

面向议题的地面无人作战系统 作战效能评估设计

张 宇^{1,2}, 郭齐胜¹

(1. 陆军装甲兵学院演训中心, 北京 100072; 2. 航天工程大学 宇航科学与技术系, 北京 101416)

摘要:开展地面无人作战系统面向议题的作战效能试验评估设计,明确地面无人作战系统作战效能评估的方案构成、评估模型和分析方法。

关键词:地面无人作战;作战效能;面向议题;作战用途

本文引用格式:张宇,郭齐胜. 面向议题的地面无人作战系统作战效能评估设计[J]. 兵器装备工程学报,2020,41(S1):1-6.

Citation format:ZHANG Yu, GUO Qisheng. Operational Effectiveness Evaluation Design of Issue-Oriented for Ground Unmanned Combat System[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(S1):1-6.

中图分类号:E917 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-2304(2020)S1-0001-06

Operational Effectiveness Evaluation Design of Issue-Oriented for Ground Unmanned Combat System

ZHANG Yu^{1,2}, GUO Qisheng¹

(1. Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, Beijing 100072, China;
2. Space Engineering University, Aerospace Science and Technology Department, Beijing 101416, China)

Abstract: We carried out the design of the combat effectiveness test evaluation of the ground unmanned combat system in a targeted way, so as to clarify the operational effectiveness evaluation of the ground unmanned combat system, the scheme composition, evaluation model and analysis method solve the problem.

Key words:unmanned ground combat; operational effectiveness; oriented to the issues; combat purpose

作战效能试验评估行为服务于评估目的,聚焦评估目的,把握评估关键议题,开展有针对性的评估设计,无疑是提高作战效能试验评估质量的关键抓手。地面无人作战系统作为一种新形态的武器系统,作战效能试验评估总体目的与传统的有人武器系统既有相同的方面,也存在独特的方面,需要进行针对性的有效设计。因此,有必要聚焦地面无人作战系统作战效能试验评估关键议题,提出面向议题的作战效能试验评估设计方法,面向不同作战效能试验评估议题,有针对性地开展地面无人作战系统作战效能试验评估设计。

1 作战效能评估议题的提出

《现代汉语词典》将议题解释为“会议讨论的题目”,一般可泛指人们普遍关注的某领域的关键问题。在作战效能试验评估领域,评估议题可以理解为作战效能试验评估关注的、要解决的关键评估问题。通常,经过相关领域人员审核的、决定评估效用水平的评估问题,才能作为关键评估问题,进而遴选为评估议题。评估议题一旦确立,评估团队就必须

2 面向议题的作战效能评估设计框架

根据地面无人作战系统的试验评估议题,有针对性地确立评估目标和设计评估过程,可以有效增强地面无人作战系统作战效能试验评估的针对性,还可以按照人们的认知规律理顺不同评估目标的逻辑关系^[9]。面向议题开展地面无人作战系统作战效能试验评估,其基本的设计思路如图3所示。

1) 确立评估目标

根据评估议题的具体内容和要求,结合地面无人作战系统的特点,从地面无人作战系统作战效能指标体系集中选择合适的指标,构建相应的评估指标体系。

2) 设计评估方案

针对不同议题的具体评估目标,综合运用正交设计、探索性分析等方法^[10],科学设计作战效能试验评估的具体方案,形成地面无人作战系统作战效能试验评估的方案集。

3) 构建评估模型

针对不同的议题的评估目标和评估方案,综合运用定性分析与定量计算等方法,从效能指标计算、效能分布水平、因果回溯关系、兵力效能对比等方面,选择合适的评估算法,构建适应不同议题评估目标的作战效能评估计算模型。

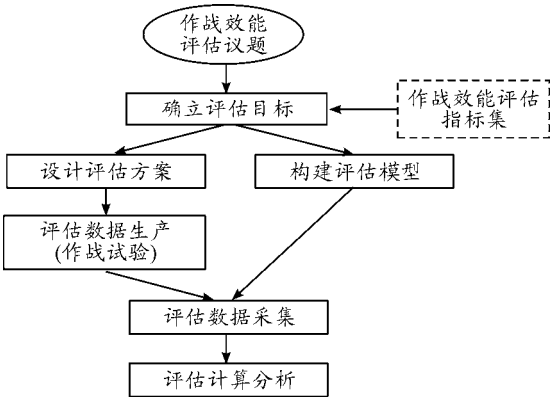


图3 面向议题的地面无人作战系统作战效能评估设计思路框图

4) 作战试验

针对不同议题的评估方案集,按照作战试验的相关要求,构建近似实战的战场环境和作战对手,组织实施实装作战试验、虚拟对抗试验、虚拟结合试验,验证地面无人作战系统的作战用途和作战效能。

5) 评估数据采集

采用合适的数据采集方式,在作战试验过程中实时采集相应效能指标的试验数据。通常,当采集到作战效能指标试验数据不能用时,应及时调整作战试验方案,重新组织实施作战试验并重新采集相应的试验数据。

6) 评估计算分析

面向作战效能评估目标,利用构建的作战效能评估计算模型,基于采集的作战效能指标数据,开展作战效能的综合计算和多维度、多层次分析,并形成地面无人作战系统作战效能评估的基本意见,以支持对相关评估议题关注内容的回答。

3 作战用途议题的地面无人作战系统作战效能评估设计

下面主要从评估目标确定、评估方案设计、评估模型构建和评估计算分析4个方面,聚焦地面无人作战系统作战用途评估议题,进行地面无人作战系统作战效能试验评估设计。

3.1 评估目标确定和评估方案设计

作战用途评估议题的评估对象主要是地面无人作战系统单体,重点评估地面无人作战系统是否具备了作战需求方案中的能力要求,并达到预期的作战任务完成程度。因此,面向作战用途的地面无人作战系统作战效能评估,可选择单体作战效能指标体系作为评估的目标要求。

评估方案设计:

1) 单体地面无人作战系统作战效能的主要影响因素

面向作战用途议题开展单体作战效能试验评估时,主要考虑战场环境条件、操作控制方式、对抗方式程度3个方面的因素。

战场环境条件,主要是针对地面无人作战系统的“环境适应广谱”特征^[11],按照作战环境的典型性,尽可能设置各种典型战场环境,为地面无人作战系统发挥“入危可险”功能提供条件。

操作控制方式,主要是针对地面无人作战系统的自主能力而言,通常情况下,地面无人作战系统达到完全自主的程度,依然会设置“人类遥控”“人类监督”的操作模式,以确保地面无人作战系统最终能够置于人的控制之下,因此要针对不同自主水平的地面无人作战系统,设置多种操控模式的作战试验评估方案。

对抗方式程度是从地面无人作战系统的任务强度和防护能力角度出发,设置典型战场环境条件下的典型作战对手或极限生存威胁^[12],以充分体现地面无人作战系统作战试验评估的实战对抗意味。

2) 单体地面无人作战系统作战效能试验的主要方式

通常,作战试验分为分要素试验和综合试验2种类型。对地面无人作战系统领域功能作战效能的试验,属于分要素试验,通常仅以地面无人作战系统的单一作战功能为主进行试验,如感知效能试验、决策效能试验和行动效能试验等;对于地面无人作战系统综合效能的试验,属于综合试验,通常以地面无人作战系统的多项要素在较为综合的任务条件下

进行试验。

考虑到地面无人作战系统的运用特点,单体地面无人作战系统作战效能试验时,可采用以综合试验为主体、以分要素试验为补充的试验方式。在单体地面无人作战系统作战效能试验时,尽可创设比较综合的试验环境,统筹各分要素试验和综合试验的试验需求和评估目标^[13],有针对性地设置分要素试验和综合试验内容及要求,力争在一次或若干次综合试验中完成分要素试验和综合试验的全部试验内容。当部分试验内容未完成或试验未取得预期效果,可针对存在的问题进行针对性的补充试验。

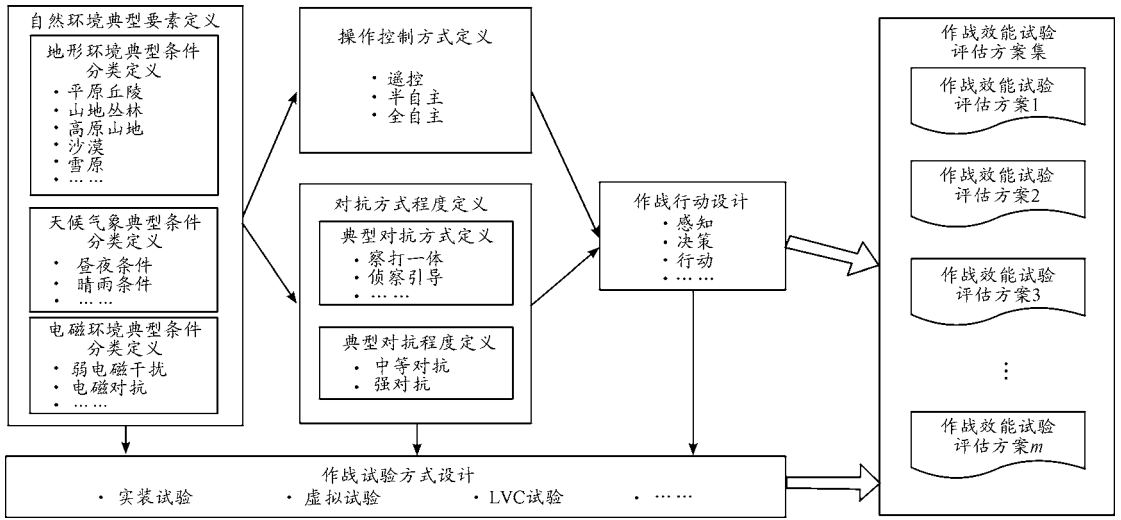


图4 面向作战用途的地面无人作战系统作战效能评估方案设计思路框图

3.2 评估模型构建

由于作战用途评估议题的评估对象是单体地面无人作战系统,评估目标主要是单体地面无人作战系统的领域作战效能和系统综合效能。因此在评估模型的设计上,一方面应满足于领域作战效能和系统综合效能评估的需要,同时,还应将领域作战效能和系统综合效能融合在一起开展多层次的分析,通过多维数据增强人员对单体地面无人作战系统作战效能水平的系统认识。

1) 末端效能指标计算模型

在单体地面无人作战系统感知、决策和行动作战效能指标体系中,末端指标以“××率”、“××度”等指标为主,通常采用效用函数来表示末端指标的效能水平,即用作战试验采集的该类指标实际运行值与其预期值的比值表示,取值范围通常为[0,1]。针对效益型、成本型、适度型和区间型4类指标,可以分别采用如下模型表示。

① 效益型指标计算模型

$$s = \begin{cases} 0, & c \leq c_{\text{low}} \\ (c - c_{\text{low}}) / (c_{\text{high}} - c_{\text{low}}), & c_{\text{low}} < c < c_{\text{high}} \\ 1, & c \geq c_{\text{high}} \end{cases}$$

3) 评估方案设计思路

按照单体地面无人作战系统作战效能的主要影响因素和拟采取的试验方式,可提出如图4所示的面向作战用途的作战效能评估方案设计思路。

在方案设计过程中,受地形环境的地域分割特性、气候气象环境对技术性能抑制以及打击方式的不可融合特性的影响,作战效能评估方案的设计应选择地形环境、气候气象和对抗方式的典型类别,分别设计相应的作战行动,并形成相对独立的作战效能试验评估方案。

式中: c 、 c_{high} 、 c_{low} 分别为效能指标 C 的试验采集值、预期最大值与预期最低值。

② 成本型指标计算模型

$$s = \begin{cases} 0, & c \geq c_{\text{low}} \\ (c_{\text{low}} - c) / (c_{\text{low}} - c_{\text{high}}), & c_{\text{high}} < c < c_{\text{low}} \\ 1, & c \leq c_{\text{high}} \end{cases}$$

式中: c 、 c_{high} 、 c_{low} 分别为效能指标 C 的试验采集值、预期最低值与预期最大值。对于成本型指标, $c_{\text{high}} < c_{\text{low}}$, c 越接近 c_{high} 越好。

③ 适度型指标计算模型

$$s = \begin{cases} 1, & c = c_{\text{high}} \\ 1 - |c - c_{\text{high}}| / |c_{\text{high}} - c_{\text{low}}|, & c \neq c_{\text{high}} \end{cases}$$

式中: c 、 c_{high} 、 c_{low} 分别为效能指标 C 的试验采集值、预期最大值与预期最低值。

④ 区间型指标计算模型

$$s = \begin{cases} 1 - \frac{c_{\text{low}} - c}{\max\{c_{\text{low}} - m, M - c_{\text{high}}\}}, & c < c_{\text{low}} \\ 1, & c \in [c_{\text{low}}, c_{\text{high}}] \\ 1 - \frac{c_{\text{high}} - c}{\max\{c_{\text{low}} - m, M - c_{\text{high}}\}}, & c > c_{\text{high}} \end{cases}$$

式中: $[c_{\text{high}}, c_{\text{low}}]$ 为效能指标 C 的最佳稳定区间, c 为效能指标 C 的试验采集值, M 为效能指标 c 的允许上限值, m 为效能指标 C 的允许下限值。

2) 作战效能聚合计算模型

直观、可操作是作战试验的显著特点,也是作战效能试验评估方法选择的重要原则。在单体地面无人作战系统领域作战效能评估和系统综合效能评估时,通过作战试验可以获得各类效能指标在作战运用过程的系统运行结果,指标数据具有较强的客观性,模糊信息较少,因此,可以加权和方法或加权积方法为基础构建评估模型。

① 加权和聚合模型可表示为 $E = \sum_{i=1}^n e_i^{\omega_i}$, 即上层指标的效能值由下层指标效能值的加权积得到,通常适用于下层指标相对独立、关联关系较弱的效能聚合计算。如感知效能指标体系中的情报融合效能,可根据其下层指标时间配准率、空间配准率、目标配准率和情报融合效率 4 个指标的效能值的加权和得到。

② 加权积聚合模型可表示为 $E = \sum_{i=1}^n e_i \times \omega_i$, 即上层指标的效能值由下层指标效能值的加权和得到,通常适用于下层指标关联关系较强的效能聚合计算。如系统综合效能指标体系中的运行效能,其下层指标 ADA 平均循环时间比、感知效能、决策效能和行动效能 4 个指标相互关联,可以采用加权积模型。

3.3 评估计算分析

作战效能试验评估的目的不是为了得到一个效能值,而是通过对评估对象作战效能的全面分析,验证评估对象的作战效能水平,发现评估对象的效能缺陷,进而指导评估对象的改进完善。因此,利用评估计算模型得到不同层次的作战效能指标效能值后,应按照系统和功能分系统 2 个层次,并结合作战阶段进行“双层-多维-动态”分析。

1) 双层多维对比分析

应按照系统和功能分系统 2 个层次,将系统综合效能应与功能领域作战效能评估结果进行综合分析,分析模型如图 5 所示。

某城市作战分队的作战行动交互模型如图 5 所示,反映了不同作战节点(力量编组)遂行作战行动的逻辑关系。

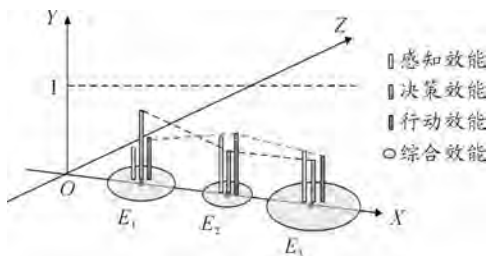


图5 双层多维变化过程模型示意图

如图 5 所示,对 3 个评估方案进行评估分别得到相应的系统综合效能值 E_1 、 E_2 、 E_3 ,以半径(r)小于 1 的圆的面积表示,其中半径 $r_i = \sqrt{E_i}$;每个评估方案中领域作战效能值采用柱状图表示,圆柱的高度 h 等于该项领域作战效能的评估值,并将感知效能、决策效能和行动效能并列显示^[14]。通过该分析模型,可以帮助作战试验评估或鉴定人员回答以下问题:

① 在哪些评估方案中地面无人作战系统的综合效能更佳,是否意味着该评估方案能够更有利于地面无人作战系统的作战用途。

② 在不同的评估方案中,感知、决策、行动等领域作战效能的水平与系统综合效能水平是否正相关,即领域作战效能较高则系统综合效能也越好,反之亦然。

2) 多维动态对比分析

按照地面无人作战系统运用的不同阶段,分别研究不同阶段感知、决策和行动效能的多维动态变化过程,如图 6 所示。

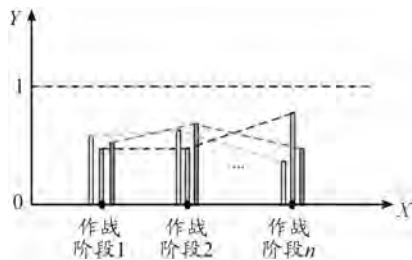


图6 多维动态变化过程示意图

通过对不同作战过程感知、决策和行动效能的对比分析,可以帮助作战试验评估或鉴定人员回答以下问题:

① 地面无人作战系统的感知、决策或行动功能分别在哪些作战阶段可以得到更好的发挥。

② 在不同阶段地面无人作战系统作战效能的释放与该阶段的主要作战任务是否匹配。

3) 系统综合效能的双层比较分析

系统综合效能包括任务效能和运行效能 2 个方面,分别表征了地面无人作战系统完成任务的程度和效率,两者之间并不存在必然的正相关关系,即任务效能高不一定运行效能高,运行效能低也不一定任务效能就必然低。在关注系统综合效能的同时,关注系统的任务效能和运行效能,能够实现系统综合效能整体和局部 2 个层面的综合分析,有利于实现对系统综合效能的总体把握。

4) ADA 作战周期分析

以单体地面无人作战系统综合运用为基础,以典型作战目标的感知、决策和行动为核心,选择相同种类或不同种类的若干典型作战目标,构建面向目标的感知、决策和行动作战周期模型^[15]。作战周期分析模型中,将目标首次发现时间作为作战周期分析的起点,在感知阶段主要关注目标首次

识别时间、目标信息首次发送时间;在决策阶段主要关注列为作战目标时间、形成目标行动计划时间、行动指令发出时间;在行动阶段主要关注行动实施开始时间。

4 结论

1) 分析了地面无人作战系统作战效能评估的主要议题,提出了面向议题的地面无人作战系统作战效能试验评估设计方法,为开展具体的作战效能试验评估方案设计提供了方法指导;

2) 面向作战用途议题,明确了评估议题的主要评估目标,提出了具体的方案设计方法、评估模型和分析模型,为设计生成作战面向不同评估议题的作战效能试验评估方案提供了方法支撑。

参考文献:

[1] 樊延平. 装备需求论证支持系统柔性设计理论与方法研究[D]. 北京:陆军装甲兵学院,2015.

[2] 全军军事术语管理委员会,空军军事术语管理委员会. 中国人民解放军空军军语[M]. 北京:蓝天出版社,2012.

[3] 郭齐胜,樊延平,穆歌,等. 装备需求论证理论与方法[M]. 北京:电子工业出版社,2018.

[4] 方甲永,徐浩翔,李永宾,等. 武器装备作战试验设计与分析[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2017,18(2):101-105.

[5] 曹裕华,张连忠. 装备体系试验与仿真[M]. 北京:国防工业出版社,2016.

[6] 刘忆冰. 基于平行试验的数字化部队装备体系作战效能

评估研究[D]. 北京:陆军装甲兵学院,2018.

[7] HOLLY A H, AMISSAH M, HEIMERDINGER D, et al. Non Legacy viewpoint for Department of Defense Architecture Framework architectures[J]. Journal of Defense Modeling & Simulation: Applications, Methodology, Technology, 2016, 13(4):415-429.

[8] 联合部队司令部. 快速决定性作战(2.0版)白皮书[M]. 2001.

[9] 张宏军,韦正现,鞠鸿彬,等. 武器装备体系原理与工程方法[M]. 北京:电子工业出版社,2019.

[10] 刘娜,李国栋,陈健军. 基于 SEM 的网络化作战体系能力分析[J]. 中国电子科学研究院学报,2019,14(4):404-411.

[11] 鲁培耿. 美国海军陆战队作战试验与鉴定[M]. 北京:国防工业出版社,2019.

[12] 赵东波,岳帆. 陆军智能化无人化作战体系构建思考[J]. 国防科技,2019,40(5):51-54.

[13] 闫振生,刘玉萍,张学辉. 无人作战平台广泛运用对陆战场的影响[J]. 中国军事科学,2018(3):51-59.

[14] 刘鹏,赵丹玲,谭跃进,等. 面向多任务的武器装备体系贡献度评估方法[J]. 系统工程与电子技术,2019,41(8):1763-1770.

[15] XIA W, LIU X, MENG S, et al. Efficiency evaluation research of missile weapon system based on the ADC-II model [C]//The 6th International Conference on Machinery, Materials, Environment, Biotechnology and Computer, Tianjin, 2016.

(责任编辑 周江川)