

# 流量与关注度视角下的城市网络结构 ——以广州、深圳为例

吴 炫, 杨家文\*

(北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院, 广东 深圳 518055)

**摘 要:**在城市与区域转型发展的背景下,城市网络经历着剧烈的重构,广州和深圳是推动粤港澳大湾区一体化的主导力量,明晰其在网络中的发展定位与动态联系,对于引领区域协调发展具有重要的战略意义。然而,现有城市网络研究较缺乏对多尺度差异与虚实映射关系的关注,因此论文基于微博数据,从流量、关注度出发,运用社会网络分析,探究了广深在粤港澳大湾区、全国、全球网络中的节点地位与联系特征。结果表明:①多尺度网络下,广深不同的联系导向塑造了差异化的要素组织能力,广州辐射范围较广、联系相对均衡,深圳联系相对集中、与香港联系尤为紧密;②虚实网络之间,广深的对外联系存在协同补充、路径依赖效应,且在各尺度下具有不同程度的体现,多重效应的叠加交融推动着区域联系趋向柔性化;③基于上述网络格局,广深应立足于不同的联系模式与发展实际,分别发挥区域交通枢纽及创新制度高地的优势,引领打造有序高效的区域网络系统。

**关键词:**城市网络;微博;流量;关注度;粤港澳大湾区

在城市与区域转型发展的背景下,随着跨域要素流动规模的不断增长,区域一体化的空间发展框架已逐渐拉开(林雄斌等, 2015)。地理学者先后开创了世界城市假说(Friedmann, 1986)与全球城市理论(Sassen, 1991),认为城市间的经济活动构筑了复杂的层次结构,部分关键城市已成为全球资本积累的重要节点。之后, Castells(1996)在网络社会理论中提出了“流空间”的概念,指出城市发展并非依托本地化的静态功能,而是通过网络交互联系塑造了不同的区域发展地位与资源组织能力。在此基础上,社会网络分析等理论框架相继被引入城市区域系统研究,以进一步测度、解释跨域要素的流动、作用及演化过程,网络化由此成为了一项重要的组织原则(聂鑫鑫等, 2017)。

粤港澳大湾区(简称“湾区”)是中国参与全球竞争的重要空间载体,呈现出多核共生的城市网络格局。而中心城市作为区域网络体系的组织节点,其互动联系是整合跨域要素、推动区域增长的核心动

力(姚永玲等, 2015)。广州、深圳同属粤港澳大湾区,作为引领湾区一体化的主导力量,两者在人口、GDP等传统静态发展特征上具有高度相似性(广州市统计局, 2017; 深圳市统计局, 2017),但由于联系结构、发展路径等原因,两市在湾区内外动态联系上存在着较大差异。因此,以广州、深圳为例,明晰二者在区域网络中的发展定位与互动关系,对于支撑国家空间战略的推进、探索谋划区域协调发展模式具有重要的战略意义。

此外,在信息技术的影响下,城市网络经历着剧烈的动态重构,“流空间”展现出了更加丰富的内涵,“距离死亡论”(Cairncross, 2001)引起了学界的广泛讨论。当前,静态分布、时效滞后的传统数据已难以反映出日益复杂的联系格局,而近年来涌现出的带有地理标签、移动轨迹的“流”数据则为城市网络研究提供了海量数据支持(柯文前等, 2015)。国内外学者通过 Twitter、Flickr、微博、百度指数等数据,刻画了人口流动、边界划定、意向感知、出行

收稿日期:2019-01-02;修订日期:2019-03-19。

基金项目:国家自然科学基金项目(51678004)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 51678004.]

第一作者简介:吴炫(1995—),男,福建晋江人,硕士生,研究方向为城市区域交通。E-mail: 470449189@qq.com

\*通信作者简介:杨家文(1974—),男,湖南东安人,教授,博士生导师,研究方向为城市区域交通。E-mail: yangjw@pkusz.edu.cn

引用格式:吴炫, 杨家文. 2019. 流量与关注度视角下的城市网络结构: 以广州、深圳为例 [J]. 地理科学进展, 38(12): 1843-1853. [Wu X, Yang J W. 2019. City network by mobility and attention indices: A comparison of Guangzhou and Shenzhen. Progress in Geography, 38(12): 1843-1853.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.12.002

驱动等城市动态交互格局(董超, 2012; Belyi et al, 2017; Yin et al, 2017; 谢永俊等, 2017)。

然而,纵向视角下,现有城市网络研究侧重于揭示单层级网络的整体结构特征,缺乏对个体节点在不同尺度网络下联系差异的关注;多要素横向对比上,学界多采用多源数据,在虚实映射关系的可比性、潜在偏差等方面易引起质疑。因此,本文拟回答2个重要问题:①多尺度网络下,广州、深圳分别展现出了什么特征,不同尺度间存在何种差异?②虚实网络之间,如何理解广深联系的映射关系,2类联系经由哪些路径相互影响?基于以上认知,本文以新浪微博API单个数据源,通过实体跨城流动、虚拟异地关注2个视角,从湾区、全国、全球3个尺度构建有向加权城市网络,尝试剖析广州、深圳的节点特征与联系差异,进一步透视“流空间”理论框架下城市网络的作用形态、演进路径及区域响应(王萌等, 2017),以期构建广深竞合背景下的空间发展战略与区域发展体系提供理论依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

本文通过新浪微博API获取了自2018年1月1日—2月6日共37 d的数据,研究时段避开了春运时期,经过清洗、去重后,得到10697995条带有地理位置的微博。按时间整合用户流动链,可得 $\{(l_1, t_1), (l_2, t_2), \dots, (l_n, t_n)\}$ ,  $l_i$ 和 $t_i$ 分别表示第 $i$ 次签到的位置与时间,并移除连续签到间隔速度超过1000 km/h的异常数据(Hawelka et al, 2014),进一步计算“流数据”的2类替代参量。

(1) 流动量:表征城市之间的实体人流联系次数。根据用户流动链,比较连续2次签到位置,若城市不同,则判定2城间发生了一次跨城流动,反之则未发生流动。

(2) 关注度:表征城市之间的虚拟信息流联系次数。以签到位置为城市 $i$ ,辅以过滤条件,若微博文本中检索到城市 $j$ 名称,则判定为城市 $i$ 对 $j$ 的一次异地关注(全球网络中,以英文大小写、首字母大写及中文名集合进行检索)。

不同尺度下,网络联系的表征内涵与作用机制具有差异,因此将2类替代参量贯穿3个尺度,分别除以该尺度网络中的最大值,以获取相对值。研究结果与珠三角(谢永俊等, 2017)、中国(王姣娥等,

2017)、全球网络(Choi et al, 2006)等视角下的联系格局相近,一定程度上印证了数据的有效性。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 社会网络分析

以城市为节点,以流动量、关注度为边权重,分别构建有向加权网络,并综合运用Matlab、Gephi等软件对网络格局进行分析。

(1) 度中心性(Alderson et al, 2004):衡量节点在网络中的地位及影响力,即节点连接的所有边权重之和。公式如下:

$$C_D(i) = \sum_j w_{ij} \quad (1)$$

式中:  $C_D(i)$  为度中心性,  $w_{ij}$  为 $i$ 到 $j$ 的边权重。本文中,  $C_D(i)$  取出、入度中心性之和。

(2) 接近中心性(Alderson et al, 2004):衡量节点在网络中的通达性程度,即节点至其他可到达节点距离之和的倒数(以边权重的倒数作为边长度)。公式如下:

$$C_c(i) = \left( \frac{A_i}{N-1} \right)^2 \frac{1}{D_i} \quad (2)$$

式中:  $C_c(i)$  为接近中心性,  $A_i$  是节点 $i$ 可到达的节点数,  $N$  是网络中的节点总数,  $D_i$  是从节点 $i$ 到所有可到达节点的距离之和。本文中,  $C_c(i)$  取出、入接近中心性的平均值。

(3) 首、次位联系(王姣娥等, 2017):指与广深的双向边权重之和位于节点对外交流第一、二位的城市联系,反映了该节点的跨域要素流动在一定程度上受到广深的组织配置。

为确保可视化分析的准确性,依据最大化维持信息相关性、丰富度的原则进行敏感性检验(王永明等, 2012),以相关系数、香农熵绘制碎石图(Scree Plot),找到特征转折点作为划分联系层级的阈值,通过网络过滤进一步简化、概括网络特征。

#### 1.2.2 平均旋转半径

平均旋转半径代表居民流动行为的范围,其值越高表示流动范围越大。其中,判断用户居住地的规则为:① 19:00~6:00内,取签到频数最高的城市为居住地(Xu et al, 2018);② 若该时间段内无签到,取签到总频数最高的城市为居住地;③ 若多个城市频数相同,取距离签到重心最近的签到城市作为居住地。平均旋转半径公式如下:

$$R_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{l}_i - \bar{l}_c)^2}{n}} \quad (3)$$

式中： $\vec{l}_i$  为位置向量， $\vec{l}_c = \sum \vec{l}_i / n$  为签到重心， $R_g$  为旋转半径。

## 2 湾区城市网络下的广深对比分析

粤港澳大湾区尺度下,本文选取广东省9个地级市及香港、澳门2个特别行政区为网络节点,研究时段内共有861862条湾区签到微博,其中,广深微博分别占31.93%、30.42%。

以节点特征来看,广州在流动网络中优于深圳,度中心性高达15153(表1)。度中心性从集计层面反映了网络联系决策结果,侧重于刻画节点控制力及区位优势,广州作为湾区交通枢纽、政治经济中心,展现出了广阔密集的外向流动关联,以实现经济活动、市场空间与网络运转相匹配。另一方面,流动接近中心性则主要度量网络连接性和联系效率,广州坐落于连接东西岸的交通要道上,铁路、公路交通体系积厚成势,接近中心性为47.39,居湾区首位,显示出了良好的网络通达性,地方场所的邻近使其便于深入湾区城市、高效对接腹地,进而整合吸纳资源。联系导向方面,广州与东、西岸城市的联系相对均衡,分别占其对外流动量的57.92%、42.08%。联系广度方面,平均旋转半径达87 km,首、次位联系可辐射湾区全域,但目前仍局限于近域拓展,其与网络边缘的惠州、肇庆、江门三地的联系总量仅占对外流动量、关注度的11.39%、7.91%,对于潜在腹地的纵深关联、引领带动仍有较大发展空间。

深圳则在关注网络中具有显著优势,度中心性为5185,较广州高出584。深圳作为湾区信息枢纽与创新高地,随着信息需求、产出与消费的迅速增长,其隐性知识的外溢效应推动了湾区关注网络的演化,也使得个体对于地方场所的主观认知水平获得了提升。另一方面,关注接近中心性体现为城市

感知下形成的情境约束,深圳与香港地理接近、制度接近等因素成为了网络发育初期的推动力,接近中心性高达12.27,较低的信息流转成本使深圳拥有了更多直接参与、嵌入网络的机会,进而以网络延伸带动信息技术的全域化发展(孙中伟等,2009)。但以流动网络来看,深圳地处珠江东岸,受空间距离、水体屏障制约,联系能力弱于广州,度中心性仅为14605。联系导向方面,深圳的对外联系相对集中,港深互动联系占深圳对外流动量的41.50%,但与西岸城市流动量的占比之和却不足15%,呈现极化现象。联系广度方面,深圳的平均旋转半径为56 km,辐射范围小于广州,与莞、惠、港形成了3对首位联系,主要依托东进战略带动深莞惠一体化建设,但拓展西岸腹地具有一定难度。

为了全面理解网络联系格局,经敏感性检验、网络过滤后,根据碎石图的特征转折点将联系划分为主干线、次干线、支线3个层级,并以城市的度中心性表示节点大小(图1)。

以联系格局来看,深港间的人流、信息流互动联系占据前列(表2)。流动网络中,两地的频繁互动与其产业合作的发展需求有关,改革开放初期,港商依托人缘地缘优势,以深圳为窗口建立了“前店后厂”的经济分工格局;如今随着前海蛇口自贸区、河套创新合作区的加速开发,两地金融、交通、贸易等领域的合作不断深化,深港合力发展的潜能将进一步释放。关注网络中,“深→港”单向关注度高达1601,位居首位,这主要是由于深圳在引入香港的国际市场信息、创新制度技术等战略实施中更加主动作为。但另一方面,反向的“港→深”关注度则骤减至550,呈现联系断层现象:一是可能缘于两地微博用户覆盖率的差异,香港签到微博仅占湾区的7.01%,关注主体的活跃性稍弱;二是文化、制度性障碍影响了城市主体的联系导向(张林等,2006),关注认同感尚待提升。

其次,广深、广佛联系也是支撑湾区网络的骨架。广州联系通道完备、经济腹地广阔,深圳则在创新生态体系、资本输出引入上占优,两者间流动量、关注度相对值介于0.45~0.77,位序均处前列,两者以多层次、多领域的联动竞合引领着湾区网络格局的更迭;而广佛两地市区在空间上邻近,流动量相对值达0.66以上,交通运输的接驳与公共服务的统筹在一定程度上推动了同城化发展,但其信息联系发展不足,关注度相对值均低于0.26。

表1 湾区城市网络指标

Tab.1 Indices of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area's city network

指标	流动网络		关注网络	
	广州	深圳	广州	深圳
度中心性	15153	14605	4601	5185
接近中心性	47.39	45.76	11.89	12.27
首位联系	5	3	3	3
次位联系	3	1	2	4



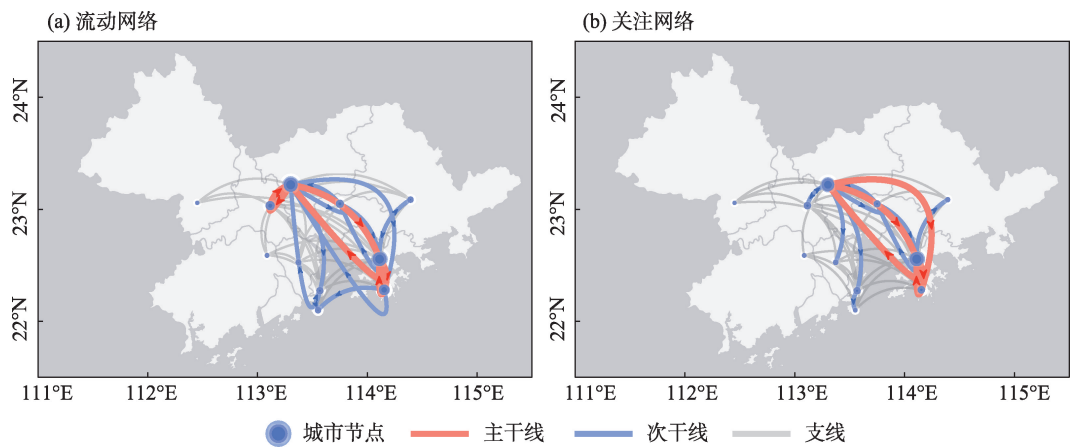


图1 粤港澳大湾区城市网络联系

Fig.1 Connectivity of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area's city network

表2 粤港澳大湾区城市网络联系强度

Tab.2 Connection rate of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area's city network

排序	流动网络				关注网络			
	起点	终点	流动量	相对值	起点	终点	关注度	相对值
1	深圳	香港	2976	1.00	深圳	香港	1601	1.00
2	香港	深圳	2608	0.88	广州	深圳	752	0.47
3	广州	深圳	2304	0.77	深圳	广州	715	0.45
4	深圳	广州	2069	0.70	广州	香港	551	0.34
5	佛山	广州	2003	0.67	香港	深圳	550	0.34
6	广州	佛山	1976	0.66	佛山	广州	423	0.26
7	东莞	深圳	999	0.34	广州	中山	390	0.24
8	深圳	东莞	987	0.33	珠海	澳门	377	0.24
9	广州	东莞	759	0.26	广州	佛山	302	0.19
10	东莞	广州	752	0.25	东莞	深圳	281	0.18

此外,广州对香港的单向关注度相对值为0.34,高于流动量的0.24,凸显出了两地跨域信息交流的需求;在广深廊道的辐射带动下,东莞的城市节点发展初显成效,与广深均建立了双向次级联系,流动量相对值介于0.25~0.34,但关注度却低于0.18。

3 中国城市网络下的广深对比分析

全国尺度下,选取了365个网络节点,包括334个地级市、4个直辖市、港澳台及24个省辖县。研究时段内共有9970715条国内签到微博,从中提取度中心性前30名的城市节点构建联通子图(表3、图2)。其中,北上广位列前3位,而深圳则在流动与关注网络中分别位于第6、第4位。

以节点特征来看(表3),交通基础设施作为跨城

表3 广深在中国城市网络中的指标

Tab.3 Indices of Guangzhou and Shenzhen in China's city network

指标	流动网络		关注网络	
	广州	深圳	广州	深圳
度中心性	34830	30062	16013	15820
接近中心性	0.1659	0.1606	0.0493	0.0490
首位联系	13	6	12	6
次位联系	14	7	12	12

人流的空间载体,成为了塑造网络的组织轴线。流动网络中,广州是华南最大的综合交通枢纽,度中心性达34830,较深圳高出4768;联系广度方面,广州海陆空铁网络较为成熟,首、次位联系主要位于粤西、粤北及湘桂地区,平均旋转半径达697 km,可辐射至长沙、贵阳、南宁等城市,腹地市场发展潜力巨大。深圳融入国家铁路网络的程度、客货运量均低于广州(广州市统计局, 2017; 深圳市统计局,

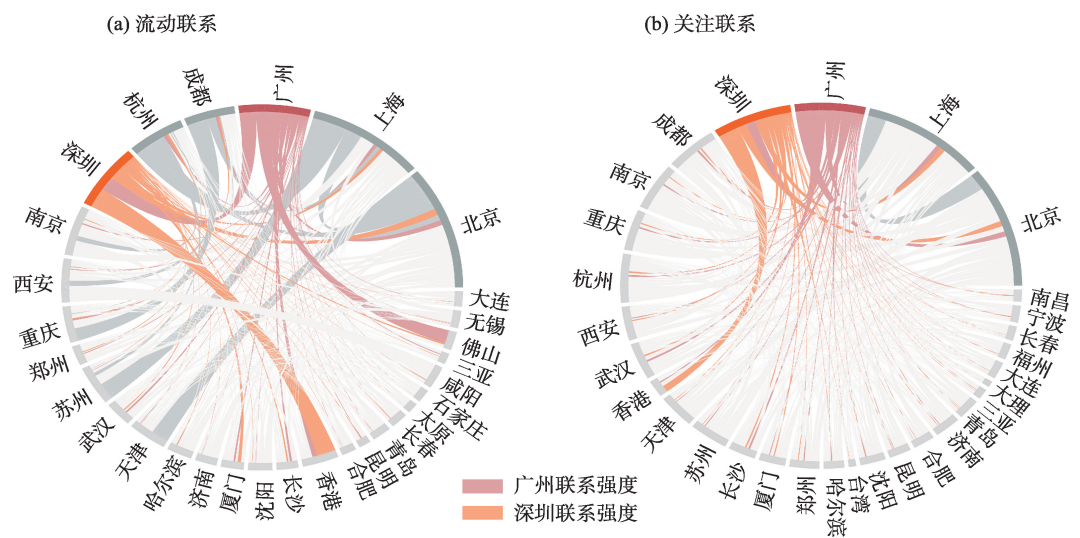


图2 广深在中国城市网络中的和弦图

Fig.2 Chord diagram of Guangzhou and Shenzhen in China's city network

2017),度中心性仅为30062;联系广度方面,首、次位联系主要位于粤东及闽赣地区,平均旋转半径为601 km,可覆盖厦门、福州、新余等邻近城市。

关注网络中,与湾区网络所不同的是,广州的度中心性略高于深圳,呈现出了路径依赖效应(魏宗财等,2013)。尽管信息流成为了新的要素组织动力,但广州、深圳的决策营运部门与传输媒介载体等物化的地理支撑仍存在明显的空间分异,信息流无法完全脱离实体空间成为塑造网络的主导力量(杨家文,1999)。广州作为中国3大通信枢纽之一,度中心性达16013,其关注网络的演进遵循通信设施的积累进程与流动路径的发展惯性不断自我强化,结果符合理论预期。深圳的信息交流格局则内嵌于产业网络,接近中心性为0.0490,网络可达

性与广州差异较小,但仍需更为广泛高效的载体布局,以提升信息负载能力。

以联系格局来看,广深展现出了多种联系导向(表4),其中,信息流呈现出了协同补充效应(魏宗财等,2008)。流动网络中,深圳与北京、厦门联系紧密,流动量相对值达0.38以上,广州则与上海、武汉、杭州互动活跃,流动量相对值达0.40以上,但在关注网络中,两者的联系导向却大致相反,可能的解释是广深的实体流动联系受距离、供求等机制的约束,而信息流部分补充了地方场所中的实际位移,开辟了更为广泛的的城市互动选择,提升了组织要素的灵活性,缩小了区位差异。这一效应在湾区网络中同样有所体现,例如广港之间距离较远,但关注度相对值高于流动量;而广佛、深莞区位相邻,

表4 广深在中国城市网络中的联系强度(过滤湾区内联系)

Tab.4 Connection rate of Guangzhou and Shenzhen in China's city network (filtering out the bay area connections)								
排序	流动网络				关注网络			
	起点	终点	流动量	相对值	起点	终点	关注度	相对值
1	北京	深圳	1043	1.00	广州	北京	1015	1.00
2	深圳	北京	943	0.90	深圳	北京	731	0.72
3	北京	广州	796	0.76	深圳	上海	505	0.50
4	广州	北京	774	0.74	广州	上海	493	0.49
5	广州	上海	593	0.57	北京	深圳	466	0.46
6	上海	广州	543	0.52	北京	广州	450	0.44
7	深圳	上海	521	0.50	上海	广州	389	0.38
8	上海	深圳	487	0.47	上海	深圳	384	0.38
9	广州	杭州	446	0.43	广州	成都	297	0.29
10	厦门	深圳	441	0.42	深圳	成都	248	0.24

具有较高的流动量,但关注度却相对不足。

另一方面,地方场所仍具有持续效力,信息流存在明显的路径依赖效应(魏宗财等, 2013),主要体现在深圳与漳州、九江,广州与长沙、贵阳的流动、关注导向保持一致,且2类联系的相对值之差较低,均位于0.06以下。由于隐性知识的传递与大多数生产生活服务仍需面对面交流,广深的实体流动提升了主体互动概率与信息传播途径,而信息流又反过来扩大了人群的空间感知,产生了更多的出行需求。在多重效应的叠加交融下,传统的地缘联系差异转向了复合型组织机制,广深的区域联系趋向柔性化(周玉翠等, 2006)。

此外,广、深联系格局不仅是节点体量、等级与影响力的体现,亦是城市联系博弈的结果,本文运用比值法进一步探索优势联系(曹子威等, 2013)。若某市与广、深的联系比值介于0.8~1.2之间,为双城联系均衡型;若比值小于0.8,为深圳联系优势型;若比值大于1.2,为广州联系优势型。

流动网络中(图3a),广深的联系遵循距离衰减规律,与胡焕庸线以西的城市交互薄弱,流动量相对值均处于0.07以下,多为联系均衡型城市;其次,单城优势型城市呈集聚连片分布,基本上以京广铁路为中轴线,西侧主要为广州联系优势,东侧主要为深圳联系优势。广州充分发挥京广铁路的廊道效应连接了6省省会,并经由沪汉蓉高铁实现了与长三角、成渝城市群的快速通达,与126个城市构建了联系优势。深圳在东北侧沿京九铁路向内陆延伸,但仅途经南昌1个省会,区域联动辐射能力有限,东侧则沿厦深铁路与海峡西岸城市群紧密对

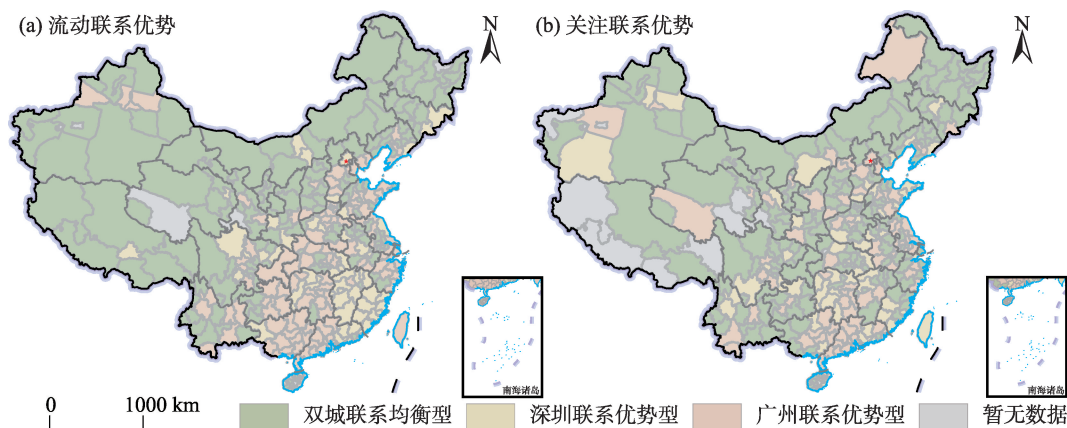
接,仅有54个联系优势城市。

关注网络中(图3b),广深的跨域性联系增强,打破了基于传统中心地理论的区域空间结构。广州汇集了华南大区的邮政、央行等决策营运中心,在行政指向下,信息流先遵循等级扩散的路径传递至大部分省会城市,再以接触扩散向周边传播,与88个城市构建了联系优势。深圳在地缘政治影响力等方面弱于广州,但经早期对市场经济的探索,信息经济渗透、实践经验推广的开放性更加显著,在市场指向下,深圳对各省外围地区的辐射带动相对占优,呈现出飞地式镶嵌的格局,共有57个联系优势城市,数目差距有所减小,且多为“信息腹地→深圳”的单向关注。

#### 4 全球城市网络下的广深对比分析

全球尺度下,城市网络会在一定程度上受到微博使用群体、社会文化背景、国家政治体制等多方差异的影响(Hawelka et al, 2014)。因此,借鉴 Son (2014)对近30 a的22个全球城市网络研究的统计分析,结合城市微博数据量与用户覆盖率,选取了184个主要城市节点。需要指出的是,鉴于香港的国际地位及其与广深的紧密联系,本节将其一同纳入网络进行比较。研究时段内共有201587条国外签到微博,提取度中心性前60名的节点构建联通子图(图4)。

以节点特征来看(表5),广州的全球流动、关注度中心性皆高于深圳,与全国网络表现出了一致性。流动网络中,香港的度中心性最高,其次为广



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1827号的标准地图制作,底图无修改。下同。

图3 广深在中国城市网络中的联系优势对比

Fig.3 Comparison of prioritized connections between Guangzhou and Shenzhen in China's city network



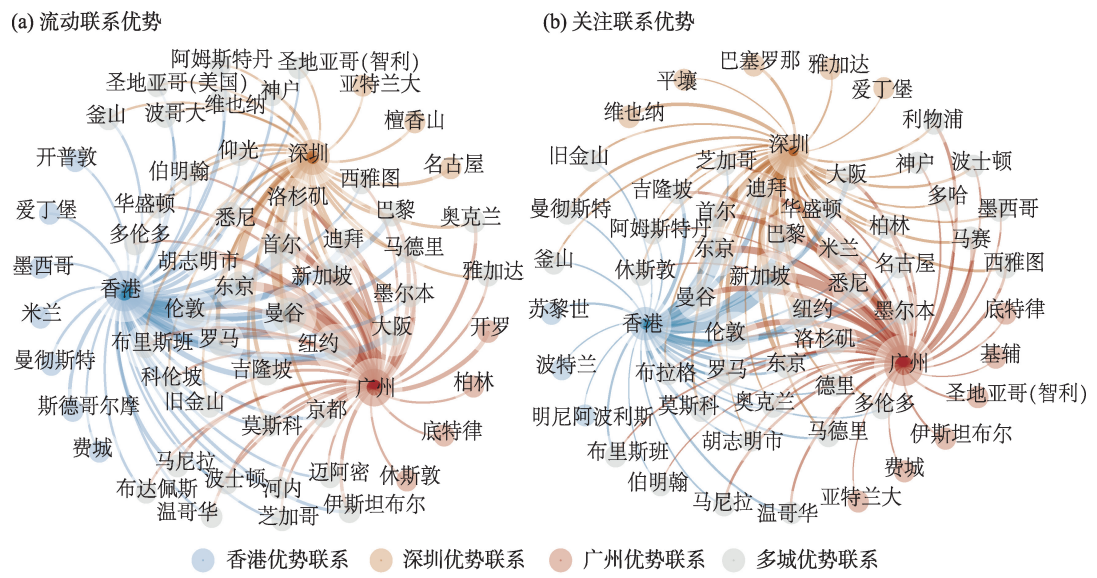


图 4 广深在全球城市网络中的联系优势对比

Fig.4 Comparison of prioritized connections between Guangzhou and Shenzhen in global city network

表 5 广深在全球城市网络中的指标

Tab.5 Indices of Guangzhou and Shenzhen in global city network

指标	流动网络			关注网络		
	广州	深圳	香港	广州	深圳	香港
度中心性	847	604	958	1054	935	990
接近中心性	0.0170	0.0165	0.0173	0.0167	0.0164	0.0166
首位联系	42	20	50	50	36	45
次位联系	26	24	32	46	34	20

州。广州通过全球粤侨关系网吸纳了大量外资,以“广交会”融入国际市场,并依托白云国际空港、南沙深水海港等战略资源打开了对外通道,历史惯性与交通优势塑造了其商贸枢纽的地位,度中心性达 847,较深圳高出 243;联系广度方面,其平均旋转半径达 3185 km,与曼谷、新加坡等城市形成了首位联系,未来,广州将建设成为引领全球现代交通发展的综合枢纽。

深圳单节点的流动联系能力较弱,度中心性仅为 604,在国际航点覆盖、客运量等方面较广州仍有差距(广州市统计局, 2017; 深圳市统计局, 2017),平均旋转半径为 2870 km;但香港作为国际中转枢纽,航空网络广阔,2017 年接待旅客超 7200 万人次(刘倩, 2018),近年来通过“经深飞”“深港互飞”等项目的中转衔接,有效促进了国内、国际航线的资源互补。根据流动路径分析,在“深—港”流动群体中,有 8.95% 的用户在流动链上下游与国外城市具有联系,而在“广—港”流动群体中仅为 4.08%,这说明由

于深圳国际航线的缺失,部分国际客流需经香港中转,间接反映出了深圳的对外联系对香港仍有一定的依存度。

关注网络中,信息化驱动着全球生产环节的空间分离,塑造了“信息集中—空间分散”的联系模式(孙中伟等, 2009)。广州度中心性为 1054,信息辐射优势主要体现在信息媒介与使领馆、国际友城关系网的支撑。作为中国三大互联网国际出入口之一,广州的国际局电路可直达 70 多个国家(刘茜, 2017),接近中心性达 0.0167,显示出了良好的信息接入性,进而吸引全球经济活动的集聚,但也存在创新能力不足、高端引领较弱等问题(孙莉, 2013)。

深圳关注度中心性为 935,略低于广州,但在知识共享、技术互补、成果转化等方面具有一定的制度厚度,创新驱动效应显著,信息经济持续增长(孙莉, 2013)。联系导向方面,深圳与伦敦、纽约等城市形成了首位联系,关注度相对值介于 0.24~0.62 之间。此外,香港经由深圳向内地辐射国际市场信

息,两者以良性双向互动、先进制度规则引领着全球信息的集疏,进而支撑着深圳扩大对外开放空间、深度参与国际分工合作。

以联系格局来看(图4a),相较于湾区、全国网络,随着节点间距离的增加,信息流的协同补充效应更为显著,并驱动着广深的对外联系趋向分散,与实体人流呈现出了一定差异,这表明了实虚网络的动态发展具有不同的逻辑。流动网络中,广州、深圳的主导联系覆盖曼谷、东京、新加坡等邻近城市,流动量相对值介于0.37~1之间(表6),但与欧美主要城市的流动量却不足0.26,说明地理距离仍是实体网络联系的重要影响因素。其次,曼谷与广深港三地均形成了紧密的联系,流动量相对值达0.44以上,反映出了部分国际签到数据可能偏向于旅游行为的表征内涵。

另一方面,关注网络中的主导联系则大幅改变(图4b),广州、深圳与纽约、伦敦、巴黎的关注联系跃居前列,相对值介于0.34~0.62之间(表6),部分城市功能交互趋向虚拟化、信息化,成为了新的网络联系支撑。此外,在10000、20000、30000 km三个圈层中,关注度分别占2类联系总和的46.08%、58.43%、68.13%,该结果指出了信息流可能在广深的远距离互动中发挥着更加关键的作用,通过区域外包、离岸业务、技术转移等信息密集型手段,重塑了广深的对外联系格局,缩短了全球网络间的感知距离。

5 结论与展望

本文基于微博数据,运用社会网络分析方法,辨析了广州、深圳在多尺度下流动、关注网络的

联系差异,为城市网络、“流空间”理论提供了新的视角。研究得出以下结论:

(1) 多尺度网络下,广州、深圳不同的发展路径与联系导向塑造了差异化的要素组织能力,同时也存在距离、资源、供求等约束机制。其联系特征为:① 湾区尺度下,广州倾向建立均衡联系,深圳则相对集中;② 全国尺度下,广州占据联系枢纽,快速融入沿线走廊,深圳则因联系通道受限,主要辐射闽赣地区;③ 全球尺度下,广州依托商贸发展与基础设施优势打开了对外通道,深圳则与香港联系尤为紧密。

(2) 实虚网络之间,广州、深圳表现出了多种联系导向,且在各尺度下具有不同的发展与体现。一方面,信息流遵循物化载体的空间布局与实体流动的发展惯性不断强化,具有显著的路径依赖效应;另一方面,信息流作为实体流动的补充,拓展了人们的空间感知,促使部分城市功能联系趋向信息化,展现出了一定的协同补充效应。多重效应的叠加交融提升了网络的广度与深度,推动着城市网络联系趋向柔性化。

(3) 基于上述的城市网络格局,广州、深圳应立足于不同的联系模式与发展实际,引领打造有序高效、协同联通的城市网络系统。① 在湾区内部,广州、深圳应坚持极点带动、辐射周边的发展战略,一方面以交通、信息基础设施互联互通为基础,逐步发挥产业梯度转移效益,引领湾区城市全面务实合作、协同联动发展;另一方面,以社会民生联系为纽带,加强与港澳的高效衔接与体制协调,创新通关模式、提升通关能力,进而在人才流动、信息集散与商贸合作等方面寻求更大的成长空间。② 在全国

表6 广深在全球城市网络中的联系强度(过滤国内联系)  
Tab.6 Connection rate of Guangzhou and Shenzhen in global city network (filtering out domestic connections)

排序	流动网络				关注网络			
	起点	终点	流动量	相对值	起点	终点	关注度	相对值
1	广州	曼谷	83	1.00	广州	新加坡	94	1.00
2	香港	曼谷	75	0.90	广州	东京	73	0.78
3	香港	东京	59	0.71	深圳	伦敦	58	0.62
4	曼谷	广州	55	0.66	深圳	纽约	55	0.59
5	首尔	香港	53	0.64	新加坡	香港	51	0.54
6	深圳	曼谷	49	0.59	深圳	巴黎	50	0.53
7	广州	新加坡	46	0.55	深圳	新加坡	49	0.52
8	曼谷	香港	45	0.54	广州	纽约	48	0.51
9	东京	香港	43	0.52	香港	新加坡	47	0.50
10	香港	首尔	40	0.48	香港	东京	46	0.49



网络中,湾区作为经济增长的重要引擎,上升为国家战略后,更应成为全国有引领作用的创新中心。广州、深圳应坚持轴带支撑、创新驱动的发展战略,构建运作高效、衔接顺畅的对外联系通道,塑造区域经济发展轴线,深化湾区与海峡西岸城市群、中南地区、长江中游地区、西南地区的交流合作,实现基础设施网络、信息流通渠道、城市功能资源的相互支持与融通促进,形成全国的创新高地。③在国际联系上,湾区应服从国家战略发展大局,因而广州、深圳应以开放包容的姿态建立与全球城市间的联系互动,更深广地融入全球经济体系,成为“一带一路”倡议的重要支撑区域;另一方面,面对世界三大湾区的竞争,应推进广州-深圳国际性综合交通枢纽建设,提升互联网流量转接能力,建立与国际接轨的开放型经济制度、法律体系,开拓意识形态话语的全球视野,建成高水平的对外开放门户。

不可否认的是,微博数据存在内生性的用户群体偏差、地区用户覆盖率差异等局限,还需补充其他“流数据”展开验证与探讨,以提升研究结果的稳健性;其次,未来研究可考虑通过网络时序变化的视角,全面刻画城市网络的关联动态与发展趋向;此外,网络中所展现出的政策壁垒、制度差异对要素流动的影响机制,尚待进一步深入探究。

## 参考文献(References)

- 曹子威,罗震东,耿磊. 2013. 基于信息流的城市-区域关系比较研究:以马鞍山和芜湖为例[J]. 经济地理, 33(5): 47-53. [Cao Z W, Luo Z D, Geng L. 2013. Information-flow based comparative research of urban-region relations: A case study of Ma'anshan and Wuhu. *Economic Geography*, 33(5): 47-53.]
- 董超. 2012. “流空间”的地理学属性及其区域发展效应分析[J]. 地域研究与开发, 31(2): 5-8. [Dong C. 2012. On the geographical attributes of space of flows and their effects in regional development. *Areal Research and Development*, 31(2): 5-8.]
- 广州市统计局. 2017. 广州统计年鉴(2017) [M]. 北京: 中国统计出版社. [Guangzhou Statistics Bureau. 2017. *Guangzhou Statistical Yearbook* (2017). Beijing, China: China Statistics Press.]
- 柯文前,俞肇元,陈伟,等. 2015. 人类时空间行为数据观测体系架构及其关键问题[J]. 地理研究, 34(2): 373-383. [Ke W Q, Yu Z Y, Chen W, et al. 2015. Architecture and key issues for human space-time behavior data observation. *Geographical Research*, 34(2): 373-383.]
- 林雄斌,杨家文,林倩. 2015. 都市区中心城与次区域跨界协

- 调发展探讨:以宁波为例[J]. 城市观察, (4): 74-86. [Lin X B, Yang J W, Lin Q. 2015. An exploration of cross-border governance and coordinated development between the central city and subregions in metropolitan areas: A case study of Ningbo. *Urban Insight*, (4): 74-86.]
- 刘茜. 2017. 广州具备坚实基础 建设国际科技创新枢纽[N/OL]. 南方日报, 2017-07-07(GC03). [http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2017-07/07/content\\_7651136.htm](http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2017-07/07/content_7651136.htm). [Liu Q. 2017. Guangzhou has a solid foundation to build an international technological innovation hub. *Nanfang Daily*, 2017-07-07(GC03). [http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2017-07/07/content\\_7651136.htm](http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2017-07/07/content_7651136.htm).]
- 刘倩. 2018. 粤港澳大湾区民航需求强劲[N/OL]. 南方日报, 2018-03-29(A12). [http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2018-03/29/content\\_7712672.htm](http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2018-03/29/content_7712672.htm). [Liu Q. 2018. Civil aviation is demanded strongly in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. 2018-03-29(A12). [http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2018-03/29/content\\_7712672.htm](http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2018-03/29/content_7712672.htm).]
- 聂晶鑫,黄亚平,刘合林,等. 2017. 基于社会网络分析的武汉城市圈城镇生活性关联特征[J]. 经济地理, 37(3): 63-70. [Nie J X, Huang Y P, Liu H L, et al. 2017. The associated features of urban life in Wuhan metropolitan area based on social network analysis. *Economic Geography*, 37(3): 63-70.]
- 深圳市统计局. 2017. 深圳统计年鉴(2017) [M]. 北京: 中国统计出版社. [Shenzhen Statistics Bureau. 2017. *Shenzhen Statistical Yearbook* (2017). Beijing, China: China Statistics Press.]
- 孙莉. 2013. 广州与深圳城市创新职能比较研究[D]. 广州: 广州大学. [Sun L. 2013. Comparative study on development force in underdeveloped areas of Guangdong. Guangzhou, China: Guangzhou University.]
- 孙中伟,路紫,贺军亮. 2009. 世界互联网信息流的空间格局及其组织机理[J]. 人文地理, 24(4): 43-49. [Sun Z W, Lu Z, He J L. 2009. Research on spatial pattern and organization mechanism of international internet information flows. *Human Geography*, 24(4): 43-49.]
- 王姣娥,景悦. 2017. 中国城市网络等级结构特征及组织模式:基于铁路和航空流的比较[J]. 地理学报, 72(8): 1508-1519. [Wang J E, Jing Y. 2017. Comparison of spatial structure and organization mode of inter-city networks from the perspective of railway and air passenger flow. *Acta Geographica Sinica*, 72(8): 1508-1519.]
- 王萌,匡耀求,黄宁生. 2017. 珠江三角洲城际间人口流动倾向空间特征:基于网络关注度数据的时空演化[J]. 热带地理, 37(1): 33-42. [Wang M, Kuang Y Q, Huang N S. 2017. Spatial characteristics of intercity population flow propensity in the Pearl River Delta region: Based on the

- spatio-temporal change of internet attention index. *Tropical Geography*, 37(1): 33-42. ]
- 王永明, 马耀峰, 王美霞. 2012. 中国入境游客多城市旅游空间网络结构 [J]. *地理科学进展*, 31(4): 518-526. [Wang Y M, Ma Y F, Wang M X. 2012. Network structure of multicity inbound tourists to China. *Progress in Geography*, 31(4): 518-526. ]
- 魏宗财, 甄峰, 席广亮, 等. 2013. 全球化、柔性化、复合化、差异化: 信息时代城市功能演变研究 [J]. *经济地理*, 33(6): 48-52. [Wei Z C, Zhen F, Xi G L, et al. 2013. Globalization, flexibility, composition, differentiation: Study on the evolution of urban functions in the information age. *Economic Geography*, 33(6): 48-52. ]
- 魏宗财, 甄峰, 张年国, 等. 2008. 信息化影响下经济发达地区个人联系网络演变: 以苏锡常地区为例 [J]. *地理科学进展*, 27(4): 82-88. [Wei Z C, Zhen F, Zhang N G, et al. 2008. The evolution characteristics of personal communication network of economically developed regions under the influence of informationization: A case study of Suzhou-Wuxi-Changzhou area. *Progress in Geography*, 27(4): 82-88. ]
- 谢永俊, 彭霞, 黄舟, 等. 2017. 基于微博数据的北京市热点区域意象感知 [J]. *地理科学进展*, 36(9): 1099-1110. [Xie Y J, Peng X, Huang Z, et al. 2017. Image perception of Beijing's regional hotspots based on Microblog data. *Progress in Geography*, 36(9): 1099-1110. ]
- 杨家文. 1999. 信息时代城市结构变迁的思考 [J]. *城市发展研究*, (4): 15-18. [Yang J W. 1999. Pondering on urban structural transformation in the communication era. *Urban Studies*, (4): 15-18. ]
- 姚永玲, 唐彦哲. 2015. 城市群首位城市的联系能级、中心度和控制力 [J]. *经济地理*, 35(7): 66-71. [Yao Y L, Tang Y Z. 2015. Inter connection, centrality and power of primate city within city cluster. *Economic Geography*, 35(7): 66-71. ]
- 张林, 刘继生. 2006. 信息时代区位论发展的新趋势 [J]. *经济地理*, 26(2): 181-185. [Zhang L, Liu J S. 2006. New tendency of location theory in information age. *Economic Geography*, 26(2): 181-185. ]
- 周玉翠, 陆玉麒, 陈晓华, 等. 2006. 网络化时代中部崛起新思维 [J]. *人文地理*, 21(2): 124-128. [Zhou Y C, Lu Y Q, Chen X H, et al. 2006. New idea on rising of central region in China in network era. *Human Geography*, 21(2): 124-128. ]
- Alderson A S, Beckfield J. 2004. Power and position in the world city system [J]. *American Journal of Sociology*, 109(4): 811-851.
- Belyi A, Bojic I, Sobolevsky S, et al. 2017. Global multi-layer network of human mobility [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(7): 1381-1402.
- Cairncross F. 2001. The death of distance: How the communications revolution is changing [M]. Cambridge, USA: Harvard Business School.
- Castells M. 1996. The rise of the network society: The information age: Economy, society, and culture [M]. Malden, USA: Blackwell.
- Choi J H, Barnett G A, Chon B S. 2006. Comparing world city networks: A network analysis of internet backbone and air transport intercity linkages [J]. *Global Networks*, 6(1): 81-99.
- Friedmann J. 1986. The world city hypothesis [J]. *Development and Change*, 17(1): 69-83.
- Hawelka B, Sitko I, Beinat E, et al. 2014. Geo-located Twitter as proxy for global mobility patterns [J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 41(3): 260-271.
- Sassen S. 1991. Global city [M]. Princeton, USA: Princeton University Press.
- Son J S. 2014. Hyperlink network system and image of global cities: Webpages and their contents [D]. Charlotte, USA: University of North Carolina.
- Xu Y, Belyi A, Bojic I, et al. 2018. Human mobility and socioeconomic status: Analysis of Singapore and Boston [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72: 51-67.
- Yin J, Soliman A, Yin D, et al. 2017. Depicting urban boundaries from a mobility network of spatial interactions: A case study of Great Britain with geo-located Twitter data [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(7): 1293-1313.

## City network by mobility and attention indices: A comparison of Guangzhou and Shenzhen

WU Xuan, YANG Jiawen\*

(School of Urban Planning and Design, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, Guangdong, China)

**Abstract:** City networks have experienced rapid reconstruction in the past decades due to the development of city-regions. In the Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area, Guangzhou and Shenzhen are two pivotal cities. They play key roles in promoting regional development. Therefore, it is of great significance to identify their influence areas, which can inform urban management and regional planning. Meanwhile, increasing availability of social media data creates opportunities for relevant research. The pervasive presence of location-based services and the associated content make it possible for researchers to gain an unprecedented access to the direct records of human activities and perceptions. Much of existing literature, however, pays little attention to the differences in multi-scale network or to the relationship between the real-world network and virtual network, which are both presented in datasets of this kind. Our research contributes to the literature in both the methodological and the empirical aspects. First, we investigated the node and link characteristics of the influence areas of Guangzhou and Shenzhen by computing social network indicators with a dataset of almost 10 million Sina Microblog records between January 1 and February 6, 2018. Indices of mobility and attention were computed based on characteristics such as consecutive locations, degree centrality, closeness centrality, and average radius of gyration. These indices help to catch the interaction between real and virtual networks. Second, in order to understand inter-city mobility and attention characteristics of Guangzhou and Shenzhen, we mapped city networks of multi-scale, where edge weights denote interaction strengths. Third, our analysis confirmed that the Sina Microblog data exhibit similar statistical properties as other city network datasets. Based on the result of analyses, we argue that Guangzhou had more balanced influence in various directions, representing efficiency in hinterland connection and resource integration. Shenzhen's area of influence was relatively concentrated, with a strong tie with neighboring Hong Kong. Overall, Guangzhou competes better in the mobility network while Shenzhen competes better in the attention network. A complementary relationship was also identified between those two networks. In conclusion, we propose that Guangzhou and Shenzhen took advantage of their respective role as the hubs of regional transportation and innovation as well as what they have already accumulated and their connections with other parts of the world. They should help to build a coordinated and competitive Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area. Our research results offer some insights for policymakers to interpret the geographic dynamics and make relevant decisions in this region. It also provides some references and inputs for analyzing social media data for the research community.

**Keywords:** city network; Microblog; mobility index; attention index; Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area