

doi: 10.7690/bgzdh.2024.05.014

军用机场飞行保障物联网效能评估方法综述

刘家豪, 刘永杰, 刘治红

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为满足军用机场平战结合的需要, 提升飞行保障物联网建设的效费比, 研究物联网 (internet of things, IoT) 技术在军用机场飞行保障领域的应用, 并对其效能评估方法进行研究。介绍机场飞行保障物联网的技术架构及组成, 着重分析效能评估方法的特点及选择原则, 指出军用机场物联网系统效能评估面临的挑战, 展望未来效能评估工作的发展方向。结果表明, 该综述可为研究军事场景下物联网系统的效能评估提供参考。

关键词: 物联网; 效能评估; 指标体系; 评估方法

中图分类号: N945.16 **文献标志码:** A

Review of Effectiveness Evaluation Methods for Flight Support IoT at Military Airports

Liu Jiahao, Liu Yongjie, Liu Zhihong

(Automation Research Institute Co., Ltd. of
China South Industries Group Co., Ltd., Mianyang 621000, China)

Abstract: To meet the needs of integrating military airports for both peacetime with wartime operations and to improve the cost-effectiveness of flight support IoT construction, research on the application of IoT technology in the field of flight support at military airports, and study methods for evaluating its effectiveness. This paper introduces the technical architecture and composition of IoT flight support at airports, focusing on analyzing the characteristics and selection principles of effectiveness evaluation methods, pointing out the challenges faced by effectiveness evaluation of IoT systems at military airports, and looking forward to the future development direction of effectiveness evaluation work. This overview can provide reference for researching the effectiveness evaluation of IoT systems in military scenarios.

Keywords: IoT; effectiveness evaluation; indicator system; assessment method

0 引言

物联网 (IoT) 通过集成感知、网络传输与智能分析等技术, 实时采集声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等多维信息, 通过通信传输和信息综合处理, 实现对物理世界更深层次的认知和管控, 建立物与物、物与人的泛在连接^[1]。飞行保障物联网是物联网技术在军用机场领域的典型应用, 围绕飞行保障任务, 通过传感器灵活组网, 构建信息感知体系, 推动保障人员、装备、能源、物资、环境等要素联网, 实现物理实体互联互通、保障力量编组成团、保障信息跨界融合, 促进机场飞行保障态势感知能力及体系作战能力的提升^[2]。物联网系统建设的效能是用户关注的焦点, 通过效能评估找出瓶颈及薄弱环节, 进而改进建设方案, 使其满足军用机场平战结合需求, 提升物理网建设的效费比。基于此, 笔者对军用机场飞行保障物联网效能评估方法进行研究。

1 军用机场飞行保障物联网系统典型方案

1.1 军用机场飞行保障物联网技术架构

军用机场飞行保障物联网技术架构按照感知层、网络层和应用层进行划分。感知层是体系中的底层, 由各类传感器、监控设备、智能终端等组成, 对机场内外的要素进行全面感知和数据采集, 是信息的源头, 同时拥有控制系统实现对物的控制, 是任务指令的发布者^[3]; 网络层主要由军用通信网络和各级信息中心、数据中心等组成, 将采集到的信息进行存储和转发, 是连接的纽带^[4]; 应用层主要由计算中心、中间件、信息融合服务等支撑平台组成, 对数据进行处理, 提供数据库服务等基础服务和应用服务, 及决策依据、资源调度和行动指挥等功能。机场飞行保障物联网通过三层技术架构, 整合信息资源, 提升飞行保障效率, 从而提升战斗力。

收稿日期: 2024-02-25; 修回日期: 2024-03-15

第一作者: 刘家豪 (1996—), 男, 重庆人, 硕士。

1.2 军用机场飞行保障物联网系统组成及功能

军用机场飞行保障物联网涵盖了人、装、物、设、环等多方面。其组成及功能如下：

1) 人员物联网：人员通过智能穿戴设备与物联网进行相连，可通过系统进行识别认证、位置追踪、健康监测等，同时指挥中心亦可通过终端设备下达任务，指挥行动。

2) 装备物联网：包括各类飞机、地面车辆、武器装备等，这些装备通过物联网技术实现与指挥中心和和其他装备的连接通信及远程控制。

3) 物资物联网：指在军用机场中使用的各种物资，如燃料、弹药、航材等。通过 RFID 标签、识读设备等进行标识和监控，实现库存管理、消耗追踪、供应优化、预测维护。

4) 设备设施物联网：包括通信设备设施，保障联网和数据交流等基础功能。

5) 环境物联网：既包括气候气象、地形等自然条件，又包括建筑、道路、航道等人工环境。利用物联网实现对环境条件的实时监测和预测。

2 飞行保障物联网系统效能评估方法分析

2.1 多指标综合的效能评估方法

多指标综合评定方法有层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP)、灰色综合评判法、可用性 - 可信性 - 能力 (availability dependability capability, ADC) 法、模糊综合评判法、云模型、熵权法和组合赋权法等。此类方法借助专家经验，将定性评估转化为定量评估，通过数值权重计算或阈值分类得到评估值。文献[5]建立航空装备保障系统效能模型，根据专家经验构建人员-指挥-保障-装备多级子目标评估指标体系并采用 AHP 确定权重。文献[6]对航空兵部队的飞行保障系统效能进行了研究，使用 ADC 模型对分析保障能力进行建模，并使用 AHP 完成了飞行保障效能评估任务。文献[7]通过分解飞行保障效能，构建评估指标体系，建立基于直觉模糊的动态客观权重模型，运用灰色聚类评估法对飞行保障效能进行了评估，为保障能力的提升提供了参考依据。文献[8]通过熵权-云模型理论构建效能评估模型评估海军综合保障基地建设效能，通过实例分析、总结问题，为优化基地建设方案、提高保障能力提供了科学依据。由于专家经验的主观性，会导致此方法的评估结果精确度降低，且鲁棒性较差。

2.2 基于建模仿真的效能评估方法

此方法根据评估目标的约束特性进行建模，利用原始数据或试验数据进行统计分析，对系统效能进行仿真评估，能够准确地反映评估目标的动态性和完整性，揭示仿真与评估之间的逻辑关系。主要有蒙特卡洛法、系统动力学法、离散事件仿真法等。文献[9]采用蒙特卡洛仿真方法对装备维修保障过程进行仿真，分析了维修效率、备件满足度和保障延迟对装备性的影响，提出了提高维修保障效能的可信建议。文献[10]采用系统动力学方法构建军用机场防护体系模型并进行仿真模拟，分析应对敌方不同打击方式下因果关系图，得出对防护体系效能影响较大的因素，为防护建设提供决策支撑。文献[11]采用离散事件仿真方法对飞机保障效能进行仿真评估，根据战备能力和任务持续能力建立保障效能评估体系，通过任务、资源、维修活动与飞机特性的关联关系，模拟执行保障活动，统计出整个保障系统的效能。此类方法贴合实际统计规律，但其约束构建复杂、状态转移量较多、数据统计量较大，导致计算效率降低，可信度下降。

2.3 基于机器学习的效能评估方法

人工智能、机器学习是近年来的热点，利用机器学习对数据特点的敏感性能有效地避免了人为因素的影响，还能节省人力和时间资源，并且评估非线性关系的复杂系统时也有较好效果。常见的方法有支持向量机、神经网络、贝叶斯网络、深度学习等。文献[12]分析指挥控制系统的技术指标，基于支持向量机构建效能评估模型，并利用混沌粒子群算法进行优化，评估结果能正确反映系统整体性能，具有较高可信度。文献[13]采用 BP 神经网络方法评估军用飞机两级维修保障效能，但只用了仿真软件进行计算和分析，对于模型的拓展性和收敛性需要进一步研究。文献[14]构建了灰色理论和 RBF 神经网络相结合的效能评估模型，解决了组成复杂、功能多样、贫样本的效能评估问题，通过仿真验证其评估精度优于单一模型，能对复杂系统进行有效评估。

2.4 效能评估方法适用性分析

上述的效能评估方法都有一定的合理性和科学性，但是军用机场飞行保障物联网具有特殊性，平战时的飞行保障要素、流程、方式和评估重点皆有不同。评估指标之间，指标与效能值之间的关系复

杂, 差异性大, 传统线性关系已难以适应需求, 复杂系统效能评估不是各子系统效能的简单叠加, 而是相互作用和综合影响, 需要探究更适合的评估方法。同时, 由于物联网涉及多个子系统和异构设备, 海量数据信息加大了模型构建难度, 传统的小数据、专家法已经不再适用; 计算复杂度的增加, 需要整合、筛选和降维数据, 才能进行高效的效能评估。

3 飞行保障物联网系统效能评估方法展望

通过上述分析, 未来效能评估研究方向如下:

1) 建立标准化、规划化的飞行保障效能评估指标体系, 满足不同应用场景、不同任务需求下的评估需求; 2) 评估方法的适应性选择, 针对不同规模、复杂度、运行环境的物联网系统, 选择合适的效能评估方法; 3) 算法优化, 面对大量数据时, 选择合适的算法模型、数据融合结构等, 避免重复计算, 减少计算时间, 提高效率; 4) 效能评估工具平台, 集成大量评估方法及优化算法, 未来可以融合更多大数据分析处理工具、机器学习工具, 满足智能化评估发展趋势, 使效能评估越来越准确和完善^[15]。

4 结束语

随着物联网技术的不断发展和工程应用普及, 物联网系统在提升军用机场飞行保障效率和提升战斗力方面具有巨大潜力。评估物联网系统效能仍然存在诸多挑战, 需要继续探索和改进。

参考文献:

- [1] 张萌, 杨志伟, 姜江. 军用物联网体系试验初探[J]. 军用运筹与评估, 2023, 38(1): 67-72.
- [2] 李琨. 美国陆军智能化战场物联网发展研究[J]. 飞航导弹, 2020(4): 30-36.

(上接第 59 页)

- [17] PEREIRA C M N A, SCHIRRU R, GOMES K J, et al. Development of a mobile dose prediction system based on artificial neural networks for NPP emergencies with radioactive material releases[J]. Annals of Nuclear Energy, 2017, 105: 219-225.
- [18] DESTERRO F S M, SANTOS M C, GOMES K J, et al. Development of a Deep Rectifier Neural Network for dose prediction in nuclear emergencies with radioactive

- [3] 刘新. 面向战场物联网纵深防御体系的信息安全智能检测技术研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2023.
- [4] 雷璟. 物联网安全测评和风险评估技术研究[J]. 电讯技术, 2013, 53(3): 323-328.
- [5] 苏畅, 张恒喜. 航空装备保障系统效能评估[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2006, 7(1): 13-15.
- [6] 侯立峰, 熊哲, 盛景军. 基于 ADC 方法的飞行保障系统效能评估模型[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(10): 123-126.
- [7] 胡涛, 吕瑞强, 李德权. 基于直觉模糊熵的飞行保障效能灰色聚类评估[J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38(4): 64-68.
- [8] 丁茂峰, 陈智, 朱愈欢, 等. 基于熵权-云模型的海军综合保障基地建设效能评估[J]. 舰船电子工程, 2022, 42(10): 144-150.
- [9] 王少华, 张仕新, 董原生, 等. 装甲装备保障效能评估建模和仿真方法研究[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(9): 101-106.
- [10] 杨柳, 朱万红, 胡嘉旭, 等. 基于系统动力学的军用机场综合防护体系仿真研究[J]. 防护工程, 2022, 44(1): 48-54.
- [11] 周扬, 曾照洋, 周岩, 等. 军用飞机保障效能仿真评估研究[J]. 航空维修与工程, 2014(3): 63-65.
- [12] 秦洪涛, 孟相如, 张景伟. 基于 CPSO 的网络化指挥信息系统效能评估[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(5): 121-123.
- [13] 郭俊强, 王远达, 刘刚, 等. 基于 BP 神经网络的军机两级维修保障效能评估[J]. 航空维修与工程, 2010(1): 33-35.
- [14] 刘俊卿, 刘进, 肖龙. 一种基于灰色 RBF 神经网络的系统效能评估方法[J]. 电子技术应用, 2020, 46(12): 107-110.
- [15] 苏泓嘉, 罗宇成, 刘飞. 装备体系效能评估及支撑技术综述[J]. 空天防御, 2023, 6(3): 30-39.

material releases[J]. Progress in Nuclear Energy, 2020, 118: 103110.

- [19] YUE Q, JIA W, HUANG T, et al. Method to determine nuclear accident release category via environmental monitoring data based on a neural network[J]. Nuclear Engineering and Design, 2020, 367: 110789.
- [20] LING Y, LIU C, SHAN Q, et al. Inversion Method for Multiple Nuclide Source Terms in Nuclear Accidents Based on Deep Learning Fusion Model[J]. Atmosphere, 2023, 14(1): 148.