

带选址的关联运输调度问题研究

乐峰,蔡延光,汤雅连,王芳婷

(广东工业大学 自动化学院,广东 广州 510006)

摘要: 对零售点的选址问题和关联货物配送问题建模,分别应用改进的混沌遗传算法和免疫克隆选择算法求解该模型,前者采用混沌初始化方法产生初始种群,使种群具有较好的多样性,并采用混沌搜索策略以提高算法的收敛速度和全局搜索能力。最后比较两种算法的求解结果,结果证实了改进的混沌遗传算法求解该模型的有效性与优越性。

关键词: 零售点选址;关联运输调度问题;改进混沌遗传算法;免疫克隆选择算法

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)12-0063-04

Study on incident vehicle routing problem with site selection

Le Feng, Cai Yanguang, Tang Yalian, Wang Fangting

(School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Building a mathematical model for retail site selection planning problem and incident vehicle routing problem(IVRP), and adapting improved chaotic genetic algorithm(ICGA) and immune clonal selection algorithm(ICSA) to solve this problem. ICGA uses the chaotic initialization method to generate initial population, thus it has better diversity, and chaotic search strategy can speed up its convergence and enhance its global search ability. Comparing the results which have solved by the two algorithms, the results show ICGA has effectiveness and advantage to solve this model.

Key words: retail site selection; incident vehicle routing problem; improved chaotic genetic algorithm; immune clonal selection algorithm

配送中心的选址问题^[1]属于物流运输调度的一部分,影响着车辆运输调度,因而对其集成的研究具有一定的实际意义。金莉^[1]等人采用改进的禁忌搜索算法对三级物流网络选址-路径问题进行建模求解;唐琼^[2]等人用模拟退化算法求解了不同规模的选址库存问题模型;潘微微^[3]研究了运输路径优化的配送中心选址问题,并设计了第一阶段启发式算法求解和第二阶段改进遗传算法求解;江前斌^[4]运用自适应遗传算法和遗传算法分别对废旧家电回收网络选址模型进行求解;肖乐^[5]等人研究了粮食应急点选址模型,并运用自适应混沌粒子群算法进行求解;不少国外学者^[6-8]也用相应的启发式算法求解了供应链中的选址问题。以上研究都证明了算法求解模型的有效性,却没有考虑每个零售商所需货物的关联性质。段熙鹏等人^[9]针对多车场多车型的关联运输调度问题进行建模,并用改进的类电磁机制算法进行求解,证明了算法的优越性,却没有考虑到车场的选址。本文构建了生产基地-零售点-客户的物流网络模型,并

采用改进的混沌遗传算法和免疫克隆选择算法求解,体现了改进的混沌遗传算法的优越性。

1 问题描述及数学模型的建立

1.1 问题描述

关联物流调度问题^[10]属于车辆路径问题的延伸,可简单描述为:根据客户需求量的估计,从备选零售点中选定零售点,假设给定每个零售点固定建设成本及客户信息(位置和货物需求量等)、车辆信息(载重约束、里程约束和容量约束等),要求合理安排车辆和运输路线,使总成本最低。

1.2 数学模型

1.2.1 生产基地-零售点模型

假设该模型满足以下条件:(1)生产厂家的生产能力无限制,零售点的存贮量有限制,如果超过存贮量则需转运到临时仓库,将会产生额外费用;(2)客户需求的货物非同类型商品,而且商品间存在某种关联性,也可能存在不兼容性;(3)每个客户的需求不可拆分,由一个零

技术与方法 Technique and Method

售点配送,且只能由一辆车配送;(4)客户的需求为确定值;(5)车型唯一,完成任务后必须回到出发点。

o 为生产厂家; $\{p|p=1,2,\dots,P\}$ 为备选零售点的集合; $K=\{k|k=1,2,\dots,K\}$ 为车辆集合; c_p 为生产厂家到零售点 p 的单位运输费用; F_p 为建设零售点 p 的固定成本; C_k 为启用每辆车的固定成本; 第 i 个客户的需求量为 $g_i(i=1,2,\dots,l)$, 需要从零售点将货物运到客户手中, 由车场派出载重量为 q 的货车若干, 已知 $g_i < q$ 。 c_i 为配送货物的单位成本; z_{pi} 为 1 则表示客户 i 由零售点 p 提供配送服务, 为 0 则不提供服务; y_p 为 1 表示备选零售点 p 被选建, 为 0 则不被选中, 零售点需根据客户所需货物量总和、备选零售点的存贮量与备选零售点到客户间的距离来选取; Q_{ij}^p 为零售点将要配送的客户群的所需货物总量; S^p 为备选零售点的存贮能力; c_i 为临时仓库的单位成本。

$$\min F_1 = \sum_{p \in P} c_p \sum_{p=1}^P d_{op} + \sum_{k=1}^K C_k + \sum_{p \in P} F_p y_p + \sum_{p=1}^P Q_{op} (1 - \min_{i=1}^l \sum_{j=1}^l r_{ij}) + \sum_{p=1}^P [\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l Q_{ij}^p - S^p] c_i \quad (1)$$

$$\sum_{p \in P} y_p \geq 1, p \in P \quad (2)$$

$$y_p \in [0, 1], p \in P \quad (3)$$

$$r_{ij} = \text{rand}(0, 1) \quad (4)$$

其中, 式(1)为目标函数, 表示所有零售点的总费用最小, 即固定建设成本、生产基地到零售点货物配送费用、不兼容产生的能耗费用以及临时仓库产生费用总和最小; 式(2)表示至少选择一个零售点; 式(3)为决策变量约束; 式(4)表示每个零售点需配送货物的关联系数, 由 Matlab 7.1 随机产生。

1.2.2 零售点-客户模型

预先对需要车辆数进行估计。可以按照式(5)确定车辆数:

$$K = [\sum g_i / \alpha q] + 1 \quad (5)$$

式中, $[\]$ 表示不大于括号内数字的最大整数; $0 < \alpha < 1$, 是对装车(或卸车)的复杂程度及约束多少的估计。以 c_{ij} 表示从点 i 到点 j 的单位运输成本, $c_{ij} = c_{ji}$ 。假设零售点 p 将要服务的客户群中 i, j 间的距离为 d_{ij} , 选建的零售点配备的车场编号皆为 0, 客户为 $i(i=1, 2, \dots, l)$ 。关联系数为 r, r_{ij} 表示点 i 处的货物与点 j 处货物的关联系数。

定义变量如下:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{车辆 } k \text{ 由点 } i \text{ 到点 } j \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (6)$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{点 } i \text{ 的任务由车辆 } k \text{ 完成} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (7)$$

建立数学模型:

$$\min F_2 = \sum_{i=0}^l \sum_{j=0}^l \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P c_{ij} x_{ijk} d_{ij}^p + \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K [1 - \min_{i=1}^l \sum_{j=1}^l r_{ij}] \times z_{pi} Q_{ij}^p + \sum_{k=1}^K C_k \quad (8)$$

$$\sum_{i=0}^l \sum_{j=0}^l d_{ijk} \leq D_{\max} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^l x_{ijk} = y_{jk} \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^l x_{ijk} = y_{ik} \quad (11)$$

$$x_{ijk} = 1 \quad (12)$$

$$y_{ik} = 1 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^l g_i \sum_{j=0}^l x_{ijk} \leq q \quad (14)$$

$$\sum_{i=0}^l \sum_{j=0}^l x_{ijk} \leq l \quad (15)$$

其中, $i, j=1, 2, \dots, l; k=1, 2, \dots, K$ 。目标函数式(8)表示零售点-客户的配送费用最少; 式(9)为车辆行驶距离约束, 其中 d_{ijk} 表示车辆 k 行驶了客户 i 到 j 的路程, D_{\max} 为车辆行驶里程约束; 式(10)和式(11)表示两个变量之间的关系; 式(12)表示车辆服务客户 i 后直接行驶到 j 为其服务; 式(13)表示每个客户只能由 1 辆车来服务且每个客户都能得到服务; 式(14)表示每辆车所运送的货物重量不能超过车辆载重量的限制; 式(15)表示保证每辆车的客户总数小于等于总客户数目。

2 算法设计

文中改进的混沌遗传算法采用了参考文献[11]中提到的实数编码方式, 采用 Logistic 混沌映射方法产生初始种群, 采用混沌变异技术解决早熟问题。

2.1 编码及初始种群的产生

本文采用参考文献[11]提出的编码方式及产生初始种群的方式。

2.2 适应度值计算与选择操作

以当前群体中最佳染色体的目标函数值 Z 与当前染色体的目标函数值 Z_i 的比值作为适应度值, 即 $f_i = Z / Z_i$ 。根据轮盘赌策略, 按适应度值的大小分配复制概率。

2.3 交叉

设计与进化代数相关而与个体适应度无关的交叉概率计算公式, 如式(16)所示。 t 为当前进化代数, T_{gen} 为预设的最大进化代数, $p_{c\max}$ 为预设最大概率, $p_{c\min}$ 为预设最小概率, $p_c(t)$ 为当前种群的交叉概率。本文采取均匀交叉的方式。

$$p_c(t) = \begin{cases} 2^{(-t/T_{\text{gen}})} p_{c\max}, & 2^{(-t/T_{\text{gen}})} p_{c\max} > p_{c\min} \\ p_{c\min}, & \text{其他} \end{cases} \quad (16)$$

2.4 变异

本文采用混沌变异策略, 混沌变异形式如式(17)所

技术与方法

Technique and Method

示。 $K(0, 1)$ 为 $(-2, 2)$ 按混沌规律变化的序列。

$$x_i(j) = x_i(j) + \delta(j) \times K_j(0, 1) \quad (17)$$

根据 Logistic 映射^[12], 如式(18)所示, 式中, u 表示种群序号, $u=0, 1, \dots, n$; β 表示混沌变量, $0 \leq \beta \leq 1$; μ 表示吸引子, 当 μ 取 $0 \sim 4$ 时, Logistic 映射为 $[0, 1]$ 间的不可逆映射; $\mu=4$ 时, 完全处于混沌的状态, 此时产生的混沌变量 $\beta^{(u)}$ 具有很好的遍历性。 $\beta^{(u)}$ 经过放大和平移可得 $K(0, 1)$ 。

$$\beta^{(u+1)} = \mu \times \beta^{(u)} (1 - \beta^{(u)}) \quad (18)$$

$$\delta(k) = \delta(0) \times \left\{ \alpha \times \exp \left[-\frac{\beta k}{\text{Gen}} \right] + \gamma \right\} \quad (19)$$

在进化初期采用逐渐缩小的变异尺度, 利用参考文献[12]提出的变异策略, 如式(19)所示, k 为当前代数, Gen 为最大迭代次数, δ 为当前群体中某个体的某分量的变异尺度, α , β 和 γ 为控制尺度收缩参数。

2.5 终止条件

当算法运行达到最大迭代次数或者多次产生同样的最优解, 算法终止。

3 仿真实例

某公司有一个生产基地, 备选零售点信息如表 1 所示, 所有客户信息如表 2 所示, 相关参数设置如表 3 所示。客户所需货物之间的关联系数由 Matlab 随机产生。本文实验是在 Intel® Core™ i3 CPU 2.53 GHz、内存为 2.0 GB、安装系统为 Win7 的 PC 机上采用 Microsoft Visual C++6.0 和 Matlab7.1 编程实现。

表 1 备选零售点信息

备选零售点	位置	存储能力/t	可用车辆数
A	(105, 65)	15	5
B	(55, 65)	15	5
C	(120, 120)	15	5
D	(75, 60)	15	5
E	(75, 85)	15	5
F	(25, 130)	15	5
G	(60, 90)	20	5
H	(50, 120)	20	5

改进的混沌遗传算法中参数设置: 种群规模为 100, 最大迭代次数 Gen=100, $p_{\max}=0.1$, $p_{\min}=0.005$, 变异概率 $p_m=0.05$, 尺度收缩参数为 $\alpha=1$, $\beta=10$, $\gamma=0.5$, $\delta=0.5$ 。免疫克隆选择算法中参数设置: 最大迭代次数 Gen=100, 编码长度 $l=9$, 抗体群规模 $N=11$, $N_r=30$, $N_s=2$, 克隆系数 $\beta=0.9$ 。令 P_c , P_i , P_s 均为 0.9, P_m 为 0.7。分别运行程序 20

表 4 本算法的最佳配送方案

行车路线	里程/km	配送重量/t	配送费用/元	惩罚及临时仓库费用/元	总费用/元
生产基地-G-23-14-43-42-41-35-6-27-44-50-10-30-G	251.51	22.3	251.51	6.76	5 278.27
生产基地-E-15-7-40-3-33-1-20-2-25-E	204.23	15.1	204.23	2.51	5 226.74
生产基地-B-22-8-12-9-19-11-26-36-13-B	240.21	11.2	240.21	2.24	5 262.45
生产基地-A-17-4-45-5-48-49-46-47-31-28-A	246.89	15.2	246.89	6.10	5 272.99
生产基地-D-18-38-29-34-32-16-37-24-39-21-D	172.45	12.6	172.45	3.78	5 196.23
合计	1 115.29	76.4	1 115.29	21.39	26 236.68

表 2 客户信息

客户	位置	需求量/t	客户	位置	需求量/t
1	(103, 120)	0.4	26	(29, 16)	0.2
2	(98, 90)	2.4	27	(4, 125)	1.9
3	(102, 144)	1.5	28	(98, 45)	0.6
4	(122, 74)	0.6	29	(92, 35)	1.2
5	(142, 44)	1.5	30	(28, 105)	0.6
6	(20, 106)	0.2	31	(113, 40)	2.4
7	(80, 125)	1.9	32	(108, 20)	2.4
8	(28, 45)	0.6	33	(112, 124)	1.5
9	(2, 35)	1.2	34	(102, 24)	0.6
10	(28, 115)	0.6	35	(12, 104)	1.5
11	(9, 4)	1.8	36	(50, 16)	0.2
12	(11, 35)	0.9	37	(84, 25)	0.9
13	(28, 29)	1.4	38	(78, 45)	0.6
14	(29, 80)	2.5	39	(72, 35)	3.2
15	(58, 129)	2.4	40	(80, 135)	2.6
16	(98, 10)	1.8	41	(13, 90)	2.4
17	(131, 92)	0.7	42	(8, 80)	2.4
18	(77, 66)	0.9	43	(12, 74)	3.5
19	(6, 16)	2.5	44	(15, 148)	2.6
20	(97, 96)	0.9	45	(122, 64)	1.5
21	(63, 50)	0.4	46	(140, 16)	2.2
22	(28, 60)	2.4	47	(124, 25)	1.9
23	(42, 84)	1.5	48	(128, 45)	2.6
24	(72, 24)	0.6	49	(135, 35)	1.2
25	(82, 94)	1.5	50	(28, 145)	2.6

表 3 参数设置

参数	参数值	参数	参数值
c_{ij}	1 元/t×km	F_p	5000 元
c_i	10 元/t	D_{\max}	270 km
C_k	10 元/次	q	25 t
c_p	1 元/t×km	K	5 辆

次。改进的混沌遗传算法的最优配送路径详细信息如表 4 所示, 最优配送网络图如图 1 所示。两种算法比较结果如表 5 所示, 由此可知, 改进的混沌遗传算法明显优于免疫克隆选择算法。

本文采用混沌初始化方法产生初始种群, 引入混沌搜索策略提高了收敛速度和全局搜索能力。利用该算法求解带选址的关联运输调度问题, 效果令人满意。接下来的研究工作可以进一步拓宽, 例如考虑城市路况的随机性、客户需求的随机性与时间约束、

技术与方法 Technique and Method

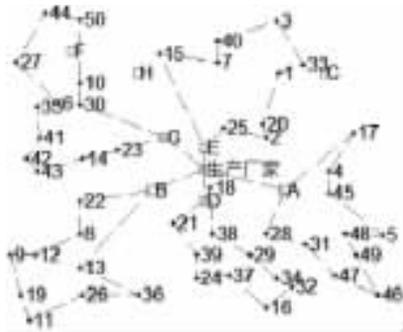


图1 最优配送网络图

表5 两种算法比较结果

	免疫克隆选择算法 ^[13]	改进的混沌遗传算法
首次出现最优解的代数	15	4
最优解平均值	26 786.32	26 236.68
收敛到最优解的平均运行代数	25	9
CPU 平均运行时间/s	19.4	12.5

不同性质货物在装卸货时由于不兼容性产生的详细成本、规模超大时该算法是否还存在优势等,而且由于道路路况也较大程度地影响着物流运输调度的成本,因此交通流量、道路拥挤与空闲、车流组成等都可以考虑进去。

参考文献

- [1] 金莉,朱云龙,申海,等.集成三级物流系统的网络规划问题研究[J].计算机应用研究,2012,27(9):3287-3289.
- [2] 唐琼,张振文,何青,等.基于二层规划的选址库存路径问题研究[J].物流技术,2011,30(7):137-142.
- [3] 潘微微.考虑运输路径优化的配送中心选址问题研究[D].重庆:重庆大学,2009.
- [4] 江前斌.废旧家电回收网络选择运输研究及GIS实现[D].上海:东华大学,2010.
- [5] 肖乐,吴相林,张雪萍.自适应混沌粒子群优化的粮食应急点选址研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2012,33(4):77-81.

[6] VAIDYANATHAN J, ANTHONY R.A simulated annealing methodology to distribution network design and management [J].European Journal of Operational Research, 2003, 144(3): 629-645.

[7] Wen-Chyuan Chiang, RUSSELL R, Xu Xiaojing, et al.A simulation/metaheuristic approach to newspaper production and distribution supply chain problems[J].Int.J.Production Economics, 2009(121): 752-767.

[8] SHANKAR B L, BASAVARAJAPPA S, CHEN J C H, et al. Location and allocation decisions for multi-echelon supply chain network—a multi-objective evolutionary approach[J]. Expert Systems with Applications, 2013(40): 551-562.

[9] 段熙鹏,蔡延光,汤雅连.类电磁机制算法的应用研究[J].微型机与应用,2012,31(16): 67-69.

[10] 汤雅连,蔡延光,赵学才.关联物流运输调度问题的改进遗传算法[J].微型机与应用, 2012,31(17): 69-71.

[11] 蔡延光,张敏捷,蔡颢,等.混合混沌量子进化算法[J].系统工程理论与实践,2012,32(10): 2207-2214.

[12] 李敏,郭强,刘红丽.多车场多配送中心的物流配送问题研究[J].计算机工程与应用,2007,43(8): 202-204.

[13] 秦子玄,陈霞,唐小鹏,等.基于免疫克隆选择算法的固定费用运输问题优化[J].计算机应用研究,2009,26(7): 2530-2534.

(收稿日期:2013-02-26)

作者简介:

乐峰,男,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:物流信息技术与应用。

蔡延光,男,1963年生,教授,博导,主要研究方向:组合优化、人工智能、决策支持系统。

汤雅连,女,1986年生,博士,主要研究方向:物流信息技术与应用。