

doi: 10.7690/bgzd.2019.10.020

面向复杂任务的装备维修人员仿真评估

冉悄然, 王 强, 王双川

(陆军工程大学石家庄校区装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要: 为解决装备维修任务人员需求分析与决策中解析模型建立困难的问题, 采用仿真技术对复杂任务的装备维修人员评估进行研究。在仿真线程设计的基础上, 通过对装备维修人员评估仿真中的关键部分进行设计, 建立仿真整体控制程序, 得到装备维修人员编配方案并进行仿真评估。结果表明: 该研究可提高维修人员仿真评估的科学性和合理性, 为实施维修保障运行仿真及维修人员编配方案仿真评估提供技术参考。

关键词: 维修人员; 仿真评估; 维修任务; 多线程

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Simulation Evaluation of Equipment Maintenance Personnel for Complex Tasks

Ran Qiaoran, Wang Qiang, Wang Shuangchuan

(Department of Equipment Command & Management, Shijiazhuang Campus of Army Engineering University, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to solve the problem of difficult analysis of the analytical model and the decision-making model in the equipment maintenance task, the simulation technology is used to evaluate the equipment maintenance personnel assessment of complex tasks. On the basis of the simulation thread design, through the design of the key parts of the equipment maintenance personnel evaluation simulation, the simulation overall control program is established, and the equipment maintenance personnel allocation scheme is obtained and the simulation evaluation is carried out. The result shows that the research can improve the scientific and rationality of the maintenance personnel's simulation evaluation, and provide technical reference for the implementation of maintenance support operation simulation and maintenance personnel allocation program simulation evaluation.

Keywords: maintenance personnel; simulation evaluation; maintenance tasks; multi-threading

0 引言

面向复杂任务的维修人员仿真评估, 不仅可以对维修人员进行优化决策, 解决解析模型建立困难的问题, 而且可以对维修人员优化决策解析模型的有效性进行验证。现有关维修人员仿真评估方面的研究^[1-5]都是以单型号装备为对象, 缺乏合成部队多型号装备群维修人员仿真评估方面的研究。笔者以合成部队多型号装备群为研究对象, 对复杂任务过程的装备维修人员仿真评估程序设计展开研究, 对于满足陆军合成部队武器装备模块化集成化现状及更高的维修保障需求具有重要的研究意义。

目前, 有关装备维修运行仿真方面的文献, 如王亚彬^[6]、李晓宇等^[7], 都是采用单线程的程序设计结构。由于单线程的程序结构是采用单一事件的调度方法, 所以对于复杂的任务情况, 仿真事件数量就会较大。为了提高仿真效率, 笔者采用多线程技术对仿真程序进行设计。

1 仿真线程

多线程技术是指通过运行多个线程, 充分利用硬件资源, 来提高计算效率^[8], 王文鼎等^[9]将多线程技术应用于 NS2 网络仿真的加速计算研究中, 研究结果仿真加速接近 2 倍, 效果良好。建制部队中多型号装备群维修保障运行复杂, 装备维修、故障等事件数量多, 如果将多线程技术应用于仿真, 将在很大程度上提高仿真效率; 为此, 笔者设计了装备维修人员评估运行仿真的线程如图 1 所示。

其仿真线程分为 4 类:

1) 仿真调度线程: 控制仿真进程驱动仿真运行。该部分是仿真的主要控制线程, 根据任务想定模型及装备系统承担的日常工作、使用或作战任务, 判断装备是否正在进行预防性维修或是否需要寿命计算。若需进行寿命计算, 则输出装备产生故障的相关信息和维修需求, 并将装备放入故障队列。下一步通过维修工作控制计算出装备维修时

收稿日期: 2019-06-10; 修回日期: 2019-07-01

作者简介: 冉悄然(1994—), 女, 湖北人, 硕士, 从事装备维修工程研究。E-mail: 454738599@qq.com。

间，推动维修过程仿真控制系统，更新仿真时间。

2) 维修工作线程：该部分主要用于处理有关人员人员进行维修工作的各类事件，并更新修理机构维修人员的状态，将更新的人员、装备状态和维修任务信息传输到下一控制线程并更新时间轴。

3) 监控线程：用于判断仿真是否结束。

4) 日志线程：该部分主要用于存储维修任务、装备状态和维修机构人员信息，记录数据和结果。

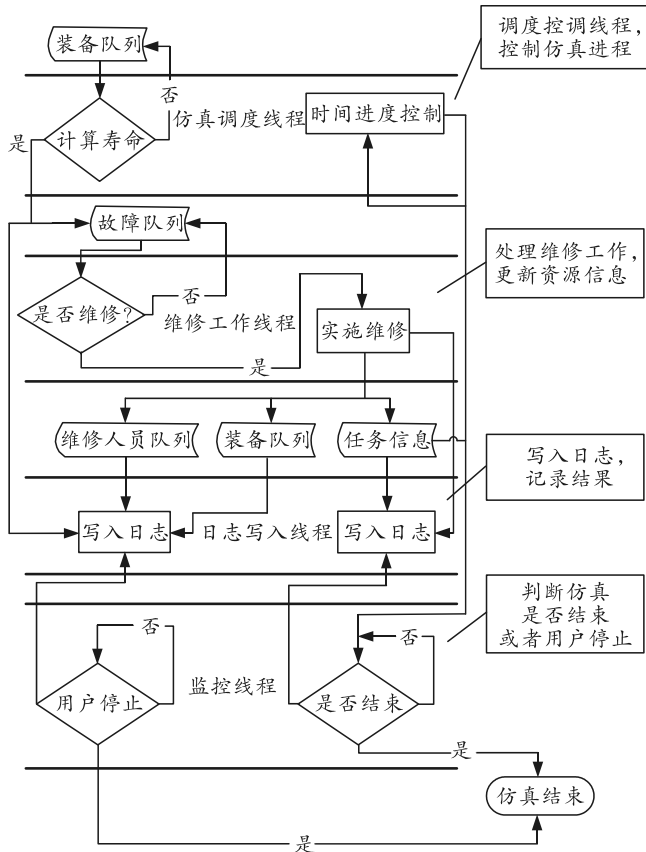


图 1 仿真线程设计

对维修过程仿真采用多线程控制，需要注意共享信息的问题，如果有多个线程同时运行且试图访问相同的信息比如维修任务信息、故障信息等，会造成多线程冲突和数据混乱；因此，不能同时有多个线程将信息发送到同一处理器，需要对以上 4 类控制线程进行协调同步。

这里使用 Concurrent Queue 分段存储概念的并发安全队列对各数据段进行操作防止多线程竞争，保证线程安全。

2 仿真控制程序

在仿真线程设计的基础上，对仿真控制程序进行详细设计。首先建立仿真整体控制流程，如图 2 所示。

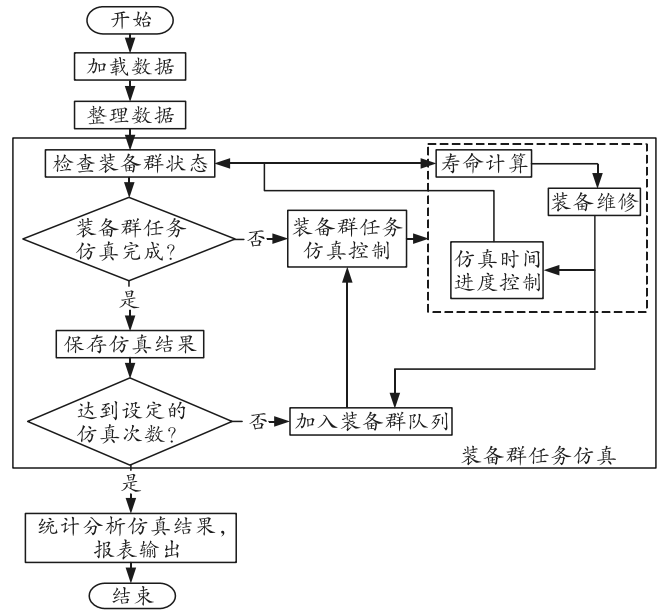


图 2 仿真控制程序

说明如下：

1) 加载数据：数据主要包括部署层级、装备及其组成单元、维修工作、仿真任务、装备维修保障组织结构等。

2) 整理数据：基础数据以后建立数据间逻辑关系，并生成装备队列、维修机构队列等相关队列，为实施仿真做好准备。

3) 装备群任务仿真：面向复杂任务的建制部队多型号装备群维修人员运行仿真，包括分析各装备的状态及维修任务，计算单元寿命等。确定故障单元相关信息后，将故障装备加入维修队列并等待维修线程完成维修。维修工作完成后，更新装备状态及时间轴，重复此过程，仿真任务结束时停止。

4) 仿真完成：仿真过程完成并对仿真结果进行统计分析，数据输出。

2.1 装备群任务仿真控制程序

装备群任务仿真控制指根据各装备承担的任务情况和各装备的功能依赖关系，控制装备群的仿真时钟，并更新装备群的状态。

任务开始后，将任务、装备信息等放入队列中，并等待状态的更新，仿真调度线程将装备群从队列中取出并对各装备的状态进行检查；若该装备正在进行寿命计算，则对装备群中下一个装备的状态进行检查；当装备所在的装备群可用数量不足时(小于最小可用数)，则停止运行其他装备并等待维修工作完成；可用数量足够时再同步装备群时钟。然后判断装备的故障情况，若装备产生故障，则获取

装备相应的维修工作信息，并将装备故障加入维修工作列表，同时改变装备状态，等待维修工作；若装备没有故障，判断仿真是否完成，如果仿真完成，则修改装备群的状态并结束仿真。

2.2 单元寿命仿真控制程序

单元寿命仿真是根据各单元的寿命分布模型，随机产生单元故障并找出所有单元中最先出现故障的单元过程，基本过程如图 3 所示。

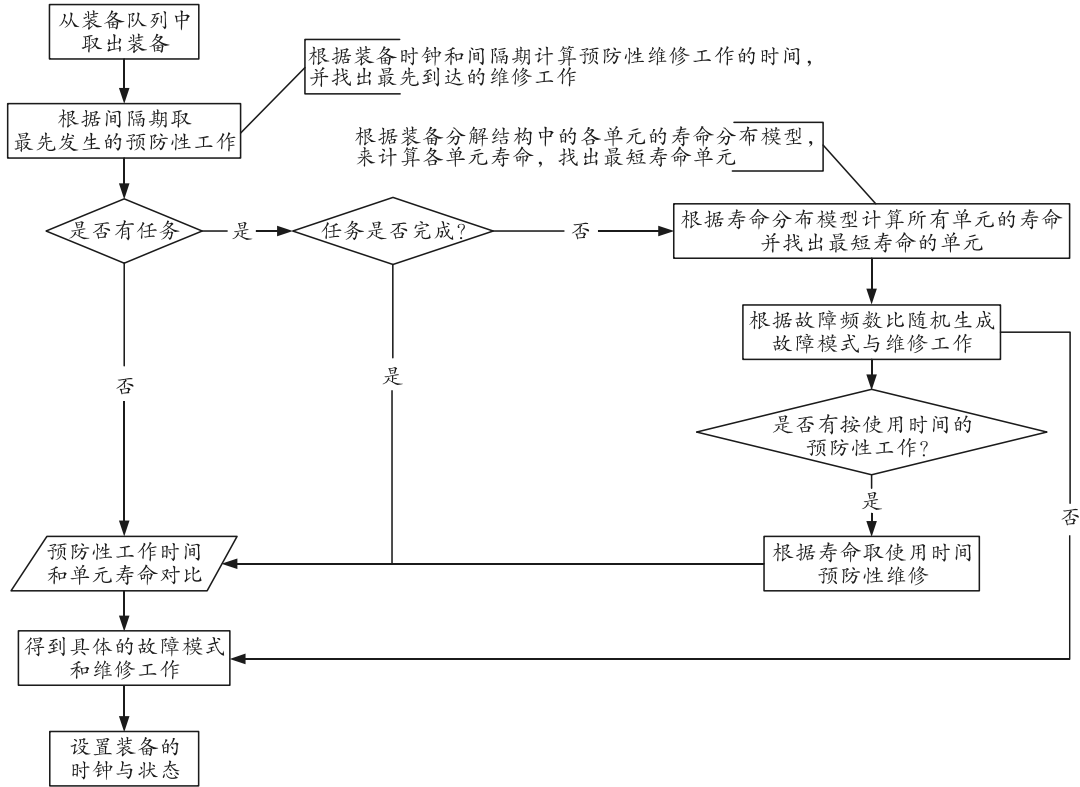


图 3 单元寿命仿真控制程序

具体说明如下：从装备队列中取出装备并判断装备是否处于执行任务状态，若无任务，则将该装备最近的预防性维修任务放入维修队列；若装备处于执行任务状态，则根据该装备各单元的寿命分布模型计算出最短寿命的单元，此处采用蒙特卡罗仿真产生单元的寿命和剩余寿命，方法见参考文献[6]，依据该单元故障模式频数比，随机生成该单元的故障模式及维修工作。在此基础上，判断在单元发生故障之前，若有预防性维修工作，就先将预防性维修任务放入维修队列；若没有，则将生成的修复性维修工作放入维修队列。同时更新时钟和装备状态，完成单次单元寿命计算过程。

2.3 装备维修仿真控制程序

装备维修仿真是装备维修人员保障运行仿真的核心，主要是对装备维修人员的维修过程进行仿真。通过装备维修仿真，获取维修人员需求的数据信息，其仿真控制程序如图 4 所示。对该控制程序说明如下：首先，从维修队列中取出维修工作，并获取维修工作的具体信息，然后，判断维修人员是否空闲，

有则进行维修并计算维修时间，修改相应的维修机构人员状态和装备状态；如果没有则等待并计算延误时间。

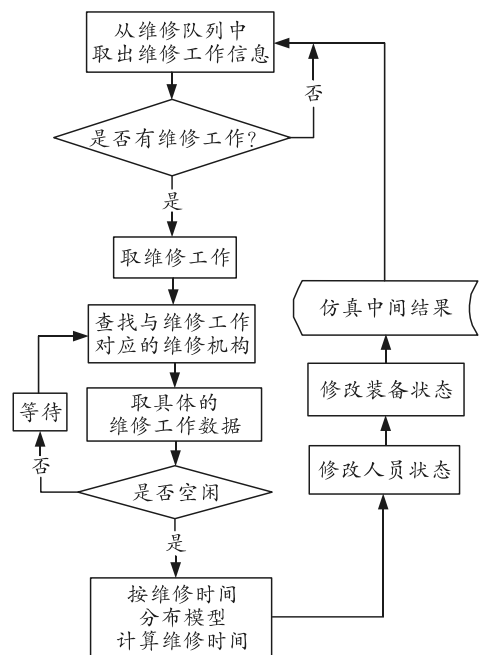


图 4 装备维修仿真控制程序

2.4 仿真时间进度控制

仿真时间进度控制过程如图 5 所示，基本过程为：针对装备群队列中的所有装备进行寿命计算，得出最近时间点的故障装备后，将故障装备放入维修队列。维修队列中，所有的故障装备按照时间顺序经过维修过程或等待，到每项维修工作或作业的完成时间可以采用相应的计算方法得到，完成后，任务的时间轴到达上述维修工作的完成时间，同时更新装备的状态以及维修人员信息。若同时存在多个待维修装备，则循环此过程至仿真任务结束。

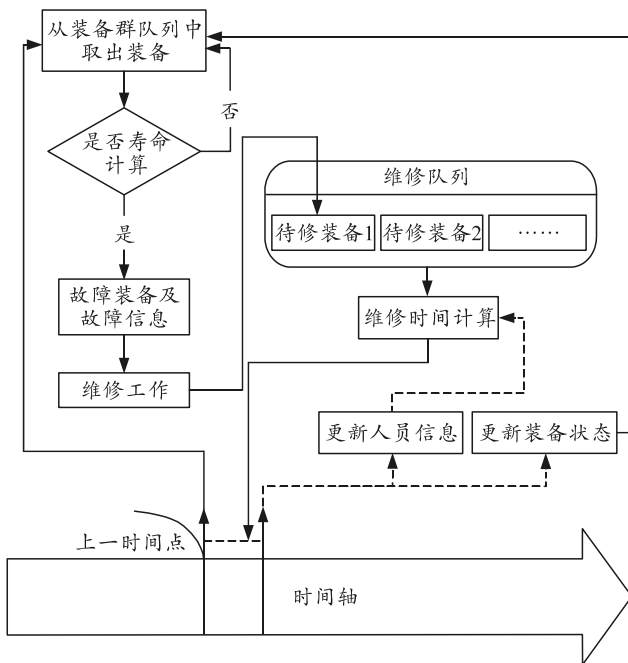


图 5 仿真时间进度控制

3 仿真评估结果

为了对上述方法进行验证，笔者开发了装备维修人员配置评估系统。将收集的装备数据、修理机构、维修人员配置等数据输入仿真评估系统中，按照装备日常使用和实际训练情况建立仿真任务想定，在此基础上进行了仿真。以下为软件输出结果。

图 6 显示了在一定的装备维修人员编组情况下随着时间推进过程中装备完好率的变化情况。由图可知：随着任务推进，武器装备系统的装备完好率不断发生变化，该变化主要是由于对装备实施修复性维修工作或预防性维修工作而引起的。装备完好率低时，说明此时该维修人员配置方案不能满足装备战备完好性和任务持续性要求，还需分析仿真过程中维修人员的具体统计数据，针对现实情况，结合仿真数据，可对维修人员配置方案作出进一步调整。

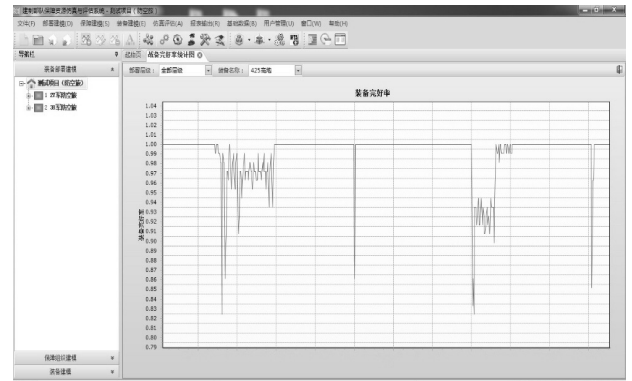


图 6 仿真评估结果

为了分析得出各工种维修人员的忙闲程度，在获取装备完好率变化情况的基础上，还可以对仿真数据做进一步统计分析：1) 可以得到任务过程中装备维修人工时统计图(如图 7 所示)，通过该图可以对比分析各类工种维修人员的维修工时；2) 等待维修人员时间统计图(如图 8 所示)，表示的是执行维修任务等待某工种维修人员的时间。通过上述统计分析，可以得到各工种维修人员配置的科学性和合理性，并有针对性的对装备维修人员配置进行调整优化。例如图 7 和图 8 所示，底盘修理工的维修工时最高，且由于排队造成的等待时间最长，说明原维修人员配置方案对底盘修理工的编配不是很合理，应适当增加该类人员的数量。

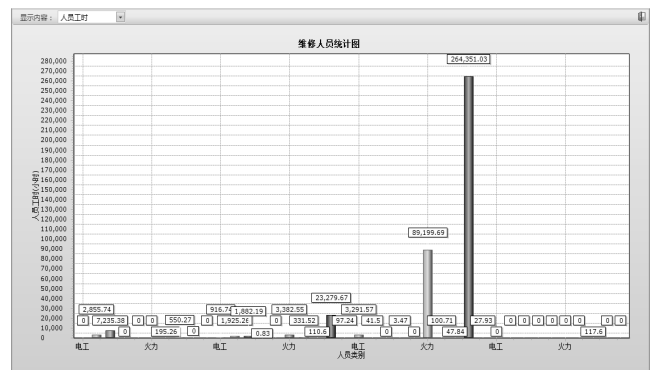


图 7 维修人工时统计

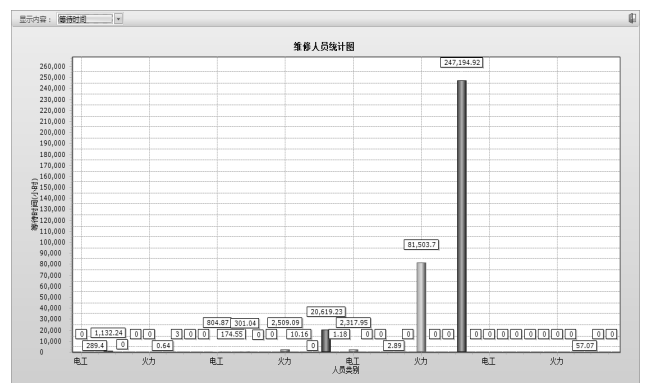


图 8 等待维修人员时间统计

4 结束语

新型陆军装备向多功能、综合化、模块化方向发展。传统维修人员评估方法已经很难完成装备的保障要求。研究复杂任务的装备维修人员仿真评估方法,对于丰富和发展我军装备维修理论,提高装备维修人员需求决策及评估的科学性和合理性,适应新形势编制体制改革,都具有较为重要的现实意义和实际应用价值。

参考文献:

[1] DUFFUAA S, BEN-DAYA M, AL-SULTAN K, et al. A generic conceptual simulation model for maintenance systems[J]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2001, 7(3): 207-219.

[2] PALL R. On the availability of the CH149 Cormorant fleet[C]. Paper presented at the Simulation Conference, 2008. WSC 2008. Winter.

(上接第 82 页)

[12] 孙兆林, 杨宏文, 胡卫东. 基于贝叶斯网络的态势估计方法[J]. 计算机应用, 25(4): 745-747.

[13] 杜晓明, 古平, 高鲁, 等. 基于仿真的装备保障效能评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 1-10.

[14] NIELSEN S H, NIELSEN T D. Adapting Bayes network structures to non-stationary domains[J].

[3] ROSSETTI M D, THOMAS S. Object-oriented multi-indenture multi-echelon spare parts supply chain simulation model[J]. International journal of modeling & simulation, 2006, 26(4): 359.

[4] PERSSON F, SACCANI N. Managing the After Sales Logistic network a Simulation Study[J]. Production Planning & Control, 2009, 20(2): 125-134.

[5] PERSSON F, SACCANI N. Managing the after-sales logistic network a simulation study[J]. Production Planning and Control, 2009, 20(2): 125-134.

[6] 王亚彬. 典型通用装备维修资源需求仿真研究[D]. 石家庄: 军械工程学院, 2005.

[7] 李晓宇, 王新阁, 张磊, 等. 面向任务的航空备件需求仿真[J]. 系统仿真技术, 2011, 7(4): 294-298.

[8] 林云. 一种基于多线程的仿真引擎研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2012.

[9] 王文鼎, 陈邦文, 韩鹏, 等. 采用多线程并行调度的网络仿真加速[J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2015, 35(1): 33-37.

International Journal of Approximate Reasoning, 2008, 49(2): 379-397.

[15] BRESSAN G M, OLIVEIRA V A, HRUSCHKA J R E R, et al. Using Bayesian networks with rule extraction to infer the risk of weed infestation in a corn-crop[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2009, 22(4/5): 579-592.