

## ◎工程与应用◎

## 粒子群算法在物流中心选址中的应用

黄敏镁

HUANG Minmei

华南师范大学 公共管理学院, 广州 510006

Public Administration School, South China Normal University, Guangzhou 510006, China

HUANG Minmei. Particle swarm optimization based method for logistics center location problem. *Computer Engineering and Applications*, 2011, 47(4): 212-214.

**Abstract:** Logistics center location is an important problem for logistics system planning. In order to get reasonable solution of logistics center problem, a mathematics model is made according to its characteristics. Particle swarm optimization based method for logistics center location is proposed on the basis of lowest cost. Program for the problem is coded in MATLAB. The proposed method is applied in solving warehouse location problem and solid waste logistics system. Computational results show that particle swarm optimization is superior compared with the exact center-of-gravity method, and prove the effectiveness and efficiency of the proposed algorithm.

**Key words:** logistics center; location; particle swarm; exact center-of-gravity method

**摘 要:** 物流中心选址是物流系统规划中的重要决策问题。为了快速得到合理的物流中心选址方案, 针对问题的特点给出了选址问题的模型, 提出了以最小化物流成本为目标函数的粒子群优化算法, 开发了模型求解的 MATLAB 程序, 并将算法应用于求解工厂仓库选址和废弃物回收中转站选址问题。实例求解结果表明, 该算法求解选址问题的性能优于精确重心法, 具有良好的搜索性能和实用性。

**关键词:** 物流中心; 选址; 粒子群; 精确重心法

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2011.04.059 文章编号: 1002-8331(2011)04-0212-03 文献标识码: A 中图分类号: TP18; TP301

## 1 引言

物流中心(logistics center)是从事物流活动的场所或组织, 能够处理各种运输、储存、包装、装卸、流通加工等物流作业, 是物流信息处理的据点。在供应链管理盛行的今天, 物流中心作为衔接供应链上下游的环节, 起到了至关重要的作用。合理的物流中心选址可以有效地节省费用, 保证物流系统的高效运作, 对供应链管理具有战略性意义。物流中心选址模型一般是非凸、带有复杂约束的非线性规划模型, 属 NP-hard 问题<sup>[1]</sup>。选址问题一直是受人关注的研究领域, 已有众多学者对选址问题进行了研究, 提出了多种方法, 如: Baumol-wolfe 法<sup>[2]</sup>、重心法<sup>[3]</sup>、禁忌算法<sup>[4]</sup>、遗传算法<sup>[1,5]</sup>、模拟退火算法<sup>[6]</sup>、层次分析法<sup>[7]</sup>和人工神经网络法<sup>[8]</sup>等。由于节约运输成本和缩短运输时间是物流中心选址应该着重考虑的首要问题。因此, 将针对物流中心选址问题的特点, 构造问题求解的粒子群优化算法, 力求科学、快速地得到物流中心选址的优化方案, 供决策参考。

## 2 物流中心选址问题的描述

对于物流中心选址问题, 根据不同的划分标准可以分为

不同的类型, 如: 按照设施的数量划分为单一设施选址问题和多设施选址问题, 按照选择的离散程度分为连续选址和离散选址等<sup>[9]</sup>。物流中心选址问题属于单一设施、连续选址问题, 即考虑一个物流中心, 在待选区域为连续空间(平面)内的选址问题。由于是单一设施选址无需考虑竞争力、设施之间需求的分配、集中库存的效果和设施成本等。因此, 运输成本成为首要考虑的因素。

问题可描述为: 设有一系列点分别代表供应地和需求地等  $n$  个物流节点, 各自有一定量货物需要以一定的运输费率运入或运出物流中心, 选择物流中心使得总运输成本最小, 即

$$\min tc = \sum_{i=1}^n v_i r_i d_i \quad (1)$$

式中:  $tc$  为总运输成本,  $v_i$  为物流节点  $i$  的运输量,  $r_i$  为到节点  $i$  的运输费率,  $d_i$  为从位置待定的物流中心到节点  $i$  的距离。

如果使用欧几米德距离计算  $d_i$ , 则

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2} \quad (2)$$

式中:  $x_i$  和  $y_i$  为物流节点  $i$  的横坐标和纵坐标,  $x_s$  和  $y_s$  为物流中心的横坐标和纵坐标。

精确重心法(Exact Center-of-Gravity Method)提出将式

基金项目: 广东高校优秀青年创新人才培养项目(No. wym09064)。

作者简介: 黄敏镁(1979—), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 运作系统建模与智能优化、物流管理等。E-mail: huangmm@scnu.edu.cn

收稿日期: 2010-07-23; 修回日期: 2010-10-18; CNKI 出版: 2011-1-24; [http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20110124.1421.201104.212\\_057.html](http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20110124.1421.201104.212_057.html)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

(2)代入式(1)后,分别对 $x_s$ 和 $y_s$ 求偏微分,并令其为零,可得式(3)和式(4),通过迭代的方法求出微分方程组的解。

$$x_s = \frac{\sum_{i=1}^n v_i r_i x_i / d_i}{\sum_{i=1}^n v_i r_i / d_i} \quad (3)$$

$$y_s = \frac{\sum_{i=1}^n v_i r_i y_i / d_i}{\sum_{i=1}^n v_i r_i / d_i} \quad (4)$$

### 3 求解选址问题的粒子群算法

粒子群优化算法 PSO (Particle Swarm Optimization) 由 Kennedy 和 Eberhart 于 1995 年提出,是一种进化计算技术,源于对鸟群和鱼群捕食等社会行为的模拟<sup>[10]</sup>。PSO 中,每个优化问题的解类似于搜索空间中一只鸟,被称为“粒子”。PSO 算法随机产生一个初始种群并赋予每个粒子一个随机速度,在飞行过程中,粒子的飞行速度和轨迹根据自己及同伴的飞行经验来动态调整,整个群体有飞向更好搜索区域的能力。目前,PSO 及其改进算法已广泛应用于函数优化、神经网络训练、模糊系统控制、模式识别以及工程应用等诸多领域,并被证明能够以较小的计算代价获得良好的优化解<sup>[11]</sup>。

将粒子群算法应用于物流中心选址问题的求解。设在一个 2 维搜索空间中,由  $m$  个粒子组成种群为  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ,其中:第  $i$  个粒子的位置向量为  $x_i=[x_{i1}, x_{i2}]$  表示平面上一个物流中心的可行地址坐标,其速度向量为  $v_i=[v_{i1}, v_{i2}]$ 。第  $i$  个粒子的适应度值  $f_i$  由选址问题的目标函数物流成本计算公式(1)和(2)计算得到。第  $i$  个粒子进化到第  $g$  代找到的个体最优位置为  $p_i=[p_{i1}, p_{i2}]$ ;整个粒子群迭代到第  $h$  代找到的全局最优位置  $p_g=[p_{g1}, p_{g2}]$ 。从第  $h$  代进化到第  $h+1$  代时,第  $i$  个粒子在第  $j$  ( $j=1, 2$ ) 维子空间中飞行速度和位置的调整可以根据式(5)和(6)进行。

$$v_{ij}^{h+1} = \omega \cdot v_{ij}^h + c_1 \cdot \text{rand} \cdot (p_{ij} - x_{ij}^h) + c_2 \cdot \text{rand} \cdot (p_{gj} - x_{ij}^h) \quad (5)$$

$$x_{ij}^{h+1} = x_{ij}^h + v_{ij}^{h+1} \quad (6)$$

式中:  $\omega$  为惯性权重,  $\text{rand}$  为  $[0, 1]$  区间均匀分布的随机数,  $c_1$  和  $c_2$  为学习因子。

算法的主要步骤如图 1 所示。

**步骤 1 初始化。**粒子群的规模  $m$ , 最大迭代次数  $gmax$ , 在可行域中随机产生初始粒子群。

**步骤 2** 计算各粒子的适应度值, 求出粒子的个体最优位置和全局最优位置。

**步骤 3** 如果当前迭代次数达到最大迭代次数  $gmax$ , 输出全局最优位置作为物流中心的选址结果, 结束算法; 否则, 转步骤 4。

**步骤 4** 根据式(5)和式(6)进行计算, 得到新一代的粒子位置, 转步骤 2。

## 4 计算实例分析

### 4.1 工厂仓库选址问题算例

#### 4.1.1 问题实例

为了分析提出的粒子群算法在求解物流中心选址问题中的性能, 以文献[12]中的某工厂仓库选址问题为例, 进行计算机实验, 并与精确重心法的计算结果进行比较。产品由 1 个工

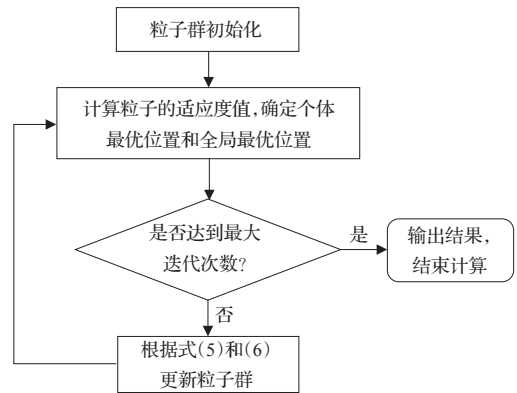


图1 求解选址问题的粒子群算法流程图

厂运输到仓库进行储存, 并从该仓库配送到 10 个需求市场, 工厂的产量等于各个市场需求量的总和。为了计算方便, 将上述 11 个物流节点按照与实际距离 1:50 的比例缩小在二维坐标系中标注。各个市场和工厂的坐标、需求量和运输费率如表 1 所示。本问题的目标是确定使物流成本最小的仓库选址。

表 1 工厂仓库选址问题数据表

物流节点	X坐标	Y坐标	数量/磅	运输费率/(美元/吨/英里)
市场1	2	1	3 000 000	0.002 0
市场2	5	2	5 000 000	0.001 5
市场3	9	1	17 000 000	0.002 0
市场4	7	4	12 000 000	0.001 3
市场5	2	5	9 000 000	0.001 5
市场6	10	5	10 000 000	0.001 2
市场7	2	7	24 000 000	0.002 0
市场8	4	7	14 000 000	0.001 4
市场9	5	8	23 000 000	0.002 4
市场10	8	9	30 000 000	0.001 1
工厂	9	6	147 000 000	0.000 5

#### 4.1.2 精确重心法求解实例结果

运用 LOGWARE4.0 软件中的“COG”模块对仓库选址问题进行精确重心法求解。实验结果如图 2 所示。实验表明, 从 25 次迭代以后, 运算结果保持不变。因此, 该仓库的地址为  $X=6.298, Y=6.484$ , 运输成本为 55 015 057.44 美元。

Iteration	X coordinate	Y coordinate	Cost
0	6.252	5.969	55,469,592.59
1	6.360	6.306	55,061,186.48
2	6.370	6.409	55,024,104.88
3	6.358	6.444	55,015,745.91
4	6.344	6.459	55,016,952.97
5	6.332	6.467	55,016,065.11
6	6.323	6.472	55,015,599.26
7	6.317	6.475	55,015,545.19
8	6.312	6.477	55,015,213.51
9	6.306	6.479	55,015,241.23
10	6.306	6.480	55,015,102.43
11	6.304	6.481	55,015,081.60
12	6.302	6.482	55,015,070.41
13	6.301	6.483	55,015,061.41
14	6.300	6.483	55,015,061.18
15	6.300	6.483	55,015,059.45
16	6.300	6.483	55,015,058.22
17	6.299	6.484	55,015,059.02
18	6.299	6.484	55,015,057.75
25	6.298	6.484	55,015,057.44

图2 运用精确重心法求解仓库选址问题的结果

#### 4.1.3 粒子群算法求解实例结果

采用 MATLAB7 进行算法编程, 在 Intel Core2 Duo CPU T7100 1.80 GHz 的计算机上进行计算。经过多次实验, 最终确定粒子群算法的各项参数: 种群规模  $m=25$ , 惯性权重  $\omega=0.2$ , 学习因子  $c_1=c_2=1.5$ , 迭代次数  $gmax=30$ 。

经过一次计算机实验, 得到的初始种群如图 3 所示, 经过 30 次迭代, 种群的平均适应度和最优适应度的变化情况如图 4

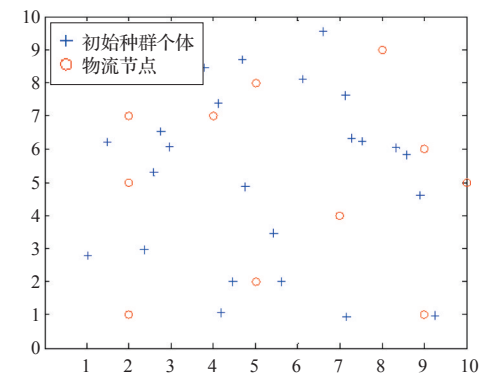


图3 初始种群分布情况

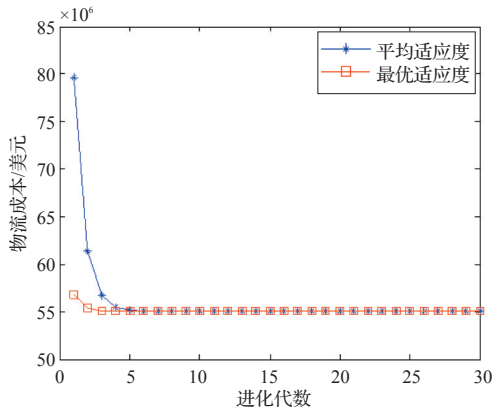


图4 仓库选址的粒子群优化结果

所示。经过计算得到仓库的选址为  $X=6.298$ ,  $Y=6.484$ , 运输成本为55 015 057.44美元,与精确重心法的求解结果一致。

为了验证算法的性能,对仓库选址问题进行了10次计算机实验,实验结果显示:个体达到最优解的平均代数为15.1代,种群达到最优解的平均代数为20.5代,完成30次进化迭代的平均计算时间为6.23秒。粒子群算法求解选址问题的结果与精确重心法相同,而且达到最优解的迭代次数少于精确重心法,计算的时间短。

## 4.2 废弃物回收中转站选址问题算例

某地区有两个固体废弃物处理厂,专门收集处理该地区14个制造厂的固体废弃物。两个处理厂的日处理能力分别为20吨和30吨。为了降低废弃物回收物流成本,该废弃物处理厂欲在该地区设置一个废弃物回收中转站,将废弃物收集和运输分开,即用带压缩装置的收集车辆来收集废弃物,运到回收站分类后再采用大容量的运输车辆将废弃物分别运到两个处理厂进行处理<sup>[13]</sup>。将14个制造厂和废弃物处理厂标注于二维平面坐标系,各物流节点的坐标、运输量和单位运输成本如表2所示。

表2 废弃物回收中转站选址问题数据表

节点	$x_i$	$y_i$	$v_i$	$r_i$	节点	$x_i$	$y_i$	$v_i$	$r_i$
制造厂1	5.3	6.6	3	5	制造厂9	19.3	19.3	6	6
制造厂2	9.3	12.4	2	4	制造厂10	14.5	7.2	3	7
制造厂3	15.5	18.7	3	6	制造厂11	11.4	4.1	4	5
制造厂4	5.5	0.4	4	4	制造厂12	5.7	4.4	3	4
制造厂5	13.3	10.2	3	5	制造厂13	4.7	2.3	2	5
制造厂6	9.5	10.9	5	7	制造厂14	11.1	13.6	2	6
制造厂7	9.0	14.8	3	4	处理厂A	2.8	16.4	20	3
制造厂8	5.9	17.1	3	4	处理厂B	3.0	8.7	30	3

$m=40$ , 惯性权重  $\omega=0.2$ , 学习因子  $c_1=c_2=1.8$ , 迭代次数  $gmax=50$ 。经过计算,得到最小化物流运输成本的废弃物回收中转站的选址为  $X=7.539$ ,  $Y=10.816$ , 每日的运输成本为2 702.48元。求解结果如图5所示。

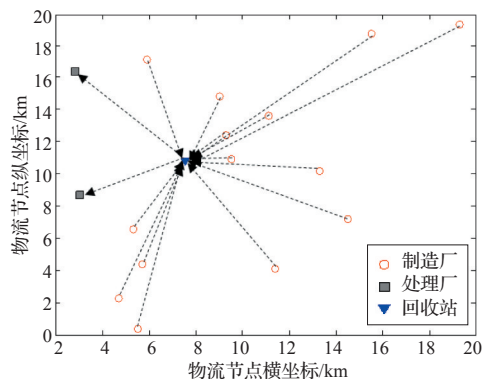


图5 废弃物回收中转站选址结果

## 5 结语

提出了物流中心选址问题的粒子群算法,通过实例分析验证了算法的有效性。采用粒子群算法求解问题不受问题规模的限制,通过修改算法的相关参数即可实现不同问题的求解,而且算法收敛速度快、性能稳定,可以为物流中心选址提供决策参考。由于物流中心选址问题涉及到诸如劳动力因素、社区因素、基础设施、政策等多种因素的影响,而且在供应链物流系统设计中需要同时考虑多个物流中心的选址问题,这些将成为今后进一步深入研究的重要方向。

## 参考文献:

- [1] 陶昇,朱建青,李明.基于改进遗传算法的物流中心选址优化[J].计算机工程与应用,2007,43(25):221-223.
- [2] 王槐林,刘明菲.物流管理学[M].武汉:武汉大学出版社,2006.
- [3] 杨茂盛,姜华.基于重心法与离散模型的配送中心选址研究[J].铁道运输与经济,2007,29(7):68-70.
- [4] Michel L, Hentenryck P V. A simple tabu search for warehouse location[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 157(3):576-591.
- [5] 胡大伟,陈诚.遗传算法和禁忌搜索算法在配送中心选址和路线问题中的应用[J].系统工程理论与实践,2007(9):171-176.
- [6] Murray A T, Church R L. Applying simulated annealing to location-planning models[J]. Journal of Heuristics, 1996, 2(1):31-53.
- [7] 王振中.层次分析法在配送中心选址中的研究与应用[J].物流工程与管理,2010,32(1):97-100.
- [8] 许德刚,肖人彬.改进神经网络在粮油配送中心选址中的应用[J].计算机工程与应用,2009,45(35):216-219.
- [9] 蔡临宁.物理系统规划——建模及实例分析[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [10] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 1995:1942-1948.
- [11] 李丽,牛奔.粒子群优化算法[M].北京:冶金工业出版社,2009.
- [12] Ballou R H. 企业物流管理:供应链的规划组织和控制[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [13] Chang N B, Wang S F. A fuzzy goal programming approach for the optimal planning of metropolitan solid waste management systems[J]. European Journal of Operational Research, 1997, 99(2):303-321.

采用提出的粒子群算法,并确定各项参数为:种群规模