

Self-inspection Training of Weapons for Joint Operations Based on Big Data

Lili Li Wuhua Li Jiangtao Han Peiwang Sun

The 27th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Zhengzhou, Henan, 450047, China

Abstract

With the continuous development of big data in the field of prognostics and health management (PHM), it will bring significant changes to the way of weapon equipment performance inspection. This paper expounds the connotation of big data and the significance of its application to PHM of weapon equipment, which provides new opportunities self-inspection training of weapons based on PHM. Combined with the new characteristics of wars, this paper analyzes the impact of self-inspection training of weapons on operational capability and data empowerment. It processes a framework of self-inspection training of weapons based on big data. The framework designs a battlefield simulation environment, combining equipment's own health management, to evaluate system accuracy. It also supports data reconstruction of combat processes so as to form a knowledge base for combat training. Therefore, the combat effectiveness of weapons and equipment can be improved.

Keywords

big data; weapon equipment; PHM; self-inspection training

基于大数据的武器装备自检训练

李莉莉 栗武华 韩江涛 孙培旺

中国电子科技集团公司第二十七研究所, 中国·河南 郑州 450047

摘要

随着大数据在武器装备健康管理领域的不断应用, 将给武器装备性能检验方式带来重大变革。论文阐述了大数据内涵及应用于装备健康管理的意义, 进而引出基于健康管理的武器装备自检训练的新机遇。结合现代战场作战的特点, 分析武器装备自检训练对作战能力的影响以及数据赋能, 提出基于大数据武器装备自检训练系统框架。该系统设计战场仿真环境, 结合装备自身健康管理, 评估系统精度, 支持数据落盘重构作战环节, 形成作战训练知识库, 从而提高武器装备的作战效能。

关键词

大数据; 武器装备; 健康管理; 自检训练

1 引言

随着现代战争环境的变更, 新质新域作战力量逐步兴起, 信息力已经成为联合作战体系的核心驱动力, 不断推动感知、决策、控制等各个环节技术手段的发展, 大数据是数据信息技术的核心内容, 已经成为一种军事战略资源。为确保武器装备在真实复杂作战环境下“可用、敢用、能用、好用”, 必须全面掌握武器装备全生命周期的健康状态和作战能力。

2 基本内涵及研究意义

2.1 大数据基本内涵

随着传感器、物联网、“互联网+”、云计算、人工智能等技术高速发展和多样化应用, 数据信息呈现爆炸式

的增长, 据美国咨询公司 IDC 与中商产业研究院整理, 全球数据规模将从 2021 年的 82.47ZB 增长至 2026 年的 215.99ZB^[1], 庞大的数据资源和大数据技术将成为占领科技高地的重要战略资源。

大数据 (Big Data) 的概念最早由麦肯锡咨询公司《大数据: 竞争、创新和生产力的前沿领域》报告中给出: 大小超出常规的数据库工具获取、存储、管理和分析能力的数据集^[2]。与传统的小数据本质的区别, 大数据主要具有“5个V”的特点^[3]即数据量大 (Volume)、形式多样性 (Variety)、处理时效性 (Velocity)、结果准确性 (Veracity) 以及深度价值 (Value)。

2.2 大数据在武器装备健康管理领域应用

现代武器装备组成和结构日趋复杂, 智能化程度不断提高, 随着装备故障预测技术、状态监测基础技术的不断发展, PHM 通过多传感器监控、异构数据融合处理、智能优化评估预测、智能化维修决策等技术, 提高装备的安全性、

【作者简介】李莉莉 (1982-), 女, 中国吉林吉林人, 博士, 工程师, 从事系统论证、PHM研究。

可靠性、保障性和维修性,充分利用装备寿命,降低装备的运维成本等^[4,5]。

PHM是一个典型的大数据应用场景,海量智能传感器高频采集、实时感知,采集与装备健康状态相关的可测量信息(如振动、温度、电流、电压等),融合装备历史数据和长期在线监测数据,利用数据处理、机器学习和数据挖掘等技术实时定性或定量评估装备健康状态,揭示装备性能的退化规律,分析装备各部件或子系统之间、设备运行状态与周围工作环境之间以及装备在设计、使用、维修等全寿命周期上的数据相关性,预测装备的故障趋势和剩余使用寿命,并可根据历史故障信息、维修记录以及备件使用情况,制定合理的维修决策,优化资源管理,实现最佳的装备运行维护策略^[6]。

目前,PHM技术已经应用到美英等军事强国的多个军兵种,美军F-35飞机PHM与自主式保障系统^[7],美英直升机状态与使用监控系统(HUMS)已经应用在AH-64阿帕奇,陆军诊断改进计划(ADIP)等^[8]。

3 武器装备自检训练分析

随着现代战争新质新域作战力量的不断增加,无论是从战场态势、作战维度、信息复杂程度还是人员装备等要素来说,现代战争的运行远远超过了人脑的运转负荷,逐步推进机械化信息化智能化融合发展,才能实现对战场的全局把握及准确决策,然而数据是基础,训练是支撑。

3.1 大数据应用于武器装备健康管理的必要性

大数据应用于武器装备全寿命周期健康管理,提高装备战时完好性和可靠性。武器装备从论证阶段开始实施健康管理,利用大数据技术分析合理规划布置测点,能够有效提高武器装备测试性设计,为后续武器装备性能监测与健康健康管理提供良好的数据基础;在设计研制阶段,充分考虑传感器等状态监测器件及安装环境参数等数据量,实现最优化硬件设施实现最大程度覆盖装备全部故障模式的目标;在运行使用阶段,利用大数据预测技术提取故障特征数据,预测武器装备健康状态,为保证战时完好性和持续作战能力提供数据支持。

3.2 武器装备自检训练的新机遇

“大数据”把战场信息优势转化为作战行动优势、战争胜势,融合诸军兵种作战要素,支持“陆、海、空、天、火、电、网”多维空间的联合作战,对武器装备的健康管理提出更高的要求。现阶段装备试验与评估面对的困难有以下三个方面:

①虽然获得的数据量大但是价值并不大,数据需要标签,即在获取数据的同时,知道对应装备运行条件、健康状态(正常、异常、故障等状态)、运维、环境等信息。

②获取武器装备所有故障的数据比较困难,而且不同故障数据量也不平衡。

③基于仿真或模拟的数据分析,基于实际装备的战斗演习,综合考虑环境因素,更接近实际战场环境,演化模型更具有迁移性。

随着大数据和人工智能技术的飞速发展,基于作战任务模型的武器装备自检训练,从任务出发,通过“建模与仿真—虚拟试验—改进模型—现场试验—复盘推演”的迭代,从而最大程度降低装备风险,缩短装备研制周期、降低研制费用和减少技术风险,提高装备作战能力。

4 基于大数据的武器装备自检训练系统框架

4.1 自检训练保障武器装备的作战能力

武器装备的作战能力的高低直接影响并决定着作战任务的成败。高效、精准、适量的武器装备自检训练已经成为作战任务成功与否的关键因素。实际作战过程中,武器装备执行任务的成败取决于战场的环境、设备的工作状态、指挥决策以及人员的操作水平等多种因素。因此,武器装备自检训练需要多方面关键技术支撑。

首先,战场环境仿真是自检训练的基础。信息化战场上联合作战电磁环境复杂、多类作战目标、多维关联关系形成多态作战要素,映射成多元、异构、复杂、海量的大数据^[9],收集汇总利用大数据生成标准化、格式化的战场态势数据范例,通过模拟范例数据,搭建战场仿真环境。

其次,武器装备的健康状态管理技术是自检训练能够顺利进行的关键。武器装备的目标对象通过传感器和机内测试(BIT)采集状态数据,合理的传感器布局直接影响健康状态监测和故障预测的有效性^[10],针对失效率高的目标对象重点监测,根据不同类型目标不同的状态演变过程和特点,采取定性或定量的方法检测并诊断、识别异常工作状态,根据大数据关联分析生成目标对象的健康状态评级,并通过失效模式、性能退化、寿命期望、因果数据关系等构建模型预测目标对象未来健康状况,结合当前和未来任务目标和资源约束生成辅助维修维护决策。

再次,精度评估用来评估武器装备系统的精度,保证武器装备的可用性。武器装备从侦搜情报,跟踪目标判断目标威胁程度,获得目指命令,到诸元解算,实施联合打击方案,整个作战流程中每个作战环节的精度都决定着武器装备的打击效果,规范各个环节大数据表征维度和显存粒度,分析各个环节精度,深度挖掘装备性能、人员操作流程、指挥控制之间的关系模型,评估武器装备的战备性。

最后,数据落盘重演是用来验证武器装备性能指标和战场推演的延伸。联合作战场景的可视化还原战场环境复盘作战过程的手段,需要从大量的视频和作战数据上提炼出关键时间点发生的作战动作以及当时的战场环境参数等,实现近实战环境的武器装备作战训练。

4.2 武器装备自检训练的数据能力

目前用于挖掘大数据内含知识和价值的CRISP-DM模

型^[11]，将大数据分析工作业务理解、数据理解、数据准备、建模分析、模型验证与评估、实施与运营6个步骤，在业务和数据理解之间、数据准备和建模分析之间存在反复学习、交替深入的过程，依据此大数据分析方法，可以将基于作战任务的武器装备自检训练分解为多层数据库，如图1所示。

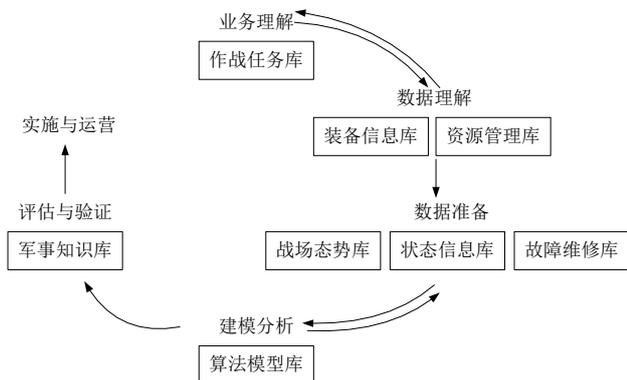


图1 基于作战任务的武器装备自检训练 CRISP-DM 模型

业务理解是指作战任务库根据作战任务不同，制定统一、明确的作战目的，结合参战的各军种优势，在不同作战空间，搭配相应的作战力量，形成多维战场空间的有机整体。

数据理解是指获取作战装备信息库和保障资源库等信息后，对武器装备进行分类，根据各装备物理上的联系方式推断数据之间的相关关系和因果关系^[12]，以便进行数据准备工作。

数据准备是指对战场态势采集的数据、装备的状态信息、故障记录及维修情况形成标准化数据，根据业务和数据的理解进行数据清洗，通过数据融合，形成数据模型所需的各种特征参量。

建模分析是指根据数据的理解，利用准备的数据构建战场环境仿真模型、健康状态评估模型、精度评估模型等，选取一种或多种合适的算法，生成或采集联合作战演习数据分别作为学习样本和测试样本，通过不断地训练和优化模型的输出精确度。

模型的验证与评估是指根据所构建的模型对作战数据分析后得到作战结果进行评估，并与作战任务目标与计划进行对照，分析是否达到作战目标，并通过复盘重演不断练习、推演，形成军事知识图谱，最终形成军事知识库，为后续作战任务规划提供指导意见^[13]。

模型实施与运营是指经过对模型的验证与评估后，将满足实战化作战任务需求的模型列装生产。

4.3 武器装备自检训练系统的基本构想

根据上述武器装备自检训练作战能力和数据能力的优势，论文提出基于大数据的武器装备自检训练系统架构。根据应用的需求分析，本系统包含信号采集与预处理、战场态势模拟、在线状态监测、健康状态评估、自检训练与精度评估、实战复盘以及军事知识挖掘等功能模块。

信号采集与预处理模块完成在线或离线多源、多类型数据的采集、抽取、清洗、规约、变换、集成、打标签、装载等操作。

战场态势模拟模块主要根据作战任务内容，结合军事地理信息、目标信息、作战力量部署信息、作战方案、典型案例等设定战场环境参数，并根据作战对象特征，模拟多战术环境模拟航路、威胁目标航路及其机动特性等。

在线状态监测模块利用传感器参数与性能指标等参数的数据挖掘、信息融合实现实时在线监控武器装备系统以及其他平台系统所有设备的通信状态、工作状态、故障预警结果等。

健康状态评估模块结合传感器参数与性能指标等参数的信息融合、历史数据和当前工作状态提取并融合健康特征，对系统故障检测与隔离，预警元件的性能退化趋势，跟踪剩余寿命，实时评估健康状态和安全风险等。

自检训练与精度评估模块对武器装备的整个操作流程进行仿真模拟，利用模拟驱动动机带动整个武器系统实现联动，完成武器装备系统自检训练。

实战复盘模块主要是复盘演习、训练以及模拟训练的数据，支持结构化、半结构化、非结构化数据落盘存储和输出，通过作战数据和同步视频录取数据实时融合处理，生成模拟训练题库进行复盘，通过自检训练再次评估实战过程的作战效果，提出作战使用建议和综合保障建议，同时为在线评估提供支持。

军事知识挖掘模块利用有限的地面实装与各种试验数据进行体系仿真模型与参数校验，不断完善仿真模型的置信度，并进行各种作战场景下大样本仿真实验。基于积累的历史数据自训练、自学习挖掘作战知识、训练并生成作战模型，进一步挖掘隐藏的作战知识和军事规则。

5 结语

在大数据作战信息的背景下，充分利用大数据技术挖掘联合作战武器装备的性能边界，是提升武器装备作战效能的重要手段。保障装备的健康状态是战斗胜利的根本，武器装备在备战时需要足够精确的状态信息，由于战场作战环境瞬息万变，战斗演化的结果也是天差地别，操作人员的操作水平都会影响武器装备使用的效果，通过不断的自检训练才能更好的发挥装备的作用，而且也能通过训练不断累积数据，发现装备的使用限制，为后续完善装备的升级改造提供依据，进一步在实战中提升联合作战的综合能力。

参考文献

- [1] 2023年全球及中国数据规模情况预测分析[EB/OL].<http://wap.seccw.com/index.php/index/detail/id/21252.html>.
- [2] Mayer-Schonberger V, Cukier K. Big data [M]. New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2013.
- [3] 黄宜华,苗凯翔.深入理解大数据:大数据处理与编程实践[M].北京:机械工业出版社,2014.

- [4] 王占业.大数据处理若干关键技术研究[D].北京:清华大学,2016.
- [5] 吕琛,马剑,王自力.PHM技术国内外发展情况综述[J].计算机测量与控制,2016,24(9):1-4.
- [6] 李彦夫,韩特.基于深度学习的工业装备PHM研究综述[J].振动、测试与诊断,2022,42(5):835-847.
- [7] Hess A, Calvello G, Dabney T. PHM a key enabler for the JSF autonomic logistics support concept [C]. IEEE Aerospace Conference, 2004: 3543-3550.
- [8] Li G, Qin S J, Ji Y D, et al. Reconstruction based fault prognosis for continuous processes [J]. Control Engineering Practice, 2010,18(10):1211-1219.
- [9] 温鸿鹏,刘捷.运用大数据增强战场态势感知能力[J].中国医学图书情报杂志,2018,27(4):33-36.
- [10] Lin J F, Xu Y L, Law S S. Structural damage detection-oriented multi-type sensor placement with multi-objective optimization[J]. Journal of Sound and Vibration, 2018, 422:568-589.
- [11] Manyika J, Chui M, Brown B, et al. Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity[EB/OL].https://www.mckinsey.com//media/mckinsy/businesss_functions/mckinsey_digital/our_insights/big_data/the_next_frontier_for_innovation/mgi_big_data_full_report.pdf.
- [12] 唐小川.大数据相关关系挖掘的若干关键问题研究[D].成都:电子科技大学,2018.
- [13] 林海伦,王元卓,贾岩涛,等.面向网络大数据的知识融合方法综述[J].计算机学报,2017,40(1):1-27.