

论坛与资讯

基于蚁群算法的军用车辆器材装箱配载问题

郭向阳, 杨冰峰, 张春和
(军事交通学院, 天津 300161)

摘要: **目的** 对军用车辆器材装箱配载问题进行合理优化, 以提高集装箱的空间利用率。**方法** 阐述了军用车辆器材装箱配载问题的重要性, 并对装箱配载问题进行理论分析, 应用蚁群算法建立数学模型和实现流程, 通过实例分析验证该算法的合理性。**结果** 利用蚁群算法模拟与优化装箱配载问题使集装箱利用率达到了 88.96%, 并确定出了最优的装箱配载方案。**结论** 蚁群算法能够对军用车辆器材装箱配载问题进行合理优化。

关键词: 军用车辆器材; 装箱配载; 蚁群算法; 优化

中图分类号: TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)11-0195-04

Packing Stowage of Military Vehicle Parts Based on Ant Colony Algorithm

GUO Xiang-yang, YANG Bing-feng, ZHANG Chun-he
(Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China)

ABSTRACT: The reasonable optimization of military vehicle equipment container loading was conducted, in order to improve the utilization rate of container space. The importance of military vehicle equipment container stowage problem was expounded, the packing and stowage problem was theoretically analyzed, ant colony algorithm was applied to establish mathematical model and implement the process, and the rationality of the algorithm was verified through case analysis. Using ant colony algorithm to simulate and optimize container loading problem, the container utilization rate reached 88.96%, and the optimal container stowage plan was determined. The ant colony algorithm could be used to reasonably optimize the military vehicle equipment container loading problem.

KEY WORDS: military vehicle parts; packing stowage; ant colony algorithm; optimization

合理配载^[1]是集装箱运输的前提条件, 配载质量的好坏将影响到整个集装箱运输系统的工作成本和运载效率。为了节约集装运输的工作成本, 提高集装运输的运载效率, 必须对集装箱的配载进行合理优化^[2], 充分利用其装载能力, 提高其使用效率。

21 世纪以来的几场局部战争表明, 全纵深、高精度、高强度的多种兵器综合火力打击已经主导战场, 而与作战相关的装备更是显著地呈现出“快节奏、高消耗、高损坏”的特点。军用车辆器材作

为后勤保障的重要物资^[3], 对于提高部队的战斗力和机动性具有重要的战略意义。由于军用车辆器材是从地方工厂订购, 器材品种杂, 几何形状各异, 尺寸和质量差异大, 包装规格尺寸杂乱, 使得军用车辆器材在进行集装配载时很难进行合理的布局和优化, 造成集装箱空间浪费大, 集装成本高, 集装效率低下, 进而影响到部队的配发和使用。为了提高军用车辆器材快速化、一体化和精确化保障能力与保障效率, 适应信息化战争条件下“急时应急”、“战时应战”的保障要求^[4], 必须采用科学合理的

收稿日期: 2016-01-26

作者简介: 郭向阳 (1995—), 男, 山西文水人, 军事交通学院硕士生, 主攻军用车辆器材管理。

通讯作者: 张春和 (1964—), 男, 湖北武汉人, 军事交通学院教授, 主要研究方向为军用装备器材包装与防护、组套与集装。

方法来优化集装箱的配载问题。

1 装箱配载问题描述

1.1 装箱配载的数学模型

设集装箱的长、宽、高分别为 L, W, H , 最大装载重量为 G , 所装货物的种类数为 n , 货物 i 的长、宽、高、质量分别为 l_i, w_i, h_i, m_i , 集装箱的数量为 K 。装箱^[5]的目标为: 在满足一系列约束条件下, 使集装箱的体积装载率达到最大化, 以提高集装箱的空间利用率, 获得最佳效益。由此可得装箱配载的目标函数^[6]:

$$\max V = \frac{\sum_{i=1}^n (l_i * w_i * h_i)}{\sum_{j=1}^K (L_j * W_j * H_j)} \quad (1)$$

$$\text{约束条件} \begin{cases} \sum_{i=1}^n (l_i * w_i * h_i) \leq V \\ \sum_{i=1}^n m_i \leq G \end{cases}$$

上述约束表示货物的总体积和总重量要在集装箱的承受范围之内。除此之外, 考虑到实际情况, 规定货物只能侧放或立放, 货物可以在水平方向上进行旋转^[7]; 货物装载的重心要在允许范围内, 以确保箱体稳定, 保证运输安全。

1.2 集装箱的空间处理

采用不同的空间划分^[8]方法将会影响到集装箱的空间利用率, 因此要采取适当的空间分割方法。文中采用三空间分割法^[9], 即当货物装入剩余空间后, 该空间被拆分为前面、上面和右面等 3 个子空间。这一过程实际上就是搜索剩余空间的过程。

2 军用车辆器材装箱配载问题的蚁群算法

2.1 蚁群算法的原理

蚁群算法^[10]是根据自然界中蚂蚁觅食行为所衍生出的一种随机搜索路径的算法。蚂蚁在寻找食物的过程中通过自身分泌的信息素^[11]来进行信息交流, 并以此来确定接下来的觅食路线, 在此过程中, 蚂蚁所经过路径上的信息素浓度会逐渐消减, 而哪条路线所聚集的蚂蚁数量多, 哪条路线的信息素浓度

就会增高, 从而聚集更多的蚂蚁, 如此往复, 最终蚁群会集结到某条路线上, 而这条路线便是蚁群觅食的最优路线。由此, 可以根据这一原理, 将蚁群算法应用到三维空间寻优。

2.2 蚁群算法的特点

2.2.1 较强的自组织性^[12]

系统的自组织性是维持一个系统稳定和发展的前提, 是一个从混沌到有序的过程, 这种自组织性来源于系统的内部。在蚁群算法初始阶段, 蚁群进行无序的“觅食”活动, 而随着时间的递增, 蚁群所分泌的信息素开始逐渐发挥作用, 使得蚁群朝向某条路径聚集, 在选择觅食线路上逐步趋于稳定, 直至搜寻到最佳路径, 这便是一个从混沌到有序的过程。

2.2.2 较强的正反馈性^[13]

正反馈是一种反馈的形式, 是指系统的受控机制传递出正向的反馈信息, 在反馈信息的刺激和调节下, 又使受控机制的活动和性能进一步得到加强的调节机制。在蚁群算法中, 蚂蚁之所以能够搜索到觅食的最佳线路, 直接取决于该线路上信息素浓度的积累, 信息素浓度的积累使聚集的蚂蚁数量增多, 而蚂蚁数量的增多又进一步促进了信息素浓度的积累。由此可见, 信息素浓度的积累过程便是一个典型的正反馈过程。

2.2.3 较强的鲁棒性

鲁棒性^[14]即为系统在一定的影响下所具备的抗变换性, 鲁棒性的强弱直接关系到系统的稳定性和抗干扰性。对于鲁棒性较强的系统而言, 当系统某些参数发生摄动时, 系统仍能很好地维持其大部分性能。蚁群算法对初始路线的选择要求低, 且所需的参数数量少, 当参数在适当的范围内进行波动时, 并不影响算法对于全局路线最优的求解, 可见较强的鲁棒性使其更适合求解空间寻优问题。

2.3 基本蚁群算法

每只蚂蚁在行进过程中都会记录自己所经过的货物, 记录的方式是将遍历过的货物列入到一个禁忌表 $tabu_k$ 中 ($tabu_k$ 表示第 k 个蚂蚁的禁忌表), 按照这种方式, 每只蚂蚁从起点开始出发, 经过所有的货物一次且仅有一次, 并最终回到初始点。蚂蚁从货物 i 行进到货物 j 的选择概率如下:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_j(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_j [\tau_j(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}, & j \in j_k(i) \\ 0, & j \notin j_k(i) \end{cases} \quad (2)$$

式中： $\tau_j(t)$ 为 t 时刻货物 j 上的信息素浓度； α 为启发因子； β 为期望式启发因子； $\eta_{ij}(t)$ 为反映路径信息的参数，会随着货物种类的变化而变化，

$$\eta_{ij}(t) = \frac{V_j}{d_j^2},$$
 其中 d_j 表示货物 j 的底置等级， V_j 表示

货物 j 的体积； $j \in j_k(i)$ 表示 j 是蚂蚁还未到过的货物，即禁忌表中未出现过的货物。当一只蚂蚁走过所有的货物后，需要对该蚂蚁所走过路径上的信息素浓度进行更新，更新方式如下：

$$\tau_j(t+1) = (1-\rho)\tau_j(t) + \Delta\tau_j(t)$$

$$\Delta\tau_j(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_j^k(t)$$

$$\Delta\tau_j^k(t) = \lambda * f^k(t)$$

式中： ρ 表示信息素浓度的消减系数； $1-\rho$ 为信息素浓度的余留； $\rho \in (0,1)$ ； $\Delta\tau_j(t)$ 表示 (i,j) 上的信息素浓度增加量，0 时刻的信息素浓度 $\tau_j(0)$ 为一常数； $\Delta\tau_j^k(t)$ 表示第 k 只蚂蚁在货物 j 上所分泌的信息素浓度； $\lambda \in (0,1)$ ； $f^k(t)$ 表示 t 时刻集装箱的体积利用率。

2.4 蚁群算法的实现流程

首先对车辆器材进行编号，同种器材编号相同，不同器材编号不同，并按照底置等级递减、体积递减的策略对器材进行排列顺序。再根据器材的种类 N 来确定蚂蚁的数量为 M ，将每只蚂蚁初始时刻的位置记录在该蚂蚁禁忌表的首要位置，并且根据状态转移概率公式来选择下一类器材。当蚂蚁从器材 i 运动到器材 j 后，将器材 j 列入到禁忌表中。经历过 1 次循环后，计算出蚁群所建立的配载方案，再依据上述公式对 $\Delta\tau_j(t)$ 进行更新，并重置所有蚂蚁的禁忌表。重复以上过程，比较每次的配载方案，并保存其中的最优配载方案。当循环计数器到达最大次数，循环终止，并输出最优配载方案。具体算法流程见图 1。

3 实例分析

为完成上级保障任务，某战区某个车辆器材配

送中心需要将十几种不同的军用车辆器材配发到多个基层部队，要求使用某型集装箱对该批器材进行集装配载。该型集装箱的相关参数：内部尺寸为 12 025 mm × 2340 mm × 2670 mm，容积为 75 m³，最大载重质量为 22 000 kg。试确定合适的单箱配载方案，军用车辆器材经防护包装后，其单件尺寸、质量参数见表 1。

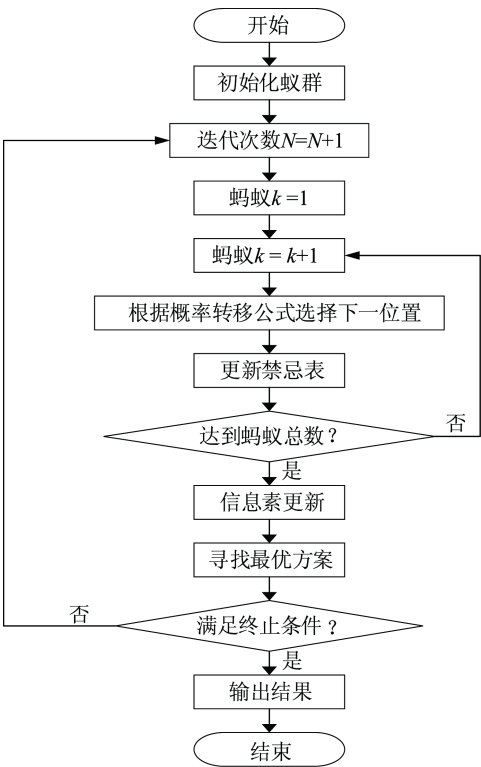


图 1 蚁群算法实现流程

Fig.1 Implementation process of ant colony algorithm

表 1 车辆器材参数
Tab.1 Parameters for military vehicle parts

车辆器材编号	长/m	宽/m	高/m	质量/kg
A	1.20	0.27	0.48	14.40
B	1.20	0.47	0.56	14.40
C	0.70	0.31	0.58	11.80
D	0.74	0.19	0.89	14.00
E	0.86	0.19	0.77	14.70
F	0.74	0.18	0.85	15.50
G	0.86	0.19	0.77	15.70
H	0.16	0.20	0.90	15.90
I	0.40	0.40	0.60	8.88
J	0.20	0.30	0.40	2.22
K	0.20	0.20	0.30	1.12

利用前面介绍的基本蚁群算法对其进行建模和求解。设定初始的参数值： $\alpha=1$ ， $\beta=5$ ， $\rho=0.1$ 。根据

以上模型和所给的参数, 设定迭代次数为 30 次。根据公式 (1), 求得最终的空间利用率为 88.96%, 并确定出最优的配载方案。配载效果见图 2。

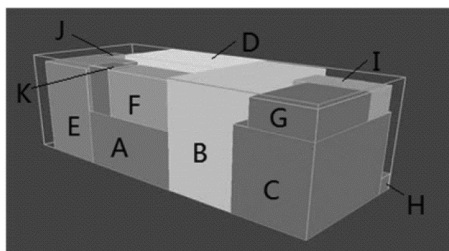


图 2 配载效果

Fig.2 Stowage renderings

4 结 语

军用车辆器材装箱配载方案的优化有利于提高集装箱的空间利用率, 节约部队经费, 减少搬运设备的种类和提高军用车辆保障能力。应用蚁群算法, 确定出最优的装箱配载方案, 但在实际应用中会受到车辆器材品种、形状、重量、原厂包装规格尺寸等诸多因素影响。在以后的研究中需要大力推进军用车辆器材包装标准化^[15]基数组套包装工作, 以提高军用车辆器材装箱配载优化方案的应用价值和效率。

参考文献:

- [1] 李勤真. 不同箱型军用物资配载优化研究[J]. 物流科技, 2009(4):78—79.
LI Qin-zhen. Study on Loading Optimization of Military Materials in Different Containers[J]. Logistics Technology, 2009(4):78—79.
- [2] 李勤真, 吕容胜. 军用集装箱滚装托盘配载优化研究[J]. 起重运输机械, 2013(12):76—80.
LI Qin-zhen, LYU Rong-sheng. Research on Optimization of Military Container Stowage Tray Roll[J]. Lifting the Transport Machinery, 2013(12):76—80.
- [3] 王亮. 军用车辆器材保障概论[M]. 北京:金盾出版社, 2014.
WANG Liang. Introduction to Military Vehicle Equipment Support[M]. Beijing:Jindun Publishing House, 2014.
- [4] 张春和. 军用车辆器材基数组套包装与集装化储运研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2):71—75.
ZHANG Chun-he. Military Vehicle Equipment Base Set Packaging and Container Transportation Research[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2):71—75.
- [5] 邢斌, 杨信廷, 钱建平, 等. 基于遗传算法的规则包装农产品三维装箱模型[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8):237—240.
XING Bin, YANG Xin-tin, QIAN Jian-ping, et al. Three Dimensional Packing Model of Agricultural Products Based on Genetic Algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(8):237—240.
- [6] 李鹏, 汤勇. 三维货物装箱问题的研究发展[J]. 铁道科学与工程学报, 2015, 12(5):1232—1242.
LI Peng, TANG Yong. Review on Three-dimensional Bin Packing Problem[J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2015, 12(5):1232—1242.
- [7] 张晓蕊, 刘向东. 具有承载能力约束的装箱问题的蚁群算法[J]. 大连民族学院学报, 2015(5):265—266.
ZHANG Xiao-rui, LIU Xiang-dong. Ant Colony Algorithm for Packing Problem with Load Capacity Constraints[J]. Journal of Dalian Nationalities University, 2015(5):265—266.
- [8] 刘忠铁, 马东立. 一种高效空间分割算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2010, 36(4):434—437.
LIU Zhong-tie, MA Dong-li. Efficient Arithmetic for Space Partitioning[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 36(4):434—437.
- [9] 杜立宁, 张德珍, 陈世峰. 蚁群算法求解复杂集装箱装载问题[J]. 计算机应用, 2011(8):76—78.
DU Li-ning, ZHANG De-zhen, CHEN Shi-feng. Ant Colony Algorithm for Solving Complex Container Loading Problem[J]. Journal of Computer Applications, 2011(8):76—78.
- [10] 夏亚梅, 程渤. 基于改进蚁群算法的服务组合优化[J]. 计算机学报, 2012, 35(2):273—275.
XIA Ya-mei, CHENG Bo. Service Composition Optimization Based on Improved Ant Colony Algorithm[J]. Chinese Journal of Computers, 2012, 35(2):273—275.
- [11] 段海滨, 马冠军. 一种求解连续空间优化问题的改进蚁群算法[J]. 系统仿真学报, 2007(3):975—977.
DUAN Hai-bin, MA Guan-jun. An Improved Ant Colony Algorithm for Continuous Space Optimization[J]. Journal of System Simulation, 2007(3):975—977.
- [12] 刘艳芹, 高栋. 论系统的自组织性[J]. 科教文汇, 2008(10):285—286.
LIU Yan-qin, GAO Dong. On the Self Organization of the System[J]. The Science Education Article Collects, 2008 (10):285—286.
- [13] 郭雷. 关于反馈的作用及能力的认识[J]. 自动化博览, 2003(20):1—3.
GUO Lei. On the Role of Feedback and the Ability to Understand[J]. Automation Panorama, 2003(20):1—3.
- [14] 褚健, 胡协和, 王树青. 关于最优调节器 LQR 鲁棒性的讨论[J]. 控制与决策, 1992, 7(6):478—481.
CHU Jian, HU Xie-he, WANG Shu-qing. Discussion on the Robustness of the Optimal Regulator LQR[J]. Control and Decision, 1992, 7(6):478—481.
- [15] 张春和. 车辆器材与防护包装技术[M]. 天津:军事交通学院出版社, 2002.
ZHANG Chun-he. Vehicle Equipment and Protective Packaging Technology[M]. Tianjin:Press of Military Traffic College, 2002.