

# 基于多元数据的大都市区范围划定方法研究 ——以武汉为例

Study on the Method of Metropolitan Area Delimitation Based on Multi-data: A Case Study of Wuhan

周 婕 陈虹桔 谢 波

文章编号1673-8985 (2017) 02-0070-06 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘 要** 大都市区是参与全球经济竞争的主要载体,但由于其概念内涵及界定标准仍处于研究阶段,造成对大都市区空间边界认知的不清晰。同时,传统大都市区范围划定的方法囿于数据获取的困难,其方法大多粗阔,因此所划定的都市区范围不够明晰精准。随着通信信息技术的发展,人口流、交通流、信息流等城市流数据可获取性提高,使得区域之间人口、物资、信息、技术等方面的联系得以精准、直观展示的研究方法越来越受欢迎。在此背景下提出基于遥感影像的城市土地联系分析方法、基于客运班次数据的交通联系分析方法、基于总部—支部数据的产业联系分析方法以及基于交通时间约束法、城市腹地划分法、网络搜索数据的城市联系强度综合评价法,对武汉大都市区范围划定进行了应用研究,取得了较好的成果。

**Abstract** Metropolitan area is the main carrier of global economic competition. Since its concept and definition standard is still at the researching stage, the cognition of metropolitan area boundary is unclear. Meanwhile, the traditional method of metropolitan area delimitation is constrained by the difficulty of data acquisition, which is too extensive to define the scope of metropolitan area accurately. With the development of Communication and Information Technology, the availability of city flow data such as the population flow, the traffic flow, the information flow is improved. It makes the research method more and more popular, which can intuitively and accurately reveal the connection between two regions in population, material, information, technology and other aspects. This paper puts forward the city land contact analysis method based on remote sensing image, the traffic contact analysis method based on passenger flight data, the industry contact method based on headquarters - branch data and the urban comprehensive evaluation method based on the web search data, the traffic time constraint method, the urban hinterland division method. Taking Wuhan as an application object, the research achieved good results.

**关键词** 多元数据 | 城市联系 | 大都市区

**Keywords** Multi-data | Urban contact | Metropolitan area

## 作者简介

周 婕  
武汉大学城市设计学院  
副教授,博士  
陈虹桔  
武汉大学城市设计学院  
硕士研究生  
谢 波  
武汉大学城市设计学院  
副教授,博士

随着信息化和经济全球化的发展,城市群已成为世界城市化的主流趋势。在当前全球化时代的国际竞争格局中,一个国家的综合竞争力,越来越取决于是否有若干综合经济实力强大的城市群与全球城市区域。大都市区作为城市群的增长极核与辐射源<sup>[1]</sup>,更是参与全球经济竞争的主要空间载体。2016年,我国千万级人口规模城市已达到13个。在这些特大城市周边,承担着大都市区功能的区域已然存在。但关于大都市区的概念内涵及界定标准仍较为模糊,造成大都市区空间边界不清晰,城市之间难以在产业、人口、交通、环境等方面进行统筹协调。

而目前大量的研究注重于从管理层面借鉴西方大都市区的经验,缺乏对大都市区范围划定方法的思考,因此,科学清晰地界定大都市区的地域范围具有重要意义。

## 1 大都市区定义与界定方法

大都市区 (Metropolitan District/Area) 是一种城市的经济社会发展到较高时期而产生的客观现象<sup>[2]</sup>。大都市区的概念最初起源于美国。美国大都市区是在城市之间相对独立松散的“联盟”背景下,对由相互经济作用趋近联合的跨行政区划的经济圈的概括。我国对于大都市

区概念的界定仍处于探索阶段,国内以周一星(1986)<sup>[3]</sup>、崔功豪(2001)<sup>[4]</sup>、宁越敏(2003)<sup>[5]</sup>等学者为代表,都将“大都市区”看作是一种城市功能地域概念。我国《城市规划原理》(2011版)在大都市概念界定中,指出大都市具有“城市人口中心”与“邻接地域”两个结构要素,并且它们之间具有“密切社会经济联系”、“一体化倾向”<sup>[6]</sup>,但并未具体指出从哪些方面、如何度量这种紧密联系。美国、日本、法国等以通勤比例作为度量联系的指标,形成了“核心城市人口规模+周边区域通勤比例”的大都市区范围划定方法与标准。由于我国缺乏通勤的人口统计,国内学者采取“中心区域人口规模+外围地区城镇化率”的替代方式测度中心与外围区域的联系紧密程度<sup>[7-10]</sup>。但这类以非农化水平等指标替代通勤指标来界定大都市区的方法缺乏理论支撑,因为基于该方法界定的大都市区本质上是类型(匀质)区域而不是功能区域<sup>[11]</sup>。大都市区作为一个功能地域概念,在界定时必须引入类似通勤等能够反映中心区域与外围县联系程度的指标。

城市与其外围区域的联系可由人口、物资、资金、信息、技术等方面的城市流反映。通过对承载“城市流”流动的相关设施分布或实际流量数据,如网络通信设施分布<sup>[12-13]</sup>、网络信息接收流量<sup>[14-16]</sup>、交通客货运流量<sup>[17-18]</sup>、企业机构分布<sup>[19-20]</sup>等,可以直观反映城市与其外围区域的联系程度。得益于互联网的迅猛发展及开放数据的推动,“流”数据的可获性大大增强。虽然通勤指标依然难以获取(如可从移动通信手机数据获取定位数据及通话数据,但数据仍处于垄断状态,难以获取),但其他反映人口、物资、资金、信息、技术等各方城市间资源流动的设施或流量指标有了更多获取的可能性,如交通设施分布(高德地图、百度地图)、城市客运交通班次情况(如12306铁路网站)、城市间信息交流情况(如电话流量、百度指数、腾讯指数、58同城搜索量)、资金流动情况(银行官网网点)等。各种“流”数据的直接测度不仅是对核心与外围区域联系情况的直观反映,更重要的是通过对“流”结

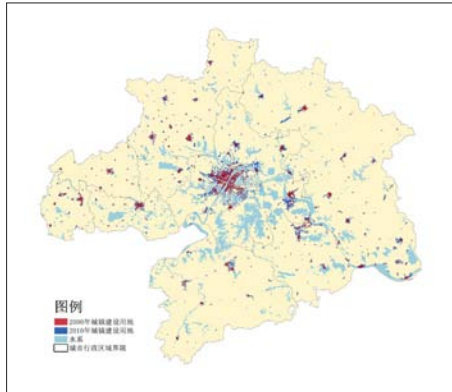


图1 “1+8”城市圈城市建设用地情况图  
资料来源:作者自绘。

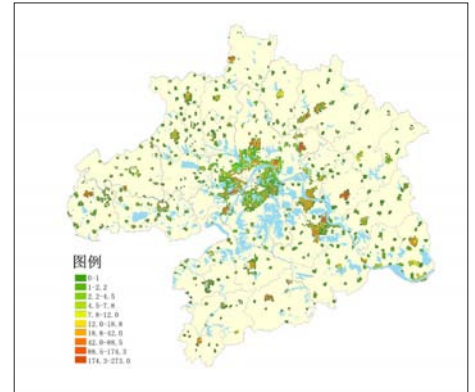


图2 “1+8”城市圈城市建设用地拓展强度图  
资料来源:作者自绘。

点的深入分析能清晰揭示外围区域与核心城市之间的相互联系,从而有利于针对性地制定大都市区协作发展的策略。

## 2 基于多元数据的大都市区范围划定方法及应用

### 2.1 基于遥感影像的城市土地联系分析方法

大都市区作为一种地域现象,核心城市与邻接区域在空间上是具有连续趋势的。由于大都市区研究多从经济地理的研究视角切入,难以获取大范围土地利用信息,导致用地空间的连续性往往被忽略。随着遥感技术的发展,大范围用地信息提取已不再困难。利用多时段遥感影像,分别分析一定时间段内核心城市与邻接区域的土地扩张方向,可判断出两者是否在用地空间上具有连绵成片的发展趋势。城市用地面积的扩大被视为城市扩张的直观表现,因此城市扩张强度指数(Expand Intensity Index, EII)<sup>[21-23]</sup>目前被广泛运用于城市扩张研究中,可分析比较不同时期城市沿不同方向扩展的速度和趋势。

基于至少两个不同时期段内的遥感影像,经过遥感解译后提取待研究范围内各城市或县的用地情况,并将其划分成1 km×1 km的网格。根据扩张强度指数公式计算出各网格单元的拓展强度,判断城市土地扩展趋势:

$$E_i = U_i / (A_i \times \Delta t) \times 100$$

式中:  $E_i$ 为区城镇建设用地扩展强度指

数;  $U_i$ 为*i*区前1基年至后1基年扩展面积;  $A_i$ 为*i*区土地总面积;  $\Delta t$ 为*i*以年为单位的变化时间。

鉴于我国大都市区发展水平远不及国外,因此在大都市区的用地空间中仍会夹杂着大量非建设地带,并不会呈现完全连绵一体的状态。因此基于遥感影像的城市土地联系方法只能表现出连绵的态势,并不能界定出连续的范围。以武汉为例,采用2000年和2015年的遥感影像数据作为数据源,通过遥感解译后提取出“1+8”城市圈内用地范围。从图1、图2可发现,武汉市的城镇建设用地呈现出沿长江南北迅速扩展的趋势。鄂州、黄石、黄冈、咸宁市辖区发展迅猛,高强度扩展区域分布呈现“向武汉、向长江”发展的趋势。从用地空间来看,由武汉与鄂州、黄石、黄冈构成的以长江为纽带的都市绵延带仍处在萌芽发展阶段,土地连绵程度并不高,故只能作为大都市区范围划定的参考之一。

### 2.2 基于客运班次数据的交通联系分析方法

大都市区内部物资、资金、信息、技术等交换需要产生了人流与物流,而人流与物流在区际间流动形成了交通流。相较于人流与物流数据,交通流数据可获性更高,同时可以实现对人流、物流的间接测度。因此,航班、客货运汽车与列车时刻表是测度交通流常用的替代方法<sup>[17, 24-25]</sup>。对大都市区范围研究而言,铁路与公路客运班次数据已经能满足要求。这类数据可以通过12306铁路客服中心网

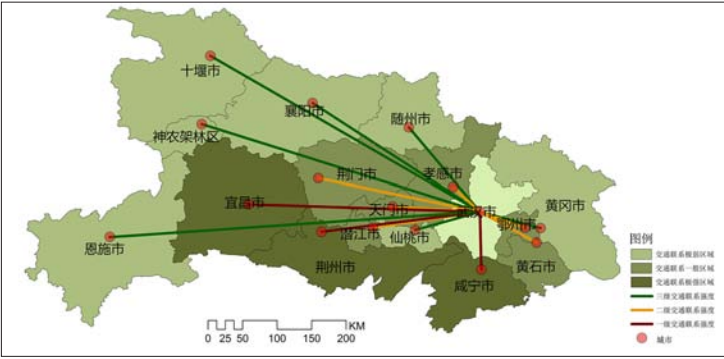


图3 武汉与湖北其余各市交通联系图  
资料来源: 作者自绘。

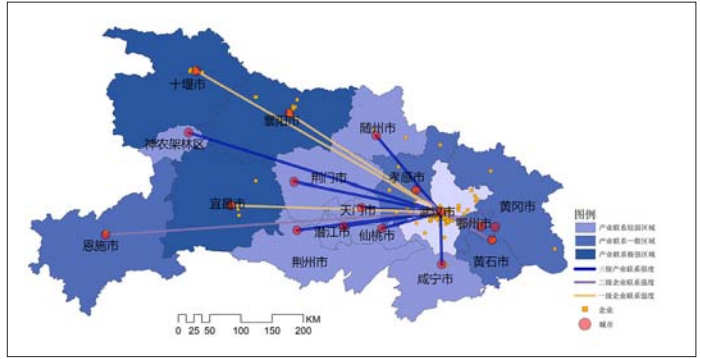


图4 武汉与湖北各市产业联系强度图  
资料来源: 作者自绘。

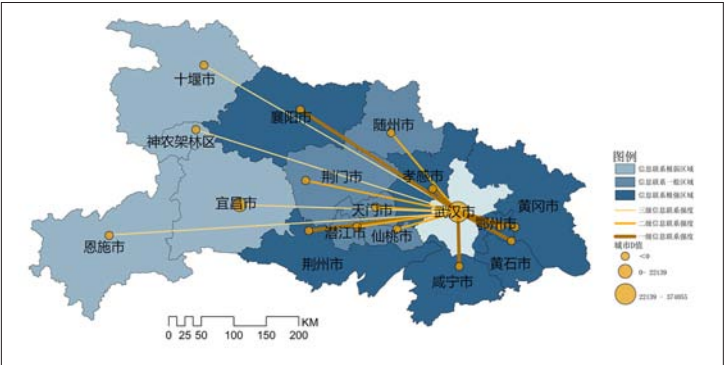


图5 武汉与湖北其余各市信息联系强度图  
资料来源: 作者自绘。

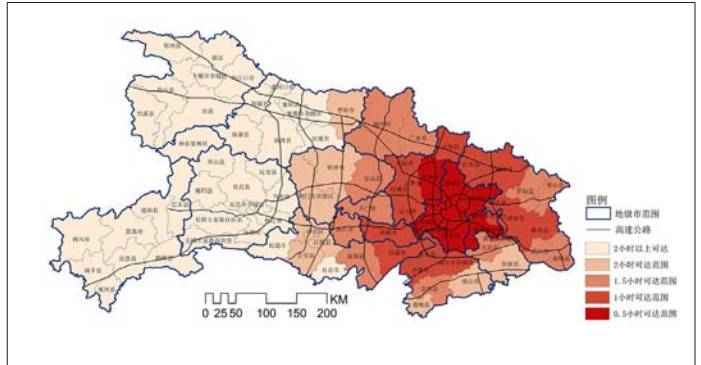


图6 武汉市高速公路可达范围图  
资料来源: 作者自绘。

站、各城市客运站发布客车时刻表获得。而将客运班次数据换算成交通流数据时,考虑各种交通方式的速度差异,采用以下公式对交通联系量进行定义:

$$M_{ij} = \frac{1}{3}A_{ij} + 0.4B_{ij} + \frac{5}{6}C_{ij} + D_{ij}$$

$$R_{ij} = (M_{ij} + M_{ji})/2$$

$$R_i = \sum_{j=1} R_{ij}$$

在公式中,  $M_{ij}$ 为*i*城市向*j*城市的交通联系量;  $M_{ji}$ 为*j*城市向*i*城市的交通联系量;  $R_{ij}$ 为*i*城市与*j*城市之间的交通联系量均值;  $R_i$ 为*i*城市的交通联系总量;  $A_{ij}$ 、 $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$ 、 $D_{ij}$ 分别为每日的*i*城市向*j*城市的长途汽车班数、普通火车班数、动车班数、高铁班数。

通过该方法对武汉与周边城市的交通联系进行研究,结果显示(图3),与武汉交通联系较强的城市均分布在武汉以南,在东西方向呈现随距离增加交通联系强度递减的趋势。由于地

级市级别客运交通班次信息数据较为全面,通过该方法获得的联系评价结果以地级市为单位显示,无法深入研究到区县级别。因此将该方法划定的范围直接作为大都市区范围不太完善。

### 2.3 基于总部—支部数据的产业联系分析方法

投入产出模型是研究城市区域经济结构的经典模型<sup>[26-27]</sup>,但我国的投入产出表编制在省级层面数据比较全面,在微观市级层面和宏观的区域层面是缺乏的,导致相关研究也受到限制。而GaWC小组(2003、2012)通过法律服务公司、高端生产性服务业、高档酒店、高等教育机构、全球性媒体的总部与支部分布,构建网络矩阵研究全球城市体系的网络架构<sup>[20, 28]</sup>,为研究区域产业联系提供了新的思路。行业巨头企业的机构布局,是企业从市场角度对落点城市交通、信息、资本、原料、人才、销售等多种因素综合考量,以达到最优化的区域市场控制

力。因此由总部和支部构建的企业城市网络反映了城市之间的产业关联性。与投入产出模型相比,总部—支部法只需搜集总部和支部位置数据,并不需要依靠政府统计部门繁琐的汇总,在数据可获性上更具优势。因此,衡量城市与外围区域的产业联系,可通过研究核心城市中的达到一定规模以上的企业总部与支部分布,构建矩阵量化联系。城市中分支机构的分值被定义为分支机构在整个网络中的重要程度,用  $V_{ij}$ 表示。分支机构在*a*、*b*两城市之间的网络连接度表示为:

$$R_{ab, j} = V_{aj} \times V_{bj}$$

*a*、*b*两城市之间的联系强度表示为:

$$R_{ab} = \sum_j R_{ab, j}$$

但是该方法同样存在一定局限性。在经济全球化趋势下,企业的研发、生产、销售越趋分散,企业布局尺度往往跨越大都市区,甚至全国

乃至全球。这意味着在大都市区内分支机构并不集中。尤其当城市与区域并未形成良好的产业合作链条时,这种联系并不明显。以武汉为例,通过2014年武汉市百强企业名单,筛选出总部设立于武汉,并在其他城市设立分支机构或分公司的企业共24家。根据24家企业的官网,获取497个分支机构情况,通过查阅万方企业信息数据库获取公司注册信息,获取总部、支部的详细地址,最后位于湖北省内的企业仅295个。因此分析结果显示武汉与周边城市的产业联系较为一般(图4)。

#### 2.4 基于网络搜索数据信息联系分析方法

随着互联网通信技术的发展,网络已经成为重要的信息交流渠道。大都市区内部各城市、镇之间通过功能和空间的有机联系,形成一个扁平的网络化的区域空间,以适应信息社会的需要<sup>[29]</sup>。网络信息流的测度主要依靠百度指数、微博、58同城等网络搜索量进行模拟<sup>[16, 30]</sup>。相较于百度指数,58同城搜索数据侧重展示城市之间的商业服务信息。借鉴James和Ronald研究美国大都市区信息流的方法<sup>[31]</sup>,采用C-value、D-value对数据进行处理,其具体公式为:

$$C = \ln C_c / C_s \quad D = C_c - C_s$$

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。以58同城的商业信息作为衡量武汉到另一城市的信息流联系强度的依据。武汉市与周边城市信息联系呈现“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的城市(图5)。这些城市都与武汉存在极强的信息联系。但是由于58同城网页搜索时,城市列表只能提供到地级市级别的数据,无法搜集到区县级别的数据。因此该方法也只能初步识别出与核心城市具有较强联系的地级市,无法进一步详细分析至区县级别。因此直接将核心城市具有较强信息联系的地级市全部划入大都市区范围也是不合理的。

#### 2.5 基于交通时间约束法

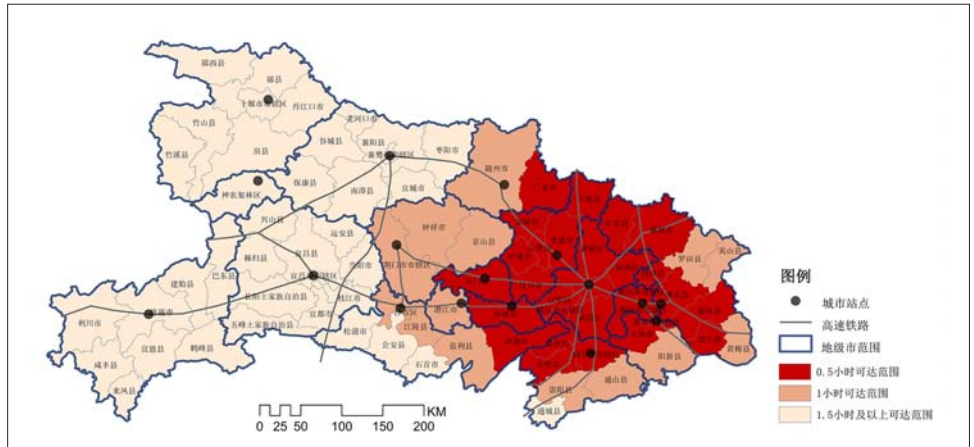


图7 武汉市高铁可达范围图  
资料来源:作者自绘。

纽约、东京、巴黎等城市的大都市区其规模半径都控制在100 km左右,基本上是高速1 h可达或高铁(城际)0.5 h可达的范围,原因在于避免过长的距离导致区域之间交流时间成本过高。由此可见,大都市区边界可通过限定时间内的交通可达范围确定。通过搜集现状及规划的高速及轨道交通路网,运用ArcGIS网络分析,划分出以核心城市地理中心为起点,高速限定1 h可达范围(图6)和高铁限定0.5 h可达范围(图7),两者通过GIS相交叠加,形成一条核心城市可达的封闭曲线。此种方法的优势在于依据一定时间内的交通路网可达距离,不依赖于按行政区划的数据搜集,因此划分区域可以细致到区县级别,甚至不反映行政区划的界限。但是大都市区的范围实际包含于该曲线内,仍需剔除一些非紧密联系区域或非城市建设地带;同时,直接依据交通可达距离划分界限将使完整行政区划破碎化,不利于管理。因此在武汉大都市区范围划定中,以区县作为最小的划分单元,保留行政区划的完整性。

#### 2.6 城市腹地划分法

一定地域范围内(如城市群)核心城市的影响力并不是无限扩张的,由于与核心城市相同等级的城市的存在,该城市的影响力会限制在特定范围内,因此需要考虑竞争城市影响下的大都市区范围。基于重力模型的断裂点腹地划分方法是通过建立数学模型、引入相关统计

值进行推算的方法。通过统计年鉴上显示的各城市指标进行综合,全面地反映了城市各方面的影响力<sup>[32-33]</sup>。断裂点其计算公式为:

$$d_i = D_{ij} / (1 + \sqrt{Q_j / Q_i})$$

式中 $d_i$ 为城市到城市 $j$ 的断裂点距离; $D_{ij}$ 为城市 $i$ 与 $j$ 之间的欧氏几何距离; $Q_i$ 、 $Q_j$ 为城市 $i$ 与 $j$ 的综合质量。城市的综合质量可通过搜集统计年鉴人均GDP、人均储蓄余额、万人公共汽车数、万人医疗床位等指标,利用专家打分法确定各因子权重,数值通过均一化处理后加权平均获得。

将断裂点用平滑的曲线连接,就可得到核心城市的影响力范围。但是断裂点是城市各方面影响力综合产生的平均状况,具有模糊性的特点,在可能的边界附近往往是各城市辐射达到平衡的宽幅地带,这里有时很难划出一条明显的界线。武汉研究结果显示(图8),西部的腹地呈现跳跃式发展;由于空间距离的接近,黄冈下辖红安县、麻城市、团风县,鄂州市、黄石下辖市区及大冶市,在武汉东部形成了连续的腹地区域。

#### 2.7 小结

采取单一方式并不能获得封闭的、细致到区县的、体现功能联系的大都市区范围。因此需对以上方法的结果进行最终的叠加处理。以武汉为例,以“与武汉市存在极强的用地、交通、产业、信息、联系”、“武汉1 h高速可达、0.5 h高铁



- [8] 张欣炜, 宁越敏. 中国大都市区的界定和发展研究——基于第六次人口普查数据的研究[J]. 地理科学, 2015 (6): 665-673.  
ZHANG Xinwei, NING Yuemin. The definition and development of metropolitan areas in China based on the data from the 6th National Census[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015 (6): 665-673.
- [9] 孙胤社. 大都市区的形成机制及其界定——以北京为例[J]. 地理学报, 1992 (6): 552-560.  
SUN Yinshe. Forming mechanism and delimitation of metropolitan area in China: a case study of Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1992 (6): 552-560.
- [10] 张晓云, 李晓, 殷健. 从城市群到大都市区——新政策语境下的沈阳经济区空间发展研究[J]. 城市规划, 2010 (3): 80-84.  
ZHANG Xiaoyun, LI Xiao, YIN Jian. From urban cluster to metropolitan area: spatial development of Shenyang Economic Region in the new policy context[J]. *City Planning Review*, 2010 (3): 80-84.
- [11] 洪世键, 黄晓芬. 大都市区概念及其界定问题探讨[J]. 国际城市规划, 2007 (5): 50-57.  
HONG Shijian, HUANG Xiaofen. Study on the concept and definition of metropolitan areas[J]. *Urban Planning International*, 2007 (5): 50-57.
- [12] Grubestic T H, O'Kelly M E. Using points of presence to measure accessibility to the commercial internet[J]. *Professional Geographer*, 2002, 54 (2): 259.
- [13] 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.
- [14] 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 (4): 510-519.  
DONG Chao, XIU Chunliang, WEI Ye. Network structure of 'space of flows' in Jilin Province based on telecommunication flows[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014 (4): 510-519.
- [15] 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 (10): 1230-1237.  
YE Lei, DUAN Xuejun, OU Xiangjun. The urban network structure of Jiangsu Province based on the traffic and information flow[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015 (10): 1230-1237.
- [16] 熊丽芳, 甄峰, 王波, 等. 基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J]. 经济地理, 2013, 33 (7): 67-73.  
XIONG Lifang, ZHEN Feng, WANG Bo, et al. The research of the Yangtze River Delta core area's city network characteristics based on Baidu Index[J]. *Economic Geography*, 2013, 33 (7): 67-73.
- [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 (1): 73-80.  
GAO Xin, XIU Chunliang, WEI Ye, et al. Study on the network of districts and counties in Chongqing based on the date of the highway cargo flows[J]. *Human Geography*, 2016 (1): 73-80.
- [18] 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 (11): 2073-2083.  
CHEN Wei, XIU Chunliang, KE Wenqian, et al. Hierarchical structures of China's city network from the perspective of multiple traffic flows[J]. *Geographical Research*, 2015 (11): 2073-2083.
- [19] 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 (4): 82-89.  
CHEN Chen, XIU Chunliang. Research on city network of northeast China based on space of flows[J]. *Areal Research and Development*, 2014 (4): 82-89.
- [20] Taylor P J. *World city network: a global urban analysis*[M]. London, New York: Routledge, 2003.
- [21] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于GIS的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报, 2000 (4): 407-416.  
LIU Shenghe, WU Chuanjun, SHEN Hongquan. A GIS based model of urban land use growth in Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000 (4): 407-416.
- [22] 刘小平, 黎夏, 陈逸敏, 等. 景观扩张指数及其在城市扩展分析中的应用[J]. 地理学报, 2009 (12): 1430-1438.  
LIU Xiaoping, LI Xia, CHEN Yimin, et al. Landscape expansion index and its applications to quantitative analysis of urban expansion[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009 (12): 1430-1438.
- [23] 王海军, 夏畅, 张安琪, 等. 基于空间句法的扩张强度指数及其在城镇扩展分析中的应用[J]. 地理学报, 2016 (8): 1302-1314.  
WANG Haijun, XIA Chang, ZHANG Anqi, et al. Space syntax expand intensity index and its applications to quantitative analysis of urban expansion[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016 (8): 1302-1314.
- [24] 陈伟劲, 马学广, 蔡莉丽, 等. 珠三角城市联系的空间格局特征研究——基于城际客运交通流的分析[J]. 经济地理, 2013 (4): 48-55.  
CHEN Weijin, MA Xueguang, CAI Lili, et al. Characteristics of regional city connection's spatial pattern based on intercity passenger traffic flow in Pearl River Delta[J]. *Economic Geography*, 2013 (4): 48-55.
- [25] 宋伟, 李秀伟, 修春亮. 基于航空客流的的中国城市层级结构分析[J]. 地理研究, 2008 (4): 917-926.  
SONG Wei, LI Xiuwei, XIU Chunliang. Patterns of spatial interaction and hierarchical structure of Chinese cities based on intercity air passenger flows[J]. *Geographical Research*, 2008 (4): 917-926.
- [26] 孙东琪, 张京祥, 胡毅, 等. 基于产业空间联系的“大都市阴影区”形成机制解析——长三角城市群与京津冀城市群的比较研究[J]. 地理科学, 2013 (9): 1043-1050.  
SUN Dongqi, ZHANG Jingxiang, HU Yi, et al. The formation of metropolitan shadow from the perspective of industry spatial contacts: a comparison between Yangtze River Delta and Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013 (9): 1043-1050.
- [27] 夏海生. 基于投入产出理论的区域间产业联系研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学硕士学位论文, 2015.  
XIA Haiseng. A study about multi-regional industry relations based on input-output analysis[D]. Harbin: The Dissertation for Master Degree of Harbin Institute of Technology, 2015.
- [28] Krätke S. Global pharmaceutical and biotechnology firms' linkages in the world city network[J]. *Urban Studies*, 2013, 51 (6): 1196-1213.
- [29] 谢守红. 大都市区空间组织的形成演变研究[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2003.  
XIE Shouhong. Study on the formation and evolution of metropolitan spatial organization[D]. Shanghai: The Dissertation for Doctor Degree of East China Normal University, 2003.
- [30] 王波, 甄峰, 席广亮, 等. 基于微博用户关系的网络信息地理研究——以新浪微博为例[J]. 地理研究, 2013 (2): 380-391.  
WANG Bo, ZHEN Feng, XI Guangliang, et al. A study of cyber geography based on micro-blog users' relationship: with a case of Sina micro-blog [J]. *Geographical Research*, 2013 (2): 380-391.
- [31] 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.
- [32] 陈联, 蔡小峰. 城市腹地理论及腹地划分方法研究[J]. 经济地理, 2005 (5): 629-631, 654.  
CHEN Lian, CAI Xiaofeng. The theory of city hinterland and the research on the districting ways of hinterland[J]. *Economic Geography*, 2005 (5): 629-631, 654.
- [33] 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.  
GU Chaolin, PANG Haifeng. Study on spatial relations of Chinese urban system: gravity model approach[J]. *Geographical Research*, 2008, 27 (1): 1-12.
- [34] 康盈, 桑东升, 李献忠. 大都市区范围与空间圈层界定方法与技术路线探讨——以重庆市大都市区空间发展研究为例[J]. 城市发展研究, 2015 (1): 22-27.  
KANG Ying, SANG Dongsheng, LI Xianzhong. Metropolitan area boundary define and research method discussion: a case study of Chongqing metropolitan area plan-making[J]. *Urban Development Studies*, 2015 (1): 22-27.