

基于知识的海战场态势评估辅助决策系统构建*

孙宇祥^{1,2} 周献中^{1,2} 唐博建^{1,2}

(1 南京大学控制与系统工程系 南京 210093)

(2 南京大学智能装备新技术研究中心 南京 210093)

摘要: 针对海空立体化海战场态势分析与辅助决策需求,建立基于知识的海战场态势评估辅助决策系统。设计系统体系架构,并以态势知识处理为途径,将各类战场信息聚集处理并构建知识库,利用知识发现技术对战场数据进行分析,综合应用数据、知识和模型对作战态势进行评估。以态势评估为目的,建立多层次和多角色的指挥员辅助决策应用模式,并提出相应关键技术体系,以期对海战场态势评估辅助决策系统的设计与开发提供参考。

关键词: 态势评估;辅助决策;系统结构;知识库

中图分类号: E9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-909X(2020)04-0015-06

Construction of Knowledge-Based Situation Assessment and Assistant Decision-Making System for Sea Battlefield

SUN Yuxiang^{1,2} ZHOU Xianzhong^{1,2} TANG Bojian^{1,2}

(1 College of Engineering Management, Nanjing University, Nanjing 210093)

(2 Research Center for Novel Technology of Intelligent Equipment, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: Aiming at the typical needs of situation analysis and assistant decision-making for the three-dimensional sea and air battlefield, a knowledge-based situation assessment and assistant decision-making system for sea battlefield is established. The system architecture is designed, and various battlefield information is aggregated and processed by the approach of situation knowledge processing, and the knowledge base is built. The battlefield data are analyzed by the knowledge discovery technology, and the battlefield situation is effectively evaluated through the comprehensive application of data, knowledge and mode. The application mode of the multi-level and multi-role commander assistant decision-making is established for situation assessment, and the key technology system is put forward to provide a reference for the design and the development of situation assessment and assistant decision-making system for sea battlefield.

Key words: situation assessment; assistant decision-making; system structure; knowledge base

* 基金项目:装备发展部“十三五”专用技术及南京大学2019年度博士创新创业研究计划(CXCY19-19)资助项目。

收稿日期:2019-09-27

引用格式:孙宇祥,周献中,唐博建.基于知识的海战场态势评估辅助决策系统构建[J].指挥信息系统与技术,2020,11(4):15-20.

SUN Yuxiang, ZHOU Xianzhong, TANG Bojian. Construction of knowledge-based situation assessment and assistant decision-making system for sea battlefield[J]. Command Information System and Technology, 2020, 11(4):15-20.

0 引言

战略级、战役级和战术级作战中的信息权争夺越来越激烈,这就要求所有指挥和作战单元应能实时和精确地“看”到整个战场的“同一幅画面”,掌握敌军的位置和集结运动情况以及己方的地点和需采取的行动等,确保对战场态势的统一理解和对战场信息的共享,从而实现对战场态势的精准认知^[1-3]。由于指挥员在信息化联合战场中难以完全掌握作战中的复杂演化机理,导致指挥员无法准确和高效地全面理解战场态势,指挥员只能在一定程度上接收战场态势信息,并通过思考将其转化为态势知识。因此,需采用认知技术为态势理解提供自动化辅助决策能力,从而提升指挥员理解态势的速度和质量^[4-5]。

目前,决策支持技术主要是面向数据的技术,并逐渐向模型应用领域转移,通过数据加工和模型构建为作战提供参数建议及方案参考^[6-7]。然而,基于数据和模型的辅助决策技术缺乏解决作战、战术和一些战略的结构化和非结构化问题的技术途径,在处理复杂、动态和海量战场信息时难以根据战场态势实现辅助决策方案动态自适应、快速高效生成与更新,其实时性、灵活性和完整性无法满足指挥员作战指挥需求。此外,传统的辅助决策对于总体战场态势认知不足,导致决策受限,并影响作战目的达成。态势综合分析辅助决策的联系越来越紧密,辅助决策是态势应用的最终表现,而进一步提升辅助决策水平是态势认知和分析的重要目标^[8]。因此,需基于态势知识,通过数据、知识和模型的综合应用,结合指挥员知识和辅助决策系统知识,在动态演变战场态势下为复杂的指挥控制决策提供支持。基于知识的辅助决策技术具备柔性、高精度、自适应和易拓展等优点,可大幅减轻指挥员的工作负载,使之能更深入观察和思考战场形势,缩短指挥决策时间,提升决策科学性,提高总体指挥决策效率^[9-11]。

1 系统构建

1.1 海战场态势信息

海空立体化海战场态势信息包括陆、海、空、天和水下等军民信息源,依赖舰艇和岸基的多种传感器从不同角度对目标和环境加以确认,其目标数量多且信息量大^[12-13]。其中,岸基信息获取装备包括观测站、雷达站、电子侦察站、技侦站、海洋站、水声站和岛礁/海工平台监控站等;海基信息获取装备包

括主战舰艇、电子侦察船、海洋测量船、科考船、海警船、志愿民船和无人艇等;空基信息获取装备包括作战飞机、预警机、侦察机、警戒机、无人机、反潜机、直升机和浮空平台侦察监视系统等;天基信息获取装备包括军民海洋卫星、军民高分卫星和临近空间侦察监视系统等;水下信息获取装备包括潜艇、水下监测网、海上多功能浮标潜标带和无人水下平台(UUV)等^[14]。

1.2 系统架构

基于知识的海战场态势评估辅助决策系统架构分为运行支撑层、数据知识层、应用服务层和应用层,如图1所示。该系统基于数据知识库将各类战场信息聚集处理并知识化,通过各层级间接口进行信息有效访问,各系统资源相互协作,实现态势分析服务化和服务按需调用,并形成系统辅助决策基本能力。

1) 运行支撑层:为系统提供网络设施、服务器设施、存储设施、安全设施、输入输出设施以及保障这些硬件设施正常运行的基础软件环境,保障数据的安全存储、高效管理和快速传输,为整个系统提供安全和稳定的运行环境。

2) 数据知识层:由战场数据库(包括各类电子情报、环境、兵力部署和武器装备等数据)、模型库(包含各类算法模型和方法)、样本库(包括知识样本)及知识库(包括兵力部署、武器装备效能、敌我作战企图、战法战术规则等态势知识库,以及其他专家知识)组成。

3) 应用服务层:包含态势和辅助决策2类子服务。态势子服务通过对战场信息的有效加工实现态势展示,从而提升指挥员对战场态势的高效和准确认知;辅助决策子服务基于态势信息,将辅助决策任务细化分解成若干作战实体能够执行的子任务集合

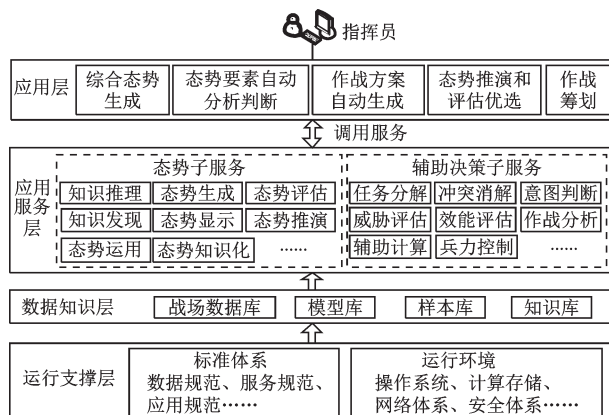


图1 系统架构示意图

及各子任务的相互关系,以便分配给相应的子任务。

4) 应用层:根据作战需求,寻求辅助决策应用与子服务的对应关系,进而调用应用服务层的相关子服务,最终形成辅助决策能力,从而提升指挥员决策的合理性。

1.3 指挥员辅助决策应用模式

根据不同指挥席位,综合考虑战略级、战役级和战术级指挥控制系统与作战平台以及指挥员对态势的信息需求,形成不同用户视角的态势展示与辅助决策策略。针对不同指挥员所需服务不同,系统具备以下功能:1) 正确解析上级的决心和意图,按需获取、存储、处理和分发各种敌、我、友及环境信息,为各级指挥员提供统一的战场态势图;2) 自动进行各类业务计算,对各级作战及保障方案进行综合评估和辅助决策;3) 高效传递各类信息,确保信息传输过程中的信息处理与交换稳定及可靠;4) 管理与作战有关的各类信息,为各级指挥员提供查询帮助。

系统为不同指挥员提供差异化服务,通过设计不同服务准则与优先级开发不同应用,快速构建面对特定用户的服务子系统,将不同的通用服务与专有服务组合使用,从而提供面向不同角色和类型的服务。系统既确保了用户共享信息与资源共享,同时又使得服务精细化。灵活高效的信息系统平台根据服务对象特征实现不同应用模式下能力的敏捷重组,从而提升指挥员的指挥决策效率。不同用户下的辅助决策系统应用模式框架如图2所示。

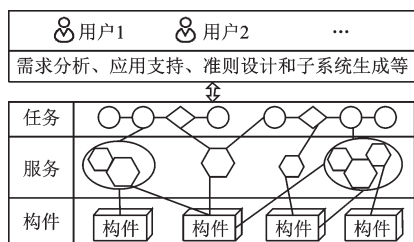


图2 不同用户下的辅助决策系统应用模式框架

1.4 多样化人机交互

根据不同应用场景,系统可满足大屏、PC、平板和手机等具有不同功能与形式的终端设备展示,以及总体态势、作业操作、便携作业和信息推送等需求,从而提升态势协同认知效率。设计多样化人机交互界面,实现态势信息综合一体化显示,并突出态势知识发现和推理过程,最终满足敌我双方掌控区域、防御/打击突破方向、意图及趋势等态势要素分析结果的动态展示。此外,多样化人机交互界面支

持键盘、鼠标、触摸屏和语音等多信息交互方式。

2 系统功能设计

2.1 海战场综合态势生成

1) 海战场态势生成:根据作战需求,利用海空目标信息生成各类打击态势,为指挥员作战指挥提供支撑;利用海战场各类辐射源目标的电磁信息,结合电磁频谱信息生成电磁态势,为电子对抗提供支撑;利用各类探测信息和目标情报信息进行态势一致性处理,通过态势元素提取和关联等处理,对不同的掌控区域、层次和粒度的信息进行印证与去重,形成统一态势信息,结合敌我兵力部署、武器装备效能、敌我作战企图和战术战法规则等态势知识,并考虑海洋环境信息,最终生成海战场综合态势,为指挥员准确高效认知战场环境提供支撑。海战场态势生成流程如图3所示。

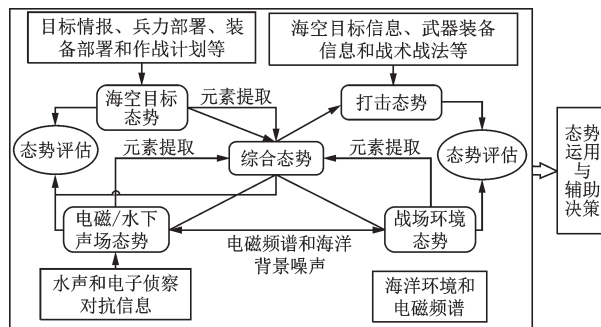


图3 海战场态势生成流程

2) 海战场态势运用:态势运用主要包括态势信息定制与态势信息分发^[15-16]。其中,态势信息定制包括按区域、类别和属性定制与分发连续的实时目标信息,以及按条件定制与分发连续的实时海情航迹、海情态势分析结果以及重点目标实时与历史航迹等。态势分发根据不同级别指挥中心关系,构建按任务的作战信息订阅/分发服务,建立态势产品、用户需求、使用权限的管控机制和方便灵活的订阅/分发机制,实现以主动推动和按需分发相结合的方式进行的的分发。

2.2 海战场知识库建立与评估分析

海战场知识库建立与评估分析是一个多假设、多层次和多分类的模式识别问题,其过程复杂,其中态势包含了很多要素。一般来说,海战场态势分析与评估过程涉及多种信息,包括兵力使用信息、事件活动信息以及来自于信息融合模型分析的知识,而这些信息与知识通常与上下文关系或与社会政治环

境因素紧密结合。

海战场态势评估分析的输入信息主要来源于海量战场数据,经过数据预处理与融合后形成融合数据库,包括海战场目标航迹(位置和运动参数)和目标属性(类型属性、敌我属性和电磁频谱特性)等。利用知识发现技术对数据进行分析,挖掘隐藏在数据背后的规律;经过评估剔除冗余的或无关的模式,未剔除模式形成了知识并进入知识库。同时基于战术战法和作战经验等人工信息构建基础知识库,结合知识发现得到知识库形成合成知识库,为进一步态势分析与评估奠定基础。

将目标数据与环境数据、理论数据、目标性能数据联系起来,形成对海战场态势尽可能客观的抽象描述。其中,环境数据、理论数据和目标性能数据来源于态势数据库,它们与目标数据一起构成态势实体要素。基于知识发现技术对各种态势要素进行分析和合成,形成作战活动、事件、位置及作战的组织缩影,并由此估计正在发生什么和将要发生什么,同时为作战决策提供支撑。海战场知识库可为指挥员提供智能的辅助手段,从而提高系统的智能化程度及决策的科学性,以及部队整体作战能力。海战场态势分析与评估处理流程如图4所示。

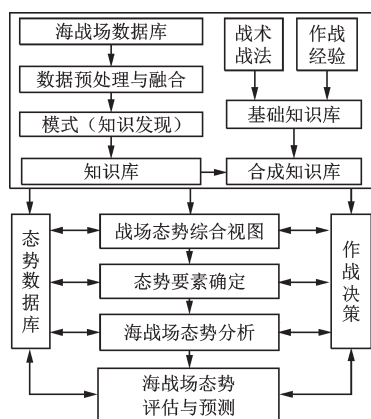


图4 海战场态势分析与评估处理流程

2.3 战场态势多维动态可视化

基于三维虚拟地球进行多维和动态兵力部署、空间环境、武器装备、作战企图、战术战法及相关目标的可视化表达,不仅能够以多种方式展现海战场各要素的空间位置,而且能够动态地表达和模拟时空变化过程。

战场态势多维动态可视化在三维虚拟地球上,将态势信息加工成满足标准的态势数据,实现数据的快速读取及三维装载;根据三维场景的视点位置

和可视域范围等信息,将已装载数据进行实时插值和抽取操作,以确保可视化效果和效率;根据对象渲染机制,构建基于球体模型顾及时间的态势要素场渲染模型,结合可视化模式,按照不同态势要素构建相应的态势演化过程对象;按照绘制方法的参数要求进行数据转换,根据空间位置信息及属性标识信息构建三维绘制坐标,按照三维场景坐标体系对坐标信息进行映射处理;将处理后的数据转换为三维渲染命令,实现战场各类信息在三维场景中的可视化表达。根据三维场景的数据调度和更新机制,针对海洋战场数据多源和海量等特点进行分层分块调度,按照时间序列对象实现战场信息的动态可视化,并可交互控制和查看信息(如前进、回退和时刻选取等操作)。采用优化策略优化数据的调度速度和渲染效率,提高多维动态可视化表达的流畅性。通过上述态势可视化标准流程,最终实现战场综合态势三维可视化表达,获得正确的、交互的、多维的、动态的、流畅的、连续的和逼真的可视化效果。态势可视化标准流程如图5所示。

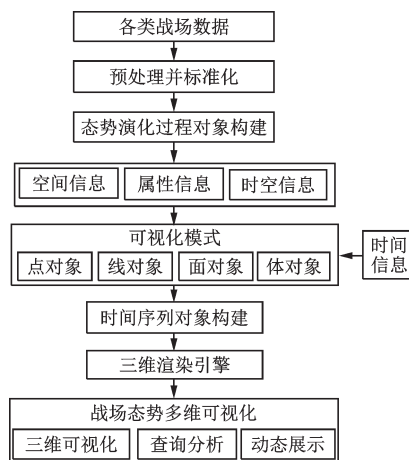


图5 态势可视化标准流程

3 仿真支撑平台

3.1 工作流程

根据指挥员不同的作战、任务及能力需求,基于态势要素自动分析判断结果,定制不同的态势分析产品和辅助决策产品。利用数据知识层的算法、态势知识和战场数据,对双方掌控区域、防御/打击重点与方向、意图和趋势等典型态势要素进行自动分析并生成相应的态势产品;根据双方掌控区域的态势要素分析得出安全区、拒止区、过渡区、地理、火力和信息掌控等辅助决策信息;根据防御/打击重点与方向的态势要素分析得出防御/打击重点、方向和方

案等决策信息;根据意图分析得出交战各方战略、技术和战役意图,辨别意图掩饰,并根据趋势分析战争趋势及战果预测。对态势产品进行再分析和再加工,生成二次辅助决策产品,为指挥员提供兵力部署优化、武器装备参数建议、作战效能评估和作战计划生成等典型辅助决策支持。各产品按需提供,提升定制个性化、推送精准化产品服务水平,从而指导战场要素的合理配置,实现态势要素向有利化方向演化。态势评估辅助决策原型系统工作流程如图 6 所示。

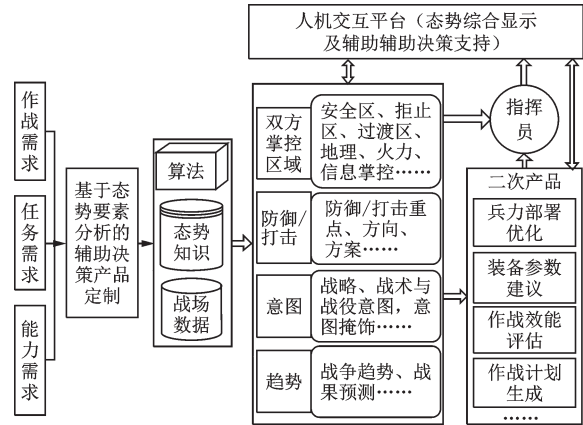


图 6 态势评估辅助决策原型系统工作流程

3.2 验证与评估平台

演示验证平台是实现作战数据模拟、作战数据样本生成、态势知识生成与处理、态势分析、辅助决策支持和产品服务的软硬件环境,主要由计算机、仿真软件和显示设备组成。基于云计算环境,构建态势分析与辅助决策技术验证与评估平台,以验证战场态势知识的描述框架设计与形式化建模,主要包括以下 4 类技术:

- 1) “态”与“势”要素知识表征技术;
- 2) 推理与自动分析评判技术;
- 3) 网络信息体系下战场态势要素分析自动化技术;
- 4) 基于态势知识的态势要素对作战态势灵敏度建模分析技术。

态势评估辅助决策系统演示验证与评估平台由数据样本生成环境和态势处理分析与演示环境 2 个部分组成,其中,态势数据样本包括空情、海情、天情、陆情、兵力、战场环境和电磁水声等信息与数据;态势处理分析与演示包括知识生成与显示、态势自动化分析、辅助决策支持和指挥控制中心。态势评估辅助决策系统演示验证与评估平台布局如图 7 所示。

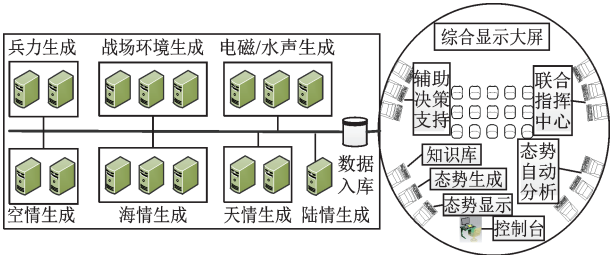


图 7 态势评估辅助决策系统演示验证与评估平台布局

4 关键技术

4.1 基于簇化信息单元的作战态势要素整合技术

影响作战态势评估的因素众多,其中任何一个因素的变化均可能对作战态势评估产生极大影响^[17-18]。只有从海量态势信息之间发现隐藏信息,提炼作战规律,形成态势评估模型,才能更准确地对作战态势进行评估。而作战态势评估离不开作战态势要素的整合显示,借助栅格化和单元化思想来表示作战空间,并将分布在作战上的态势要素属性量化后装入单元,形成覆盖作战的层叠结构,便于作战态势要素整体分析与可视化展现,便于指挥员态势认知与预测。作战态势具有树状层次性结构,由要素和若干层次的子要素构成,最低一级态势要素由若干属性共同描述其特征。作战态势要素的种类和个数随不同执行任务(包含作战规模、指挥内容和指挥层次)而变化。作战规模具有战术、战役和战略 3 个层次,不同规模军事斗争的指挥关注不同态势层次,使得不同作战规模的态势要素各异。时间维度用于刻画态势要素随战事推进和发展而展现出的态势变化规律。进一步分解,最低一级态势要素又可展开为态势属性维和属性信息维 2 个维度。不同任务下的作战态势要素结构模型如图 8 所示。

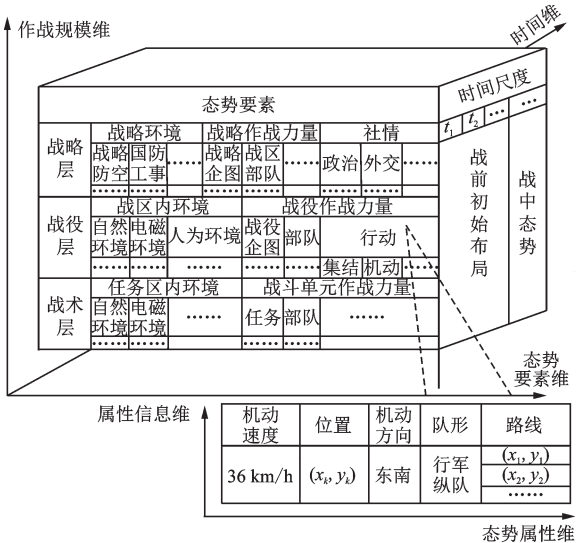


图 8 不同任务下的作战态势要素结构模型

4.2 基于知识的态势要素自动分析与判断技术

通过对作战态势的敌我兵力部署、武器装备效能、敌我作战企图和战法战术规则等进行分析,结合人工神经网络、基于实例的推理和马尔可夫决策过程等知识推理技术,实现基于作战任务驱动的战场要素自动选取、态势信息按需加工、模型参数自适应调整和作战模型可用性评估等功能,为作战态势分析和演化提供技术方案和基础。从而使指挥员和作战辅助决策系统有机融合,解决指挥员之间决策水平和节奏的不协调问题,提高作战部队的指挥决策效率。

4.3 态势知识发现技术

态势分析的核心内容是对战场中敌方战斗力量部署及其动态变化情况进行解释,并推断出敌方作战意图。态势分析有助于指挥员发现蕴含在作战信息中和事先未知的作战知识,以及在全局上掌握作战态势。敌方可通过预测获得我方可能的高层计划,并将该计划细化分解成子计划,由作战个体完成计划,而该分解过程对我方是不透明的。对数据—信息—知识的结构层次分析可见,指挥员所需的较高层次作战知识需从大量作战信息中结合不确定条件下推理技术进行挖掘,即需要知识发现技术的支撑。

5 结束语

面向未来信息化作战场景,针对指挥员多样化需求,立足于将信息优势转化为决策优势,需构建基于知识的海战场态势评估与辅助决策系统,从而将海战场信息转化为态势知识。进一步研究态势知识推理、发现和共享,提升态势信息自动分析与作战辅助决策水平,为指挥员提供统一的作战态势视图与有效的辅助决策建议,最终为打赢信息化战争提供支撑。

参考文献(References):

- [1] 葛学礼,于文,申世元,等.城市消防信息与辅助灭火决策系统建立[J].消防科学与技术,2018,37(10):1327-1329.
- [2] 付雅芳,张续华,王琳.辅助决策技术在指挥控制系统中的应用[J].火控雷达技术,2017,46(3):31-33.
- [3] 杨妹,杨山亮,许霄,等.面向高层辅助决策的作战分析仿真系统框架[J].系统工程与电子技术,2016,38(6):1440-1449.

- [4] PHILLIPS-WREN G, MORA M, FORGIONNE G A, et al. An integrative evaluation framework for intelligent decision support systems[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 195(3): 642-652.
- [5] GOTTINGER H W, WEIMANN P. Intelligent decision support systems[J]. Decision Support Systems, 1992, 8(4): 317-332.
- [6] 荣明,杨镜宇.基于深度学习的战略威慑决策模型研究[J].指挥与控制学报,2017,3(1):44-47.
- [7] 汤再江,薛青,徐豪华,等.嵌入式辅助决策作战仿真系统研究[J].计算机仿真,2014,31(4):14-16.
- [8] 贾琨,付东.赛博作战辅助决策分析框架设计[J].军事运筹与系统工程,2018,32(4):23-28.
- [9] 蔡胜胜,卜凡亮.公安应急预案与辅助决策平台设计与实现[J].智能计算机与应用,2019,9(1):42-46.
- [10] 陈志平.地面防空指挥控制系统的设计与实现[D].南京:东南大学,2015.
- [11] ALEXANDER R, KELLY T. Supporting systems of systems hazard analysis using multi-agent simulation[J]. Safety Science, 2013, 51(1): 302-318.
- [12] LI N, YI W Q, SUN M H, et al. Development and application of intelligent system modeling and simulation platform[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2012, 29: 149-162.
- [13] 王小非,陈云秋.海战场态势分析与评估方法[J].火力与指挥控制,2006,31(6):1-3.
- [14] 吕学志,胡晓峰,吴琳,等.战役态势认知的概念框架[J].火力与指挥控制,2019,44(7):1-6.
- [15] 李婷婷,刁联旺,王晓璇.智能态势认知面临的挑战及对策[J].指挥信息系统与技术,2018,9(5):31-36.
- [16] 崇元,李加祥.基于作战知识的海战场对空防御深层态势分析[J].现代防御技术,2016,44(1):112-117.
- [17] 鞠恒荣.面向态势认知的粗糙集决策方法研究[D].南京:南京大学,2019.
- [18] 朱丰,胡晓峰,吴琳,等.从态势认知走向态势智能认知[J].系统仿真学报,2018,30(3):761-771.

作者简介:

孙宇祥,男(1990—),博士研究生,研究方向为作战态势评估与智能系统。

周献中,男(1962—),教授,博导,研究方向为指挥与控制系统理论与技术及混合智能系统协作与任务规划。

唐博建,男(1993—),硕士研究生,研究方向为作战态势评估与智能系统。

(本文编辑:马 岚)