

基于中心性分析的同城快递配送中心选址问题研究

陈琼^a, 胡觉亮^b, 吴镜^a, 韩曙光^b

(浙江理工大学, a. 经济管理学院; b. 理学院, 杭州 310018)

摘要: 为优化同城快递网络,用度数中心度、中间中心度和接近中心度来分析同城快递配送中心选址问题,综合体现网点在整个网络中的位置、其他网点的依赖性和桥接的重要性。利用变异系数法来确定三个中心度的权重并建立模型来进行同城快递网络结构的综合评价。以X快递公司在杭州市辖区的快递网络为例,利用UCINE软件建立关系矩阵得出每个网点的中心度数据,结合实际情况进行分析,最终得出同城配送中心选址的方案,根据评价模型计算得知,快递网点的桥接作用和资源控制度比位置更为重要。

关键词: 选址研究; 配送中心; 同城快递; 中心性分析

中图分类号: U572.88 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851(2016)01-0042-07 **引用页码:** 020107

0 引言

(一)同城快递的发展现状

物流业是融合运输、仓储、货代、信息等产业的复合型服务业,是支撑国民经济发展的基础性、战略性新兴产业。2010年之后,我国物流业加速发展,服务能力显著提升,基础设施建设逐步完善,政策环境明显改善,物流业成为我国国民经济的重要组成部分。同城快递服务是快速收寄、分发、运输、投递(派送)单独封装具有名址的信件和包裹等物品,以及其他不需要储存的物品,按照承诺时限递送到收件人或指定地点,并获得签收的寄递服务^[1]。根据《2013年邮政行业发展统计公报》所示,同城快递业务增长迅猛,比例继续上升。然而,很多物流企业由于运营模式固定、市场定位等问题,在实际运营过程中暴露出严重的问题,如运营的专业化程度不高、网络结构松散以及由于恶性竞争造成的服务问题。这与同城快递需求与实际供给不相匹配、受制于交通管制以及企业经营理念固化等多方面因素相关。目前同城快递网络多以三级网络为主,繁琐的配送流程以及

不合理配送中心造成了配送时间的浪费和配送成本的增加,网点的配送范围多数单纯从地理位置角度考虑,造成了资源不匹配以及市场严重失调等现状。

(二)研究现状

与同城快递相关的研究主要着眼于业务模式、发展策略、路径规划和选址等局部性视角。宋娟等^[2]为解决同城快递配送成本高等问题,以配送的总距离最短为目标函数,建立了同城快递配送问题的模型。Li等^[3]为了提高邮件快递的绩效,引入一种混合驾驶模型,将选址与调度问题相结合,建立MINLP模型优化快递运输成本。在选址研究上,国外的学者已经提出综合的研究方法体系。Reza等^[4]总结并系统分析了设施选址的各种研究方法、建模方法和计算方法。Lei等^[5]指出过去20年的选址研究重点在于转运平台上,并提出一个MADM方法用于解决选址决策问题。根据文献查阅,不难发现前人在研究选址问题上或是与路径规划相结合,或是从成本角度出发构建数学模型。但是这些选址研究较少从网络的整体性出发,考虑网点间的联系和依赖性,以及网点布局对整体网络的影响。

收稿日期: 2015-06-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(11201428, 11471286); 浙江理工大学研究生创新研究项目(YCX13044)

作者简介: 陈琼(1990-),女,浙江衢州人,硕士研究生,主要从事物流工程与供应链管理的研究。

通信作者: 韩曙光, E-mail: zist001@163.com

社会网络分析又称结构分析,或者说,社会网络分析不仅是对关系或结构加以分析的一套技术,还是一种理论方法——结构分析思想^[6]。在使用社会网络方法分析网络优化和选址问题之前,很多专家学者就已经从图论角度研究选址和路径问题。孙树奎^[7]对中心点和中位点进行综合考虑,并通过建立模型来研究选址问题。赵培忻等^[8]提出了一类基于图论的新型聚类算法并将其应用于物流系统中的多设施选址问题。Jérôme 等^[9]提出一个基于最大覆盖模型和 P-中值模型的多层次模型,并利用拉格朗日松弛算法优化法国 3 个层级的妇产科医院的选址。

社会网络分析起初被广泛运用于团队建设、社交网络、信息传播等社会行为分析,主要是研究社会实体的关系联结以及这些连接关系的模式、结构和功能^[10]。近几年,研究方向由虚拟网络延伸到实际的社会网络中,研究领域包括旅游业、交通运输业以及零售业。刘法建等^[11]通过分析旅游现象中存在的各种内在网络关系特性,结合旅游流与旅游目的地管理,旅游企业管理,旅游者态度形成和行为决策等研究领域,进行了社会网络分析方法的初探。莫辉辉等^[12]引入社会网络分析方法的度中心性、邻近中心性和介中心性,研究中国航空网络。苏晓萍等^[13]认为要准确度量节点传播度量能力需要考虑与邻域节点间的拓扑关系,并提出一种基于节点及其邻域结构的局部中心性测量方法,该方法在节点约束系数的计算中体现了节点的度属性和“桥接”属性。Fahui 等^[14]从街道中心性视角出发分析中国长春市的零售店的选址,利用空间中心性方法、最近邻指数和临近 CBD 分析空间分布的基本特征,并通过核密度估计(KDE)将存储位置和节点中心性值的一个单位(栅格像素)进行相关分析。Jiaoe 等^[15]提出用一种复杂网络方法来测算网络结构以及中国航空运输网络中每个城市节点的中心性,并对比其他国家的航空运输网络分析我国航空运输网络的特性。

在同城快递网络优化问题上,尚未有学者利用社会网络分析方法或者中心性分析方法进行研究,因此利用中心性分析来研究网络结构是一个新的视角。随着物流业的发展以及国家政策的扶持,企业及部门将更关注于运输、仓储等单环节之外的问题,物流网络布局的合理性将体现出其价值和影响。本文从中心性角度出发,考察同城快递网络的特性并优化配送中心的位置,进而为调整同城物流网络的布局提供理论指导。

一、问题描述和模型建立

本文利用度数中心度、中间中心度和接近中心度,并结合同城快递网点的特性(即以同城快递的业务量作为权重),建立关系矩阵,基于变异系数法提出一个综合评价模型,利用现有的物流网络对同城配送网点的布局进行调整和优化。传统的同城配送在实践中的配送流程和异地配送并无差异,需要经过分拨中心配送,这也直接导致同城配送的产生滞后和低效。因此,本文根据同城配送的特性并利用现有的网络构建一个二级配送网络服务于同城配送(如图 1)。同城快递配送过程中存在收寄两个方向的货物流动,本文假设收寄流量相当,将有向图简化为无向图研究。实际运营中的同城配送网络为一个三级网络,本文拟优化配送网络,提出同城配送的二级网络。

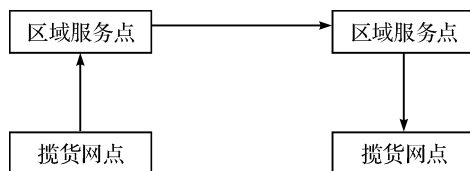


图 1 同城快递网络层

在一个社会网络中,每个网点与其他网点的关联程度各不相同,为了刻画每个网点在网络中的重要性程度,借助几类常用的中心度概念——度数中心度、中间中心度和接近中心度来对同城快递配送站选址进行综合评价。

(一)中心度模型

1. 点的度数中心度

度数中心度的概念比较简单清晰,它是指在一个特定的网络中与网点 i 直接关联的网点的个数,记作 C_i^{AD} 。通过度中心性来判断点在网络中的权利,如果度数中心度越大,通常认为这个网点所拥有的权利越大,重要度越高,在网络中相对位置更核心。引用到所分析的同城快递网络中来说,度数中心度指的是在一个特定的同城快递网络中,与某一个快递网点直接有快递业务来往的网点个数,或者以相对中心度来说就是,与快递网点 i 直接相联系的快递网点的个数除以网络总数 k 的值。通过度数中心度可以判断网点 i 在该同城快递网络中重要性程度。

2. 点的中间中心度

中间中心度的概念是指在网络中,任意一对网点间的最短路径通过网点 i 的对数,也就是说某对

节点间的最短距离需要通过点 i 才能实现,在网络中对于节点 i 来说需要借助节点 i 才能实现最短路径的对数。通过概念的阐述可以发现,这个概念主要是用来衡量节点在网络中作为“中介”或者“联络者”的重要性程度,这也体现出了该节点对资源进行控制的程度。如果用 $b_{mn}(i)$ 来表示节点 i 所控制的节点对最短路径的概率, $g_{nm}(i)$ 用来表示节点 m 、 n 间经过节点 i 的最短路径数,那么 $b_{mn}(i) = \frac{g_{nm}(i)}{g_{nm}}$ 。

节点 i 的中间中心度记作:

$$C_i^{AB} = \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^k b_{nm}(i), m \neq n \neq i, \text{且 } m < n。$$

3. 点的接近中心度

接近中心度的概念衡量的是点在整个网络中的位置重要性程度,即点 i 到图中所有点的最短路径之和。记作 $C_i^{AP} = \sum_{m=1}^k dij$ 。

(二) 模型的建立

1. 符号说明

C_i^{AD} : 点的度数中心度; $b_{nm}(i)$: 点 i 控制的节点对最短路径的概率; $g_{nm}(i)$: 点 m, n 经过点 i 的最短路径的数量; C_i^{AB} : 点的中间中心度; C_i^{AP} : 点的邻近中心度; x_{ij} : 评价矩阵中的数值; m_j : 样本中指标 j 的最小值; M_j : 样本中指标 j 的最大值; x_{ij}^* : 极差化后的矩阵值; \bar{x}_j : 指标 j 的均值; s_j : 指标 j 的标准差; v_j : 指标 j 的变异系数; ω_j : 指标 j 的权重; Π_i : 网点 i 的综合评价得分。

2. 综合评价模型的构建

通过中心性分析来判断网点的重要性程度,但是在同城快递的网络中,每个网点的三项指标重要性程度并不一致。因此,需要综合考虑网点的三种中心性的重要程度去评价该网点以及该网络的综合指标。多指标综合评价方法通常分为主观和客观两类。主观方法包括:德尔菲法、层次分析法、模糊综合评价法等等。客观评价法包括成分分析法、多目标规划法、变异系数法等等。主观的加权方法通常使用问卷评分等定性方法来开展。客观的加权方法则主要从数据本身出发,对样本数据明确使用数学方法量化指标。本文选用的是客观赋权法中的变异系数法。

变异系数法进行综合评价的基本原理是:通过资料中各观测值变异程度来衡量指标,如果多指标评价过程中发现某一指标的差值越大,说明该指标

越能够区别评价对象,对整体的影响越大,应该赋予较大的权重,加权后更能体现指标的差异。

a) 数据标准化处理

数据标准化处理的方法有均值化、极值化、标准差化等等,这里为了不改变数据本身的特性,采用极值化的方法对数据进行标准化处理: $x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{M_j - m_j}$ 。其中: x_{ij}^* 表示经过无量纲化处理的第 i 个网点的第 j 个中心度的指标值, M_j 和 m_j 指的是所有 29 个网点中第 i 个中心度的最大值和最小值。对初始矩阵标准差化得出一个新的矩阵:

$$\begin{pmatrix} x_{11}^*, x_{12}^*, \dots, x_{1n}^* \\ x_{21}^*, x_{22}^*, \dots, x_{2n}^* \\ \dots \\ x_{m1}^*, x_{m2}^*, \dots, x_{mn}^* \end{pmatrix}。$$

b) 计算各指标的平均数和标准差

为了计算变异系数,需要求出各个指标的平均数 \bar{x}_j 和标准差 s_j 。

c) 计算各指标的变异系数 $v_j = \frac{s_j}{\bar{x}_j}, j = 1, 2, \dots, m。$

d) 对变异系数进行归一化处理,得出权重 $\omega_j = v_j / \sum_{j=1}^M v_j。$

3. 综合评价得分

根据求得的权重,将对同城快递网络每一个节点进行打分,在此基础上,将逐一对评分靠前的网点进行定性分析,并根据地域分布、需求性和及时性确定合理的配送中心数量和位置。综合评分方程:

$$\Pi_i = \omega_1 C_i^{AD} + \omega_2 C_i^{AB} + \omega_3 C_i^{AP}。$$

二、案例分析

本文以杭州市 X 快递公司的配送网络为例(如图 2 所示)。X 快递在杭州范围内分布的配送点共有 51 个,结合所需要研究的对象——同城快递,对现有的 51 个网点进行筛选,保留杭州上城区、下城区、江干区、拱墅区、西湖区和滨江区 6 个主要市辖区的快递网点,剔除杭州县级市和县城范围内的快递网点,以及一些远郊的市辖区(萧山区、余杭区、富阳区)的快递网点,筛选后保留 29 个快递网点。其中,上城区的网点有 2 个,下城区有 7 个,西湖区有 6 个,拱墅区共有 7 个,江干区有 7 个,滨江区有 1 个。

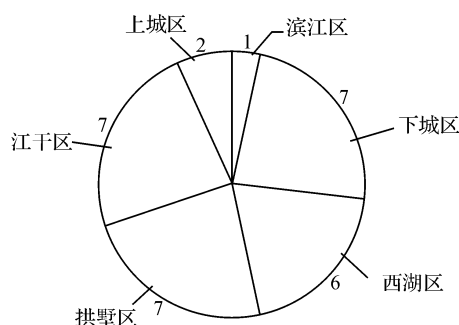


图2 杭州市X快递网点分布情况

本文借助社会网络分析软件 UCINET 对数据进行处理和分析。根据 UCINET 的数据特性要求,

对 29 个快递网点建立一个关系矩阵,快递网点实际上存在收和寄两个流向的业务,但是由于同城快递实际业务数据的特征,将收寄业务直接累计,即本文构造的同城快递网络是一个无向图。在这个关系矩阵中,直接构造一个矩阵,即网点间若存在业务联系,则其值为 1,否则为 0。

如图 3—图 5 所示,本文 29 个网点的度数中心度、中间中心度和接近中心度的柱状图。度数中心度和中间中心度之间的大体走向和趋势较为相似,而度数中心度和接近中心度的走势则相异。

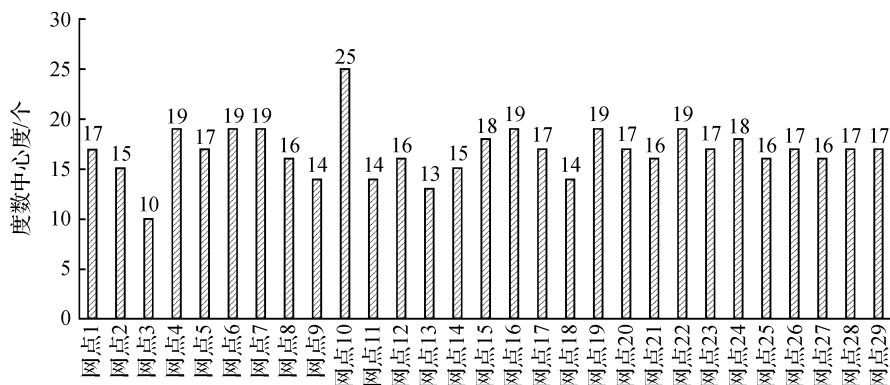


图3 网点的度数中心度

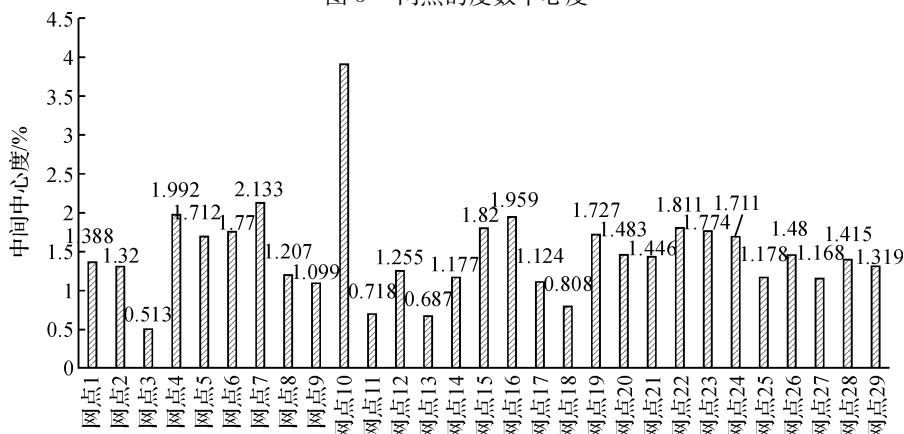


图4 网点的中间中心度

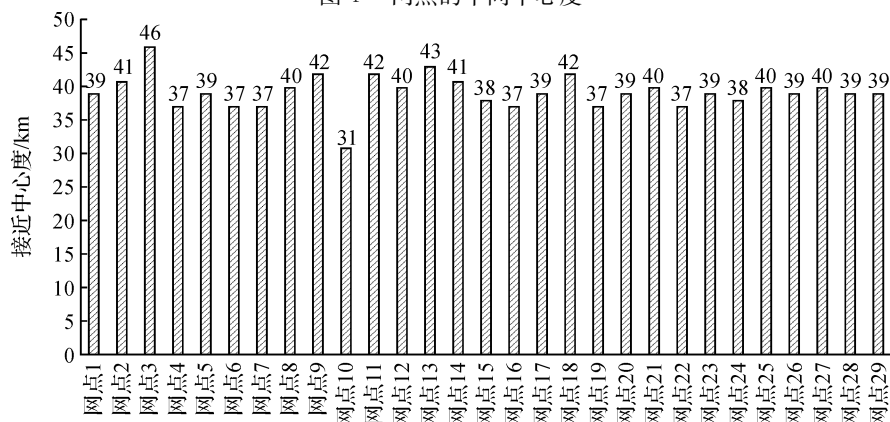


图5 网点的接近中心度

在分析中心性时,从度数中心度、中间中心度和接近中心度三个角度出发,考虑到每个网点受到业务量、网点间距离的影响,本文将另外构造一个距离矩阵,一个流量向量,并利用关系矩阵和流量向量的矩阵计算,得出一个初始的矩阵数据。(距离矩阵的数据来源百度地图,形成一个 $m \times n$ 的距离矩阵。流量向量的数据依据来源于每个节点的实际业务量,合计收寄两个流向的业务量,形成一个 $1 \times n$ 的向量。)为了避免由于量纲的不同造成的数据变异,对距离矩阵和流量向量进行标准化处理。

利用计算得出的初始矩阵计算网点的度数中心度、中间中心度和接近中心度(表1)。由表1可知,各个节点的3个中心度评分的排行各异,但是节点10的度数中心度、中间中心度和接近中心度的值皆为同指标内得分最高者。(考量接近中心度重要性程度时,由于距离越近反映网点的位置更具优越性,因此,在加权计算总得分时,将取倒数来计算。)利用变异系数法对 UCINET 的输出矩阵进行运算,得出度中心性、介中心性和邻近中心性的权重及相关参数(如表1),并最终计算得出网点的配送中心方案图。

表1中所示的是度数中心度、接近中心度和中间中心度的均值、标准差、变异系数和权重。其中,标准差能反映一个数据集的离散程度。平均数相同的,标准差未必相同。变异系数从表1的数据来看,

度数中心度和接近中心度的数值相比中间中心度来说较大,但是由于两者的均值较高,最终计算得出的标准差也高出中间中心度的标准差,但是最后得到的变异系数值却较小。根据结果所示,变异系数较度数中心度和接近中心度相比高出很多,这代表变异系数法确定权重方法下得出的中间中心度在杭州X快递同城网络中所能产生的影响远远大于度中心度和接近中心度。最终,在确立三者的权重时,也将赋予中间中心度更高的权重。

表1 变异系数法所得相应指标数值

	度数中心度	接近中心度	中间中心度
均值	16.7586	39.2414	1.4870
标准差	2.627535135	2.627535135	0.621548010
变异系数	0.156787076	0.066958277	0.417987902
权重	0.244318141	0.104339733	0.651342125

图6是根据计算结果得出的最终配送中心示意图。

根据评分结果得知分布在杭州市辖区的29个X快递网点综合状况差异不大,综合评分较高的网点主要分布在西湖区和江干区(九堡),得分最高的是杭州西湖六部X快递网点,该网店周围分布着高校、黄龙商业中心和一些政府机关,因此在同城业务上需求量较大,而由于西湖六部东临杭州绕城高速、西接上塘高架和中河高架,优越的交通便利性和大量的需求凸显该网店在网络中的“桥”的重要性和对其他网点的控制力。



图6 X快递公司同城配送中心选址

位于九堡的华贸X快递网点位于杭甬高速、德胜快速和绕城高速形成的三角区域的中心,东有下沙高教园区和开发区,西接市中心上城区下城区,北通拱墅区,南达滨江,在网络中积极发挥中介作用。

此外,注意到位于杭州市下沙经济技术开发区的网点,尽管从地理为位置上来看,该网点失去接近中心度的优势,但正是由于其不可替代的“边缘性”地理位置和密集的需求,如果舍去该网点,下沙范围内将成为一个配送盲区,会造成配送成本的增加。

最终根据需求的密集性程度和网点的综合评分确定了9个配送中心,分别是杭州西湖六部快递网点、杭州华贸快递网点、杭州下沙快递网点、杭州下城五部快递网点、杭州拱墅四部快递网点、杭州拱墅六部快递网点、杭州上城一部快递网点、杭州滨江快递网点和杭州庆春快递网点。

X快递公司目前在杭州的分拨中心位于下沙经济开发区,这意味着所有同城快递都需要运往下沙,再从下沙运往目的地,因此,从距离上和时间上来看,本文最后得到的9个同城配送中心更有优势。

三、结 语

本文从网络的整体性出发,考虑网点在网络中的重要性程度,据此来判断配送中心的选址,既是对选址问题的一个创新,也是对同城快递配送中心研究的一个拓展。

基于度数中心度、中间中心度和接近中心度的同城快递配送中心选址问题,根据上述的模型建立和变异系数法的权重确立,最终得出每个网点的综合评分。根据杭州市辖区的同城快递网点的评价结果,不难发现,最终得到的结论根据权重分布的不同而不同。而根据变异系数法的模型原理,权重的确立不仅与网点的关系矩阵息息相关,更与网点间的距离以及“桥”的关键性密切相关。同城快递网络由于业务量少且分散,借助网络实现物流的传递时更需要一个有高“中介”身份的网点。而同城范围内由于距离上的邻近,网点在网络中地理位置的优越性相对来说不如其在网络中发挥的其他网点控制力重要。因此一个好的同城快递配送中心需要三重身份:一个关键的“中介”人、一个掌控众多网点的“主导者”和具有重要地理位置的“中间”人。

然而,本文旨在研究点在网络中的重要性程度,从而筛选出最适合的同城配送中心站的地址,在实际运营中,还需要考虑成本、人力资源和交通运输等各方的情况,而本文尚未列为研究目标,需要进行进一步探讨。

参考文献:

- [1] 袁珥. S快递公司快递服务质量评价与分析[J]. 中小企业管理与科技, 2015(5): 123-124.
- [2] 宋娟, 崔艳. 基于改进遗传算法的同城快递配送模型[J]. 电子技术应用, 2014, 12(40): 136-139.
- [3] LI S, LINDU Z, JING H. Optimization of postal express line network under mixed driving pattern of trucks[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2015, 77: 147-169.
- [4] FARAHANI R Z, ASGARI N, HEIDARI N, et al. Covering problems in facility location: a review[J]. Computers & Industrial Engineering, 2012, 62(1): 368-407.
- [5] LEI B, VAN D, BART W, et al. Selection of city distribution locations in urbanized areas[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, 39: 556-567.
- [6] 林聚任. 社会网络分析:理论、方法与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009.
- [7] 孙树奎. 网络选址中对中心点和中位点问题的综合考虑[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(2): 64-68.
- [8] 赵培忻, 张存铨, 赵炳新. 基于新型图论聚类法的物流系统多设施选址策略研究[J]. 中国管理科学, 2012, 20(6): 149-153.
- [9] JÉRÔME B, GÉRARD C. Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: maternity hospitals in France[J]. Journal of Business Research, 2013, 66(1): 127-132.
- [10] 魏顺平. 社会网络分析及其应用案例[J]. 现代教育技术, 2010, 20(3): 29-34.
- [11] 刘法建, 章锦河, 陈冬冬. 社会网络分析在旅游研究中的应用[J]. 旅游论坛, 2009, 2(2): 172-177.
- [12] 莫辉辉, 金凤君, 刘毅, 等. 机场体系中心性的网络分析方法与实证[J]. 地理科学, 2010, 10(2): 204-212.
- [13] 苏晓萍, 宋玉蓉. 利用邻域结构洞寻找社会网络中最具影响力节点[J]. 物理学报, 2015, 64(2): 5-15.
- [14] WANG F, CHEN C, XIU C, et al. Location analysis of retail stores in Changchun, China: a street centrality perspective[J]. Cities, 2014, 41: 54-63.
- [15] WANG J, MO H, WANG F, et al. Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: a complex network approach[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(4): 712-721.

Study on Location Selection Problem of City-wide Express Distribution Center Based on Centrality Analysis

CHEN Qiong^a, HU Jueliang^b, WU Jing^a, HAN Shuguang^b

(a. School of Economics and Management; b. School of Science, Zhejiang
Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To optimize the city-wide express network, the paper uses the degree centrality, the betweenness centrality and the closeness centrality to analyze the location selection problem of the city-wide express distribution center. It is a comprehensive method to reflect the position of outlets in the whole network, dependence of other outlets and the importance of the bridging effect. The paper determines the weight of three centralities by using the variation coefficient method and establishes a comprehensive evaluation model for city-wide express network structure. This paper carries out a case study of express network of X express company in Hangzhou. UCINE software is applied to establish relationship matrix and to gain centrality data of each outlet. By analysis in combination of actual conditions, the location selection scheme about the city-wide distribution center is finally obtained. It is known from evaluation model calculation that, the bridging effect of express outlets and resource control are more important than the location.

Key words: location selection analysis; distribution center; city-wide express; centrality analysis

(责任编辑: 陈和榜)