

面向情景感知的指挥信息系统本体建模

董庆超¹, 司维超¹, 朱卫星²

(1. 海军航空大学, 山东 烟台 264001;

2. 陆军工程大学, 江苏 南京 210007)

摘要:无人化、智能化是未来战场的重要特征,作为信息化战争的神经中枢,指挥信息系统智能化、自适应化是未来该系统建设的必然方向。如何设计与实现智能化指挥信息系统,普适计算及情景感知技术为其建设提供了一条可行路线。针对情景感知技术背景下,智能化指挥信息系统情景环境要素组成问题,论文综合运用指挥信息系统本体建模技术、情景感知技术,将指挥信息系统情景环境划分为八个维度,确定各维度下的情景概念、关系,在此基础上借助 UML 扩展机制,形成一种面向情景感知的智能指挥信息系统本体建模方法。该方法解决了智能指挥信息系统情景环境要素的组成问题,为基于情景的智能分析提供了理论基础,同时也为该系统建设提供了一条可行的技术路线。

关键词:智能指挥信息系统;情景感知;情景建模;本体建模;UML 建模

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)06-0163-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.06.029

Context-aware Oriented Command Information System Ontology Modeling

DONG Qing-chao¹, SI Wei-chao¹, ZHU Wei-xing²

(1. Naval Aviation University, Yantai 264001, China;

2. Army Engineering University of PLA, Nanjing 210007, China)

Abstract: Unmanned and intelligent are the important characteristics of the future battlefield. As the nerve center of information warfare, intelligent and adaptive command information system is the inevitable direction of the future construction. Pervasive computing and context-aware technique is the key issue of building the intelligent command information system. Aiming at the problem of situational elements composition of intelligent command information system in the context of situational awareness technology, we comprehensively apply command information system ontology modeling and context-aware technique to define eight viewpoints with context-aware concepts and relations. And then an ontology modeling method for the intelligent command information system is defined by extending UML meta models. The proposed method solves the problem of situational elements of the intelligent command information system, and provides a theoretical basis for scenario-based intelligent analysis, as well as a feasible technical route for the system construction.

Key words: intelligent command information system; context-aware; context modeling; ontology modeling; UML modeling

0 引言

战场无人化、智能化是未来作战的重要特征。目前,各种无人装备已经大量涌现,包括无人机、无人车、无人艇、无人值守传感器、无人水下潜航器、扫雷排爆机器人。以美军为例,其无人机已达 7 000 多架,伊拉克、阿富汗战场投入使用的地面轮式或履带式机器人超过 12 000 个。在单个无人化装备的基础上,还出现了由多个同一或相近类型无人化装备组成的无人作战集群,可以自主协同实施侦察、监视、压制、攻击等行动^[1]。美军认为:未来军事通信业务及指挥所的核心

能力之一是自适应决策支持,基于当前情景信息与指挥所业务进行交互以支持指挥员战场决策^[2]。由此可见,战场无人化、智能化已经初见端倪,应对单一武器装备智能化水平的不断突破,智能化指挥信息系统是未来系统建设的重要方向。建设智能化指挥信息系统,必须依托大数据、云计算、人工智能、深度学习等前沿技术的技术支撑,更为重要的是如何将系统相关的环境态势、战术战法、交战规则等先验知识,通过何种形式固化于信息装备之中,并依托知识的演绎实现指挥信息系统的智能运维,是新一代指挥信息系统研发

收稿日期:2020-07-12

修回日期:2020-11-12

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(61802428)

作者简介:董庆超(1982-),男,博士,讲师,研究方向为指挥信息系统分析与设计。

有待解决的问题。

针对智能化指挥信息系统对领域知识的表示、推理演绎的需求,该文认为智能化指控系统建设可以综合运用计算机领域的研究热点,领域知识本体建模技术和情景感知技术^[3]。一方面通过形式化本体建模、表示、推理技术,将战法、规则等人的知识固化于计算设备之中;另一方面,通过情景感知技术,使指挥信息系统感受时间、空间、环境等情景环境要素,并通过知识的形式固化于系统之中,进而借助本体推理技术实现上述综合知识的推理演绎,为智能化指挥信息系统提供一种可行的技术实现途径。

围绕上述技术思想,该文提出一种面向情景感知的智能指挥信息系统本体建模方法。该方法重点解决面向情景感知的智能化指挥信息系统领域知识本体表示问题,即系统情景感知环境应该包含哪些情景维度,维度下涵盖哪些情景要素,要素之间构成何种关系等问题,通过解决这些问题逐步构建指挥信息系统领域本体。该方法首先综合本体建模技术和国防部体系结构框架技术的思想,确定构成指控系统的核心概念和关系。在此基础上,引进情景感知技术的思想,根据战场环境特点、指挥信息系统领域背景,探索扩展构建指挥信息系统的情景环境本体,明确影响指挥信息系统

运行的环境要素,进而为下一步的情景感知可适性逻辑计算奠定基础。

1 相关工作

1.1 指控系统本体建模

本体建模始终是计算机研究领域的一个研究热点,本体是针对某领域的明确的共享概念的形式化规范说明,它以结构化和易理解的形式来表示领域知识^[4]。此外借助本体推理技术可以实现对领域知识的推理分析,即从现有的知识推断出新的知识,因此该技术目前在语义网、人工智能、形式化定理证明等不同研究方向都有广泛的应用。在指控系统的设计和分析中,国内外专家学者普遍将本体技术与指控系统建模技术紧密结合,借助本体技术不仅可以规范明确指控系统建设领域的核心概念和关系,统一不同利益相关方对复杂系统建设的共识,而且借助其形式化推理技术可以实现对系统模型的自动验证分析。指控系统本体由哪些概念组成,目前业界没有形成统一的意见。该文主要借鉴美国国防部体系结构框架技术(department of defense architecture framework, DoDAF),从中确定指控系统的核心概念和关系,如图 1 所示。

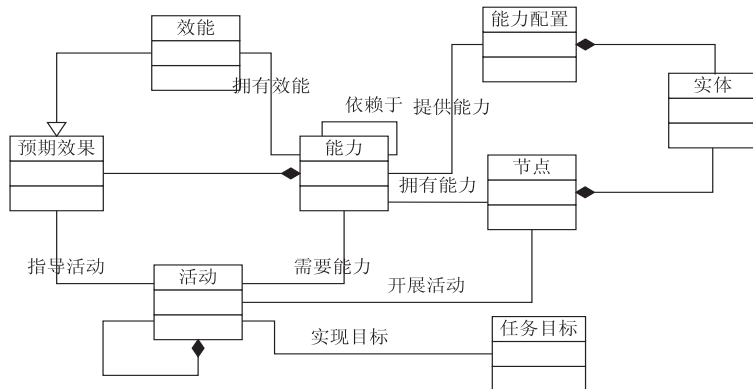


图 1 指控系统本体模型

DoDAF 是美国国防部发布的一种系统工程方法,用以指导军事系统工程项目研发,最终目标是确保研发的体系结构与系统支持综合集成、互连互通互操作和高性价比^[5]。其发布的 DoDAF2.0 版本中,明确了指挥信息系统的核心数据,即元模型数据组。参考该模型可以抽取出构成指控系统的核心概念和关系,组成指控系统本体,这里采用 UML 建模语言表示。在此基础上,将从指挥信息系统情景感知需求出发,进一步扩展指控系统本体,引进指挥信息系统的情景环境要素,进而形成面向情景感知的指挥信息系统情景环境本体。

1.2 情景感知技术

随着计算机技术以及传感器、移动设备、网络通

信、智能控制等相关软硬件技术的发展,计算系统不再采用键盘、鼠标、显示器等传统的显式输入输出手段,而是通过感知用户的需求和环境的状态,自动地控制设备为用户提供服务成为可能,强调计算无处不在而又透明于用户的普适计算,这一新型计算模式应运而生。这一计算模式的关键技术之一是情景感知技术,即系统可以感知用户的状态和环境信息,并根据这些信息调整系统的行为。如何确定系统的情景环境要素,由于情景的复杂性,不同的研究者对于情景给出了不同的定义,如文献[6]将情景分为用户维度和系统维度。文献[7]使用计算维度、用户维度和物理维度来建模情景。文献[8]将情景分为五个维度:个体维度、时间维度、位置维度、活动维度和关系维度。参考

上述研究,该文认为面向情景感知的指挥信息系统,在针对情景变化动态运行过程中,将与作战目标、作战过程、作战力量、作战资源、作战时间、作战空间、作战环境、作战规则八个方面特征相关,因此将情景环境划分为上述八个维度。八个维度的情景环境要素及关系共同构成指挥信息系统情景本体,某特定场景下的指挥信息系统模型将是该本体的一个实例。

2 面向情景感知的指挥信息系统本体

指挥信息系统所处的政治、地理环境极为特殊,因此构建其情景环境需要综合考虑两个方面的因素。一方面是复杂的地缘政治、军事局势对指挥信息系统在态势感知、情报保障、指挥控制、资源调配等方面的能

力需求;另一个方面是指指挥信息信息系统所处的特殊情景信息,如作战时间、作战空间,以及地理、气象、水文、电磁等情景环境。结合 1.2 节的分析,这里将指挥信息系统情景环境分为八个维度,分别是作战目标域、作战过程域、作战力量域、作战资源域、作战时间域、作战空间域、作战环境域、作战规则域。作战目标域描述了作战的使命和作战针对对象,目标宏观上分为战略目标和战役/战术目标两类。目标对象是作战过程中需要打击的敌方目标,其具有经度、纬度、威胁半径、威胁度四个属性。上述环境要素之间的关系通过 UML 建模为图 2 所示模型。作战过程域是按照作战阶段最终达到作战目标的过程。过程域由作战过程、作战阶段、作战行动组成,各要素关系如图 2 所示。

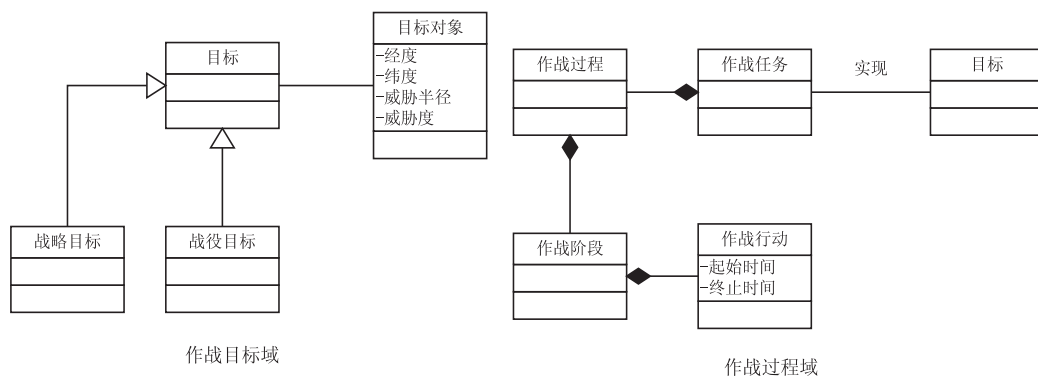


图2 作战目标、过程域要素组成

作战力量域主要描述参与作战的参与者。主要要素由作战部队、部队属性(位置、类型、数量、作用半径)、部队间关系(指挥、协同)组成,如图3所示。作战资源域主要分为装备、武器、物资、信息,同时资源具

有一定的属性,如位置、类型、数量、送达范围,各要素关系见图3。需要说明的是这里的信息资源包括无线频谱资源、网络带宽资源、作战数据资源等无形资源概念。

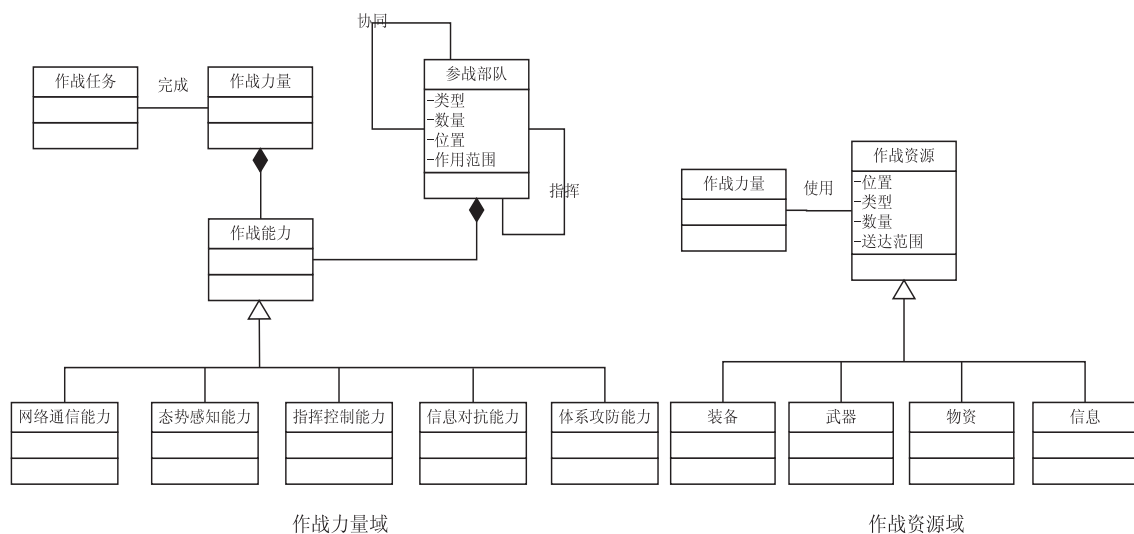


图3 作战力量、资源域要素组成

作战时间、作战空间是描述情景环境的重要要素,这里参考文献[9-11],确定了作战时间和作战空间域的组成结构。

作战时间域包括描述时间关系的全部要素,包括

时间点、时间区间、时间关系等,如图4所示。空间域用于描述兵力、资源、过程等空间信息,包括:经度、纬度、高度、半径、相离、覆盖、相接等要素,具体如图4所示。

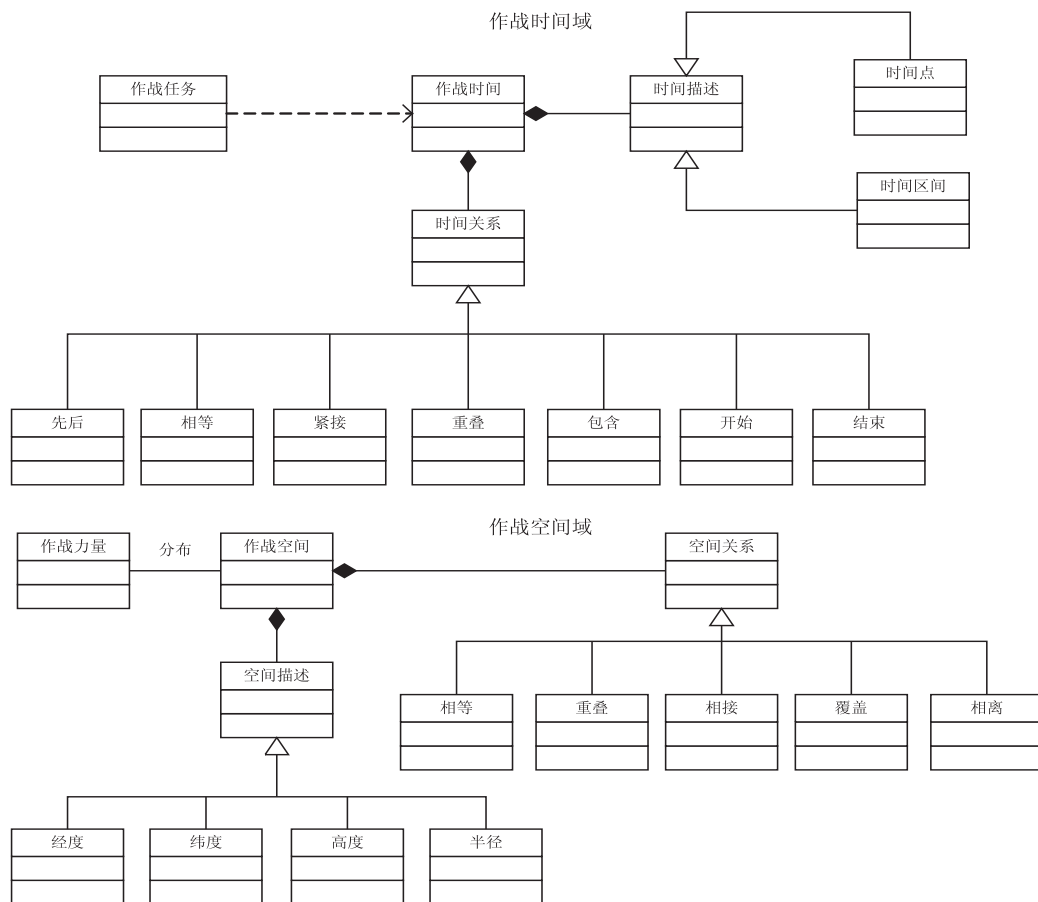


图 4 作战时间、空间域要素组成

环境域主要是对区域气象、水文、地理、电磁空间等方面的描述,如图 5 所示。作战规则域是不同类型指挥信息系统所属领域规则的集合,主要包括军事领域中的条令条例、作战业务规范性指导文件中规定的各项条规以及典型军事作战范例中潜在的业务规则。

作战规则域可以将指挥信息系统所属领域内的一些规范化常识、知识、共识、条例、规章等,通过本体这种形式化的知识表示形式进行建模表示,并固化于信息设备中,下一步借助本体的逻辑推理优势,实现知识的推理和演绎。

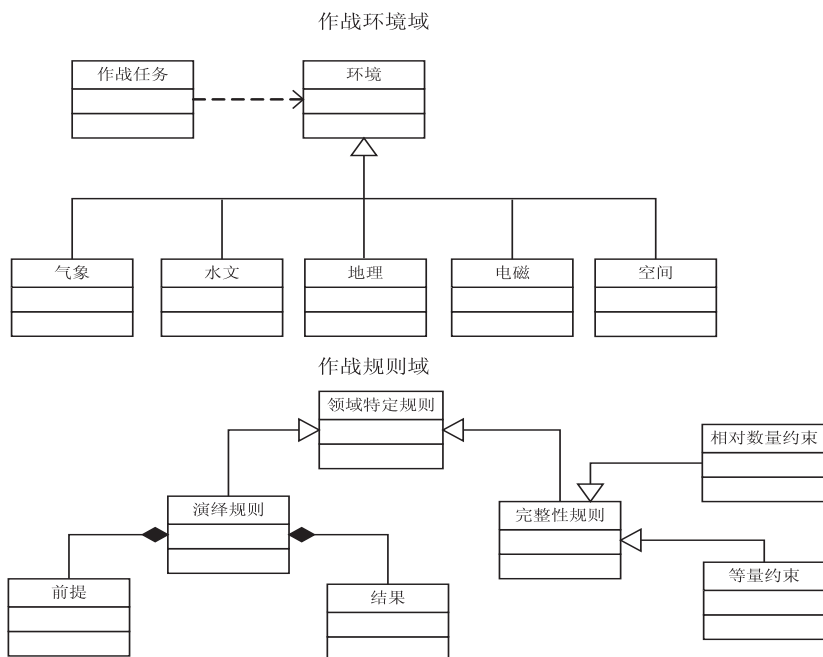


图 5 作战环境、规则域要素组成

3 案例分析

城市要地防空任务,具有作战反应时间短、干扰因素多等特点。因此,城市防空指挥信息系统在态势感知、指挥决策、兵力控制等环节更加需要考虑所处区域的气象、电磁、地理、信息资源等综合因素,通过智能分析快速做出应答。下面以假想的城市防空指挥信息系统为例,说明本体建模方法。该文建议采用 UML 建模语言表示指控系统组成结构,前文定义的指挥信息系统情景本体作为类的元类型扩展 UML 语义,使得

UML 建模语言更加适合情景环境需求信息建模表示^[12-13]。图6展示了城市防空部队情景环境模型的局部内容,其中主要作战任务是完成城市要地防御作战任务,完成此项任务需要指挥与控制、通信保障、态势感知、综合防御、信息对抗六种作战能力的支撑,同时部队作战能力受到外部环境因素(情景环境),一方面是区域地理、气象、复杂电磁环境等外部因素,另一方面,依赖于电磁频谱资源、网络带宽资源、卫通信道资源等内部资源要素。

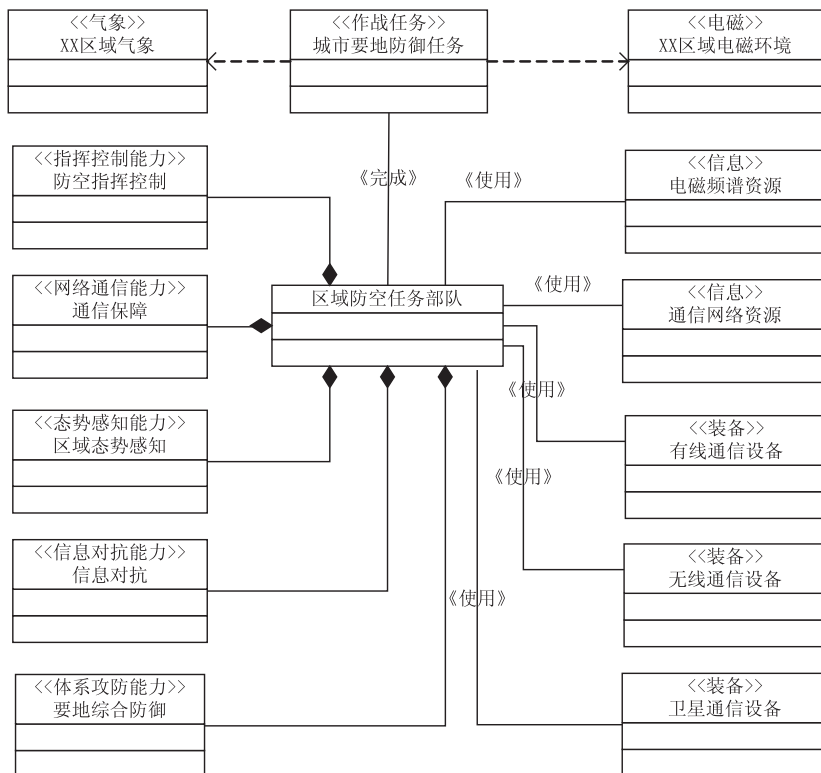


图6 某区域防空指挥信息系统情景环境组成模型

假设在要地防空任务中,为确保重要目标防卫安全,存在以下作战规则或常识,即系统态势感知能力所提供目标准确识别率不低于80%,威胁目标提前预警

时间不低于20分钟。这是一条典型的演绎规则,利用本方法可以表示为以下知识本体,见图7。

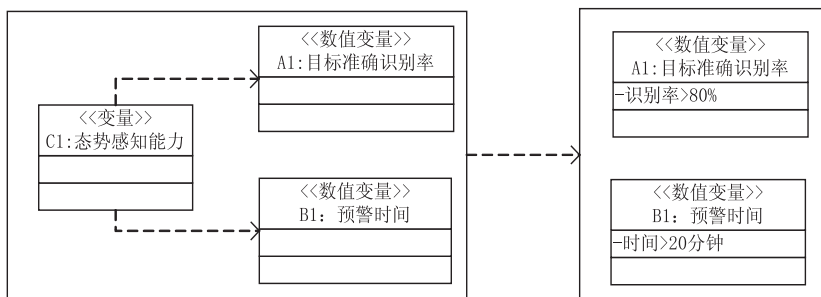


图7 防空领域特定规则模型

此外,各种资源的合理调度一定程度上依赖于情景因素的影响,例如区域电磁环境过于复杂严重影响无线频谱资源时,指挥信息系统在选择通信手段时可以考虑光缆、同轴电缆、以太网、电话网等有线通信手段。如何通过情景环境的分析,进而智能化决策各类

资源的分配和调用,在一定程度上可以综合领域知识、情景本体,借助本体推理技术得以解决^[14-15]。下一步,本研究将解决上述智能指挥信息系统本体模型的形式化手段和本体推理技术,为智能指挥信息系统的建设探索一种可行技术途径。

4 结束语

指挥信息系统智能化是未来系统演进的必然方向,智能化指挥信息系统需要大数据、人工智能、云计算等新技术的支持,更为重要的是系统不仅要理解、学习战术战法、交战规则等指挥人员的智慧,还需要准确识别、认识当前所处情景环境。以此为背景,该文提出了一种面向情景感知的指挥信息系统本体建模方法,提出从作战目标、作战过程、作战力量、作战资源、作战时间、作战空间、作战环境、作战规则八个维度刻画智能指挥信息系统的情景环境,并通过扩展 UML 建模语言建模表示上述本体模型。该方法一方面在系统需求分析阶段可以充分考虑影响系统运行的外部情景要素,降低大型指控系统后期开发建设风险;另一个方面,在系统分析与设计中引入情景要素,可以使得情景感知技术真正运用于指控系统的业务过程,为智能化指挥信息系统开发与建设奠定技术基础。

参考文献:

- [1] 刘 奎,顾静超. 智能化作战指挥如何实施[N]. 解放军报,2020-01-02(007).
- [2] 耿卫东,朱小宁. 基于信息系统的体系作战基本问题研究[J]. 中国军事科学,2011(1):7-12.
- [3] 栗元邦,彭 蓉,季晶晶,等. 经验研究中情景感知需求获取与建模系统文献综述[J]. 软件学报,2018,29(2):320-339.
- [4] 甘健侯. 本体方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [5] 郝翎钧,谢 君. 体系结构设计方法研究综述//第六届中国指挥控制大会论文集. 北京:电子工业出版社,2018.
- [6] 李伟平,王武生,莫 同,等. 情境计算研究综述[J]. 计算机研究与发展,2015,52(2):542-552.
- [7] DEY A K. Providing architectural support for building context-aware applications[D]. Atlanta: Georgia Institute of Technology,2000.
- [8] ZIMMERMANN A, LORENZ A, OPPERMAN R. An operational definition of context[C]//Proceedings of the 6th international and interdisciplinary conference on modeling and using context. Roskilde, Denmark: Springer - Verlag, 2007:558-571.
- [9] 胡 欣. 基于本体的联合作战计划表示与校验研究[D]. 长沙:国防科技大学,2011.
- [10] 刘 忠,钱 猛,黄金才,等. 基于语义推理的作战计划验证方法[J]. 系统工程与电子技术,2010,32(5):988-993.
- [11] 钱 猛,刘 忠,姚 莉,等. 本体技术在作战计划系统中的应用[J]. 计算机工程与应用,2009,45(16):18-23.
- [12] DONG D C, WANG Z X. Domain-specific modeling and verification for C4ISR capability requirements[J]. Journal of Central South University,2012,19(5):1334-1340.
- [13] QI Y D, WANG Z X, DONG Q C, et al. Modeling and verifying SoS performance requirements of C4ISR systems[J]. Journal of System Engineering and Electronics,2015,26(4):754-763.
- [14] 余军成. 论直觉主义谓词逻辑的矢列式自然演绎系统与公理化系统[J]. 贵州工程应用技术学院学报,2017,35(3):1-8.
- [15] ZHANG T, LIU X, WANG Z, et al. Capability-oriented architectural analysis method based on fuzzy description logic[J]. Journal Computer Science and Information Systems, 2016,13(1):54-62.