

基于互联网公共信息流的区域网络空间结构研究^{*1}

姚文萃 周婕* 陈虹桔 陈秋华

(武汉大学城市设计学院, 中国湖北武汉 430072)

【摘要】: 传统视角下的城市之间的联系多通过要素流动体现。互联网的公共信息, 以人的诉求为导向, 遵循市场供需原则, 数据具有较强的客观性、易获性和实时性, 更能体现和预测城市之间关系。通过“58同城网”, 对武汉2小时高铁圈覆盖城市进行公共信息提取和分析, 对其区域网络空间结构展开研究。结果表明: ①该区域信息流空间具有典型的层级体系特征: 依据信息流总量, 分为积极、消极和信息边缘城市。②信息流视角下, 基于传统的中心地理论的圈层式区域空间结构形态被打破, 地理邻近效应减弱, 主要城市之间跨区域联系增强, 呈现出多中心网络空间形态。③信息联系和城市综合实力正相关, 与代表知识和技术的软实力高度相关, 武汉作为信息网络控制性节点的作用将进一步凸显, 游离在信息网络之外的城市将更加边缘化。

【关键词】: 城市网络体系; 互联网公共信息流; 区域网络; 空间结构; 武汉市

【中图分类号】: F49 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000 - 8462 (2017) 10 - 0010 - 07

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.10.002

1990年代以来, 随着信息通讯技术的发展和交通方式的升级, 城市之间的联系日益紧密, 传统的城市等级体系不断受到冲击, 区域空间结构日益向网络化发展, 出现了基于城市间复杂联系的网络范式转变^[1-2]。基于信息技术影响下的区域网络空间研究成为国内外学者研究的热点。Castells提出在通讯和信息技术的影响下, 传统的“地方空间”正转变为以信息流为主导的“流空间”(Space of flow), 指出所有的先进服务业都可以简化为知识生产和信息流动, 构建了信息化时代的社会网络结构^[3], 区域城市内部通过以信息流为主导, 人流、物流、资金流等构成相互关联的生产网络和城市网络, 为分析各种地方性、国家性和全球性力量的相互作用提供了新的工具。

在“流空间”理论中, 西方学者主要通过可直接测定的“流”和间接替代“流”来研究城市网络。直接测定的“流”包括信息流和交通流。信息流有包裹邮件、互联网流量、网络带宽等信息流^[4-6], 交通流有航班和货运量、港口吞吐量、公路车流量、铁路流量等^[7-8]。在间接替代流层面, 西方学者就试图通过城市功能联系和支柱企业联系去解读城市间的网络联系。如Taylor、Rossi、Wouter等用企业或社会组织数据研究城市网络^[9-12]。我国一直关注城市空间关系的研究, 传统方法上, 顾朝林利用重力模型对中国城市体系空间联系与层域进行划分^[13]。随着快速交通和信息化的发展, 我国学者也开始利用“流空间”理论对城市网络进行研究。在直接测度流方面: 宋伟、张凡、叶磊、高鑫等采用航空流、高速公路货流、城际铁路客流等交通信息流等

¹ 收稿时间: 2017 - 04 - 10; 修回时间: 2017 - 06 - 24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51178357)

作者简介: 姚文萃(1984—), 女, 河南延津人, 博士研究生, 讲师, 注册城市规划师。主要研究方向为城市规划与区域规划。E-mail: yaowencui@163.com。

*通讯作者: 周婕(1962—), 女, 重庆人, 注册城市规划师, 教授, 博士生导师。主要研究方向为城市规划与人居环境。E-mail: wuhanzhoujie@com。

分析我国城市关联网[14-17]；在间接流层面：甄峰、尹俊、路旭等也通过企业组织数据进行了中国城市网络实证研究[18-20]。由于互联网本身的开放性、普及性和海量信息共通性，以互联网为载体的信息流网，将打破传统的依赖地理区位、等级分明的城市层级体系关系，成为一种更准确、动态和实时的测度和表征城市网络联系的方法[21]。如甄峰以新浪微博为例分析中国城市网络[22]，熊丽芳基于百度信息流对我国三大经济区域网络变化特征进行研究[23]。但总体来说基于互联网信息流的研究范围尺度较大，特定区域或者某一类城市研究还十分不足。

2010年3月，国家正式批复《武汉市城市总体规划（2010—2020）》，武汉的功能定位由过去的“我国中部重要的中心城市”上升为“我国中部地区的中心城市”，2015年4月国务院批复了《长江中游城市群发展规划》，武汉作为长江中游城市群的重要节点城市，提出成为世界城市的口号，成为带动其周边城市发展的重要引擎城市。国家中心城市核心作用是对周边城市的辐射引领。国内外大城市发展的经验表明：区域城市之间的紧密联系将促使大城市更好地发展，使其能够从传统的等级体系转为网络体系，促使其一体化快速发展。因此武汉市对周边城市的辐射引导和相互联系关系亟需论证。本文以武汉与周边的共53个地级市为基本研究对象，采用58同城信息网站数据，通过基于信息流的C/D/E-value指标法，分析各城市之间联系的紧密程度，获取各城市在区域网络结构层级中的位置，预测区域城市联系新动向和区域城市网络演进新趋势。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

James等研究美国大都市区信息流时认为虽然信息流本身没有层级性，是自然竞争的结果，但是少数控制性中心城市会汇聚大量的专业性信息，具有控制和指挥信息流的功能，并提出了C-value、D-value两项衡量指标，两项指标确定各城市是否处于主导或者控制地位，James等认为C为正值的时候，该城市是主导型或控制型城市，相对于其他城市来说发出的信息多于接收的信息，反之当C为负值时，该城市则为从属型城市，相对于其他城市来说接收的信息多于发出的信息。其中D-value是发出信息和接收信息的显著差异的指标，是衡量城市网络信息流流向，确定区域流空间格局中各城市所处的地位和所处的等级的指标[24]。具体计算公式如下：

$$C = \ln \frac{C_c}{C_s}; D = C_c - C_s$$

式中：C_c代表某城市发送的信息量；C_s代表某城市接收的信息量。

value、D-value两项指标代表发出的信息大于接收信息差距的程度，表达了单个城市在信息网络空间中所体现的主导性和控制性，C、D值越大，代表辐射能力越强。在信息快速发展的背景下，每个城市与其他城市网络一体化发展的利益诉求显得更为重要。梁鹤年在研究城市规划理论时提出了“自存和共存平衡”的普世价值观[25]。“自存”即自我保存，指城市自我的发展和信息溢出能力，C、D越大，说明这个城市自我发展越好，信息溢出能力越强。“共存”即与其他城市共存，指每个城市与其他城市的信息交流能力。假如当C_c和C_s都较大时，但数据接近，即D值接近于0，并不代表该城市和其他城市信息沟通能力弱，也可能是发出信息和接收信息都较大但数量接近。C、D的指标偏重于每个城市自存性，忽略整个系统的共存性，因此本文这个方法的基础上补充E-value模型：

$$E = C_c + C_s$$

E值作为发出信息和接收信息之和，表达了城市之间沟通交流的共存性，C、D、E三个指标更能很好地表达城市之间关系。

当 $D > 0$ 时, D 值越大, 即发出的信息和接收的信息差距越大, 说明该城市控制信息的等级越高, 在区域等级中级别越高, 成为区域中心城市的可能性更大。当 $D < 0$ 时, 其值越小, 说明该城市接收到的信息和发出的信息差距越大, 说明其从属性越强, 可能是和区域中心城市联系较紧密的城市。当 $D \approx 0$ 时, 接收的信息和发出的信息接近, 如果 E 值较小, 则说明该城市发出和接收信息都较少, 处于信息流网络的边缘, 在知识和信息技术发展的大趋势下, 将成为新的信息边缘城市, 层级可能进一步降低; 如果 E 值较大, 说明虽然发出的信息和接收的信息数量差距较小, 但发出和接收的总量较大, 说明和周边城市联系互动频繁, 将可能成为等级上升的城市。本次研究中城市搜索其他城市定为 CC, 被其他城市搜索定为 CS。

1.2 数据来源

本次运用“58 同城网”数据, 一是此网站作为中国最大的分类信息网站, 在全球分类信息领域位列第二位, 覆盖生活的各个领域, 免费聚合了海量个人诉求信息和 320 多个城市的产品和服务等商家信息, 因和生活需求紧密相关且免费, 访问人数和页面访问量在生活服务类行业内遥遥领先, 在预测基于人的诉求的城市联系度方面参考度高; 二是此网站具有城市之间互相搜索的独特性, 数据具有较强的实时性和可获取性。本文通过 58 同城网, 基于一个城市搜索其他城市信息, 形成数据矩阵, 在形式上类似于 O-D 城市网络研究方法。

国外研究和中心城市紧密联系的都市圈空间范围一般为单程交通 2 h。考虑到高铁交通的影响, 本次研究选取了以武汉为中心, 划定 2 h 高铁圈覆盖范围, 共 53 个城市作为研究对象。通过某一城市同城网页面搜索关于另一个城市的所有信息, 将所出现的信息作为衡量另一城市到该城市的 (如宜昌市到武汉市) 信息流联系强度的依据, 那么该城市 (武汉市) 同城网所搜索到的其他所有城市信息数量总和, 即可衡量该城市 (如武汉市) 节点信息量, 同时也可作为衡量该城市在信息流网络中的重要程度的依据。采集 58 同城一周的信息数据, 取其平均值作为信息流数据。

2 武汉及周边城市网络空间结构分析

2.1 城市网络节点等级体系

首先, 统计 53×53 信息流流向矩阵。将某城市同城网页上搜索其他所有城市的一周信息数量的平均值相加, 得出该城市的信息接收量, 其他所有城市搜索该城市的一周信息量的平均值相加, 得出该城市发出的信息量, 通过 C-value、D-value、E-value 模型计算各城市 C、D、E 值 (表 1, 图 1)。

表 1 53 个城市 C/D/E 值

城市	D 值	C 值	E 值	城市	D 值	C 值	E 值	城市	D 值	C 值	E 值
武汉市	699 406	1.668716	1 024 307	益阳市	-25 912	-0.45109	116 828	黄冈市	-58 362	-0.65985	183 270
合肥市	599 156	2.037239	778 830	周口市	-26 748	-0.28162	191 212	新余市	-60 091	-1.46733	96 100
郑州市	525 891	0.976133	1 161 726	吉安市	-34 048	-0.76559	93 248	六安市	-63 177	-0.71383	184 464
长沙市	458 960	1.049558	953 426	九江市	-34 313	-0.31423	220 193	黄石市	-63 224	-0.65206	200 744
南昌市	167 203	0.912221	391 661	漯河市	-34 582	-0.45551	154 455	郴州市	-63 837	-0.9819	140 309
宜昌市	26 854	0.430686	126 625	孝感市	-35 487	-0.49848	145 319	驻马店市	-64 939	-0.58373	228 781
芜湖市	4 880	0.085324	114 467	娄底市	-35 598	-0.92087	82 703	阜阳市	-69 814	-0.66888	216 475
抚州市	2 218	0.072889	60 890	荆州市	-35 970	-0.37758	192 789	宜春市	-71 019	-0.96109	158 993
十堰市	-4 203	-0.15234	55 290	张家界市	-37 228	-0.88293	89 736	池州市	-78 007	-1.37053	131 120

蚌埠市	-4 234	-0.07684	110 247	湘潭市	-37 371	-0.50448	151 285	亳州市	-82 650	-1.24424	149 564
襄阳市	-4 344	-0.05568	156 083	萍乡市	-38 418	-0.79701	101 457	咸宁市	-91 643	-1.18123	172 801
常德市	-10414	-0.16716	124 894	景德镇市	-39 099	-0.81524	101 174	潜江市	-95 388	-1.74887	135 567
平顶山市	-13 381	-0.14812	181 012	信阳市	-39 492	-0.35921	222 240	天门市	-101 962	-1.82219	141 289
株洲市	-18 162	-0.21509	169 526	荆门市	-45 248	-0.73747	128 222	鄂州市	-103 294	-1.23097	188 500
鹰潭市	-20 371	-0.8209	52 388	安庆市	-45 976	-0.49925	187 991	仙桃市	-107 171	-1.77923	150 689
淮南市	-21 320	-0.40995	105 468	巢湖市	-49 491	-1.13806	96 164	铜陵市	-213 919	-2.37195	257 943
神农架林区	-21 532	-1.56949	32 853	黄山市	-50 158	-1.06061	103 288	南阳市	-252 690	-1.05217	523 837
许昌市	-22 819	-0.25542	179 647	岳阳市	-57 461	-0.55724	211 545				

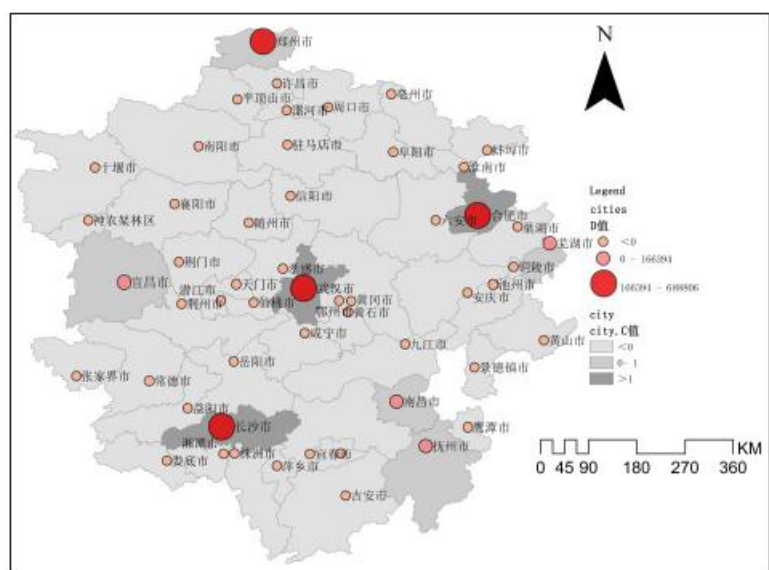


图1 基于C、D值的城市网络节点等级体系图

Fig.1 urban network node hierarchy diagram based on C and D values

将C-value、D-value 特征数据信息属性附加到ArcGis 中，并用自然断裂法将数据分成 3 大类。结果如图 1。

从表 1 和图 1 可以看出 53 个城市中只有 7 个城市发出的信息大于收到的信息。区域内信息流空间和原有城市体系结构具有相似性的层级体系特征，空间上呈现以武汉市为主导，以合肥、郑州、长沙为次级主导，以南昌、宜昌、芜湖、抚州为控制节点，以其他城市为基础层级的信息流空间层级结构。主导型或者控制型城市大多是中心和枢纽性城市，收发的总信息量较大。在省会城市中（武汉、合肥、郑州、长沙、南昌），武汉市的 D 值最大，与其他城市存在较大差异，发出的信息远大于收到的信息，在整个城市空间网络层级中主导和控制信息性更强。因此在信息流空间网络中，武汉不仅是湖北省的首位城市，同时也是我国中部地区重要的主导型城市。合肥的 E 值不高，但 C 值第一，和合肥处于长三角的城市群的地理区位有关。郑州和其他城市的联系总量较大，信息的控制性需进一步提高；长沙对信息的主导性大于郑州。第二等级的南昌与其他城市的信息联系较少。湖北省来说，宜昌发出信息多于收到信息，处于城市网络的优势地位，将成为湖北省网络空间的另一副中心。

在 C、D 值为负值的城市中，根据 James 和 Rona- 1a 的 D-Value 理论，属于从属型城市，但本文认为在 C、D 雷同的情况

下，E 值不同，城市在流空间结构中和其他城市联系度也是不同的。

Pred 提出大量专业信息汇集到有限数量的大都市区，通过循环和累积反馈机制使大城市中心获得持续的信息优势，促进其经济的增长，生成专门的信息优势^[26]，促进其城市等级进一步提升。E 值较大的积极主导型城市和积极附属型城市在信息化时代会通过循环和累积反馈进一步提升，而消极的或者信息边缘城市将进一步边缘化。在附属型城市中，南阳、铜陵等城市虽 D 值为负数，但 E 值较大，城市等级会进一步提升，而湖北其他城市，虽邻近武汉，反而因为大都市阴影区因素，在信息流方面积极性有待进一步提升。

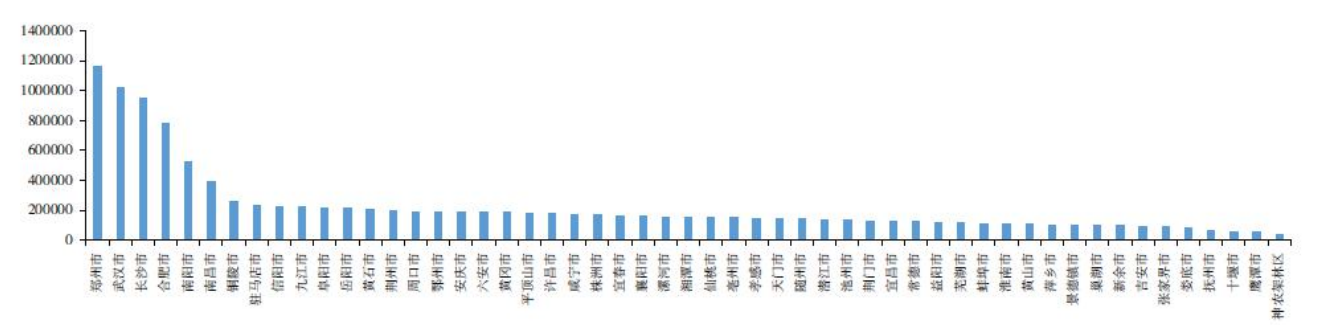


图2 E 值分布图
Fig.2 E value distribution diagram

表 2 城市信息等级性质和联动特征

D 值	E 值	城市等级性质	城市联系特征
(D>0)绝对值大	大	积极主导型或控制型	C、D 值为正值的城市中，E 值一般也较大，说明主导型或者控制型城市大多是中心和枢纽性城市，收发的总信息量较大，既和更高等级的城市紧密联系，又积极带动附属性城市
(D<0)绝对值大	大	积极附属型城市（强调共存，自存能力差）	接收上一层级的信息流较多，发出信息也多，但远小于接收信息流，强烈依附上一级大城市发展
	小	消极附属型城市（强调自存，共存能力差）	接收和发出的信息都较少，发出的信息更少，自身具有特色或吸引力，但没有积极拓展，和其他城市联系不紧密
绝对值小或接近于 0	大	积极附属型城市（注重自存和共存平衡）	接收和发出的信息都较多，既依附于上级城市，又和下级城市积极联系，未来有可能向主导型城市发展
	小	信息边缘城市	接收和发出的信息都较少，既不依附其他城市，又不具有信息吸引力，和其他城市几乎 没有联系

2.2 城市网络空间结构

首先，将 53×53 一周平均信息流流向和流量矩阵，和 D-Value 特征值，借助 ArcGIS 软件，通过自然断裂点得出区域城市网络连接强度结构图（图 3），即信息流量的空间分布图，进而发现区域城市网络的总体空间结构特征。

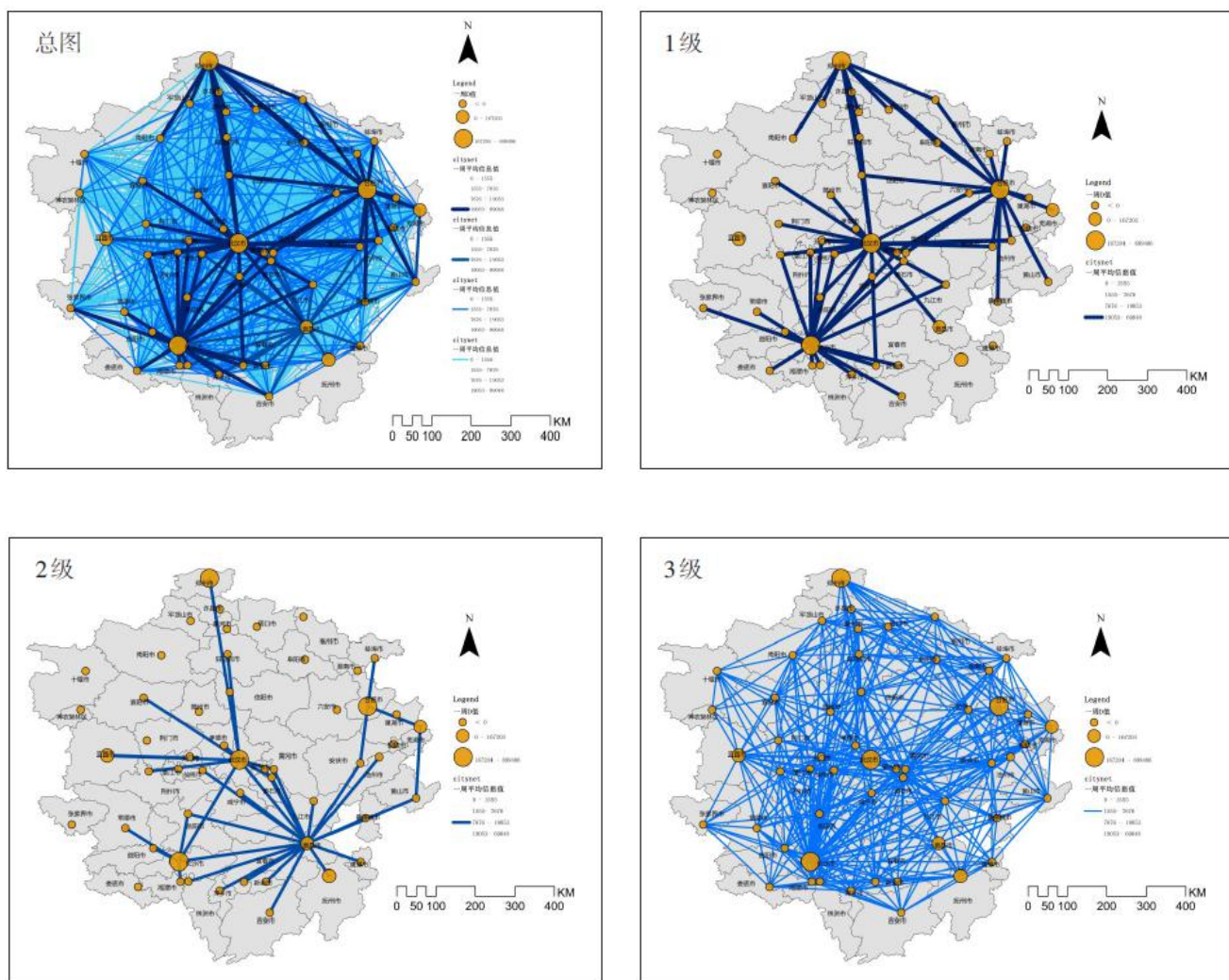


图3 城市网络体系空间结构图
Fig.3 Urban network system spatial structure diagram

由图3可知武汉腹地城市信息流网络空间结构呈“8”字型网络空间结构：五个省会城市之间形成了跨区域的紧密联系，武汉与长沙联系更紧密，南昌与其他城市的联系稍弱，武汉处于“8”的中心交叉点位置。区域联系线的密度由各省会组成的“8”字形线向周边逐级递减，特别是西部更稀疏。故其空间结构呈现出明显的“中心—外围”格局。与此同时，随着以中心城市为节点、信息主导型城市之间廊道为骨架的网络式结构的逐渐形成，区域的扩散效应也不断放大，促使各城市一方面表现出连接武汉、合肥、长沙等中心城市的向心性，另一方面又跳跃性地与非相邻地区产生主要联系，促使武汉与周边城市呈现多中心的空间形态。

各区域中心城市和武汉的较强联系强度说明，在信息流的影响下，地域形态上的联系弱于功能上的联系。第一等级信息流多发生在武汉、郑州、合肥和长沙各省会之间，构成城市网络的主干，与区域内的高铁交通流向相契合。信息流量所占比重达到54.7%，超过其余三等级之和，说明各区域中心城市是主导型和控制型城市，是信息活跃的、积极的，相互之间联系度较高，对低等级城市辐射引领作用较强。同时，各省会城市和行政区范围内的城市联系更紧密，行政因素依然是城市辐射范围的重要因素。第二等级以南昌周边为主、武汉到宜昌和襄阳为主、合肥周边少量以及长沙周边少量，信息流流量占到7.9%；第三等级流量所占比重达到30.8%，第四等级信息流流量所占比重达到6.6%。第二等级信息流流量所占比重不足，第三等级信息流流量比重较大，说明注重自存和共存平衡的积极附属性城市较少，强调“共存”，“自存性”差的积极附属性城市较多，这五省省

会城市的首位度都较高，其他城市对省会城市的依附性较强，省内具有专业分工互补或者具有特色吸引力区域副中心还没有完全形成，处于信息边缘城市的也较少。

2.3 武汉市收发信息分析

为了更好地了解武汉与周边的联系关系，本文进一步分析武汉市和周边城市的信息收发情况。

就武汉接收和发送信息情况而言，与武汉有着较强信息联系强度的城市主要集中在湖北省境内，“1+8”城市圈城市是武汉市收发信息的主要来源。同时省外，长沙、合肥、郑州、南昌等省会城市也是武汉信息的强来源。但也能看出武汉主要接收东边信息较多，而向西部发送信息较多，说明武汉在更大的区域范围内承接东部信息，向西部辐射。总体而言，武汉市与周边的城市信息联系呈现以“1+8”城市圈为核心，强强相互反馈的特征，即接受武汉市较强信息辐射的城市同时也是武汉市接收信息主要来源城市，这些城市都与武汉存在极强的信息联系。

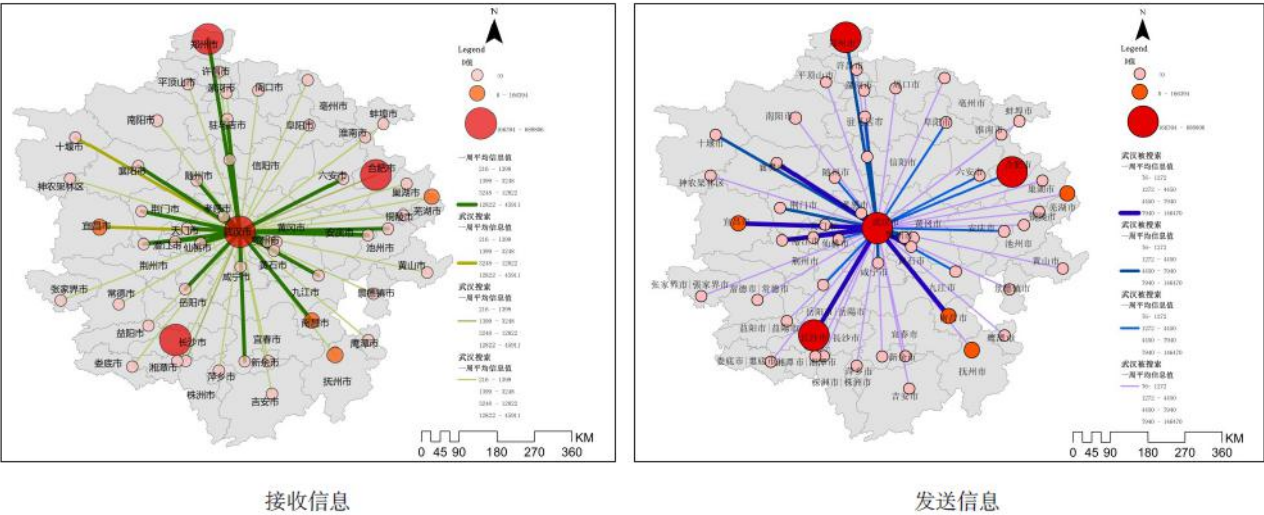


图4 武汉接收、发送信息情况图
Fig.4 Information received-sent by Wuhan

3 基于 C\D\E-value 模型的信息联系相关性分析

修春亮等用城市规模、人口和 GDP 等指标衡量城市的主导性，发现 D 值和城市规模显著相关^[27]。但本次研究发现，D 值并不和 GDP、人均 GDP 以及人口的变化完全一致。通过相关性分析发现：D 值和普通高等学校数量最相关，相关系数达到 0.941，和每城市的 GDP 相关系数达到 0.91，都呈现高度相关。C 值和 GDP 相关系数达到 0.803，和普通高校数量达到 0.776；E 值和普通高校数量达到 0.911，和 GDP 相关系数达到 0.906，由此可以看出信息流主导型城市不仅和城市综合实力（GDP）相关，更代表着知识和信息技术的大学数目最相关，说明知识、技术、人才等将会成为一个城市在信息社会提升其层级等级的重要因素。一个城市的知识和科研能力，会进一步提升其控制信息能力。

通过百度指数进一步发现：区域内几个省会城市，除共同关注天气外，武汉搜索指数最高的是大学和科研，长沙搜索指数最高的是旅游相关，郑州搜索指数最高的是售后和服务，合肥搜索指数最高的是工业和房价，南昌搜索指数最高的是大学和万达。武汉是中国重要的科研教育基地。普通高校和本科院校数仅次于北京，居中国第二，教育部直属全国重点大学数量居全国第三，在校大学生和研究生总数居世界第一，因此在信息技术高速发展的趋势下，武汉作为信息网络控制性节点城市的作用会

进一步凸显，易形成大都市区的地域形态。

4 结论和讨论

通过选取武汉和周边共 53 个城市的互联网信息联系数据，运用 C-value、D-value 和 E-value 数学模型，基于“流空间”研究视角，对研究区域内城市的网络节点等级体系、区域网络空间结构特征进行了解析，得出以下结论：

①区域内信息流空间和原有城市体系结构具有相似性的层级体系特征：该研究区域表现为以武汉市为主导，以合肥、郑州、长沙为次级主导，以南昌、宜昌、芜湖、抚州为控制节点，以其他城市为基础层级的信息流空间层级结构。从信息流收发的总量看，分为积极、消极和信息边缘城市。积极主导型城市和积极附属型城市在信息化时代会通过循环和积累反馈信息进一步提升，而消极的或者信息边缘城市将进一步边缘化。

②信息流视角下，基于传统的中心地理论的圈层式区域空间结构形态被打破，地理邻近效应减弱，主要城市之间跨区域联系增强。基于信息流的武汉市及周边城市体系的联系打破了传统的基于地理邻近城镇联系地理格局，突出地表现为一种跨区域的关系，在这种联系中，中心城市之间的联系远远大于其它城市，整体上呈现一种多中心网络空间形态。

③信息流流动的能力和城市综合实力正相关，特别是和代表知识和技术的软实力高度相关，在信息技术高速发展的趋势下，武汉作为信息网络控制型节点城市的作用会进一步凸显，游离在信息网络之外的城市将成为新的边缘城市。

互联网信息流反映出了偏重于人的诉求的城市联系度，其研究结果对以人为本的规划编制具有更高的参考性，且数据具有客观性、实时性和可获取性。但同时，城市之间的联系依赖于多种因素，单一的网络数据所反映的联系度还有些单薄，未来还需要补充较长时间的多种数据加以对比研究。另外，选择地级市为研究单元虽有数据收集便捷性的考虑，但在研究尺度愈发精细的今天，这样的尺度仍显粗放，也不利于联系方向与空间结构深入分析，这些问题都有待在接下来的研究中进一步细化。

参考文献：

- [1] Batty M. Urban Information Networks: the Evolution and Planning of Computer communications Infrastructure [C]. 1991.
- [2] Camagni RP. From City Hierarchy to City Network: Reflections About an Emerging Paradigm [M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1993: 66 - 87.
- [3] Manuel. Rise of the Network Society [C]. 1996: 389 - 414.
- [4] Malecki E J. The Economic Geography of the Internet's Infrastructure [J]. Economic Geography, 2002, 78(4): 399 - 424.
- [5] Mitchelson R L, Wheeler J O. The Flow of Information in a Global Economy: the Role of the American Urban System in 1990 [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1994, 84(1): 87 - 107.
- [6] Townsend A M. Network Cities and the Global Structure of the Internet [J]. American Behavioral Scientist, 2001, 44(44): 1 697- 1 716.

-
- [7] Goetz A R. Air Passenger Transportation and Growth in the U.S. Urban System, 1950-1987 [J]. Growth & Change, 2006, 23(2): 217 - 238.
- [8] Shin KH, Timberlake M. World Cities in Asia: Cliques, Centrality and Connectedness [J]. Urban Studies, 2000, 37(12): 2 257 -2 285.
- [9] Taylor P J. New Political Geographies: Global Civil Society and Global Governance Through World City Networks [J]. Political Geography, 2005, 24(6): 703 - 730.
- [10] Taylor P J. The New Geography of Global Civil Society: Ngos in the World City Network [J]. Globalizations, 2004, 1(2): 265 - 277.
- [11] Jacobs W, Koster H, Hall P. The Location and Global Network Structure of Maritime Advanced Producer Services [J]. Urban Studies, 2011, 48(13): 2 749 - 2 769.
- [12] Rossi E C, Beaverstock J V, Taylor P J. Transaction Links Through Cities: "decision Cities" and "service Cities" in Outsourcing By Leading Brazilian Firms [J]. Geoforum, 2007, 38(4): 628 - 642.
- [13] 顾朝林, 庞海峰. 基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分 [J]. 地理研究, 2008, 27(1): 1 - 12.
- [14] 宋伟, 李秀伟, 修春亮. 基于航空客流的中国城市层级结构分析 [J]. 地理研究, 2008, 27(4): 917 - 926.
- [15] 张凡, 杨传开, 宁越敏, 等. 基于航空客流的中国城市对外联系网络结构与演化 [J]. 世界地理研究, 2016, 25(3): 1 - 11.
- [16] 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): 1 230 - 1 237.
- [17] 高鑫, 修春亮, 魏冶, 等. 基于高速公路货流数据的重庆市区县关联网络格局研究 [J]. 人文地理, 2016, 31(1): 73 - 80.
- [18] Feng Z, Xia W, Yin J, et al. An Empirical Study on Chinese City Network Pattern Based on Producer Services [J]. Chinese Geographical Science, 2013, 23(3): 274 - 285.
- [19] 尹俊, 甄峰, 王春慧. 基于金融企业布局的中国城市网络格局研究 [J]. 经济地理, 2011, 31(5): 754 - 759.
- [20] 路旭, 马学广, 李贵才. 基于国际高级生产者服务业布局的珠三角城市网络空间格局研究 [J]. 经济地理, 2012, 32(4): 52 - 56.
- [21] 汪明峰, 高丰. 网络的空间逻辑: 解释信息时代的世界城市体系变动 [J]. 国际城市规划, 2007, 22(2): 36 - 41.
- [22] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征——以新浪微博为例 [J]. 地理学报, 2012, 67(8): 1 031 -1 043.

[23] 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.

[24] Wheeler JO, Mitchelson RL. Information Flows Among Major Metropolitan Areas in the United States [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1989, 79(4): 523 - 543.

[25] 梁鹤年. 城市人 [J]. 城市规划, 2012, 36(7): 87 - 96.

[26] Pred A. Classics in Human Geography Revisited. Pred, A. 1966: the Spatial Dynamics of Us Urban- industrial Growth, 1800- 1914 [J]. Progress in Human Geography, 1997, 21(3): 375 - 379.

[27] 修春亮, 魏冶. “流空间”视角的城市与区域结构 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.