

基于 PSO-VNS 算法的质押物配送路径研究*

刘娜¹, 高更君¹, 李晓虹²

(1. 上海海事大学 物流研究中心, 上海 201306; 2. 重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 401331)

摘要:【目的】在改进动态惯性权重粒子群算法的基础上,结合 VNS 算法,进一步改善该算法的局部搜索能力和全局寻优能力。【方法】以配送质押物的车辆运行总距离最小为目标,将它转化为带距离和容量约束的车辆路径问题,建立数学模型。针对粒子群算法的优缺点,设计用于求解该问题的混合变邻域搜索粒子群算法。【结果】利用该算法求解应用实例,与基本粒子群算法对比求解的算法收敛过程和所得配送路径方案。【结论】通过实例研究表明,所改进的算法能够快速跳出局部收敛,全局寻优能力得到改善,且收敛速度更快,能够较好地解决质押物配送路径问题提供解决方案。

关键词: 存货质押融资; 质押物配送; 车辆路径问题; 粒子群算法; PSO-VNS

中图分类号: O224; F506

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2018)02-0098-06

近些年来,供应链金融实践在中国快速发展,产生了面向不同产品不同层次的多种融资模式,最主要的是存货质押融资、应收账款融资和订单融资这 3 种融资模式。中国最新的《物权法》实施以来,企业采购过程的原材料、生产阶段的半成品、销售阶段的产品、企业拥有的机械设备等都可以作为存货进行质押^[1]。因此,越来越多的第三方物流企业参与到供应链金融的质押物仓储、监管、运输和配送等环节,存货质押融资的发展达到了一个新的高度。依法成立的具有仓储、监管、运输和配送等专业资质的第三方物流企业在获得银行的统一授信后,可以自行开发存货质押融资业务,以便更好地为中小企业提供配套服务。

在质押融资业务中,物流企业需要满足供应链中各环节的物流需求^[2],它提供的质押物配送服务一方面要保障自身的资金安全,并尽量节约运输成本;另一方面要做到让客户满意,在配送途中的质押物依然由物流企业承担监管责任,物流企业要将质押物快而好地送到客户手中,而配送路径越长则发生风险的可能越大。因此,以配送路径总距离最短为目标,制定合理的配送路径方案显得尤为重要。目前已有的物流金融相关文献中,关于质押物配送路径优化问题的研究很少,罗勇等人^[3]基于改进遗传算法研究了供应链金融中质押物配送路径优化的问题,将此问题转换为经典旅行商问题(Traveling salesman problem, TSP)进行简单建模并求解。而当货物的需求点较多且分布比较分散时,转换为 TSP 问题进行求解得到的并不一定为最高效且成本最低的行驶方案。本研究将质押物配送路径优化问题归结为车辆路径问题(Vehicle routing problem, VRP),在满足路径约束和客户需求的前提下以运输总距离最小为目标,求解最优的车辆行驶路线。VRP 是一种非确定性完全难题(NP-Hardness)^[4],采用精确方法难以获得全局最优解,因此大量学者进行了先进的智能算法研究,以期能在合理的计算时间内产生接近最优的解决方案。现有文献中,用来解决配送路径优化问题的智能算法有遗传算法、蚁群算法、粒子群算法、模拟退火算法和蝙蝠算法等^[4-8],相对于精确方法,它们可以取得较好的结果。但大量研究表明,这些算法各有优缺点。其中,粒子群算法(Particle swarm optimization, PSO)具有调整参数少,收敛速度快等优点,应用较为广泛,但是标准粒子群算法存在易早熟收敛、局部寻优能力差等缺陷^[9]。因此,需要对标准粒子群算法进行一定改进,使它在解决实际问题中性能更好。对标准粒子群算法中的惯性权重进行动态修改,能够使算法得到一定优化。变邻域搜索(Variable neighborhood search, VNS)算法是一种求解优化问题的启发式算法,能够通过系统地改变邻域结构来拓展搜索范围,从而不断改善当前局部最优解^[9-10]。因此,本研究在改进动态惯性权重粒子群算法的基础上,结合 VNS 算法,进一步改善该算法的局部搜索能力和全局寻优能力。

* 收稿日期:2017-01-02 修回日期:2018-03-07 网络出版时间:2017-05-16 11:24

资助项目:国家自然科学基金(No.71601114);上海市科委工程中心能力提升资助项目(No.14DZ2280200)

第一作者简介:刘娜,女,研究方向为物流与供应链金融,E-mail:963905274@qq.com;通信作者:高更君,E-mail:gjgao@shmtu.edu.cn

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170516.1124.016.html>

1 质押物配送路径问题描述及建模

质押物配送问题与普通的物流配送问题有所区别。以港口物流企业开展存货质押融资为例,供应商通过某大型国际物流企业将货物运送到中国市场进行销售,通过上海港港口靠岸,由于货物销售需要一定的时间,势必会存在大量库存并占用一定资金,为了避免不必要的运输造成的成本增加和多次运输可能导致的货物损坏,供应商选择将大量库存货物直接存储在该物流企业在港区后方的仓库,将配送中心设置在港口仓库。但是供应商的经营需要大量资金流转,为了盘活库存货物占用的资金,供应商可以利用库存货物作抵押向该港口物流企业提交融资申请。融资期间,供应商可以利用前期销售所得进行还款易货。物流公司则对释放的质押物按照供应商的指定配送到各货物需求点。因此,最大的不同之处在于质押物配送问题中的配送货物总量由客户归还的贷款额度决定,定义配送货物总量为:配送货物总量 = $\frac{\text{还款额}}{\text{单位货物的质押价值}}$ 。

可以将该问题简单描述为:从物流企业的质押物仓库用多辆汽车向客户指定的多个货物配送点配送货物并最终返回到质押物仓库,配送总量已知,每个配送点所在的位置以及配送量已知,配送质押物的汽车载重量和单次行驶最大里程确定,求满足配送需求且运输总成本最小的一组最优车辆行驶路径,同时,需要考虑以下约束条件:

- 1) 每条配送路径上所有配送点的配送量之和不超过该路径上配送车辆的额定载重量;
- 2) 每辆车的行驶总距离小于等于配送车辆的单次行驶最大里程;
- 3) 所有客户指定的货物配送点必须配送到位,且每个配送点只能由一辆车提供服务。

假设每次配送的质押物为同一种产品,物流公司现有 K 辆车可以用于质押物配送,容量分别为 $q_k (k=1, 2, \dots, K)$, 单次行驶最大里程分别为 $d_k (k=1, 2, \dots, K)$; 客户指定的配送点为 L 个, 分别编号为 $1, 2, \dots, L$; 为了路径描述的方便, 将质押物仓库编号为 0 , 质押物仓库和配送点均以点 $i (i=0, 1, \dots, L)$ 来表示; 设第 i 个配送点的配送量为 $p_i (i=1, 2, \dots, L)$, 用 c_{ij} 表示从点 i 到点 j 的运输成本(路径长度、费用、时间等), 这里代表路径长度, 同时, 定义以下两个变量:

$$y_i^k = \begin{cases} 1, & \text{由车 } k \text{ 为配送点 } i \text{ 配送质押物} \\ 0, & \text{其他情况} \end{cases}, x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{车 } k \text{ 从点 } i \text{ 行驶到点 } j \\ 0, & \text{其他情况} \end{cases}。$$

根据以上分析和假设, 构建质押物配送路径优化选择问题的数学模型如下:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L c_{ij} x_{ij}^k, \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^L p_i y_i^k \leq q_k, \forall k, \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L c_{ij} x_{ij}^k \leq d_k, \forall k, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^L x_{0j}^k = 1, \sum_{i=1}^L x_{i0}^k = 1, \forall k, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K y_i^k = 1, i = 1, 2, \dots, L, \quad (5)$$

$$\sum_{i,j=0}^L x_{ij}^k = y_j^k, \sum_{i,j=0}^L x_{ij}^k = y_i^k, \forall k, \quad (6)$$

$$y_i^k \in \{0, 1\}, i = 0, 1, \dots, L, \forall k; x_{ij}^k \in \{0, 1\}, i, j = 0, 1, \dots, L, \forall k. \quad (7)$$

其中:(1)式为目标函数;(2)式为每辆车的容量约束;(3)式为每辆车的最大行驶里程约束;(4)式保证每辆车行驶路径的出发点和结束点都为质押物仓库;(5)式保证每个配送点都被服务到,且仅由一辆车经过并提供服务;(6)式保证每辆车的行驶路径的连续性;(7)式为决策变量属性。

2 求解质押物配送路径问题的算法设计

2.1 混合变邻域的改进粒子群算法(PSO-VNS)

本研究利用一种改进的粒子群算法求解最优的质押物配送路径方案。首先采用非线性变化的动态惯性权重对基本粒子群算法进行加强,修正了基本粒子群算法中固定惯性权重值所导致的算法在迭代初期即陷入局部

最优的情形。其次在局部搜索过程中集成了变邻域搜索算法,即在局部搜索过程中有规律地改变邻域结构以增强算法搜索能力,保持粒子的多样性,能够有效提高算法的寻优效果和效率,更好地实现配送路径的全局寻优。

粒子群算法是通过模拟自然社会中鸟群飞行觅食而产生的一种基于群体的随机优化算法^[11]。基本粒子群算法中,每个粒子代表问题的一个解,它的优劣程度由粒子的适应值判断。在问题求解过程中,每个粒子根据自身的历史最优位置 p_{bi} 和群体的全局最优位置 p_g 不断调整自己的飞行速度和方向,在问题空间中飞向更好的位置,从而达到搜索最优解的目的。每个粒子的位置和速度按照以下公式进行迭代更新:

$$v_i^{t+1} = \omega^t v_i^t + c_1 \times r_1 (p_{bi}^t - x_i^t) + c_2 \times r_2 (p_g^t - x_i^t), \tag{8}$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}. \tag{9}$$

其中: t 为迭代计数器; c_1 和 c_2 称为加速因子; r_1 和 r_2 为 $[0, 1]$ 之间的随机数; ω^t 为惯性权重,可以控制对解空间的搜索范围的大小,本文采取非线性变化的动态惯性权重,更新公式为:

$$\omega^t = \omega_0 - (\omega_0 - \omega_T) \left(\frac{t}{T}\right)^2, \tag{10}$$

其中 T 为最大迭代次数, ω_0 为初始惯性权重, ω_T 为迭代至最大次数时的惯性权重。可以看出,当 $t = T$ 时,有 $\omega^t = \omega_T$ 。同时可以看出在迭代前期(t 值较小时), ω^t 的变化较慢,取值较大,维持了算法的全局搜索能力;在迭代后期(t 值较大时), ω^t 的变化较快,取值较小,极大提高算法的局部寻优能力。该惯性权重的设置能够有效避免算法陷入“早熟”收敛现象。

VNS 是一种结构构造启发式算法,它的基本思想是在一种邻域结构下的局部最优解不一定是另一种邻域结构下的局部最优解,在所有可能的邻域结构下的局部最优解有可能就是全局最优解^[12]。因此,VNS 算法有两个阶段,局域搜索过程是在同一个邻域结构内寻求局部最优解;改变邻域过程是在当前局部最优解 s 的基础上,通过改变邻域结构求得一个新的局部最优解 s' ,如果新的局部最优解优于前一个邻域下的局部最优解,即 $f(s') \leq f(s)$,则更新当前局部最优解为 s' 并在下一个邻域结构下继续进行搜索;否则,直接进入下一个邻域结构进行搜索。直到得到所有邻域结构下的局部最优解,则变邻域搜索结束,算法进入下一次迭代,这一过程能够使求解跳出局部最优。为了将 VNS 应用于求解车辆路径问题的粒子群算法中,需要定义适用于求解该问题的局部搜索过程的邻域结构集,本研究将采用 VNS 算法中的 4 种典型结构^[13],邻域结构集定义如下:

1) $N_1(s)$ 。插入(0-1 Exchange),即任意选中某一配送点,在原始位置移除后插入到任意位置,这可能导致配送点从一个路径转移到另一个路径。

2) $N_2(s)$ 。交换(1-1 Exchange),即任意选中两个配送点,将其在原位置移除后交换插入对方的位置,导致不同路径上的两个配送点进行交换。

3) $N_3(s)$ 。两元素优化(2-opt),即在局部最优解 s 的任意子路径 R_k 中任选两条弧 $a = [c_1, c_2]$ 和 $b = [c'_1, c'_2]$,用 $a' = [c_1, c'_1]$ 和 $b' = [c_2, c'_2]$ 替代他们,其他部分不变,则交换后的路径中 (c_2, \dots, c'_1) 这部分路径被反向,如图 1 所示。

4) $N_4(s)$ 。2-opt*,即任意从不同的两条子路径中各选择一条弧组成弧对, $a = [c_1, c_2] \in R_a$ 和 $b = [c'_1, c'_2] \in R_b$,构造两条新的边 $a' = [c_1, c'_2]$ 和 $b' = [c'_1, c_2]$,这种方法使得被选择的弧对后面的路径被完全交换,而不仅仅是交换单个客户,如图 2 所示。

在每一邻域结构内的局部搜索都要考虑所有可能的操作变化,选出最好的解作为该邻域的局部最优解。当配送点数量 L 不断增大时,在每一种邻域结构下进行全邻域搜索的规模会越来越复杂,局部搜索所需的时间会急剧增加,因此本文在局部变邻域搜索中选用随机搜索,即随机选取邻域结构 $N_k(s)$ 中的一个解 s_1 与局部最优解 s 进行比较,若 $f(s_1) < f(s)$,则取新的局部最优解 $s' = s_1$ 并进入下一种邻域结构 $N_{k+1}(s)$ 进行搜索;反之,从 $N_k(s) \setminus \{s_1\}$ 中随机选取解 s_2 ,重复以上过程,直到找到局部最优解 s' ,这就不用比较邻域内的所有可行解。

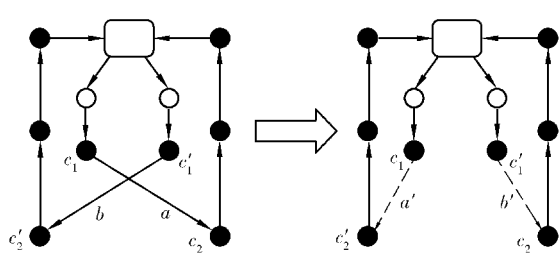


图 1 2-opt 算法举例

Fig. 1 The example of 2-opt

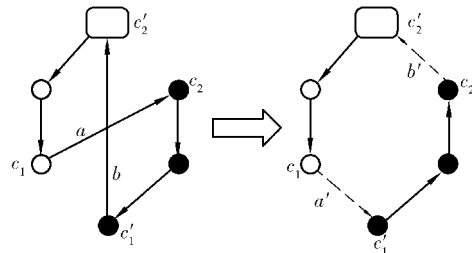


图 2 2-opt* 算法举例

Fig. 2 The example of 2-opt*

2.2 算法流程

1) 初始化粒子群算法的参数,主要包括加速因子 c_1 和 c_2 ,惯性权重值 ω_0, ω_T ,最大迭代次数 T 和粒子群规模 n ,每辆车的容量和最大行驶距离等。

2) 初始化粒子种群。采用整数编码方法^[14-15]初始化粒子种群的位置向量,维数为 $L+K-1$,每一个粒子的位置向量是在整数 $1\sim L$ 的随机序列中随机插入 $K-1$ 个 0。速度向量的维数与位置向量相同,每个速度向量的每一维随机取 $-L\sim L$ 之间的实数。

3) 计算适应度。将每个粒子的位置向量首尾各加上一个 0,保证满足约束(4)式,即转换成总路径的形式,且对应每辆车的子路径都应该同时满足(2)式的容量约束和(3)式的距离约束。对于满足约束的粒子,利用目标函数(1)式作为适应函数计算各粒子的适应度值;对于不满足约束条件的粒子,根据惩罚机制将其适应度值置为一个无穷大的数。

4) 将初始适应值作为每个粒子的个体最优值,并寻找种群的全局最优解。

5) 迭代更新。在每一次迭代中,按照(10)式更新惯性权重,并根据(8)和(9)式更新粒子群。将更新后的粒子群位置向量离散化^[15-16],利用步骤 3)的适应度函数计算所有粒子的适应度值,按照适应度值越小越好的原则更新每个粒子的个体最优值 p_{bi} 和群体最优值 p_g 。在得到本次迭代的局部最优解的基础上,利用上文中的 VNS 算法拓展局部搜索,得到优化的粒子种群和局部最优解。若达到最大迭代次数 T ,则跳出迭代循环。

6) 求解得到的全局最优解即表示最优的质押物配送路径方案,绘图给出最优车辆路径方案,并对算法的迭代寻优过程进行作图表示。

3 算例分析

假设在一次供应商还款后所释放的质押物总量为 10 000 件,现有 18 个供应商指定的质押物配送点,各点的位置坐标和配送量见表 1(序号 0 表示仓库所在地),有 5 辆货车可用于质押物配送。假设每辆车的容量均为 2 500 件货物,最大行驶距离均为 100 km。车辆需从仓库出发且最终回到仓库,求出使质押物配送总距离最小的配送路径方案。

在 Windows 10 系统下的 Matlab R2013a 版本中以相同的计算参数分别进行仿真试验,设置粒子群算法的初始种群规模 $n=1\ 000$,加速因子 $c_1=2$ 和 $c_2=2$,初始惯性权重 $\omega_0=0.9$,最终的惯性权重 $\omega_T=0.4$,最大迭代次数 $T=200$ 。运用只对惯性权重进行改进的基本粒子群算法进行求解,迭代过程和求得的质押物配送路径如图 3 和图 4 所示,求得的最优解总路径长度为 182.94 km。从算法收敛过程可以看出该算法多次长时间陷入局部最优解,在相同的迭代次数下,寻优能力较差。同时,它的质押物配送路径出现多次交错,显然不是一种距离最短的方案。

运用 PSO-VNS 算法进行试验,即在以上改进惯性权重的粒子群算法基础上,加入 VNS 算法对局部寻优过程进行改善,以避免算法长时间陷入局部最优,实现在有限的迭代次数中求得更好的可行解。算法收敛过程和最优质押物配送路径如图 5 和图 6 所示。

从算法收敛过程可以看出该算法基本能够快速跳出局部最优解,找到更优的可行解,从而以更快的速度找到全局最优解。从图 5 中可以看到,在算法迭代进行到第 80 次附近时就已经收敛,找到全局最优粒子向量为: $[13,0,9,4,5,0,1,8,18,14,7,0,2,3,11,12,0,6,15,17,10,16]$,表示的配送路径总距离为 146.389 2 km,也大大优于只对惯性权重改进的基本粒子群算法求得的最优配送路径总距离 182.94 km。因此,本研究所得的优化配送路径方案为:车辆 1:0→13→0;车辆 2:0→9→4→5→0;车辆 3:0→1→8→18→14→7→0;车辆 4:0→2→3→11→12→0;车辆 5:0→6→15→17→10→16→0。

表 1 仓库以及配送点的坐标和配送量

Tab. 1 The coordinates and distribution volume of warehouse and distribution point

序号	坐标	配送量	序号	坐标	配送量
0	(121.48,31.24)	0	10	(111.65,40.81)	350
1	(114.16,22.30)	500	11	(117.17,31.86)	450
2	(115.89,28.67)	300	12	(118.78,32.05)	750
3	(113.65,34.76)	800	13	(120.16,30.25)	700
4	(116.40,39.90)	1 000	14	(102.70,25.05)	300
5	(117.20,39.12)	500	15	(103.60,36.11)	350
6	(106.52,29.54)	1 150	16	(114.49,38.04)	400
7	(108.88,34.27)	450	17	(106.27,38.47)	200
8	(113.24,23.13)	750	18	(110.17,25.17)	500
9	(123.41,41.79)	550			

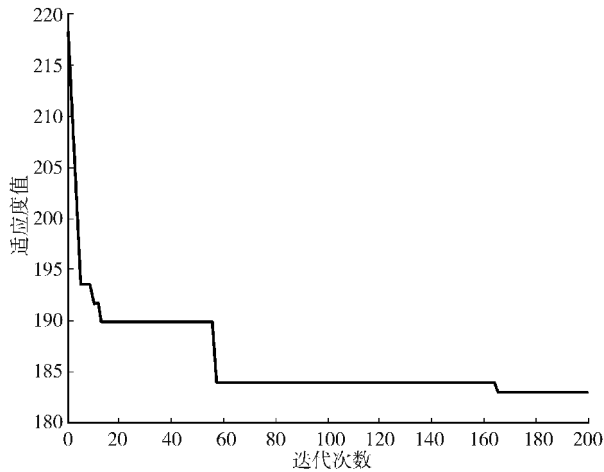


图 3 改进惯性权重的 PSO 算法收敛过程

Fig. 3 The convergence process based on the improved PSO

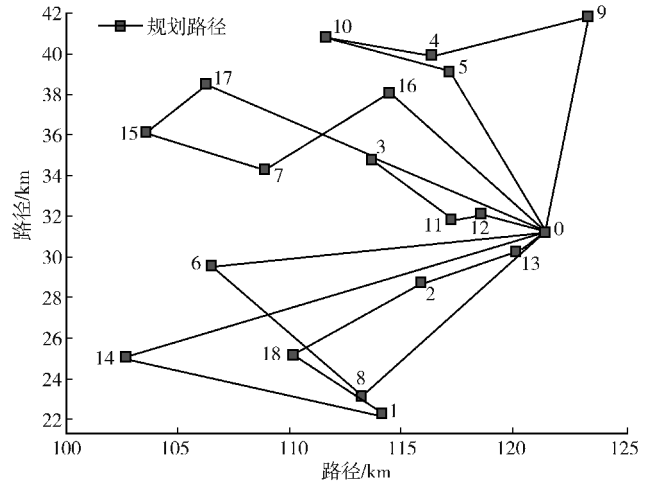


图 4 改进惯性权重的 PSO 算法所得配送方案

Fig. 4 The distribution scheme based on the improved PSO

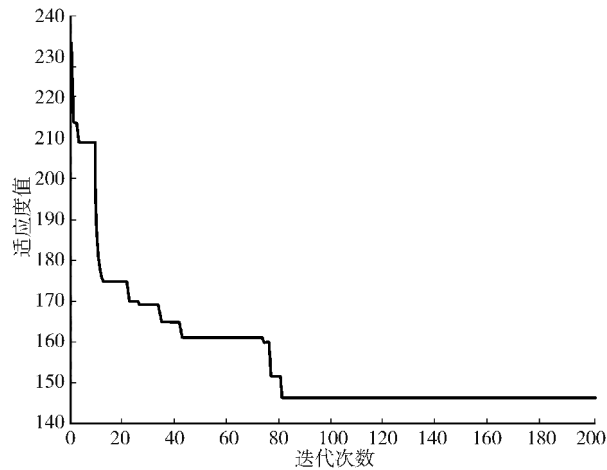


图 5 PSO-VNS 算法收敛过程

Fig. 5 The convergence process based on PSO-VNS algorithm

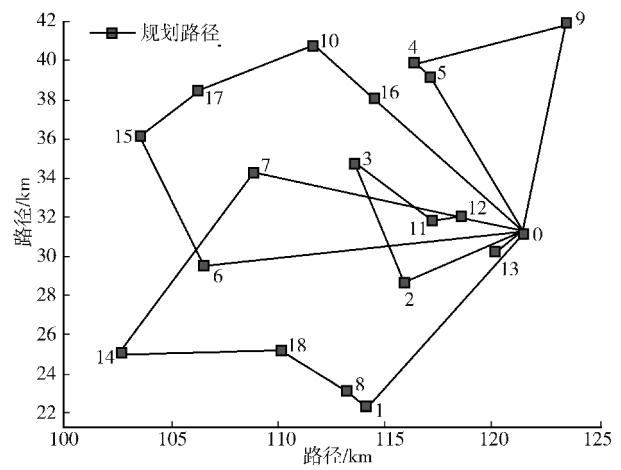


图 6 PSO-VNS 算法所得配送方案

Fig. 6 The distribution scheme based on PSO-VNS algorithm

4 结语

从物流金融中提供质押监管及配送服务的物流企业角度,对质押物配送路径进行优化,针对问题背景构建更加完善的数学模型。为求解该模型,在改进动态权重的粒子群算法基础上继续对算法进行完善,结合了全局搜索能力强的 VNS 算法,提出改进的变邻域搜索算法即 PSO-VNS。针对实际的应用案例,运用第 2 节中介绍的 PSO-VNS 算法求解最优的质押物配送方案,以测试该改进变邻域粒子群算法的性能。通过对比试验验证了本研究提出的改进变邻域粒子群算法具有较好的性能,相对于只对惯性权重进行改进的粒子群算法能够很好的避免“早熟”现象,且收敛速度更快。最终求得的配送路径方案可以认为是最优配送方案,能够为物流企业在配送路径优化上提供有力的帮助。

参考文献:

- [1] 刘杰.中华人民共和国物权法实施手册[M].北京:中国法律法制出版社,2007.
LIU J. People's Republic of China property law enforcement manual[M]. Beijing: China Legal Publishing House, 2007.
- [2] HOFMANN E. Inventory financing in supply chains: a logistics service provider-approach[J]. International Journal

of Physical Distribution & Logistics Management, 2009, 39 (9): 716-740.

- [3] 罗勇,陈治亚.基于改进遗传算法的供应链金融质押物配送路径优化[J].铁道科学与工程学报,2015,12(4):949-955.
LUO Y, CHEN Z Y. Distribution path optimization of pledge in supply chain finance based on improved genetic algorithm[J]. Journal of Railway Science and Engineering,

- 2015, 12(4):949-955.
- [4] 李宁, 邹彤, 孙德宝. 车辆路径问题的粒子群算法研究[J]. 系统工程学报, 2004, 19(6):576-600.
LI N, ZOU T, SUN D B. Particle swarm optimization for vehicle routing problem[J]. Journal of Systems Engineering, 2004, 19(6):576-600.
- [5] 陈建军. 蚁群算法在物流配送路径优化中的研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(2):268-271.
CHEN J J. Study on routing optimization for physical distribution based on ant colony algorithm[J]. Computer Simulation, 2011, 28(2):268-271.
- [6] 谷炜, 张群, 卫李蓉. 基于 GIS 的物流配送中心末端大规模车辆路径优化问题研究[J]. 中国管理科学, 2013(s1):379-389.
GU W, ZHANG Q, WEI L R. Method of large-scale vehicle routing problem based on GIS[J]. Chinese Journal of Management Science, 2013(s1):379-389.
- [7] 马祥丽, 张惠珍, 马良. 蝙蝠算法在物流配送车辆路径优化问题中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2015, 45(24):80-86.
MA X L, ZHANG H Z, MA L. Application of bat algorithm in vehicle routing problem of logistics distribution[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2015, 24(45):80-86.
- [8] 陈磊, 霍永亮, 霍波陶. 基于混合遗传算法的物流车辆调度优化[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2015, 32(2):7-12.
CHEN L, HUO Y L, HUO B T. Vehicle schedule optimization of logistics based on combinational genetic algorithm[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2015, 32(2):7-12.
- [9] 范成礼, 邢清华, 付强. 求解非线性双层规划问题的混合变邻域粒子群算法[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(2):473-480.
FAN C L, XING Q H, FU Q. A hybrid intelligent algorithm by combining particle swarm optimization with variable neighborhood search for solving nonlinear bilevel programming problems[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2015, 35(2):473-480.
- [10] HANSEN P, MLADENOVIC N. Variable neighborhood search[J]. Computer and Operations Research, 1997, 24(11):1097-1100.
- [11] TAKWA T, SAMI F, SAOUSSEN K. A hybrid metaheuristic for the distance-constrained capacitated vehicle routing problem[J]. Elsevier, 2014, 109:779-783.
- [12] 张晓楠, 范厚明. 混合分散搜索算法求解带容量约束车辆路径问题[J]. 控制与决策, 2015, 30(11):1937-1943.
ZHANG X N, FAN H M. Hybrid scatter algorithm for capacitated vehicle routing problem[J]. Control and Decision, 2015, 30(11):1937-1943.
- [13] KHOUADJIA M R, BRISEIDA S, ALBA E, et al. A comparative study between dynamic adapted PSO and VNS for the vehicle routing problem with dynamic requests[J]. Elsevier, 2012, 12(4):1426-1439.
- [14] 罗先国, 侍洪波. 非满载车辆路径问题的改进粒子群优化算法[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 2006, 32(7):767-771.
LUO X G, SHI H B. Improved particle swarm optimization for vehicle routing problem with non-full load[J]. Journal of East China University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2006, 32(7):767-771.
- [15] 陈利. 基于混合粒子群算法的物流配送车辆路径问题的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.
CHEN L. Research on vehicle routing problem based on hybrid particle swarm optimization algorithm[D]. Changsha: Central South University, 2007.
- [16] AVED S, IMTIAZ A, SABAH A. Particle swarm optimization for task assignment problem[J]. Micro-processors and Microsystems, 2002, 26:363-371.

Research on Distribution Path of Logistics Financial Collateral Based on Improved PSO-VNS

LIU Na¹, GAO Gengjun¹, LI Xiaohong²

(1. Logistics Research Center, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306;

2. College of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes] The delivery of collateral is a crucial operational process in inventory financing. Optimization of collateral delivery path can save delivery time, reduce collateral risk in transit and retrench transport costs. [Methods] Against this background, the capacitated vehicle routing problem is studied with distance constraints(DCVRP) consisting in deriving the most favorable vehicle pathways that minimize the vehicles' traveled distances subject to system requirements. To tackle the DCVRP, it is formulated as an integer-programming problem and a hybrid PSO-based heuristic algorithm is proposed, named improved PSO-VNS, which integrates a variable neighborhood search within the Particle Swarm Optimization. [Findings] The algorithm is applied to solve a application example, and the convergence process and results are compared with the basic Particle Swarm algorithm. [Conclusions] The case study shows that the improved PSO-VNS algorithm can quickly jump out of local convergence, so its global searching ability is improved and the global convergence speed is faster. The improved PSO-VNS algorithm can provide a better solution for the distribution path of the collaterals.

Keywords: inventory financing; collaterals distribution; vehicle routing problem; particle swarm optimization; PSO-VNS

(责任编辑 黄 颖)