

航空装备更新模型优化

苏涛¹, 曹文静¹, 郝梦媛²

(1. 海军航空工程学院 控制工程系, 山东 烟台 264001;

2. 烟台大学 计算机与控制工程学院, 山东 烟台 264000)

摘要: 针对装备最佳更新时机的问题, 建立装备更新模型, 并把时间的价值因素考虑进去改进装备更新模型, 使计算结果更加准确, 显著提高军事效益。

关键词: 装备更新; 最佳时机; 时间价值

本文引用格式: 苏涛, 曹文静, 郝梦媛. 航空装备更新模型优化[J]. 四川兵工学报, 2015(3): 84-85.

Citation format: SU Tao, CAO Wen-Jing, HAO Meng-Yuan. Optimization Model of Aviation Equipment Renewal[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(3): 84-85.

中图分类号: O221.3; TJ-9

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2015)03-0084-03

Optimization Model of Aviation Equipment Renewal

SU Tao¹, CAO Wen-Jing¹, HAO Meng-Yuan²

(1. Department of Control Engineering, Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai 264001, China;

2. Department of Information and Computational Science, YanTai University, Yantai 264000, China)

Abstract: Aiming to solve the problem on optimal timing of updating equipment, the equipment renewal model was established by taking the time value factor into account, which makes the results more accurate and improves military efficiency significantly.

Key words: equipment renewal; the best time; time value

武器装备的更新是指新装备代替到寿退役的旧装备, 以满足给定装备总量和结构的要求^[1]。当新装备与旧装备型号相同时, 更新的运筹问题在于如何确定装备更新周期(即服役到退役的间隔时间)^[2]。当新装备对旧装备而言是更新换代产品时, 这种更新又称为换装^[3]。这时的运筹问题在于确定换装经历时间, 各年换装量以及在给定年度换装数量指标下, 各部队间的换装比例^[4]。下面讨论同型号装备更新的运筹问题。

1 预备知识

1.1 最佳更新周期

一方面, 随着使用年限的增加, 武器装备的损坏和老化程度会越来越严重, 平均每年用于维修的费用会逐年增加^[5]; 另一方面, 由于武器装备的购置费用是一次确定的, 其

年均购置费会随着使用年限的增加逐年减少^[6]。因此, 武器装备的更新周期直接影响着总费用(购置费与使用维修费之和)的大小。从经济效益角度来讲, 要选取一个最佳的更新周期, 使平均每年所消耗的总费用最小^[7], 如图1所示。

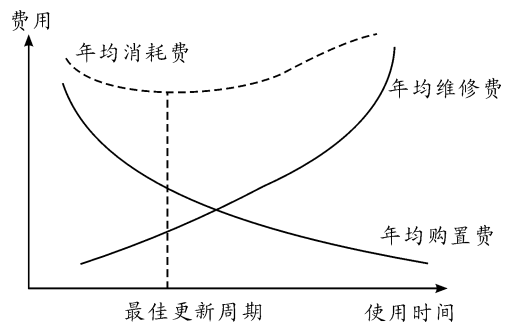


图1 最佳更新周期的概念

收稿日期: 2014-08-15

基金项目: 国家自然科学基金资助(61203168)

作者简介: 苏涛(1979—), 男, 讲师, 硕士, 主要从事军事物流信息化研究。

1.2 使用寿命

装备的使用寿命是指规定的使用期限,达到这个期限,装备就要退役,并用同一型号的新装备来补充^[8]。而装备的使用寿命根据其确定原则有不同含义。通常分为自然寿命(装备从开始使用到由于实体发生损坏、老化直至报废所经历的时间)^[9],技术寿命(从投入使用到由于更高功能装备的出现而被硬性淘汰所经历的时间)^[10]和经济寿命(从投入使用到其经济效益低于使用新装备所经历的时间)^[11]。

一般情况下,经济寿命是确定装备使用寿命的主要依据。而且,对于某种类型的武器装备,技术寿命最短,经济寿命次之,自然寿命最长^[12]。

2 装备更新模型

假设装备原始购置费为 J ,使用年限为 n ,则其年均购置费为

$$F_1 = \frac{J}{n} \quad (1)$$

又设装备维修费逐年递增,依次为 $f, 2f, \dots, nf$,则 n 年维修总费用为

$$f_n = \frac{1}{2}n^2f + \frac{1}{2}nf \quad (2)$$

装备年均维修费为

$$F_2 = \frac{1}{2}nf + \frac{1}{2}f \quad (3)$$

装备使用 n 年,年均总费用为

$$F = F_1 + F_2 = \frac{J}{n} + \frac{1}{2}nf + \frac{1}{2}f \quad (4)$$

计算得,当 $n = \sqrt{\frac{2J}{f}}$ 时, F 存在最小值。 n 就是经济寿命,也可称为最佳更新周期。

3 改进的装备更新模型

在以上的模型中,为了使问题简化,我们并没有考虑时间的价值因素。一般情形下,费用的时间价值是由费用折扣率来体现的^[13]。考虑这一点,在计算维修费总和时,应将各年支出的维修费换算为现值;而计算平均年消耗费用时,应将现值换算为各年度平均支出费。

各年度费用换算为现值的公式为

$$F_0 = F_n \frac{1}{(1+r)^n} \quad (5)$$

其中: F_0 为第0年现值; F_n 第 n 年支出的费用; r 为平均年利率。

现值总额与各年度平均消耗费用的换算公式为

$$g_c = G_0 \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (6)$$

其中: G_0 为 n 年消费耗用的现值总额; g_c 为年平均消耗费用。

应用上述2个公式后,年均消耗费用式(4)改为

$$g_n = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \left(J + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^i} \right) \quad (7)$$

式(7)中: g_n 表示更新周期为 n 时,未来各年平均消耗的费用; F_i 表示第 i 年支出的费用。显然,使 g_n 取最小值的 n 便是最佳更新年限。

4 实例求解

某型航空装备原始购置费为10 000,第一年维修费用为800元,其后每年维修费用以800元的幅度递增,平均年利率为10%,试求该型航空装备最佳使用年限。

1) 假设不考虑时间价值因素,最佳更新周期应为

$$n = \sqrt{\frac{2J}{f}} = \sqrt{\frac{20\,000}{800}} = 5$$

这时年均总费用 F 有最小值为

$$F = F_1 + F_2 = \frac{J}{n} + \frac{1}{2}nf + \frac{1}{2}f = 4\,400$$

2) 改进后的最佳更新年限,根据题意, $r = 0.1, F_i = 800i, J = 10\,000$,代入式(7)得

$$g_n = \frac{0.1 \times 1.1^n}{1.1^n - 1} \left(10\,000 + \sum_{i=1}^n \frac{800i}{1.1^i} \right)$$

计算得当 $n = 6$ 时, g_n 最小, $g_n = 4\,375$ 。

5 结果分析

由计算结果可以看出,考虑了时间的价值因素的模型结果与之前的有所变化。费用的时间价值因素的确存在,不容忽视,改进的模型的结果更准确。而且,最佳更新年限和年均总费用的变化和平均年利率的取值有关。

改变平均年利率 r 的值,最佳更新年限和年均总费用的值则如表1所示。

表1 年均总费用随 r 变化

r	0.1	0.08	0.06
n	6	5	5
g_n	4875	4782	4681

6 结束语

从经济效益的角度来看,武器装备一旦到了最佳更新周期,就应当立即更换^[14]。从表面来看,装备还可以用,每年需要的维修费也很少,好像延迟一年更新就能节省一年的购置费,其实是将购置费的紧张转嫁到维修费上去了。由此可见,确定准确的装备最佳更新周期很有必要,把费用的价值因素考虑进去,保障了结果的实用性和准确性,确保武器装备发展规划的实现,

参考文献:

- [1] 王广彦,马志军,胡起伟.基于贝叶斯网络的故障树分析[J].系统工程理论与实践,2004(6):79-83.
- [2] 周忠宝,董豆豆,冯静,等.存在房形事件的故障树向贝叶斯网络的转化[J].哈尔滨工业大学学报,2008,40(6):1001-1003.
- [3] 饶泓,扶名福,谢明祥,等.基于决策级信息融合的设备故障诊断方法研究[J].中国机械工程,2009,20(4):433-437.

- [4] 苏艳琴,徐廷学,张文娟.粗糙集和贝叶斯网络融合故障诊断方法[J].舰船科学技术,2013,35(3):91-92.
- [5] LIU Xing, The theory & technique for complex system modeling[M]. Beijing: Science press, 2008: 197.
- [6] 李曼,冯新喜,姬伟峰,等.基于图的邻接点优先的联合树算法的研究与实现[J].通信技术,2010,43(12):82-84.
- [7] 陈东宁,姚成玉,王斌,等.基于贝叶斯网络和灰关联法的多态液压系统故障诊断[J].润滑与密封,2013(1):78-83.

(责任编辑 杨继森)

(上接第79页)

参考文献:

- [1] 叶利民,龚立,刘忠.兵棋推演系统设计与建模研究[J].计算机与数字工程,2011(12):58-61.
- [2] 孙艳英,杨荣芳,吴继娟.非充分测量条件下实时定位方法探讨[J].战术导弹技术,2007(4):60-62.
- [3] 朱华统.常用大地坐标系及其转换[M].北京:解放军出版社,1990:124-134.
- [4] 梁晓辉,赵沁平.改进的通视性检查算法[J].软件学报,2002,13(9):1840-1845.
- [5] 刘丙申,刘春魁,杜海涛.靶场外测设备精度鉴定[M].

北京:国防工业出版社,2008:43-66.

- [6] 高冰,段一萍.靶场试验外测系统精度估算方法[J].战术导弹技术,2003(9):31-36.
- [7] 徐克俊,金星,郑永煌.航天发射场可靠性安全性评估与分析技术[M].北京:国防工业出版社,2006:183-201.
- [8] 王森,王永杰.大射程高弹道反舰导弹威胁概率计算方法[J].火力与指挥控制,2012,37(3):211-214.
- [9] 谭跃进,陈英武,易进先.系统工程原理[M].长沙:国防科技大学出版社,1999:186-198.
- [10] 项磊,杨新,张杨,等.基于层次分析法与模糊理论的卫星效能评估[J].计算机仿真,2013,30(2):55-61.

(责任编辑 杨继森)

(上接第85页)

参考文献:

- [1] 王铁宁.装备管理信息系统原理与应用[M].北京:国防工业出版社,2013.
- [2] 郭文晖.军事装备管理创新[M].北京:国防工业出版社,2010.
- [3] 赵经成,祝华远,王文秀.航空装备技术保障运筹分析[M].北京:国防工业出版社,2010.
- [4] 张丽叶.装备更新经济性分析[J].装备学院学报,2012,23(5):78-80.
- [5] Wayne L. Winston. Operations research[M].北京:清华大学出版社,2011.
- [6] 李维铮,甘应爱,田丰.运筹学[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [7] 傅清祥,王晓东.算法与数据结构[M].北京:电子工业出版社,1998.

- [8] Dreyfus S E, Law A M. The art and theory of Dynamic Programming[M]. Academic Press, 1977.
- [9] 马仲蕃,魏叔龄,赖炎连.数学规划讲义[M].北京:中国人民大学出版社,1981.
- [10] 俞玉森.数学规划的原理和方法[M].武汉:华中工学院出版社,1985.
- [11] 王晓迪.高等学校教育装备管理决策支持研究[EB/OL]. [2014-07-16]. [http://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx? QueryID = 0&CurRec = 1&recid = &filename = 1012518514.nh&dbname = CDFDLAST2014&dbcode = CDFD&pr = &urlid = &yx = &v = MDkyMzJGeURtVnJySVZGMjZ-ITGE1RnRUTnE1RWJQSVI4ZVgxTHV4WVVM3RGgxVDNxVHJXTTFGckNVUkw2ZmJlZG8](http://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?QueryID=0&CurRec=1&recid=&filename=1012518514.nh&dbname=CDFDLAST2014&dbcode=CDFD&pr=&urlid=&yx=&v=MDkyMzJGeURtVnJySVZGMjZ-ITGE1RnRUTnE1RWJQSVI4ZVgxTHV4WVVM3RGgxVDNxVHJXTTFGckNVUkw2ZmJlZG8).
- [12] 沈贵林.基于动态规划的物流装备更新决策方法[J].2006,29(12):24-25.
- [13] 杨媛媛.装备更新决策综合方法[J].2002,13(4):51-54.
- [14] 陈庆华.装备运筹学[M].北京:国防工业出版社,2005.

(责任编辑 杨继森)