

Analysis of Digital Twin Technology Applications in the Military Field

Xuejiao Fan Shuang Jin

Hainan Armed Police Corps, Haikou, Hainan, 570203, China

Abstract

Under the background of the rapid development of science and technology, facing the fierce international environment and the arduous tasks of domestic reform, development and stability, the field of national security has been greatly affected, and the military field has also undergone changes. Information warfare, intelligent warfare and scientific and technological warfare will become the new combat modes of future military operations. It has gradually become an effective way to improve national defense force, military capability and national competitiveness. This paper reviews the concept, development history, key characteristics and basic structure of digital twin technology, and analyzes the application of digital twin technology in military field from four aspects: optimizing command system, enhancing equipment health prediction ability, quickly dealing with network faults, and promoting battlefield calculation.

Keywords

digital twinning; military; application analysis

数字孪生技术在军事领域的应用分析

范雪娇 金双

武警海南总队, 中国·海南 海口 570203

摘要

科技迅猛发展的时代大背景下, 面对风高浪急的国际环境和艰巨繁重的国内改革发展稳定任务, 国家安全领域受到重大影响, 军事领域也随之发生变革, 信息战、智能战、科技战将成为未来军事行动的全新作战方式, 云计算、物联网、数字孪生等新兴技术的发展, 逐渐成为提升国防力量、军事能力和国家竞争力的有效途径。论文梳理了数字孪生技术的概念、发展历程、关键特征、基本架构, 从优化指挥体系、增强装备健康预测能力、快捷处理网络故障、推进战场推演四个方面分析了数字孪生技术在军事领域的应用。

关键词

数字孪生; 军事; 应用分析

1 引言

数字孪生作为近年来最具颠覆性的科学技术之一, 正日益成为各行各业的热门话题, 已经初步得到应用和研究。一方面, 在欧洲国家大型军工企业中, 数字孪生技术应用于武器装备设计、制造和运维的方面, 已经取得一定实效, 既降低成本, 也加快了生产制造效率; 另一方面, 美军为研究数字孪生体开启了“数字曼哈顿计划”, 它是新一轮军事革命的核心目标, 也是美国争夺全球军事、产业和经济领导地位的重大战略计划, 它完全满足美军分布式作战周期短暂、预算低廉的刚需。可以看到, 数字孪生技术已经成为世界大国之间军事抗衡的关键棋子, 其在军事领域的应用已然成为一个重要的研究课题。

【作者简介】范雪娇(1995-), 女, 中国陕西渭南人, 本科, 助理工程师, 从事大数据分析、人工智能和通信研究。

2 数字孪生技术的概念及发展历程

2.1 数字孪生技术的概念

目前, 数字孪生技术作为一项新技术, 概念定义没有明确的规范, 各行各业也是仁者见仁, 智者见智。但是对实体空间、虚拟空间、数据双向交换以及映射关系、决策辅助这几类重要板块的理解, 各领域不约而同达成了共识。总的来说, 数字孪生(digital twin), 是指通过数字化、物理建模等方式, 利用运行数据和平台软件, 在实体和虚拟空间形成精准映射关系、实时反馈机制, 构建虚拟世界对物理世界描述、诊断、预测和决策的新体系, 能够反映对应实体的全生命周期。

2.2 数字孪生技术的发展历程

数字孪生技术起源和发展的观点众说纷纭, 总体来看, 可大致分为5个阶段:

技术萌芽期: 建模仿真技术的应用和发展为数字孪生技术奠定了坚实的基础, 在20世纪60年代的“阿波罗”计

划中，美国国家航空航天局制作了两组完全相同的空间飞行器，一组执行发射任务，另一组被命名为“孪生体”供科学研究人员观察执行任务飞行器的运行状态。准备期间，两组飞行器均同样全程参加训练，任务开始时，孪生体与实体同步执行指令和操作，有效的飞行数据可以较为精准地反映实体的飞行条件、运行情况。

理论发展期：数字孪生的基本思想最早是在2002年，由密歇根大学 Michael Grieves 教授在 PLM (Product Lifecycle Management) 中心启动会上提出的。他认为，每个产品的完整生命周期都可以通过物理实体设备的数据，在虚拟空间构建一个能够体现该物理实体各项指标变化的设备或子系统，并建立双向动态的联系通道。这个概念在当时被命名为“信息镜像模型”(Information Mirroring Model)，也被称为“PLM 的一个理想化概念”。

概念提出期：2010年，美国国家航空航天局发布报告《建模、仿真、信息技术和处理路线图》正式提出数字孪生的概念，该报告也公布了数字孪生技术在飞行器执行任务时，对当下情况的分析、飞行状态性能变化的精准预测等方面的应用成果。

应用探索期：2011年，美空军研究实验室将数字孪生技术探索性应用于航空航天飞行器的健康管理。每次飞行任务结束时，都可以根据孪生体的状态数据，分析评估飞行器是否需要保养维修，以及能否顺利完成下次任务等等。除此之外，德国西门子、法国达索、美国通用电器等一些企业公司也在积极探索。例如，波音 777 客机在开发设计期间没有建立任何图纸模型，300 万个零部件仅依靠数字仿真来测试，测试完成后直接进行量产。根据后期数据统计，此项技术帮助波音公司缩短 40% 的研发周期，减少 50% 的返工量。

推广发展期：2020年后，世界各国纷纷将数字孪生技术纳入科技战略发展范畴，特别是近些年智能制造等概念的推进，使数字孪生技术迎来了推广应用的快速发展期。目前，杭州市利用数字孪生技术实现了“智慧城市”的管理建设，不仅可以在城市中心实时获取分析城市气象、水文、路况、事故灾害等民生信息，还可以实现信号灯的智能配置，有效缓解高峰时期的交通压力，减少市民的出行通勤时间，提高救护、应急、消防等车辆的出勤效率。

3 数字孪生技术的关键特征

数字孪生技术实现了实体空间与虚拟数字模型的精准映射和反馈，具有重要的科技发展价值，总的来说，其关键特征有以下三点。

3.1 精准映射虚实交互

数字孪生技术是仿真应用技术的发展和升级，利用智能化算法，在孪生体与实体之间形成“形神兼似”的精准映射，不仅包括行为逻辑、业务流程、物理模型，还包括参数调整所致的状态变化等等，全方位、精准、精确地在数字世

界呈现出物理实体的状态和行为。同时，实体空间与虚拟空间的演进是交互、双向进行的，孪生体实时反映物理实体的状态，还可以根据实体的反馈信息和现实需要，对实体进行干预和控制，形成双向互通信息的控制渠道。

3.2 数据驱动实时同步

数字孪生技术的主体是物理实体与行为逻辑建立的驱动模型，数据是基础，也是驱动力。孪生体是数据存储的平台，负责融合处理原始数据，驱动仿真模型各个部分动态运转，反映实体的各业务流程。数据的新鲜度直接影响孪生体与实体映射关系变化的速度，越新鲜的数据，越能驱动孪生体与实体的实时同步。

3.3 自主优化辅助决策

数字孪生的映射关系是双向的，可自主辅助实体科学决策。在运行过程中，孪生体不间断地收集归纳实体数据，并基于丰富的历史经验和先进的算法模型，通过比照、判断，动态分析实体历史态势、运行结果，科学预测未来发展趋势，适时自动调整实体的运行方向，达到自主优化生产计划、降低潜在风险、实现反馈控制和实时决策的最终目的。

4 数字孪生技术的基本架构

数字孪生技术可以帮助人们更好地理解 and 预测物理世界中的境况，这一功能的实现完全依赖于相应的技术架构，总的来说，数字孪生技术的基本架构可分为 4 个主要层级。

4.1 数据采集存储层

物理实体数据的采集存储是实现数字孪生技术的第一步，选择合适的采集工具、确定高质量的数据来源及确保数据存储设备的安全，是搭建该层级的重点。一方面，构建孪生体所需的数据量精准度高、体量大，可通过物理量算所得，也可通过各类传感器、监测设备获取，来源众多，智能的数据采集设备和适当的数据采集方式是确保采集数据质量高、准确的关键；另一方面，数据存储方式的可靠性直接影响到数字孪生技术的实现效果，设计恰当的数据库架构和管理系统可以确保底层数据安全、可信。

4.2 建模仿真层

建模仿真层实现了对物理实体的数字转化，是数字孪生技术的核心层级，其搭建的关键在于对原始数据的预处理和构建合适的数字模型。一方面，实时采集的数据可能包含缺失值、异常值、重复值等问题，容易导致建模的错误结果。通过数据预处理，可以消除原始数据中的错误和不一致，使数据更具可解释性，降低模型训练难度。另一方面，模型的搭建通常要经历三个阶段：一是选择阶段，根据建模目标 and 需求，选择合适的模型类型，如数据驱动模型、混合模型等。二是构建阶段，基于选定的模型类型，利用相关算法和工具进行模型构建，实现数字孪生模型的初步搭建。三是优化阶段，通过参数调整、算法改进等方法对模型进行优化，提高模型的精度和效率。

4.3 可视化交互层

对用户友好且易于操作的交互界面是数字孪生实现理解人类,辅助人类决策的重中之重,它是用户与机器的认知核心“桥梁”,不仅能够使机器充分了解用户需求,完成“对话”,还可以从多角度、全方位展示建模仿真成果,及时映射出辅助决策结果,清晰地展现出孪生体对应的状态、境况。

4.4 分析优化层

分析优化层是数字孪生技术的最后一个层级,通常涉及多种数据分析方法和算法,并结合实际情况进行综合评估。该层级主要对采集到的数据、建模结果和仿真结果进行分析,并提出相应的优化方案,需要合适的分析工具和算法。

5 数字孪生在军事领域的应用

当前,数字孪生技术正处于提质增效期,将会逐步应用于军事领域的各个方面,影响深远。总的来看,其应用主要有以下几个方面。

5.1 优化指挥体系

数字孪生技术可以利用自主学习,同步复制与实战环境一致的虚拟场景,搭建融合人员力量、武器装备、战场设施、战场环境等要素为一体的智能平台,全面优化指挥员在军事行动中的指挥信息体系。一方面,增强了现场各类信息、体系的融合能力。在数字孪生技术搭建的智能平台上,相比以往数字化、信息化的体系融合,最大的特点在于虚实映射、实时联动。各个任务分队、武器装备、物资储存,甚至是各类系统平台中的要素都可以做到即时感知、即时更新,形成“现场态势孪生体”,有效增强不同体系间的融合能力与自适应效能。另一方面,增强了指挥员现场感知能力和指挥沟通效率。数字孪生技术可以为指挥员与指挥员之间,指挥员与信息系统之间提供畅通、清晰、不间断的交流渠道,从当前技术发展的角度来说,在理想状态下这种交流包括但不限于语音、视频和触觉,可以让指挥员迅速、全面地掌握现场态势,犹如身临其境一般。同时,数字孪生技术平台还可以增强不同层次指挥对象,平行和交叉的纵横联通能力。相比于传统的军事文书的流转、处置命令下达的方式,平台可以使最高指挥员的决心意图,在紧急情况下第一时间到达各级指战员,还可以加强平行分队指挥员情报资源共享。

5.2 增强装备健康预测能力

强有力的装备支撑,是军事目标达成的重要环节。数字孪生技术通过利用大数据、云计算和神经网络等智能算法,增强装备健康的预测能力。在孪生体与实体同步完成任务操作后,可以依据孪生体的状态,分析出实体装备使用维

修的可靠数据,归纳出装备健康与储存使用地域天气、温湿度等要素之间的规律联系,建立装备健康状态、维系频率、需求关系模型。该模型可及时发现装备故障的隐患苗头,对临近发生故障或状态异常的装备预警提示,不仅提高装备运行效率,还大大缩短维修周期,减少军事装备维护巨大的资金支出。

5.3 快捷处理网络故障

以计算机为核心的信息网络已经成为军队的神经中枢,一旦遭到破坏,后果将不堪设想,数字孪生技术可以协助操作人员快速处理通信网络故障。在虚拟空间复制物理实体网络,建立与交换机、路由器等物理设备、网络架构完全一致的通信网络数字孪生体,同步开展网络传输任务时,可以通过孪生体实时观察物理实体网络的运行状态和信号流转质量,及时预测网络拥堵、信号误码等情况。当网络通信出现故障时,可以迅速定位故障点,免去人工排查,同时自适应结构组网,生成最佳抢修方案,协助操作人员快速处理。

5.4 推进战场推演

数字孪生技术可以根据任务行动和训练活动不同的任务背景,构建出真实的推演环境。采用体系建模的方法对实体类、结构类、操作类作战资源实体进行孪生建模,通过仿真推演,核算出最佳单位编组和行动策略。特别是在应对突发事件时,面对情况情报不明朗、事件爆发突然迅速的情形,战场推演就显得尤为重要,构建好的数字孪生体即可提供顺畅推演进程,圆满实现远程高效指挥。

6 结语

高质量发展是新时代的硬道理,需要新的生产力理论来指导。在信息技术爆炸发展的时代,数字孪生技术作为有力新质生产力之一,已经在实践中形成并展示出对高质量发展的强劲推动力、支撑力,用以指导其在军事行动领域的发展实践,具有强大发展动能。在未来智能化战争中,整合科技创新资源,依托数字孪生技术开展作战指挥、信息通信、战场建设和装备管理将会是大势所趋。

参考文献

- [1] 于知匀,方政.数字孪生技术及其军事应用探析[J].战略前沿技术,2024(1):14.
- [2] 庞雪凡,王振宇.数字孪生技术在智能化战争中应用[J].军事文摘,2022,4(8):23-26.
- [3] 韩将星.6G时代数字孪生在无线电监测站的应用研究[J].通信技术,2021,54(2):352-362.
- [4] 邓焯,奉祁林,赵健.数字孪生战场建设探讨[J].防护工程,2020,42(3):58-64.