

基于改进遗传算法的物流配送中心选址研究

赵冬玲¹, 孔志周^{2,3}, 官 东³

(1. 济源职业技术学院 计算机系, 河南 济源 454650;

2. 湖南大学 统计学院, 长沙 410079; 3. 中南大学 信息科学与工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 物流配送优化研究是一个既有理论和实践意义又富有挑战性的课题。对配送中心选址问题, 文章提出了单点 PMX 交叉方法及有针对性变异的思想, 并对传统精英个体保留策略进行了改进。通过性能比较可以看出, 改进遗传算法的优势明显。

关键词: 改进; 遗传算法; 配送中心选址

中图分类号: O29

文献标识码: A

文章编号: 1002-6487(2008)11-0153-03

0 引言

我国从 1992 年开始了物流配送中心的试点工作, 近年来, 随着市场经济的快速增长, 特别是连锁商业的发展, 各种形式的配送中心如雨后春笋发展起来。据不完全统计, 目前我国共有各种类型的物流配送中心 2000 多家。但大部分配送中心在层次上仍是传统意义上的物流配送, 即处于物流配送的初级阶段, 国家有关部门已认识到这些问题, 正从宏观调控上努力引导我国物流配送业朝着信息化、现代化、社会化的新型物流配送方向发展。

配送中心选址问题的模型及其算法复杂, 具有 NP 难性质。启发式随机搜索方法(random heuristic search, RHS)是目前关于复杂优化问题求解的一类有效方法, 不需要或需要很少的关于问题的先验信息, 该类方法具有很强的鲁棒性, 即能适应不同领域的优化问题求解, 并在大多数情况下都能得到比较满意的解。RHS 一般统称为弱方法(weak methods)。遗传算法就是一种典型的弱方法, 与其它搜索算法相比, 具有独特的算法形式和运行机理, 在复杂优化问题求解中有着比较显著的优势。

1 配送中心选址问题

(1) 配送中心选址问题的描述

给定某一地区所有需求点(用户)的地址集合, 要求从中选出一定数目的地址建立配送中心, 从而建立一系列的配送区域, 实现各个需求点的配送, 使得在选出点建立的配送中心与各个需求点所建立的配送系统总配送费用最小。其目的在于加快货物流动速度并避免不必要的配送成本。

(2) 配送中心选址模型的假设

为了便于建立模型, 作一定的假设, 假设系统满足如下

一些条件:

在一定的被选范围内考虑新的配送中心设置;

运输费用与运量和距离成正比;

需求点的需求按区域总计;

一个需求点仅由一个配送中心供应;

配送中心容量可以满足要求;

各需求点的需求量一定且为已知;

各需求点需求的物品一次运输完成, 所有点间运输速度一样, 均为常数;

系统总费用不考虑仓库存储费用, 只考虑固定的仓库建设费和运输费用。

(3) 配送中心选址模型的建立

配送中心选址问题的目标函数是从被选地点中选出最佳的配送中心, 使包括配送中心的投资费用及运输费用的总和最小。

目标函数:

$$\min U = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m d_{ij} s_j A_{ij} + \sum_{j=1}^m F_j Z_j \quad (1)$$

约束条件:

$$\sum_{j=1}^m A_{ij} Z_j = 1; \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

式中:

m : 需求点的个数、配送中心被选地的个数;

F_j : 在 j 点建设配送中心的费用;

d_{ij} : 需求点 i 的需求量;

s_j : 配送中心 j 到需求点 i 的距离;

h : 运费率;

$$Z_j = \begin{cases} 0 & \text{在用户 } j \text{ 处不设置配送中心} \\ 1 & \text{在用户 } j \text{ 处设置配送中心} \end{cases}$$

基金项目: 国家基础研究项目(A1420060159); 国家统计局重点项目(2006B19)

$$A_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{用户 } i \text{ 需求不由设在 } j \text{ 处的配送中心负责} \\ 1 & \text{用户 } i \text{ 需求由设在 } j \text{ 处的配送中心负责} \end{cases}$$

其中,约束条件可以保证一个需求点仅由一个配送中心供应。

3 基本遗传算法的改进

基本遗传算法的相关原理可参看文献[1]。从配送中心选址的理论分析中,可以知道选址问题属于 0-1 规划模型,用常规的方法求解比较困难。

下面对基本遗传算法进行改进来构造优化解的求解方法。提出了单点 PMX 交叉方法及有针对性变异的思想,并对传统精英个体保留策略进行了改进。

具体实现步骤如下:

(1) 编码方案

染色体(或个体)由 1 到 m 的整数排列串构成,其中 m 代表配送中心被选地的个数。可以将其记为:

$$g=(k_1, k_2, \dots, k_j, \dots, k_n, \dots, k_m) \quad (3)$$

其中: $k_j \in \{1, 2, \dots, m\}$, $k_{j_1} \neq k_{j_2} \quad \forall j_1 \neq j_2$ 用 $j_1, j_2 \in \{1, 2, \dots, m\}$, 用 k_1, k_2, \dots, k_n 需点地址表示配送中心地址的选址方案。

(2) 初始种群的产生

在满足编码方案的前提下,随机产生 L 个个体,构成初始种群。将其记为:

$$G_0=\{g_0, g_1, \dots, g_L\} \quad (4)$$

此时代数数为 0。

(3) 性能评价

对于个体 $g=(k_1, k_2, \dots, k_n, \dots, k_m)$, 确定需点 k_1, k_2, \dots, k_n 为配送中心的 n 个地址,可以采用定点-分配的思想,求得对应于 k_1, k_2, \dots, k_n 的配送区域以及相应的总费用。其方法如下:

在 m 个需点中,确定离每个需点的最近配送中心为该需点供应物品,则形成 n 个配送区域,每个区域可表述为如下的需点集合。

$$Q_i=\{j: \min\{s_{jk}\}=s_{ik}\} \quad i, l=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

根据式(1),可以求得对应于个体 g 的第一类问题模型的总费用为

$$u_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k \in Q_j} d_{jk} h s_{jk} + \sum_{k=1}^n F_k \quad (6)$$

根据式(3),可以求得对应于个体 g 的第二类问题模型的总费用为

$$u_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k \in Q_j} d_{jk} h s_{jk} + \sum_{k=1}^n F_k + \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^n w_{kl} h s_{kl} k \quad (7)$$

将费用的倒数定义为对应于染色体 g 的适应值 f_t , 用其作为个体的性能评价指标,指导个体的进化和竞争,其值越大代表该个体的性能越优。

(4) 判断

判断迭代的代数是否达到某一预定值,若是,则停止进化,选性能最好的染色体所对应的配送中心及其配送区域作为原配送中心选址问题的优化解输出;否则,继续执行下面的第(5)步。

(5) 自然选择

将当前代种群的 L 个染色体按适应值 f_t 由大到小排列,重排后的染色体 g_t 的性能最优,计算当前代中的 L 个染色体的选择概率

$$p_t = q' (1 - q')^{L-1} \quad (t=1, 2, \dots, L) \quad (8)$$

$$\text{其中: } q' = \frac{q}{(1 - q)^L}, q=0.08 \quad (9)$$

采用以上选择策略可避免个体间因适应值大小不同而使被选择进入下一代的机会相差悬殊,保持了下代种群个体的多样性,从而可有效地提高整个算法的收敛速度。

用轮盘赌法选择两个个体,然后执行下面的第(6)步;

(6) 染色体的交叉重组

对于步骤(5)中所选择的两个个体,按照交叉率 p_c 进行交叉重组, p_c 可以定为 0.6~0.9 之间。由于影响个体性能的基因主要是 k_1 到 k_n , 即配送中心的设置地点。因此,对通常的 PMX 交叉方式进行了修改,提出了单点 PMX 交叉重组方式,即在两个父染色体中排列序号为 1 到 n 之间随机选择一位位置作为交叉点,从此点到染色体尾的所有基因采用 PMX 方式交叉重组。

例如,若要求在 12 个需求点中选择 3 个作为配送中心的地址,则对于下面两个父个体,选定的配送中心地址分别为 (11, 8, 9) 和 (4, 5, 2), 于是随机地在第 1 至第 3 个基因之间选择交叉点。

$$p1: (11 \ 8|9 \ 2 \ 3 \ 10 \ 5 \ 4 \ 1 \ 12 \ 6 \ 7)$$

$$p2: (4 \ 5|2 \ 11 \ 8 \ 7 \ 6 \ 9 \ 3 \ 1 \ 10 \ 12)$$

首先,两个交叉点之前的需求点位置交换,得到:

$$q1: (4 \ 5|* \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ *)$$

$$q2: (11 \ 8|* \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ * \ *)$$

其中,* 表示暂未确定码,对于子个体 1、子个体 2 中 * 部分,分别保留从其父个体中未选定需求点,得到:

$$q1: (4 \ 5|9 \ 2 \ 3 \ 10 \ * \ * \ 1 \ 12 \ 6 \ 7)$$

$$q2: (11 \ 8|2 \ * \ * \ 7 \ 6 \ 9 \ 3 \ 1 \ 10 \ 12)$$

然后,根据交叉点前的映射关系,得到:

$$11 \quad 4 \quad \quad \quad 8 \quad 5$$

如果映射关系中存在传递关系,即被选交换有多个码,则选择此前未确定的一个码作为交换。

于是,最终的子个体为:

$$q1: (4 \ 5|9 \ 2 \ 3 \ 10 \ 8 \ 11 \ 1 \ 12 \ 6 \ 7)$$

$$q2: (11 \ 8|2 \ 4 \ 5 \ 7 \ 6 \ 9 \ 3 \ 1 \ 10 \ 12)$$

则交换后选定的配送中心地址分别为 (4 5 9) 和 (11 8 2)。

运用步骤(3)判断两个子染色体与其父染色体的优劣性,从中选出两个最优者,然后执行步骤(7)。

(7) 染色体的变异

对交叉后的染色体按概率 $p_m=0.02$ 依次进行变异操作,其中变异位只选择 k_1 至 k_n , 变异规则是若对某位发生变异,则在 k_1 至 k_n 之间随机产生一个新的基因代替此位基因,新基因值的位置由此位基因填入,变异后的染色体用步骤(3)判断其适应值大小,若小于原染色体的适应值,则变异失败,仍采用原染色体进入新群体,否则采用变异后的染色体

作为新个体。

(8) 判断及替代

将当前代已执行遗传操作的染色体数目加 2, 判断其是否小于种群大小, 若小于, 则返回步骤 (5) 循环; 否则, 将当前代种群的最优个体 $g1$ 复制到下一代, 这样可保证最优者生存, 然后返回步骤 (4) 循环。

4 实证分析

(1) 配送中心选址问题实例的描述

现有一在不同的地方设有两个工厂的公司, 两个工厂均生产同类产品。为促进物流系统的发展, 该公司决定在某省的 12 个城市 (即需求点) 中选择 3 个作为物流配送中心的地点, 两个工厂均可向这三个物流配送中心提供货物。12 个城市之间以及工厂到城市之间的距离分别见表 1 和图 1, 由于地理位置和条件的不同, 在各个城市设置配送中心的月固定成本以及各城市对货物的月需求量不同, 已知运费率为 0.001 元/千克·千米。现要求设计一种选址方案, 在满足需求的前提下, 使得在选出点建立配送中心的固定成本以及形成的配送系统的运输费用最省。

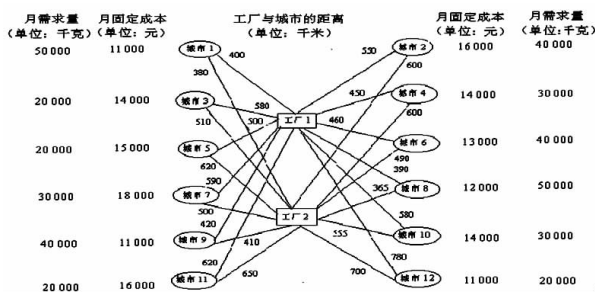


图 1 配送中心选址设计网络图

表 1 城市之间的距离表 单位: 千米

城市	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	50	120	140	80	60	80	120	120	180	160	180
2	50	0	100	120	100	80	100	140	140	200	180	200
3	120	100	0	60	120	180	200	240	240	300	280	300
4	140	120	60	0	60	200	220	260	260	320	300	240
5	80	100	120	60	0	140	160	200	200	260	240	180
6	60	80	180	200	140	0	120	80	180	200	120	120
7	80	100	200	220	160	120	0	40	180	100	80	180
8	120	140	240	260	200	80	40	0	200	120	40	140
9	120	140	240	260	200	180	180	200	0	80	160	260
10	180	200	300	320	260	200	100	120	80	0	80	180
11	160	180	280	300	240	120	80	40	160	80	0	100
12	180	200	300	240	180	120	180	140	260	180	100	0

(2) 配送中心选址问题实例的结果

为了更好地把握采用改进遗传算法求解配送中心选址问题的种群进化情况及统计结果, 下面, 给出当每代的种群大小为 10, 最大进化代数为 100, 交叉率为 0.80, 变异率为 0.05。在实际的调试过程中, 衡量参数设置恰当与否, 要依据多次运行的收敛情况和解的质量来判断。需要指出的是, 在实际运行的输出结果中, 相邻两代的同序号染色体在同一行输出。

从上述参数的 100 代运行结果可以看出, 染色体 1 8 9 11 3 10 5 7 2 4 12 6 的适应度最高, 即其所对应的变量值最低, 说明选择 1 8 9

表 2 配送中心选址问题的遗传算法参数

配送中心数(cennum)=12
需求点数(reqnum)=12
种群大小(popsize)=10
染色体长度(lchrom)=12
最大进化代数(maxgen)=100
交叉概率(pcross)=0.80
变异概率(pmutation)=0.05

表 3 本遗传算法与改进遗传算法的性能比较

求解问题	编码长度	群体规模	搜索到满意解的平均代数		搜索到满意解的次数	
			BGA	IGA	BGA	IGA
配送中心选址	20	30	194.05	20.53	120	120
	40	60	285.58	58.84	86	120
	60	90	345.59	224.62	70	119
	80	120	>500	255.98	26	101
	100	150	>500	285.13	18	107
	120	180	>500	305.55	5	99

号需求点作为配送中心设置点的方案费用最省, 通过查找该染色体的对应需求点, 可以知道 1 号配送中心服务的需求点为 1、2、3、4、5、6 号需求点; 8 号配送中心服务的需求点为 7、8、11、12 号需求点; 9 号配送中心服务的需求点为 9、10 号需求点。

(3) 性能比较

为了验证改进遗传算法的有效性, 在配送中心选址问题上, 文章将其结果与文献[1]提供的基本遗传算法进行了实验比较。

在实验中, 群体规模 $n=\{30, 60, 90, 120, 150, 180\}$, 群体进化的最大代数为 $T=500$, 染色体编码长度 $L=\{20, 40, 60, 80, 100, 120\}$, $p_c=0.75$, $p_m=0.02$ 。对于配送中心选址问题, 分别用改进遗传算法和基本遗传算法重复计算 120 次。初始种群随机生成, 计算搜索到最优解位串的平均代数和次数, 如表 3 示, 表中用 BGA 代表基本遗传算法, IGA 代表改进遗传算法。

从实验计算结果的比较可以看出, 当问题规模较小时, 用基本遗传算法在可以接受的代数和时间内可以获得满意解, 但随着问题物流配送优化规模的进一步扩大, 其编码也将变长, 采用改进遗传算法的优势将越加明显, 从而说明了该算法的有效性, 完全可以用于求解大规模的物流配送优化问题。

参考文献:

- [1]王小平, 曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [2]姜大立, 杜文, 张拥军. 易腐物品配送中心选址的遗传算法[J]. 西南交通大学学报, 1998, 33(4).
- [3]郑英隆. 寻求电子商务与物流配送体系的有效结合[J]. 商业经济文萃, 2001, 3(1).
- [4]许哲荣, 胡黄德. 多产品配送中心场址规划与选择[C]. 1999 年国际物流研讨会论文集. 北京: 中国商业出版社, 2000.
- [5]王晓博, 李一军. 电子商务环境下物流配送中心选址模型与评价方法[J]. 系统工程理论方法应用, 2006, (3).

(责任编辑/李友平)