







## 5 改进遗传算法求解

### 5.1 编码设计

本文采用自然数编码的方式,用0代表配送中心,自然数1,2,⋯,N代表客户点,每个客户点采用k辆车进行配送,以车辆数k=3,待配送客户数=8为例,可构造如下编码。

如图2所示,通过遗传算法的编码,初始化行车路线,如第1辆车的行车路线为0--->3--->8--->1--->0,第2辆车的行车路线为0--->4--->5--->7--->0,第3辆车的行车路线为0--->2--->6--->0。该染色体实质是一条忽略了车载容量约束和时间窗约束的广义路径。



图2 编码设计

由于遗传算法是一类借鉴生物界的适者生存,优胜劣汰遗传机制的进化规律而演化而来的随机化搜索方法,因此由传统的简单遗传算法出始化种群得出的适应度较低,并制约算法的收敛速度<sup>[10]</sup>。本文采用贪婪算法对初始个体进行优化,利用贪婪算法局部寻优的优势产生新个体。其初始化种群步骤如下:

首先,选择配送中心(0,0)点加入个体,然后选择离配送中心最近的一个配送点,标记为A配送点,并对A进行配送,然后计算其它配送点距离A点的距离,选择离A点最近的配送点,标记为B,并将B作为接下来的配送对象,以此类推直至所有配送点全部加入,由此可见,由贪婪算法生成的初始种群不失随机性,同时,由于贪婪算法生成的初始化种群质量较高,导致整体质量有所提高,有助于加快寻优速度<sup>[10]</sup>。

### 5.2 选择操作

通过选择操作保留种群中的最佳个体,本例中采用最佳个体保存策略,采用轮盘赌策略进行基因选择和复制。计算种群中每一个个体的适应度,计算每个个体的适应度值与种群总体适应度值的比值,并按照适应度值大小进行排序。设计随机选择概率,并按照大小进行排序。将具有较大适应度的染色体进行复制。

### 5.3 交叉操作

为提高各个解交流到优秀基因的机会,本文对选择操作产生的新种群(除第一条染色体外的其他染色体)进行交叉操作。本文采用的交叉操作要确保每条染色体的合理性,不能对某两个基因或片段进行简单的

交叉,而是要按照交叉概率,对除配送中心外的配送点片段进行交叉。本文设计的交叉规则是将染色体i的交叉片段移到另一条染色体的尾部,配送中心保持不变,将染色体j的其余数依次排开,如图3所示。



图3 交叉操作

其中,交叉概率采用自适应调节机制,以满足在初期适应度值较大时,需要增大交叉概率,在适应度值趋于稳定时,需要适当降低交叉概率。故交叉概率采用文献<sup>[10]</sup>提出的自适应调节机制。

$$p_{ci} = \begin{cases} p_{c\max} - (p_{c\max} - p_{c\min}) \left( \frac{g}{2G} + \frac{f_i - \bar{f}}{2(f_{\max} - \bar{f})} \right), & f_i \geq \bar{f} \\ p_{c\max}, & f_i < \bar{f} \end{cases} \quad (9)$$

$$p_{c\max} = \begin{cases} 0.9, & g \leq G/4 \\ 0.8, & G/4 < g \leq 3G/4 \\ 0.7, & \frac{3G}{4} < g \leq G \end{cases} \quad (10)$$

其中,G:最大迭代数;g:当前迭代数; $f_{\max}$ :当前所有个体的最大适应度值。

### 5.4 变异操作

变异操作是为了避免求解过程陷入局部最优解,保证染色体的多样性。在传统的二进制编码的遗传算法中,通常都采用直接取反的方式来进行变异;也有的采用直接删除节点或者重新加入节点的方式来进行变异。由于本文是采用自然数对配送点和配送中心进行编码的方式,所以必须保证染色体的合理性,即各染色体中编码不能重复,故本文采取对非0点进行交换的方式来完成变异操作,如图4所示。

### 5.5 适应度评估

进化论中的适应度,表示该个体繁殖后代、适应环境的能力。遗传算法的适应度函数也叫评价函数,是

用来判断群体中的个体的优劣程度的指标,它是根据所求问题的目标函数来进行评估的.对于某个个体所对应的配送路径方案,是否满足约束条件、配送成本是否最低、配送路径总长度是否最短这三者是评价其优劣的重要指标.根据配送路径优化问题的特点所确定自然数编码方法,满足了每个客户点都得到配送服务且每个客户点仅由一辆汽车配送的约束条件,但不能保证满足每条路径上各需求点需求量之和不超过汽车载重量及每条配送路线的长度不超过汽车一次配送的最大行驶距离的约束条件.因此,对每个个体所对应的配送路径方案,要对各条路径逐一进行判断,看其是否满足上述两个约束条件.



图4 变异操作

## 6 实例分析

### 6.1 实例介绍

本文以大连市某快递配送案例为原型,编写MATLAB程序进行仿真试验,以此验证比较传统的GA算法和本文设计的基于改进AHP-GA算法的多目标配送路径优化算法的可靠性与有效性.配送中心为1个,配送中心选取为辽宁省大连市甘井子区高能街128号运输管理处,客户点选取20个不同的位置,设其相对坐标为(0,0),其余20个客户点均以此配送中心为参考原点换算出的坐标距离.其坐标分别如表1所示.软时间窗口为8:00~17:00.

GA算法与改进AHP-GA算法选取的种群数目均为50,进化代数为50,种群的交叉概率参照公式(9)和公式(10),故交叉概率初始值为0.9,种群变异概率为0.1,选择同型号车辆,设置车辆数目为3,车辆载重量为1t,设置平均车速为60km/h.罚金成本系数 $m_2 = 10.00$ .

### 6.2 实验结果

本文分别利用传统的GA算法和改进AHP-GA算法对表1中的数据执行100次得到GA优化调度成本结果如图5所示、改进AHP-GA优化调度成本结果如图6所示,由改进AHP-GA规划路径结果如图7所示.

表1 各客户点坐标及需求

配送点编号	坐标位置	客户需求(t)	时间窗
0	0,0	-----	-----
1	63.1, 22.4	2.8	9:00-10:00
2	35.5, 37.4	2.5	10:00-11:00
3	99.7, 8.80	4.5	9:00-11:00
4	22.4, 64	2.3	8:00-10:00
5	65.2, 18.1	2.0	9:00-11:00
6	60.5, 4.50	3.9	14:00-16:00
7	38.7, 72.3	0.3	10:00-12:00
8	14.2, 34.7	5.4	11:00-12:00
9	2.50, 66.1	0.9	12:00-14:00
10	42.1, 38.4	2.0	10:00-12:00
11	18.4, 62.7	3.9	10:00-12:00
12	72.6, 2.20	0.7	14:00-16:00
13	37, 91.1	3.4	10:00-12:00
14	84.2, 80.1	0.2	8:00-9:00
15	73.4, 74.6	0.8	11:00-12:00
16	57.1, 81.3	1.8	14:00-15:00
17	17.7, 38.3	5.3	10:00-11:00
18	95.7, 61.7	2.9	10:00-12:00
19	26.5, 57.5	3.0	14:00-16:00
20	92.5, 53	0.3	13:00-15:00

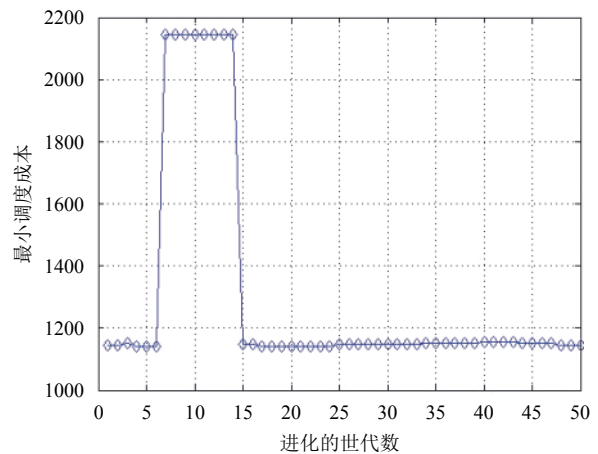


图5 GA算法优化调度成本结果

由仿真结果可见,本文提出的基于时间窗的多目标快递配送路径的数学模型利用GA算法进行优化时,当迭代到50代时,搜索到最优值约为1152.53.而利用改进AHP-GA算法进行优化本文提出的基于时间窗的多目标快递配送路径的数学模型,当迭代到50代时,搜索到最优值约为672.65.传统的GA算法在初始种群为50,进化代数为50时,很难跳出局部最优解.而在相同条件下,本文提出的算法在设置个体种群为50时,能够通过该算法很强的局部搜索能力跳出局部最优解,在进化代数为50时,能尽可能的搜索到全局最优解,收敛效果远远优于传统的GA.因此,采用改进AHP-

GA 算法优化调度成本效果远远优于传统 GA 算法, 采用改进 AHP-GA 算法优化基于时间窗和拖期惩罚成本的多目标快递配送路径如图 7 所示。

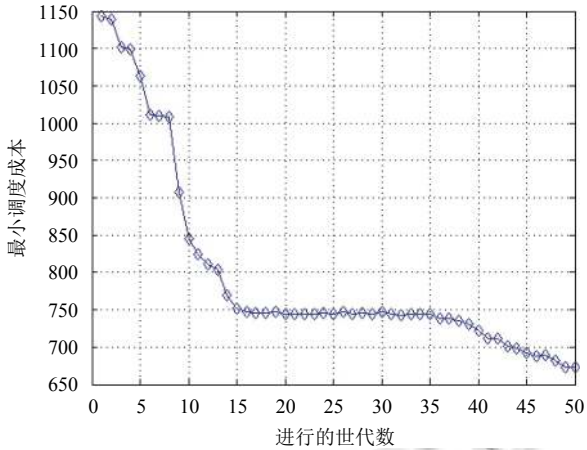


图 6 改进 AHP-GA 算法优化调度成本结果

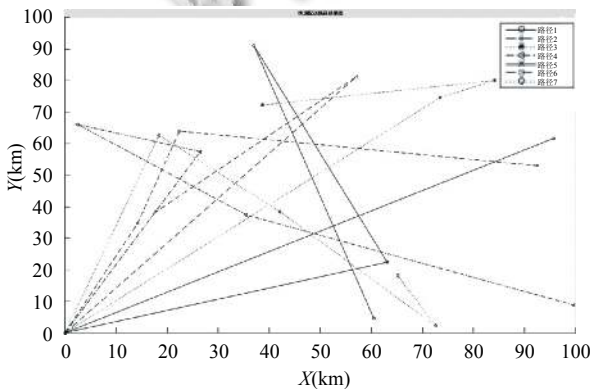


图 7 改进 AHP-GA 快递配送路径结果图

## 7 结论

为提高物流配送效率, 控制配送成本, 提高顾客满意度, 本文提出了基于改进 AHP-GA 算法优化带有软时间窗的多目标快递配送路径问题。本文利用改进的 AHP 方法具有科学评价快递配送路径优化问题中各层次目标权重的优势且有效改善了构建评价指标权重子

集的主观性; 而改进的遗传算法具有强大的搜索能力, 自适应调节能力以及优化 NP 问题的能力, 本文将二者有效的结合, 有效解决了本文提出的带有软时间窗的快递配送路径多目标优化问题。此种方法在探究物流配送路径改善方面具有显著的优势, 并能够获得理想的配送路径, 具有一定的实用价值意义。可为物流配送优化调度问题提供参考。

## 参考文献

- 1 蒋国清, 潘勇, 胡飞跃. 两阶段式的物流配送路径优化方法. 计算机工程与应用, 2015, 51(2): 255-258, 264. [doi: 10.3778/j.issn.1002-8331.1404-0342]
- 2 巩固, 胡晓婷, 卫开夏, 等. 物流配送车辆路径问题的优化研究. 计算机工程与科学, 2011, 33(5): 106-111. [doi: 10.3969/j.issn.1007-130X.2011.05.021]
- 3 何文胜, 陈武, 陈尘. 中位数计算公式及数学性质的新认识. 统计与决策, 2018, (9): 74-76.
- 4 Hiermann G, Puchinger J, Ropke S, *et al.* The electric fleet size and mix vehicle routing problem with time windows and recharging stations. European Journal of Operational Research, 2016, 252(3): 995-1018. [doi: 10.1016/j.ejor.2016.01.038]
- 5 张立毅, 王迎, 费腾, 等. 混沌扰动模拟退火蚁群算法低碳物流路径优化. 计算机工程与应用, 2017, 53(1): 63-68, 102. [doi: 10.3778/j.issn.1002-8331.1503-0167]
- 6 戚远航, 蔡延光, 蔡颢, 等. 带时间窗的车辆路径问题的离散蝙蝠算法. 电子学报, 2018, 46(3): 672-679. [doi: 10.3969/j.issn.0372-2112.2018.03.024]
- 7 刘恒宇, 汝宜红. 考虑交通拥堵及工作量平衡性的一致性车辆路径问题. 西南交通大学学报, 2016, 51(5): 931-937. [doi: 10.3969/j.issn.0258-2724.2016.05.016]
- 8 杨志清. 城市物流配送条件下的多目标车辆路径优化研究 [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- 9 王凌峰, 姚依楠. 主观线性加权评价问题的新方法: 中位数层次分析法. 系统科学学报, 2018, 26(1): 96-99.
- 10 于莹莹, 陈燕, 李桃迎. 改进的遗传算法求解旅行商问题. 控制与决策, 2014, 29(8): 1483-1488.