

doi: 10.7690/bgzdh.2021.08.004

基于 DoDAF 的靶场光学测量仿真训练系统体系结构

单鑫¹, 马宪宇², 曹阳³

(1. 海军航空大学, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 91913 部队, 辽宁 大连 116041;

3. 海装驻北京地区第一军事代表室, 北京 100071)

摘要: 为解决靶场光学测量试验涉及组织结构复杂、参试人员多、装备分布广泛的问题, 设计一种靶场光学测量仿真训练系统体系结构。以美国国防部体系结构框架(department of defense architecture framework, DoDAF)标准 2.0 版为理论基础, 结合 TD-CAP 体系架构建模工具的应用, 构建靶场光学测量仿真训练系统体系结构模型及系统顶层概念设计框架结构, 并通过演示验证评估。结果表明: 该设计具有一定的完整性和一致性, 可为靶场光学测量仿真训练系统构建及训练组织实施提供思路与借鉴。

关键词: DoDAF; 靶场; 光学测量; 仿真训练; 系统设计

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Optical Measurement Simulation Training System Architecture in Shooting Range Based on DoDAF

Shan Xin¹, Ma Xianyu², Cao Yang³

(1. Navy Aviation University, Yantai 264001, China; 2. No. 91913 Unit of PLA, Dalian 116041, China;

3. No. 1 Military Representatives Office of Navy Equipment Department in Beijing District, Beijing 100071, China)

Abstract: Aiming at the problems of complex organization structure, large number of participants and wide distribution of equipment involved in the shooting range optical measurement, a simulation training system architecture for optical measurement of the shooting range was designed. Based on the American department of defense architecture framework, (DoDAF) 2.0 architecture standard, combined with the application of TD-CAP architecture modeling tools, the system structure model of the shooting range optical measurement simulation training system and the system top-level conceptual design frame structure are constructed, and verified and evaluated through demonstration. The results show that the design has a certain degree of completeness and consistency, which can provide ideas and references for the construction of the optical measurement simulation training system of the shooting range and the implementation of training organization.

Keywords: DoDAF; shooting range; optical measurement; simulation training; system design

0 引言

在靶场试验中, 作为一种高精度测量手段, 光学测量一直占据着较为重要的地位。目前应用于靶场试验的光学测量设备主要有车载、机载、舰载光电经纬仪、高清高灵敏度摄像无人机等。光学测量具有很多优点, 比较突出的是测量精度相对较高, 可直观地测量导弹等靶场试验目标的光辐射特性基本参数, 并可实时记录和保存试验目标的飞行姿态影像数据, 也可用于复盘分析。此外, 光学测量还具有不受“黑障”和地面杂波干扰影响的优点^[1-5]。

随着靶场装备信息化水平的不断提升, 参试导弹装备型号及数量、参试人员以及组织机构等不断增多, 对靶场目标光学测量提出了更高的要求, 随之而来的是训练方法及手段单一、老套, 难以使整个光测系统中的人员装备得到贴近实战效果训练的

现实矛盾^[6-8]。

笔者以靶场现有人员装备及组织架构体系为基础, 贴近实战、任务和装备, 结合美国国防部体系结构框架(DoDAF)标准 2.0, 运用 TD-CAP 体系结构设计软件, 设计了靶场光学测量仿真训练系统, 系统运用体系结构框架, 描述了靶场光学测量仿真训练系统的结构模型, 通过模型可以全面地描述靶场对于光学测量装备的顶层需求^[9-13], 对训练系统的构建及测量装备和人员建设具有指导意义。

1 靶场光学测量仿真训练系统结构模型

通常来说, 要构建靶场光学测量仿真训练系统结构模型, 一是需要分析光学测量任务详细需求, 解析光学测量装备体系不同视角下结构描述模型以及相互映射关联矩阵; 二是对构建的光学测量装备

收稿日期: 2021-04-12; 修回日期: 2021-05-25

作者简介: 单鑫(1981—), 男, 山东人, 博士, 讲师, 从事海军导弹装备保障研究。E-mail: 281464520@qq.com。

体系结构进行验证评估,并根据结果进行调整优化,验证评估,再调整优化,力求达到最优,逐步完成光学测量装备系统体系结构的建立。

靶场光学测量仿真训练系统结构模型的建立过程和具体步骤如图 1 所示。

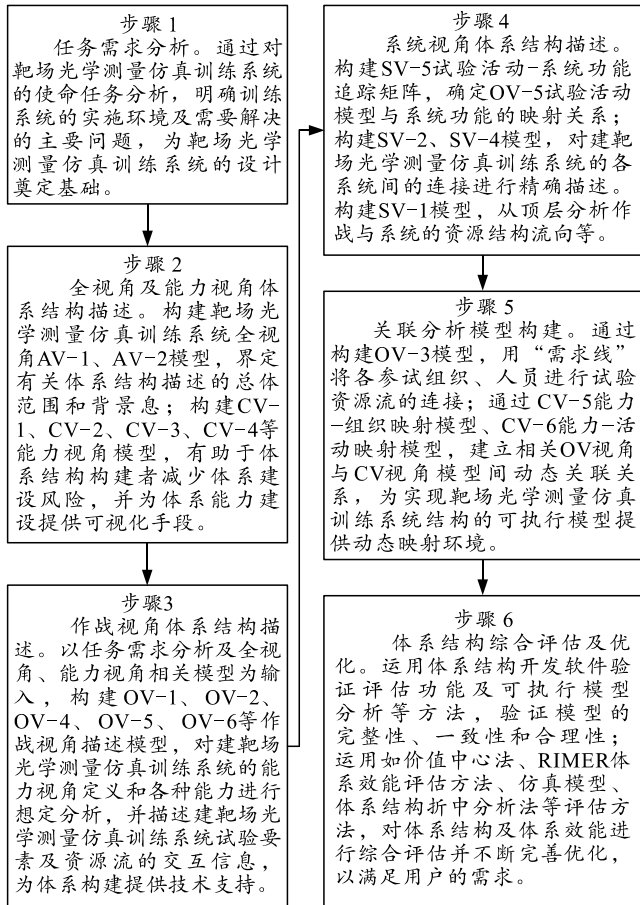


图 1 靶场光学测量仿真训练系统结构模型建立过程

基于仿真训练系统现实需求以及 DoDAF 设计视角,靶场光学测量仿真训练系统视角描述模型包括 9 个视角,主要包括作战视角和系统视角等,如图 2 所示。从上述 9 个视角出发,构建靶场光学测量仿真训练系统装备和靶场试验需求的概念模型。

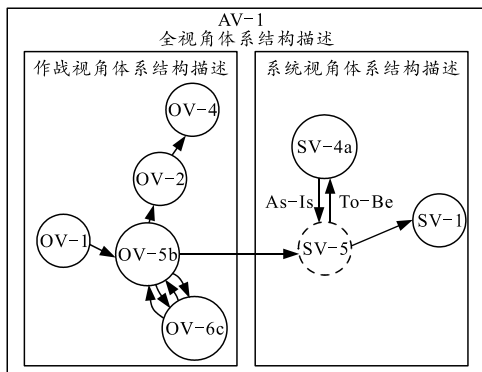


图 2 靶场光学测量仿真训练系统体系结构视角模型及建模过程

2 仿真训练系统体系结构建模

2.1 全视角模型的构建 (All View-1)

如表 1 所示,要对靶场光学测量仿真训练系统体系结构设计的基本情况进行描述,就需要从全局的角度对整个系统的概况进行描述,也就是系统概要信息模型。为表达方便直观,通过构建表格形式来体现靶场光学测量仿真训练系统的本体模型 AV-1。

表 1 靶场光学测量仿真训练系统全视角模型 AV-1

序号	概要	具体内容
1	背景	模拟海上方向发射的试验导弹,试验导演组通过通信网络,指控各光学测量单元协同进行光学测量观测,系统主要观测对象为海上发射的试验导弹
2	目的	获得模拟的导弹飞行轨迹、飞行姿态、飞行速度等相关参数,训练参试人员及装备
3	限制条件	建设过程必须遵守试验相关法令法规、操作流程,顺应靶场自然环境限制、参照现有人员装备条件等
4	模型选择	选取体系结构各视角模型共计 8 个
5	结论	设计方案通过自身评估、专家评审,基本可行

2.2 作战视角模型的构建

1) 高级试验概念图模型 (Operational View-1, OV-1)。

根据靶场光学测量仿真训练系统试验具体任务需求分析结果,需要建立系统高级作战概念模型 OV-1。OV-1 模型主要是以可视化的描述形式来呈现靶场光学测量仿真训练系统的主要工作过程,包括光学测量装备体系要完成的一系列任务,包含靶场试验目标的探测、跟踪、效果实测等。如图 3 所示,通过高级试验概念图模型,可以清晰地了解靶场光学测量仿真训练系统中的各个参试单元和试验目标,以及它们之间的信息和数据的交互关系,而这些交互关系的呈现主要依赖于可视化建模元素和文字说明的二元组合模式,具体包含图元、图标、图形等^[14]。

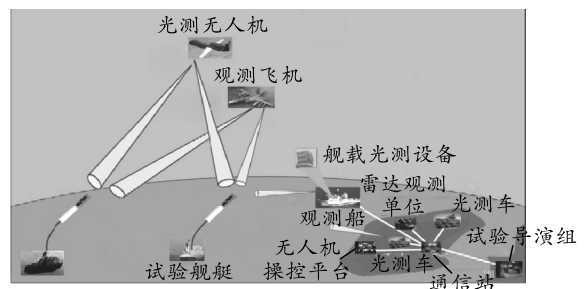


图 3 靶场光学测量系统体系结构高级试验概念 (OV-1)

2) 靶场试验活动模型 (OV-5b)。

靶场光学测量仿真训练系统试验活动模型 OV-5b 如图 4 所示, 主要用途: 在指挥控制系统指挥下, 客观描述靶场光学测量仿真训练系统中正在进行的试验观测活动, 以及对试验目标的探测、跟踪, 通过对各观测平台的观测信息的融合进行最终光学测量效果的评估。实际上这个模型是根据上节靶场光学测量系统体系结构高级试验概念图引申出来的试验活动模型-子图, 描述了靶场试验活动本身及各试验活动之间的输入/输出流信息, OV-5b 模型与下节要构建的靶场试验资源流描述模型 OV-2 互为补充。

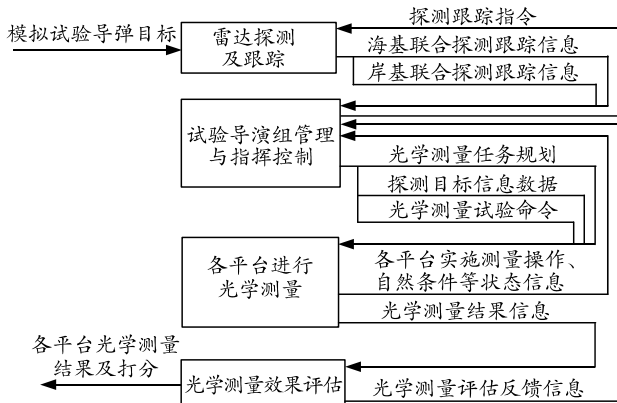


图 4 靶场光学测量系统体系结构活动试验模型-子图 (OV-5b)

3) 试验资源流模型 (OV-2)。

试验资源流模型如图 5 所示, 建立的主要目的是用于确定靶场光学测量仿真训练系统试验的信息流等, 此外, 通过靶场试验资源流还可进一步描述靶场光学测量试验的基本概念、靶场光学测量能力需求、制定靶场试验光学测量计划, 并基于试验流程, 将靶场试验活动分配到靶场试验资源上去。

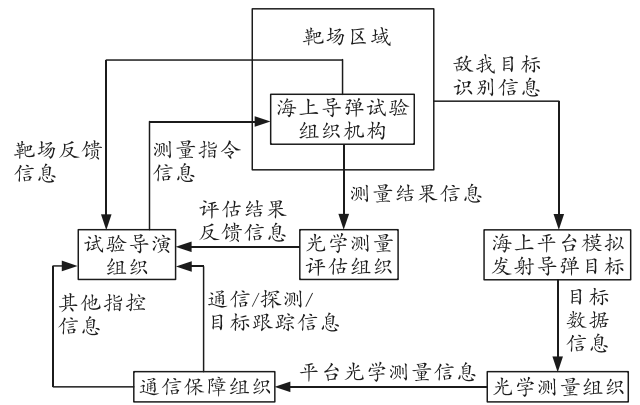


图 5 靶场光学测量仿真训练系统试验资源流描述 (OV-2)

4) 组织关系模型 (OV-4)。

组织关系模型如图 6 所示, 建立的主要目的是分析靶场光学测量仿真训练系统的组织结构, 定义和描述相关参试人员的职责分工, 以及分析靶场试验活动光学测量的组织流程。组织关系模型依据上述参试人员的职责分工进行组织结构及指挥关系的描述。

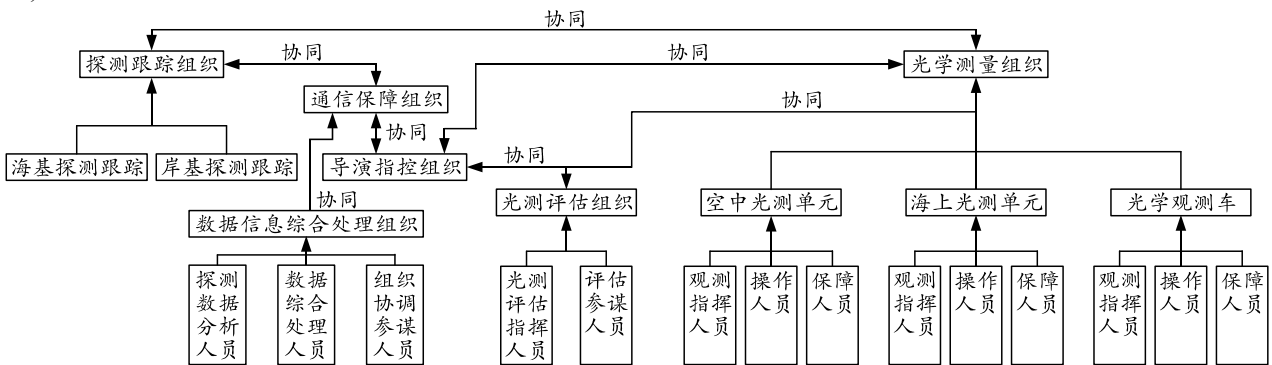


图 6 靶场试验活动光学测量组织关系模型 (OV-4)

5) 试验事件跟踪模型 (OV-6c)。

对靶场试验活动模型如图 7 所示, 进一步细化可得到靶场光学测量仿真训练系统试验事件跟踪模型。OV-6c 模型实际上是对靶场试验活动过程的事件场景化分析, 将靶场试验任务分为不同场景级内容^[15], 并针对靶场试验任务中的每个任务场景建立模型, 用以把具有时间属性和顺序属性的靶场试验活动光学测量任务场景活动进行系统性、全面性的描述, 并呈现各活动间的交互关系。成功执行一次靶场试验光学测量任务是靶场试验的一个系统行

为, 而试验事件跟踪模型目的就是实现这个系统行为数据的动态描述。

2.3 系统视角模型的构建

1) 系统接口模型 (System View-1)。

建立靶场光学测量仿真训练系统接口模型(如图 8 所示)的目的在于明确和描述靶场光学测量仿真训练系统中探测、跟踪、指控、光学测量平台等各个分系统之间的接口与靶场试验资源相互间的关联关系和资源流向。它的建立是基于高级试验概念

图模型和靶场光学测量仿真训练系统的组成及接口 分析。

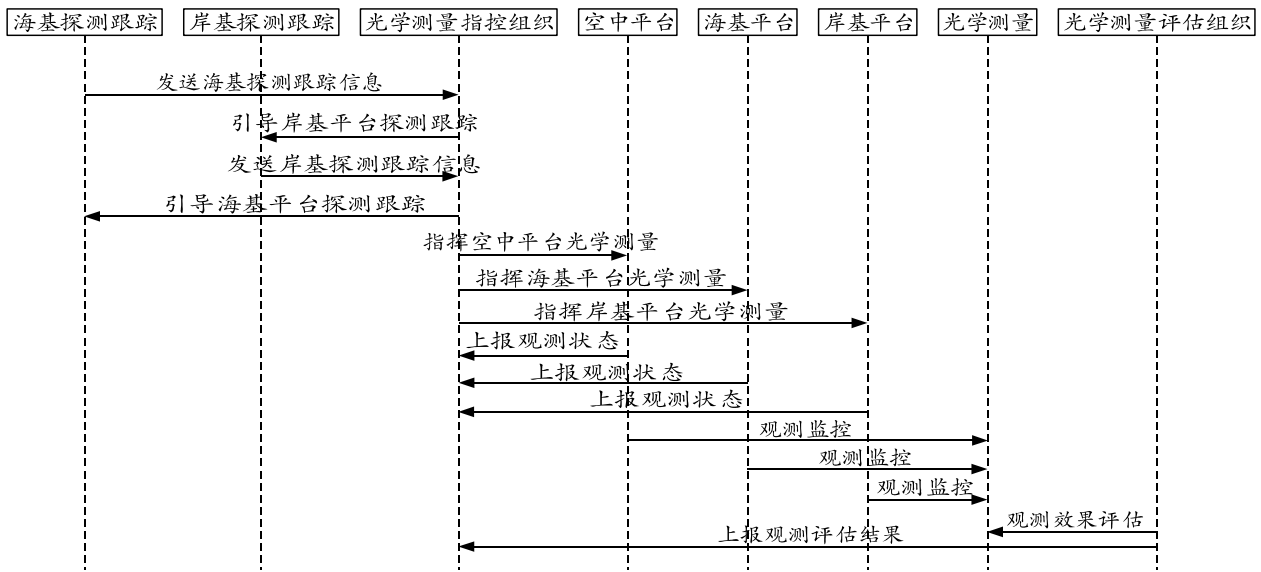


图 7 靶场试验光学测量试验事件跟踪描述模型 (OV-6c)

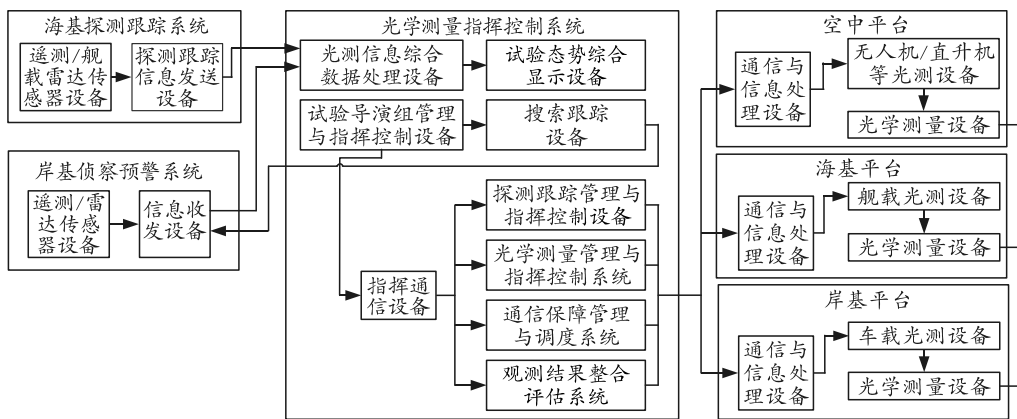


图 8 靶场光学测量仿真训练系统接口描述 (SV-1)

2) 系统功能分解模型 (SV-4a)。

系统功能分解模型如图 9 所示，对应靶场试验活动模型。它基于功能进行层次分类，将靶场光学测量仿真训练系统功能按照合理的精度进行分解，确保系统功能分解精度的高适应性^[16]。根据靶场试验模型和所需的模型精度，系统功能分解为探测跟踪、导弹仿真、参试人员训练、光学测量、测量评估 5 个功能模块，各模块下设相应的子功能模块。

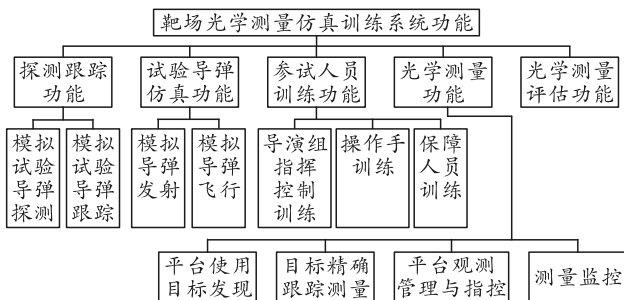


图 9 靶场光学测量仿真训练系统功能分解模型 (SV-4a)

2.4 体系结构验证评估分析

靶场光学测量仿真训练系统体系结构的验证评估分析，是通过对 OV-1、SV-1 体系结构总体描述模型分析，选取物理体系结构模型 OV-5b 和逻辑体系结构模型 OV-2，将模型数据转化并生成可执行模型进行验证^[17]。然后将可执行模型在试验活动规则模型 OV-6a 约束下运行，并通过 OV-6c 进行时序性检验，及 SV-5 试验活动与系统功能追溯矩阵进行映射验证，比较 OV-2 光学测量试验资源流中试验活动与 OV-5b 模型中试验活动的一致性，验证 ICOM (inputs、controls、outputs 和 mechanisms) 线、需求信息的完整性和合理性。最后运行体系结构开发软件，生成检验结果实例如图 10 所示，靶场光学测量仿真训练系统体系结构的试验数据信息与系统数据信息是一致的、完整的。

需求线到信息交流平衡报告

OV-5b 活动模型: 靶场光学测量活动
 OV-2 操作节点连接图: 靶场光学测量活动资源流
 需要没有信息交换对象的线对象
 所有需求线对象至少包含1个信息交换
 信息交换对象没有相应的需求线对象
 活动模型上的所有信息交换对象都有一个相应的需求线
 信息交换对象在需要线对象上, 活动模型上没有使用
 操作节点上包含的所有活动在活动模型中都有相应的活动
 信息交换到业务活动验证

业务活动到业务节点余额报告

OV-5b 活动模型: 靶场光学测量
 OV-2 操作节点连接图: 靶场光学测量活动资源流
 未分配活动的业务节点
 所有节点至少包含1项业务活动
 没有相应业务节点的业务活动
 靶场光学测量活动
 不在活动模型上的操作节点上的操作活动
 操作节点上包含的所有活动在活动模型中都有相应的活动

图 10 靶场光学测量仿真训练系统验证评估结果

3 结论

笔者针对靶场光学测量仿真训练系统试验任务现实需求, 以美国 DoDAF 2.0 体系结构框架标准为理论基础, 结合 TD-CAP 体系架构建模工具的应用, 构建了靶场光学测量仿真训练系统体系结构模型。根据靶场试验仿真训练任务实际, 笔者选取了 OV、SV 模型, 描述了靶场光学测量仿真训练系统的体系结构, 构建了靶场光学测量仿真训练系统各视角的具体描述模型, 并阐述了各视角模型的信息交联及交互映射关系。最后, 运用体系结构开发软件及可执行的模型体系结构演示验证和评估等方法, 验证了靶场光学测量仿真训练系统体系与数据结构具有合理性、完整性和一致性, 为未来靶场光学测量仿真训练系统建设提供了一定的思路。

参考文献:

[1] 周剑. 靶场动平台光学测量问题研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2012.
 [2] 王成龙, 米阳, 于晓波. 靶场光学测量设备仿真训练系统的设计[J]. 测控技术, 2008, 27(4): 76-78.
 [3] 周慧, 赵满庆. 靶场光学测量数据大气折射修正研究[J]. 计算机仿真, 2012, 29(9): 6-9.
 [4] 傅翔. 分布式激光气体测量分析系统的光学设计与实

现[D]. 重庆: 重庆大学, 2017.
 [5] 高昕, 王建立, 赵金宇, 等. 相位差异技术在靶场光学测量设备中的应用[J]. 飞行器测控学报, 2012, 31(3): 27-30.
 [6] 熊智慧. 高速电视摄像在靶场测量系统中的应用[J]. 中国测试, 2012, 38(1): 82-89.
 [7] 赵竹新. 基于线阵光学图像的运动参数测量技术及其应用研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2012.
 [8] 张军, 李久成, 张宇峰, 等. 摄像机 LSSVM 标定技术在靶场测量中的应用[J]. 光电工程, 2011, 38(10): 20-26.
 [9] ZHANG M M, CHEN H H, MAO Y, et al. An approach to measuring business-IT alignment maturity via DoDAF2.0 [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2020, 31(1): 95-108.
 [10] YANG W J. Research on weapon and equipment requirement analysis method based on DODAF[C]. Jilin Province Science and Technology, 2019: 102-104.
 [11] MYE S, SUNG J, TAEHOON K, et al. Development supporting framework of architectural descriptions using heavy-weight ontologies with fuzzy-semantic similarity [J]. Soft Computing, 2017, 21(20): 6105-6119.
 [12] RONALD E G. Evaluation of the DoDAF Meta-model's Support of Systems Engineering[J]. Procedia Computer Science, 2015, 61: 254-260.
 [13] MATTHEW H, LARS K. All for the Want of a Horseshoe Nail: An Examination of Causality in DoDAF/MODAF [J]. INCOSE International Symposium, 2014, 24(1): 535-550.
 [14] ANDRE B, LUZ T C, DARIO J. Executable Architecture based on System Dynamics: An Integrated Methodology Composed by Standard System Dynamics Modelling and DoDAF Operational View Models[J]. Procedia Computer Science, 2014, 36: 87-92.
 [15] THORISDOTTIR A S, MASON J E, VIG K, et al. Factor Structure and Measurement Invariance of the Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT) in a Sample of Military Veterans with and without PTSD[J]. Substance Use & Misuse, 2020, 55(8): 1370-1377.
 [16] CALLINA K S, BURKHARD B, SCHAEFER H S, et al. Character in context: Character structure among United States Military Academy cadets[J]. Journal of Moral Education, 2019, 48(4): 439-464.
 [17] GEORGE M, ATHOS A, KYRIACORS T, et al. Field spectroscopy for the detection of underground military structures[J]. Taylor & Francis, 2019, 52(1): 385-399.