

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.09.009

基于优先度的战时维修保障力量抽调方法

李想, 绳慧, 杨英杰

(军械工程学院维修工程实验中心, 石家庄 050003)

摘要: 针对难以用传统方法准确分析维修保障力量抽调优先度的问题, 提出利用蒙特卡罗模拟的方法确定各维修保障力量抽调对象的优先度。分析战时影响维修保障力量抽调方案确定的因素, 介绍了维修保障力量抽调对象优先度评价指标, 对战时维修保障力量的抽调问题进行数学描述, 建立基于优先度的维修保障力量抽调模型。实例计算分析结果表明: 该方法客观、准确、有效, 可为战时保障力量抽调决策提供理论指导。

关键词: 维修保障力量; 抽调; 优先度分析

中图分类号: TJ09 **文献标志码:** A

Research on Dispatching Methods of Maintenance Support Force Based on Priority in Wartime

Li Xiang, Sheng Hui, Yang Yingjie

(Maintenance Engineering Experiment Center, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Aiming at the problems that it is difficult to make priority evaluation of maintenance support force dispatching with traditional methods, Monte Carlo simulation method is put forward to determine the priority of each maintenance support force dispatching object. The factors that influence decision of maintenance support force selecting plan are analyzed, and the evaluation index is introduced. The mathematical description of maintenance support force selecting in wartime is developed and the model of support force selecting is built on the basis of the consideration of priority. Practical example shows that the model is objective, accurate and effective. This research result can offer a theoretical guide for decision of maintenance support force selecting in wartime.

Keywords: maintenance support force; selecting; priority analysis

0 引言

作战部队平时的维修保障力量往往无法满足战时维修保障的需求, 战时需要对维修保障力量进行抽调, 抽调方案的优劣对装备的维修保障能力有重要影响。高技术条件下的局部战争, 具有爆发突然、速战速决、作战节奏明显加快的特点。因此, 在规定的时间内完成维修保障力量各类人员迅速、准确地抽取是战时装备维修保障行动顺利进行的重要保证。目前关于装备维修保障力量的抽调问题研究不多, 文献[1]建立了保障人员抽取量计算模型, 可以很好地控制各类抽调对象保障人员的抽取数量, 但对保障力量抽调因素的分析及整体上的优化有所欠缺。文献[2]对多中选优的维修分队的选派问题进行了研究, 问题分析透彻到位, 模型相对简单。文献[3]建立了多资源点多需求点的保障力量抽调模型, 对保障力量优化抽调模型的研究有较高价值, 但未能考虑到抽调对象的各异性。此外还有许多关于资源优化调度^[4-5]和“应急问题”^[6-7]的研究, 这些对保障力量的优化抽调问题的解决都有很大的借鉴意

义。但由于军地管理体制的差异及军队保障任务目标独特性强, 如何进行抽调才能满足任务需求并达到军事和经济效益的最优, 成为困扰装备保障部门多年的一个突出问题^[8]。针对以上问题, 笔者提出了基于优先度的抽调方法, 主要对保障力量中人员的抽调进行研究。

1 战时装备保障力量的抽调特点

战时装备保障力量的抽调具有如下特点:

- 1) 时效性, 对于作战双方特别是防御的一方来说, 可供利用的抽调时间极其有限。被抽调的力量必须在规定的时间内到达指定地点;
- 2) 资源种类多, 涉及维修保障、供应保障的多个专业、多个技术等级的人力资源;
- 3) 隶属关系复杂, 分布地点广泛。军队装备保障力量按所具备的保障能力分为多个层次, 每层次一般只从本层所属力量中进行抽取, 并向下加强或对外支援。每层次保障力量隶属不同单位, 分布在不同地点, 保障任务明确后抽调到指定地点, 统一规划使用。

收稿日期: 2011-05-09; 修回日期: 2011-06-13

作者简介: 李想(1986—), 男, 河南人, 硕士研究生, 从事装备综合保障理论与应用研究。

2 基于蒙特卡罗模拟的抽调对象优先级确定

目前优先度的评价大多采用层次分析及模糊聚类分析法。对于保障力量抽调对象优先度确定的问题，其中有各种相互关联和相互制约的因素，采用上述方法会涉及到较多主观因素，而且计算复杂，计算结果真实性差。而采用基于蒙特卡罗模拟的优先度评价方法，利用计算机模拟，不但可以快速地处理大量数据，而且还避免了对主观数据的需求，提高了评估结果的客观性。

蒙特卡罗方法^[8]是一种以概率数理统计理论为基础，通过随机变量的统计试验和随机模拟来求解数学、物理及工程技术问题近似解的数值方法。由于蒙特卡罗模拟方法具有程序结构简单、模拟过程灵活、不受问题条件限制、适于求解多维问题等优点，因而被广泛应用。采用蒙特卡罗方法产生服从(0,1)均匀分布的随机数赋值给各因素的权重，不仅可以通过同时改变各因素的权重，增强抽调对象优先度排序的鲁棒性，而且可以降低人为主观因素对排序的影响，提高优先度评价的准确性。

针对保障任务的需求，确定出对每个抽调对象进行抽调的优先顺序，并使基于此优先度排序下的抽调方案能达到最优。不同任务需求对抽调对象要求的侧重点不同，在优先度评价过程中要充分考虑具体任务的要求。对优先度分析，应从军事效益与经济效益角度出发，一般应从时间、费用、效能等方面进行考虑，但不同的任务对各方面的侧重会不同，所以在优先级的确定过程中要综合权衡各方面的影响因素，表 1 为抽调对象优先度评价指标。

表 1 抽调对象优先度评价指标

类别	代号	影响因素	说明
	D	距离	供应点距离集结点距离越远集结时间越长
时间 费用	W	运输方式	不同运输方式的选择既影响到集结的速度，又关系到运输的成本
	R	人员满足率	抽调对象对抽调需求满足程度越大，动用的抽调对象数量就越少，抽调指挥成本就越低
效能	Q	人员质量	不同抽调对象的人员质量有差异，人员质量越高，对任务的保障效能就越高

在各项因素分析中，为了既不使抽调对象优先级评估过于复杂又兼顾评估的精确性，将每个影响因素的评分分为3~10个等级，由专家和决策者根据保障任务的要求对各项影响因素进行评分。由于各种影响因素的量纲不同，笔者统一按百分制打分，从而第*i*个抽调对象各影响因素的评分为 $S_i = (s_{iD}, s_{iW}, s_{iR}, s_{iQ})$ 。由于各个因素对抽调决策影响

程度不同，需要确定各影响因素的权重值 $W = (w_D, w_W, w_R, w_Q)$ ，并将各影响因素的权重按大小进行排序，用来体现各因素之间的相对重要性。笔者采用层次分析法^[9]来获得各影响因素的权重值，具体求解过程不再介绍。

确定了各影响因素的评分和权重后，计算各抽调对象优先度。为了既能体现各个决定因素的相对重要性又使计算简便，利用线性加权求和建立评估模型，则第*i*个抽调对象优先度评估值为：

$$V_i = w_D s_{iD} + w_W s_{iW} + w_R s_{iR} + w_Q s_{iQ}, \quad i=(1,2,\dots,n) \quad (1)$$

由式(1)可以看出，抽调对象优先级评价指数对权重的敏感性很高，然而权重值的确定又包含较多主观成分，当计算得出的权重值相差不大时，该评估模型确定出的结果将会偏离事实。求解权值的目的是为了得到各因素对决策影响相对重要性，而不必知道各因素权重的精确值。为增加模型的鲁棒性，使各因素重要度排序受主观因素的影响减小，这里，权重由(0,1)分布的均匀随机发生器产生；产生的随机数每4个一组，组中最大值分配给重要性最高的因素，最小值分配给重要性最低的因素，其余依次类推。然后按式(1)计算各抽调对象的优先度评价值，并将各抽调对象按优先度评价值大小进行排序。随机产生*N*组随机数进行*N*次模拟。最后在此基础上进行蒙特卡罗统计分析，最终确定出各抽调对象的优先级。抽调对象优先级确定程序如图 1。

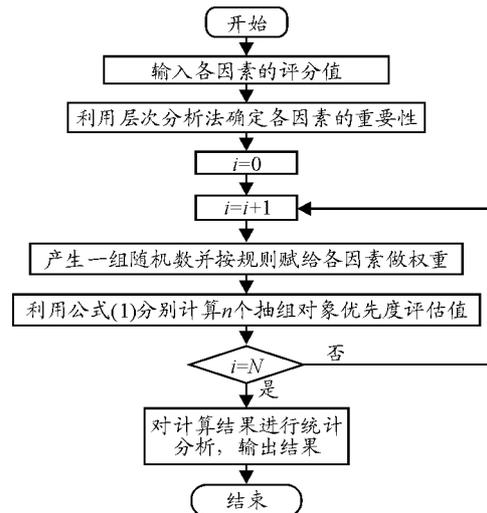


图 1 抽调对象优先度评估算法流程图

3 抽调模型

3.1 基本假设

- 1) 各抽调对象均满足集结点规定的时限要求。

2) 所有抽调对象的各种类人员的总和满足抽调任务的需求。

3) 设一个专业设一个等级的维修人员为一个种类。

3.2 抽调的数学描述

假设执行某次作战任务, 需在某地集结维修保障力量。每一层次的维修保障力量的抽调问题都可以描述为: 某集结点对各类人员的需求向量为 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$, y_j 表示集结点对第 j 类保障人员的需求量 ($1 \leq j \leq m$)。抽调对象 i 可供抽调的各类保障人员数量向量为 $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$, x_{ij} 表示第 i 个抽调对象中第 j 类保障人员的数量。求解从这 n 个可抽调对象中选取哪些对象进行抽调, 每个对象各类人员抽取多少, 才能既满足任务对保障人员的需求, 又使得效益达到最优。

3.3 抽调原则

当各抽调对象优先级确定后, 将抽调对象按优先级由高到低的顺序进行排序, 令排序在第 l 位上的抽调对象序号为 $l(1 \leq l \leq n)$ 。第 j 类保障人员对 n 个按照优先度由大到小排序的抽调对象依次进行抽取, 确定该类人员需求数量 y_j 后, 需要判断该需求数量 y_j 是否超过优先度最高的抽调单位的 j 类人员的最大可抽取量 x_{lj} , 如果 $y > x_{lj}$, 则对该抽调对象 j 种人员抽取数量为该单位的最大可抽取量 x_{lj} , 不

足的人员依次从低一级优先级的抽调对象中抽取, 直到抽到第 k 个抽调对象使该类人员需求量得到满足为止, 即 $\sum_{l=1}^{k-1} x_{lj} < y_j \leq \sum_{l=1}^k x_{lj}$ 时, 则该类人员的抽调

方案即得到确定, 此时 j 类人员在优先级由高到低的各个抽调对象上抽调的保障人员数量依次为:

$$x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{lj}, \dots, x_{k-1j}, y_j - \sum_{l=1}^{k-1} x_{lj}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{(n-k) \text{个}}$$

如果 $y_j \leq x_{lj}$, 则对该单位该类人员的抽取数量等于该类人员的需求量 y_j 。当所有种类人员的抽取方案全部确定出来以后, 汇总从每个抽调对象抽取的各类人员的人数, 则针对该任务的抽调方案便确定了。由以上过程可知, 各抽调对象的优先级确定后, 保障力量的抽调方案基本上也就确定了, 所以抽调对象优先级的确定对抽调方案的确定至关重要。

4 示例

以渡海登岛作战为例, 为保障岛上作战装备保障行动的顺利进行, 需建立岛上保障基地。假设该保障基地由 8 种类型的保障人员组成, 可进行抽调的单位有 7 个。各类保障人员的需求量为: $X=[21 \ 34 \ 78 \ 67 \ 89 \ 64 \ 23 \ 29]$, 各抽调对象可供抽调的各类保障人员数量如表 2, 各抽调对象到集结点的距离、运输方式及各抽调单位的性质已知, 如表 3, 并由专家或决策人员对每个单位的各影响因素进行评分, 评分结果如表 4。

表 2 各抽调单位可抽调的各类保障人员数量

抽调单位	人员 1	人员 2	人员 3	人员 4	人员 5	人员 6	人员 7	人员 8
单位 1	38	8	31	0	17	8	3	4
单位 2	0	1	3	5	5	4	2	2
单位 3	40	37	51	0	8	6	11	8
单位 4	2	1	1	1	10	15	16	19
单位 5	23	41	80	92	78	55	45	32
单位 6	18	26	7	17	18	21	14	10
单位 7	35	46	93	77	90	71	30	46

表 3 抽调对象各影响因素

影响因素	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	单位 7
D/km	350	200	500	300	270	600	800
W	铁路	公路	飞机	铁路	土路	船运	船运
R/%	22.7	5.4	34.3	100	16.5	32.3	100
Q	军队企业	维修所	预备役	地方支援	院校	军队企业	地方支援

表 4 抽对象各因素评分值表

影响因素	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	单位 7
D	40	20	50	30	30	60	60
W	100	80	60	100	10	30	30
R	20	10	40	100	20	30	30
Q	60	100	40	10	70	60	60

通过层次分析法^[9-10]求出各因素的权重分配及

优先级别的确定, 见表 5。

表 5 各因素的权重及优先级

影响因素	权重	优先级
D	0.233	3
W	0.139	4
R	0.270	2
Q	0.358	1

采用蒙特卡罗方法产生服从(0,1)均匀分布的权重组(每组 4 个随机数),将权重组中的 4 个随机数从小到大排序后,按照影响因素优先度由小到大的顺序依次赋给 w_Q, w_R, w_D, w_W ,根据图 1 的流程,取模拟次数 $N=1\ 000$,即产生 1 000 组随即数。通过计算得到每个抽调对象的优先度值(1 000 个),然后进行统计分析。图 2 为其中 7 种抽调对象的优先度排序累积频率统计图,图 2 中横坐标为抽调对象的优先级排序,纵坐标为抽调对象在 1 000 次模拟中每一排序序号的累积频率。曲线 1、2、3、4、5、6、7 分别对应各抽调单位的累积频率。

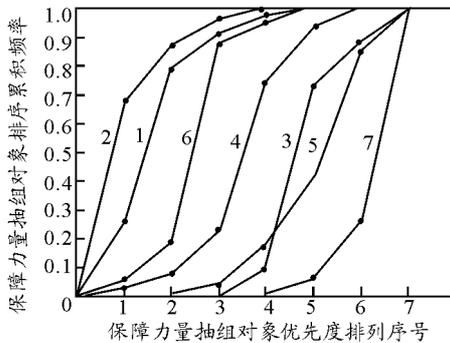


图 2 抽调对象优先度排序累积频率统计图

从图 2 可以看到,抽调对象 2 在排列序号为 4 附近时就达到了累积频率 1,而抽调对象 1、3、4、5、6、7 晚一些,显然抽调对象 2 优先级最高。此外,虽然抽调对象 1 和 6 同时到达累积频率 1,但是抽调对象 1 优先度排序绝大部分都在抽调对象 6 的左侧,因此抽调对象 1 较抽调对象 6 有较高的优先级别。抽调对象的优先度可以通过计算抽调对象累积频率曲线的右侧面积占总面积的百分比来进行评价,较大的面积百分比代表抽调对象具有较高的优先度级别。从而可确定出各抽调对象的优先级顺序为:单位 2、单位 1、单位 6、单位 4、单位 3、单位 5、单位 7。从结果可以看出,单位 2 虽然人员满足率比较低,但距离近、交通方便、人员质量比较高,从而优先度排在第一位;而单位 7 虽然人员满足率高、交通条件一般,但距离较远、人员质量较低,从而排在了最后一位。由此看出用该方法进行优先度评价,可以减少直观判断引起的偏差,从而较真实地反映抽调对象优先度水平。所以对优先

级的确定应当综合权衡,也说明了该模型的有效性。按照抽调对象的优先级顺序及抽调原则,确定出抽调方案如表 6。

表 6 需求量及各抽调单位抽调各种类的人员数量

抽调单位	人员 1	人员 2	人员 3	人员 4	人员 5	人员 6	人员 7	人员 8
单位 1	21	8	31	0	17	8	3	4
单位 2	0	1	3	5	5	4	2	2
单位 3	0	0	36	0	8	6	0	0
单位 4	0	0	1	1	10	15	4	13
单位 5	0	0	0	44	31	10	0	0
单位 6	0	25	7	17	18	21	14	10
单位 7	0	0	0	0	0	0	0	0
需求量	21	34	78	67	89	64	23	29

5 结束语

基于优先度的保障力量抽调方法,减少了人为因素对抽调对象优先度评价的影响,并使抽调模型变得简单而更加准确。通过实例验证了模型的合理性。该模型针对的是一个集结点保障力量抽调问题,对于多集结点多抽调对象的保障力量抽调问题的研究可在此思路上进行延伸,对资源筹措、调度等问题也具有重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 王莱军,李宏伟,赵勇,等. 战略装备保障力量人员抽取模型设计[J]. 兵工装备研究, 2005, 24(3): 29-32.
- [2] 葛伟,樊东. 基于多目标决策的维修分队抽组优化模型[J]. 计算机工程, 2007, 33(11): 261-263.
- [3] 徐英,于永利,张波. 面向任务的装备保障力量抽组模型研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2008, 22(3): 45-49.
- [4] 王威,胡涛,杨建军. 单个需求点军械物资紧急调运的多层规划模型[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(2): 257-262.
- [5] Sittithumwat A, Soudi F, Tomsovic K. Optimal Allocation of Distribution Maintenance Resources with Limited Information[J]. Electric Power Systems Research, 2004, 68(3): 208-220.
- [6] Takeo Yamada. A Network Flow Approach to a City Emergency Evacuation Planning[J]. International Journal of Systems Science, 1996, 27(10): 931-936.
- [7] 何建敏,刘春林,曹杰,等. 应急管理 with 应急系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] 于永利,朱小冬,张柳. 离散事件系统模拟[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [9] 刘辉,阮拥军. 装备保障力量模块化设计构想[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(9): 35.
- [10] 胡振华,郑东良. 基于模糊方法的装备技术保障能力评价[J]. 兵工自动化, 2008, 27(1): 10-11.
- [11] 叶义成,柯丽华,黄德育. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006.