

基于百度指数的武汉都市圈城市网络特征研究

彭海涛¹, 连华¹, 宁雷²

(1. 兰州交通大学建筑与城市规划学院, 兰州 730070; 2. 西昌学院旅游与城乡规划学院, 四川 西昌 615000)

摘要:以武汉都市圈为研究对象,按时间序列收集整理了2015年、2017年、2019年、2021年武汉都市圈各城市间的百度指数,构建城市网络模型,运用C-Value和D-Value的层级分析、优势流分析、多云线性回归等定量分析法,剖析武汉都市圈城市网络格局演变特征及影响因素。结果表明,武汉都市圈城市间的网络联系水平差异较大,信息流的空间分布呈现出东高西低、东密西疏的非均衡特征,武汉在都市圈中的影响力和控制力极化效应明显;武汉都市圈呈现较明显的“核心-半边缘-边缘”的网络层级结构,网络联系呈现圈层渐弱且有着空间邻近效应特征;城市信息基础设施、综合经济发展水平、城市人口对武汉都市圈城市信息网络联系强度呈显著的正向作用。最后基于此研究提出了相关优化建议。

关键词: 百度指数; 城市网络; 武汉都市圈; 信息流

中图分类号: TU982.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)16-0084-09

在经济全球化和信息化的推动下,基于等级、规模的静态空间结构逐渐瓦解,城市间的密切合作和激烈竞争逐渐转向人口、经济、技术等方面各种流量的争夺。由规模层级划分的区域城市空间组织研究逐渐转变为以流动要素为基础的城市网络研究^[1]。“流动空间”理论的提出为这一转变提供了审视城市空间网络结构的新视角。在这一视角下,学者们围绕人口流、交通流、物流、企业联系流等各要素流对城市空间网络特征展开研究,并获得了丰富的研究成果。基于大数据和信息技术的快速发展,信息流不依靠空间载体,相比于其他要素流更能反映社会、经济、文化等各方面的人际交往关系特征,因而能够整合各要素流并从侧面反映出区域城市的空间网络联系特征^[2]。

在种类繁多的信息流数据里,大多数学者选择表征方式来获取信息流数据。黎智枫和赵渺希^[3]利用豆瓣同城资料,全面剖析了京津冀、珠三角、长三角三大城市群的多核心网络特征;蒋大亮等^[4]利用百度指数分析长江中游城市群的空间分布特征;龚言浩等^[5]基于微信公众号数据对全国城市群进行了网络研究;陈昱杉^[6]、胡晓妍等^[7]通过微博数据对长三角城市群网络进行了多方面的研究。总结既有研究成果,虽在理论^[8]、内容^[9]、方法和数据^[10]等方

面取得了一定的进展,但仍存在以下不足:一是研究视角主要停留在静态层面,缺乏对网络格局发展的动态演变趋势的有效判定;二是研究尺度多限定在区域要素资源流动密集的城市群,同时研究热点多集中在城市网络格局较为成熟的长三角、珠三角和京津冀等发达地区,较少从要素流动视角对都市圈城市空间网络结构进行剖析;三是研究内容多聚焦在区域城市的网络格局特征,忽视其形成机制和影响因素分析。

根据数据显示,截至2021年12月,中国的互联网用户为10.32亿,其中搜索引擎用户为8.29亿,百度以71.1%的比例占据了搜索引擎使用榜的首位。百度搜索数据比单一社交软件数据的信息量更为全面,能够降低因不同人群对社交软件喜好的差异而带来的信息差,网站数据达到了相对客观的目的。百度指数则是基于百度搜索引擎获取的“用户关注度”数据,根据不同关键词,在特定地域的特定时间段内,将大量网民的行为实时动态地反映出来,用于区域城市关系研究时能够快速反映城市网络的时空演变特征并预测未来发展趋势^[11]。

鉴于此,选取武汉都市圈9个城市作为研究对象,借助百度指数,以城市间的信息要素流动作为切入路径,构建城市联系网络模型。通过多年数据

收稿日期: 2024-04-09

作者简介: 彭海涛(2000—),女,湖南永州人,硕士研究生,研究方向为城市与区域规划;连华(1977—),女,河南周口人,副教授,硕士研究生导师,研究方向为城乡规划理论与方法、城市设计等;宁雷(1997—),男,四川南充人,研究方向为城市与区域规划。

对比分析武汉都市圈城市空间联系和层级分布的时空演变特征,进一步利用多元线性回归方程解析武汉都市圈城市信息流网络格局的影响因素,并总结研究成果、提出相关优化建议。以期为丰富城市网络研究路径、武汉都市圈的网络化发展提供资料借鉴,同时为我国其他都市圈城市网络研究提供一定的学术参考。

1 研究对象、数据与方法

1.1 研究区域

武汉都市圈是指以中国中部最大城市武汉为核心,由武汉及其周边约 100 km 半径范围内的 9 个城市组成的一个城市联合体,包括黄石、鄂州、孝感、黄冈、咸宁、仙桃、天门、潜江(图 1),是湖北生产要素最为密集、最具活力地区,以占全省 1/3 的国土面积、1/2 的人口,创造了全省 2/3 的地区生产总值。武汉都市圈是武汉与长江经济带接轨的一项重大举措,是长江中游城市群三大主体之一,也是实现“中部崛起”的关键。

1.2 数据来源

研究利用百度网站的查询功能,以研究范围内的各城市名称为关键词进行搜索,分别依次获取了 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年武汉都市圈内两两城市之间的用户关注度整体日均值数据,基于此进行城市网络联系模型的构建计算及研究。

1.3 研究方法

当前城市信息流网络研究的主要技术方法主要来自统计学、经济学、社会学等领域的理论方法,在综合考量各研究方法和本文研究对象的适配性

后,选择信息流联系强度分析法、变差系数法、C 值(C-Value)和 D 值(D-Value)的层级分析法、优势流分析法,来研究武汉都市圈城市信息流网络特征和层级结构,兼顾信息流总量对比、网络方向性和都市圈离散程度。

1.3.1 城市联系强度

在现有的城市网络研究方法的基础上,参考熊丽芳等^[12]的方法以城市之间关注度的乘积来表征城市间的信息流强度。将百度指数网页中的整体日均值数据作为城市用户关注度基础数据,假设城市 A 对城市 B 的用户关注度为 A_B ,那么城市 B 对城市 A 的用户关注度为 B_A ,两个城市之间的信息流联系强度值设为 R ,得出公式如下:

$$R = A_B B_A \quad (1)$$

城市 A 在由 n 个城市所构成的区域中的信息流总量为 R_{ZA} ,其中不包括城市 A 与自身之间的关注度乘积,即

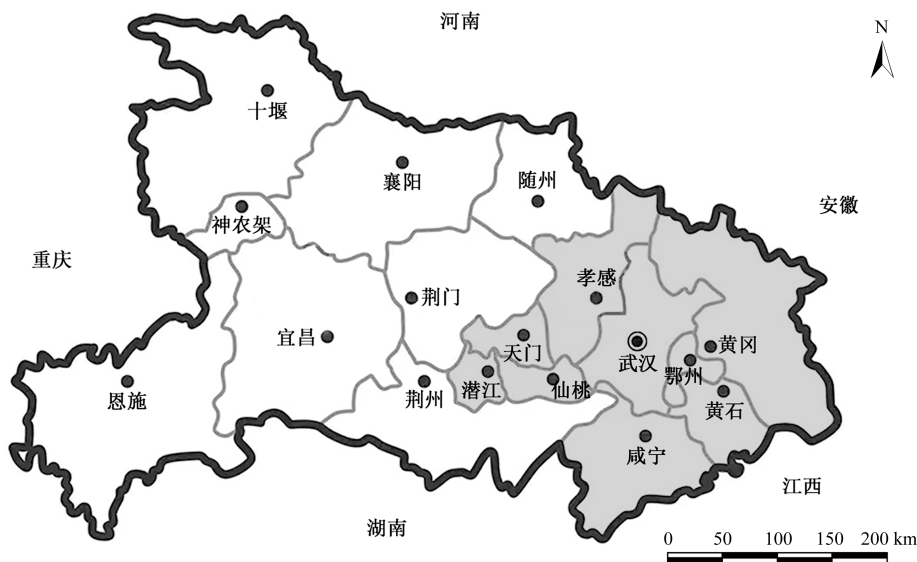
$$R_{ZA} = R_1 + R_2 + \cdots + R_{n-1} \quad (2)$$

设 R_{ZM} 为该都市圈城市中信息流总量最大值,城市 A 的相对关注度 P_A 为城市 A 的信息流总量与都市圈内信息流总量最大城市的比值,即

$$P_A = \frac{R_{ZA}}{R_{ZM}} \quad (3)$$

1.3.2 变差系数

运用变差系数,能够体现都市圈的离散程度,其数值越大,说明都市圈相对较离散,城市极化现象相对突出,反之则说明城市联系比较密切。设 W 为武汉都市圈的变差系数, N_A 为城市 A 的总流量



基于审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作,底图无修改

图 1 武汉都市圈在湖北省的区域位置

强度, N 为当前都市圈的城市平均流量强度, n 为当前都市圈中的城市个数, 即

$$W = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{A=1}^n (N_A - N)^2}}{N} \quad (4)$$

1.3.3 C-Value 和 D-Value 的层级分析

借鉴 Wheeler 和 Mitchelson^[13] 对美国大都市区的空间网络联系信息流的研究方法, 引用其中的 C-Value 和 D-Value 这两项指标对各城市在城市群信息网络中进行层级分析, 并分析各城市的主导力和控制力。

以城市 A 的信息发送量 F_A 表示城市 A 对其他所有城市的搜索指数之和; 城市 A 的信息接收量 J_A 表示其他城市对城市 A 的搜索指数之和。 C_A 表示在信息网络中城市 A 的控制力, C_A 为正值时表明该城市为控制型, C_A 为负值时表明该城市为被控制型, C_A 越大则表示城市 A 的控制力越强; D_A 表示在信息网络中城市 A 的主导性, D_A 为正值时表明该城市为主导型, D_A 为负值时表明该城市为从属型, D_A 越大则表示城市 A 的主导性越强。也就是说, 接收与发送信息差值越大, 则该城市在信息网络体系中的主导性越强。其计算公式为:

$$C_A = \ln \frac{F_A}{J_A} \quad (5)$$

$$D_A = F_A - J_A \quad (6)$$

1.3.4 优势流分析

优势流法是依据城市某种要素的相对较高流向, 判断其在城镇体系中的地位, 该方法最早由 Nystuen 和 Dacey 于 1961 年提出, 是现在用于分析城市网络层级特征较常见的方法。其按照每一城市出发流向其他城市的人次、信息流等判定最大优势流、第二优势流、第三优势流。根据优势流和城市规模确定城市位置, 能够反映其在城市体系中的主导能力。参考赵映慧等^[14] 提出的城市层级划分方法, 根据百度指数和城市人口规模指标将城市划分为主导城市、中心城市、次级中心城市、从属城市。

2 基于百度指数的城市网络联系分析

2.1 武汉都市圈城市信息流变化

通过式(1)可以得出 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年武汉都市圈信息流总量变化情况及各城市信息流总量占比变化情况。如图 2 所示, 武汉都市圈信息流总量整体呈波浪式下降的趋势, 由 2015 年 139.83 万上升至 2017 年 155.24 万, 再下降到 2021 年 124.15 万, 整体相对下降了 11.21%。如图 3 所

示, 从研究的时间截面来看, 武汉的信息流总量占比最大, 天门最小; 从时间序列的动态变化来看, 2017 年以后, 各城市信息流总量占比均呈下降趋势, 武汉信息流总量占比的下降幅度最为明显, 其 2021 年信息流总量占比相较于 2015 年下降 3.60%, 其余城市也都存在着小幅度的下降, 但黄冈、孝感、鄂州的信息流总量占比呈上升趋势, 其中黄冈信息流占比上升幅度最大, 达到了 3.33%。综上表明, 都市圈信息流整体空间分布不均衡, 武汉对其周边城市的辐射带动作用较强, 但信息网络联系水平有所下降, 而黄冈在都市圈中的信息网络联系水平逐年提高, 各城市信息流总量占比的差距正在逐渐缩小。

2.2 武汉都市圈城市联系强度变化

通过式(3)可以得出 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年各城市联系强度情况, 通过式(4)分别计算 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年武汉都市圈的变差系数。如表 1 所示, 武汉都市圈中各城市发展不均衡的现象体现了较大差异性, 其中, 鄂州、黄冈、黄

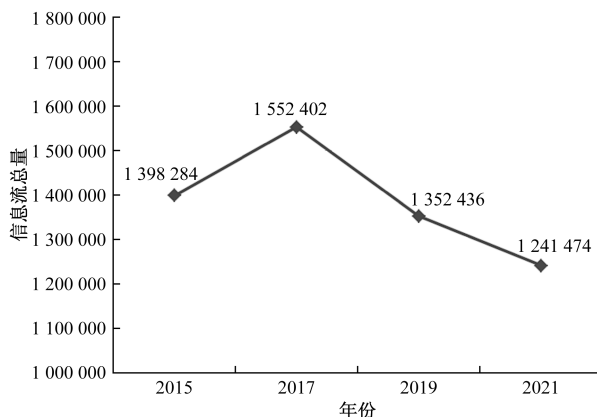


图2 2015—2021 年武汉都市圈信息流总量变化

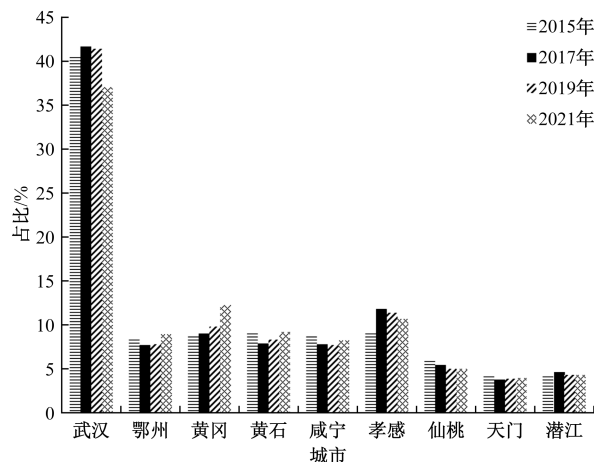


图3 2015—2021 年武汉都市圈各城市信息流总量占比变化

表 1 2015—2021 年武汉都市圈 9 座城市的联系强度

序号	城市	2015 年		2017 年		2019 年		2021 年	
		联系强度	P	联系强度	P	联系强度	P	联系强度	P
1	武汉	567 952	1.00	646 749	1.00	559 824	1.00	459 613	1.00
2	鄂州	120 458	0.21	120 778	0.19	105 559	0.19	111 517	0.24
3	黄冈	125 794	0.22	140 114	0.22	133 774	0.24	153 070	0.33
4	黄石	130 061	0.23	123 170	0.19	112 986	0.20	114 236	0.25
5	咸宁	122 565	0.22	121 701	0.19	104 532	0.19	103 306	0.22
6	孝感	127 143	0.22	183 502	0.28	155 031	0.28	133 486	0.29
7	仙桃	83 526	0.15	84 564	0.13	68 758	0.12	62 775	0.14
8	天门	59 715	0.11	59 349	0.09	52 694	0.09	49 626	0.11
9	潜江	61 070	0.11	72 475	0.11	59 278	0.11	53 845	0.12

石、咸宁、孝感的联系引力地位始终远高于仙桃、天门、潜江,与武汉的联系也更密切。黄冈的联系强度上升比较明显,在都市圈中的相对关注度较高。如表 2 所示,变差系数在 2015—2017 年呈现上升趋势,2017—2019 年开始小幅度回落,到 2021 年呈大幅度下降趋势。总体来说,2017 年后武汉都市圈的城市间联系强度在逐渐上升,都市圈离散程度呈逐渐缩小趋势,城市间联系越来越密切,尤其是武汉与都市圈东部城市的联系越来越紧密。

2.3 武汉都市圈城市网络层级特征变化

为研究武汉都市圈城市网络的层级特征,将都市圈内各城市 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年的信息流总量数据分别录入 ArcGIS 软件进行基于自然间断点分级法的聚类分析。通过 ArcGIS 对分类间隔加以识别,对相似值进行适当分组,使分组达到各个组内的差异最小化与各个组间的差异最大化,并同步进行可视化处理,颜色越深表示城市信息流总量越高,反之则越低,如图 4 所示。最后得到了四个年度的城市网络层级分布,共包含了四个层级。

如表 3 所示,无论是 2015 年、2017 年、2019 年,还是 2021 年,武汉市在武汉都市圈中的极化核心地位无可撼动。2015 年居于第二层级的城市相对较多,到 2017 年大部分城市下降至第三层级,只有孝感稳居第二层级,2019 年后黄冈也稳居在了第二层级。仙桃在 2015 年以相对优势位处第三层级,2017 年后仙桃、天门、潜江稳定在第四层级。这些现象表明了武汉对周边区域的带动效果显著,但都市圈

内部空间联系不均衡、辐射等级特征依旧显著。都市圈内部联系强度在整体上呈明显的地域分异特征,西部的仙桃、天门、潜江三个城市处于边缘化状态,其互相吸引力也开始下降。2021 年的层级分布对比 2019 年没有发生变化,说明武汉都市圈各城市的地位开始稳定下来,呈稳步发展趋势。

基于信息流流向数据,进一步对武汉都市圈内城市空间层级进行研究。通过式(5)和式(6)可以计算出 2015 年、2017 年、2019 年、2021 年武汉都市圈中 9 个城市的信息发送量和信息接收量、控制力和主导性。如表 4 和表 5 所示,2015—2021 年,仅有武汉、黄冈、孝感的控制力和主导性为正值,处于控制型和主导型地位,鄂州、黄石、咸宁、仙桃、天门、潜江的控制力和主导性为负值,处于被控制型和从属型地位。这些年武汉在城市控制力和城市主导性上处于绝对领先地位,是强控制和强主导型城市,信息发送量均大于信息接收量,但是在 2021 年的控制力和主导性有所下降,信息发送量也有所下降。黄冈的控制力和主导性上升明显且有逐年上升的趋势,孝感的控制力和主导性在 2017 年以后开始下降,且有持续下降的趋势。

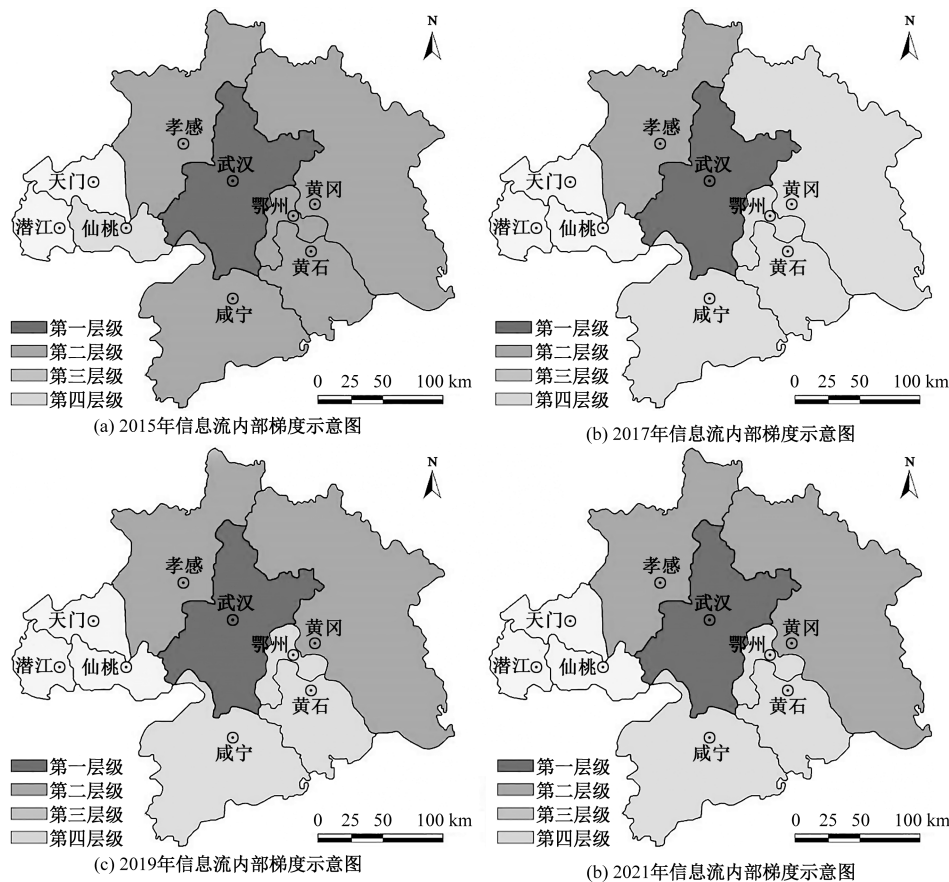
优势流分析的特点在于能够识别城市网络信息流的汇集方向,在时间上进行横向比较能够明晰

表 2 2015—2021 年武汉都市圈变差系数情况

类别	变差系数			
	2015 年	2017 年	2019 年	2021 年
武汉都市圈	0.955	0.994	0.987	0.860

表 3 2015—2021 年武汉都市圈城市网络层级变化情况

层级	2015 年	2017 年	2019 年	2021 年
第一层级	武汉	武汉	武汉	武汉
第二层级	黄石、孝感、黄冈、咸宁、鄂州	孝感	孝感、黄冈	黄冈、孝感
第三层级	仙桃	黄冈、黄石、咸宁、鄂州	黄石、鄂州、咸宁	黄石、鄂州、咸宁
第四层级	潜江、天门	仙桃、天门、潜江	仙桃、天门、潜江	仙桃、天门、潜江



基于审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作,底图无修改

图 4 2015—2021 年武汉都市圈百度信息流内部梯度示意图

表 4 2015—2021 年武汉都市圈各城市的信息发送量和信息接收量

城市	2015 年		2017 年		2019 年		2021 年	
	发送量	接收量	发送量	接收量	发送量	接收量	发送量	接收量
武汉	3 496	1 289	3 697	1 390	3 579	1 239	2 789	1 301
鄂州	743	954	597	1 050	556	955	692	938
黄冈	843	828	891	818	976	767	1226	746
黄石	769	925	760	873	738	885	737	953
咸宁	621	1 010	578	1 062	507	1 020	659	958
孝感	832	795	989	893	941	918	890	912
仙桃	464	981	484	963	440	845	516	810
天门	561	805	599	761	523	812	570	797
潜江	322	906	380	965	297	910	385	870

表 5 2015—2021 年武汉都市圈各城市的控制力和主导性

城市	2015 年		2017 年		2019 年		2021 年	
	控制力	主导性	控制力	主导性	控制力	主导性	控制力	主导性
武汉	0.998	2 207	0.978	2 307	1.061	2 340	0.763	1 488
鄂州	-0.250	-211	-0.565	-453	-0.541	-399	-0.304	-246
黄冈	0.018	15	0.085	73	0.241	209	0.497	480
黄石	-0.185	-156	-0.139	-113	-0.182	-147	-0.257	-216
咸宁	-0.486	-389	-0.608	-484	-0.699	-513	-0.374	-299
孝感	0.045	37	0.102	96	0.025	23	-0.024	-22
仙桃	-0.749	-517	-0.688	-479	-0.653	-405	-0.451	-294
天门	-0.361	-244	-0.239	-162	-0.440	-289	-0.335	-227
潜江	-1.034	-584	-0.932	-585	-1.120	-613	-0.815	-485

武汉都市圈城市网络层级结构的演变特征。根据优势流算法可知,武汉在区域中的网络吸引流向的中心度上具有绝对的优势,是都市圈城镇体系的主导城市。由于所有城市的最大优势流都汇集到了武汉,将选择第二、三、四优势流作为研究对象,深入分析武汉都市圈区域城镇体系层级结构。如表6所示,黄冈、孝感在第二优势流上排名靠前,为中心城市;第三优势流集中在鄂州和黄石,为次中心城市;仙桃在第三优势流排名上靠前,主要汇集的是天门和潜江的优势流,且在地理位置上有利于带动都市圈西部地区的发展,可列入次中心城市;咸宁汇集了大多数城市的第四优势流,比起天门、潜江有着较好的区位优势,但仍需周边城市带动发展,为从属城市。在整个优势流分布的范围来看,天门、潜江未能起到明显的主导作用,依附性较强,为从属城市。在横向对比中,2017 年往后,黄冈在最大优势流和第二优势流上超越了孝感,且发展势头良好;黄石始终在第二、三、四优势流上略胜于鄂州;仙桃、天门、潜江这三个县级市中,除了最大优势流,在各优势流排名上,始终是仙桃优先于天门、天门优先于潜江;咸宁在各地级市的优势流比较上排名始终靠后,有着巨大的潜在发展空间。

对城市空间网络层级的综合分析体现了都市圈内部的从属关系,因地理空间的邻近效应,武汉都市圈以武汉为中心,已形成两条“中心-外围”联系轴,分别是“武汉-黄冈-黄石、鄂州-咸宁”东部联系轴和“武汉-孝感-仙桃-天门、潜江”西部联系轴,两条联系轴上的城市各自形成组团,如图5所示。相比较而言,东部联系轴的“武鄂黄黄”网络联系紧密,形成了较为成熟的同城化发展片区;西部联系轴的“仙天潜”网络联系相对较弱,区域协作不足,发展较为缓慢。如果不加以干预,可能会进一步加剧都市圈马太效应,阻碍一体化发展进程。

3 城市信息流网络格局影响因素分析

3.1 变量选取及模型构建

将武汉都市圈 2021 年的信息流总量作为因变量,自变量的选取结合已有研究成果^[15]及实际情况,大致确定在经济规模、人口规模、通信网络发展水平和基础设施等几个方面。综合考虑数据的可获得性和变量之间的相关性,本文选取的具体指标包括地区生产总值、年末常住人口数、移动电话年末用户数、城市建成区面积。具体指标数据来源于各城市 2021 年《国民经济和社会发展统计公报》,相关变量说明如表7所示。

假设城市信息流总量与地区生产总值、年末常住

表 6 2015—2021 年武汉都市圈各城市优势流分析

优势流	年份	武汉	鄂州	黄冈	黄石	咸宁	孝感	仙桃	天门	潜江
最大优势流数量	2015	8	0	0	0	0	1	0	0	0
	2017	8	0	0	0	0	1	0	0	0
	2019	8	0	1	0	0	0	0	0	0
	2021	8	0	1	0	0	0	0	0	0
第二优势流数量	2015	0	1	3	2	0	2	1	1	0
	2017	0	0	3	3	0	3	0	0	0
	2019	0	0	4	0	0	5	0	0	0
	2021	0	0	7	0	0	2	0	0	0
第三优势流数量	2015	0	2	2	2	0	1	1	0	0
	2017	0	3	1	1	0	1	2	1	0
	2019	0	1	2	5	0	0	1	0	0
	2021	0	4	0	3	0	2	1	0	0
第四优势流数量	2015	0	2	1	2	4	1	0	0	0
	2017	0	0	3	1	1	3	0	0	1
	2019	0	2	1	0	1	3	1	1	0
	2021	0	0	0	2	1	4	1	1	0

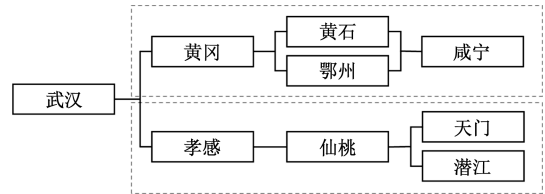


图 5 武汉都市圈城市网络层级体系

人口数、移动电话年末用户数、城市建成区面积具有多元线性相关关系,由此建立起多元线性回归模型:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_4 + \epsilon \quad (7)$$

式中: y 为 2021 年武汉都市圈城市间的信息流总量; β_0 为自然常数项; x_1 为地区生产总值; x_2 为年末常住人口数; x_3 为移动电话年末用户数; x_4 为城

市建成区面积; β_i 为对应的各解释变量的影响; ε 为随机误差项。

3.2 影响因素分析

基于各类变量量纲不同的考虑,借用 SPSS 这一平台将信息流总量、地区生产总值、年末常住人口数、移动电话年末用户数、城市建成区面积的数据进行标准化处理,并进行双侧相关性分析,如表 8 所示。从 Pearson 相关系数可以看出地区生产总值、年末常住人口数、移动电话年末用户数、城市建成区面积都与城市信息流总量之间有着显著的正相关关系。

将标准化处理后得到的数据进行多元线性回归分析,由表 9 可知该模型拟合度为 98.2%,意味着地区生产总值、年末常住人口数、移动电话年末用户数、城市建成区面积可以解释信息流总量的 98.2%变化原因。

模型显示变量平均方差膨胀因子 VIF 远高于 10,存在严重共线性,因此采用岭回归方法,根据方差扩大因子法确定 K ,由表 10 可知 Sig. 低于 0.5,说明模型有意义。进一步分析得到回归方程影响因子系数表,由表 11 可知其中城市建成区面积的 Sig.

高于 0.05,年末常住人口数的 Sig. 低于 0.05,地区生产总值、移动电话年末用户数这两个影响因子的 P 均低于 0.01。总结分析可知,地区生产总值、年末常住人口数、移动电话年末用户数会对信息流总量产生显著的正向影响关系,这 4 个因子能够构成线性关系,而城市建成区面积并不会对信息流总量产生影响关系。

(1)移动电话年末用户数是衡量城市信息基础设施建设程度的关键因素^[16]。在信息时代中,城市间信息流动与广泛联系依赖于大规模通信网络设施的建设。移动电话年末用户数越多,该城市手机信号基站、网络光缆的数量也越多,当地的信息化水平也越发达,从而拥有较高的信息流总量。

(2)城市人口在很大程度上决定了城市的等级规模,推拉理论解释了人口流动的原因,人口流动的动力由流入地的拉力和流出地的推力共同构成^[17]。区域内中心城市往往拥有较高的基础设施水平 and 教育发展水平、较好的医疗资源,以及更为开放的市场环境和就业环境,对整个区域城市及周边城市的人口都有着较强的吸引力。但人口的过度集聚也可能导致资源的不均衡分配,增加城市地区尤其是区域中心城市的负担,并进一步加剧区域城市间的发展差距。

(3)以地区生产总值为表征的地区综合经济发展水平能够充分体现一个地区的经济实力和市场规模。经济发展水平的提高意味着该地区聚集了更多的生产要素,能够吸引更多投资和创新,促进新

表 7 武汉都市圈城市间信息流网络的相关变量

变量类型	变量含义	变量符号	单位
被解释变量	信息流总量	y	—
解释变量	地区生产总值	gdp	亿元
	年末常住人口数	popul	万人
	移动电话年末用户数	phone	万户
	城市建成区面积	area	km ²

表 8 双侧相关性分析

变量	信息流总量	地区生产总值	年末常住人口数	移动电话年末用户数	城市建成区面积
Pearson 相关性	1.000	0.984**	0.975**	0.991**	0.954**
Sig.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
样本量	9	9	9	9	9

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

表 9 模型摘要

模型	R	R^2	调整后的 R^2	标准估算的误差
1	0.991	0.982	0.963	0.128

表 10 ANOVA

变量	平方和	自由度	均方差	F	Sig.
回归	7.852	4	1.963	53.179	0.001
残差	0.148	4	0.037		
总计	8.000	8			

表 11 回归方程系数

变量	非标准化系数		标准化系数	t	Sig.	VIF
	B	标准误差	Beta			
常数项	0.044	0.024	—	1.812	0.144	—
地区生产总值	0.253	0.044	0.263	5.720	0.005***	0.459
年末常住人口数	0.269	0.085	0.281	3.147	0.035**	1.724
移动电话年末用户数	0.281	0.040	0.290	7.002	0.002***	0.373
城市建成区面积	0.144	0.086	0.152	1.672	0.170	1.802
R^2	0.982					
调整后的 R^2	0.963					
F	$F(4,4)=53.179, \text{Sig.}=0.001$					

注:***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平。

产业的发展和旧产业的转型升级,同时推动当地基础设施建设,提高居民生活水平,一定程度上也提高了人们对该城市的关注度。

4 结论与讨论

4.1 结论

在信息流视角下,对都市圈的城市关系网络测度将能够打破地理空间距离壁垒,更为客观地反映都市圈中的某城市区域受到都市圈内其他城市人们的关注程度,从而准确体现都市圈中各城市在经济、社会等各个方面关联性的综合表现^[18]。本文利用百度指数构建武汉都市圈网络空间模型,分析武汉都市圈城市网络时空变化特征及网络层级体系,并利用多元线性回归方程剖析信息流网络格局的影响因素,得到以下结论。

(1)从信息流联系强度变化来看,武汉都市圈城市间的网络联系水平差异较大,信息流的空间分布呈现东高西低、东密西疏的非均衡特征,武汉在都市圈中的影响力和控制力极化效应明显。都市圈信息要素整体呈现单向流动,各城市在都市圈中的竞争力地位主要取决于该城市与武汉的联系强度,除武汉外其余8个城市之间的时空联系整体呈现逐步增强的变化趋势。都市圈东部城市与武汉的联系强度较西部更高,且东西部联系强度差距在逐渐拉大,协同发展动力不足。鄂州、黄石、黄冈与仙桃、天门、潜江这两组城市各自联系强度较高,其中,鄂州、黄石、黄冈的联系强度稳定,而仙桃、天门、潜江的联系强度有逐年降低的趋势,从而导致了都市圈西部的弱关联性。

(2)从城市信息网络层级特征变化来看,武汉都市圈呈现较明显的“核心-半边缘-边缘”的网络层级结构,网络联系呈现圈层渐弱且有着空间邻近效应特征。武汉是信息中心城市,体现了绝对的掌控力,作为有着控制力和主导性地位的黄冈和孝感,对于带动周边从属城市的发展有着相当大的优势。武汉连通黄冈、孝感形成两条都市圈发展轴,向东部辐射发展出“武鄂黄黄”同城化片区,带动咸宁积极发展,向西部连通孝感带动“仙天潜”发展,但受到的辐射作用较弱,发展缓慢。都市圈东部组团和西部组团的联系较弱,整个圈层呈现中心向外围递减的趋势,具有地理空间的邻近效应特征,城市之间的联系强度与地理空间邻近有着正相关的关系。

(3)从影响都市圈城市网络格局的因素分析来看,城市信息基础设施(移动电话年末用户数)、综合经济发展水平(地区生产总值)、城市人口(年末常住人口数)对武汉都市圈城市信息网络联系强度呈显著

的正向作用。多因素共同作用下,城市信息基础设施对都市圈信息流网络格局的影响力最强,城市人口影响力次之,综合经济发展水平影响力相对较弱。

4.2 建议

在湖北省“十四五”规划中,针对武汉都市圈内发展不平衡、不充分的现状问题,提出建立完善协同联动推进机制,制定同城化发展规划,引导各城市的中心职能实现更大范围的重组互补,构建结构合理、布局优化、产业协调、城乡一体的都市圈格局,不断强化都市圈内各城市的交流与互动^[19]。结合前文对武汉都市圈城市网络特征和影响因素的研究,提出以下建议。

(1)突出中心辐射引领,大中小城市协同联动、组团发展。持续做强都市圈核心区和中心城市,进一步提升武汉综合实力和辐射带动能力。深化户籍改革,放宽黄冈、孝感等主要城市落户条件,破除行政壁垒,以更加开放包容的思维谋求区域统筹发展,能够有效疏解武汉中心城区过度集聚的人口和功能,从而打造武汉都市圈高质量发展的主引擎。协调好都市圈东西部发展差异,黄冈、孝感作为先行示范区,发挥近邻优势,以东部片区“武鄂黄黄”组团为重点,拉动咸宁积极融入组团,优势互补,并兼顾西部片区“仙天潜”县域组团的发展,更大程度承接大城市的信息产业转移等辐射驱动力,统筹推进都市圈的同城化发展^[20]。

(2)构建优势互补的空间格局,推进区域协同发展。明确武汉都市圈中每座城市的发展定位和特色优势,通过充分结合各城市的不同特色优势和资源禀赋,利用全方位、多元化的资源要素参与都市圈建设。明晰的定位将引导各城市在不同领域的有序发展,并在合作中相互弥补不足^[21]。武汉作为重要的信息枢纽,产业数字化、数字基础设施发展水平在都市圈中遥遥领先,应充分发挥其优势,搭建全方位信息共享和互助平台,建立信息监管和反馈协调机制,实现都市圈城市间各种生产和信息要素的快速流通。鼓励周边城市发挥各自产业优势,跨地区深度合作,推进与武汉产业同链融合发展。

(3)基础设施同城化发展,促进各要素的高效配置。为了加强都市圈东西部的交流联系,统筹推进铁路、公路等基础设施的建设,设施互联互通,服务共享,协同管理;同时推进武汉周边城区全面融入武汉公交线路,实现公共交通体系的跨区域一体化运营^[22]。将武汉中心城区的教育、医疗等公共服务设施向都市圈内各城市拓展分点布局,先实现各地级市

的公共服务资源配置的均等化,再进一步向各县级市拓展,逐步实现基础设施的同城化发展,促进劳动力、人才、资本要素的优化配置和高效配置。

4.3 讨论

区域网络是一个错综复杂的体系,区域城市间的联系包含着丰富的流动要素,信息流虽在社会经济生活中有着重要地位,但其他要素流的作用也不容小觑。本文选取信息流视角来研究武汉都市圈城市网络结构特征,与交通流、人口流、物流等研究视角具有一定的差异性。全面分析比较信息流与其他要素流视角下城市网络结构特征的不同,以及综合各类要素流揭示区域空间网络结构的演变规律和驱动机制是未来深入研究的重要方向。

参考文献

- [1] CASTALLS M. Grassrooting the space of flows[J]. Urban Geography, 1999, 20(4): 294-302.
- [2] 李帅,彭震伟. 信息流视角下的成渝城市群空间组织特征及其规划探讨——基于百度指数的城市网络研究[J]. 西部人居环境, 2020, 35(6): 49-57.
- [3] 黎智枫,赵渺希. 赛博空间视角下中国三大城市群网络特征——基于豆瓣跨城活动数据[J]. 人文地理, 2016, 31(6): 102-108.
- [4] 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.
- [5] 龚言浩,甄峰,席广亮,等. 基于微信公众号文章的城市关注度等级与联系网络研究[J]. 现代城市研究, 2019(4): 69-75.
- [6] 陈昱杉. 长三角城市群网络信息空间结构研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2020.
- [7] 胡晓妍. 基于微博签到数据的长三角城市群人口流动网络研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2020.
- [8] 孙斌栋,张杰. 我国城市网络研究的批判性思考[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 26-32.
- [9] 侯静轩,张恩嘉,龙瀛. 多尺度城市空间网络研究进展与展望[J]. 国际城市规划, 2021, 36(4): 17-24.
- [10] 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.
- [11] 郝修宇,徐培玮. 基于百度指数和引力模型的城市网络对比——以京津冀城市群为例[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2017, 53(4): 479-485.
- [12] 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.
- [13] WHEELER J O, MITCHELSON R L. Information flows among major metropolitan areas in the United States[J]. Annals of the Association of American Geographers, 1989, 79(4): 523-543.
- [14] 赵映慧,李佳谣,郭晶鹏. 基于百度指数的成渝城市群网络联系格局研究[J]. 地域研究与开发, 2017, 36(4): 55-59.
- [15] 李秋丽. 长江中游城市群城市空间联系及网络结构研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [16] 虞洋,宋周莺,史坤博. 基于百度指数的中国省域间信息联系网络格局及其动力机制[J]. 经济地理, 2019, 39(9): 147-155.
- [17] 尹振宇,何晶彦. “推—拉”理论视域下中国特大城市人口调控分析[J]. 城市观察, 2019(2): 81-89.
- [18] 中国城市规划学会. 规划60年: 成就与挑战——2016中国城市规划年会论文集(04 城市规划新技术应用). 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [19] 林赛南,邓慧琳,彭馨雨,等. [J]. 经济地理, 2024, 44(2): 81-89.
- [20] 任俊虎,余斌,资明贵,等. 基于流动空间的武汉都市圈同城化水平及影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(6): 1176-1186.
- [21] 李春香. 城市流视角下武汉都市圈中心城市建设与圈域协调发展研究[J]. 湖北社会科学, 2022(10): 61-68.
- [22] 钟倩,李功权. 武汉都市圈空间联系演变及影响因素分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2023, 46(2): 74-83.

Research on the Urban Network Characteristics of Wuhan Metropolitan Area Based on Baidu Index

PENG Haitao¹, LIAN Hua¹, NING Lei²

(1. School of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. School of Tourism and Urban and Rural Planning, Xichang University, Xichang 615000, Sichuan, China)

Abstract: Taking Wuhan metropolitan area as the research object, the Baidu index was collected and organized among cities in Wuhan metropolitan area in 2015, 2017, 2019 and 2021 according to the time series, the urban network model was constructed, and C-Value and D-Value hierarchical analysis, dominant flow analysis, multi-cloud linear regression and other quantitative analysis methods were adopted. The evolution characteristics and influencing factors of urban network pattern in Wuhan metropolitan area were analyzed. The results show that there is a great difference in the level of network connection among cities in Wuhan metropolitan area, and the spatial distribution of information flow presents a disequilibrium feature of high in the east and low in the west, and thin in the east and west. The network hierarchy structure of “core-half edge-edge” is obvious in Wuhan metropolitan area, and the network connection is weak and has the characteristics of spatial proximity effect. Urban information infrastructure, comprehensive economic development level and urban population have significant positive effects on the intensity of urban information network connection in Wuhan metropolitan area. Finally, based on this research, some optimization suggestions are put forward.

Keywords: Baidu index; urban network; Wuhan metropolitan area; information flow