

基于网络分析的城市影响区和城市群空间范围识别

潘竞虎*, 戴维丽

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:以不打破行政界线为前提,利用Huff模型,基于矢量数据,采用最短交通路网距离和城市综合规模值来综合测算腹地与中心城市之间的势能,根据势能确定腹地县域的归属,对全国地级及以上城市空间影响范围进行识别,并和基于改进场强模型的城市影响腹地范围界定结果进行对比。以全国发育较成熟的15个城市群为对象,综合测定城市群的影响范围,并与城市群规划中的空间范围进行对比,提出城市群空间范围调整建议。并以长株潭城市群为例,通过社会网络分析方法,综合分析测定城市群的空间影响范围。研究结果可为城市(群)规划提供科学依据和方法参考。

关键词:空间影响范围;城市群;网络分析;Huff模型;城市腹地

1 引言

中国正在经历着世界上最为迅速的人口城镇化历程,从2002年到2014年,中国城镇化率平均每年上升1.35个百分点,城镇人口每年平均增长2096万人。健全的城市规划体系对于确保“大中小城市和小城镇的协调发展”具有不可替代的功能,城市影响范围(腹地)的划分则是城市规划中最基本的问题。合理的城市影响范围界定对于区域协调发展起着至关重要的作用。研究城市影响范围的界定,一方面可为城市争取较为合理的腹地空间提供有力支持,也可制定城市未来发展战略,实现城市与腹地间的协同发展提供科学支持(牛方曲等, 2015);另一方面,以大城市为核心并与周边城市存在紧密交互作用的城市群已经成为中国城镇化的主要空间载体,国家新型城镇化规划已将城市群作为推动中国新型城镇化的主体空间形态,在这种背景下,城市群的识别界定标准引发了学者们的

激烈讨论。与城市影响范围揭示中心城市对周边区域的各种作用和联系的明确界定相比,城市群空间范围的概念和内涵至今尚未定论。在当前的学术讨论中,由于研究者对城市群的内涵与标准的不一致,影响了研究结果的可比性和学术争论自身的价值(李凯等, 2015)。由于城市群的空间形态具有动态变化性和边界模糊性等特征,目前对城市群空间范围定量识别的相关研究仍处于探索阶段。本文根据空间相互作用理论,按照不同层次的中心与外围的要素(通勤时间和经济联系)聚散,确定城市群中核心城市空间影响范围,继而基于县域单元识别城市群的各圈层。

国外对于城市(群)影响腹地及其界定研究大致分为三个阶段(戴维丽等, 2015):从19世纪末到20世纪40年代初期,为城市影响腹地及其界定研究的萌芽时期,相关研究主要集中在腹地与其相关概念的定义和理论模型体系的构建上。从20世纪40年代末至90年代初期为形成时期,将空间相互作用和

收稿日期:2017-08;修订日期:2017-11。

基金项目:国家自然科学基金项目(41361040, 41661025);西北师范大学青年教师科研能力提升计划项目(NWNU-LKQN-16)

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41361040, No.41661025; Research Capacity Promotion Program for Young Teachers of Northwest Normal University, No.NWNU-LKQN-16]。

作者简介:潘竞虎,博士,教授,研究方向为空间经济分析, E-mail: panjh_nwnu@nwnu.edu.cn。

引用格式:潘竞虎, 戴维丽. 2017. 基于网络分析的城市影响区和城市群空间范围识别[J]. 地理科学进展, 36(6): 667-676. [Pan J H, Dai W L. 2017. Identification of urban hinterlands and urban agglomerations in China based on network analysis[J]. Progress in Geography, 36(6): 667-676.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2017.06.002

影响的思想和方法广泛地引入城市影响腹地研究中,进一步丰富了“中心地”理论。从20世纪90年代末至今为发展时期,进一步向网络化和区域化的方向发展。中心地理论、增长极理论、经济辐射理论、中心-外围理论等分别从等级结构体系、聚扩散效应、吸引辐射方式、不平等发展关系等方面对城市与腹地展开探讨,构成了城市影响腹地研究的基石。国内对于城市(群)影响腹地的界定研究始于20世纪80年代,从界定方法可归纳为经验法和理论法两种。经验法主要是通过选定中心城市与周边区域间的流量指标(人流、客流、物流、技术流、信息流、金融流、资本流等)(彭建等,2016),进行实地的调查研究或综合分析等加以确定。如学者周一星等(1995)、姚士谋等(2006)、倪鹏飞(2008)、方创琳(2009)、宁越敏(2016)等均提出了中国城市群的界定标准和相关指标体系。理论法则是引入相关数学模型,通过统计值来计算城市影响腹地。学者们分别利用点-轴系统分析(高晓路等,2015)、断裂点(闫卫阳等,2004)、引力模型(Wang et al, 2014)及改进引力模型(邓羽等,2013)、场强模型(王德等,2003)及改进场强模型(潘竞虎等,2008)、重力模型(顾朝林等,2008)、Huff模型(王法辉,2009)、加权voronoi图(王新生等,2003)、水文模型(潘竞虎,戴维丽,2014)等识别城市影响腹地或城市群影响范围。如何最大程度地发挥中心城市的功能,提升中心城市的综合竞争力和影响范围,以实现区域经济的快速协调发展,已经成为社会各界和学者所关注的热点问题。城市影响腹地范围的界定也是城市、城市经济区和城市群规划的一项基础性工作,而目前的各级各类规划中,关于这部分工作或以行政区代替,或语焉不详,或定性描述;已有定量探索研究往往也各执一词,莫衷一是,尚未有系统性的界定方法比较研究。此外,已有研究对象以区域为主,全国性的研究不多见。城市群由于其边界的模糊性、城市辐射范围的阶段性和模糊性等(黄金川等,2014),其影响区的界定识别研究更是薄弱环节。

潘竞虎等(潘竞虎等,2008;潘竞虎,戴维丽,2014)曾运用改进的场强模型对中国地级及以上城市的影响腹地进行划分,并将其用于城市群影响范围的界定(潘竞虎,刘伟圣,2014)。基于改进场强模型的城市影响腹地划分,其可达性的计算采用累计耗费距离来测度,以格网为基本操作单元,打破行政区划界线,划分结果可落到每一个点(格网)上,可视化效果好,结果较为客观。但在实际规划操作中往

往要以行政区(如县区)为基本分析单元,可便于相关政策的落实。基于此,本文以GIS交通网络分析和社会网络分析为手段,以县域为单元,利用Huff模型对全国地级及以上城市的影响腹地进行空间界定,并且和基于改进的场强模型的城市影响腹地结果作比较,分析两者的优缺点,对全国发育较成熟的15个城市群的空间影响范围进行识别,以期找到较为合理、简便易行的影响腹地界定方法,为城市规划和城市群划分等提供科学依据。

2 研究方法和数据

2.1 研究方法

2.1.1 网络分析

文中分别用到了空间网络分析和社会网络分析,空间网络分析主要用于实现基于交通网络数据集的网络分析功能。将研究中应用的统一投影的城市矢量点数据、交通路网线状等要素类数据创建一个网络数据集,通过ArcGIS软件的Network Analyst模块来构建OD(Origin-Destination)成本矩阵,计算多个城市节点之间的最优路径和最短时间距离。

社会网络分析则从“关系”的角度出发研究社会现象和社会结构(Wasserman et al, 1994),本文中涉及的主要概念有:网络密度,用于反映网络中各个城市节点间的经济联系紧密程度。网络中心性,用于描述城市节点在经济网络中是否处于中心位置,分为度中心性、接近中心性和中间中心性。度中心性是指网络中某城市节点自身的综合能力,接近中心度是用距离来计算某一城市节点的中心程度。核心-边缘(Core-Periphery)结构,用于反映某城市节点在网络中所处的位置,分析网络中哪些城市节点处于核心区,哪些城市节点处于边缘区。因篇幅所限,具体的指标涵义及计算式详见参考文献(王圣云等,2016)。

2.1.2 加权平均旅行时间

评价某个中心城市到其他各中心城市的时间测度,其值越小,表示该中心城市的可达性越高,与其他城市的联系也就越紧密,反之亦然。计算式为(何丹等,2013):

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j} \quad (1)$$

式中: A_i 为中心城市*i*的加权平均旅行时间, T_{ij} 为中

心城市 i 到其他城市 j 的最短时间距离, M_j 为中心城市 j 的权重, 表示该城市的经济实力或者对周边城市的吸引力和辐射力, 用中心城市的国内生产总值 (GDP)、人口和货运量等指标来反映。本文中采用 2014 年全国主要城市的 GDP (G_j) 和常住人口 (P_j) 来计算权重, 即 $M_j = \sqrt{G_j \times P_j}$, n 为评价体系中除中心城市 i 外的其他城市的个数。

2.1.3 Huff模型

属于引力模型的一种, 计算式为 (Huff et al, 1979):

$$P_{ij} = \frac{U_j}{\sum_{k=1}^n U_k} = \frac{Z_j d_{ij}^{-\beta}}{\sum_{k=1}^n (Z_k d_{ik}^{-\beta})} \quad (2)$$

式中: P_{ij} 是腹地城市 i 到中心城市 j 的概率, U_j 和 U_k 分别是选择中心城市 j 和 k 的效用, k 是所有可能的选择, 即 $k=1, 2, \dots, n$ 。在实际应用时, 一般某中心城市的势能与其城市影响力成正比, 与腹地城市 and 中心城市间的交通距离成反比。 Z_j 为中心城市 j 的综合规模值, 而 d 为腹地城市 i 到中心城市 j 的交通路网距离。 β 是距离摩擦系数, 参考前人 (姜晓丽等, 2013) 的研究成果, 取值为 2。 $Z_j d_{ij}^{-\beta}$ 通常称为势能, 是衡量中心城市对腹地城市吸引强度的特征量, 即中心城市 j 对腹地城市 i 的吸引强度。

2.1.4 经济联系强度

计算式如下 (孟德友等, 2009):

$$V_{ij} = \frac{\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}}{T_{ij}^2} \quad (3)$$

式中: V_{ij} 表示城市 i 和 j 之间的经济联系评价值, 其他参数涵义同上。每个地区与其他所有区域之间的经济联系强度总和就是该地区对外的总的经济联系量。表达式为 (孟德友等, 2009):

$$V_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (4)$$

式中: V_i 为 i 地区对外的经济联系的总量, 它反映该地区对其他区域经济联系强弱的疏密程度。

2.2 数据来源

文中用到的数据分为社会经济数据和道路交通数据两大类。社会经济数据来自于 2014 年《中国县域统计年鉴》(国家统计局农村社会经济调查司, 2014) 和同年的部分省 (区、市) 的统计年鉴。交通路网数据来源于 1:450 万《中国交通全图》(中国地图出版社, 2014), 经数字化得到。行政边界数据来源

于国家基础地理信息中心 1:400 万矢量数据。所有的地图数据均投影到 Lambert 等角圆锥投影。根据《中华人民共和国公路工程技术标准 (JTGB01-2003)》, 参考前人 (孟德友等, 2016) 研究成果, 将不同道路的实际运行速度设定如下: 高铁分三个等级, 速度分别为 160~200 km/h、200~250 km/h 和 300~350 km/h, 分别统一选取不同等级区间的端点值 200 km/h、250 km/h 和 350 km/h; 高速公路 120 km/h, 铁路 100 km/h, 国道 80 km/h, 省道 60 km/h, 县道 40 km/h。除道路外的其他地方均用步行速度 5 km/h 代替。文中未考虑交通拥堵以及路面状况的差异。

3 结果与分析

3.1 全国地级及以上城市的影响腹地界定

考虑到省级行政区界线稳定, 本文设定不打破省级行政区界线, 在此前提下, 对省域范围内的各地级及以上城市的影响范围进行界定。考虑到海南省未与大陆直接连接的实际以及数据的可获取性, 未将其列入研究范围之内; 台湾省以及香港、澳门特别行政区也未列入研究范围。为便于比较, 各地级及以上城市综合规模值的测算仍沿用参考文献 (潘竞虎, 刘伟圣, 2014) 和相关研究 (方创琳, 2011) 中的指标体系和测算方法。城市间最短距离通过 ArcGIS 软件的网络分析功能计算得到。以地级及以上城市为中心城市, 利用 Huff 模型, 计算省内城市之间的最短网络距离和势能。依据“势能取大”的原则, 确定腹地的最后归属, 即选取与每个县 (区) 引力最大的地级及以上城市为该县 (区) 的中心城市, 周围一定范围的县 (区) 构成中心城市的影响腹地。

由于各城市在规模上差异较大, 极个别特大城市计算出的“影响力”巨大, 甚至出现跨越多个周边和邻近城市辐射到很远地域范围的现象, 这是不合理的, 也不利于行政区划和管理。考虑到中心城市与其影响腹地在行政区划上的连接性, 尽量避免“飞地”的产生, 据此对部分县 (区) 所归属的中心城市作了调整。由于调整的幅度不大, 在全国尺度上展示不明显。以山东省为例 (图 1), 济宁市的梁山县, 德州市的宁津县, 泰安市的东平县分别与其引力最大的中心城市济南市不相邻或者相距较远, 分别划归到与其引力居第二位的济宁市、德州市、泰

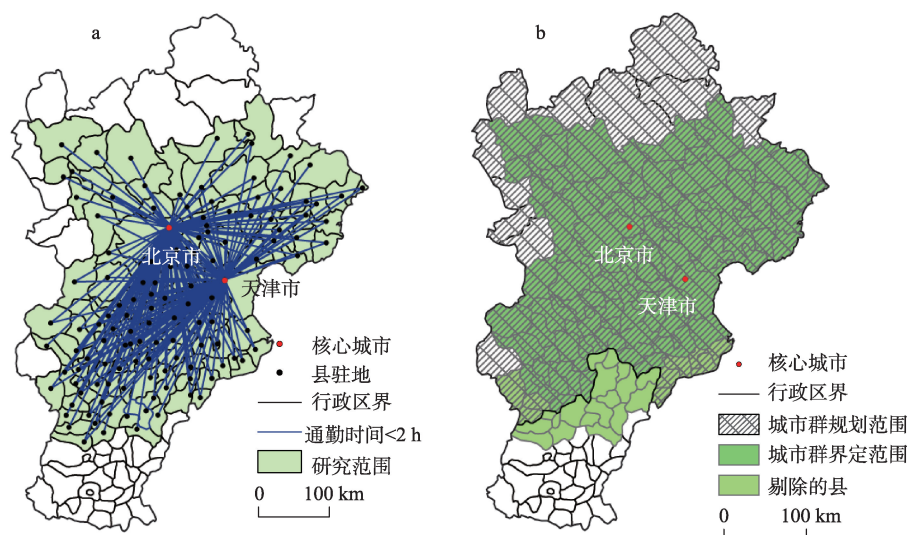


图3 京津冀城市群通勤时间(a)和空间影响范围(b)

Fig.3 Commuting time (a) and spatial influencing area (b) of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

区经济联系强度较低,加之考虑区域间的空间连续性,衡水市所有区域都不纳入城市群范围。综上,得到京津冀城市群的范围(图3b)。研究结果与政府有关部门公布的京津冀城市群规划范围进行对比,发现本文所得出的京津冀城市群的范围要小得多,剔除的地区主要是离京津较远的河北省的部分地区,由于距核心城市较远,受到的辐射能力较弱,受核心城市的影响亦较小。

限于篇幅,本文对其他城市群仅分析结果,划分过程略去。将15个城市群范围和规划确定的城市群范围(图4中的格网填充区)叠加显示在全国空间范围内(图4)。与城市群规划范围比较:长三角城市群划分范围与规划范围基本吻合,增加了金华市的部分地区、盐城市市区、东台市和淮安市市区。珠三角城市群在规划范围的基础上,增加了清远市、韶关市和云浮市的部分地区。中原城市群增加了鹤壁市、周口市、驻马店市和安阳市的部分地区。武汉城市群增加了随州市、荆门市和荆州市的部分地区。天山北坡城市群向核心城市的东南方向辐射扩展。山东半岛城市群增加了莱芜市、泰安市、枣庄市、临沂市和济宁市的部分地区。辽东半岛城市群增加了阜新市。江淮城市群增加了宿州市、淮北市、亳州市和阜阳市的大部分地区,剔除了规划中的安庆市、贵池市和宜城市的部分地区。环鄱阳湖城市群增加宜春市和抚州市的部分地区,剔除了九江市和上饶市的部分县市。海峡西岸城市群向龙岩市和三明市的部分地区延伸。哈大长

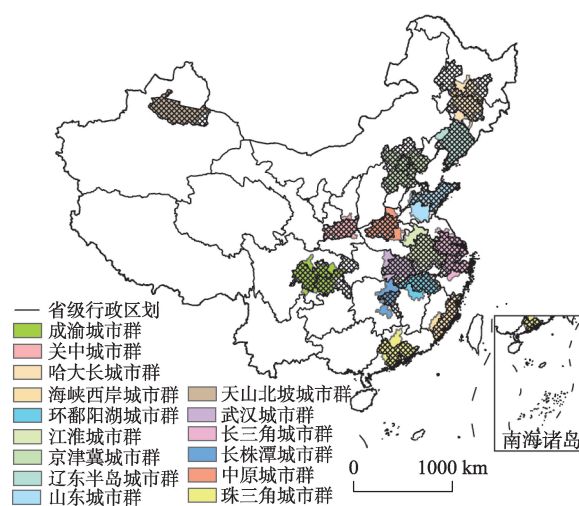


图4 中国主要城市群空间影响范围及与规划范围的比较

Fig.4 Comparison between spatial influencing area and planning area of major urban agglomerations in China

城市群一些边缘地区未被纳入城市群范围,而核心城市的周边区域,绥化市和四平市的大部分地区被纳入城市群范围。关中城市群增加了延安市和商洛市的部分地区,剔除了宝鸡市和渭南市的部分县。成渝城市群剔除了重庆市域东北方向和东南方向的部分县市。

3.3 基于社会网络分析的城市群范围界定

3.3.1 网络空间结构

利用UCINET6.0软件构建长株潭城市群研究范围内的经济联系网络空间结构,端点值取2,即研究范围内,区域间的经济联系强度 ≥ 2 的取值为

1, <2 的取值为0。用 NetDraw 工具绘制研究范围内的经济联系网络空间结构图(图5)。图5中箭头线表示一个城市对另一个城市的经济联系影响,通过经济联系网络空间结构图可以较直观地看出节点的网络位置、辐射联结强度和整体网络的发展情况。在此基础上,根据 Centrality Measures 进行中心性的可视化分析,节点的大小表示中心性,点越大,中心性越强。

用 Network/Conhesion/Density 计算城市群研究范围内整体网络密度值为 0.474, 网络密度范围在 [0,1] 之间, 密度越大, 表示区域之间的联系越多, 该网络内区域间联系越紧密。由此可见, 长株潭城市群内区域间的经济关联程度不是很高, 网络结构不是很紧密。长沙市的点度中心度最高, 表明其自身的经济联系强度较高, 城市的核心竞争力也较强; 而炎陵县、安仁县、东安县、临武县、双牌县、南县的点度中心度明显较低, 表明其与中心城市的联系不紧密, 自身的经济联系强度较低。从接近中心度来看, 长株潭城市群城市节点的接近中心度的平均值为 0.57%, 度值低的城市则往往处于网络范围内的边缘地区, 如临武县、宜章县。用 Network/Core/Periphery 来获得研究范围内的核心区城市 and 边缘区城市, 根据密度矩阵, 核心区域的密度为 0.442, 而边缘区仅为 0.062, 核心区和边缘区之间的密度为 0.149, 可见边缘区之间联系不是很紧密, 核心区和边缘区的联系也不够紧密。

3.3.2 长株潭城市群范围

将核心—边缘模型得到的核心区域界定为城

市群范围。属于边缘区的县市包括东安、桂阳、汉寿、华容、临武、临湘、南县、平江等 18 个县市, 由于其接近中心性低于研究范围内接近中心度的平均值, 故不应纳入城市群范围。虽然常德市、岳阳市和郴州市的经济联系强度较高, 但其接近中心性较低, 与其他城市的联系不够紧密, 根据城市群区域间的空间连续性, 将常德市、岳阳市和郴州市不纳入城市群范围。将基于社会网络分析确定的长株潭城市群范围和国务院批准的《长株潭城市群区域规划》进行了对比(图6), 与规划中的城市群范围相比, 基于社会网络分析的城市群范围增加了衡阳市所辖县区, 永州市和祁阳县, 郴州市的安仁县, 邵阳市的邵东县, 益阳市, 娄底市除新化县外的其他区域, 岳阳市的汨罗市和湘阴县, 剔除了炎陵县。

3.4 测度结果的比较

将长株潭城市群两种不同的界定结果进行对比(图6), 发现两者都在规划范围的基础上向不同的方向扩展。不同之处在于, 基于空间网络分析的划分结果(图6a)主要向核心城市的北部和西南方向辐射扩展, 而基于社会网络分析的划分结果(图6b)主要向核心城市的西南和东南方向辐射扩展。可能的原因在于前者主要以区域经济联系强度和 GDP 为依据, 而后者则以整体网络结构、网络密度和中心性等为依据, 且前者的分析较主观, 后者则主要以定量分析为主。在当前互联网时代的大数据背景下, 人类社会经济活动的组织结构、运行方式正发生深刻的变革。城市与城市之间的层级关系、城市与乡村之间的互动关系正在发生前所未有的转

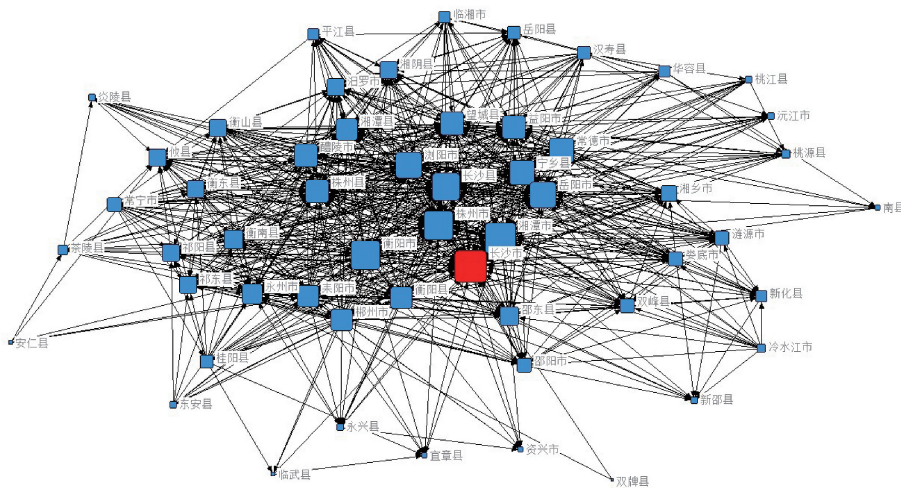


图5 长株潭城市群经济联系强度的网络空间结构图

Fig.5 Spatial network structure of the economic linkage strength of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan

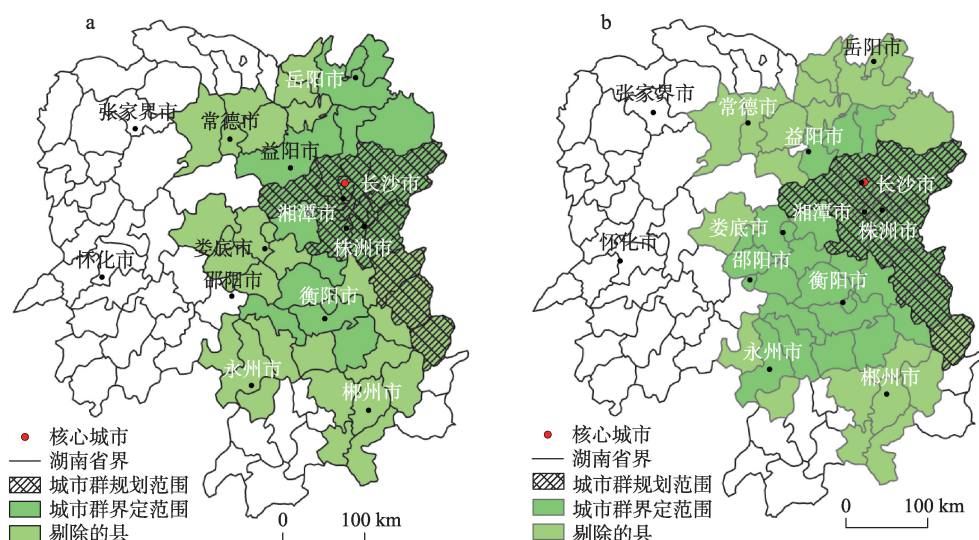


图6 基于空间网络分析的长株潭城市群范围(a)和基于社会网络分析的长株潭城市群范围(b)

Fig.6 Spatial influencing area of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration: (a) based on spatial network analysis, and (b) based on social network analysis

变,以“中心地理论”为核心的中心城市概念,将可能被“网络城市”所替代,以“距离衰减率”为依托的实体腹地,也会被“虚拟腹地”所取代(牛方曲等, 2015; 彭建等, 2016)。从“关系”的角度出发的社会网络分析,可为城市、城市群、网络城市腹地定量识别给予良好的示范、推动和创新。

4 结论与讨论

随着中国城市化和区域一体化进程的不断加快,不同层次的城市(群)和区域规划陆续出台。其中,城市(群)的空间影响范围识别以及促进城市与腹地间的协同发展是各级规划要解决的核心问题。本文以不打破行政界线为前提,用Huff模型对全国地级及以上城市的影响腹地范围进行界定,并和潘竞虎等(2008)提出的基于改进场强模型的城市影响腹地范围界定结果进行了对比。以全国发育较成熟的15个城市群为研究对象,通过空间网络分析,依据城市综合规模值、通勤时间、城市间的经济联系强度和区域GDP总量等指标,综合测定城市群的影响范围,并和城市群规划中的范围进行对比,从而提出具体的城市群范围调整建议。以长株潭城市群为例,通过社会网络分析法测定城市群空间影响范围。目前,学术界对城市(群)空间范围的研究正在不断完善和深化,但对城市(群)空间划分的研究多停留在大都市圈范围内,基于县域尺度的城

市群空间识别尚属于盲点,且界限模糊。本文的研究从更细的层次上完善了城市群的空间划分,可为建立中国的实体地域概念和相应的统计标准提供参考借鉴。基于Huff模型、交通网络和社会网络的城市(群)空间范围识别方法,看似区别很大,实质上都是基于GIS网络分析,以县域行政区为划分单元,实践中可对比应用,起到相得益彰的作用。

不同的腹地概念对应相异的识别方法,随着交通、通信等海量数据可得性的提高,以及GIS等空间分析技术的普及应用,城市腹地定量识别方法日渐多样。但大多数方法均是基于场强模型范畴下对测度参数、指标进行改进(彭建等, 2016)。场强模型是研究中心对外围辐射力逐渐衰减的典型范式,传统场强模型使用直线距离表征中心地与腹地之间的“便捷程度”,其可达性的计算多采用累积耗费距离、最小距离法、流分析法等。多通过栅格计算构建可达性评价体系,根据场强计算城市的场强值,再将场强按最大值叠加,最大者即栅格归属的中心城市(潘竞虎, 刘伟圣, 2014)。场强阈值的设定至关重要,直接关系到断裂点的确定。其优点是可视效果好、客观;缺点是过度依赖于交通数据,计算量大,不利于规划实践应用。基于Huff模型的城市影响腹地划分是以不打破行政界线为前提,以省级行政区为调整的研究区,最小研究单元到县(区)。Huff模型基于矢量数据,借助全国交通路网数据得到城市间的最短交通路网距离,再根据城市综合规

模值来测算城市的势能,最后综合分析得出全国城市影响腹地的范围,其优点就是将交通路网系统和社会经济数据融入一个统一的分析框架,不打破行政区划界线,便于实际规划、应用参考,但存在一定的主观性。

由于数据的可获取性以及城市(群)影响范围界定的复杂性等影响,文中还存在诸多不足,需要进一步深入研究。首先,以道路交通路网数据为基础构建网络分析模型时,未考虑地形、航空和水运等对城市可达性的影响。其次,文中对城市影响腹地和城市群范围的界定,还存在很大程度的定性分析和主观判断。再者,目前城市腹地的识别内容长期集中于对城市经济腹地的识别,对于城市赖以生存的生态腹地以及文化遗产的人文腹地研究,尚缺乏相应的思考;在腹地识别过程中,有关生态、文化、历史因素的简单定性分析也较为少见(彭建等, 2016),城市腹地研究需要从经济腹地向生态、文化腹地等不同视角转向。此外,城市的空间影响和城市群的空间影响在结构特征和空间机制上存在着差异,城市群这种新型地域体相对于城市和都市区而言,究竟仅仅是集合城市的一种空间组合类型,还是一种规模上的数量增长和过分膨胀,抑或是有着质的变化的全新有机整体,还需要学者们见仁见智。在上述问题没有厘清和达成共识的前提下,本文的城市群识别结果难免存在片面性和偏差,如何界定城市群区域内城镇之间基于密切的产业关联形成均衡化的城镇体系和网络化的空间结构,进而影响到周边地区的发展和城市群的空间扩展,无疑应当是下一步研究的重要方向。

参考文献 (References)

- 戴维丽, 潘竞虎. 2015. 城市群空间研究述评与展望[J]. 商丘师范学院学报, 31(3): 70-77. [Dai W L, Pan J H. Review and prospect on the research of urban agglomeration space[J]. Journal of Shangqiu Normal University, 31(3): 70-77.]
- 邓羽, 刘盛和, 蔡建明, 等. 2013. 中国中部地区城市影响范围划分方法的比较[J]. 地理研究, 32(7): 1220-1230. [Deng Y, Liu S H, Cai J M, et al. 2013. Comparative study of identification methods to delineate urban spheres of influence in Central China[J]. Geographical Research, 32(7): 1220-1230.]
- 方创琳. 2009. 城市群空间范围识别标准的研究进展与基本判断[J]. 城市规划学刊, (4): 1-6. [Fang C L. 2009. Research progress and general definition about identification standards of urban agglomeration space[J]. Urban Planning Forum, (4): 1-6.]
- 方创琳. 2011. 中国城市群形成发育的新格局及新趋向[J]. 地理科学, 31(9): 1025-1034. [Fang C L. 2011. New structure and new trend of formation and development of urban agglomerations in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 31(9): 1025-1034.]
- 高晓路, 许泽宁, 牛方曲. 2015. 基于“点—轴系统”理论的城市群边界识别[J]. 地理科学进展, 34(3): 280-289. [Gao X L, Xu Z N, Niu F Q. 2015. Delineating the scope of urban agglomerations based upon the Pole-Axis theory[J]. Progress in Geography, 34(3): 280-289.]
- 顾朝林, 庞海峰. 2008. 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, 27(1): 1-12. [Gu C L, Pang H F. 2008. Study on spatial relations of Chinese urban system: Gravity model approach[J]. Geographical Research, 27(1): 1-12.]
- 国家统计局农村社会经济调查司. 2014. 中国县域统计年鉴(县市卷)[M]. 北京: 中国统计出版社. [Rural Social and Economic Survey Department of National Bureau of Statistics. 2014. China statistical yearbook (county-level) [M]. Beijing, China: China Statistics Press.]
- 何丹, 杨犇. 2013. 高速铁路对沿线地区可达性的影响研究: 以皖北地区为例[J]. 长江流域资源与环境, 22(10): 1264-1275. [He D, Yang B. 2013. Impact of high-speed railways on accessibility: A case study of north Anhui[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 22(10): 1264-1275.]
- 黄金川, 刘倩倩, 陈明. 2014. 基于GIS的中国城市群发育格局识别研究[J]. 城市规划学刊, (3): 37-44. [Huang J C, Liu Q Q, Chen M. 2014. The Identification of urban agglomeration distribution in China based on GIS analysis [J]. Urban Planning Forum, (3): 37-44.]
- 姜晓丽, 张平宇. 2013. 基于Huff模型的辽宁沿海港口腹地演变分析[J]. 地理科学, 33(3): 282-290. [Jiang X L, Zhang P Y. 2013. The hinterland evolution of Liaoning Coastal Ports based on the Huff model[J]. Scientia Geographica Sinica, 33(3): 282-290.]
- 李凯, 刘涛, 曹广忠. 2015. 中国典型城市群空间范围的动态识别与空间扩展模式探讨: 以长三角城市群、武汉城市群和成渝城市群为例[J]. 城市发展研究, 22(11): 72-79. [Li K, Liu T, Cao G Z. 2015. Spatial dynamics and expansion model of urban agglomerations in China: The experiences of Yangtze River Delta, Chengdu-Chongqing, and Wuhan urban agglomerations[J]. Urban Development Studies, 22(11): 72-79.]
- 孟德友, 李小建, 樊新生. 2016. 高速公路引导下中原经济区交通可达性空间格局[J]. 地域研究与开发, 35(2): 36-40,

64. [Meng D Y, Li X J, Fan X S. 2016. Evolution of spatial pattern of traffic accessibility under the expressway construction in Central Plain Economic Region[J]. Areal Research and Development, 35(2): 36-40, 64.]
- 孟德友, 陆玉麒. 2009. 基于引力模型的江苏区域经济联系强度与方向[J]. 地理科学进展, 28(5): 697-704. [Meng D Y, Lu Y Q. 2009. Strength and direction of regional economic linkage in Jiangsu Province based on gravity model [J]. Progress in Geography, 28(5): 697-704.]
- 倪鹏飞. 2008. 中国城市竞争力报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 28-29. [Ni P F. 2008. Annual report on urban competitiveness[M]. Beijing, China: Social Sciences Academic Press, 28-29.]
- 宁越敏. 2016. 论中国城市群的界定和作用[J]. 城市观察, (1): 27-35. [Ning Y M. 2016. On the definition and roles of city clusters in China[J]. Urban Insight, (1): 27-35.]
- 牛方曲, 刘卫东, 宋涛, 等. 2015. 城市群多层次空间结构分析算法及其应用: 以京津冀城市群为例[J]. 地理研究, 34(8): 1447-1460. [Niu F Q, Liu W D, Song T, et al. 2015. A multi-level spatial structure analysis algorithm for urban agglomeration study in China[J]. Geographical Research, 34(8): 1447-1460.]
- 潘竞虎, 戴维丽. 2014. 基于空间场-水文模型的城市影响腹地界定及其空间演变分析: 以河南省地级城市为例[J]. 地球信息科学学报, 16(5): 754-761. [Pan J H, Dai W L. 2014. Delimitation and evolvement of urban hinterland area in Henan Province based on spatial field and hydrologic model[J]. Journal of Geo-Information Science, 16(5): 754-761.]
- 潘竞虎, 刘伟圣. 2014. 基于腹地划分的中国城市群空间影响范围识别[J]. 地球科学进展, 29(3): 352-360. [Pan J H, Liu W S. 2014. Identification of spatial influence sphere of urban agglomerations in China based on urban hinterland delimitation[J]. Advances in Earth Science, 29(3): 352-360.]
- 潘竞虎, 石培基, 董晓峰. 2008. 中国地级以上城市腹地的测度分析[J]. 地理学报, 63(6): 635-645. [Pan J H, Shi P J, Dong X F. 2008. Measurements for urban hinterland area of cities at prefecture level or above in China[J]. Acta Geographica Sinica, 63(6): 635-645.]
- 彭建, 陈云谦, 胡智超, 等. 2016. 城市腹地定量识别研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 35(1): 14-24. [Peng J, Chen Y Q, Hu Z C, et al. 2016. Research progress and prospect on quantitative identification of urban hinterland area[J]. Progress in Geography, 35(1): 14-24.]
- 王德, 郭洁. 2003. 沪宁杭地区城市影响腹地的划分及其动态变化研究[J]. 城市规划汇刊, (6): 6-11. [Wang D, Guo J. 2003. Hinterland and its dynamic changes in Hu-Ning-Hang region[J]. Urban Planning Forum, (6): 6-11.]
- 王法辉. 2009. 基于GIS的数量方法与应用[M]. 姜世国, 滕骏华, 译. 北京: 商务印书馆. [Wang F H. 2009. Quantitative method and application in GIS[M]. Jiang S G, Teng J H, Trans.. Beijing, China: The Commercial Press.]
- 王圣云, 翟晨阳, 顾筱和. 2016. 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, 25(3): 353-364. [Wang S Y, Zhai C Y, Gu X H. 2016. Analysis on spatial network structure's dynamic evolution of urban agglomerations in the middle Yangtze River Basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 25(3): 353-364.]
- 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 2003. Voronoi图用于确定城市经济影响区域的空间组织[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 37(2): 256-260. [Wang X S, Liu J Y, Zhuang D F, et al. 2003. The application of Voronoi diagram on spatial organizing of urban influence regions[J]. Journal of Central China Normal University: Natural Sciences, 37(2): 256-260.]
- 闫卫阳, 秦耀辰, 郭庆胜, 等. 2004. 城市断裂点理论的验证、扩展及应用[J]. 人文地理, 19(2): 12-16. [Yan W Y, Qin Y C, Guo Q S, et al. 2004. Expanding, validation and application of urban breaking-point theory[J]. Human Geography, 19(2): 12-16.]
- 姚士谋, 陈振光, 朱英明, 等. 2006. 中国城市群[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社: 5-7. [Yao S M, Chen Z G, Zhu Y M, et al. 2006. The urban agglomeration of China[M]. Hefei, China: Press of University of Science and Technology of China: 5-7.]
- 中国地图出版社. 2014. 中国交通旅游全图[M]. 北京: 中国地图出版社. [China Cartographic Publishing House. 2014. Zhongguo jiaotong lvyou quantu[M]. Beijing, China: China Cartographic Publishing House.]
- 周一星, 史育龙. 1995. 建立中国城市的实体地域概念[J]. 地理学报, 50(4): 289-301. [Zhou Y X, Shi Y L. 1995. Toward establishing the concept of physical urban area in China[J]. Acta Geographica Sinica, 50(4): 289-301.]
- Huff D L, Lutz J M. 1979. Ireland's urban system[J]. Economic Geography, 55(3): 196-212.
- Wang H, Deng Y, Tian E Z, et al. 2014. A comparative study of methods for delineating sphere of urban influence: A case study on central China[J]. Chinese Geographical Science, 24(6): 751-762.
- Wasserman S, Faust K. 1994. Social network analysis: Methods and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press: 5-20.

Identification of urban hinterlands and urban agglomerations in China based on network analysis

PAN Jinghu*, DAI Weili

(College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: With the rapid expansion of city scale, the competition between central cities and their surrounding cities is increasing and therefore accurate identification of urban hinterland area is beneficial for the assessment of urban development strength and potential. Delineating the maximum limit of the hinterland area of cities has become an important research question, whose result can provide support for cities to formulate developing strategies and improve their comprehensive strength, and to achieve the joint development of cities and hinterlands. This study first used weighted average travel time as an indicator to measure the national spatial accessibility for China in 1991, 2010, and 2020. Second, we selected 30 provincial administrative regions as the research object and used the Huff model to identify the influencing hinterlands of cities at the prefecture level and above, without breaking the administrative boundaries. The results indicate that the shortest weighted average travel time decreased from 14.37 h in 1991 to 5.12 h in 2010. The weighted average travel time will further decrease from 5.12 h in 2010 to 4.39 h in 2020 due to the large-scale operation of the high-speed railways. For the same reason, interurban spatial accessibility has notably improved. The Huff model comprehensively measures potential energy between hinterland cities and central cities using the shortest traffic road-network distance and urban synthesized scale value, and selects maximum value of potential energy to determine the membership of hinterland cities. The advantage of this model is to maintain the existing administrative boundaries, which is convenient for practical planning. The shortest interurban time distance matrix was calculated for 15 national mature-growth urban agglomerations by using spatial network analyst in order to evaluate interurban economic linkage intensity. The economical linkage intensity between every district was accumulated to reflect economic function intensity in an area; and urban agglomerations were measured according to the urban comprehensive scale value, commute time, economic linkage intensity of urban agglomeration and total GDP of districts. The result was compared with planned urban agglomeration scales, thus putting forward suggestions for detailed adjustments for urban agglomerations. This study selected representative urban agglomerations of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan area as a case study and by using the social network analyst method, such as network density analyst, centrality, and core-edge construction, the spatial influence scale of urban agglomerations were comprehensively measured. The results can provide a scientific basis and methodological reference for urban agglomeration planning.

Key words: spatial influencing area; urban agglomeration; network analysis; Huff model; urban hinterland