城市;吉林省长春子群,以长春为核心,吉林为副核心,包含除白城外的吉林省所有城市;黑龙江省域破碎化现象严重,分别形成以哈尔滨为核心、齐齐哈尔为副核心的黑龙江省西部子群,牡丹江—七台河—佳木斯—双鸭山—鸡西—鹤岗相串联的黑龙省东部子群,伊春—黑河关系对,但随着哈佳、哈牡等城际高铁的开通,黑龙江省域“分割”现象将有所缓解;蒙东区内形成赤峰—通

辽关系对,在长白乌高铁引导下,组建乌兰浩特—白城关系对,历史原因及政策实施的非均等化导致其短期内难以形成更高级别的子群。

2.4 七大区系呈现不均衡的网络格局特征

由表3可知,东北地区七大区系内部、七大区系之间的关联密度表现出一定的等级性和层次性,区系内部的关联密度往往大于区系间关联密度,整体呈不均衡的网络格局特征。地域邻近性、核心城市引领性、高铁线路导向性等是影响区系关联密度大小的因素,高关联密度的集中区和高要素流的流动区分布在黑龙江省西部哈尔滨子群(哈尔滨—齐齐哈尔—大庆—绥化)、辽宁省沈大子群(沈阳—大连—鞍山—抚顺—本溪—丹东—锦州—营口—阜新一辽阳—盘锦—铁岭—朝阳—葫芦岛)、吉林省长春子群(长春—吉林—四平—辽源—松原—白山—延吉—通化)。核心城市哈尔滨的信息流量位居首位、综合和普列流量位居第二位;核心城市沈阳的综合、经济、普列、高铁等流量均位居首位;核心城市大连的高铁和信息流量位居第三位;核心城市长春的经济和高铁流量位居第二位。与此同时,哈齐高铁将哈大齐工业走廊缩短至1.5 h,长珲高铁使长吉图开发开放先导区时空距离压缩至3 h,哈大高铁串联沈阳—辽阳—鞍山—营口—大连、沈丹高铁串联沈阳—本溪—丹东、丹大高铁串联丹东—大连,辽中南城市群融入2 h交流圈,这些

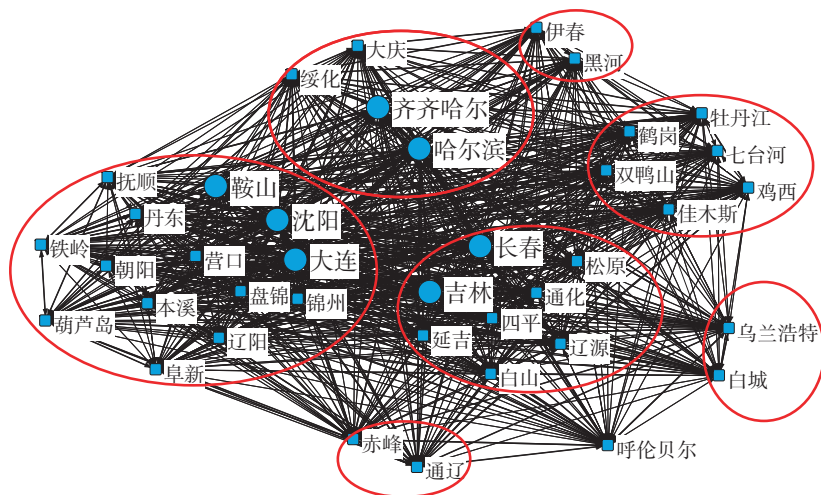


图3 城市网络空间组织及其区系

Fig.3 Urban spatial network organization and its factions

注:蓝色圆形为核心城市,蓝色方形为边缘城市,红色圆圈为区系,黑色连接线的粗细代表“流”的强弱。

表3 各区系间的关联密度矩阵

Tab.3 Relevance density matrix of internal cohesive subgroups

	1	2	3	4	5	6	7	8	sum
1	41.416	23.754	19.739	15.371	27.055	12.582	19.482	27.650	187.049
2	26.675	46.900	16.969	31.900	25.638	12.108	14.225	45.300	219.715
3	26.027	18.663	36.400	22.344	30.125	12.231	15.738	25.087	186.615
4	12.164	19.150	14.650	33.000	19.175	4.975	8.725	27.250	139.089
5	29.920	22.450	25.534	21.963	89.025	39.512	54.987	41.675	325.066
6	10.630	7.250	8.294	5.333	30.683	21.827	20.917	15.550	120.484
7	9.079	5.925	6.125	4.300	32.313	12.408	22.150	15.650	107.950
8	15.964	26.900	14.113	30.050	43.725	13.300	20.800		164.852

注:“1”表示沈阳—大连—鞍山—抚顺—本溪—丹东—锦州—营口—阜新—辽阳—盘锦—铁岭—朝阳—葫芦岛子群,“2”表示通辽—赤峰关系对,“3”表示长春—吉林—四平—辽源—松原—白山—延吉—通化子群,“4”表示乌兰浩特—白城关系对,“5”表示哈尔滨—齐齐哈尔—大庆—绥化子群,“6”表示鹤岗—佳木斯—牡丹江—七台河—鸡西—双鸭山子群,“7”表示黑河—伊春关系对,“8”表示呼伦贝尔。

均极大提升各种流要素的传输效率,加速核心城市的经济辐射、产业扩散、要素转移。低关联密度的稀疏区和低要素流的滞缓区分布在鹤岗—佳木斯—牡丹江—七台河—鸡西—双鸭山子群和黑河—伊春关系对,其位于黑龙江省东北腹地,偏居一隅,无核心城市,其内部交通联系不紧密,大大制约各种要素流的流动。

3 结论与建议

3.1 结论

从现实与虚拟视角探讨经济流、普列流、高铁流、信息流等多维流影响下的东北地区城际要素联系强度、多维要素流量格局、城市空间网络特征等,得到以下结论:

①东北地区的城市具备空间网络化发展规模,形成以沈阳、哈尔滨、长春、大连为网络核心,吉林、鞍山、齐齐哈尔为副核心,哈尔滨—大连—轴,辽宁省沈大子群、吉林省长春子群、黑龙江省西部子群、黑龙江省东部子群、伊春—黑河关系对、赤峰—通辽关系对、乌兰浩特—白城关系对的“四核、三副、一轴、七群”的空间结构。

②多维要素流影响下的辽中南城市群一体化态势比哈长城市群强烈,沈阳、哈尔滨、长春、大连的经济、普列、高铁、信息等要素流量最强,除沈、长、哈、大四大城际间外,哈尔滨省内主要联系对象为西北向齐齐哈尔与大庆,长春省内联系对象为东侧吉林,沈阳省内联系对象为大连、本溪、丹东,大连省内联系对象为沈阳、丹东、营口。

③东北地区滨洲—滨绥东西向与哈大南北向的“T”型轴带有向哈大单轴发展的趋势,综合流量整体呈沿哈大轴带向东西两侧衰减的“核心—边缘”格局。经济流量呈辽宁省向吉林省,继而向黑龙江省与蒙东区由南至北的不断衰减格局;普列流

量呈以哈大与滨洲铁路为核心轴带,并向两侧弱化的空间态势;高铁流量呈沿哈大主轴带、长珲与哈齐次轴带向两侧非对称的递减格局;信息流量呈“四核心、四边缘”的空间格局。

基于经济流、普列流、高铁流、信息流研究东北地区城市空间网络特征,一是受数据获取限制,欠缺人流、物流、资金流、技术流等研究,在交通流中未探讨航空流和公路流;二是在多维流视角下的城市空间网络特征的驱动机理分析尚显不足;三是探讨某一时段的城空间网络特征,并未基于多年数据分析长时序的东北地区的城空间网络演变历程。此外,借助社交媒体、移动通信、互联网APP大数据平台的建设与应用,探讨城际间信息交互是未来研究的重点。

3.2 对策和建议

在“东北地区再振兴”背景下,东北地区的城市具备空间网络化发展规模。沈阳、哈尔滨、长春、大连作为整个东北要素流的集散核心地,未来应在完善城市创新政策的基础上,开展产学研用协同改革创新,加快发展东北地区核心竞争力的高技术产业,培育一批知识创新型的先导产业集群。吉林、鞍山、齐齐哈尔作为长、沈、哈要素流的集散中转地,未来应在优化生产布局的基础上,承接其高技术产业链,优化发展能源工业,提高精深加工水平,实现规模扩张向效益增长的转变。哈尔滨—大连—轴作为整个东北地区的先导轴和示范轴,应有序实现产业、就业、人口、资金、技术、信息等近域大城市的空间优化配置和结构性整合,引导核心城市各优势要素突破传统行政界限外溢至其他城市,加快沿线核心区优势要素向次核心区、继而向边缘区的扩散转移。黑龙江省西部哈尔滨子群、辽宁省沈大子群、吉林省长春子群作为东北地区关联密度最强的区系,未来应在加快跨区多维交通设施建设

的基础上实现交通流的有效传输,在加快推进电子政务、电子商务、远程教育等信息一体化建设的基础上提升信息流的传输效率,进而健全经济流传输的支撑保障体系,建设具有国内和国际竞争力的高新技术产业发展模式;其他区系应通过不同渠道切实加强与此三大子群要素流的传递和融合,引导和加深区域分工与合作,最后形成东北地区以线串点、以点带面的具有中国特色的“四核、三副、一轴、七群”区域发展新格局。

参考文献:

- [1] 陆大道. 地理学关于城镇化领域的研究内容框架[J]. 地理科学, 2013, 33(8): 897 – 901.
- [2] Castells M. The Information City: Information Technology, Economic Restructuring, and the Urban-Regional Progress[M]. Oxford UK & Cambridge USA: Blackwell, 1989.
- [3] Taylor P J, Hoyler M, Verbruggen R. External urban relational process: Introducing central flow theory to complement central place theory[J]. Urban Studies, 2010, 47(13): 2803 – 2818.
- [4] Castells M. The space of flows: A theory of space in the informational society[C]//Conference of “The New Urbanism” organized by Princeton University in October 1992.
- [5] Derudder B. Mapping global urban networks: A decade of empirical world cities research [J]. Geography Compass, 2008, 2(2): 559 – 574.
- [6] Castells M. The rise of the network society[J]. The Information Age Economy Society & Culture, 2009, 38(4): 389 – 414.
- [7] 孙阳, 姚士谋, 陆大道, 等. 中国城市群人口流动问题探析——以沿海三大城市群为例[J]. 地理科学, 2016, 36(12): 1777 – 1783.
- [8] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: Some calculations[J]. Journal of Air Transport Management, 2004(10): 239 – 247.
- [9] 宓泽锋, 曾刚. 不同尺度下长江经济带物流联系格局、特征及影响因素研究[J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1079 – 1088.
- [10] Djankov S, Freund C. Trade flows in the former Soviet Union, 1987 to 1996[J]. Journal of Comparative Economics, 2002, 30(1): 76 – 90.
- [11] Stefan Krätke. Global pharmaceutical and biotechnology firms' linkages in the world city network[J]. Urban Studies, 2014, 51(6): 1196 – 1213.
- [12] 陈晨, 修春亮. 流空间视角的东北地区城市网络研究[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(4): 82 – 89.
- [13] 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.
- [14] Goetz A R. Air passenger transportation and growth in the U.S. urban system, 1950-1987 [J]. Growth and Change, 1992, 23(2): 218 – 242.
- [15] Russon M G, Vakil F. Population, convenience and distance decay in a short-haul model of United States air transportation [J]. Journal of Transport Geography, 1995, 3(3): 179 – 185.
- [16] 陈伟, 修春亮, 柯文前, 等. 多元交通流视角下的中国城市网络层级特征[J]. 地理研究, 2015, 34(11): 2073 – 2083.
- [17] 陈建军, 郑广建, 刘月. 高速铁路对长江三角洲空间联系格局演化的影响[J]. 经济地理, 2014, 34(8): 54 – 60, 67.
- [18] 孙阳, 张落成, 姚士谋. 长三角城市群“空间流”网络结构特征——基于公路运输、火车客运及百度指数的综合分析[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(9): 1304 – 1310.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 赵映慧, 高鑫, 姜博. 东北三省城市百度指数的网络联系层级结构[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 32 – 37.
- [22] 熊丽芳, 甄峰, 席广亮, 等. 我国三大经济区城市网络变化特征——基于百度信息流的实证研究[J]. 热带地理, 2014, 34(1): 34 – 43.
- [23] Ho Shin K, Timberlake A. World cities in Asia: Cliques, centrality and connectedness [J]. Urban Studies, 2000, 37(12): 2257 – 2285.
- [24] 于欣洛, 吴相利. 基于百度指数的东北地区城市网络特征研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2015, 31(6): 114 – 118.
- [25] 修春亮, 赵映慧, 宋伟. 1990年以来东北地区铁路运输的空间极化[J]. 地理学报, 2008, 63(10): 1097 – 1107.
- [26] 初楠臣, 张平宇, 李鹤, 等. 东北地区城际高铁网络格局特征与演变趋势[J]. 地理科学, 2019, 39(5): 761 – 769.
- [27] 初楠臣, 姜博. 哈大齐城市密集区空间联系演变特征——基于东北振兴战略实施前后的视角[J]. 经济地理, 2015, 35(3): 66 – 72.
- [28] Scott N, Baggio R, Cooper C. Network analysis and tourism: from theory to practice [M]. Bristol: Channel View Publication, 2008.
- [29] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件使用指南[M]. 上海: 格致出版社, 2009.
- [30] Tindall D B, Wellman B. Canada as social structure: Social network analysis and Canadian sociology[J]. Canadian Journal of Sociology, 2001, 26(3): 265 – 308.