

基于出租车客流的特大城市多中心空间结构的识别

——以苏州市为例

郭 轩 罗震东 何鹤鸣

〔摘要〕 目前,对城市多中心的认知主要是将其理解为功能集聚的“点”,而特大城市的空间尺度较大,功能集聚点无法描述出其结构性特征。本文假设特大城市的多中心具备“独立成市”的特征,即多个中心可分别为相应的城市次区域提供完备的中心职能,中心内部由复合功能片区集聚成为“中心区域”。基于上述假设,设立了判别多中心的 3 个条件,并运用出租车客流对苏州市区进行实证分析,得出了苏州城区范围内存在 4 个中心区域的结论。这 4 个中心区域具有紧密联系,并承担着其腹地的中心职能。未来,苏州应基于该 4 个中心区域合理安排城市的布局和功能。

〔关键词〕 出租车客流;多中心;空间结构识别;苏州市区

〔中图分类号〕 TU984.2 **〔文献标识码〕** A

一 引言

自 20 世纪 40 年代哈里斯和乌尔曼发现并提出多中心城市结构以来,不同学者从多个角度开展了对多中心城市的研究,包括多中心的界定、形成原因、发展过程、发展对策等^[1-3],认为多中心能够有效应对城市规模扩大带来的交通拥堵、环境负效应、不经济等问题。从单中心城市向多中心城市演化,被认为是世界特大城市空间发展的客观规律^[4]。多中心结构的识别因此成为拟定城市空间发展策略、检验城市建设成果的重要方面。特大城市的规模巨大,根据我国最新对城市规模的界定,人口在 500 万-1000 万人区间的为特大城市,人口在 1000

万人以上的为超大城市。由规模和城市职能带来的尺度差异,使得特大城市的功能布置有别于普通城市。针对特大城市,明确其多中心的内涵和界定条件,能够为此类城市的多中心研究和实践提供有力支持。基于此,本文提出面向特大城市的多中心结构假设及判别条件,运用出租车运营的海量数据提取出租车客流信息,以苏州市区为例进行实证分析,检验这一认知角度和方法的合理性与有效性。

二 特大城市多中心结构的再思考

由于尺度、规模、功能方面的特殊性,特大城市内部要素频繁流动、交换,这对其中中心结构的认知带来较大困难。目前,关于多中心结构的认知已经形

〔作者简介〕 郭 轩(1990—),男,四川达州人,南京大学建筑与城市规划学院硕士研究生;罗震东(1978—),男,陕西安康人,南京大学建筑与城市规划学院副教授;何鹤鸣(1987—),男,福建平潭人,南京大学城市规划设计研究院战略研究室副主任。

〔基金项目〕 国家自然科学基金项目(51478216)。

〔收稿日期〕 2016-03-30

〔修回日期〕 2016-05-05

成一定范式,然而由于缺乏较为清晰的尺度界定,在面对特大城市的时候常常出现一些偏差,即用一般城市多中心的范式对特大城市进行解释,容易使之变得泛义化。基于此,笔者认为对特大城市多中心结构的判别应当特别审慎,须注意以下三方面的问题。

1. 从密度到关系——多中心的规模内涵

在探讨多中心之前,首先应当明确中心对应的尺度,在某一尺度上的多中心可能是更高尺度上的单中心^[5-6],多中心研究只有在特定的范围下才具有独特意义。在同一范围内,多中心应当具有集聚该范围要素的能力,在这种意义上,卫星城、卫星镇显然不能称为特大城市的中心,其服务范围有限,要素单向流动,只可能随着城市的扩张,具备成为未来城市中心的潜力。因此,特大城市的中心势必具备在全城范围内集聚要素的能力。

多中心的集聚能力包括两方面的内涵,一是从“密度”出发,体现要素集聚的规模;二是从“关系”出发,体现联系网络中的地位。从“关系”入手探讨多中心已经成为共识,但由于数据获取和研究方法的限制,当前对城市中心结构的研究多是从“密度”入手,典型的如对洛杉矶、芝加哥等城市的研究^[7-8]。国内学者从“人口密度”^[9]、“居住密度”^[10]、“就业密度”^[10-11]等方面研究了北京、广州、上海等大城市的多中心特征。随着信息化的深入和城市内大量传感器的普及,为海量数据的收集创造了条件,使得对人、物等要素的位置信息记录成为可能,由此出现了依靠大数据进行的城市结构研究^[12]。然而,这些研究普遍采用了属性数据,忽略了要素流动隐含的起讫点之间的关系,未能从“关系”出发,通过对城市内部节点网络地位的测度反映城市的多中心结构。

2. 从单一到复合——多中心的功能内涵

在不同的研究和实践中,对多中心功能的认知呈现出两种不同的倾向:一是将中心专门化,认为中心是城市中某类功能或某种要素集聚的中心^[13];二是将中心综合化,认为中心是城市之所以成为城市的诸多重要职能的集合^[14]。目前,第一种倾向占据主流,然而特大城市的某个“商业中心”、“文化中心”、“就业中心”只具有相应功能的集聚意义,不能称其为“城市中心”。尤其在讨论特大城市时,由于尺度巨大,单个中心虽然各有差别,但都应当为其影响腹地提供相对完善的各类功能,因此特大城市的中心应当是具备复合功能的整体,这一整体内部的

各部分不一定在空间上紧密相连,但彼此之间有着强烈、稳固的功能关联。

3. 从网络化到结构化——多中心的结构内涵

随着城市规模扩大、分工逐步细化,特大城市内各部分之间的联系呈网络化发展^[15],导致城市中心影响范围不明晰,结构性特征不突出。但城市中心是城市结构化的产物,城市中心之所以成为“中心”,不是单纯的要素流动“枢纽”,而是由于其对腹地有明显、稳定的影响和控制能力,不同中心的影响范围也因此分化,彼此之间形成明确清晰的界限。因此,特大城市的多中心应当具有各自的腹地,腹地间具有明显的分界。

综合上述三方面,特大城市的多中心应当具备“独立成市”的特征,即多个中心分别为相应片区提供完备的中心职能,中心内部由复合功能片区集聚成为“中心区域”。因此,识别和判定特大城市的多中心结构需要同时具备以下三个条件:在城市内部尺度上,中心具有集聚功能联系的突出能力;中心内部各组成部分之间联系紧密而稳定;各中心具有相对独立的腹地。

三 流空间视角下特大城市中心的识别方法

流空间为多中心空间结构的定量研究提供了一个全新视角,典型的应用有采用不同城镇单元间的企业关系^[16-17]、交通流^[18]、信息流^[19]等建立功能联系,分析整个区域的空间结构。这些研究以相对独立的城镇为基本研究单元,有效反映了城市间的结构关系与多中心格局。如果将这些方法推广和运用到城市内部,以城市内部的实体区块代替单个城市,能够有效描述各个区块之间的结构关系和空间格局。

针对上述多中心的规模、功能、结构等方面的判别条件,流空间对多中心结构的解释可以从三个方面进行:基于联系强度的集聚区识别;基于强联系的中心界定;基于优势联系的影响范围划定。

1. 基于联系强度的集聚区识别

在流空间视角下,中心在网络中的地位主要体现在对周边要素的集聚能力上,这种集聚体现在两个方面:一是某单元作为终点,吸引其他单元的要素流入,而流入的总量表征了该单元在网络中的吸引力,重点考察绝对量上的中心性;二是某单元作为终点,吸引其他单元流出要素的权重,而流出的总权重

刻画出该单元对其他单元的影响力,重点考察重要性上的中心性。

针对第一种集聚能力,采用图论算法中入度的概念,即作为终点的总次数,用以测度某一空间单元的中心性。入度的计算公式为: $D_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$ 且 $i \neq j$), 其中 D_j 表示网络中单元 j 的入度, a_{ij} 表示网络中单元 i 到单元 j 的联系数量。针对第二种集聚能力,优化了入度的算法,采用权入度,即用某单元流出联系的权重替代联系的绝对数值,得到新的用流出联系量比例表示的联系矩阵。权入度的计算过程为: $O_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$ 且 $i \neq j$), $D'_j = \sum_{i=1}^n \frac{a_{ij}}{O_i}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$ 且 $i \neq j$), 其中 D'_j 表示网络中单元 j 的权入度, O_i 表示单元 i 的出度, a_{ij} 表示网络中单元 i 到单元 j 的联系数量。

2. 基于强联系的中心区域界定

特大城市市区尺度的中心应当具有相对完善的功能配置和联系紧密的内部关系,承担城市级的全面职能,对应的影响腹地应为城市次区域。流空间视角下,城市的中心是由一个或多个空间临近、要素流动频繁的峰值区构成的,彼此按照一定的分工进行组合,为城市次区域提供完整的服务。

相关研究证实了单个空间单元流出的联系会主要集中在临近的空间单元上,大量的联系表明彼此之间存在明确关联和功能互补。因此,为在峰值区基础上进一步识别城市的若干中心区域,本研究将彼此之间权入度高于一定阈值的联系定义为强联系,强联系所关联的峰值区共同构成中心区域。

3. 基于优势联系的影响范围划定

中心附近地区对相应中心有明显的从属关系。流空间视角下,这种从属关系体现为大量联系流向某个或某几个空间单元,最终直接或间接连入中心区域,由此确定的范围构成中心区域影响下的城市次区域。

基于此,本文将以此一空间单元为起点发出的最强的若干条联系定义为优势联系,用以表征腹地与中心的从属关系,以此作为次区域划分的基础,将最终通过优势联系连接到中心区域的空间单元定义为该中心区域的腹地,而同时连接到两个不同中心区域的空间单元则为两个中心区的过渡地带。

四 基于出租车客流的苏州市区多中心结构实证研究

出租车主要服务于城市中商务、旅游、休闲等目

的出行,其出行特征很大程度上是城市功能布局的反映,加之出租车定位准确、一次成行、覆盖面广,能够及时反映出城市空间功能的变化。在单独讨论数据特征优势,忽略数据规模的情况下,相较于目前一些学者使用过的手机信令数据^[20]对城市建成环境的评价、公交刷卡数据对职住关系的探讨^[21]等,出租车数据更适宜于表现整个城市的内部空间结构。出租车GPS数据虽然较早用于OD分析^[22]、运行监测^[23]、路径优化^[24]、交通小区动态划分^[25]等交通领域的相关研究,但近年来一些学者的探索,如基于出租车GPS数据对城市商业中心的研究^[26],充分显示了出租车出行特征对城市功能联系的解释力。以出租车客流的分布特征替代城市内人口流动的分布特征,能够从一个侧面解析城市内部的中心结构。

苏州是改革开放近40年来城市空间拓展最为迅速的明星城市之一,较早提出了多中心的空间发展战略^①,市辖区业已形成不同的发展板块,在人口密度、建筑密度、商务活动等方面均显现出多中心的发展特征与演化趋势,是进行定量测度与研究的典型城市。目前对于苏州中心结构的认知尚未形成定论,不同方法常常得到完全相反的结论,如朱东风通过空间句法得出苏州市是单中心的结论^[27]。本文以苏州市区为例,运用出租车运营数据,尝试从城市不同单元间出租车客流联系的角度,建立中心识别的方法,揭示苏州市区的多中心格局及其特征,为多中心空间结构研究提供方法与实证支撑。研究采用交通小区作为基本分析单元,选取苏州市区为研究区域,范围包括苏州市辖区^②范围内的69个交通小区^③。

1. 出租车客流数据的提取与处理

研究数据主要来源于苏州市交通管理部门和城市规划部门提供的地理空间数据和出租车路径数据。地理空间数据主要为交通小区分区范围;出租车路径数据是离散的定位采样数据,主要包含车辆ID、时间、坐标、空车状态等信息,覆盖苏州市区4000余辆出租车,采样间隔约30S,共1400余万条数据/天。为表征城市日常出租车运行的特征,宜选用工作日的出租车路径数据,因此从获取的数据中采用了2013年5月14日(星期二)24小时的数据进行分析(表1)。

数据处理包括三个环节,即运营起讫点提取、空间关联和建立联系矩阵。

表 1 出租车定位原始数据格式示例

车牌号	日期时间	经度	纬度	车速	空重车状态	计价器状态
苏 E-4H390	2013-05-14 00:14:30.000	120.58325 1953125	31.244632 7209473	NULL	空车	营运

运营起讫点提取。通过运行专门编写的 java 程序对 1400 多万条原始定位数据进行整理筛选,分车牌汇总,以空车状态后第一个营运状态为起点,以营运状态后第一个空车状态为终点,剔除空驶段和营运段,得到首尾对应的运营段。

数据校验。为明确数据对城市中心区的表征能

力,绘制起讫点核密度分布图(图 1),以最高密度为标准划分出 6 个级别、13 个热点区域,发现其在城区空间中有规律的集中,对外交通枢纽和城市各级商业中心是城市最具活力、人口流动最大的地区,进一步说明了以出租车起讫点数据反映城市空间结构具有一定的代表性。

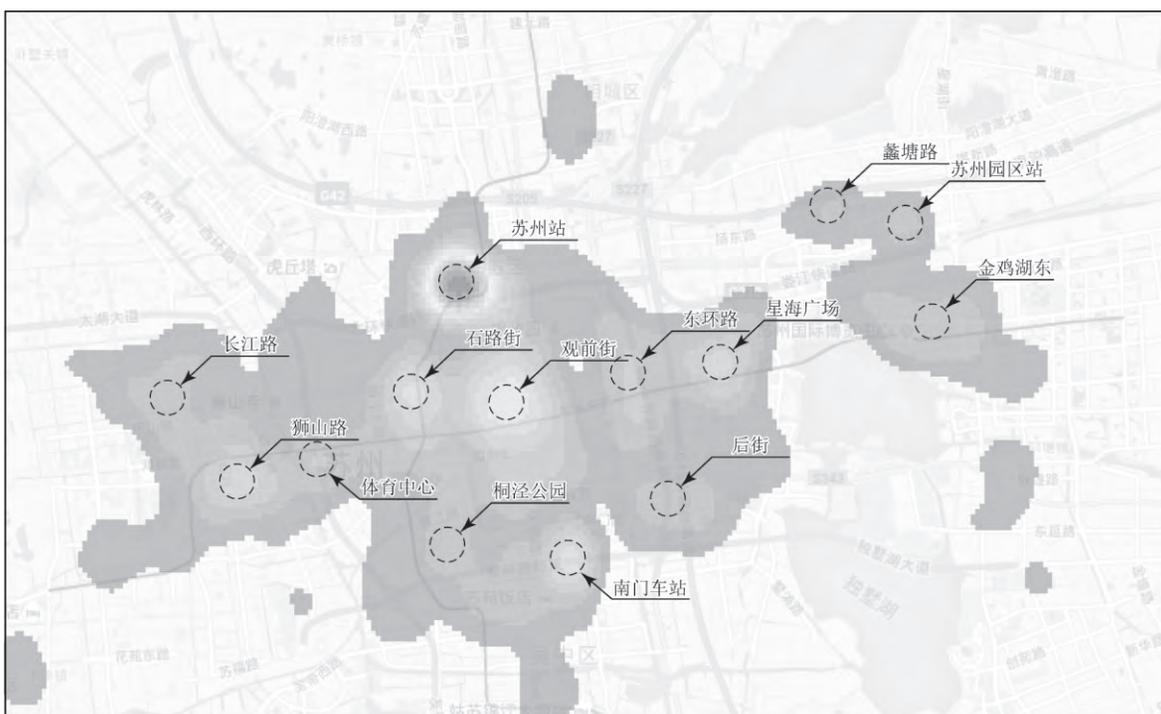


图 1 核密度分布

空间关联。在 Arcgis 中将起讫点分别与交通小区进行空间关联,剔除起讫点在 8 个城市对外交通枢纽^④的数据及市辖区以外的数据,剔除小区内部交通联系,最终得到 120507 条区间运营段。

建立联系矩阵。以交通小区为统计单元,运用 excel 数据透视表制作 69* 69 的小区出租车联系矩阵,同时导入 transCAD 制作联系线,用以可视化表达。

2. 苏州市区多中心结构识别

(1) 集聚区识别

通过对入度、权入度的计算,发现出租车的流入

地呈现高度的集中态势,证实城市内部空间网络中单元的吸引力和影响力存在不均衡性,得到 9 个入度明显高于其他交通小区的峰值区(图 2),其入度之和占网络总入度的 53.74%,得到 13 个权入度明显高于其他交通小区的峰值区(图 3),其权入度之和占网络总权入度的 61.76%。根据入度和权入度的高低,可将交通小区分为高入度—高权入度、高入度—低权入度、低入度—高权入度、低入度—低权入度 4 种类型,苏州城区出现了其中 3 种。高入度—高权入度型交通小区有狮山街道、湖西、金门、湖东、观前、娄葑、十全、吴中中心城、枫桥街道,其吸引力和影响力均非常突出,已具备成型的中心特征。低

入度—高权入度型交通小区有元和塘、木渎镇、留园西、平江新城,其吸引力不足,但影响力较强,随着其影响片区整体交通量的上升,该类型有加入中心区域的潜力。低入度—低权入度型交通小区数量最多,其吸引力和影响力都较弱,单向流出趋势较明显,具有腹地特征。

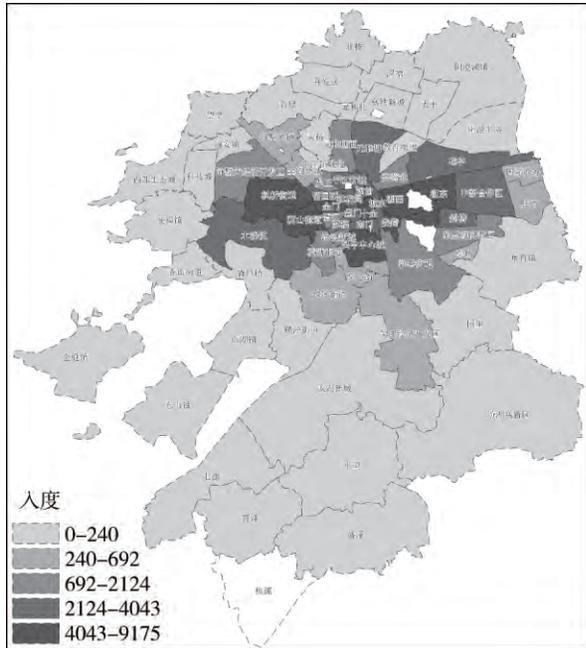


图2 入度分布

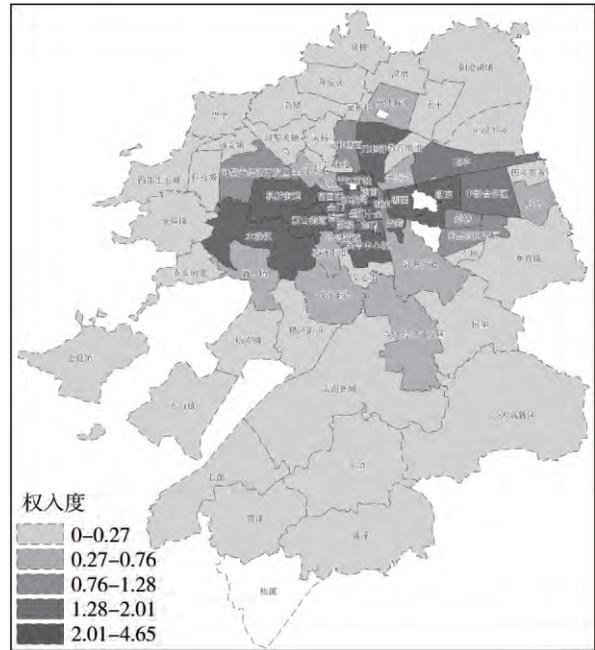


图3 权入度分布

(2) 中心区域界定

用交通小区流出联系的权重代替联系矩阵中的联系次数,得到新的用流出联系量比例表示的联系矩阵,截取其中13个峰值区两两之间的联系比重,指定0.19和0.12为阈值,定义强联系和次强联系(表2)。基于空间临近和联系紧密的原则,得到4个内部紧密联系的中心区域(图4)。

表2 13个峰值单元的两两间联系

终点 起点	留园西	金门	观前	十全	狮山 街道	木渎镇	枫桥 街道	吴中 中心城	平江新城	元和塘	娄葑	湖东	湖西
留园西		0.23**	0.10	0.03	0.08	0.01	0.06	0.03	0.06	0.03	0.02	0.02	0.03
金门	0.08		0.09	0.06	0.13*	0.02	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
观前	0.03	0.09		0.13*	0.03	0.01	0.02	0.04	0.07	0.04	0.08	0.03	0.08
十全	0.02	0.10	0.12*		0.05	0.01	0.01	0.08	0.03	0.02	0.07	0.03	0.07
狮山街道	0.03	0.14*	0.03	0.03		0.12*	0.25**	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
木渎镇	0.02	0.05	0.02	0.03	0.39**		0.12*	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
枫桥街道	0.04	0.10	0.02	0.01	0.38**	0.08		0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
吴中中心城	0.02	0.07	0.06	0.10	0.06	0.02	0.02		0.02	0.02	0.07	0.03	0.04
平江新城	0.06	0.08	0.14*	0.05	0.04	0.01	0.04	0.03		0.09	0.04	0.03	0.05
元和塘	0.02	0.05	0.10	0.04	0.04	0.01	0.02	0.03	0.11		0.08	0.05	0.07
娄葑	0.01	0.04	0.06	0.09	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03	0.04		0.07	0.24**
湖东	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.06		0.24**
湖西	0.01	0.03	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.18*	0.20**	

注: **是以0.19为阈值的强联系; *是以0.12为阈值的次强联系。

依据结果,苏州市区有4个成型的中心区域,分别为:古城中心,包括观前、十全、平江新城,规模较小,等级较高;城东中心,包括环金鸡湖的湖西、湖东、娄葑;城西中心,包括狮山、枫桥、金门、木渎、留园西;吴中中心城独立构成城南中心。城北的元和

塘与其他峰值区距离较远,且不存在强联系,未能参与中心区域构成。

(3) 影响范围划定

将某一交通小区发出的最强联系及高于最强联系80%的联系定义为优势联系,由此能够直接或间

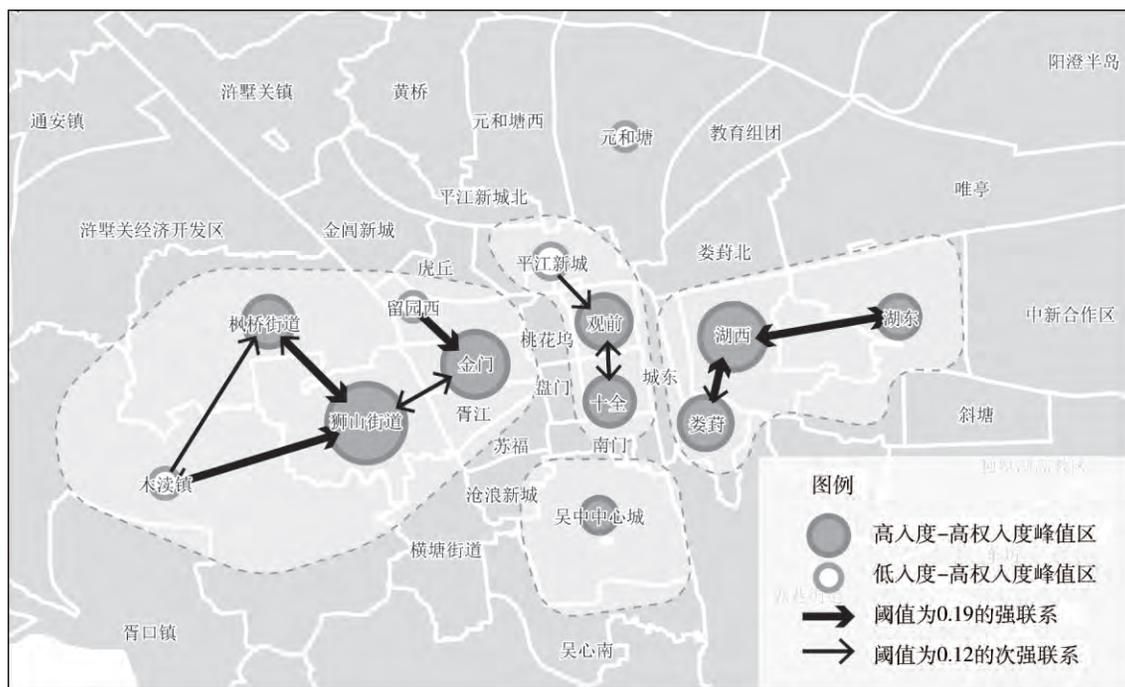


图 4 基于峰值区间联系强度的中心区域划分

接到达某一中心的区域则视为该中心的腹地(图 5)。最终得到东、西、南、北 4 个次区域,除桃源、盛泽、震泽、七都、汾湖高新区由于出度规模过小(少于 20)出现异常外,各次区域都是集中连片的整体。可以看出 4 个中心区域都有其对应的腹地,腹地的流动倾向较为明显,中心区域的影响范围界限较为清晰。桃花坞、盘门、城东显现出优势联系的不确定性,同时受到古城中心及相邻两个中心区域的牵拉,

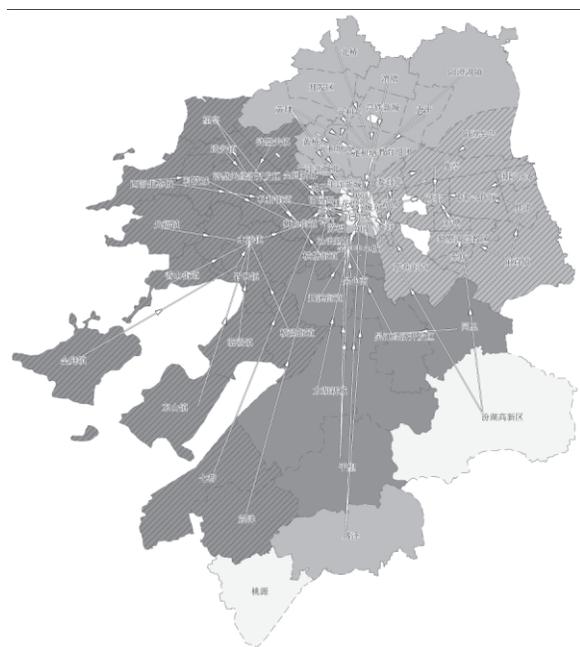


图 5 基于中心区域的次区域划分

其原因一方面可能由于城市中心区功能空间分布相对集中,具有一定程度的网络化特征;另一方面可能由于古城中心逐步演化为全城尺度的历史、文化等专门功能中心,而面向其直接腹地的经常性功能退化。

3. 苏州市区多中心结构实证检验

为进一步实证检验中心区域识别结果的可行性与可靠性,从中心规模和影响能力两个方面解析 4 个中心区域的特征,并与实际情况进行校验。

首先,计算 4 个中心区域的入度和、权入度和,以此比较中心区域吸引力和影响力的大小(图 6、图 7)。

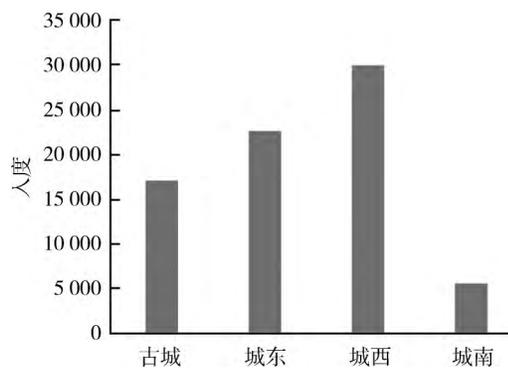


图 6 中心区域入度比较

然后,考察吸引强度与距离的关系,以此比较 4

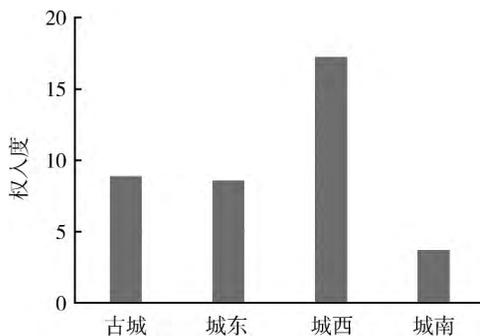


图 7 中心区域权入度比较

个中心区域的吸引力随距离^⑤的变化情况(图 8)。可以明显看出,中心区域的吸引能力存在随距离明显衰减的规律,分别用指数、幂函数对两个变量进行回归拟合,结果发现幂函数拟合度更高,这与周素红在基于浮动车 GPS 数据对深圳商业中心衰减规律^[26]的研究相吻合,因此本文选取拟合优度最高的幂函数进行拟合。根据幂函数性质,可探究联系强度随距离变化的情况。幂的次数小于 -1 时,因变量随自变量增大而快速减小,而后趋于平缓,次数的绝对值越大,快速减小的趋势越明显,中心区域的影响越偏向于临近空间单元,影响范围越小;反之,影响范围越大。

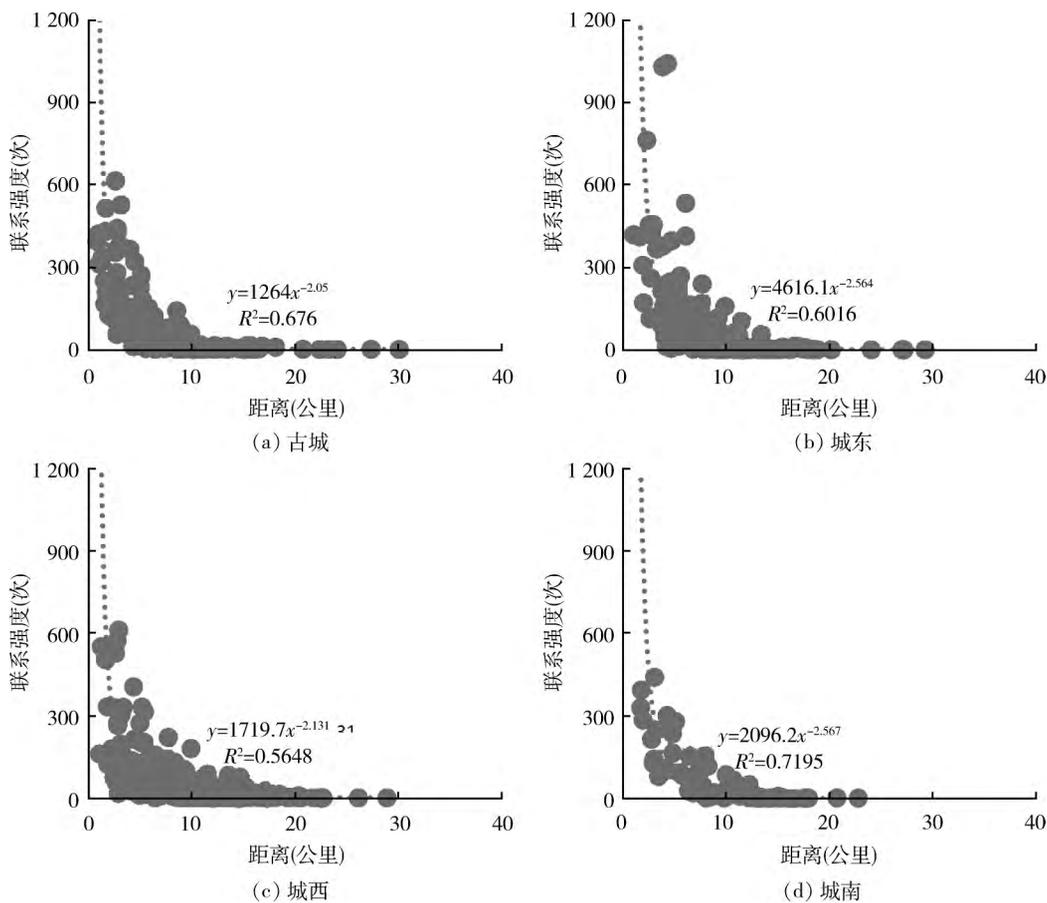


图 8 小区到中心区域联系强度与距离的关系

综合上述分析,得出苏州市区 4 个中心区域的中心特征。

古城中心的吸引力和影响力属中等水平,但其影响力随距离衰减最为缓和。由于观前、十全片区是苏州历史上的中心城,其影响范围是全市区,当代建设虽然跳出了古城范围,重要功能迁出,但这一片区仍是苏州重要的商业中心、文化中心和旅游目的地,吸引着大量客流。

城东中心的影响力与古城中心相当,吸引力略高,其影响范围随距离衰减较为明显。环金鸡湖片区开发较早,率先跳出古城范围,依托新加坡工业园区,实现了快速城市扩张,成为当时的城市“双中心”之一,主要面向古城以东的市区范围,有效疏散了固有空间的压力,承担着城市功能扩展的职能。

城西中心的吸引力和影响力最为突出,且影响范围随距离衰减的缓和程度接近古城片区。城西依

托狮山街道、枫桥街道,是苏州整体城市建设的一次升级,其建设规模和水平都创造了新高。由于空间紧邻,地处金门的石鼓路商业中心和干将路行政中心都加入了城西中心的行列,由此共同组成了当前苏州市区范围最大、影响力最强的中心区域。

城南中心的吸引力和影响力最弱,其影响范围随距离衰减也最明显。吴中中心城原为吴县县城,主要面向南部的吴中、吴江各镇,功能完整,但体量较小,具有郊县城关镇的特征,是市区南部主要的中心区域。

此外,元和塘凭借其在北面的影响力,如果进一步提升功能,有望建成未来城市北面的中心区域。

五 结论与讨论

基于对已有研究、实践的再思考,以明确特大城市这一特定对象的多中心内涵为基础,提出基于联系的多中心识别方法。将“多中心”概念拓展为“多中心区域”,强调特大城市中心功能的复合性和腹地的明确性,由此发展出特大城市多中心的三个内涵,即多中心结构的识别条件。通过对苏州市区的研究,证明了在复杂的城市内部地域空间中,当各区块之间的相互关联趋于网络扁平化时,特大城市依旧存在多中心结构,这对于城市空间安排、功能布局、交通组织具有重要意义。苏州市区呈现出相对独立、功能完整的4个中心区域:城西中心空间尺度大,影响范围广,吸引力和影响力突出,未来很可能成为城市主中心;古城中心受到东西两面的牵拉,其影响腹地有可能进一步缩小;城东中心的影响力与古城中心相当,影响范围随距离衰减较为明显;元和塘凭借其在北面的影响力,有望成为未来城市北面的中心区域。研究获得的各个中心在规模和影响力方面的差异,与苏州城市发展战略布局基本对应,实证了城市空间功能布局与实际流空间的关系。

基于苏州的研究再次显示了城市大数据研究的价值。通过出租车客流的起讫点联系,可以真实地描摹出城市各分区之间的网络关系,实时监控和分析城市空间结构的动态变化。本研究仅仅是基于一日数据得出的结果,如果能够采用相同的方法对苏州城区空间结构进行长期监控,将对城市空间研究和规划动态评估产生深远影响。交通流是反映城市内部空间联系的最佳数据,然而出租车仅仅承担了部分商务、购物、旅游等方面的出行,因此目前的研究仅是一个侧面,更加全面的结论还需要多源的数

据分析与方法探索。此外,在峰值区识别、强联系建立和优势联系确定的过程中,阈值的高低对结果也有一定影响,实际过程中应客观审慎。

【Abstract】 Because of the large scale of the megalopolis, the structural characteristic cannot be described by single function accumulation point. Assuming that each center of megalopolis could be an independent center of sub region of the city, namely it provides relatively complete functions for its hinterlands, and contains different components which connect tightly with each other. On this basis of hypothesis, this essay establishes three principles to distinguish the multiple center structure of Suzhou City, and finds out that the center structure of Suzhou City is polycentric and has four central districts. The four districts have tight relations and take the function of hinterland. In the future, Suzhou should reasonably arrange the cities' distribution and functions based on the four central districts.

【Key words】 taxi passenger flow; multicenter; spatial structure recognition; Suzhou downtown area

注释

- ① 苏州市区城市空间扩展历程:20世纪80年代以前,苏州城市空间一直受古城限制,围绕古城向外圈层式扩张;1986年苏州总规确定了“古城新区、东城西市”的发展格局;1994年老城区东侧建设中新合作苏州工业园,构成古城向东、西两个方向的轴向扩展,《苏州市城市总体规划(1996—2010)》,确定了古城居中、东园(工业园区)、西区(苏州新区)的“一体两翼”结构;2005年苏州总规提出了“东进沪西、北拓平相、南优松吴、西育太湖、中核主城”的空间发展策略,以此形成了“T轴双城两片”的城区空间结构。
- ② 苏州市辖区包括姑苏区、虎丘区、吴中区、相城区、吴江区。
- ③ 基于流空间联系首先需要确定基本空间单元。然而,不同于城市之间的关系(每个城市可以作为一个“点”状基本单元),城市区内部是一个完整连续的“面”,因此需要有明确的空间边界用以划分出空间单元,且单元的规模适合解释市区尺度的中心格局,同时边界以内的流特征应尽可能一致。由于交通小区的范围小于或重合于街道、乡镇的行政边界,且其划分依据主要是基于相近的居民出行特征,即人流动的特征。因此,本研究采用交通小区作为基本分析单元。
- ④ 排除了苏州8个对外交通站场,包括4个火车站:苏州站、苏州园区站、苏州北站、苏州新区站;4个汽车站:汽车北站、南门车站、汽车西站、吴中车站。
- ⑤ 此处距离取交通小区几何中心间线段长度。

参考文献

- [1] 孙斌栋,石巍,宁越敏.上海市多中心城市结构的实证检验与战略思考[J].城市规划学刊,2010(1):58-63
- [2] 李祎,吴缚龙,尼克·费尔普斯.中国特色的“边缘城市”发展:解析上海与北京城市区域向多中心结构的转型[J].国际城市规划,2008(4):2-6 (下转第83页)

- 软科学, 2011(8): 77-89
- [5] 雷晓康, 王茜. 中国最低生活保障制度现状与回顾[J]. 社会保障研究, 2009(2): 46-56
- [6] 柳清瑞, 翁钱威. 城镇低保线——实际给付与理论标准的差距与对策[J]. 人口与经济, 2011(4): 79-86, 91
- [7] 刘建平. 贫困线测定方法研究[J]. 山西财经大学学报, 2003(4): 64-66
- [8] 刘欣. 马丁法在我国农村贫困标准研究中的应用[J]. 沈阳大学学报, 1996(4): 28-30
- [9] 骆祚炎. 利用线性支出系统 ELES 测定贫困线——兼比较几种贫困线的测定方法[J]. 统计与决策, 2006(18): 27-30
- [10] 邓大松, 仙蜜花. 基于 ELES 模型的湖北省城市居民最低生活保障标准评估[J]. 武汉理工大学学报, 2015(3): 520-527
- [11] 彭长生. 安徽省城镇贫困线的测度及贫困状况分析——基于 ELES 方法[J]. 统计教育, 2008(9): 9-12
- [12] 唐钧. 确定中国城镇贫困线方法的探讨[J]. 社会学研究, 1997(2): 62-73
- [13] 樊传浩, 仲伯俊. 基于计量模型的城市居民最低生活保障标准研究——以江苏省为例[J]. 华东经济管理, 2009(12): 22-25
- [14] 池振合, 杨宜勇. 贫困线研究综述[J]. 经济理论与经济管理, 2012(7): 58-66
- [15] 林毓铭. 城市居民最低生活保障线制度研究[J]. 社会学研究, 1998(4): 112-117
- [16] 陈传波. 城乡居民的最低生活需求与低保标准[J]. 农业经济问题, 2011(8): 40-46
- [17] 姚建平. 城市居民最低生活保障标准的统一问题探讨——以消费支出比例法为例[J]. 社会科学, 2011(9): 78-86
- [18] 边恕, 孙雅娜, 郝悦. 城市居民低保标准确定及指数化调整机制设计——以辽宁省为例[J]. 人口与经济, 2015(1): 113-120

(责任编辑: 赵 勇)

(上接第29页)

- [3] 华杰媛, 孙斌栋. 中国大都市区多中心空间结构经济绩效测度[J]. 城市问题, 2015(9): 68-73
- [4] 石忆邵. 从单中心城市到多中心城市——中国特大城市发展的空间组织模式[J]. 城市规划汇刊, 1999(3): 36-39
- [5] P Hall, K Pain. The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-city Regions in Europe[M]. Earthscan, 2006: 1-12
- [6] 罗震东, 朱查松. 解读多中心: 形态、功能与治理[J]. 国际城市规划, 2008(1): 85-88
- [7] P Gordon, W Richardson H., L Wong H. The distribution of population and employment in a polycentric city: The case of Los Angeles[J]. Environment and Planning A, 1986(2): 161-173
- [8] P McMillen D., F McDonald J. A nonparametric analysis of employment density in a polycentric city[J]. Journal of Regional Science, 1997(4): 591-612
- [9] 蒋丽, 吴缚龙. 2000-2010年广州外来人口空间分布变动与对多中心城市空间结构影响研究[J]. 现代城市研究, 2014(5): 15-21
- [10] 孙斌栋, 石巍, 宁越敏. 上海市多中心城市结构的实证检验与战略思考[J]. 城市规划学刊, 2010(1): 58-63
- [11] 孙铁山, 王兰兰, 李国平. 北京都市区人口—就业分布与空间结构演化[J]. 地理学报, 2012(6): 829-840
- [12] 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J]. 城市规划学刊, 2014(6): 61-67
- [13] 关于, 阳建强. 城市化中后期城市中心的功能转型与空间重构——以常州旧城中心区为例[J]. 城市规划学刊, 2013(5): 87-93
- [14] 杨俊宴, 章飙, 史宜. 城市中心体系发展的理论框架探索[J]. 城市规划学刊, 2012(1): 33-39
- [15] 李国平, 孙铁山. 网络化大都市: 城市空间发展新模式[J]. 城市发展研究, 2013(5): 83-89
- [16] 唐子来, 赵渺希. 经济全球化视角下长三角区域的城市体系演化: 关联网络和价值区段的分析方法[J]. 城市规划学刊, 2010(1): 29-34
- [17] 朱查松, 王德, 罗震东. 中心性与控制力: 长三角城市网络结构的组织特征及演化——企业联系的视角[J]. 城市规划学刊, 2014(4): 24-30
- [18] 罗震东, 何鹤鸣, 耿磊. 基于客运交通流的长江三角洲功能多中心结构研究[J]. 城市规划学刊, 2011(2): 16-23
- [19] 曹子威, 罗震东, 耿磊. 基于信息流的城市一区域关系比较研究——以马鞍山和芜湖为例[J]. 经济地理, 2013(5): 47-53
- [20] 王德等. 手机信令数据在城市建成环境评价中的应用——以上海市宝山区为例[J]. 城市规划学刊, 2015(5): 82-90
- [21] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京居住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012(10): 1339-1352
- [22] 李艳红等. 基于出租车 OD 数据的出租车出行特征分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007(5): 85-89
- [23] 丁涛杰, 史殿习, 李永谋. 基于出租车 GPS 数据的道路平均速度估计方法[J]. 计算机技术与发展, 2015(7): 15-19
- [24] 唐炉亮等. 基于蚁群优化算法与出租车 GPS 数据的公众出行路径优化[J]. 中国公路学报, 2011(2): 89-95
- [25] 吕玉强等. 基于出租车 GPS 数据聚类分析的交通小区动态划分方法研究[J]. 物流技术, 2010(9): 86-88
- [26] 周素红, 郝新华, 柳林. 多中心化下的城市商业中心空间吸引衰减率验证——深圳市浮动车 GPS 时空数据挖掘[J]. 地理学报, 2014(12): 1810-1820
- [27] 朱东风. 基于空间句法(Spacesyntax)分析的城市内部中心性研究——以苏州为例[J]. 现代城市研究, 2006(12): 60-67

(编辑: 丛 琳; 责任编辑: 李小敏)