

基于遗传算法的航材库存控制优化模型

李圆芳, 樊 玮

(中国民航大学 计算机学院, 天津 300300)

摘要:航材备件库存优化是航空公司减少资金占用、增加经济效益的关键问题,常见的方法大都采用线性规划建模,且缺乏对航材整体保障率的综合考虑。针对上述问题,文中以高价周转件为对象,从航材保障率的基本定义出发,建立了一个既考虑航材总体保障率,又考虑航材总体占用资金较少的线性规划模型,并采用遗传算法对该模型求解。结果表明,在不降低航材整体保障率的前提下,和波音公司首期备件清单推荐的备件数相比,文中的模型无论是在备件数量还是在备件占用资金总量上,都有大幅度降低。

关键词:航材备件;库存优化;遗传算法;保障率

中图分类号:V25

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)11-0186-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.11.047

Optimization Model of Aviation Spares Inventory Control Based on Genetic Algorithm

LI Yuan-fang, FAN Wei

(College of Computer, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Aviation spares inventory optimization has always been the key issue that how to reduce its occupation cost and how to increase economic benefit for all airlines. Most common methods to solve this issue are based on linear programming model without considering the ensuring rate of the whole aviation spares system. To solve this problem, with expensive repairable aviation spares as the research subject, considering the overall cost and the ensuring rate of the whole aviation spares system, a new linear programming model from the definition of aviation spares ensuring rate is built, which is solved by genetic algorithm. The results suggest that the model in this paper can reduce the occupation cost and the inventory of aviation spares a lot, compared with the number of spare parts by the recommended spare parts list from Boeing company, at the same time it can ensure the aviation spares ensuring rate well.

Key words: aviation spares; inventory optimization; genetic algorithm; ensuring rate

0 引言

目前,我国大部分的航空公司采购航材备件的主要依据依然是飞机制造厂家提供的首期备件清单^[1],这种采购模式存在航材备件积压严重的问题,库存的利用率和周转率很低,航材备件积压占用了航空公司大量资金,在很大程度上阻碍了航空公司的经营运转^[2]。因此,航材库存控制优化一直是需求驱动下的应用与学术研究热点之一。国内对航材库存控制优化方法的研究主要是从供应链管理的角度出发,研究航材供应商、航材管理部门、航空公司所有维修车间的航材周转流程,其主要目标是加快航材周转、减少航材库存^[3-7]。相比较而言,国外航空公司在航材的管理,库

存控制优化方面做的比国内航空公司要好^[8-9]。近几年国外流行一种新的航材管理模式,对于中小型航空公司来说可以将航材保障业务外包出去,这样可以使中小型航空公司腾出大量的资金用于购买或是运营新飞机等核心业务上,而不是将大量的资金投入自营一个昂贵的航材库^[10]。

在建模方面,以线性模型居多,如高峰等在综合考虑需求预测和航材采购的约束条件下,建立了一个线性的多周期优化模型^[11];赵洪军等采用随机需求,分别对单品种航材和多品种航材库存需求建模^[12]。但这类模型通常将飞机总体看作是由各个重要航材部件串联而形成的系统,航材系统总保障率为所有航材备件保障率的乘积。有些模型甚至采用首期备件清单,

收稿日期:2013-11-15

修回日期:2014-03-06

网络出版时间:2014-09-11

基金项目:国家自然科学基金委、中国民航局联合基金(U1333109)

作者简介:李圆芳(1987-),女,硕士研究生,研究方向为智能信息处理及民航应用系统开发。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140911.0942.003.html>

直接设定每种航材的上下限,而不考虑航材保障率。这种做法在实际中稍显不妥,因为航材部件的种类繁多,其中最为关键的周转件就有 400 多种,即使每个航材部件的保障率很高,串乘之后,航材系统总的保障率也会是一个很小的值。

另一方面,由于航材控制考虑因素较多,航材种类数目较大,这对基于线性规划建立的模型求解带来较大麻烦^[13-15]。

针对上述问题,文中依据波音公司推荐的航材备件预测算法,在综合考虑总体费用和保障率的情况下,从航材保障率的基本定义出发,建立了一个航材备件系统总体库存优化模型,并进一步利用遗传算法完成模型求解。

1 问题描述

航材按其使用特点可以分为消耗件和周转件,消耗件是指使用后再无法使用的航材,或不值得修理的航材,周转件是指经修理后还能继续使用的航材。航空维修中的周转件,大多为高价件,高价周转件的种类虽然不多,但却占用大量资金,所以航材备件优化主要集中在对周转件的优化上。

每种机型大约有 400 多种周转件,这些周转件对飞机的正常运行起着至关重要的作用,故可以将所有的周转件看作一个系统进行优化,即如何以尽可能少的资金储备一定数量的航材周转件,且尽可能地提高航材保障率。

2 模型的建立

首先给出航材保障率的定义,航材保障率是指当有了航材部件的申请时,能够及时得到航材供应的概率,定义如下:

航材保障率 = $\frac{\text{Count} - \text{count}_1}{\text{Count}} \times 100\%$

其中,Count 为一段时间内申请航材部件的次数;count₁ 为该段时间内缺件的次数。

航材系统总的航材保障率为申请所有航材部件能够及时得到部件的概率。

设航材系统有 n 种部件, $N_i(t)$ 表示 $(0, t)$ 时间段内第 i 种部件发生故障需要更换的次数, $i = 1, 2, \dots, n$; x_i 表示第 i 种部件配置的备件数。

第 i 种航材的保障率 $R_i(t, x_i) = R_i$ 。

$R_i(t, x_i) = P\{N_i(t) \leq x_i\}$

航材系统总的航材保障率 $R(t, x)$ 为:

$R(t, x) =$

$P\{N_1(t) + N_2(t) + \dots + N_n(t) \leq x_1 + x_2 + \dots + x_n\}$

这样构造出的优化模型如下:

目标函数: $\min\{C = \sum_{i=1}^n c_i x_i\}$ 。

约束条件:

(1) $P\{\sum_{i=1}^n N_i(t) \leq \sum_{i=1}^n x_i\} \geq R$

(2) $P\{N_i \leq x_i\} \geq R_i \quad i = 1, 2, \dots, n$

式中, C 为系统的总费用; c_i 为第 i 种航材的单价; R 为航材系统总的航材保障率; R_i 为第 i 种航材的保障率。

根据波音公司推荐的航材备件预测模型,航材的消耗量一般服从泊松分布。如果某类航材部件的故障率为 λ , 即该类航材部件的需求率,则该航材部件在 $(0, t)$ 的时间段内发生的故障次数服从参数为 λt 的指数分布,即

$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$

那么该航材部件在 $(0, t)$ 时间段内发生故障的次数服从参数为 λt 的泊松分布:

$P\{N(t) = k\} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$

根据泊松分布的叠加性质,对于整个航材备件系统来说,总的航材发生故障的次数也服从泊松分布,即

$P\{N_1(t) + N_2(t) + \dots + N_n(t) < k\} = \frac{(\sum_{i=1}^n \lambda_i t)^k}{k!} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}$

其中参数的计算如下:

$\lambda t = \text{FL} \times \text{FH} \times \text{AT} \times (\text{URR} / 1\,000) \times N$

其中,FL 为机队规模;FH 为每天每架飞机的平均飞行小时数;URR / 1 000 为每 1 000 飞行小时的部件非计划拆换率;N 为每架飞机的部件装机数;AT 为预测的时间段,对于周转件就是它的修理周期。

对于给定航材系统总的航材保障率 R ,需要的备件总数应满足如下两式:

$\sum_{k=0}^s \frac{(\sum_{i=1}^m \lambda_i t)^k}{k!} e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i t} \geq R$

$\sum_{k=0}^{s-1} \frac{(\sum_{i=1}^m \lambda_i t)^k}{k!} e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i t} < R$

得出的 s 就是满足航材系统总的航材保障率的备件总数。

以上建立的航材备件系统库存优化模型,要求在保证满足各航材的保障率以及系统总体的保障率的条件下,使得航材备件的总费用最低,这是一个组合优化问题。由于模型涉及到的变量较多,文中采用遗传算法对其求解。

3 算法描述

3.1 编 码

文中采用二进制编码,种群的初始规模为 N ,编码结构为 $s=(S_1,S_2,\cdots,S_n)$, S_i 表示航材 i 的库存量,每个 S_i 用二进制表示, n 为航材种类数。

3.2 初始群体

将结构 s 作为算法的染色体,通过随机函数产生 N 个染色体作为初始种群。

3.3 适应度函数

$$f = \begin{cases} C & \text{满足约束条件} \\ (1 + \alpha)C & \text{否则} \end{cases}$$

其中, α 是惩罚系数, α 的取值范围为 $0 \sim 1$ 。

3.4 遗传算子

3.4.1 选 择

文中采用轮盘赌法进行选择,选择 N 个较优个体作为新一代的种群。

3.4.2 交 叉

根据交叉概率进行单点交叉,增强遗传算法的全局搜索能力。交叉概率取值范围一般为 $0.4 \sim 0.99$ 。

3.4.3 变 异

根据变异概率进行位点变异,增强遗传算法的局部搜索能力,变异概率取值范围为 $0.000\ 1 \sim 0.1$ 。

3.4.4 算法的迭代步骤

- (1) 设定种群的规模 N ,交叉概率 P_c 和变异概率 P_m ,迭代次数 k ;
- (2) 生成初始种群 $S = \{s_1, s_2, \cdots, s_N\}$,置迭代次数计数器 $k = 1$;
- (3) 计算 S 中的每一个个体 s_i 的适应度函数 $f_i = f(s_i)$;
- (4) 若满足算法终止规则,则算法停止,取 S 中适应度最优的个体作为结果;否则,计算概率:

$$P(s_i) = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j}, i = 1, 2, \cdots, N$$

并按照上述选择概率分布所决定的选中机会,每次从 S 中随机选定 1 个个体并将其染色体复制,共做 N 次,然后将复制得到的 N 个染色体组成群体 S_1 ;

(5) 按交叉率 P_c 所决定的参加交叉的染色体数 c ,从 S_1 中随机确定 c 个染色体进行交叉操作,并用产生的新染色体代替原染色体,得到群体 S_2 ;

(6) 按变异率 P_m 所决定的变异次数 m ,从 S_2 中随机确定 m 个染色体,分别进行变异操作,并用产生的新染色体代替原染色体,得到群体 S_3 ;

(7) 将群体 S_3 作为新一代的种群,即用 S_3 代替 S , $k = k + 1$,转到步骤 3。

文中将某特定分类号的 55 种航材周转件筛选出

来进行优化,已知总的航材保障率 R 不低于 0.95,单个部件的航材保障率 R_i 不低于 0.8,航材的修理周期 AT 为 450 小时。

表 1 对比了文中的计算结果与波音公司首期备件清单所推荐的备件数, c_i 为航材备件的单价, R_i 为各航材备件的保障率, S_{GA} 为优化后的备件数, S_{RSPL} 为波音公司首期备件清单推荐的备件数。

表 1 遗传算法计算结果与首期推荐清单 RSPL 推荐备件数的比较

件号	c_i (\$)	R_i	S_{GA}	S_{RSPL}
1	96 552	0.883 0	2	4
2	14 102	0.895 6	0	1
3	17 325	0.940 1	2	3
4	6 157	0.952 5	3	4
5	5 822	0.950 6	1	1
6	8 962	0.979 0	1	1
7	8 314	0.927 1	2	3
...
54	8 703	0.979 0	1	1
55	8 352	0.979 0	1	1

由表 1 可见,采用文中的模型优化后,在不降低航材保障率的情况下,某些备件的数目较首期备件清单推荐的数目明显减少。

总备件数和成本的比较如表 2 所示,其中 GA 为遗传算法计算结果,RSPL 为首期备件清单结果,SUM 为总的备件数,COST 为成本。

表 2 总备件数和成本的比较

	GA	RSPL
SUM	41	82
COST(\$)	803 586	2 492 341

可以看出,优化后的备件总数只是首期备件清单推荐备件的一半,优化后的成本只是原来的 32%,大大降低了购买航材备件的成本。

4 结束语

针对航材库存控制优化问题,文中首先从航材保障率的基本定义出发,以高价周转件为对象,建立了一个既考虑航材总体保障率、又考虑航材总体占用资金较少的线性规划模型。然后,文中利用遗传算法对该模型求解,并进一步利用某特定分类号的 55 种航材周转件进行算法验算,结果表明,文中提出模型的运算结果和波音公司推荐的首期备件清单所推荐的备件数相比,在不降低航材整体保障率的前提下,无论是在备件

数量还是在备件占用资金总量上,都有大幅度降低。

对于航空公司来说,航材管理及库存优化一直是一项复杂的工作,随着我国民航的快速发展以及管理水平的逐步提高,各航空公司在航材管理方面已经取得巨大进展,然而,由于航材价格昂贵,又包含很多时效件,航材库存优化与管理可挖掘潜力巨大,需要不断探索研究。

参考文献:

[1] Boeing company spares provisioning products guide[M]. [s. l.]:Boeing Revision C,1998.

[2] 侯甲凯.我国航材管理现状及发展趋势研究[J].现代商贸工业,2013,25(14):91-92.

[3] 马伟斌.供应链管理模式下的库存控制策略研究[D].天津:天津大学,2008.

[4] 刘国庆.基于供应链的军队航材库存管理研究[D].武汉:武汉理工大学,2006.

[5] Zhang Ping,Zhou Zude,Chen Youping,et al. Inventory management of a plant spare parts supply chain[J]. International Journal of Plant Engineering and Management,2007,12(4):241-246.

[6] 陈建华.我国航空公司航材周转件计划与库存管理研究[D].北京:北京交通大学,2009.

(上接第 185 页)

通模型中一个必不可少的功能实体。文中对于基于 SIP 的 TETRA 数字集群信令网关进行了研究、实现和测试,验证了信令网关对 TETRA 信令和 SIP 消息的映射功能,希望对从事相关领域研究的人士有所帮助。

参考文献:

[1] ETSI TS 100 392-2 V2. 6. 1(2005-05). Terrestrial trunked radio(TETRA);voice plus data(V+D);Part 2;air interface(AI)[S]. 2005.

[2] 孙 昕,李 海.TETRA 数字集群空中接口协议栈体系结构分析[J].移动通信,2008,32(3):34-37.

[3] 李 伟.连云港港口 800 兆 TETRA 数字集群系统的研究与应用[J].大陆桥视野,2013(4):15-16.

[4] 孙 昕.从国际集群通信研讨会看 TETRA 数字集群的发展[J].移动通信,2002,26(1):10-13.

[5] 黄永峰,李建庆.下一代网络核心控制协议—SIP 及其应用[M].北京:人民邮电出版社,2009:124-127.

[6] 刘 勇,陈延雄.SIP 协议的研究及呼叫控制实现[J].微处理机,2008,29(3):63-65.

[7] 周文楷,白秀轩,倪玉林.基于 SIP 协议的校园网络电话系

[7] 梁春泉.航材的采购与库存控制[D].天津:中国民用航空学院,2004.

[8] Lee H L,Padmanabhan S,Whang S. Information distortion in a supply chain[J]. Management Science,1997,43(4):546-558.

[9] Ghobbar A A,Friend C H. Source of intermittent demand of aircraft spare parts within airline operations[J]. Journal of Air Transport Management,2002,8(4):221-231.

[10] 杨 晓.浅谈航材库存管理策略[J].航材维修与工程,2005(2):38-39.

[11] 高 峰,张晋晶.基于遗传算法的航材周转件多周期库存优化[J].中国民航大学学报,2008,26(3):48-50.

[12] 赵洪军,齐校锋,刘海翔.基于泊松分布的航材库存决策优化研究[J].长沙航空职业技术学院学报,2009,9(1):40-43.

[13] 侯 毅,孙春林.航材备件的最优分配[C]//中国航空学会可靠性工程学术年会文集.北京:国防工业出版社,2001:186-190.

[14] 孙春林.航材备件的最优分配[C]//中国航空学会可靠性工程学术年会文集.北京:国防工业出版社,2001:155-159.

[15] 纪春丽.建立在可靠性理论基础上的航材库存控制研究[D].南京:南京航空航天大学,2000.

统的实现[J].信息通信,2012(2):109-110.

[8] 宋艳艳,崔 刚.基于 SIP 的软交换系统中的应用服务器的研究与实现[J].计算机工程与应用,2004,40(28):139-143.

[9] 郝晓鹏,王云磊,韩剑坡.基于 SIP 协议的 VoIP 网关的设计与实现[J].无线电通信技术,2007,33(1):62-64.

[10] 张 巍,吴 军,高 峰.VoIP 网关软硬件体系结构设计[J].微计算机信息,2008,24(23):69-70.

[11] 倪建云,罗 菁,苏荣华.SIP 协议在 VoIP 网关中的应用[J].天津理工大学学报,2007,23(4):77-79.


[12] Schulzrinne H,Casner S,Federick R,et al. RTP:a transport protocol for real-time applications[S]. RFC 1889,1996.

[13] ETSI ETS 300 392-1. Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Voice plus Data (V+D) Part 1:general network design[S]. 1998.

[14] ETSI ETS 300 392-10. Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Voice plus Data (V+D) Part 10:supplementary services stage[S]. 1999.

[15] Dunlop J,Girma D,Irvine J. Digital mobile communications and the TETRA system[M]. Chichester:John Wiley & Sons Ltd.,2000.

基于遗传算法的航材库存控制优化模型

作者: [李圆芳, 樊玮, LI Yuan-fang, FAN Wei](#)
作者单位: [中国民航大学 计算机学院, 天津, 300300](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(11)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201411047.aspx