

基于遗传算法的服装配送路径优化策略

王 贇, 李仁旺, 倪夏静, 陈昆昌, 莫灿林

(浙江理工大学机械与自动控制学院先进制造技术研究所, 杭州 310018)

摘 要: 针对服装配送网络中的车辆路径优化问题,以路径最优和服装配送车辆消耗费用最低为目标,对服装配送车辆数目不确定的配送路径选择问题建立模型,并利用遗传算法对配送路径进行优化。最后以实例为研究对象,建立服装配送的模糊数学模型,并通过 MATLAB 对其进行模拟仿真,并验证算法的可行性和优越性,解决了服装配送路径优化的实际问题。

关键词: VRP; 遗传算法; 服装配送路径; MATLAB 仿真

中图分类号: TP311 **文献标志码:** A

0 引 言

随着消费者个性化需求的日益明显、服装市场需求趋向于多品种、小批量,以及零售商分布的分散性和小批量性,服装生产厂商的配送成本越来越高,人力物力消耗也越来越大。如何选择出合理的配送路径,降低运营成本是服装企业所亟待解决的问题。本文通过对杭州某服装生产厂商为 40 个在杭州的零售商配送服装为例进行路径优化分析,由于配送为短途配送,一天内能配送完成,所以不需要考虑服装受配送时间影响,厂商只考虑如何在消耗最少的情况下将货物配送到零售点。

服装配送是狭义的配送^[1],是生产企业完成制衣订单的最后一个阶段,主要指服装生产企业将成衣送达至客户点(零售商)。配送车辆的路径优化问题在国外被称为 VRP(vehicle routing problem),这个问题一般被定义为^[2]:对一系列需要访问需求点,组织合理的行车线路,使车辆按照一定顺序通过它们,在满足一定的约束条件(如货物需求量、车辆容量限制、车辆的行驶时间等)下,达到一定的目标(如里程最短、费用最少、使用车辆最少等)。

袁健等^[3]将一种改进了的平均场退火方法和

Hopfield 神经网络解法相结合,求解出了随机需求情形 VRP 问题;王德东等^[4]利用混沌神经网络算法,对一类随机需求服从泊松分布的车辆选径问题进行了求解,并与平均场退火算法和模拟退火算法进行了比较;王凤云等^[5]利用蚁群算法,对配送路径优化进行了数学建模和仿真求解。遗传算法主要用于路径寻优、函数优化、机器人智能控制、数据挖掘等几个方面。遗传算法相对灵活,可以在算法中添加构造的算子,而不会影响其他算子的运作。仿真实验表明,改进的遗传算法在解决 VRP 问题时,相比其它算法更具可操作性。本文针对服装配送环节建立不定车辆数的数学模型,使模型更具有实用价值,运用改进的遗传算法求出的解也更为合理。

1 配送路径优化数学模型

本文以车辆行驶过程中的消耗进行计算,并且考虑了车辆的启动成本,车辆的启动成本主要包括车辆的装卸消耗,司机费用等一些人工费。主要解决的问题是:在一定的需求下,生产厂商为了节约成本,在限定车辆承载量的条件下,提供合理的配送车辆数,为客户提供快速便捷的配送服务。

收稿日期: 2012-09-13

基金项目: 国家自然科学基金(50675208);浙江省自然科学基金项目(Z6090572);浙江省重点科技创新团队计划(2009R50008, 2009R50015)

作者简介: 王 贇(1987-),男,浙江嘉兴人,硕士研究生,主要从事企业信息化及管理方面的研究。

1.1 VRP 问题数学模型的已知条件

通常情况,进行货物的配送已经具备以下几个已知条件:a) 需要配送的货物是根据客户需求量而进行装箱的服装;b) 各个用户的需求量和地点均已知;c) 从服装厂到各个零售商的距离已知(模拟中此距离设为两坐标点间的直线距离);d) 配送中心有足够的运输能力,并且拥有足够服装以供配送;e) 所有配送车辆以服装厂配送中心为起点并最终回到配送中心;f) 每一个客户由一辆车访问一次;每辆车所走的路线不能重复^[6]。

1.2 VRP 问题模型

在上述已知条件下,建立相应的数学模型。本文所要解决的问题是:根据客户的需求量确定配送的车辆数量,并且使得车辆的总行程最短,从而找到最小成本的配送方案。用一赋权有向图 $G = (R, E, d)$ 来表示车辆路径,其中 $R = \{R_0, R_1, R_2, \dots, R_n\}$ 为一系列点的集合, R_0 用来表示服装生产厂配送中心, R_1, R_2, \dots, R_n 表示各个需求点; $E = \{(R_i, R_j) | R_i, R_j \in R, i \neq j\}$ 为一系列路段的集合; d_{ijk} 表示车辆 k 从 R_i 到 R_j 的距离。对于需求点 R_i 给出了需求量 q_i (其中 $q_0 = 0$), 要求在使用车辆应尽可能少的情况下,找出最短的路径,使总成本最低。

$$M_{\min} = \sum_{i=0}^R \sum_{j=0}^R \sum_{k=1}^V (c_{ijk} x_{ijk} d_{ijk} + p_k) \quad (1)$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{车辆 } k \text{ 从节点 } i \text{ 开往 } j \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{点 } i \text{ 的配送任务由车辆 } k \text{ 完成} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^R (y_{ik} q_i) \leq Q \quad k = 1, 2, \dots, V \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^V y_{ik} = \begin{cases} 1 & i = 1, 2, \dots, R \\ V & i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^R x_{ijk} = y_{ik} \quad j = 1, 2, \dots, R; k = 1, 2, \dots, V \quad (6)$$

$$\sum_{j=0}^R x_{ijk} = y_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, R; k = 1, 2, \dots, V \quad (7)$$

1.3 模型分析

在上述的数学模型中,式(1)为目标函数,其中 M_{\min} 为最小消耗费用,共有 R 个需求点; c_{ijk} 表示节点 i 到节点 j 的运输成本, x_{ijk} 表示车辆 K 由节点 i 到达 j ; p_k 为车辆的启动费用; V 为使用车辆数。式(2)车辆 k 从 i 点到达 j 点时,赋予权重 1, 否则为 0。在式(3)中当节点 i 的配送任务由车辆 k 完成时,赋予权重 y_{ik} 为 1, 否则为 0。式(4)是配送货物不超过车辆

最大载重。式(5)表示每个节点的运输任务仅由一辆车完成,所有的运输任务由 V 辆车完成。式(6)、式(7)共同表示有且仅有一辆车到达或者离开某一需求点。

配送中心和各零售点的分布见图 1。其中位于坐标(10,10)点为配送中心以星号标出,客户需求点用点表示。在零售点分布图上进行模拟,找到合理派发车辆数和最佳配送路径。表 1 为各个服装零售点分布和需求量。由表 1 得到零售商需求总量为 84 870 套。

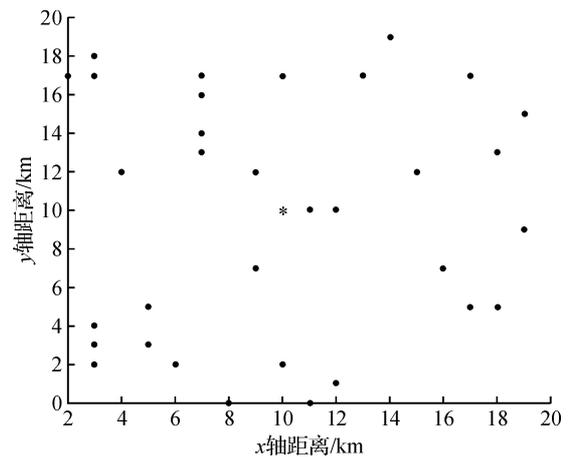


图 1 配送中心和零售点分布

表 1 售点坐标与需求量

编 号	X 轴 / km	Y 轴 / km	需求量 / 千套	编 号	X 轴 / km	Y 轴 / km	需求量 / 千套
0	10	10		21	19	9	1.14
1	18	0	1.15	22	9	12	1.65
2	12	10	1.07	23	3	18	0.88
3	3	2	2.71	24	10	2	4.41
4	17	5	4.29	25	5	5	1.08
5	15	12	0.46	26	8	0	2.23
6	12	1	1.66	27	6	20	4.91
7	7	14	4.96	28	7	13	2.21
8	3	4	1.77	29	7	17	0.75
9	4	12	2.22	30	7	20	1.35
10	11	0	2.35	31	13	17	0.79
11	17	20	1.14	32	6	2	2.16
12	7	17	4.07	33	19	15	0.40
13	15	12	4.71	34	9	7	1.65
14	3	3	0.29	35	14	19	2.33
15	10	17	0.05	36	7	16	1.57
16	3	17	1.66	37	16	7	2.13
17	18	5	4.96	38	18	13	1.66
18	17	17	3.77	39	2	17	2.56
19	7	20	2.22	40	5	3	1.14
20	11	10	2.36	总量			84.87

2 算法描述

遗传算法(genetic algorithm, GA)是模拟生物种群在自然环境中的遗传和进化过程,而形成的一种自适应概率搜索算法,算法的原理是依据自然界生物种群的遗传和进化过程^[7]。本文算法步骤主要包括:编码、初始种群的生成、种群预处理、适应度值评价检测、选择、交叉、变异、终止条件判断。遗传算法流程图如图2所示。

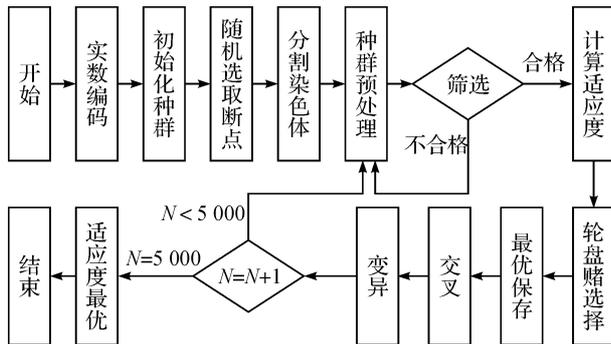


图2 遗传算法流程

2.2 算法主要流程

在得到配送中心和需求点的前提下,本文通过计算需求点到服装生产厂配送中心的距离,按照由近到远的方式对需求点进行编号。配送中心编号为0,离配送中心最近的点编号为1,以此类推。通过随机组合的方式形成初始个体编码串。例如:32 40 22 34 35 6 3 16 11 30 33 7 38 28 17 14 8 36 29 21 25 37 31 27 26 19 15 1 36 23 2 4 18 24 39 13 9 20 10 12。随后随机选取 $V-1$ 个2至39之间的随机数(V 为车辆数),将一条染色体分为 V 条染色体。例如 $V=5$ 表示5辆车进行配送,产生断点:7 12 20 32。由第一辆车配送的顺序为0-32-40-22-34-35-6-3-0;由第二辆车配送的顺序为0-16-11-30-33-7-0;由第三辆车配送的顺序为0-38-28-17-14-8-36-29-21-0;由第四辆车配送的顺序为0-25-37-31-27-26-19-15-1-36-23-2-4-0;由第五辆车配送的顺序为0-18-24-39-13-9-20-10-12-0。

随后通过车辆最大载重,筛选出超过车辆最大载重的染色体,对其进行断点重取。在种群中的非法个体处理完成后,对种群进行适应度计算,随后通过轮盘赌选择方法选出80个个体作为进行遗传操作的种群。将适应度最优个体保存在种群第一个位置,起到最优保存的效果。选取由同一组编码串选取断

点后分出的 V 条染色体,对 V 条染色体随机抽取,进行单点交叉操作。随机选取染色体,在其基因位上随机选取两个基因点,对两个基因点之间的基因进行翻转。循环操作达到要求的次数后算法停止。

a) 染色体编码是遗传算法的重要基础。运用遗传算法,首先必须对优化的对象编码,使优化对象具有染色体的结构,能够像生物进化过程那样,进行交叉、变异等操作。设计遗传算法的编码策略,尽可能多地结合所要求解的问题特征,需要充分考虑该问题域的特性,努力提高遗传算法求解该类问题的能力和效率^[8]。

本文选用了实数编码。实数编码的特点是适合于全空间的搜索,并且精度较高。实数编码是针对整个个体进行的,对于服装配送路径搜索来说,一条染色体就是一个解,这种编码方式较符合路径搜索的要求。

b) 遗传算法需要通过种群初始化得到初始种群。获得初始种群最常用的方法有两种:一种就是用随机的方式去产生种群;另一种就是结合实际问题和对问题空间的了解进行初始种群的选择。本文采用随机方式得到种群。种群的规模会影响算法的结果,选择的样本数太小则无法搜索到最优结果,样本数太大则计算量过大,影响算法性能。所以对于种群规模的选择,既要提高算法的运算速度,又要保证种群的多样性,以防止种群早熟。

随机产生80个初始样本作为一个种群,80个样本对40个服装零售点的模型是非常合适的种群规模,能搜索到最优路径的同时,运算量也相对较小。

c) 遗传算法需要对个体适应度进行检测评估,在计算过程中唯一的搜索依据就是适应度函数。适应度函数是衡量个体好坏的唯一评价标准。

本文通过对配送服装车辆数的确定和路径长度的计算得到配送耗费,并以此作为评估个体适应度的唯一标准。服装配送耗费越小适应度就越大,适应度大的个体被保留下来的几率也就大。

d) 种群初始化参数的种群包含许多非法个体,需要通过种群预处理剔除非法个体。预处理需要通过个体适应度评估,找到初始种群中的非法个体。

本文在初始种群中包含大量非法个体,有以下几个类型:过长的路径、路径包含过多需求点、超过服装配送车辆的承载极限。对非法路径进行重取替代,直到初始种群中个体都为合法个体。

e) 选择是在群体中选择生命力强的个体产生新群体的过程。主要方法有轮盘赌选择、随机竞争选

择、最佳保留选择、无放回随机选择等方法^[9]。

本文选择最佳保留选择,首先按轮盘赌选择方法执行遗传算法的选择操作,将当前群体中适应度最高的个体完整地复制到下一代群体中。其主要优点是:保证遗传算法终止时得到的最后结果是历代出现过的最高适应度个体,从而保证服装配送最优路径在搜索过程中得以保留。

f) 交叉运算是按较大的概率从群体中选择两个个体,交换两个个体的某个或某些位基因。交叉算子的设计包括如何确定交叉点的位置和如何进行部分基因交换两个方面。

本文选用单点交叉的策略,在个体编码串中只随机设置一个交叉点,在该点互相交换两个配对个体的部分染色体。

g) 变异运算是指:将个体染色体编码串中的某些基因座上的基因值,用该基因座的其他等位基因来替换,从而形成一个新的个体。引入变异算子的目的是改善遗传算法的局部搜索能力。功能是维持群

体的多样性,防止早熟现象。

本文选用了翻转变异^[10],在随机指定的某两位之间的基因进行翻转变异,从而得到新的个体,使得仿真摆脱早熟现象。

3 仿真结果分析

通过对表1的需求点和需求量数据的导入,利用MATLAB仿真软件进行数据仿真。仿真参数:每辆车的载重量 Q 为20 000套;货物总需求量为98 870套;可用配送车辆数为8;每辆车的启动费用 p_k 为120元;每辆车每千米耗费 c 为20元;遗传代数 T 为5 000代,初始种群数量为80代,交叉概率 p_0 为0.8,变异概率 p_1 为0.1。通过20次仿真实验得到表2数据。通过表1中得到客户总需求量为84 870套,而车辆限载为20 000套,通过计算用总需求量除以车辆限载,得到最少需求车辆为4.243 5辆车,所以确定最少车辆需求为5辆。服装生产厂配送点最多可用车辆为8。表2为20次MATLAB仿真的最优值,

表2 服装配送的距离与耗费

实验次数	N = 5 最	N = 6 最	N = 7 最	N = 8 最	N = 5 最	N = 6 最	N = 7 最	N = 8 最
	短距离 /km	短距离 /km	短距离 /km	短距离 /km	低耗费 /元	低耗费 /元	低耗费 /元	低耗费 /元
1	144.89	167.41	194.00	166.82	3 497.8	4 068.2	4 720.0	4 296.4
2	148.65	158.69	150.68	192.74	3 573.0	3 893.8	3 853.6	4 814.8
3	144.78	144.42	159.82	189.89	3 495.8	3 608.4	4 036.4	4 757.8
4	159.06	166.45	169.77	184.86	3 781.2	4 049.0	4 235.4	4 657.2
5	150.84	148.26	167.22	168.52	3 616.8	3 685.2	4 184.4	4 330.4
6	150.94	157.75	177.12	178.02	3 618.8	3 875.0	4 382.4	4 520.4
7	149.74	157.89	171.64	178.94	3 594.8	3 877.8	4 272.8	4 538.8
8	145.69	151.99	168.40	188.52	3 513.8	3 759.8	4 208.0	4 730.4
9	146.15	149.71	165.87	199.28	3 523.0	3 714.2	4 157.4	4 945.6
10	145.66	155.77	170.40	173.99	3 513.2	3 835.4	4 248.0	4 439.8
11	144.80	157.86	170.44	181.32	3 494.0	3 877.2	4 248.8	4 586.4
12	147.37	157.32	175.73	172.32	3 547.4	3 866.4	4 354.6	4 406.4
13	146.28	155.33	168.19	187.90	3 525.6	3 826.6	4 203.8	4 718.0
14	147.76	163.55	176.74	167.73	3 555.2	3 991.0	4 374.8	4 314.6
15	150.83	161.89	169.64	173.34	3 616.6	3 957.8	4 232.8	4 426.8
16	157.94	144.73	159.08	189.94	3 758.8	3 614.6	4 021.6	4 758.8
17	150.54	150.27	170.76	178.25	3 610.8	3 725.4	4 255.2	4 525.0
18	147.50	159.04	168.02	185.77	3 550.0	3 900.8	4 200.4	4 675.4
19	145.19	149.92	162.50	170.90	3 503.8	3 718.4	4 090.0	4 378.0
20	153.18	145.25	168.77	192.66	3 663.6	3 625.0	4 215.4	4 813.2

从表2可以得出结论:当车辆数为5时,车辆经过路程最短为144.78 km,配送耗费为3495.8元,为最低耗费。从进化曲线图3可以看到,本文采用最优保留策略,随着进化代数路径逐渐趋近最优值,当进化到4386代时达到最优值。从图3(a)和(b)两图的对比来看,改进后的遗传算法进化速度比未改进的遗传算法速度更快,更加平稳。图4(a)为未改进

的遗传算法产生的最优路径图,此算法产生的最优方案需要车辆数为7,最短路程为167.50 km,总配送费用为4190.0元。图4(b)为改进的遗传算法产生的最优配送路径图,从总体上看配送路径没有重叠交叉路径段,选择出来的路径较为合理,符合服装生产厂节约配送成本的目的,得到结果较为满意,相比未改进的算法优越。

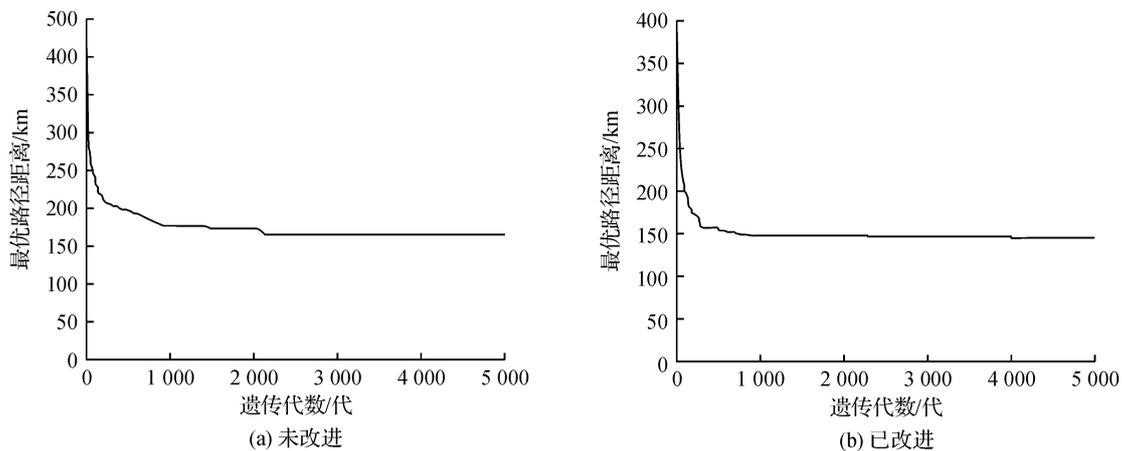


图3 未改进和改进的遗传算法产生的优化曲线

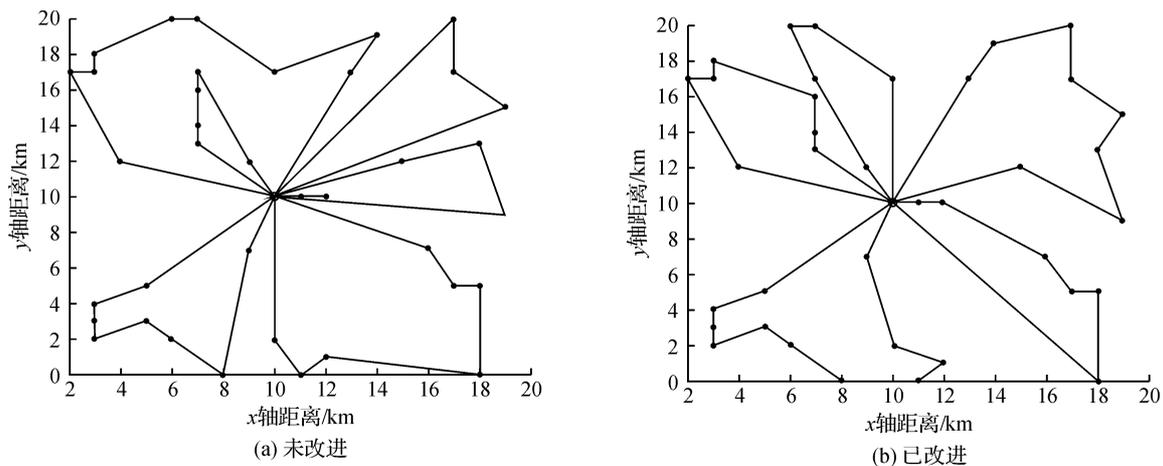


图4 未改进和改进的遗传算法产生的最优配送路径

4 结论

本文对服装配送中不确定配送车辆数的路径优化问题进行了研究,通过建立数学模型并对模型进行分析,最终确定了服装配送车辆数和配送的最优路径。利用遗传算法对模型进行了实现,并利用MATLAB仿真软件验证了算法的可行性和模型的合理性,遗传算法在搜索最优路径方面有很好的应用性。算法在策略上应用轮盘赌选择法和最佳个体保存策略并行的方法,并且对种群进行预处理,从而有效地避免了最优个体的丢失,并且加速算法向最

优解的收敛。通过对一家服装生产厂和40个零售点的模拟结果显示,遗传算法在解决服装配送问题上的良好特性,为服装生产企业的销售配送环节提供了良好可行的方案。

参考文献:

- [1] 胡觉亮, 吴丽华, 韩曙光, 等. 基于时间满意度的服装配送模型与算法研究[J]. 纺织学报, 2010(2): 139-142.
- [2] Fisher M, Jaikumar R. A generalized assignment heuristic for vehicle routing[J]. Networks, 1981(11): 109-124.

- [3] 袁 健, 刘 晋, 卢厚清. 随机需求情形 VRP 的退火网络解法[J]. 系统工程理论与实践, 2002(3): 109-113.
- [4] 王德东, 郑丕谔. 车辆路径问题的混沌神经网络解法[J]. 计算机集成制造系统, 2005(12): 1747-1750.
- [5] 王凤云, 冉文学, 张巧霞. 蚁群算法在卷烟配送路径优化中的应用研究[J] 物流技术, 2011(5): 69-72.
- [6] 贾 楠, 吕永波, 付蓬勃, 等. 物流配送问题中 VRP 的数学模型及其求解法[J]. 物流技术, 2007(4): 54-56.
- [7] Chen Jenshiang, Jason Chao Hsienpan, Lin Chienmin. A hybrid genetic algorithm for the reentrant flow-shop scheduling problem[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34: 153-166.
- [8] 陈 峰. 多星测控调度问题的遗传算法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.
- [9] 凌 雪, 王 雷. 基于遗传算法的服装生产流水调度研究[J]. 学术交流, 2012(2): 33-35.
- [10] 王东云, 刘惠琴. 基于遗传算法的铺布与裁剪过程的优化调度[J]. 纺织学报, 2005(5): 111-114.

Research on Clothing Distribution Routing Optimization Strategies Based on Genetic Algorithm

WANG Yun, LI Ren-wang, NI Xia-jing, CHEN Kun-chang, MO Can-lin

(Advanced Manufacturing Technology Research Institution of School of Machinery and Automation,
Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In allusion to vehicle routing problem(VRP) in clothing distribution network, this paper establishes a model for distribution routing selection problem with an uncertain number of clothing distribution vehicles, aiming at optimal routing and minimum consumption costs of clothing distribution vehicles; optimizes the distribution routing by using genetic algorithm; finally establishes a fuzzy mathematical model of clothing distribution with a living example as the research object, conducts model simulation through MATLAB and verifies the feasibility and advantage of the algorithm, which solves the problem of clothing distribution routing optimization practically.

Key words: VRP; genetic algorithm; clothing distribution routing optimization; MATLAB simulation

(责任编辑: 张祖尧)