

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2021.05.009

基于遗传算法的快递物流配送中心选址

刘善球, 樊兵鹏

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 以快递物流配送中心选址问题为研究对象, 结合其选址特点构建了含有固定投资成本、管理成本、运输成本等诸多成本要素的目标函数, 建立了基于遗传算法的选址模型, 并利用改进后的求解策略或方法对算法模型进行求解, 有效提高了算法模型的求解效率和求解质量。实例研究中, 将 Matlab2017a 数学仿真编程软件与算法模型相结合, 对算例进行求解, 验证了遗传算法模型在选址问题研究中的有效性和实用性。

关键词: 配送中心选址; 遗传算法; 自适应; 快递物流

中图分类号: F252

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2021)05-0070-07

引文格式: 刘善球, 樊兵鹏. 基于遗传算法的快递物流配送中心选址 [J]. 湖南工业大学学报, 2021, 35(5): 70-76.

Research on the Location of Express Logistics Distribution Center Based on Genetic Algorithm

LIU Shanqiu, FAN Bingpeng

(Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: With the location of express logistics distribution center as the research object, combined with its location characteristics, a construction can be achieved of the objective function containing fixed investment cost, management cost, transportation cost and many other cost elements, thus establishing the location model based on the genetic algorithm, with the improved solution strategy or method to solve the algorithm model, which effectively improves the efficiency and efficiency of the algorithm model. As for the case research part, Matlab 2017A mathematical simulation programming software is combined with the algorithm model to solve the example, which verifies the effectiveness and feasibility of the genetic algorithm model in the study of the location problem.

Keywords: location of distribution center; genetic algorithm; self-adaption; express logistics

0 引言

配送中心是物流系统网络中的关键节点和重要的基础设施, 在整个物流系统网络规划中起着枢纽性的作用^[1]。快递物流配送中心选址是指在具有若干个发件网点或者若干个收件网点的物流配送区域内,

综合考虑物流运输成本、配送中心建设成本等成本因素, 采用定性与定量分析方法, 选取最符合经济社会情况的单个或者多个位置设置配送中心的物流系统网络规划过程。在整个快递物流供应链环节中, 快递配送中心, 对上承接来自发件网点包裹的集运任务, 对下承接收件网点的配送运输任务, 其选址结果将会

收稿日期: 2020-12-20

基金项目: 湖南省社会科学成果评审委员会基金资助项目 (XSP20ZDI012)

作者简介: 刘善球 (1964-), 男, 湖南祁东人, 湖南工业大学教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事物流管理和人力资源管理方面的教学与研究, E-mail: 908596102@qq.com

对配送路径的规划、运营成本、配送效率等产生直接的影响。

1 研究综述

基于配送中心对国家流通经济发展的重要作用,国内学者们针对各种类型的配送中心的选址问题,分别采用不同的算法模型,对其进行了深入研究:如李茂林^[2]认为物流配送中心选址难以优化以至于会影响整个物流系统的配送效率,针对这一问题他提出一系列的猴群优化算法求解策略,对模型进行求解,通过对线性函数表达式中多个影响因子的非线性调节,改进了猴群算法的爬行过程,提高了算法模型的求解精度和求解能力,最终更加精确地求解出物流配送中心优化选址位置;张于贤等^[3]通过构建带有物流收益(输出)和物流成本(输入)之差的数据包络评估模型(data envelopment evaluation analysis, DEA),对现有配送中心的各项指标进行评估,根据评估的结果得到配送中心的再选址方案,但其基于DEA选址方法所构建的线性函数选址评价模型与通常利用CCR模型、BCC模型等具有矩阵性质的评价模型方法不同,该选址评价研究方法的可行性有待进一步实证;崔杨等^[4]针对第三方物流配送过程中产生的如延误、爆仓等配送异常问题,综合运用层次分析法中的定性分析方法和定量分析方法,对第三方物流配送中心选址问题进行了评价研究,通过构造层次分析模型、判断矩阵,求解出最优位置作为第三方物流配送中心的选址位置;于蕾^[5]综合采用定性与定量分析法对安徽省农产品的供给与需求状况进行了分析,构建了基于重心法的农产品配送中心选址模型,并采用R语言编程对具有迭代性质的选址模型进行求解,但存在绝对假设条件限制、去市场化、需求量计算过于简单等局限性;生力军^[6]指出,经典粒子群选址模型在求解过程中存在局部最优和过早收敛等问题,为了克服此缺点,将量子进化算法与粒子群算法相结合,构建了基于量子粒子群算法的物流配送中心选址模型,并通过粒子编码和量子交换、变异等操作,有效避免了模型在选址求解中存在局部最优和过早收敛等问题。

基于遗传算法选址国内学者们针对不同类型的选址问题进行了大量创新性的研究:如赵斌等^[7]指出,传统单一的遗传算法难以快速有效求解出系统复杂的医疗器械物流园区选址问题的最优化问题,通过将遗传算法和免疫算法相结合,建立了免疫遗传算法的选址模型,针对医疗器械物流园区选址的特点,构建了包含多种成本要素的医疗器械物流园区选址

问题的目标函数模型,并且对选址模型的求解方法进行了设计,从而求解出最优的物流园区选址方案;郭静文等^[8]为了优化消防站网络规划布局结构、降低消防站选址的系统选址成本,以及提升消防站空间资源利用率,对传统的遗传算法进行了改进,使其具有自适应性质,可自行求解出优化后的消防站规划建设个数和选址位置,有效克服了在已有选址规划方案中选择消防站建设个数和选址位置等的缺陷,但在实证研究中,并未给出具体的求解方法或求解过程;周思育等^[9]为了解决湖北省内烟草资源物流配送不均衡和配送成本高昂等问题,构建了综合考虑多种选址成本要素的遗传算法选址模型,并且通过Matlab数据分析软件,对配送中心选址模型进行求解,选取最佳的位置设置配送中心,提高了烟草资源物流配送的效率,并降低了配送中心系统选址的成本;张钰川等^[10]为兼顾物流园的配送运输、货物集散、仓储分拨、管理服务等的作用和功能,基于物流成本的基础上,构建了带有双层规划的遗传算法物流园选址模型:上层模型由影响物流园选址要素的各种成本函数所构成,下层模型由影响决策者和客户利益诉求的成本函数所构成,并通过遗传算法对双层规划模型进行求解,最后通过实例验证了遗传算法模型对物流园选址成本问题具有一定的优化作用。

本文选择利用遗传算法模型对快递物流配送中心的选址问题进行研究,针对配送中心选址的特点,构建了包含固定成本、分拣成本等多个成本要素的线性目标函数,建立了基于遗传算法的选址模型。遗传算法选址问题属于NP难题,利用传统的算法求解方法容易产生局部最优等问题,为了克服遗传算法模型在选址问题求解过程中所产生的局部收敛和早熟收敛等局限性,本文提出了一系列经过改进后的遗传算法求解策略,具体包括编码方法、自适应交叉概率函数、自适应变异概率函数等求解方法,这在很大程度上提高了遗传算法模型在选址问题中的求解精度和求解效率。

2 遗传算法的配送中心选址模型

2.1 模型假设

为了便于构建快递物流配送中心遗传算法选址模型,简化算法模型计算复杂性和使其具有很好的适用性,现对模型做如下假设:

- 1) 在一定备选范围内进行配送中心的选取;
- 2) 发件网点或收件网点数目多于配送中心数目;
- 3) 一个网点仅由一个配送中心提供配送服务,但一个配送中心可覆盖多个网点;

4) 配送中心容量可满足各配送网点的总需求量;

5) 各网点配送需求一次性运输完成, 且假设匀速行驶;

6) 物流系统中包含两个层次的运输, 即从发件网点到配送中心的运输和从配送中心到收件网点的运输, 且均采用公路运输;

7) 系统总费用不考虑包裹在分拣中心的装卸搬运成本和暂存成本, 只考虑配送中心建设成本、运输费用和变动成本。

2.2 变量设置

假设发件网点数量有 m 个, 配送中心数量有 n 个, 收件网点数量有 l 个。其他参数符号及变量设置如表 1 所示。

表 1 变量设置
Table 1 Variable setting

变量符号	变量说明
c_{ki}	从发件网点 k 到配送中心 i 的单位运输费用
α_{ki}	从发件网点 k 到配送中心 i 的运输量
h_{ij}	从配送中心 i 到收件网点 j 的单位运输费用
β_{ij}	从配送中心 i 到收件网点 j 的运输量
z_i	为 (0, 1) 变量, $z_i=1$ 表示第 i 个配送中心被选中; $z_i=0$ 表示第 i 个配送中心未被选中
σ_i	表示配送中心 i 的固定投资费用
ε_i	表示配送中心 i 的管理成本
f_i	表示配送中心 i 的分拣成本
D_j	表示收件网点 j 点的配送需求量
W_i	表示配送中心 i 的实际配送中转量或流量
Z	表示配送中心的最大建设数量

2.3 模型构建

$$\min f(\alpha_{ki}, \beta_{ij}, z_i) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n c_{ki} \alpha_{ki} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l h_{ij} \beta_{ij} + \sum_{i=1}^n z_i \sigma_i + \sum_{i=1}^n z_i \varepsilon_i + \sum_{i=1}^n z_i f_i \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ij} \geq D_j, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^m \alpha_{ki} = \sum_{j=1}^l \beta_{ij} = W_i, \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^m \alpha_{ki} = 1 \text{ 或 } 0, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m \alpha_{ki} \leq z_i, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n z_i \leq Z, \quad (6)$$

$$z_i = 1 \text{ 或 } 0, \quad (7)$$

$$\alpha_{ki}, \beta_{ij} \geq 0, \quad (8)$$

式中: $i=1, 2, \dots, n$;

$k=1, 2, \dots, m$;

$j=1, 2, \dots, l$ 。

在上述各式中, 式 (1) 表示目标函数, 等号右边第 1 项为从发件网点到配送中心的运输成本, 第 2 项为从配送中心到收件网点的运输费用, 第 3 项为建设配送中心的固定投资成本, 第 4 项和第 5 项为配送中心的变动成本 (分别为管理成本和分拣成本); 式 (2) 表示配送中心可以满足所有收件网点的配送需求; 式 (3) 表示从收件网点到配送中心的集运量恒等于从配送中心到收件网点的配送量; 式 (4) 表示所有发件网点被配送中心所覆盖; 式 (5) 表示从发件网点到配送中心的运输量小于等于配送中心的最大容量限制即流量限制^[11]; 式 (6) 表示配送中心的建设数量不大于其最大建设数量; 式 (7) (8) 为决策变量的约束。

3 基于遗传算法模型的求解

遗传算法 (genetic algorithm, GA) 这一术语于 20 世纪 50 年代由美国学者 J. Holland 所提出, 是基于模拟自然选择和遗传机制的典型启发式算法模型, 具有操作简单、鲁棒性强等优点。

在使用遗传算法对快递物流配送中心选址问题的求解过程中, 容易产生过早收敛和局部最优等问题。为了提高算法模型的全局搜索能力以及保证种群多样性, 防止遗传算法在求解的过程中出现过早收敛和局部最优问题, 需要对传统的遗传算法求解进行改进。因此本文提出了一系列的遗传算法选址模型的改进求解策略, 从对染色体的编码策略的选择到自适应变异概率的计算, 这些求解策略有效解决了传统遗传算法出现的过早收敛和局部最优问题, 使 GA 空间搜索能力明显增强, 提高了算法模型的求解能力和求解效率。

3.1 遗传算法模型求解策略

1) 染色体编码

将所需要解决的问题采用编码的方式是遗传算法的重要操作, 即将求解的问题映射为编码问题, 遗传算法中常见的编码方法有二进制编码、格雷编码、排列编码和浮点数编码等。对编码的性质进行评价的指标主要有完备性、健全性和非冗余性。

对于决策变量 z_i , 课题组采用二进制编码^[12]方法, 利用 $\{0, 1\}$ 自然数, 将配送中心 z_i 通过二进制编码成为由 $\{0, 1\}$ 所构成的染色体或个体, 编码串即染色体的长度 L 和数量 K 是由所求解的精确度来确定的。二进制编码方式具有操作方便、计算简单等优点, 但也存在求解精度低、易造成算法搜索空间

过大等缺点, 且不适应于连续函数问题的编码。

单一的编码方式无法将所有优化问题的决策变量约束表示出来, 对于决策变量 α_{ki} 、 β_{ij} , 由于其对应的变量个数比较多, 且编码串的长度由决策变量中的变量个数所决定, 所以对其采用浮点编码的方法, 使得编码后染色体的长度 L 不至于太长, 增强了算法模型的空间搜索能力, 有利于算法解码。浮点编码适用于对于求解要求精度较高、具有较大的搜索空间、需要处理复杂的决策变量及约束等特点的编码方法, 它降低了遗传算法编码后计算的复杂性, 提高了遗传算法的求解效率。

2) 适应度函数

为了保证染色体中具有优良性质的个体基因遗传到下一代, 通过模拟遗传进化过程中适者生存原理, 建立唯一具有评价群体生存选择机会大小的适应度函数, 适应度函数值越大, 则种群中优良基因作为父代基因遗传到下一代的可能性越大; 否则可能性越小。根据这种优化原理, 建立如下与目标函数之间存在映射关系的适应度函数:

$$Fit(f(x)) = \begin{cases} C_{\max} - g(x), & C_{\max} > g(x); \\ 0, & \text{其他。} \end{cases} \quad (9)$$

式中: $Fit(f(x))$ 为适应度函数;

C_{\max} 表示截止当前进化进度 (代数) 所产生的 $g(x)$ 的最大值, 此时 C_{\max} 会随着进化进度 (代数) 的变化而变化;

$g(x)$ 为目标函数的期望值。

3) 选择算子

选择算子操作, 通过所构建的适应度函数, 可以对群体中染色体遗传性质的优劣进行判断和评价, 选择或复制那些群体中适应度值高的个体作为父代基因遗传到下一代, 而适应度值低的个体则被淘汰, 这种操作有效提高了算法的收敛性和计算效果。本文采用轮盘赌的方法进行选择算子操作^[13], 建立如下与适应度函数之间存在映射关系的选择概率:

$$P_i = \frac{f(x_i)}{\sum_{j=1}^n f(x_j)}, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, l. \quad (10)$$

式中: P_i 表示个体 i 被选择的概率;

$f(x_j)$ 表示各染色体个体的适应度函数值;

x_j 表示种群中的个体。

4) 自适应交叉算子操作

交叉算子模仿自然进化过程中的遗传规律, 将具有优良基因的两个父代染色体的部分基因通过交叉算子操作的方式进行基因重组, 从而产生新的更适应于适应度函数值的子代个体, 交叉算子操作是遗传

算法中的核心操作步骤。交叉操作具有随机性和多样性等特点, 其类型主要包括单点交叉、多点交叉、部分匹配交叉、顺序交叉等。

交叉算子操作中的交叉概率是影响遗传算法性能的关键所在, 对算法的收敛性产生直接的影响。交叉概率越大, 染色体产生交叉的速度越快, 则其产生新的个体的速度也越快。当交叉概率过大时, 在迭代初期会增强算法的搜索能力使其快速收敛, 但在迭代后期对具有较高适应度函数值的个体基因的结构破坏性会增大, 不利于算法最优解的产生; 交叉概率过小时, 算法的搜索能力即交叉操作能力过于缓慢, 同样不利于寻求算法的最优解。基于这种优化问题, 本文引入了自适应交叉概率^[14], 计算过程中交叉概率会随着适应度函数值的不同而自动调整, 具体的计算公式如下:

$$P_c = \begin{cases} \frac{K_1(f_{\max} - f)}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}, & f \geq f_{\text{avg}}; \\ K_2, & f < f_{\text{avg}}. \end{cases} \quad (11)$$

式中: P_c 为自适应交叉概率;

f_{\max} 为群体中个体为最大的适应度函数值;

f_{avg} 为每代群体的平均适应度函数值;

f 为产生交叉的两个个体其中一个个体为较大的适应度函数值;

K_1 、 K_2 为区间为 (0, 1) 的常数。

5) 自适应变异算子操作

变异算子操作是模仿自然基因在遗传过程中发生基因突变现象, 即某条染色体中的一个或者多个基因发生变异的现象, 但一般发生变异的概率比较小 (通常在为 0.01~0.10)。当变异概率太小时, 不利于染色体新个体结构的产生; 当变异概率太大时, 染色体结构遭到破坏的可能性会增大, 遗传算法搜索的有效性随之降低。针对变异算子操作中的寻优问题, 本文采用自适应变异概率^[14]:

$$P_m = \begin{cases} \frac{K_3(f_{\max} - f)}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}, & f \geq f_{\text{avg}}; \\ K_4, & f < f_{\text{avg}}. \end{cases} \quad (12)$$

式中: P_m 为自适应变异概率;

K_3 、 K_4 为区间 (0, 1) 的常数。

3.2 遗传算法求解步骤

STEP 1 染色体编码。随机产生 K 条染色体, 并通过二进制的方法进行编码, 每条染色体即代表一种可行解。

STEP 2 群体初始化。建立适当规模的由染色体或个体所构成的初始化群体。

STEP 3 适应度函数。适应度函数值是判断个体生存机率大小的唯一标准,对群体进化进度和形势具有直接的影响,可利用式(9)计算出适应度函数值 $f(x_i)$ 。

STEP 4 选择算子。对于种群中适应度高的个体进行操作选择,可直接作为父代染色体进行繁殖,其他的染色体则采用轮盘赌的方式操作选择。

STEP 5 交叉算子。对于被选中的染色体,通过交叉算子操作,将具有优良性质的两个染色体中的部分基因通过交叉位移的方式产生新的个体,并利用式(11)计算出不同个体的自适应交叉概率 P_c 。

STEP 6 变异算子。对不同的个体采取自适应调整策略,利用式(12)计算出自适应变异概率 P_m 。

STEP 7 判断适应度函数值。完成STEP 6后跳转至STEP 3,重新计算适应度函数值并作出判断,然后继续进行循环求解。

STEP 8 终止条件:根据预先设定的最大迭代次数 T_{max} ,当达到所规定的迭代规模后则终止算法运行。

4 实例分析

1) 假设及问题描述

为了验证遗传算法模型在配送中心选址中的有效性,本文结合算法模型设计了具体的算例,通过对算例的求解来验证遗传算法模型在配送中心选址问题研究中的有效性和实用性。长沙市某城际快递物流服务公司计划开展城际快递物流配送业务,假设该公司的配送业务统一采用公路运输,且具有固定的发件网点、收件网点、配送中心来具体开展该公司的城际快递物流配送业务。设发件网点有4处,分别为芙蓉区(A_1)、天心区(A_2)、开福区(A_3)、雨花区(A_4);收件网点有5处,分别为宁乡县(B_1)、望城区(B_2)、岳麓区(B_3)、长沙县(B_4)、浏阳市(B_5);可供选择的城际快递物流配送中心有5处,分别为芙蓉区(P_1)、天心区(P_2)、岳麓区(P_3)、长沙县(P_4)、浏阳市(P_5),现需要从这5处可选方案中选择3处最符合经济社会情况的建立该公司的城际快递物流配送中心,其固定投资成本和容量限制如表2所示。

表2 备选配送中心的固定投资成本和容量限制

备选物流配送中心	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
固定投资成本/万元	70	70	90	80	60
容量限制/t	35	35	45	40	30

备选配送中心的变动成本(包括管理成本和分拣成本)如表3所示;各发件网点到备选配送中心的单

位运费和集运量如表4;备选配送中心到各收件网点的单位运费如表5所示。

表3 备选配送中心的变动成本

变动成本	配送中心				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
管理成本/万元	3.50	3.50	4.50	4.00	3.00
分拣成本/万元	0.35	0.35	0.45	0.40	0.30
合计/万元	3.85	3.85	4.95	4.40	3.30

表4 各发件网点到备选配送中心的单位运费和集运量

发件网点	集运量/t	发件网点到配送中心的单位运输费/($t \cdot km \cdot 元^{-1}$)				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
A_1	30	-	20	20	15	10
A_2	30	20	-	20	15	10
A_3	25	20	20	20	-	10
A_4	35	20	20	15	15	10

表5 备选配送中心到各收件网点的单位运费

配送中心	配送中心到收件网点的单位运输费/($t \cdot km \cdot 元^{-1}$)				
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
P_1	-	15	20	20	-
P_2	15	15	15	15	10
P_3	15	20	-	15	10
P_4	10	-	15	-	10
P_5	10	10	15	15	10

2) 算例的求解

运用 Matlab2017a 仿真软件中的遗传算法工具箱对算例进行仿真模拟求解计算,其中相关参数变量设置如下:最大迭代次数设置为 $T_{max}=100$;初始化种群规模 $N=100$;自适应交叉概率 $P_c=[0.4, 1.0]$;自适应变异概率 $P_m=[0.01, 0.10]$ 。通过编程软件计算求解,芙蓉区(P_1),岳麓区(P_3),长沙县(P_4)被选中作为该公司的城际快递物流配送中心,由发件网点到配送中心的集运方案见表6,由配送中心到收件网点的配送方案见表7。

表6 由发件网点到配送中心的集运方案

发件网点	集运量/t	配送中心		
		P_1	P_3	P_4
A_1	30	-	15	15
A_2	30	10	10	10
A_3	25	15	10	-
A_4	35	10	10	15
最大容量/t	-	35	45	40

表7 配送中心到收件网点的配送方案

Table 7 Distribution scheme for the transfer from distribution center to receiving outlets

配送中心	最大容量/t	收件网点				
		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
P_1	35	-	10	15	10	-
P_3	45	15	10	-	10	10
P_4	40	10	-	15	-	15
配送量/t	-	25	20	30	20	25

通过利用 Matlab2017a 系统仿真软件对算例进行计算, 所得结果显示, 所选3个配送中心的选址系统总费用 $f=253.595$ 万元, 其中配送中心固定投资成本成(即配送中心投资建设成本)占选址系统总费用的 94.64%, 是该选址系统最主要的投资成本。由表 6~7 可以得知: 发件网点到配送中心的集货量恒等于配送中心到收件网点的配送量; 各发件网点到配送中心的集运量均在配送中心 P_1 、 P_3 、 P_4 配置的最大容量限制范围以内, 并且所有收件网点的配送需求也均得到了满足, 几乎没有发生货物滞留、积压的现象, 供配需求基本实现平衡, 即在芙蓉区 (P_1)、岳麓区 (P_3)、长沙县 (P_4) 共3个区域内建立配送中心, 能够最大限度地满足该公司在长沙市开展城际快递物流配送业务的需求。

5 结语

本文研究分析了快递物流配送中心的选址问题, 因为利用传统简单遗传算法, 难以求解出含有多种变量因素的选址问题的最优解, 故选择和利用启发式算法中的遗传算法模型, 对配送中心的选址问题进行了研究。

针对快递物流配送中心选址的特点提出了一系列的假设前提条件, 并建立了含有固定投资成本、变动成本等多种选址成本要素的目标函数, 构建了配送中心选址系统成本函数; 针对遗传算法在求解过程中容易陷入局部最优和过早收敛等问题, 提出了包括自适应交叉概率、自适应变异概率等一系列的求解策略, 增强了算法的全局搜索能力和求解能力; 针对配送中心实际选址问题, 选择了长沙市某城际快递物流公司的配送业务进行实例研究, 运用 Matlab2017a 系统仿真软件对其进行求解, 验证了遗传算法在配送中心选址问题研究中的有效性。

由于配送中心选址是一个相对多样且复杂的研究问题, 而本文基于遗传算法的快递物流配送中心选址问题的研究, 在理论和实例研究部分还有诸多不足, 有待进一步深入研究。例如仅考虑了确定性因

素下配送中心的选址问题, 而没有考虑不确定因素下配送中心的选址问题; 本文主要研究分析了在一定的物流区域范围内选择和建立新的物流配送中心, 而未在现有配送中心的基础上对配送中心再选址问题进行研究; 当现有配送中心的集货量、配送量超出其最大容量限制后, 是应该对现有配送中心进行扩建还是重新建立新的配送中心等问题的研究还未涉及。因此, 本文基于遗传算法配送中心选址问题的研究还具有很大的研究空间, 有待进一步深化和拓展研究。

参考文献:

- [1] 李纪鲁, 张晓, 朱杰. 基于自适应免疫算法的配送中心选址问题研究[J]. 中国储运, 2019(8): 141-144.
LI Jilu, ZHANG Xiao, ZHU Jie. Research on Location Problem of Distribution Center Based on Adaptive Immune Algorithm[J]. China Storage & Transport, 2019(8): 141-144.
- [2] 李茂林. 基于改进猴群优化算法的物流配送中心选址研究[J]. 太原学院学报(自然科学版), 2020, 38(2): 44-50.
LI Maolin. Location Selection of Logistics Distribution Center Based on Improved Monkey Optimization Algorithm[J]. Journal of Taiyuan University (Natural Science Edition), 2020, 38(2): 44-50.
- [3] 张于贤, 黄鑫. 基于 DEA 的物流配送中心再选址研究[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(19): 197-202.
ZHANG Yuxian, HUANG Xin. Research on Re-Location of Logistic Distribution Center Based on DEA Model[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2017, 47(19): 197-202.
- [4] 崔杨, 张立平. 第三方物流企业配送中心选址研究[J]. 吉林化工学院学报, 2020, 37(7): 27-31.
CUI Yang, ZHANG Liping. Research on the Location of the Distribution Center of the Third-Party Logistics Enterprises[J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2020, 37(7): 27-31.
- [5] 于蕾. 基于重心法的农产品配送中心选址研究: 以安徽 105 个行政区划单位数据为例[J]. 广西民族师范学院学报, 2020, 37(4): 66-69.
YU Lei. Research on Location of Agricultural Products Distribution Center Based on Center of Gravity: Taking the Data of 105 Administrative Divisions in Anhui Province as an Example[J]. Journal of Guangxi Normal University for Nationalities, 2020, 37(4): 66-69.
- [6] 生力军. 基于量子粒子群算法的物流配送中心选址[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(11): 183-187.
SHENG Lijun. Location of Logistics Distribution Center Based on Quantum Particle Swarm Optimization[J].

- Science Technology and Engineering, 2019, 19(11): 183-187.
- [7] 赵斌, 王和旭, 谢飞, 等. 基于免疫遗传算法的医疗器械物流园区选址研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2019, 49(2): 193-198.
ZHAO Bin, WANG Hexu, XIE Fei, et al. Research on Siting of Medical Devices Logistics Park Based on Immune Genetic Algorithm[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2019, 49(2): 193-198.
- [8] 郭静文, 赵朋朋, 倪佳成. 基于遗传算法的消防站选址规划模型[J]. 计算机应用, 2020, 40(增刊1): 41-44.
GUO Jingwen, ZHAO Pengpeng, NI Jiacheng. Fire Station Location Planning Model Based on Genetic Algorithm[J]. Journal of Computer Applications, 2020, 40(S1): 41-44.
- [9] 周思育, 吕逸倩, 於佳训, 等. 基于遗传算法的烟草物流配送中心选址问题[J]. 湖北工业大学学报, 2018, 33(5): 65-67.
ZHOU Siyu, LÜ Yiqian, YU Jiaxun, et al. Research on Location of Tobacco Logistics Distribution Center Based on Genetic Algorithm[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2018, 33(5): 65-67.
- [10] 张钰川, 张兵, 曾明华, 等. 基于成本优化的物流园选址模型[J]. 南京理工大学学报, 2020, 44(3): 372-378.
ZHANG Yuchuan, ZHANG Bing, ZENG Minghua, et al. Location Selection Model of Logistics Park Based on Cost Optimization[J]. Journal of Nanjing University of Science and Technology, 2020, 44(3): 372-378.
- [11] 温小郑, 张静. 基于遗传算法的冷链配送中心选址[J]. 西安邮电大学学报, 2018, 23(6): 94-98, 106.
WEN Xiaozheng, ZHANG Jing. Application of Genetic Algorithm in Site Selection of Fresh Food Cold Chain Logistics Distribution Center[J]. Journal of Xi'an University of Posts and Telecommunications, 2018, 23(6): 94-98, 106.
- [12] 刘辉, 林松辉. 基于遗传算法的配送中心选址: 以广州KT物流科技有限公司为例[J]. 沿海企业与科技, 2019(4): 3-11.
LIU Hui, LIN Songhui. Research on Location of Distribution Center Based on Genetic Algorithm: Take Guangzhou KT Logistics Technology Limited Company as an Example[J]. Coastal Enterprises and Science & Technology, 2019(4): 3-11.
- [13] 姚学儒, 杨爽, 菅美英, 等. 公共自行车租赁点选址优化方法研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2019, 50(1): 89-95.
YAO Xueru, YANG Shuang, JIAN Meiyang, et al. Research on the Method of Public Bicycle Station Location Problem[J]. Journal of Inner Mongolia University (Natural Science Edition), 2019, 50(1): 89-95.
- [14] 郝文斌, 谢明洋, 谢波, 等. 基于自适应遗传算法的分布式电源优化配置[J]. 四川电力技术, 2020, 43(6): 2-5, 20.
HAO Wenbin, XIE Mingyang, XIE Bo, et al. Optimal Configuration of Distributed Generators Based on Adaptive Genetic Algorithm[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2020, 43(6): 2-5, 20.

(责任编辑: 申剑)