

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.02.003

# 基于聚类-重心法和 CFLP 法的两级物流配送中心选址

郑 贺, 桂海霞

(安徽理工大学经济与管理学院, 安徽 淮南 232001)

**摘要:** 为了确保物流配送中心选址的合理性, 节约配送里程, 降低配送的费用成本, 将聚类-重心法和 CFLP (Capacitated Facility Location Problem) 模型结合起来对城市的物流配送中心选址进行研究。首先, 用最短距离聚类法进行配送区域划分; 其次, 通过 CFLP 模型结合聚类结果, 以物流配送成本费用最小化原则选出二级物流配送中心; 再次, 分别对二级物流配送中心和城市中所有的区域物流配送中心使用重心法求出 2 个一级物流配送中心的坐标; 最后, 分别计算出 2 个一级配送中心的配送总距离和配送总费用, 并进行对比分析。结果表明: 选择通过对二级物流配送中心使用重心法求出的一级物流配送中心作为最终一级物流配送中心最为合理。该方法能应用到两级物流的配送中心选址过程中。

**关键词:** 物流; 两级配送中心选址; 聚类; CFLP; 重心法

中图分类号: F252.14 文献标志码: A 文章编号: 1673-1891(2023)02-0015-06

## Location Selection of Two-Level Logistics Distribution Center Based on Clustering-Center of Gravity Method and CFLP Method

ZHENG He, GUI Haixia

(College of Economics and Management Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001, China)

**Abstract:** In order to ensure the rationality of the location of logistics distribution center, save the distribution mileage and reduce the cost of distribution, this paper combines the clustering-gravity method and CFLP (Capacitated Facility Location Problem) model to study the location of urban logistics distribution center. Firstly, the distribution area is divided by the shortest distance clustering method. Secondly, based on the CFLP model and clustering results, the secondary logistics distribution centers are selected based on the principle of minimization of logistics distribution costs. Then, the coordinates of the two first-level logistics distribution centers are obtained by using the center of gravity method for the second-level logistics distribution centers and all the regional logistics distribution centers in the city. Finally, the total distribution distance and total distribution cost of the two first-level distribution centers are calculated, and the comparative analysis is carried out. The results show that it is the most reasonable to choose the first level logistics distribution center which is obtained by using the center of gravity method for the second level logistics distribution center as the final first level logistics distribution center, and the method can be applied to the location selection process of the distribution center of the second level logistics.

**Keywords:** logistics; two-level distribution center site selection; clustering; CFLP; center of gravity method

### 0 引言

物流配送中心是物流系统网络的一个重要节点, 它不仅为客户提供物流服务, 也是物流活动最集中的场所。配送中心的合理选址能够节省资金,

增加物流企业的利润, 完善物流配送系统, 提高物流系统的运行效率, 故配送中心的选址决策在物流系统中十分重要。随着物流市场需求日益增长, 单配送中心配送压力大, 易导致物流成本增加、物流配送效率降低, 已经不再适合物流企业的发展。因

收稿日期: 2022-11-09

基金项目: 安徽省高校优秀科研创新团队项目(2022AH010054); 国家自然科学基金项目(61703005); 安徽省重点研发计划国际科技合作专项(202004b11020029)。

作者简介: 郑贺(1999—), 男, 安徽亳州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 物流企业管理。

此,物流企业应采取多级物流配送,从而提高配送效率、降低配送成本。

国内外的学者基于各种方法对配送中心选址的问题进行了研究。孔继利等<sup>[1]</sup>提出利用系统聚类法中的最短距离法和重心法相结合的方式研究多节点配送中心选址问题;赵韦等<sup>[2]</sup>通过使用粒子群优化算法的配送中心成本服务模型来研究选址;周万洋等<sup>[3]</sup>提出以总成本费用最小化为目标的CFLP选址模型;李昌兵等<sup>[4]</sup>使用遗传算法和层次分析法相结合的方法来研究选址问题;王勇等<sup>[5]</sup>使用重心法研究物流选址问题;凌晨捷<sup>[6]</sup>使用贪婪启发式模型研究配送中心选址问题;Nozick等<sup>[7]</sup>首先使用混合0~1整数规划法研究选址的影响因子,然后使用非线性混合整数规划模型研究具体选址;褚东亮等<sup>[8]</sup>在考虑运输费用和运输碳排放成本的因素下,在重心法的基础上,通过禁忌搜索算法,进一步优化选址,从而选出适合建立配送中心的城市;张晓云等<sup>[9]</sup>构建了基于精确重心法和k均值聚类(k-means)分析相结合的方法研究选址问题,求解出以总运费最小化为目标的配送中心最佳选址;Horner等<sup>[10]</sup>结合GIS对应急救援物资的配送问题进行了研究;赵芹<sup>[11]</sup>使用最短距离聚类和重心法相结合来研究物流配送中心选址。以上研究所建立的选址优化模型大多是针对单级配送中心的,而对多级配送中心选址模型的研究较少。李新运<sup>[12]</sup>使用地理信息系统(geographic information system, GIS)与粒子群算法对两级物流配送中心选址优化,仅考虑了配送的总运费最小化,没有考虑配送距离的问题;倪卫红等<sup>[13]</sup>使用聚类和重心法研究应急物流配送中心选址问题,对受灾地区的地理坐标、物资需求量和受灾程度进行聚类分析,并将2次聚类结果取交集后以受灾程度重为优先原则,确定二级应急物流配送中心的坐标,最后对二级应急物流配送中心使用重心法求出一级应急物流配送中心,该方法适用于应急物流配送选址,但一般的物流配送中心选址不需要考虑受灾程度。

配送距离和配送成本对于物流配送中心选址而言是最为重要的。系统聚类的最短距离法是针对配送距离进行选址,CFLP法则是以配送成本最小化为目标,通过将这2种方法相结合可以减少配送距离和成本。重心法是以运输成本最小化为依据,以成本最优为原则,在以CFLP法求出的配送成本最小化为依据的情况下,利用重心法求得最优解。因此,为了适用于普通的两级物流配送中心选址,本文首先使用系统聚类的最短距离法进行配送区

域的划分;其次对聚类结果用以配送成本费用最小化为目标使用CFLP模型求出二级物流配送中心;再次对二级物流配送中心使用重心法求出一级物流配送中心,再对所有的区域使用重心法求出另一个一级配送中心;最后将2个一级物流配送中心的配送距离和配送费用进行比较,再结合周围环境和交通条件进行分析。

## 1 基于聚类-重心法和CFLP法的两级物流配送中心选址模型

### 1.1 问题描述

目前所建立的选址优化模型大多是针对单级物流配送中心的,随着物流市场需求日益增长,单级物流配送中心配送压力大,易导致物流成本增加、配送效率降低,已经不能适应企业发展。因此,企业应采取多级配送,从而提高配送效率、降低配送成本。本文采取的是两级配送,即货物首先从一级物流配送中心运送到二级物流配送中心,再由二级物流配送中心送达自己所管辖区域内的用户。在选址时应考虑配送距离和费用,先确定二级物流配送中心,再由二级物流配送中心求出一级物流配送中心。

### 1.2 模型假设

为了便于建立模型,假设系统满足以下条件:

- (1)物流配送中心的数目是确定的;
- (2)物流配送中心能力受到限制并且知道配送节点的数目;
- (3)物流配送中心的固定成本一直不会变化;
- (4)物流配送的成本以运输费用为主,且运输费用仅仅和物流配送中心2个配送点之间的直线距离成正比关系,并且不把交通条件考虑在内;
- (5)各配送节点的需求量是一个汇总量,不是地理位置上实际的需求量,这个量汇集了分散在一定区域内且有非常多的需求量;
- (6)保证决策环境相对静止,不考虑收益和成本变化;
- (7)不考虑物流配送中心所处地理位置不同所引起的成本差异,如土地使用费、建设费、劳动力成本、库存成本等。

### 1.3 模型建立

#### 1.3.1 最短距离聚类法进行区域聚类

聚类是将数据分类到不同的类中,所以同一类中的内容可能会很相似,而不同的类中的内容也会有很大的不同性。聚类方法主要有系统聚类法、模

糊聚类法、有序样品聚类法、动态聚类法等。通过使用系统聚类法中的最短距离聚类,将各区域按距离的远近进行区域划分。最短距离聚类法进行区域聚类,其基本原理和步骤如下。

第1步:假设某地有 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 共 $n$ 个区域,计算这 $n$ 个区域两两之间的距离,得到一个距离矩阵,记为 $D_0$ 。

第2步:在 $D_0$ 中找出最小的数字,即区域之间最短的距离,记为 $d_1$ 。假设 $d_1$ 为区域 $P_a$ 和 $P_b$ 之间的距离,则将区域 $P_a$ 和 $P_b$ 聚为一类,记为 $G_1\{P_a, P_b\}$ 。

第3步:计算类 $G_1\{P_a, P_b\}$ 与其他区域之间的最短距离(即计算类 $G_1\{P_a, P_b\}$ 中区域 $P_a$ 和 $P_b$ 与其他区域的最短距离),记为 $d_2$ ,设与 $G_1\{P_a, P_b\}$ 距离最短的区域为 $P_x$ ;再计算区域 $P_x$ 与其他区域的最短距离,记为 $d_3$ ,设与区域 $P_x$ 距离最短的区域为 $P_y$ 。若 $d_2 < d_3$ ,则将区域 $P_x$ 与区域 $P_a$ 和 $P_b$ 聚为一类,记为 $G_1\{P_a, P_b, P_x\}$ ;若 $d_2 > d_3$ ,则将区域 $P_x$ 与区域 $P_y$ 聚为一个新类,记为 $G_2\{P_x, P_y\}$ 。

第4步:按照第3步的方法计算 $G_1\{P_a, P_b, P_x\}$ 或新类 $G_2\{P_x, P_y\}$ 与其他区域的最短距离,将其他区域进行聚类。若与某类距离最短的区域不止一个,则这些区域可以并为一类。

### 1.3.2 CFLP法确定二级物流配送中心

CFLP法即用线性规划运输法,确定各个区域物流配送中心的市场占有比例,求得出配送分担地区的重心,再使用混合整数计划法的“筹划型”确定场址的建设的地址的位置。当物流配送中心的能力受到限制时,且用户的地址、需求和多个物流配送中心集合的数量都已确定时,可用CFLP方法从多个配送中心的备选地点中选择总配送成本最小的作为二级物流配送中心。

CFLP模型存在3个基本的假设:假设配送中心的数目是确定的;假设物流配送中心能力受到限制并且知道物流的配送节点的数目;假设物流配送中心的固定成本一直不会变化。

通过1.3.1对各区域的聚类结果,CFLP模型确定二级物流配送中心。一般情况下,每一类中均有且只有1个二级物流配送中心。如果类中只有1个区域,则这个区域就为二级物流配送中心;如果类中有多个区域,则类中的区域向其他区域的总配送费用最小的区域为二级物流配送中心。某类中区域 $I$ 向其他区域的总配送费用 $F_I$ 的计算公式如式(1)所示。

$$F_I = \sum w_{IJ} f d_{IJ} \quad (1)$$

式中: $w_{IJ}$ 为区域 $I$ 向区域 $J$ 的运输量; $f$ 为单位运输费用; $d_{IJ}$ 为区域 $I$ 到区域 $J$ 的距离; $J$ 为某类中除区域 $I$ 的其他区域。

### 1.3.3 重心法进行一级物流配送中心选址

重心法能够利用对一组离散质点求解重心的原理来解决选址的问题。在生产成本中运输费用占有较大比重的情况下,由一个企业向多个地点或配送中心发货,适合使用重心法来求解。重心法是以运输成本最小化为依据,以成本最优为原则。

对上文利用CFLP法求得的二级物流配送中心使用重心法求出一级物流配送中心 $M$ ,再对目标城市所有区域使用重心法求出一级物流配送中心 $N$ ;最后,分别求出 $M$ 、 $N$ 两地到目标城市所有区域的总成本费用,并联系周围实际情况和交通条件对它们进行比较,选出最优的结果。

根据地理位置确定目标城市各区域的坐标为 $(x_i, y_i)$ ,设配送中心 $P$ 的坐标为 $(x_0, y_0)$ ,由此可得从配送中心到各区域配送点的总配送费用 $H$ 如式(2)所示。

$$H = \sum_{i=1}^m c_i \quad (2)$$

式中: $m$ 为配送点的个数; $c_i$ 为从配送中心到配送点 $i$ 的配送费用。 $c_i$ 的计算如式(3)所示。

$$c_i = h_i w_i d_i \quad (3)$$

式中: $h_i$ 为从配送中心到配送点 $i$ 的配送费率; $w_i$ 为从配送中心到配送点 $i$ 的配送量; $d_i$ 为从配送中心到配送点 $i$ 的直线距离。 $d_i$ 的计算如式(4)所示。

$$d_i = \sqrt{[(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2]} \quad (4)$$

将式(3)代入式(2),得 $H = \sum_{i=1}^n h_i w_i d_i$ 。

$$\begin{cases} \partial H / \partial x_0 = \sum_{i=1}^n [h_i w_i (x_0 - x_i)] / d_i = 0 \\ \partial H / \partial y_0 = \sum_{i=1}^n [h_i w_i (y_0 - y_i)] / d_i = 0 \end{cases}$$

从而得到式(5)。

$$\begin{cases} x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i w_i \frac{x_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n h_i \frac{w_i}{d_i}} \\ y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i w_i \frac{y_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n h_i \frac{w_i}{d_i}} \end{cases} \quad (5)$$

此时 $P(x_0, y_0)$ 为极值点,是最优解的必要条件,如果此时的结果不是最优解的话,那么可以使用迭代法来求出最优解,通过迭代法求出的最优解,将会得到总配送费用的最小值,具体步骤如下:

第 1 步:利用重心法的公式,求得配送中心初始解 $(x_0^0, y_0^0)$ ;

第 2 步:把初始解代入距离公式中求得 $d_i$ ,再代入总运费公式中,最后计算出总运费 $C_0$ ;

第 3 步:把 $d_i$ 代入公式中,求得出第一次迭代的解 $(x_0^1, y_0^1)$ ;

第 4 步:将迭代的解代入第 2 步中,求得 $d_i$ 的新值;再计算总运费 $C_1$ ,对 $C_1$ 与 $C_0$ 的大小进行比较。如果 $C_1 < C_0$ ,则继续迭代求解;如果 $C_1 \geq C_0$ ,则结束迭代的运算, $(x_0^1, y_0^1)$ 即是最优解;

第 5 步:重复第 2 步和第 3 步,直到 $C_n \geq C_{n-1}$ ( $n$ 表示迭代的次数)。

然后将 1.3.2 通过 CFLP 模型求出的二级物流配送中心的经纬度坐标代入式(5)中,求出利用本文模型算出的一级物流配送中心 $M$ 的经纬度坐标,再对目标城市所有区域使用重心法求出一级物流配送中心 $N$ 的经纬度坐标,通过对 $M$ 、 $N$ 各自到目标城市所有区域的配送距离之和配送费用之和进行综合对比分析,再结合周围环境和交通条件来确定最终的一级物流配送中心。

### 2 实证分析

为了验证本文模型的可行性,本文选取淮南市各区域作为实证研究对象。

淮南市地处安徽中北部,长江三角洲腹地,改革开放以来,淮南市的物流业取得了长足的发展,但按现代物流业发展的要求来衡量,尚处在起步发展阶段,与周边的合肥市、蚌埠市等物流业较发达城市相比,仍存在着一定的差距。一方面,淮南市物流系统的 2 个重要因素:线路和节点发展不平衡。比较重视线路问题,即建设纵横交错的交通系统,但却忽视现代物流中,具有较重要地位的组成部分物流节点的建设,物流基地的建设虽然已经提到议事日程上来,但货运站(场)建设十分滞后,真正意义上具有现代化水平的物流园区不多,不能适应经济发展的需要。另一方面,淮南市的各类仓库中普通平房库数量多,自动化立体仓库数量远远不能满

足物流市场发展需求。能提供运输、仓储、包装、配送等综合服务的物流配送中心极少,没有从物流系统的角度来统筹规划和建设物流基地、物流中心等节点。因此,物流配送中心对淮南市物流产业发展具有重要意义,对淮南市物流配送中心合理选址也十分重要。

淮南市包括田家庵区、谢家集区、大通区、八公山区、潘集区、凤台县和寿县 7 个区域,分别用 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_6$ 和 $P_7$ 表示。按照上述的模型,对淮南市进行两级物流配送中心选址进行分析如下。

1)通过百度地图查询淮南市各区域之间的距离,具体数据如表 1 所示。

表 1 淮南市各区域之间的距离 km

	田家庵区	谢家集区	大通区	八公山区	潘集区	凤台县	寿县
田家庵区	0	18	6	23	27	40	28
谢家集区	18	0	23	5	27	22	11
大通区	6	23	0	27	22	41	29
八公山区	23	5	27	0	32	18	13
潘集区	27	27	22	32	0	23	36
凤台县	40	22	41	18	23	0	32
寿县	28	11	29	13	36	32	0

用 1.3.1 的最短距离聚类法对上述 7 个区域进行聚类。首先,查找表 1 中各区域之间距离最小的,由表 1 可知,田家庵区( $P_1$ )到大通区( $P_3$ )的距离最近,两者的距离为 6 km,所以将田家庵区( $P_1$ )和大通区( $P_3$ )聚为一类,记为 $G_1\{P_1, P_3\}$ (简称 $G_1$ 类)。然后,寻找与 $G_1\{P_1, P_3\}$ 距离最近的区域,即与 $P_1$ 和 $P_3$ 距离最近的区域,谢家集区( $P_2$ )距离田家庵区( $P_1$ )最近,为 18 km,但因为谢家集区( $P_2$ )与八公山区( $P_4$ )距离更近,为 5 km,所以不能将谢家集区( $P_2$ )归入 $G_1$ 类中,而将谢家集区( $P_2$ )与八公山区( $P_4$ )归为一类,记为 $G_2\{P_2, P_4\}$ 。按照此方法进行类推,直至将所有区域进行聚类。最终将淮南市 7 个区域聚为 4 类,如表 2 所示。

表 2 淮南市各区域聚类结果

聚类	$G_1$ 类	$G_2$ 类	$G_3$ 类	$G_4$ 类
区域	田家庵区、大通区	谢家集区、八公山区、寿县	潘集区	凤台县

2)通过 CFLP 模型得出 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$ 类这 4 类的二级物流配送中心。通过查询《2021 年淮南市国民经济和社会发展统计年报》和《2021 年淮南统计年

鉴》,得到淮南市 2021 年公路客货运量和各区域常住人口。按照各区人口比例估算出各区域的运输量,结果如表 3 所示。

表 3 淮南市各区域的运输量 万 t

区域	田家庵区	大通区	谢家集区	八公山区	寿县	潘集区	凤台县
运输量	3 404	766	1 017	539	3 854	1 494	2 476

结合表 1 和表 3 的数据计算配送费用。为了方便计算,假设物流配送的单位运费为  $1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ,即 1 t 货物配送 1 km 的费用为 1 元。根据式(3),计算各区域的配送费用。

$G_1$ 类中从田家庵区( $P_1$ )向大通区( $P_3$ )的配送费用为  $F_1 = 766 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 6 \text{ km} = 4 596 \text{万元}$ ,从大通区( $P_3$ )向田家庵区( $P_1$ )配送的费用为  $F_2 = 3 404 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 6 \text{ km} = 20 424 \text{万元}$ 。由于  $F_1 < F_2$ ,所以  $G_1$ 类中选取田家庵区( $P_1$ )为二级物流配送中心。

$G_2$ 类中从谢家集区( $P_2$ )向八公山区( $P_4$ )和寿县( $P_7$ )的总配送费用为  $F_3 = 539 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 5$

$\text{km} + 3854 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 11 \text{ km} = 45 089 \text{万元}$ ,从八公山区( $P_4$ )向谢家集区( $P_2$ )和寿县( $P_7$ )的配送费用为  $F_4 = 1 017 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 5 \text{ km} + 3 854 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 13 \text{ km} = 55 187 \text{万元}$ ,从寿县( $P_7$ )向谢家集区( $P_2$ )和八公山区( $P_4$ )的配送费用为  $F_5 = 1 017 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 11 \text{ km} + 539 \text{万 t} \times 1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 13 \text{ km} = 18 194 \text{万元}$ 。由于  $F_5 < F_3 < F_4$ ,故  $G_2$ 类中选取寿县( $P_7$ )为二级物流配送中心。

因为  $G_3$ 和  $G_4$ 类中都只有 1 个区域,所以这 1 个区域就作为二级配送中心,即潘集区( $P_5$ )和凤台县( $P_6$ )分别为  $G_3$ 和  $G_4$ 类的二级物流配送中心。

3)使用重心法求出这 4 个二级配送中心的一级物流配送中心  $M$  的坐标。通过查询百度地图得到淮南市各区域的坐标;为了方便计算,假设单位运费为  $1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ,即 1 t 货物配送 1 km 的费用为 1 元。结合表 3,得到淮南市各区域坐标、运输量和单位运价如表 4 所示。

表 4 淮南市各区域坐标、运输量和单位运费

地区	经度/(°)	纬度/(°)	运输量/万 t	单位运费/(元·t <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )
田家庵区	117.02	32.65	3 404	1
大通区	117.05	32.63	766	1
谢家集区	116.86	32.60	1 017	1
八公山区	116.84	32.63	539	1
寿县	116.79	32.57	3 854	1
潘集区	116.82	32.78	1 494	1
凤台县	116.72	32.71	2 476	1

根据式(5),将表 4 中二级物流配送中心田家庵区、寿县、潘集区和凤台县的数据代入进去,求得配送中心初始坐标  $x_0 = 116.85$ ,  $y_0 = 32.65$ 。然后通过使用软件 MATLAB R2021b 对初始坐标不断迭代优化,直至新的运输成本大于或等于前一次的运输成本,则结束运行。

通过运行软件可知,经过了 45 次迭代,最优解为  $x=116.815 1$ ,  $y=32.626 3$ ,此时,二级物流配送中心田家庵区、寿县、潘集区和凤台县的一级物流配送中心  $M$  的经纬度坐标为(116.815 1°E, 32.626 3°N)。用同样的方法,求得淮南市所有区域的一级物流配送中心  $N$  的经纬度坐标为(116.840 0°E, 32.629 4°N)。然后利用百度地图测距的方法测量出  $M$ 、 $N$  两地到淮南各个区域之间的距离,结果如表 5 所示。

4)为了方便计算,假设单位运费为  $1 \text{元} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ,分别计算一级物流配送中心  $M$ 、 $N$  两地向淮南

表 5  $M$ 、 $N$  到淮南市各区域之间的距离 km

	$M$	$N$
田家庵区	18	17
潘集区	16	14
谢家集区	5	6
八公山区	2	1.5
大通区	21	20
寿县	9	12
凤台县	13	14

市所有区域的配送费用之和,然后比较大小。

从  $M$  地向淮南市所有区域配送的费用为  $F_M = 3404 \text{万 t} \times 18 \text{元/t} + 766 \text{万 t} \times 21 \text{元/t} + 1017 \text{万 t} \times 5 \text{元/t} + 539 \text{万 t} \times 2 \text{元/t} + 3854 \text{万 t} \times 9 \text{元/t} + 1494 \text{万 t} \times 16 \text{元/t} + 2476 \text{万 t} \times 13 \text{元/t} = 174 299 \text{万元}$ 。

从  $N$  地向淮南市所有区域配送的费用为  $F_N = 340\ 4\text{万 t} \times 17\text{元/t} + 766\text{万 t} \times 20\text{元/t} + 101\ 7\text{万 t} \times 6\text{元/t} + 539\text{万 t} \times 1.5\text{元/t} + 385\ 4\text{万 t} \times 20\text{元/t} + 149\ 4\text{万 t} \times 12\text{元/t} + 247\ 6\text{万 t} \times 14\text{元/t} = 181\ 926.5\text{万元}$ 。

从表 6 可以发现,  $M$  点到淮南市各区域的距离之和比  $N$  点到淮南市各区域的距离之和要小, 因此, 选  $M$  点作为一级物流配送中心能够减少配送距离。另外, 物流配送点应选取配送费用低的节点, 因为  $F_M < F_N$ , 在配送费用上,  $M$  点相对于  $N$  点减少了 4.19%。所以, 最终的一级物流配送中心点即为  $M$  ( $116.815\ 1^\circ\text{E}, 32.626\ 3^\circ\text{N}$ )。

表 6 配送总距离和配送总费用

	配送总距离/km	配送总费用/万元
本文方法	84.0	174 299.0
重心法	84.5	181 926.5

另外, 从高德地图上看,  $M$  地位于淮南市八公山区文化馆附近, 且靠近 X010 县道和 S102 省道, 交通便利, 附近无商业经济圈和用地紧张的居民区, 地价格便宜, 适合建造大型的配送中心。

#### 参考文献:

- [1] 孔继利, 顾学, 孙欣, 等. 系统聚类法和重心法在多节点配送中心选址中的研究[J]. 物流技术, 2010, 29(5): 83-85.
- [2] 赵韦, 李文锋, 梁晓磊. 基于粒子群算法的多配送中心选址研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2012, 36(3): 501-505.
- [3] 周万洋, 付芳, 王力锋. 基于 CFLP 模型的农产品冷链物流配送中心选址研究——以“百色一号”为例[J]. 物流科技, 2022, 45(11): 146-148+151.
- [4] 李昌兵, 杜茂康, 曹慧英. 基于层次遗传算法的物流配送中心选址策略[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1): 57-59+78.
- [5] 王勇, 韦俊, 姜涛, 徐金荃. 物流配送中心选址数学模型的研究和优化[J]. 科技资讯, 2020, 18(3): 214-215.
- [6] 凌晨捷. ZARA 公司的中国配送中心选址问题研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- [7] NOZICK L K, TURNQUIST M A. Integrating inventory impacts into a fixed-charge model for locating distribution centers[J]. Transportation Research Part E, 1998, 34(3): 173-186.
- [8] 褚东亮, 李帆. 基于重心法和禁忌搜索算法的配送中心选址[J]. 物流技术, 2022, 41(3): 63-68.
- [9] 张晓云, 田乔木, 郑辉昌, 等. 基于动态聚类分析的改进多重心法的应用——以汽车整车分拨中心选址为例[J]. 江苏商论, 2021(6): 39-43+55.
- [10] HORNER M W, DOWNS J A. Testing a flexible geographic information system-based network flow model for routing hurricane disaster relief goods[J]. Transportation Research Record, 2007, 2022(1): 47-54.
- [11] 赵芹. 基于聚类分析和重心法的第三方物流企业配送中心选址分析——以邳运物流为例[J]. 物流技术, 2011, 30(15): 101-103+114.
- [12] 李新运, 唐保国, 梁立魁. 基于 GIS 和粒子群算法的两级物流配送中心选址优化方法及应用[J]. 物流技术, 2012, 31(1): 78-82.
- [13] 倪卫红, 陈太. 基于聚类-重心法的应急物流配送中心选址[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2021, 43(2): 255-263.

### 3 结语

配送中心在多级物流体系中扮演着极其重要的角色, 其配送和运营也需要消耗大量的资源, 不合理的选址可能会造成资源的大量浪费, 也会提高运行成本。因此, 配送中心的合理选址对于物流企业和物流系统的规划都十分重要。本文针对区域配送中心选址的问题, 通过将聚类、CFLP 法和重心法三者相结合, 对配送中心进行分级处理, 得到二级物流配送中心和最终的一级物流配送中心。本文最后用实证分析, 从距离和费用上进行了比较, 并结合周围环境和交通状况, 发现使用本文的模型与单独使用重心法相比, 确实减少了配送距离和配送费用, 这也证明了本文的方法是可行的, 该方法能应用到两级物流的配送中心选址过程中。但本文只是重点考虑了物流配送中心选址中的配送距离和运费问题, 而忽略了物流固定成本、实际交通路况等因素; 另外多级(三级及以上)物流配送中心选址的优化问题会更加复杂。因此, 仍要对这些问题做进一步的探究。