

# 基于改进粒子群算法的生鲜农产品配送路径优化研究

王红玲, 郑纲, 何剑锋 (东华理工大学软件学院, 江西南昌 330013)

**摘要** 以生鲜农产品在途时间最短、配送成本最低为优化目标, 构建了农产品配送路径优化问题的模型, 采用基于局部精益搜索策略的改进粒子群算法求解该问题。通过仿真实验表明, 改进粒子群算法是农产品配送路径优化问题的一种有效方法, 对于提高农产品配送效率, 降低配送成本具有重要的现实意义。

**关键词** 生鲜农产品; 改进粒子群算法; 局部精益搜索; 配送路径

**中图分类号** F326.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2010)31-17961-02

## Study on Optimization of Distribution Routing of Fresh Agricultural Product Based on Improved Particle Swarm Optimization Algorithm

WANG Hong-ling et al (College of Software, East China Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013)

**Abstract** According to the short preservation characteristic of agricultural products, the optimization model with time windows was established with the objectives of the shortest distribution time and the lowest costs. The improved Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm with local extract searching strategy was applied to solve this problem. Simulation results showed the improved PSO algorithm was an effective method in solving the optimization of distribution routing of fresh agricultural products.

**Key words** Fresh agricultural products; PSO; Local extract searching; Distribution

农产品配送路径问题可定义为给定若干个配送中心和客户点, 为了快捷、高效地配送农产品, 同时满足一系列的约束条件, 如车辆最大的装载量、农产品的保鲜期等, 设计一套比较优化的配送路线。生鲜农产品具有保鲜时间短的特点, 因此对其配送路径进行优化时不仅考虑到配送成本, 更要考虑农产品的在途时间和客户的需求时间<sup>[1]</sup>。粒子群算法<sup>[2]</sup>, 也称粒子群优化算法 (Particle Swarm Optimization, PSO), 其基本思想来源于对鸟群觅食行为的研究及模拟<sup>[3]</sup>。PSO 算法首先初始化随机解即在搜索空间中随机产生各粒子的初始位置和初始速度, 然后通过迭代找到最优解, 在迭代过程中, 粒子通过跟踪其飞行的最优位置不断更新自己, 调整自己的状态<sup>[4]</sup>。该算法概念简单, 实现容易, 具有较强的全局搜索能力, 是解决该配送路线优化问题的有效算法, 但其具有易陷入局部最优解的缺陷, 针对该缺陷, 采用局部精益搜索操作在该算法的基础上对其粒子极值的更新机制进行了改进。

### 1 优化模型的构建

根据生鲜农产品的特点, 为实现配送成本最小的目标所构建的目标函数表示为:

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N X_{ij} C_{ij} d_{ij} \right] \right\} + \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N C_i (\omega_i + \omega_c) \right] \right\} \quad (1)$$

式中, 前半部分表示配送距离最短的配送成本, 后半部分表示提前或延误的最小惩罚成本。其中,  $d_{ij}$  表示客户  $i$  到客户  $j$  的距离;  $C_{ij}$  表示客户  $i$  到客户  $j$  的平均运输成本;  $X_{ij}$  表示第  $k$  辆车是否从客户  $i$  经过客户  $j$ , 如果第  $k$  辆车从客户  $i$  经过客户  $j$  则  $X_{ij}$  取值为 1, 否则取值为 0;  $C_i$  表示提前或延误的惩罚成本;  $\omega_c$ 、 $\omega_c$  分别表示提前或延误的权重。

为实现按客户要求的时间送达农产品的目标函数可表示为:

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N (S_i - a_{ik}) + \sum_{i=0}^N (a_{ik} + E_i) \right] \right\} \quad (2)$$

式中,  $a_{ik}$  表示车辆  $k$  到达客户  $i$  的时间;  $s_i$  是客户  $i$  最早接受服务的时间;  $E_i$  是客户  $i$  最晚接受服务的时间。

综合目标函数式(1)和(2), 可以得到生鲜农产品配送路径优化问题的数学模型, 如下式所示。

$$f(x) = \omega_1 f_1(x) + \omega_2 f_2(x) \\ = \omega_1 \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N X_{ij} C_{ij} d_{ij} \right] \right\} + \omega_1 \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N C_i (\omega_i + \omega_c) \right] \right\} \\ + \omega_2 \sum_{i=1}^K \left\{ \min \left[ \sum_{i=0}^N (S_i - a_{ik}) + \sum_{i=0}^N (a_{ik} + E_i) \right] \right\} \quad (3)$$

式中,  $\omega_1$  和  $\omega_2$  是 2 个权重系数。其中, 该式需满足如下约束条件:

$$\sum_{i \in N} X_{ik} = 1, \forall k \in N \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} q_i X_{ik} \leq Q_k, \forall k \in N \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k \in N} X_{0k} = 1, \forall m \in N \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N/10} X_{0k} = 1, \forall k \in V \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N/10} X_{0k} = 1, \forall k \in V \quad (8)$$

$$S_i \leq b_{ik} \leq E_i, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (9)$$

式中,  $N \setminus i \mid i = 1, 2, \dots, N$  表示需要服务的客户集合;  $V \setminus v_k \mid k = 1, 2, \dots, K$  表示车辆可以到达客户的路线;  $Q_k$  表示  $k$  车辆的容量;  $q_i$  表示客户  $i$  的需求量。其中, 约束式(4)确保每个客户仅由一辆车提供一次服务; 约束式(5)是配送车辆  $k$  容量的约束条件, 以确保在路线上行驶的每辆车都不超过其最大载重量; 约束式(6)表示从配送中心发出  $m$  辆车; 约束式(7)和约束式(8)表示每辆车为某个客户完成农产品配送任务后离开该客户并最终返回到配送中心; 约束式(9)是客户的时间窗约束条件, 确保车辆为客户服务的时间必须在每个客户的时间窗内。

### 2 算法设计

**2.1 局部精益搜索策略** 局部精益搜索是通过选择部分节点, 利用相关反馈信息指导生成解的决策, 寻找到达目标节点的最优路径。假设搜索目标是当前节点的周围邻居节点, 搜索过程中, 粒子每前进一步, 都要先计算新位置与原位置的高度差, 然后根据该信息来决定走向。其具体流程如下:

基金项目 2009 年江西省教育厅青年科学基金项目 (GJJ10178)。

作者简介 王红玲 (1979 - ), 女, 江西南昌人, 讲师, 硕士, 从事计算机软件与技术研究。

收稿日期 2010-07-23

①对粒子随机交换位置向量中的任意2维;②判断交换位置后粒子的适应值是否变大,若变大,则以交换位置后的值替代该粒子的个体最优值;③重复步骤①和②,直到达到一定的交换次数为止;④把局部精益搜索操作后得到的个体最优值与全局最优值进行比较,若变大则更新全局最优值。

**2.2 改进粒子群算法求解模型** 用改进粒子群算法求解农产品配送路径优化问题的基本步骤是:①读取客户资料,初始化粒子群算法的相关参数;②初始化粒子群;③将粒子放置在配送中心,初始化粒子的位置和速度;④根据目标优化函数式(3)计算粒子的适应值以评价所有粒子;⑤将初始评价值作为个体历史最优值,寻找群内最优解;⑥按照局部精益搜索策略,判断粒子更新至新位置后路线上的货流量是否大于车辆最大容量,若大于车辆容量则重新更新粒子位置,否则转下一步;⑦计算下一个客户的服务时间和农产品的在途时间,如果满足时间窗即式(4)至式(9)等约束条件,则计算路径长度和费用并转下一步,否则重新更新粒子的位置和速度。重复执行步骤⑥和⑦,直到达到局部搜索次数为止;⑧将局部精益搜索获得的个体最优值与群体最优值进行比较;⑨更新粒子的位置和速度,继续搜索;⑩判断是否满足终止条件,如果满足转下一步,否则转第④步继续迭代。

**3 实验分析**

采用文献<sup>[5]</sup>中的算例,在 matlab7.0 的运行环境下,对改进的粒子群算法进行仿真实验。该问题有 20 个客户点,各客户的坐标、时间窗和配送量信息如表 1 所示。配送中心的坐标为 (146 km, 131 km), 车辆装载量为 8.5 t, 车速为 60 km/h。假设平均配送成本为 1 元, 平均惩罚成本为 50 元。算法相关的参数设置为: 粒子数  $m=20$ , 粒子维数  $D=15$ , 最大迭代次数为 50, 权重系数  $w_1=0.6, w_2=0.4$ 。

表 1 客户基本信息

Table 1 Information of customers

客户点编号	坐标//km	配送量//t	时间
Customers No.	Coordinate	Delivery amount	Time window
1	(127,86)	0.2	[0.5,6.5]
2	(185,35)	0.5	[1.5,7.5]
3	(153,165)	1.4	[0.5,6.0]
4	(188,151)	1.5	[1.0,5.5]
5	(156,117)	0.8	[0.5,5.5]
6	(38,107)	1.2	[1.0,7.0]
7	(107,75)	1.8	[0.5,7.5]
8	(87,85)	0.5	[1.0,3.5]
9	(126,22)	1.3	[1.0,5.0]
10	(137,51)	0.5	[1.0,7.5]
11	(68,168)	0.8	[0.5,5.0]
12	(149,27)	1.2	[1.5,8.5]
13	(19,86)	1.2	[1.5,5.5]
14	(170,111)	1.8	[1.0,11.5]
15	(8,11)	1.8	[2.0,4.0]
16	(3,29)	1.2	[2.5,10.5]
17	(118,197)	1.6	[0.5,7.5]
18	(131,152)	1.7	[0.5,6.5]
19	(65,7)	1.5	[1.5,8.5]
20	(97,149)	1.6	[1.0,9.5]

对该算例分别采用粒子群算法和改进粒子群算法各迭代 10 次,得到的最优路径长度的结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,在 10 次迭代中,粒子群算法 2 次达到最优,而改进粒子群算法 3 次达到最优,搜索成功率为 30%,

比粒子群算法提高了 10%,求解结果优于粒子群算法,同时该算法所得运算结果比较稳定;提高了算法的局部搜索能力,弥补了粒子群算法容易陷入局部最优的缺陷。

通过仿真实验得到的最优路径为:18→17→3→4→14→20→11→6→13→16→15→8→7→19→9→12→2→10→1→5。完成配送任务共需 4 辆车,每辆车的运行路线分别为:①车辆 1:0→18→17→3→4→14→0;②车辆 2:0→20→11→6→13→16→15→0;③车辆 3:0→8→7→19→9→12→2→10→1→0;④车辆 4:0→5→0。车辆等待时间为 1.34 h,延误时间为 0 h。配送总费用 1 159 元,其中配送费用为 1 092 元,惩罚费用 67 元。行车路径如图 1 所示。

表 2 粒子群算法和改进粒子群算法运算结果比较

Table 2 Comparison of the results for PSO and improved PSO algorithm

执行次数	粒子群算法//km	改进粒子群算法//km
Times	PSO algorithm	Improved PSO algorithm
1	1 096	1 086
2	1 086	1 072
3	1 062	1 100
4	1 124	1 095
5	1 083	1 086
6	1 115	1 120
7	1 062	1 072
8	1 124	1 093
9	1 086	1 086
10	1 092	1 100
平均值 Mean	1 093	1 092

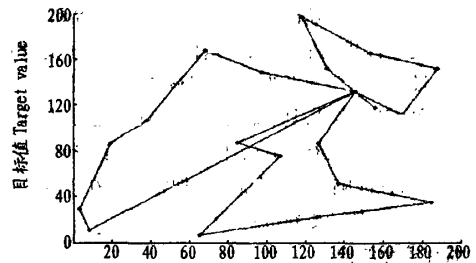


图 1 改进粒子群算法得到的车辆路径

Fig. 1 Vehicle routing based on improved PSO algorithm

图 2 和图 3 分别表示粒子群算法和改进粒子群算法的粒子适应值随算法迭代次数的变化情况。由图 2 可知,粒子

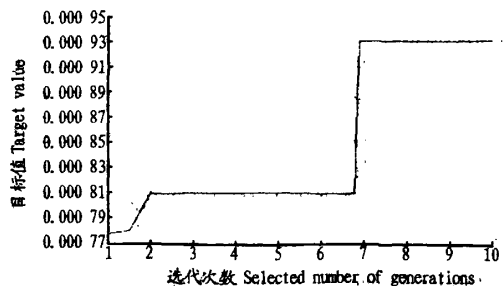


图 2 粒子群算法最优解进化

Fig. 2 Evolution of optimality based on PSO

群算法迭代 7 次,粒子的适应值接近最优值,而由图 3 可知

(下转第 17985 页)

目的认可度达 82.1%，增强理论知识的理解和记忆以及提高探究性思维项目的认可度分别为 71.8% 和 69.2%。但对提高表达、应变及合作能力的认可度均低于 50.0%，这说明在讨论课中能够发言的学生人数有限，还有相当一部分学生无法达到提高自己的表达、应变及合作能力的目的(表 1)。

表 1 学生对开设讨论课的认可状况

项目	认可	不认可	模棱两可
Item	Approval	Disapproval	Ambiguity
开展讨论课 Open discussion class	76.9	12.8	10.3
增强学习的兴趣和自主性 Improving learning interests and autonomy	82.1	5.1	12.8
增强理论知识的理解和记忆 Enhancing understanding and memory of theory knowledge	71.8	0	28.2
提高探究性思维 Improving exploring thought	69.2	15.4	15.4
提高表达、应变及合作能力 Improving expression, strain and cooperation ability	46.1	20.5	33.4

### 3 结论与讨论

(1) 研究表明,讨论课可以活跃课堂气氛,提高学生的学习兴趣和独立思考的能力,增强学生处理实际问题的能力,有利于学生理论知识的理解、记忆并取得较好的成绩,得到大部分学生的肯定评价。但是据笔者调查,仍有 23.1% 的学生不支持讨论课,这部分学生认为讨论课对其帮助不大,各项能力的提高幅度也较小,原因可能是其在讨论课上主动性不够高,语言表达能力不强或与同学合作不愉快。

(2) 选题是开展讨论课的关键,应遵循以下原则:①重视基础和前沿的结合,激发学生的学习兴趣。可针对“老年斑产生的原因;细胞衰老过程中在细胞的形态和结构上发生的变化;对细胞衰老机制的理解;衰老的学说;机体如何防止自

由基的伤害;化妆品有无抗衰老作用和如何进行抗衰老药品的开发”等内容展开讨论。②重视理论联系实际,让学生置身于细胞生物学之中。如信号转导的讨论,可以围绕药店出售的伟哥和抗癌药物展开讨论。

(3) 教师在课前应该对讨论的内容进行充分准备,预估在课堂讨论中学生提出的几种意见,并提前找出相关依据。在讨论中,要捕捉到每个意见的合理内核,并发现发言中的瑕疵,及时准确地做出评判,并适时适度引导提出核心问题,组织学生深入讨论。这样经过几轮发言,相对合理的意见会占据主流<sup>[6-7]</sup>。

(4) 教与学是一个互动过程,只有让学生积极主动地投入学习,体验参与的愉悦,才能达到提高学习效果的目的。讨论课可以在课程中间开设,也可以开在课程结尾,或者穿插于讲课之中。通过讨论让学生自主地融入细胞生物学的学习中,充分运用所学知识表达观点。至于如何在有限的时间内,让尽可能多的学生掌握细胞生物学的相关内容还有待进一步探索。

### 参考文献

- [1] 翟中和,丁明孝,王喜忠. 细胞生物学[M]. 北京:高等教育出版社,2000:1-3.
- [2] 蒋盛岩,李新社,陈立德,等. 细胞生物学教学改革与实践[J]. 湖南科技学院学报,2008,29(4):72-74.
- [3] 朱宏. 细胞生物学教学与改革的思考[J]. 黑龙江高教研究,2004,4(4):84-85.
- [4] 舒同,曾咏梅,王曼曼,等. 问题-讨论-指导结合小组讨论教学法在内分泌科教学中的研究[J]. 中国民族医学,2009,21(6):664-665.
- [5] 余晓丽,杨珂金,高宛丽,等. 细胞生物学教学改革与实践[J]. 南阳师范学院学报,2006,5(6):114-116.
- [6] LEE J, DINEEN F, MCKENDREE J. Supporting student discussions: it isn't just talk[J]. Education and Information Technologies,1998,3(3):217-229.
- [7] PEREZ K E, STRAUSS E A, DOWNEY N, et al. Does displaying the class results affect student discussion during peer instruction[J]. Life Sciences Education,2010,9(2):133-140.

(上接第 17962 页)

改进粒子群算法大约迭代 6 次,其适应值就接近了最优值。由此可见,改进的粒子群算法的收敛速度快于粒子群算法。

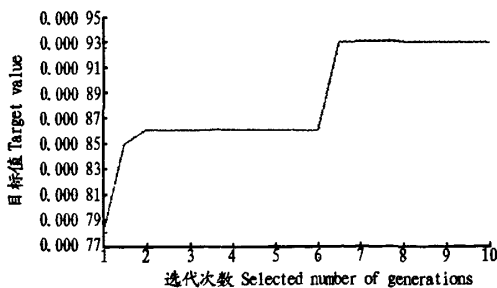


图 3 改进粒子群算法最优解进化

Fig. 3 Evolution of optimality based on improved PSO

### 4. 结束语

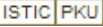
合理安排生鲜农产品配送路线能有效提高企业的配送

效率和经济效益。根据生鲜农产品保鲜期短的特点,以最短的配送时间和最小的配送成本为目标,建立带时间窗约束的农产品配送路线优化模型,采用改进粒子群算法求解问题。结果表明,在求解农产品配送路径优化问题时,采用改进的粒子群算法,提高了算法的局部搜索能力,弥补了粒子群算法容易陷入局部最优的缺陷,加快了算法的收敛速度。

### 参考文献

- [1] 高梦昭,张文杰. 物流成本探析-运输成本与库存成本的关系研究[J]. 北方交通大学学报:社会科学版,2003(3):29-33.
- [2] 谢如鹤,罗荣武,张得志,等. 物流系统规划原理与方法[M]. 北京:中国物资出版社,2004.
- [3] DNATZIG G. The truck dispatching problem[J]. Management Science, 1961(8):70-80.
- [4] EILON S, WATSON - GNADY C D T. Distribution management: mathematical modeling and practical analysis[M]. London:Griffin,1979.
- [5] 郎茂祥,胡思继. 用混合遗传算法求解物流配送路径优化问题的研究[J]. 中国科学管理,2002(5):51-56.

# 基于改进粒子群算法的生鲜农产品配送路径优化研究

作者: 王红玲, 郑纲, 何剑锋  
作者单位: 东华理工大学软件学院, 江西南昌, 330013  
刊名: 安徽农业科学   
英文刊名: JOURNAL OF ANHUI AGRICULTURAL SCIENCES  
年, 卷(期): 2010, 38 (31)

## 参考文献(5条)

1. 郎茂祥;胡思继 用混合遗传算法求解物流配送路径优化问题的研究[期刊论文]-科学与管理 2002(05)
2. EILON S;WATSON-GNADY C D T Distribution management:mathematical modeling and practical analysis 1979
3. DNATZIG G The truck dispatching problem 1961(08)
4. 谢如鹤;罗荣武;张得志 物流系统规划原理与方法 2004
5. 高梦昭;张文杰 物流成本探析-运输成本与库存成本的关系研究[期刊论文]-北方交通大学学报(社会科学版) 2003(03)

## 本文读者也读过(7条)

1. 钟晓燕. 钟聪儿. 林雄. 邱荣祖. ZHONG Xiao-yan. ZHONG Cong-er. LIN Xiong. QIU Rong-zu 基于遗传算法的生鲜农产品库存控制的应用[期刊论文]-福建农林大学学报(自然科学版) 2009, 38(3)
2. 方威(编译) 如何进行生鲜产品运输管理[期刊论文]-物流技术: 装备版2011(7)
3. 张保良 现代物流理论在中国生鲜经营中应用的研究[学位论文]2004
4. 杜小芳. 张金隆 生鲜物流JIT配送效益分析[期刊论文]-武汉理工大学学报(社会科学版)2004, 17(2)
5. 陈德棉. 赵军 生鲜物流配送中心配送管理子系统的实证研究[期刊论文]-安徽农业大学学报(社会科学版) 2004, 13(6)
6. 石朝光. 王凯. SHI Chao-guang. WANG Kai 影响消费者生鲜农产品购买决策的产品特征因素分析[期刊论文]-浙江农业学报2011, 23(1)
7. 侯文英. 秦驰越. HOU Wen-ying. QIN Chi-yue 基于遗传算法的农产品配送路线优化研究[期刊论文]-内蒙古科技大学学报2008, 27(3)

## 引证文献(1条)

1. 王淑云. 赵敏 蓄冷式冷链物流多温共配的动力机制[期刊论文]-公路交通科技 2012(2)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ahnykx201031231.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ahnykx201031231.aspx)