

基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估方法

张 宇^{1,2}, 郭齐胜¹, 樊延平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:作战效能试验评估是检验地面无人作战系统是否满足作战要求的根本手段。针对地面无人作战型号新、作战需求牵引性弱等问题,紧贴地面无人作战系统的智能自主特性,以能力构想为核心,以作战概念创新为牵引,建立了基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估框架,明确了作战概念设计的主要内容和关键技术,提出了地面无人作战系统的作战效能试验方法,设计了地面无人作战系统的作战效能指标框架和总体方案,为适应地面无人作战系统发展要求,并有效开展作战效能试验评估提供了科学方法。

关键词:地面无人作战系统,作战效能,作战试验评估,系统设计

中图分类号:E917;TJ81

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1002-0640.2021.06.033

引用格式:张宇,郭齐胜,樊延平.基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估方法[J].火力与指挥控制,2021,46(6):182-187.

Research on Operational Effectiveness Test Evaluation Method of Ground Unmanned Combat System Based on Capability

ZHANG Yu^{1,2}, GUO Qi-sheng¹, FAN Yan-ping¹

(1. Military Exercise and Training Center, Army Academy of Armored Forces, Beijing 100072, China;

2. Aerospace Science and Technology Department, Space Engineering University, Beijing 101416, China)

Abstract: Operational effectiveness test evaluation is the fundamental means to test whether the ground unmanned combat system meets the operational requirements. In view of the new type of ground unmanned combat system and the weak traction of combat demand, this paper closely adheres to the intelligent autonomous characteristics of ground unmanned combat system, takes the capability concept as the core and the innovation of combat concept as the traction, establishes the evaluation framework of operational effectiveness test of ground unmanned combat system based on capability, clarifies the main contents and key concerns of operational concept design, and puts forward the ground unmanned combat system operational effectiveness test method of the combat system, designs the operational effectiveness index framework and overall scheme of the ground unmanned combat system and provides a scientific method for adapting to the development requirements of the ground unmanned combat system and effectively carrying out the operational effectiveness test evaluation.

Key words: ground unmanned combat system, operational effectiveness, operational test evaluation, system design

Citation format: ZHANG Y, GUO Q S, FAN Y P. Research on operational effectiveness test evaluation method of ground unmanned combat system based on capability [J]. Fire Control & Command Control, 2021, 46(6): 182-187.

0 引言

发挥地面无人作战系统的智能自主特征,适应

复杂多变的战场对抗环境,根据任务性质,灵活运用分布式、集群化、点穴式或接触式精确作战,成为智能化时代陆战场取得战场胜利的重要基础^[1]。随

收稿日期:2020-05-08

修回日期:2020-06-10

作者简介:张宇(1980—),男,山西晋中人,博士,研究方向:军事装备学。
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

着人工智能、大数据、类脑计算等技术的不断发展成熟,地面无人作战系统将进一步拓展人类的能力半径,增强人类的智能算力,突破人类的生理极限,进入作战人员无法进入的危地险境或承担恶劣、危险条件下的作战任务^[2],颠覆着陆战场对抗模式和制胜机理。近年来,以美国和俄罗斯为代表,先后研制了多款不同作战用途的地面无人作战系统并投入了战场,特别是 2015 年 12 月俄罗斯在叙利亚战场首次将“平台-M”履带式无人战车、“阿尔戈”轮式两栖无人战车两款武装型地面无人作战系统投入战场,并取得了出人意料的作战效果,让世界各国军队深刻地认识到了地面无人作战系统的重要价值及其发展的迫切性^[3]。与美俄相比,我国地面无人作战系统发展相对滞后,发展地面无人作战系统的紧迫感更加突出。随着地面无人作战系统关键技术的不断突破,未来一段时间内地面无人作战系统将呈现出爆发式的发展态势。当前,作为一种新的陆战作战装备,如何确保地面无人作战系统能够适应未来的战场对抗需要、达到预期的作战效果,就成为地面无人作战系统发展建设中必须解决的关键问题。为此,本文聚焦地面无人作战系统的作战效能试验评估问题,以地面无人作战系统的能力需求为牵引,强化未来战场地面无人作战系统作战运用对地面无人作战系统作战效能试验与评估的引导作用,提出一种基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估方法,为解决新型地面无人作战系统的作战效能鉴定提供方法支撑。

1 总体框架

针对地面无人作战系统型号新、研究应用实践少的特点,采用基于能力的试验评估理念,以地面无人作战系统的作战能力构想为核心,以地面无人作战系统作战概念创新设计为牵引,聚焦地面无人作战系统作战效能生成规律,构建地面无人作战系统作战效能试验评估总体框架,明确地面无人作战系统作战效能试验评估的主要内容和关键技术,将具有更强的针对性和有效性。总体框架如图 1 所示。

作战概念设计、作战效能试验、作战效能评估形成了一个聚焦顶层能力需求的地面无人作战系统作战效能试验评估环路,突出顶层能力需求对地面无人作战系统发展建设的指导作用,通过作战概念的不断迭代优化、作战效能试验的反复测试验证和作战效能评估的持续综合评价,能够有效回答地面无人作战系统“未来怎么用”、“作战效能试验怎么试”、“作战效能如何评”等关键问题,并为有效回

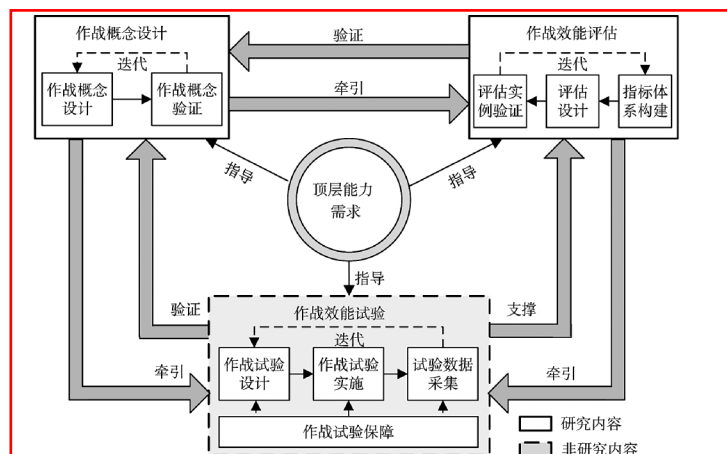


图1 基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估框架
答地面无人作战系统“管用”问题提供了明确的方法路径。

2 作战概念设计

2.1 主要内容

以顶层能力需求为依据,结合地面无人作战系统的使命任务、功能用途和典型适应环境,对地面无人作战系统“打什么仗”、“怎么打仗”等问题进行前瞻性探究和创新性设计^[4],明确地面无人作战系统的典型战场环境、作战对手威胁、装备要素构成、力量编组方式、作战运用方法和预期作战效果,是作战概念设计的基本任务。其主要内容及相互关系如图 2 所示。

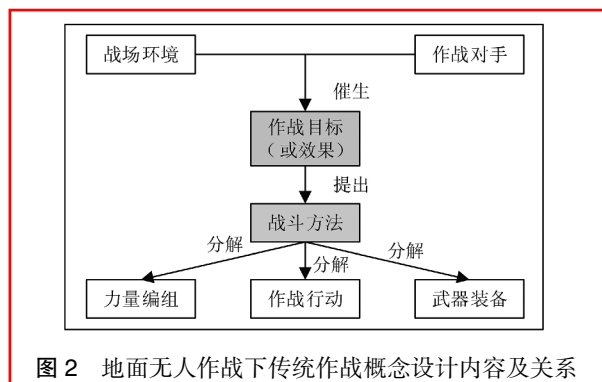


图2 地面无人作战下传统作战概念设计内容及关系

作战概念具有鲜明的不确定性和探索性,通常应广泛采用头脑风暴、专家论证、逻辑演绎、运筹计算、仿真分析等多种方法,进行设计与验证^[5]。

2.2 设计原则

智能自主性是地面无人作战系统各种作战能力的核心,也是地面无人作战系统作战概念设计的重点,应有针对性地开展主动设计^[6]。

1) **变革力量体系形态**。小型、分布、一体是智能化时代地面无人作战系统运用的主要组织形态。小型是指地面无人作战系统的体型往往较小,行动比较灵活;分布是指参与作战的各类武器装备相对分

散地部署在作战地域的不同位置,战场密度大大降低,而不是传统的兵力集结模式;一体是指分散部署在不同地域的地面无人作战系统,以信息网络为支撑,具有显著的自组织和自协同能力,能够实现作战力量体系的一体联动和整体运用。

2) **强化自主能力运用**。自主能力是地面无人作战系统区别于传统作战装备的主要特征^[7],也是地面无人作战系统在广谱战场环境中完成各种极难险重任务的根本保证,是作战概念创新的本质要求,也是作战概念创新的重心所在。由于自主能力水平的不同,在创新地面无人作战系统自主能力运用方法时,要从作战任务的角度出发,合理开展与有人武器装备的协同运用创新,有机融合有人武器装备与地面无人作战系统的优势能力,实现“1+1>2”的能力聚合效果。

3) **创新破敌制胜模式**。破敌制胜模式在不同的时代有本质的区别,机械化时代以消耗战和大规模毁伤为主要特征,信息化时代以获取信息优势为基础进而实现快速、精确打击为主要特征,智能化、无人化时代则更加突出认知优势和决策优势。因此,在创新地面无人作战系统作战概念时,在继承传统的“火力+信息”的精确作战模式的基础上,要紧紧围绕小型灵活、分散部署、抵近行动、整体运用的特征,从观察-判断-决策-打击链、情报-指挥-火力网、目标-资源-效果等方面创新具体的运用方式^[8]。

4) **聚焦效能释放途径**。区别于机械化时代的效能叠加和信息化时代的网络聚能特征,智能化时代以人工智能算法为支撑的认知优势,成为作战效能相变的核心因子和变革地面无人作战系统作战效能产生机理的关键变量。在地面无人作战系统作战概念创新时,要紧紧围绕认知优势可能对精准释能模式的优化或“破窗”作用,重构地面无人作战系统作战运用的作战效能产生路径,重组地面无人作战系统作战运用流程,重塑陆战场有人/无人协同作战新形态。

3 作战效能试验

传统的装备作战试验以实装试验为主。随着仿真技术的不断发展成熟,虚拟试验、虚拟结合试验成为实装试验的重要补充,为解决实装试验中力量规模偏小、对抗环境不真实等问题提供了新的解决手段。目前,广泛采用实装试验、仿真试验和实装仿真结合试验,已经成为装备作战效能试验的基本方式。考虑到地面无人作战系统发展的渐进性及其与

作战效能试验的同步性,地面无人作战系统作战效能试验,应根据地面无人作战系统的发展阶段采取不同的试验组织实施方式,如图 3 所示。

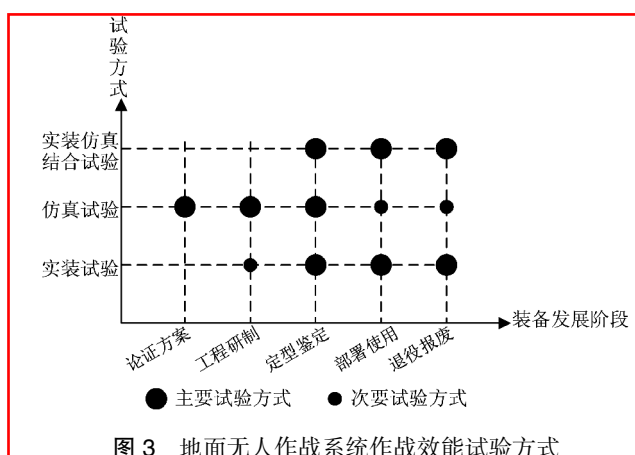


图 3 地面无人作战系统作战效能试验方式

从地面无人作战系统的发展及运用要求看,实装仿真结合试验可能会成为有效鉴定地面无人作战系统作战效能的主要途径,其总体流程如图 4 所示。

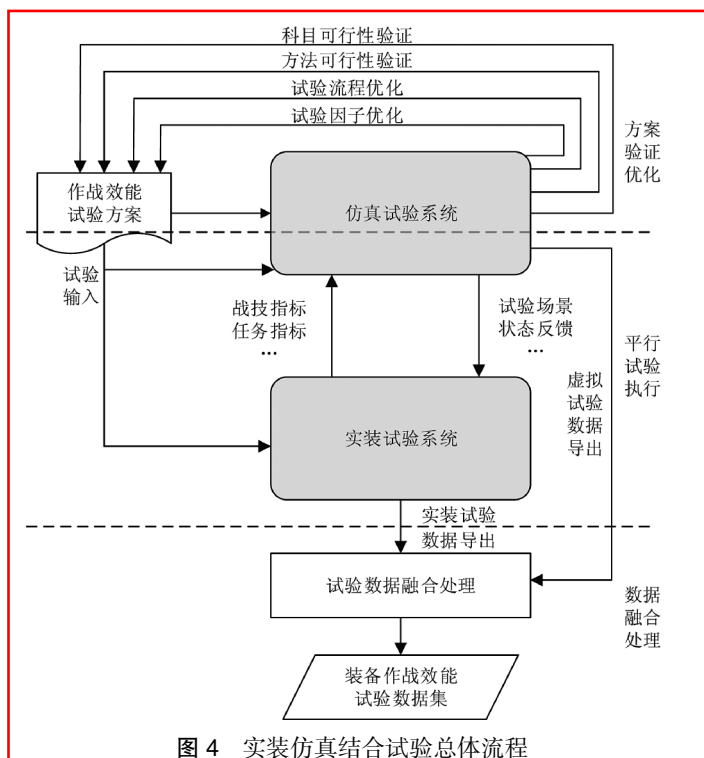


图 4 实装仿真结合试验总体流程

1) **试验方案验证优化**。发挥仿真试验系统试验条件设置灵活、试验计算可重复、试验资源节约的优势,对制定的地面无人作战系统作战效能试验方案进行验证分析,重点围绕作战效能试验方案中涉及的试验科目、试验方法和试验流程等展开验证分析,确保作战效能试验方案的合理性和可行性。同时,还可以利用仿真试验系统对试验方案中关键参数进行因子分析,以确定更加合理的试验方案^[7]。

2) **平行试验执行**。以优化后的地面无人作战系统作战效能试验方案为输入,综合采用实装试验和

仿真试验两种手段,开展实装试验系统和仿真试验系统的平行试验。由实装试验获取的地面无人作战系统战术性能指标数据、确定性任务指标数据,导入仿真试验系统作为仿真试验系统的基础参数;由仿真试验系统根据试验进程和科目预测试验的具体战场环境和敌我兵力布势,并对武器装备的状态及其相互作用的随机性指标、综合性指标进行预测分析,作为设置实装试验后续科目的重要依据^[8]。

3) **试验数据采集整理**。综合采用多种方法,对由实装试验系统和虚拟试验系统获取的试验数据,进行综合分析和处理,形成装备作战效能试验指标数据方案^[9]。

4 作战效能评估

4.1 作战效能评估指标体系框架设计

按照基于感知、决策、行动作战环路的地面无人作战系统作战效能生成模式,区分功能分系统、系统和体系 3 个层次,可构建包括功能领域效能、单体综合效能、集群作战效能和有人无人协同作战效能 4 类作战效能的地面无人作战系统作战效能指标体系框架,如图 5 所示。

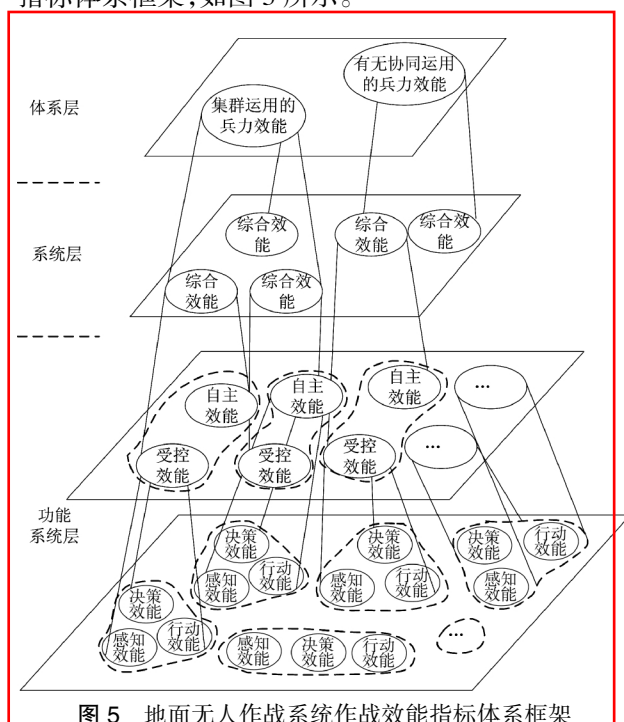


图 5 地面无人作战系统作战效能指标体系框架

1) **系统作战效能指标体系**。区分功能领域作战效能和系统整体作战效能 2 个层次,分别构建地面无人作战系统的感知作战效能、决策作战效能、行动作战效能和整体作战效能指标体系。

2) **集群作战效能指标体系**。突出“网联效应”对侦察感知网、指挥决策网、行动控制网结构重组和效能释放的支撑作用,体现集群中地面无人作战系

统的自适应、自组织和敏捷协同特征,区分功能领域作战效能和系统整体作战效能 2 个层次,分别构建地面无人作战系统的感知作战效能、决策作战效能、行动作战效能和整体作战效能指标体系。

3) 有人/无人协同编组作战效能指标体系。以有人/无人协同编组的智能增强、精确感知和敏捷行动需求为牵引,聚焦有人/无人协同整体效益,重点围绕协同感知、决策融合、临境行动和即时共享等指标构建作战效能指标体系。

4.2 作战效能评估设计

遵循新生事物从简单到复杂、从个体到网络的人类认知过程^[10],针对地面无人作战系统“有什么用”、“怎么运用”、“能否融入体系”,以及“人机协同效果如何”等问题,按照作战用途、实战运用、融入体系和人机协同 4 个层次,分别设计地面无人作战系统作战效能评估的总体目标、评估模型和分析方法,如图 6 所示。

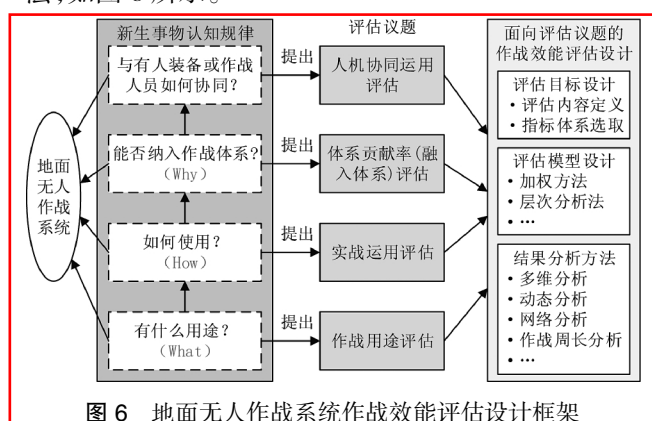


图 6 地面无人作战系统作战效能评估设计框架

首先,人们需要认识地面无人作战系统的作战用途,并通过一定的方法手段进行确认,形成作战用途评估议题;尔后,当人们认识到地面无人作战系统的作战价值后,便会提出地面无人作战系统的使用问题,即在战场上应如何运用地面无人作战系统才能有效发挥其作用,涉及到地面无人作战系统的编组运用问题,形成编组运用评估议题;然后,一旦确认地面无人作战系统能够适应战场需要并发挥较大或广阔的作战价值后,便会提出如何将这一新型陆战装备融入陆战武器装备体系、全军武器装备体系或典型战斗装备体系的问题,进一步明确地面无人作战系统在整个装备体系中的地位和作用,形成使命定位评估议题;最后,针对地面无人作战系统的“无人智能自主”运用的特征,进一步提出地面无人作战系统与有人武器系统或作战人员协同作用的问题,进而形成人机协同运用评估的议题。

4.3 评估分析模型

在不同层次的地面无人作战系统作战效能评

估中,评估分析模型主要包括末端指标分析、指标权重计算、评估计算聚合以及结果分析等内容。其中,评估计算聚合和结果分析又是地面无人作战系统作战效能试验评估的关键。

4.3.1 评估计算聚合模型

遵循直观、易操作的原则,可主要采用加权和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 $E = \prod_{i=1}^n e_i^{\omega_i}$, 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。如系统整体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。

4.3.2 结果分析模型

为从多个维度反映地面无人作战系统作战的作战效能水平,应根据地面无人作战系统的运用情况,采用“双层-多维-动态”分析策略,主要包括以下 4 类模型。

1) 双层多维对比分析

应按照系统和功能分系统 2 个层次,将系统整体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 7 所示。

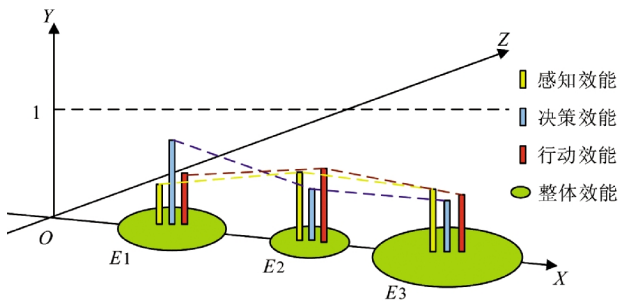


图 7 双层多维对比分析模型示例

如图 7 所示,对 3 个评估方案进行评估分别得到相应的系统整体效能值 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。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整体效能水平是否正相关,即领域作战效能较高则系统整体效能也越好,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、决策和行动效能的动态变化过程,如图 8 所示。

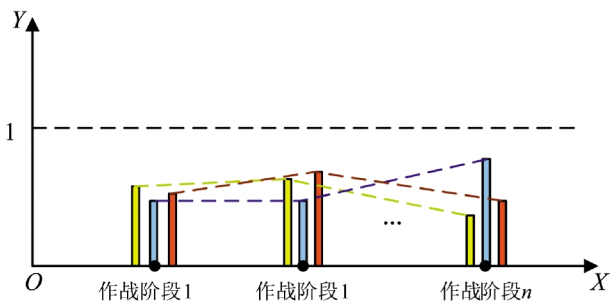


图 8 多维动态分析模型示例

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) 系统整体效能的双层比较分析

系统整体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。在关注系统整体效能的同时,关注系统的任务效能和运行效能,能够实现系统整体效能整体和局部 2 个层面的综合分析,有利于实现对系统整体效能的总体把握,可采用如下页图 9 所示的模型进行分析。

4) ADA 作战周期分析

以单体地面无人作战系统整体运用为基础,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。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

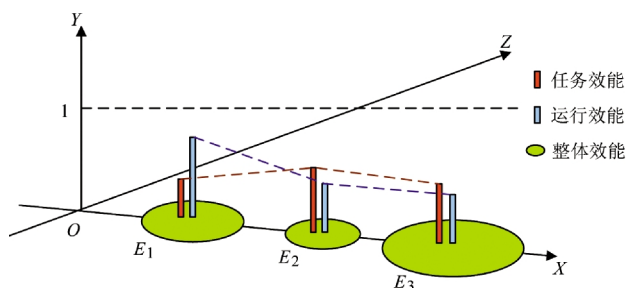


图9 系统整体效能的双层比较分析模型示例

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;由上述各时间参数形成的作战周期模型如图10所示。

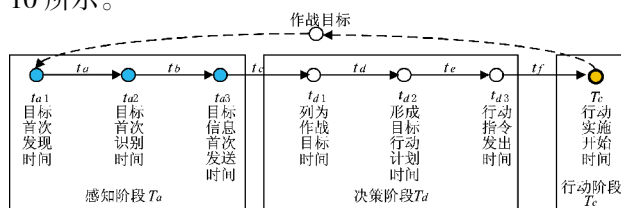


图10 ADA作战周期模型

由图中可知,感知时间 $T_a = t_{a3} - t_{a1}$,决策时间 $T_d = t_{d3} - t_{d1}$,行动时间 $T_c = t_c - t_{d3}$,对目标的完整作战周期 $T = T_a + T_d + T_c$ 。

5 结论

以能力构想为核心,以作战概念为牵引,开展地面无人作战系统作战效能试验评估,能够有效解决地面无人作战系统这一新型装备“打什么仗”、

“怎么打仗”和“达到何种作战效果”等问题,是指导地面无人作战系统贴近使命任务,开展实战化条件下的作战效能试验评估的有效方法。由于地面无人作战系统发展的新颖性以及作战运用的复杂性,形成基于能力的地面无人作战系统作战效能试验评估能力,还需要在地面无人作战系统作战运用模式创新、仿真试验环境构建和指标体系细化方面继续深化研究。

参考文献:

- [1] 曾华峰,石海明.科技兴军的逻辑[M].长沙:国防科技大学出版社,2018.
- [2] 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.
- [3] SCHARRE P.Army of none: autonomous weapons and the future of war[M].New York: World Affairs Press, 2017.
- [4] 李大喜,李小喜,陈士涛,等.基于 MOTE 的智能隐身无人机作战概念研究[J].装甲兵工程学院学报,2019,33(1): 1-6.
- [5] 郭齐胜,宋畅,樊延平.作战概念驱动的装备体系需求分析方法[J].装甲兵工程学院学报,2017,31(6):1-5.
- [6] 胡晓峰.战争工程论[M].北京:科学出版社,2017.
- [7] 石海明,贾珍珍.人工智能颠覆未来战争[M].北京:人民出版社,2019.
- [8] 王伟,李远哲.坦克装甲车辆试验鉴定[M].北京:国防工业出版社,2019.
- [9] 刘忆冰.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.
- [10] 杨雪榕,范丽,张大曦.武器装备体系效能评估的平行试验方法研究[J].指挥与控制学报,2015,3(5):403-408.

(上接第 181 页)

- [4] 薄云,陈小卫,韦国军.武器装备作战评估有关问题研究[J].装甲兵工程学院学报,2019,33(3):5-9.
- [5] 吴溪,郭广生,王亮,等.装备作战试验科目设计方法研究[J].火力与指挥控制,2018,43(11):177-183,188.
- [6] 王钦钊,鲍君潇,郭傲兵,等.陆战分队作战仿真试验系统设计与实现[J].装甲兵工程学院学报,2018,32(2):91-97.
- [7] 廖学军.关于开展常规武器作战试验鉴定的思考与建议[J].装备学院学报,2015,26(4):70.
- [8] BAILEY R.Experiments in rectangular areas: design and randomization [J].J Agric Biol Environ Stat,2012,17(2): 176-191.
- [9] LANCSAR E, FIEBIG D G, HOLE A R. Discrete choice experiments: a guide to model specification, estimation and software[J].Pharmaco Economics, 2017, 35(7): 697-716.
- [10] MENDENHALL W M, SINCICH T. Statistics for engineering and the sciences[M]. 6 版. Boca Raton: CRC Press, Taylor &

Francis Group, 2016.

- [11] BO Y, DU Z, LIAO X. The power analysis technique in determining sample size for military equipment test and evaluation [J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, 573: 012008.
- [12] BATE S T, CHATFIELD M J. Identifying the structure of the experimental design [J]. Journal of Quality Technology, 2016, 48(4): 343-364.
- [13] BATE S T, CHATFIELD M J. Using the structure of the experimental design and the randomization to construct a mixed model [J]. Journal of Quality Technology, 2016, 48(4): 36-387.
- [14] FREEMAN L J, MEDLIN R M, JOHNSON T H. Challenges and new methods for designing reliability experiments[J]. Quality Engineering, 2019, 31(1): 108-121.