

关联物流运输调度问题的改进遗传算法

汤雅连, 蔡延光, 赵学才

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510006)

摘要: 针对多车场多车型软时间窗的带道路约束的关联物流运输调度问题, 对传统的遗传算法进行改进, 提出了一种融合了“尺度收缩”变异策略的混沌遗传算法。采用自适应调整交叉算子的策略, 使杂交概率随进化过程渐变。最终提高了算法性能, 有效地解决了此类问题。

关键词: 关联物流运输调度; 混沌遗传算法; 尺度收缩; 自适应

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)17-0069-03

The research of self-adaption chaos genetic algorithm based on RVRP

Tang Yalian, Cai Yanguang, Zhao Xuecai

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

Abstract: Scale shrink mutation strategy was blended into chaos genetic algorithm, it's a method to improve traditional genetic algorithm. Adjusting self-adaption crossover operator in order to change the crossover probability gradually, and these strategies has improved the performance of arithmetic. At last, the experiment shows its effectiveness about solving multiple-depot and heterogeneous-vehicle related vehicle routing problem with soft-time windows and road capacity constraints.

Key words: RVRP; chaos genetic algorithm; scale shrink; self-adaption

多车场多车型关联物流运输调度(RVRP)在现实生活中有很强的应用背景。针对多车场VRP问题,不少学者^[1-4]已经做了很多研究,并取得了很好的成果,但是对于RVRP的探讨甚少。一般是若干个客户有一定的货物需求且货物之间有某种关联性,有多个车场为所有客户提供服务,车辆将货物送到各个客户地点,然后返回车场。由于车辆在行驶过程中,会受到路况^[5]等因素的影响,所以本文主要考虑在路况约束下,对车辆和配送路线进行合理安排,满足所有客户要求的前提下,使配送成本最低。

1 问题描述及数学模型的建立

1.1 问题描述

道路容量约束的多车场、多车型关联物流运输调度问题简单描述为,假设给定车场信息以及客户信息(位置和货物需求量等),货物之间的关联系数,不同类型车辆信息(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,在满足所有客户需求的前提下,使配送成本最低。

1.2 数学模型

有 l 个客户 $(1, 2, \dots, l)$,第 i 个客户的需求量为 g_i

$(i=1, 2, \dots, l)$,需要从车场将货物运给客户,可派出载重为 q_h 的货车,已知 $g_i < q_h$ 。客户要求送货的时间窗为 $[et_i, lt_i]$,每小时等待费用和延迟费用分别为 s_1 和 s_2 ,早到或者晚到都会受到惩罚。 T_i 表示车辆到达 i 的时间。以 c_{ij}^{nhk} 表示车场 n 中 h 类型的车辆 k 从 i 到 j 的运输成本(距离、费用、时间等), $c_{ji}^{nhk} = c_{ij}^{nhk}$ 。每种类型的车为 K_{nh} ,客户 i, j 之间的距离为 $d_{ij} \circ r_{ij}$ 表示 i 货物与 j 货物的关联系数。目标为考虑路况约束、载重约束、关联约束、多车场、多车型、软时间窗等情况下,使各车场的车辆能满足所有用户的需求,并使总运输成本最小。

假设客户编号为 $1, 2, \dots, l$,车场编号为 $l+1, l+2, \dots, l+N$ 。定义变量如下:

$$x_{ij}^{nhk} = \begin{cases} 1, & \text{车场 } n \text{ 的 } h \text{ 类车辆 } k \text{ 由点 } i \text{ 行驶到点 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

$$y_i^{nhk} = \begin{cases} 1, & i \text{ 的任务由 } n \text{ 中 } h \text{ 类型车辆 } k \text{ 完成} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$\min z = \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^{K_n} \sum_{l=1}^{l+N} \sum_{j=1}^{l+N} c_{ij}^{nhk} x_{ij}^{nhk} + s_1 \times \sum_{i=1}^l \max(et_i - T_i) +$$

技术与方法 Technique and Method

$$s_2 \times \sum_{i=1}^l \max(T_i - lt_i) + \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^{K_{nh}} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l d_{ij}^{nhk} (1 - r_{ij}) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{l+N} \sum_{h=1}^H \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K_{nh}} x_{ij}^{nhk} = 1, j=1, 2, \dots, l \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{l+N} \sum_{h=1}^H \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K_{nh}} x_{ij}^{nhk} = 1, i=1, 2, \dots, l \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^{K_{nh}} \sum_{h=1}^H x_{ij}^{nhk} \leq \sum_{h=1}^H K_{nh}, i=1, 2, \dots, l \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{l+N} \sum_{j=1}^{l+N} d_{ij}^{nhk} \leq D_{\max}, i, j=1, 2, \dots, l \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^l x_{ij}^{nhk} = \sum_{j=1}^l x_{ji}^{nhk} \leq 1 \quad k=1, 2, \dots, m; n=1, 2, \dots, N; h=1, 2, \dots, H \quad (8)$$

$$\sum_{i=N+1}^N x_{ij}^{nhk} = \sum_{i=N+1}^N x_{ji}^{nhk} \quad i=1, 2, \dots, l; h=1, 2, \dots, H; k=1, 2, \dots, K_{nh} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^l g_i \sum_{j=1}^{l+N} x_{ji}^{nhk} \leq q_h \quad h=1, 2, \dots, H; n=1, 2, \dots, N; k=1, 2, \dots, K_{nh} \quad (10)$$

$$t_{ij} = d_{ij} / (v \cdot w_{ij}), i, j=1, 2, \dots, l \quad (11)$$

$$c_{ij}^{nh} = d_{ij} c_s \quad (12)$$

目标函数式(3)表示成本最低,以 c_{ij}^{nh} 表示 n 车场 h 类型的车辆从 i 点到 j 点的费用, r_{ij} 表示货物之间关联度越高,兼容性越好,惩罚费用越低。式(4)、式(5)表示每个客户只能由一辆车服务;式(6)表示车场派出的车辆数不能超过该车场的车辆总数;式(7)表示 n 车场 h 类型车辆的里程约束;式(8)表示车辆必须回到原车场;式(9)表示不能从车场直接到车场;式(10)表示不能超过车辆载重限制;式(11) t_{ij} 表示 i 到 j 的行驶时间, w_{ij} 为路段 i 与 j 的路况系数, w_{ij} 越大,说明路况越好,车辆行驶速度越快,时间越短;式(12) c_s 为单位配送费用。

2 算法设计

2.1 编码及初始种群的产生

本文采用参考文献[6]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

$f_i = Z/Z_i$, 即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。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

$$p_c(t) = \begin{cases} p_{cmax} \times 2^{(-t/T_{gen})} & \text{当 } p_{cmax} \times 2^{(-t/T_{gen})} \geq p_{cmin} \\ p_{cmin} & \text{其他} \end{cases} \quad (13)$$

本节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(13)。 t 为当前进化代数, T_{gen} 为预设的最大进化代数, p_{cmax} 为预设最大概率, p_{cmin} 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。

2.4 变异

本文采用混沌变异策略,混沌变异形式如式(14)所示。 $K(0, 1)$ 为 $(-2, 2)$ 按混沌规律变化的序列。

$$x_i'(j) = x_i(j) + \delta(j) K_j(0, 1) \quad (14)$$

根据 Logistic 映射^[3], 如式(15)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 $K(0, 1)$ 。

$$\beta^{(u+1)} = \mu \beta^{(u)} (1 - \beta^{(u)}) \quad (15)$$

$$\delta(k) = \delta(0) \cdot \left\{ \alpha \cdot \exp \left[-\frac{\beta k}{Gen} \right] + \gamma \right\} \quad (16)$$

在进化初期采用逐渐缩小的变异尺度, 利用参考文献[3]提出的变异策略, 如式(16)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, 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 仿真分析

某供应处有 3 个车场, 每个车场有不同类型的车辆, 车场信息见表 1, 客户信息见表 2。每辆车的正

表 1 车场位置信息

车场	位置	载重/t	车型及可用车辆数	单位配送费用(元/txkm)
A	(8,35)	15	A 1:2	1.2
		10	A 2:2	0.8
		6	A 3:4	0.5
B	(25,30)	15	B 1:2	1.2
		10	B 2:2	0.8
		6	B 3:2	0.5
C	(10,10)	15	C 1:1	1.2
		10	C 2:1	0.8
		6	C 3:3	0.5

表 2 客户信息

客户	1	2	3	4
位置	(13,40)	(8,20)	(12,44)	(22,24)
需求	2.4	4.4	3.5	2.6
时间窗	[8:00,11:00]	[9:00,10:00]	[8:00,9:00]	[9:00,11:00]
卸货	20	30	10	20
客户	5	6	7	8
位置	(20,16)	(4,25)	(28,45)	(2,35)
需求	2.2	1.9	2.6	3.2
时间窗	[9:00,17:00]	[8:00,8:30]	[11:00,13:00]	[9:00,14:00]
卸货	20	20	10	40
客户	9	10	11	12
位置	(9,4)	(11,35)	(28,29)	(29,40)
需求	1.8	2.9	3.4	4.5
时间窗	[10:00,14:00]	[9:00,14:00]	[9:00,10:00]	[10:00,11:00]
卸货	20	15	5	15
客户	13	14	15	16
位置	(8,10)	(11,32)	(7,6)	(6,16)
需求	1.8	2.7	2.9	4.5
时间窗	[8:00,8:30]	[9:00,10:00]	[9:30,11:00]	[11:30,13:00]
卸货	40	30	15	25

技术与方法 Technique and Method

常行驶速度为 60 km/h,最大配送里程为 200 km。单位配送费用为 1 元/t×km,等待费用为 10 元/h,延迟费用为 100 元/h。最早发车时间为 7:00。

本文中的实验是在 Intel(R)Core™i3 CPU2.53 GHz、内存 2.0 GB 的 PC 机上采用 Microsoft Visual C++6.0 编程实现。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 0.05,尺度收缩参数为 $\alpha=1$, $\beta=10$, $\gamma=0.5$, $\delta=0.5$ 。运行程序 20 次,得到该算法求解本算例的最优结果见表 3,配送示意图如图 1 所示。

表 3 各配送车辆的配送数据

行车路线	配送时间	里程	配送重量	惩罚	费用
A3-3-1-A3	7:50-8:00-8:16-8:42	21.04	5.9	0	62.48
A3-14-10-A3	8:54-9:00-9:35-9:53	10.24	5.6	0	26.57
A3-6-8-A3	7:49-8:00-8:36-9:06	26.97	5.1	4.0	74.41
B1-4-5-11-12-B1	8:53-9:00-9:23-9:51-10:11	52.03	12.7	1.5	813.81
B3-7-B3	10:45-11:00-11:20	30.59	2.6	0	39.77
C1-13-15-9-16-C1	7:58-8:00-8:45-9:33-10:30-11:32	28.53	11.0	19.5	403.84
C3-2-C3	8:50-9:00-9:40	20.40	4.4	0	44.88
合计		189.80	47.30	25.0	1465.80

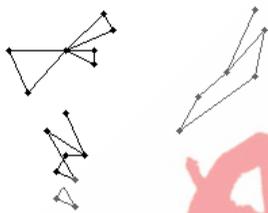


图 1 配送路径示意图

本文考虑了收敛精度与进化代数的关系,混沌变异结合了“尺度收缩”思想,并采用了避免近亲繁殖的策

略,达到了提高算法性能的效果。实验证明,改进的自适应混沌遗传算法求解此类问题是有效的。

参考文献

- [1] 李臻,雷定猷.多车场车辆优化调度模型及算法[J].交通运输工程学报,2004,4(1):83-86.
- [2] 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.
- [3] 钟石泉,王雪莲.多车场集送一体化车辆调度问题及其遗传算法研究[J].西安电子科技大学学报,2009,19(1):63-68.
- [4] YADLAPALLI S, BAE J, RATHINAM S, et al.Approximation algorithms for a heterogeneous multiple depot hamiltonian path problem[C]. 2011 American Control Conference. 2011.
- [5] 钟石泉,贺国光.单车场复杂情况下的车辆调度[J].系统工程,2005(5):29-31.
- [6] 杨元峰.多车场多车型车辆路径问题的改进遗传算法[J].计算机与现代化,2008(9):10-12.

(收稿日期:2012-03-16)

作者简介:

汤雅连,女,1986年生,硕士,主要研究方向:物流信息技术与应用。

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

赵学才,男,1987年生,硕士,主要研究方向:物流信息技术与应用。