

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.08.004

基于遗传算法的舰载机弹药调度次序

吕晓峰¹, 郭小威², 王云飞³

(1. 海军航空工程学院兵器科学与技术系, 山东 烟台 264001; 2. 海军航空工程学院研究生管理大队, 山东 烟台 264001;
3. 中国人民解放军 92407 部队, 辽宁 绥中 125200)

摘要: 为了解决传统的运筹方法难以实现舰载机弹药调度的问题, 提出基于遗传算法的舰载机弹药调度方法。对弹药调度阶段和挂载阶段进行分析, 建立弹药调度次序模型并采用评分制加以量化, 调整了遗传算法算子使其适应所建模型的求解。仿真结果表明: 调整后的遗传算法运行平稳, 收敛速度快, 得出的弹药调度次序有效协调了 2 阶段保障工作, 保证了各个停机位挂弹工作的连续性, 提高了挂弹效率。

关键词: 弹药调度; 排序; 评分制; 遗传算法

中图分类号: TJ41 **文献标志码:** A

Sequence Analyzing of Carrier-Based Aircraft Ammunition Scheduling Based on Genetic Algorithms

Lu Xiaofeng¹, Guo Xiaowei², Wang Yunfei³

(1. Dept. of Ordnance Science & Technology, Naval Aeronautic Engineer Academy, Yantai 264001, China;
2. Administrant Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautic Engineer Academy, Yantai 264001, China;
3. No. 92407 Unit of PLA, Suizhong 125200, China)

Abstract: In order to solve the problem of tradition operational method difficult to realize carrier-based aircraft ammunition scheduling, put forward carrier-based aircraft ammunition scheduling method based on genetic algorithms. Analysis the scheduling phases and mounting phases of carrier-based aircraft ammunition, the model of carrying-out schedule is set up and quantified with method of grade setting, and operators of genetic algorithms are adjusted to adapt to algorithm solving. Simulation result shows that adjusted algorithm operates stably, converges quickly, and sequence of ammunition scheduling harmonizes tow phases of support effectively, ensures the continuity of ammunition installing, and the efficiency is improved.

Keywords: ammunition scheduling; sequencing; grade setting; genetic algorithms

0 引言

舰载机弹药保障对时间要求非常严格, 尤其是在舰载机返航后再次出动准备期间。舰载机弹药保障可分为 2 个阶段: 一是从弹药仓库经升降机到飞行甲板的调度过程; 二是飞行甲板上机务人员的挂弹过程。第 1 阶段弹药调度次序的安排对第 2 阶段挂弹效率影响很大, 2 个过程的协调进行对提高弹药保障效率至关重要。保障过程中, 弹药挂载时间一般不大于每批次的弹药调度时间, 没有安排调度次序的保障任务在某些时间段调度到各个停机位的批次量可能相差很大, 从而出现有的保障机组任务繁忙, 而另外一些则处于闲滞状态。弹药调度次序是合理安排调度任务, 满足每个停机位的机务人员有充足的弹药进行挂载。

弹药调度任务执行方案数量随着任务的增加呈指数级上升, 穷举法选优已不切实际; 运筹学领域采用图与网络分析法^[1], 但操作不便, 且工作量极

大, 非常不利于实际工程的计算机自动化实现。进化算法的出现给此类问题的解决提供了新的思路, 并已成功应用于资源调度^[2]等问题的解决。基于生物进化机制的遗传算法在资源分配^[3-4]及生产调度^[5]问题的求解方面较其它算法优势明显^[6-7], 因此, 笔者分析弹药调度的约束条件, 运用遗传算法对舰载机弹药调度次序问题进行建模与仿真, 通过合理的染色体编码及操作算子的设置, 以达到优化调度的目的。

1 弹药调度次序模型描述

1.1 弹药调度问题描述

舰载机弹药调度工作主要通过武器升降机完成, 参与调度任务的各个升降机担负调度批次量及其保障的停机位由上级部门下达。但没有排列各个升降机所负责任务的执行次序, 即没有考虑甲板挂弹阶段的进行情况, 这就很可能导致某个时间段一些停机位挂弹任务繁忙, 而另外一些停机位无弹可

收稿日期: 2011-05-09; 修回日期: 2011-06-09

作者简介: 吕晓峰(1982—), 男, 江苏人, 硕士研究生, 讲师, 从事航空军械保障工程研究。

挂。笔者从该问题着手, 分析研究调度任务, 合理安排各个升降机的任务执行次序, 使得两阶段保障过程有序高效地进行。

1.2 弹药调度次序模型建立

在一次舰载机编队弹药保障任务中, 有 m 个升降机负责向 n 个停机位调度弹药。每个升降机调度到停机位的弹药批次量为 $M_i (i=1, \dots, m)$ 。为保证挂弹工作的持续性, 应使所有升降机的每批次弹药尽量调度到不同的停机位处, 这也是模型力求达到的目标。

将各个升降机的调度任务列为数组:

$$P_i = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{iM_i}] \quad i=1, \dots, m \quad (1)$$

式中: p_{ij} 为第 i 个升降机的第 j 批次弹药到达的停机位编号, $p_{ij} \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。

则, 矩阵

$$P = [P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_m]^T \quad (2)$$

即表示为升降机弹药调度任务执行次序的一个排列方案。

评价执行方案优劣则是依据其所表示的信息, 这里应用评分制, 并作出如下定义:

定义 1 提取所有升降机第 j 批次弹药调度所要到达的停机位编号 $p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{mj}$ (第 j 批

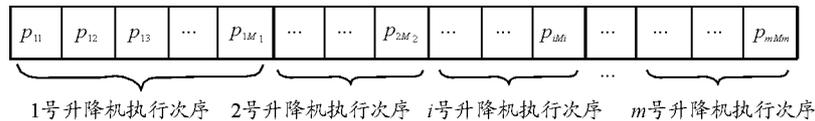


图 1 弹药调度执行方案染色体编码

该编码方案保证了每个升降机所担负任务不变, 只调整其执行次序, 使每个染色体所表示的执行方案都是可行的, 然后再从中择优, 直至得到满意解。

根据上述编码方案, 初始种群(大小为 S)的产生不再是随机数的填充, 而是每段染色体所表示停机位编号次序的随机排列。

2.2 适应度函数

寻求最优的调度执行方案即是解决目标函数的最大化问题, 又可知 $R > 0$, 则适应度函数可直接设为:

$$Fit[R] = R \quad (4)$$

此处采取精英保留策略。计算得出各染色体适

次没有调度任务的升降机不算入, 即有 $m' \leq m$, m' 个编号中若有 m' 个互异则本批次调度得分 $r_j = m'$, 若有 $m'-1$ 个编号互异则得分 $r_j = m'-1, \dots$, 以此类推取得各批次调度执行得分。整个方案得分为各批次分数之和, 得分越高则方案越优。

则可得到模型对方案优劣评价的目标函数:

$$R = \max \sum_{j=1}^{\max(M_i)} r_j \quad (3)$$

2 算法实现

因该模型所描述约束条件多、包含信息多, 用标准遗传算法确定舰载机弹药调度执行方案显得相当繁复。因此, 这里对遗传算法的操作因子加以调整和改进行^[8-9], 使其变成适用于此模型的新形式。

2.1 编码方案

遗传算法染色体采用实值分段编码^[10]。每条染色体表示一个弹药调度执行方案。染色体共 m 段, 每段表示一个升降机的调度任务执行次序, 如图 1, 其中每个基因值即表示本批次弹药所要到达的停机位编号。

考虑到整个保障任务的弹药调度批次不是太大, 亦即是染色体长度在可接受的范围内, 因而该种编码方案是可行的。

应度值, 将适应度值较大的前 S' 个染色体直接选择进入下一代, 并不参与交叉和变异运算, 以保证当前最优染色体不被破坏。

2.3 选择运算

染色体选择概率分配方法采用适应度比例方法, 即各个染色体被选择的概率和其适应度成比例。设群体大小为 S , 个体 s 的适应度为 f_s , 则这个染色体被选择的概率为:

$$p_s = \frac{f_s}{\sum_{s=1}^S f_s} \quad (5)$$

选择操作根据染色体的选择概率采用轮盘赌选择策略实施。

2.4 交叉运算

标准遗传算法的交叉运算首先要求染色体配对。而依据 2.1 节编码方式，两染色体交叉后，新染色体将不再是可行解，即改变了升降机的调度任务。基于此，对交叉运算加以转变。染色体不进行配对，交叉对象为图 2 中 2 个箭头中间所指部分，表示一个升降机任务执行次序的染色体段。采用两点交叉方式，为保证新染色体表示的执行方案可行，2 个交叉点必须在同一段染色体内，如图 2。

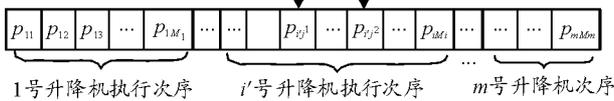


图 2 两点交叉运算

操作过程如下：首先随机产生进行交叉的染色体段，然后在此段染色体内随机选择 2 个交叉点，在交叉概率 P_c 的控制下将 2 个交叉点之间的染色体段倒序重新排列，即得到一个新染色体。

2.5 变异运算

在每段染色体内随机产生变异点，考虑其所在染色体段内的所有基因值(即为停机位编号)，在变异概率的控制下随机变异为另一基因值，并将另一基因变异为此变异点处原来的基因值，以保证染色体表示为可行方案。

2.6 算法流程

- 步骤 1：初始化算法参数交叉概率 P_c 、变异概率 P_m 、种群大小 S 等；
- 步骤 2：根据调度任务产生初始种群；
- 步骤 3：依据式 (4) 计算所有染色体的适应度值，并将适应度较好的前 S' 个染色体作为精英个体直接进入下一代种群；
- 步骤 4：轮盘赌选择操作；
- 步骤 5：对每条染色体随机产生交叉染色体段，在此染色体段内随机选择两交叉点，执行交叉运算；
- 步骤 6：变异运算；
- 步骤 7：若满足结束条件，转步骤 8，否则转步骤 3；
- 步骤 8：输出当前最优解。

3 仿真运算

某次舰载机弹药调度任务中，有 5 个停机位，弹药需求批次量分别为 10、4、7、9、5，共 35 批次。共有 6 个升降机参与调度任务，单个升降机均

可供任一停机位，上级部门下达的调度任务为：

$$P = \begin{bmatrix} 1(4.4) & 1(4.4) & 1(4.4) & 4(4.1) & 4(4.1) & 5(4.9) & 5(4.9) \\ 2(5.0) & 2(5.0) & 3(4.7) & 3(4.7) & 3(4.7) & 5(6.9) & 0 \\ 1(3.9) & 1(3.9) & 1(3.9) & 2(4.5) & 2(4.5) & 3(3.7) & 4(3.9) \\ 1(5.2) & 1(5.2) & 3(5.1) & 3(5.1) & 4(5.7) & 5(5.6) & 0 \\ 4(6.0) & 4(6.0) & 4(6.0) & 4(6.0) & 5(4.4) & 0 & 0 \\ 1(7.8) & 1(7.8) & 3(7.0) & 4(7.9) & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中：行号即为该升降机编号；列号为第几批次弹药；元素数值为弹药类型编号，其中 0 表示该升降机本批次没有调度任务，括号内数字为本批次调度执行时间。

根据调度模型及改进的遗传算法，采用 MATLAB 编程实现运算。其中相关参数初始化为：种群大小 $S=50$ ，交叉概率 $P_c=0.6$ ，变异概率 $P_m=0.002$ ，精英保留数量 $S'=5$ ，迭代次数 $N=500$ 。

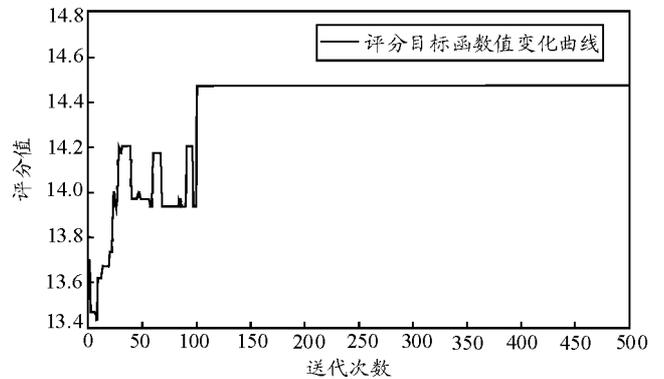


图 3 遗传算法进化过程

从图 3 可以看出，在经历了初期大范围选择后，算法进化平稳，收敛速度快。运算得到的弹药调度任务执行方案为：

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} 5 & 1 & 1 & 5 & 4 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 3 & 0 & 3 & 3 & 5 \\ 1 & 4 & 2 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 5 & 3 & 0 & 1 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 5 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

式中元素含义同式 (6)，这里略写了时间。反映在甘特图上，执行过程如图 4。运算得出的优化调度任务执行方案中，保证了机务人员在时间节点 7、15、21、28、33 上都有弹药可供挂载。如，1 号停机位基本在不同的时间段内接收到 3、4、1、1、3、4、1 号升降机的弹药调度；其它停机位亦是如此。实现了调度任务的相对均匀分配，保证了个停机位弹药挂载连续顺利地进行。