

文章编号: 1000-5862(2012)04-0399-04

基于改进遗传算法的新鲜农产品配送路线优化研究

庄景明, 彭昕昀

(韶关学院计算机科学学院, 广东 韶关 512005)

摘要: 在分析了农产品配送路线优化与普通物流路线优化的基础上, 提出了新鲜农产品配送路线优化的数学模型, 再应用改进的遗传算法对车辆运行路线进行优化, 得到最优配送路线, 经实例验证, 改进的遗传算法是有效的。

关键词: 新鲜农产品; 物流配送; 路线优化; 遗传算法

中图分类号: TP 311.11

文献标志码: A

0 引言

新鲜农产品主要是指由农民直接种植、养殖的, 且无需工厂化加工的农副产品, 如新鲜蔬菜与水果、活的水产品、活的畜禽、新鲜的肉、蛋、奶等, 它们大多具有易腐烂变质、不耐存放等特点。农产品经营者从农户手中配送这类产品后需要及时运送并销售, 才能保证农户、经营者、消费者的利益。因此, 针对新鲜农产品的运送路线设计与优化就显得十分重要。目前针对物流运输车辆行驶路线进行优化设计的研究比较多, 如文献[1-2]在传统遗传算法的基础上提出了改进的方法, 主要针对交叉与变异操作进行改进, 但在构造目标函数时没考虑时间因素和货物损耗问题, 更适合于解决一般物流路线优化。文献[3]对物品的损耗与时间进行考虑, 但在路线优化时采用的是传统遗传算法, 没有对算法进行改进。文献[4-6]在路线优化时考虑了时间窗问题, 也对算法进行了改进, 但没考虑货物的损耗问题, 也不能完全适合新鲜农产品的路线优化。新鲜农产品和普通商品的流通相比, 有如下主要区别: (i) 产品的保质期和销售期不同, 普通商品一旦生产出来, 保质时间长, 价格也稳定, 而新鲜农产品生产时间长, 投入的人力、物力大, 但保质期很短, 必须及时销售出去, 才能保证新鲜的品质和好的价格, 否则损失巨大; (ii) 运输成本不同, 普通商品的价值一般在运输过程中不会流失, 但新鲜农产品在运输过程

中会造成损失; (iii) 在路线优化过程中考虑的因素不同, 普通物流主要考虑运输成本最低化, 无需太多考虑时间因素, 而新鲜农产品的营销路线优化必须把时间因素放在首位, 再考虑运输成本的降低。

因此, 在构造新鲜农产品运送路线优化过程中, 直接把已有的物流配送优化算法照搬过来显然不符合实际情况, 需要综合考虑运送路线、时间、损耗等因素, 才能构造出比较好的优化算法, 本文主要是针对新鲜农产品的配送路线优化问题进行了相关研究。

1 问题描述与数学模型的建立

1.1 问题描述

新鲜农产品配送路径优化问题可描述为: 假设新鲜农产品的经营模式为“农户+公司+销售网点”, 农业公司的配送中心根据销售网点的订单与时间要求, 及时备齐所需农产品, 安排合适的车辆, 在规定的时间内将新鲜农产品运送到各销售网点。对于公司来说, 首先需根据新鲜农产品的种类与数量, 合理安排配送车辆, 其次重点考虑如何优化行车路线才能保证在规定的时间内将所需农产品运送到销售网点, 还需考虑如何降低车辆的运输成本, 因此需要为每一辆车制定适当的行驶路线, 以使总的运送成本最低, 且需满足以下约束条件: (i) 每辆车的装货量不能超过其最大载重量或最大容积; (ii) 每辆车必须在规定的时间内将农产品运送到销售点。

1.2 数学模型建立

为了便于路线优化问题的研究, 对现实情况下

收稿日期: 2012-01-12

作者简介: 庄景明(1966-), 男, 广东揭西人, 讲师, 硕士, 主要从事人工智能与信息检索技术的研究。

的配送条件进行适当简化,提出了如下假设条件: (i)公司已将销售网点所需农产品从农户手中收购,经初步处理后集中存放于公司配送中心; (ii)公司现有车辆足够满足农产品的运送需求,车辆由公司配送中心出发,沿指定路线送货,完成后返回中心; (iii)单个销售网点所需农产品的品种满足同一辆车运送的条件,且总重量不大于1辆车的最大载重量; (iv)中心到各销售网点间的距离,以及各网点间的距离已知,且假设车辆行驶速度为匀速; (v)销售网点所需农产品由1辆车1次送达; (vi)新鲜农产品送达各销售网点的时间窗预先约定,违约的惩罚系数预先设定。

为了便于问题的描述与模型的建立,作如下设置: 首先为配送中心与销售网点统一编号,其中配送中心编号为0,销售网点编号为1, 2, ..., N ; 其次设置在模型中需要使用的相关变量: N 表示销售网点的总数, M 表示参与运送的车辆数目, q_k 表示第 k 辆车的载重量($k=1, 2, \dots, M$), d_{ij} 表示网点 i 到 j 间的距离, c_{ik} 表示车辆 k 运送农产品到网点 i 的单位运输成本, t_{0k} 表示车辆 k 出发时间, t_{ik} 表示车辆 k 到达网点 i 的时间, g_i 表示网点 i 的货物需求量, v_k 表示车辆 k 的行驶速度, ST_i 表示网点 i 约定的开始收货物时间, SE_i 表示网点 i 约定的最晚收货物时间, w_{ik} 表示车辆 k 在网点 i 的停留时间, P_i 为运送到网点 i 的货物价值, α 为晚到的惩罚系数, β 为运输过程对货物造成的损耗系数, x_{ijk} 为0-1变量,表示车辆 k 是否经网点 i 到达网点 j , 0 表示未经过, 1 表示经过。

配送车辆的运输成本可以表示为

$$z_1 = \sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N g_i c_{ik} x_{ijk}.$$

车辆晚点到达造成的惩罚成本表示为

$$z_2 = \sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N f_{ik} x_{ijk},$$

其中

$$f_{ik} = \begin{cases} 0, & ST_i \leq t_{ik} \leq SE_i, \\ \alpha P_i(t_{ik} - SE_i), & t_{ik} \geq SE_i. \end{cases}$$

车辆运送过程造成的损耗成本表示为

$$z_3 = \sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^n \beta P_i x_{ijk} (t_{ik} - t_{0k}) / 100.$$

根据线性目标规划模型的构造思路,可建立如下目标函数为

$$\min z = z_1 + z_2 + z_3,$$

其中约束条件为

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N x_{ijk} = 1, \quad j = 2, 3, \dots, N, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=2}^N x_{ijk} = 1, \quad i = 2, 3, \dots, N, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=2}^N x_{ijk} = K, \quad (3)$$

$$g_i \leq q_k, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad k = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

$$ST_i \leq t_{ik} \leq SE_i. \quad (5)$$

约束条件(1)~(3)确保每个配送点正好被访问一次,并确保参与配送的车辆数不大于车辆总数,约束条件(4)保证每个销售网点的需求量不超过一辆车的载重量,约束条件(5)保证运送车辆在约定的时间范围内将货运送到网点 i 。

2 优化算法设计

在传统遗传算法的基础上,对算法中的交叉操作和变异操作进行适当改进,根据改进的遗传算法进行新鲜农产品配送路线优化,下面给出路线优化算法步骤。

(i)数字化遗传编码: 首先给每个网点用一个自然数 i 编号, $i=1, 2, 3, \dots$, 以“0”表示车辆的起点与终点,然后使用自然数编码方式,构造代表车辆行驶路线的染色体,每条染色体代表一条行车路径,如“02564310”代表一条途经网点1至网点6的行车路线,而“01356024780”代表2辆车的行车路线,其中一辆车的行车路线为“013560”,另一辆车的为“024780”。

(ii)设置遗传算法的3个主要控制参数: (a)交叉率 p_c , (b)变异率 p_m , (c)群体规模 n 。

(iii)形成初始行车路线: 设代数 t 的初值为0,通过随机函数产生初始种群,种群中包括 n 条染色体,每条染色体代表一条车辆行驶路线。具体方法如下: 首先定义一个1维数组 $p[n]$,并初始化数组,令 $p[j]=j$, 其中 $j=0, 1, 2, \dots, n-1$, 然后利用随机函数产生 k 个随机整数 j_1, j_2, \dots, j_k , 其中 $j_1, j_2, \dots, j_k \in [1, n-2]$ 。再依次交换数组中 $p[j_1]$ 和 $p[j_k]$, $p[j_2]$ 和 $p[j_{k-1}]$, ..., $p[j_{k/2}]$ 和 $p[j_{k/2+1}]$ 等元素对的值形成1个随机的初始解。重复上述过程 n 次,形成第一代种群 S_0 , 规模为 n 。

(iv)设计适应度函数 f : 利用目标函数的倒数作为适应度函数 $f_k = 1/(z_1 + z_2 + z_3)$ 。可以看出,运送车辆的各种成本之和越大,适应度函数 f 的值越小,算法是搜索 f 大的染色体,反映寻求最优配送路线的要求。

(v) 分别计算种群中每条染色体的适应度 f_k , $k=0, 1, 2, \dots, n-1$.

(vi)给定一个最小值 ζ , 计算本代最高适应度个体的适应度 f 与上一代最高适应度个体的适应度 f 差值 e , 若差值 e 小于 ζ , 且连续几代的差值均小于 ζ 的次数达到预设值, 或达到最大迭代次数时终止算法, 取种群中适应度最大的染色体作为最优解, 否则继续下一步处理.

(vii) 复制操作, 每次从种群 S_0 中随机选定一条染色体 j , 并计算它的选择概率 P_j , 若其值在区间 $[0.5, 1]$ 内, 则将其复制, 否则舍去, 重复以上操作, 直到复制生成 N 条染色体. 将复制生成的 N 条染色体组成新种群 S_1 , 选择概率为 $p_j = f_j / \sum_{i=1}^k f_i$.

(viii) 交叉操作, 根据预设的交叉率 P_c 计算需参加交叉的染色体数 $c=P_cN$, 从种群 S_1 中随机选择 c 条染色体, 2 个一组进行交叉操作, 为了保证路径的有效性, 选择一点式交叉方法, 即从一条染色体中选择一个子串替换另一条相对位置上的子序列, 从而形成一条新的染色体, 由此得到新种群 S_2 .

(IX)变异操作, 根据预设的变异率 P_m 计算参加变异的染色体数 $m=P_mN$, 从种群 S_2 中随机选择 m 条染色体, 一一进行变异操作, 为了保证路径的有效性, 选用部分路径翻转的方法, 即在一条染色体的起点与终点间任选 2 点, 将 2 点之间的序列进行翻

转, 其它位置不变, 由此得到一条新的染色体, m 条染色体经此方法进行变异操作后, 可得到一个新种群 S_3 .

(X)将 S_3 作为新一代种群, 即用 S_3 代替 S_0 , $t=t+1$, 转步骤(iv).

3 实例分析

设某农业公司需要在约定时间内给 10 个销售网点配送一批新鲜蔬菜, 网点编号为 $i=1, 2, \dots, 9, 10$, 公司配送中心编号为 0, 每个点的货物量为 g_i t, 运送汽车在网点 i 的停留时间为 w_i min, 具体数据见表 1 与表 2 所示.

设汽车的平均行驶速度为 30 km/h, 每辆车载重量为 10 t, 车辆出发时间为早上 5 时 10 分, 需运送的蔬菜总量为 20 t, 需派 2 辆车完成配送任务, 算法中相关参数设置如下: 蔬菜价格 $p=4\ 000$ 元/t, 超时惩罚系数 $\alpha=0.002$, 蔬菜损耗系数 $\beta=0.003$, 车辆运输成本 $c=5$ 元/(t·km), 群体规模 $N=40$, 交叉概率 $P_c=0.85$, 变异概率 $P_m=0.065$, 迭代次数 120 次.分别用改进的遗传算法与传统遗传算法进行编码进行路线优化计算, 根据计算结果比较 2 种算法求得的最优解与达到最优解的代数, 各运行 10 次后得到的结果如表 3 所示, 2 种算法在最优解、得到最优解的平均代数比较结果如表 4 所示.

表 1 网点需求量、车辆停留时间及网点时间窗数据表

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
g_i	2	1.5	3	2	1.5	2	2.5	2	2	1.5
w_i	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
时间窗	6:20 ~7:00	5:20 ~5:50	6:10 ~6:40	5:30 ~6:00	6:50 ~7:20	7:00 ~7:30	6:40 ~7:10	5:50 ~6:20	6:30 ~7:00	7:20 ~8:00

表 2 配送中心与网点间距离表

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	15	15	8	6	9	5	4	6	11	8
1	15	0	5	6	10	7	7	5	4	7	6
2	15	5	0	12	9	13	8	9	4	12	3
3	8	6	12	0	7	6	14	3	11	7	6
4	10	8	9	7	0	7	5	6	3	5	9
5	9	7	13	6	7	0	8	9	12	6	13
6	5	7	8	14	5	8	0	12	8	5	10
7	4	5	9	3	6	9	12	0	4	5	8
8	6	4	4	11	3	12	8	4	0	3	9
9	5	11	12	7	5	6	5	5	3	0	6
10	8	6	3	6	9	13	10	8	9	6	0

表 3 2 种算法各运行 10 次的结果表

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
改进算法的结果	2 690	2 541	2 541	2 630	2 541	2 511	2 541	2 511	2 541	2 511
传统算法的结果	2 710	2 690	2 710	2 541	2 630	2 710	2 541	2 541	2 541	2 630

表 4 2 种算法计算结果比较表

	传统算法	改进算法
最优解(综合成本最低)	2 541	2 511
最优解的平均代数	24	17
最优路线	0-2-3-9-5-1-0,0-4-8-7-6-10-0	0-2-1-3-9-5-0,0-4-8-7-6-10-0

从表 3 和表 4 可以看出:改进的遗传算法明显优于传统算法,其收敛速度更快,可以求得最优解.这就说明对遗传算法中交叉、变异操作的改进是有效的,且具有简单、灵活的特点,适合农产品的配送路线优化.

4 结论

针对新鲜农产品时效性强的特点,在综合考虑路线长度、时间约束、损耗等因素下,建立了合适的数学模型,并在传统遗传算法的基础上对交叉操作与变异操作进行了改进,交叉操作采用一点式交叉的方法,变异操作采用部分路径翻转的方法,这样可以将已经具有双亲优良特性的子串复制到下一代,有效地提高了染色体的质量,也可以有效进行变异,产生有效的新个体,加快最优解的产生速度,

经实例应用证明这种方法是有效的,求得的优化路线保证了时效性,运送成本也最低.

5 参考文献

[1] 朱志勇,刁洪祥.基于改进遗传算法的车辆路径问题研究[J].湘潭大学学报:自然科学版,2011,33(3):115-118.
[2] 廖良才,王栋,周峰.基于混合遗传算法的物流配送车辆调度优化问题求解方法[J].系统工程,2008,26(8):27-31.
[3] 韩冰源,肖生苓.基于遗传算法的易腐货物即时配送路线的优化[J].东北林业大学学报,2007,35(2):70-72.
[4] 张钦,李辉.带有时间窗约束的车辆路径问题的一种改进遗传算法[J].系统管理学报,2010,19(5):589-592.
[5] 柳伍生,谭倩.基于混合算法的实时订货信息下的车辆调度优化[J].应用数学与计算数学学报,2012,26(1):54-65.
[6] 王勇,池洁.物流配送路线及配送时间的优化分析[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2008,27(4):47-50.

The Research on the Optimization of Fresh Products' Delivery Routes Based on the Improved Genetic Algorithm

ZHUANG Jing-ming, PENG Xin-yun

(College of Computer Science, Shaoguan University, Shaoguan Guangdong 512005, China)

Abstract: The mathematical model of the optimization based on the analysis between the fresh products' delivery routes and the common ones have been proposed, and then implement the improved genetic algorithm to make and optimize the vehicle routes in order to obtain the optimal delivery route. After example validating, the improved genetic algorithm is effective and feasible.

Key words: fresh agricultural products; logistics delivery; routes optimization; genetic algorithm

(责任编辑:冉小晓)