

引用格式:周颢,高岚,刘巍.智能态势认知关键需求分析[J].指挥控制与仿真,2024,46(2):8-17.ZHOU J,GAO L L,LIU W. Critical demands analysis for intelligent situation awareness[J].Command Control & Simulation,2024,46(2):8-17.

智能态势认知关键需求分析

周颢,高岚,刘巍

(军事科学院战争研究院,北京 100091)

摘要:随着新型武器系统的发展以及智能化技术在军事领域的应用,智能态势认知技术研究成为各军事强国关注的热点。首先,阐述了态势认知和智能态势认知的概念内涵,然后,针对现代化战争特点,梳理分析了智能态势认知过程中作战体系智能分析、作战窗口智能发觉、战场局势演化预测、认知产品智能表征和战场态势智能复盘五项关键需求。结合国内外研究文献对其中涉及的关键技术和应对措施进行了梳理。研究成果对智能态势认知的未来发展及技术突破有一定的借鉴意义。

关键词:智能态势认知;战场态势;作战体系;作战窗口;战局预测;认知产品表征;战场复盘

中图分类号:E91

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1673-3819.2024.02.002

Critical demands analysis for intelligent situation awareness

ZHOU Jin, GAO Lanlan, LIU Wei

(War Research Institute, Academy of Military Sciences, Beijing 100091, China)

Abstract: With the development of new weapon systems and the application of intelligent technology in military fields, the research of intelligent situation awareness technology has become the hot spot among military powers. Firstly, the concepts of situation awareness and intelligent situation awareness are introduced. Secondly, In view of the characteristics of modern warfare, five critical demands of intelligent situation awareness are analyzed, including intelligent combat system of system analysis, intelligent awareness of combat window, combat situation evolution and prediction, intelligent cognition production representation, and intelligent combat situation retrospective. With domestic and foreign research literature, the key technologies and countermeasures involved are analyzed. The relevant results have certain reference significance for the future development and technological breakthroughs of intelligent situation awareness.

Key words: intelligent situation awareness; combat situation; combat system of system; combat window; situation prediction; cognition production representation; combat retrospective.

万物互联是智能化时代的一个显著特征,也是智能化战争的一个鲜明特点。战场上的各种实体所携带的传感器时时刻刻将战场信息回传给指挥中心,海量的态势信息呈现爆炸式增长趋势。如何有效利用智能化手段,在“信息迷雾”中迅速准确发现有用信息,实现高效精准的智能态势认知,已成为一个亟待解决的关键问题。文献[1]结合人工智能技术的发展,分析了智能态势认知面临的要图标绘、要素计算、局势研判、重心判定及态势预测项技术挑战。文献[2]分析了大数据、复杂网络、深度学习和强化学习等人工智能技术在战场态势认知领域的应用前景。文献[3-4]在分析态势智能认知总体技术框架的基础上,阐述了智能态势认知面临的关键问题及可能的技术路线。文献[5-6]在分析了国内外战场态势认知研究成果的基础上,提出了未来联合作战态势认知的发展建议。以上文献大

多将重点放在了智能态势面临的挑战及军事需求分析方面,较少针对具体每项挑战的解决方法分析。

1 智能态势认知概念分析

1.1 态势认知

美国心理学家 Endsley M. R.在分析飞行员对飞机周围环境的感知程度与飞行行为之间的关系时,将态势认知(Situation Awareness, SA)定义为,在一定时间和空间内对环境各组成成分的感知和理解,进而预知这些成分的后续变化状况^[7]。基于此,Endsley提出了态势认知的3级模型^[8]:态势感知、态势理解和态势预测。态势感知主要解决对环境成分信息的获取问题,通过多种探测手段全方位感知战场信息,实现对敌情、我情和战场环境信息的综合掌握,认识到战场有什么,但还未形成完整的战场态势认识;态势理解基于获取到的态势感知信息,分析陆、海、空、天、电、网等不同分域报送信息之间的关联关系,实现态势信息的全域汇集、综合印证和深度理解,认识到战场是什么;态势预测基于态势理解得到的关联信息,结合战场实体运动状态模型、关联关系演化模型和事件发展演变模型等

收稿日期:2023-03-17

修回日期:2023-04-11

作者简介:周颢(1989—),男,博士,助理研究员,研究方向为智能态势认知、态势分析。

高岚(1979—),女,硕士,研究员。

物理模型和战场思维模型,对未来状态、关系和事件的发展趋势进行分析判断,认识到战场为什么,实现对战场“态”和“势”的全面认知。

1.2 智能态势认知

智能态势认知与传统态势认知一样,依然遵循 Endsley 所建立的 3 级模型架构,主要区别体现在由多源异构的海量战场信息而引发的态势加工方法和处理流程。智能态势认知中的智能体现在两个层面。一是智能化的技术手段和模型算法,诸如综合运用机器学习、神经网络、知识推理等人工智能算法,为传统认知过程提效加速;二是面向指挥员及参谋人员的智能化作业流程及处理方法,采用多视角、广关联和多分支等态势信息加工手段,为传统认知提质赋能。以往的研究文献大多聚焦于第一层面,强调智能化所带来的处理效率的提升,往往忽略了第二层面的意义。事实上,智能态势认知最终是面向人的认知,其主要作用是在高效处理战场信息基础上,加工生产契合指挥员认知思想的态势产品,进而支撑后续作战筹划及行动控制过程。所以,智能态势认知的关键是将指挥员的认知思想以规则、算法、软件和数据等形式物化到智能处理系统中,在态势认知过程中,由智能处理系统来贯彻指挥员的战场思维、指挥方式及意志品质。

2 智能态势认知关键需求分析

2.1 作战体系智能分析

现代化战争已不再是单个武器装备之间战技性能的较量,而是战场上不同作战分域和不同军种力量所构成的网络信息作战体系之间的对抗博弈,破点断链和毁链瘫面已成为现代战争的基本作战形式。2011 版军语对于作战体系的定义是:由各种作战系统按照一定的指挥关系、组织关系和运行机制构成的有机整体^[9]。作战体系作为一种典型的复杂巨系统,所呈现出的整体性、涌现性、不确定性和非线性等特征使得对其建模分析面临诸多难题。知己知彼才能百战不殆,智能态势认知的首要任务就是对敌方作战体系的分析,主要包括作战体系构成分析、作战体系能力分析和作战体系重心分析三个方面。

2.1.1 作战体系构成分析

作战体系构成分析是后续作战体系能力分析和重心分析的基础,主要包括体系成员挖掘、体系关系分析和体系配置分析三个主要内容。

1) 体系成员挖掘

体系成员挖掘的重点是发现作战体系。智能态势认知作为一种后台服务,不间断扫描和监视战场上的海量目标,结合作战体系运行机理和历史活动规律,提

示指挥员敌方作战体系的成员构成,并在一定条件下挖掘可能存在但并未发现的体系成员,驱动后续指挥侦察作业流程。针对以上问题,饶佳人等^[10]利用空中编队知识规则的构建与推理,提出了基于规则的空中作战体系识别方法。徐秋坪等^[11]运用 Prim 算法和模板匹配思想,提出了一种空中作战体系分析挖掘算法。刘文一等^[12]和冷画屏等^[13]综合利用 Hough 变换及 K-均值聚类算法进行舰艇编队队形识别,实现了水面作战体系成员的分析挖掘。

2) 体系关系分析

体系关系分析需要确定体系成员之间存在的隶属、指挥、配属、协同等关联关系^[14],分析作战体系内部运行的能量流和信息流,支撑指挥员掌握的作战体系运行机理和定位作战体系关键节点。针对以上问题,刚建勋等^[15]基于超网络建模理论,分析了航母编队作战体系内感知流、情报流、态势流、指控流、打击流、协同流等体系关系。夏璐等^[16]将作战体系关系分为依赖、组合、聚合三种类型,并基于此分析了作战体系能力关系的涌现效应及波及效应。邹志刚等^[17]和罗金亮等^[18]基于超网络建模理论,将体系关系分为协同、指控、侦察和攻击四类,辅助指挥员从实体连接、指挥控制、预警探测和防空火力等不同层面认知防空作战体系。

3) 体系配置分析

作战体系内节点成员的高效搭配能够确保体系内预警探测、火力打击和指挥通信等能力有序衔接,远程、中程、近程能力梯次配置。体系配置分析就是要分析作战体系架构及结构配置,明确作战体系内各成员主要职能,分析成员所处的阵型阵位,支撑指挥员掌握作战体系当前任务及行动意图。针对以上问题,杨远超等^[19]基于凸优化方法研究了编队作战体系的反潜阵型配置,并给出了舰机协同反潜过程中的体系配置准则。刘昕^[20]综合考虑导弹来袭方向、护卫舰防御能力和指挥舰相对位置等影响因素,分析了作战体系的最佳防空阵型配置。苏琦等^[21]分析了潜艇在不同态势下对水面舰艇的阵位配置优劣。乔殿峰等^[22]利用作战体系实体序列协作关系和体系配置信息,构建了多域作战下的群目标意图推理模型,有效支撑了对航母作战体系任务及意图的认知预测。

2.1.2 作战体系能力分析

作战体系能力分析是在作战体系构成分析的基础上,结合体系运行机理进行的体系化释能分析。首先基于同质能力叠加原理,分析作战体系预警探测、火力打击、指挥通信等单一能力域的能力覆盖范围、作用区域等静态指标;然后结合 OODA 环、作战环等理论,分

析作战体系在异质能力耦合作用下,针对特定作战目标遂行作战任务的能力,支撑指挥员掌握作战体系有效威慑范围、有效打击时间等动态指标^[23-25]。针对以上问题,曹冠平等^[26]通过构建联合探测环、信息共享环、联合决策环、联合响应环和复合环等作战体系拓朴环结构,分析了拓朴环变化条件下的作战体系能力。杨圩生等^[27]以对敌方目标的打击率和打击效率为指标,构建了作战体系能力分析模型。俞锦涛等^[28]依据广义效能环模型,对防空反导作战体系节点和效能边进行了能力分析,基于广度优先搜索方法发掘作战体系效能环,有效支撑了指挥员进行作战体系能力评估和结构优化。

2.1.3 作战体系重心分析

作战体系重心通常指作战体系内的关键节点或关键联系^[29],其分析主要包括以下两方面内容。

1) 体系节点重要度评估

体系节点重要度评估是基于网络结构评价指标及专家评价指标,构建体系节点的重要性计算模型,对作战体系内节点进行重要度评估,以支撑作战筹划人员进行作战目标优选及打击目标排序^[30]。针对以上问题,魏青等^[31]通过综合考虑作战体系内节点的可替代程度、局部连通重要度和效能影响度等因素,构建了作战体系节点的重要度评估指标。龚建兴等^[32]和李尔玉等^[33]提出了基于功能图的度中心性、介数中心性和接近中心节点重要度等评估指标,采用 PageRank 等算法进行了作战体系关键节点分析。左嘉娴等^[34]采用变异系数法为各个指标赋权,通过加权进行作战体系节点重要度评估。王哲等^[35]从任务可完成性视角出发,将作战体系节点的作战属性及任务完成效果作为节点重要度评估指标。王耀祖等^[36]通过动态搜索作战体系内的杀伤链,以作战体系节点所处的杀伤链数和敌方目标重要性为基础,构建了体系节点重要度评估指标。

2) 级联失效分析

近年来,复杂网络的级联失效研究引起了学者的广泛关注^[37]。由于作战体系的各个成员相互联系,有机融合,单一节点成员失效后可能会引发连带效应,进而造成整个作战体系坍塌或进入无序状态,从而无法正常运转^[38]。针对以上问题,杨国利等^[39]基于复杂网络级联失效理论,以体系能力最大化下降为目标函数,运用多目标优化方法求解作战体系关键节点。王运明^[40]针对指挥控制作战体系节点失效引发的级联效应,设计了一种基于剩余容量的负载重分配策略。曹嘉平等^[41]以级联失效后的作战体系最大联通片规模为评估指标,分析了岛礁防空电子对抗装备体系的抗

毁性和鲁棒性,为作战体系重心定位分析提供了支撑。

2.2 作战窗口智能发觉

作战窗口是指为激发体系作战周期效能而选择的有利于联合作战力量实施跨域协同作战的时空范围^[42-43]。作战窗口本质上即作战时机,是基于体系思维,寻找挖掘出的我方杀伤链能够真正闭合的打击时机^[44]。在联合作战指挥控制活动过程中,如何有效发觉并利用作战窗口是对指挥员指挥艺术的巨大挑战,更是对智能态势认知技术水平的严峻考验。在复杂多变的敌我作战体系博弈对抗过程中,作战窗口已成为联合作战力量实施跨域协同作战的发力点和突破点,对夺取战场主动,塑造有利态势具有重要意义。智能态势认知过程中对作战窗口的智能发觉主要包括作战时间窗口发觉和作战空间窗口发觉两个方面。

2.2.1 作战时间窗口发觉

考虑敌我作战体系的对抗特性,作战时间窗口发觉问题在一定条件下可以等效为武器目标分配问题,可分为两类:静态武器目标分配和动态武器目标分配^[45]。静态武器目标分配是指为了获得最优或满意的作战效果,在一定时间内将防御武器分配给来袭目标。在静态武器目标分配模型中,没有考虑武器和目标的时间属性,而动态目标分配能够根据战场形势变化进行决策,更加真实地反映作战环境的变化。作战时间窗口发觉主要分析内容包括^[46]:目标时间窗口:防御方武器能够对进攻方目标进行射击的时间段;武器时间窗口:防御方武器发现目标到命中目标所需的最短时间,包括武器系统的响应时间及武器命中目标所需的飞行时间;武器-目标时间窗口:防御武器开始向目标射击的时间窗口,只有在此窗口内组织火力打击,目标才有可能被击中。

针对以上问题,翟世梅等^[47]基于遗传禁忌搜索算法分析了导弹武器完成作战任务的作战时间窗口。阮菲等^[48]针对反导预警作战中远程预警相控阵雷达和地基相控阵雷达探测跟踪目标的交接班问题,提出了一种雷达交接班作战窗口计算方法。王三喜等^[49]针对迂回战斗的战术特点,基于兰彻斯特方程建立了计算迂回兵力和迂回时机的数学模型,为指挥员科学发现迂回战术作战时间窗口提供了支撑。

2.2.2 作战空间窗口分析

作战空间窗口指一定时间内利于联合作战兵力武器有效发挥效能的作战区域或航路航线。为满足作战武器使用的环境条件,规避敌方侦察探测和火力打击,现代作战武器需要根据敌方体系配置对武器的作战空间窗口进行精确计算,诸如无人机路径规划、飞航导弹弹道规划和高超声速导弹飞行走廊设计等。针对以上

问题,潘明等^[50]提出了一种融合多部雷达探测概率条件下的威胁空间生成方法,计算分析战机在不同高度及姿态下的作战空间窗口。周颢等^[51-52]和王华吉等^[53]针对高超声速目标拦截作战问题,通过研究比例导引及反比例导引的捕获区,分别分析了制导律捕获区窗口和中末制导交接班窗口,为求解防御武器作战空间窗口约束提供了方法基础。

2.3 战场局势演化预测

战场局势,即战局,体现敌对双方通过一系列交战,于一定时间或阶段内在作战全局或局部区域,所形成的战场态势和军事形势。战场局势的演化预测需要综合敌我兵力部署、战场潜力目标分布、作战行动及意图等多种战场信息,并广泛关联和深层挖掘。局势演化预测一直是态势认知过程中最关键也是最困难的一个环节,主要原因是目前仍缺乏对战场局势的有效建模,无法依据当前战场状态有效预测未来战场形势,造成战场态势展现有“态”无“势”^[54]。近年来,数字孪生技术为此问题提供了一个新的解决思路。数字孪生技术^[55]可以为真实战场的每个作战实体创建完全一致的数字模型,将当前战场态势信息映射到虚拟战场。通过对数字模型进行超实时仿真,在多个虚拟战场内模拟未来战局演化过程,并与真实战场建立反馈机制,构建虚实一体的战局演化空间。可以发现,智能态势认知过程中对战场局势演化预测的需求主要包括两个方面,一是构建尽可能多的战局演化分支,确保对未来敌我对抗博弈结果的全覆盖;二是匹配尽可能准的虚拟战场数字模型,确保战局演化预测结论的准确性。

2.3.1 态势演化趋势分析

真实战场中作战行动复杂多变,奇正转化变幻莫测,未来战局的演化结果会出现多个分支或者分支组合等情况。态势演化趋势分析需借助蒙特卡洛仿真、智能强化学习和博弈论等基础理论,构建基于数字孪生环境的智能战场博弈推演平台,开展多样本空间博弈结果的对比、统计和聚类分析^[56],确保生成的多样本分支演化结果能够尽可能覆盖敌方行动空间,同时需不断与真实战场状态进行比较,及时裁剪不合理的推演分支,避免分支过多而产生组合爆炸现象。

针对以上问题,毛少杰等^[57]提出了面向指挥决策支持的平行仿真系统概念,并对平行仿真中涉及的数字模型生成、模型动态修正、多分支仿真推演和平行仿真推进等流程进行了建模分析。唐剑等^[58]研究了空战场的多分支态势生成方法,综合利用深度神经网络和贝叶斯网络技术确定主分支及旁路分支,并对多分支态势进行了规范化表征设计。赵禄达等^[59]将平行仿真技术引入到电子对抗作战任务规划过程中,利用

大数据分析及贝叶斯网络技术预测态势演化趋势。

2.3.2 数字模型实时修正

虚拟数字模型是构建虚拟平行战场的基础,要求数字模型与真实作战实体的状态、属性、隶属关系和运动特性等战场行为保持一致,以确保战局演化预测结果的准确性及可信性。因此,依据实时态势信息修正和调整数字模型成为构建数字孪生系统的核心问题之一^[60]。一方面,需要根据引接得到的态势要素特征数据,与数字模型库中的仿真模型进行自动匹配关联,不断丰富模型颗粒度及所包含的作战单元模块,并将组合得到的数字模型及时加载更新到虚拟数字战场中;另一方面,根据最新的战场态势信息,动态修正作战实体对应的数字模型,校正模型的类别、模型参数配置、模型输出及行为状态等信息,确保战局演化预测的基准点与当前真实战场状态保持一致。

针对以上问题,周芳等^[61-62]提出了基于作战实体的标识特征、状态特征和行为特征的“三级”匹配过程模型,建立了粗粒度的模型类别匹配和细粒度的行为规则匹配的匹配方法,确保了数字模型与作战实体之间匹配度的精确性。焦松等^[63]为数字模型输出与作战实体数据之间的差异建立了一致性度量方法,基于拉丁超立方实验设计方法确定了数字模型的修正集合,利用主成分分析法确定了修正集合中使数字模型可信性最佳的修正方案。

2.4 认知产品智能表征

态势认知产品又称为态势图,是表达战场情况的传统手段,内容包括兵力部署、行动企图、作战计划和基础地理环境信息等。态势图按照产生的作用可以分为战场状况图、战场形势图、专题研讨图和简易图等四种类型,基本作用是构建战场“一幅图”,基于一致的公共数据资源,实现指挥所内作战人员对敌我双方情况的一致性理解与认知^[64]。认知产品智能表征,指应用智能化技术和流程,自动处理联合战场上纷杂凌乱的陆、海、空、天等各分域战场目标信息,自动理解其间存在的兵力群组、作战行动及作战意图等信息,辅助参谋人员智能标绘作战要图。具体需求包括多尺度认知产品表征和战场形势智能表征两个方面。

2.4.1 多尺度认知产品表征

态势尺度是广度、粒度、比例与空间、时间、语义组成的笛卡尔乘积^[65]。态势尺度的变化反映了指挥员执行某次作战任务所需认知的广度与深度。多尺度认知产品表征,是指基于一致的共享数据资源,面向指挥员的不同层次和不同作战需求,智能化构建与用户任务相适宜的尺度表达模型,从而智能化生成与认知层次性相匹配的多重作战视图,构建态势认知产品

族谱^[5]。

李凤霞等^[66]针对多尺度建模中的聚合解聚问题,对位置、速度、状态、战损四种属性设计了聚合解聚映射算法,用以支撑不同尺度下战场实体状态的表征。项祺等^[67]通过对卷积神经网络中不同卷积层输出的特征进行多尺度融合,并结合软注意力机制对融合特征进行权重分配,提出了一种新型战场态势认知表征方法。田胜等^[68]提出了基于用户认知的态势多尺度可视化设计,包括分层分级、关联聚合、时空多维、焦点推送等智能辅助模型,能够有效降低用户认知负荷,增强态势感知和人机工效。宋翊宁等^[69]将空间态势研究主体对象划分为特征要素尺度、单元实体尺度和战略能力尺度等多个尺度模型,利用要素图设计和知识湖构建实现了空间态势的智能表征。

2.4.2 战场形势智能表征

战场形势智能表征,重点面向战略战役级指挥员,利用部队集结地域及进攻箭头等军标,粗粒度表征战场合围、焦灼、钳击等整体形势。主要需求包括:在作战筹划阶段,依据格式化的计划文书,智能化辅助生成首长决心图和作战计划图等认知产品,减轻参谋作业人员要图标绘工作量;在行动控制阶段,依据作战计划及当前战场目标状态,分析计划完成情况和任务执行进度,智能化辅助生成作战经过图和节点态势图等认知产品。针对以上问题,贺筱媛等^[70]提出利用机器智能将战场态势抽象为多层的作战能力空间分布图,利用知识推理将人类知识和作战能力空间分布进行深度融合,进而实现战场形势的智能表征。郭婉等^[71]在聚合空中目标群结果基础上,利用聚合空心箭头表征群整体航迹的总体走向,为目标群运动趋势研判提供支撑。孙雅薇等^[72]提出综合利用聚类算法和热力图表征战场局势,利用作战区域的颜色及亮度变化,提示指挥员战局对抗的激烈程度。

2.5 战场态势智能复盘

战场态势复盘指记录指挥决策驱动下的态势演化过程数据,并在战场态势回溯过程中寻找关键态势演化决策点的过程。现代战争对战场态势复盘的需求愈发强烈,主要原因有两个:一是现代战争代价高昂,对国家财力物力消耗巨大,并有可能影响国家整体发展形势,只能通过复盘从以往战争中吸取经验;二是现代仿真技术的快速发展已经使得高并行、大样本仿真成为可能,可以通过仿真的手段对作战过程进行模拟,在大量战场实验样本中研究战争和设计战争。智能态势认知对于战场态势复盘的需求主要包括态势决策点分析和作战线分析两个方面。

2.5.1 态势决策点分析

态势决策点是指对战场未来走向和战局未来变化产生决定性作用的点,一般为标志性事件的决策点或关键作战时机的决策点^[4]。态势决策点分析,就是要在战场态势特征关联分析和态势理解的基础上,依据态势演化趋势对态势决策点的位置和类型等属性特征进行分析。态势决策点并不是某次战场态势的偶然性节点,而是大量战场仿真样本所具备的共同结果,决策点后敌我作战体系对抗博弈过程将殊途同归,所以态势决策点分析的基础首先是战场样本的聚类分析。在同类战场样本空间集中,利用智能化算法,对战场样本数据进行分析识别,寻找对战争走向起决定性作用的决策点。针对以上问题,袁翔等^[73]在生成多样化对抗数据样本网络的基础上,基于网络动力学方法描述节点之间的关系,通过合并节点收益变化不大的前后节点,融合各节点,从而有效定位分析态势决策点。

2.5.2 作战线分析

作战线是指通过因果关系将多项使命和任务关联起来的逻辑思维线索,一般用于连接一系列决定性的作战行动,是作战方法的思维辅助模式。战场局势的转换通常由事件主导,而不是由时间主导,所以战场态势复盘中的作战线分析首先需要进行关键事件的识别提取。战场中的热点新闻、军事动态、作战文书、关键战报、文电指令等包含大量的战场事件,需要对其中的关键事件进行识别分析,从而预判战争征候,理解敌方意图。在关键事件提取分析的基础上,可以将多个关键事件进行关联性分析,分析战场演化过程,借鉴事件脉络生成的技术方法,智能识别关键事件之间的关联关系,组织生成作战线,重构指挥员战争设计思路方法。其成果也可作为样本输入,支撑后续人工智能算法学习训练。目前可供借鉴的事件脉络生成方法主要包括基于关联性分析的故事脉络构建方法、基于特征建模的故事脉络构建方法以及基于传播模型的故事脉络构建方法等^[74]。针对以上问题,陈黎明等^[75]通过对新闻关键词的词频-逆类别频率和热度对事件关键词进行反馈更新,采用有主干和分支的故事树结构展现事件发展脉络。刘东等^[76]利用种子算法挑选关键事件,设计了一种包含主干脉络和分支脉络的层次化故事脉络生成方法。

3 结束语

智能态势认知是军事领域亟待解决的关键技术之一,也是支撑后续作战筹划、任务控制等战场指挥决策的基础。本文在分析态势认知和智能态势认知概念内涵基础上,以未来信息化战争条件下指挥员认知过程

为出发点,重点分析了智能态势认知面临的作战体系智能分析、作战窗口智能发觉、战场局势演化预测、认知产品智能表征和战场态势智能复盘五项关键需求,并结合现有文献研究分析了可能的解决办法及应对措施。

参考文献:

- [1] 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.
LI T T, DIAO L W, WANG X X. Challenges and countermeasures of intelligent situation awareness [J]. Command Information System and Technology, 2018, 9(5): 31-36.
- [2] 吕学志,刘长江,朱丰. 基于深度学习的战役初始态势认知方法[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(4): 10-17.
LYU X Z, LIU C J, ZHU F. Recognition of initial combat situation based on deep learning[J]. Fire Control & Command Control, 2020, 45(4): 10-17.
- [3] 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.
ZHU F, HU X F, WU L, et al. From situation cognition stepped into situation intelligent cognition[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(3): 761-771.
- [4] 王永利,谢策,张永亮,等. 态势认知总体框架及其关键技术[J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(3): 7-12.
WANG Y L, XIE C, ZHANG Y L, et al. Framework and its key technology of situation cognition[J]. Command Information System and Technology, 2021, 12(3): 7-12.
- [5] 戴静泉,李婷婷,杜蒙杉,等. 联合作战态势认知技术研究现状与发展建议[J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(3): 1-6.
DAI J Q, LI T T, DU M S, et al. Research status and development recommendations of joint operation situation cognition technology [J]. Command Information System and Technology, 2021, 12(3): 1-6.
- [6] 李婷婷,刁联旺. 智能化态势认知技术与发展建议[J]. 指挥信息系统与技术, 2020, 11(2): 55-58.
LI T T, DIAO L W. Technology and development recommendations for intelligent situation awareness [J]. Command Information System and Technology, 2020, 11(2): 55-58.
- [7] ENDSLEY M R. Design and evaluation for situation awareness enhancement[C]//Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 1988, 32(2): 97-101.
- [8] ENDSLEY M R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems [J]. Human Factors, 1995, 37(1): 32-64.
- [9] 全国军事术语管理委员会,军事科学院. 中国人民解放军军语[M]. 北京: 军事科学院出版社, 2011.
National Military Terminology Management Committee, Academy of Military Sciences. Military language of the People's Liberation Army[M]. Beijing: Academy of Military Sciences Press, 2011.
- [10] 饶佳人,孙世庆,李婷婷. 基于规则的空中作战编队识别[J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(3): 19-22, 29.
RAO J R, SUN S Q, LI T T. Rule-based formation identification of air combat[J]. Command Information System and Technology, 2021, 12(3): 19-22, 29.
- [11] 徐秋坪,周洁静,季海,等. 空中目标编队自动分析挖掘算法[J]. 系统工程与电子技术, 2023, 45(2): 481-489.
XU Q P, ZHOU J J, JI H, et al. Automatic analysis and mining algorithm of air target formation[J]. Systems Engineering and Electronics, 2023, 45(2): 481-489.
- [12] 刘文一,孙伟,朱良明,等. 舰载飞行器打击水面舰艇编队队形识别和目标选择方法[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(2): 85-89.
LIU W Y, SUN W, ZHU L M, et al. Study on formation recognition and target selection method of shipborne aircraft against warship formation[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2020, 41(2): 85-89.
- [13] 冷画屏,关庆云,吴晓锋. 基于领域知识的海上编队线型队形识别[J]. 舰船科学技术, 2013, 35(2): 103-106.
LENG H P, GUAN Q Y, WU X F. Recognition of naval fleet line type formation based on domain knowledge[J]. Ship Science and Technology, 2013, 35(2): 103-106.
- [14] 蔡凌峰,刘冠邦,陈怡超. 目标体系分析方法[J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(2): 38-43, 54.
CAI L F, LIU G B, CHEN Y C. Analysis method for target system[J]. Command Information System and Technology, 2021, 12(2): 38-43, 54.
- [15] 刚建勋,叶雄兵,王玮. 航母编队作战体系超网络建模[J]. 舰船科学技术, 2019, 41(5): 6-11.
GANG J X, YE X B, WANG W. Hypernetwork modeling research on carrier formation fighting systems[J]. Ship Science and Technology, 2019, 41(5): 6-11.
- [16] 夏璐,张明智,杨镜宇,等. 面向作战体系演化的能力关系建模研究[J]. 系统仿真学报, 2019, 31(6): 1 039-1 047.
XIA L, ZHANG M Z, YANG J Y, et al. Modeling of capability relations oriented to the evolution of operational

- system-of-systems [J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(6): 1 039-1 047.
- [17] 邹志刚, 刘付显, 孙施曼, 等. 基于扩展粒度计算的防空体系结构超网络模型[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2014, 11(2): 24-35.
- ZOU Z G, LIU F X, SUN S M, et al. Extended granular computing-based supernetwork model for anti-air operational architecture[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2014, 11(2): 24-35.
- [18] 罗金亮, 王雷, 谢文杰, 等. 对敌网络一体化防空体系的联合压制策略[J]. 系统工程与电子技术, 2017, 39(11): 2 491-2 500.
- LUO J L, WANG L, XIE W J, et al. Strategy of joint suppression enemy network-based integrated air defense systems[J]. Systems Engineering and Electronics, 2017, 39(11): 2 491-2 500.
- [19] 杨远超, 王兆杰. 海上编队航渡过程舰机协同中程反潜阵型优化模型[C]//第八届中国指挥控制大会论文集. 北京, 2020: 562-566.
- YANG Y C, WANG Z H. Formation optimization of fleet's voyage for medium-range anti-submarine [C]//Proceedings of the 8th China Command and Control Conference, Beijing, 2020: 562-566.
- [20] 刘昕. 海上舰队的防空编队建模与防空能力评估[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2019, 40(6): 531-536.
- LIU X. Air defense formation modeling and air defense capability evaluation of sea fleet[J]. Journal of North University of China (Natural Science Edition), 2019, 40(6): 531-536.
- [21] 苏琦, 于敬人, 金国栋. 一种潜艇对水面舰艇编队攻击意图建模方法[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(9): 147-149.
- SU Q, YU J R, JIN G D. A modeling method of attack intention of submarine for vessel formation[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014, 35(9): 147-149.
- [22] 乔殿峰, 梁彦, 马超雄, 等. 多域作战下的群目标意图识别与预测[J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44(11): 3 403-3 412.
- QIAO D F, LIANG Y, MA C X, et al. Recognition and prediction of group target intention in multi-domain operations[J]. Systems Engineering and Electronics, 2022, 44(11): 3 403-3 412.
- [23] 陈秋丽, 罗承昆, 刘颖, 等. 考虑时空因素的美航母作战体系技术贡献率评估方法[J]. 现代防御技术, 2021, 49(3): 21-29.
- CHEN Q L, LUO C K, LIU Y, et al. Evaluation method of technical contribution rate of U.S. aircraft carrier combat system-of-systems considering the influence of time and space[J]. Modern Defense Technology, 2021, 49(3): 21-29.
- [24] 张春华, 张小可, 邓宏钟. 一种基于作战环的作战体系效能评估方法[J]. 电子设计工程, 2012, 20(21): 62-64, 68.
- ZHANG C H, ZHANG X K, DENG H Z. Operation system of systems effectiveness assessment method based on operation loop [J]. Electronic Design Engineering, 2012, 20(21): 62-64, 68.
- [25] 张小可. 基于作战环的武器装备体系发展建模与优化方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2016.
- ZHANG X K. Modeling and optimization of armament system of systems development based on operation loop [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2016.
- [26] 曹冠平. 基于拓扑环的联合作战指挥体系效能评估研究[J]. 舰船电子工程, 2021, 41(4): 103-111.
- CAO G P. Research on effectiveness evaluation of joint operation command SOS based on topological ring[J]. Ship Electronic Engineering, 2021, 41(4): 103-111.
- [27] 杨圩生, 王钰, 杨洋, 等. 基于作战环的不同节点攻击策略下的作战网络效能评估[J]. 系统工程与电子技术, 2021, 43(11): 3 220-3 228.
- YANG W S, WANG Y, YANG Y, et al. Combat network effectiveness evaluation under different node attack strategies based on operation loop[J]. Systems Engineering and Electronics, 2021, 43(11): 3 220-3 228.
- [28] 俞锦涛, 肖兵, 崔玉竹. 基于节点重要性和改进效能环的防空反导预警体系能力评估[J]. 兵工学报, 2024, 45(1): 328-338.
- YU J T, XIAO B, CUI Y Z. Capability evaluation of air defense and anti-missile early warning system-of-system based on node importance and improved effectiveness loop [J]. Acta Armamentaria, 2024, 45(1): 328-338.
- [29] 刘德胜. 基于复杂网络分析方法的作战体系评估研究综述[J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34(3): 66-73.
- LIU D S. A survey of combat system assessment based on complex network analysis [J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2020, 34(3): 66-73.
- [30] 袁博文, 刘东波, 刘兆鹏, 等. 面向目标体系网络的节点重要性排序方法[J]. 兵工学报, 2024, 45(2): 488-496.
- YUAN B W, LIU D B, LIU Z P, et al. Node importance ranking method for target SoS network [J]. Acta Armamentaria, 2024, 45(2): 488-496.
- [31] 魏青, 沈艳丽, 肖桃顺, 等. 基于复杂网络的作战体系要素重要度评估方法[J]. 中国电子科学研究院学报, 2020, 15(11): 1 075-1 079, 1 138.
- WEI Q, SHEN Y L, XIAO T S, et al. The importance of elements of combat systems based on complex networks

- [J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2020, 15(11): 1 075-1 079, 1 138.
- [32] 龚建兴, 朱雷, 王华兵, 等. 基于功能图的作战体系关键节点分析[J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44(8): 2 515-2 521.
- GONG J X, ZHU L, WANG H B, et al. Analysis of key nodes in combat system based on function graph[J]. Systems Engineering and Electronics, 2022, 44(8): 2 515-2 521.
- [33] 李尔玉, 龚建兴, 黄健, 等. 基于功能链的作战体系复杂网络节点重要性评价方法[J]. 指挥与控制学报, 2018, 4(1): 42-49.
- LI E Y, GONG J X, HUANG J, et al. Node importance analysis of complex networks for combat systems based on function chain[J]. Journal of Command and Control, 2018, 4(1): 42-49.
- [34] 左嘉娴, 华翔. 无人机集群网络节点重要性的多属性决策[J]. 西安工业大学学报, 2022, 42(4): 422-426.
- ZUO J X, HUA X. Multi-attribute decision on the importance of UAV cluster network nodes[J]. Journal of Xi'an Technological University, 2022, 42(4): 422-426.
- [35] 王哲, 李建华, 刘子杨, 等. 基于功能依赖的网络信息体系建模及重心分析[J]. 系统工程与电子技术, 2021, 43(10): 2 876-2 883.
- WANG Z, LI J H, LIU Z Y, et al. Modeling and center of gravity analysis for networked information system of systems based on function dependency[J]. Systems Engineering and Electronics, 2021, 43(10): 2 876-2 883.
- [36] 王耀祖, 尚柏林, 宋笔锋, 等. 基于杀伤链的作战体系网络关键节点识别方法[J]. 系统工程与电子技术, 2023, 45(3): 736-744.
- WANG Y Z, SHANG B L, SONG B F, et al. Identification method of key node in operational system-of-systems network based on kill chain[J]. Systems Engineering and Electronics, 2023, 45(3): 736-744.
- [37] 陈伟达. 基于知识图谱的复杂网络: 级联失效研究分析[J]. 科技和产业, 2022, 22(7): 111-117.
- CHEN W D. Analysis of complex networks based on knowledge graphs: cascading failure studies[J]. Science Technology and Industry, 2022, 22(7): 111-117.
- [38] 姜斌, 梁敏. 基于未来战争形态的失能作战问题研究[J]. 飞航导弹, 2019(3): 18-23.
- JIANG B, LIANG M. Research on the problem of incapacitated operations based on the future form of war[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2019(3): 18-23.
- [39] 杨国利, 邹瑞涛, 任步春, 等. 网络化作战体系中的关键目标选择研究[J]. 指挥与控制学报, 2018, 4(4): 312-318.
- YANG G L, ZOU R T, REN B C, et al. Key targets selection in networked operation system of systems[J]. Journal of Command and Control, 2018, 4(4): 312-318.
- [40] 王运明. 基于复杂网络的指挥控制网络抗毁模型研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2017.
- WANG Y M. Invulnerability model of command and control network based on complex network[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2017.
- [41] 曹嘉平, 欧萌歆, 李易珊, 等. 岛礁防空电子对抗装备体系构建与效能评估[J]. 系统工程与电子技术, 2023, 45(9): 2 784-2 792.
- CAO J P, OU M X, LI Y S, et al. Island air defense electronic countermeasure equipment system construction and effectiveness evaluation[J]. Systems Engineering and Electronics, 2023, 45(9): 2 784-2 792.
- [42] 刘阳, 李志华. 作战窗口: 实施跨域协同作战的新视角[N]. 解放军报, 2018-12-06(10).
- LIU Y, LI Z H. Combat window: a new perspective for implementing cross-domain collaborative operations[N]. PLA Daily, 2018-12-06(10).
- [43] 袁艺, 高冬明, 等. 把握未来战争"即时优势窗口"之变[N]. 解放军报, 2022-08-11(7).
- YUAN Y, GAO D M, et al. Grasp the change of the "instant advantage window" of future wars[N]. PLA Daily, 2022-08-11(7).
- [44] 赵国宏. 基于作战场景的时间敏感目标杀伤网设计[J]. 指挥与控制学报, 2022, 8(4): 414-421.
- ZHAO G H. Operational scenario-based kill web design for time sensitive targets[J]. Journal of Command and Control, 2022, 8(4): 414-421.
- [45] 宋贵宝, 强裕功, 刘铁, 等. 动态武器目标分配问题的现状与进展[J]. 兵器装备工程学报, 2022, 43(12): 83-88.
- SONG G B, QIANG Y G, LIU T, et al. The present situation and progress of dynamic weapon target assignment[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2022, 43(12): 83-88.
- [46] Cai H, Liu J, et al. Survey of the research of dynamic weapon-target assignment problem[J]. Journal of system engineering and electronics, 2006, 17(3): 7-10.
- [47] 翟世梅, 邵建兆, 毕义明, 等. 基于遗传禁忌搜索算法的导弹武器-作战时间窗口分配[J]. 战术导弹技术, 2017(6): 100-105, 112.
- ZHAI S M, SHAO J Z, BI Y M, et al. Missile weapon-combat time-space assignment based on GATS[J]. Tactical Missile Technology, 2017(6): 100-105, 112.
- [48] 阮菲, 高玉良, 蔺美青. 面向反导预警作战的雷达交接班时机选择方法[J]. 现代防御技术, 2013, 41(4): 121-125, 140.
- RUAN F, GAO Y L, LIN M Q. Radars mission shifting

- occasion selection approach for antimissile early warning [J]. *Modern Defense Technology*, 2013, 41(4): 121-125, 140.
- [49] 王三喜, 屈洋, 郭铭, 等. 作战中迂回兵力及迂回时机的最佳选择[J]. *火力与指挥控制*, 2002, 27(S1): 16-18.
- WANG S X, QU Y, GUO M, et al. The choice of best outflanking force and outflanking opportunity in campaign [J]. *Fire Control & Command Control*, 2002, 27(S1): 16-18.
- [50] 潘明, 谭俊锋, 陈松. 基于雷达探测概率的威胁空间生成方法[J]. *电子信息对抗技术*, 2021, 36(1): 65-69.
- PAN M, TAN J F, CHEN S. Threaten space generation method based on detection probability[J]. *Electronic Information Warfare Technology*, 2021, 36(1): 65-69.
- [51] 周颢, 雷虎民, 侯峰, 等. 拦截高速目标的比例与反比例导引捕获区分析[J]. *宇航学报*, 2018, 39(9): 1 003-1 012.
- ZHOU J, LEI H M, HOU F, et al. Capture region analysis of proportional navigation and retro-proportional navigation guidance for hypersonic target interception[J]. *Journal of Astronautics*, 2018, 39(9): 1 003-1 012.
- [52] ZHOU J, SHAO L, WANG H J, et al. Optimal midcourse trajectory planning considering the capture region [J]. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 2018, 29(3): 587-600.
- [53] 王华吉, 雷虎民, 张大元, 等. 反临近空间高超声速目标拦截弹中末制导交接班窗口[J]. *国防科技大学学报*, 2018, 40(5): 1-8.
- WANG H J, LEI H M, ZHANG D Y, et al. Midcourse and terminal guidance handover window for interceptor against near space hypersonic target[J]. *Journal of National University of Defense Technology*, 2018, 40(5): 1-8.
- [54] 刁联旺, 王晓璇, 周芳. 战场态势要素动态变化与对抗局势预测方法[C]//第七届中国指挥控制大会论文集, 北京, 2019: 622-627.
- DIAO L W, WANG X X, ZHOU F. Dynamic change of battlefield situation elements and prediction method of confrontation situation[C]//Proceedings of the 7th China Command and Control Conference, Beijing, 2019: 622-627.
- [55] 杨尚文, 周中元, 陆凌云. 数字孪生概念与运用[J]. *指挥信息系统与技术*, 2021, 12(5): 38-42.
- YANG S W, ZHOU Z Y, LU L Y. Concept and application of digital twin [J]. *Command Information System and Technology*, 2021, 12(5): 38-42.
- [56] 王旭东, 陈晔, 宦国杨, 等. 面向作战指挥的数字孪生应用[J]. *指挥信息系统与技术*, 2021, 12(6): 26-32.
- WANG X D, CHEN A, HUAN G Y, et al. Application of digital twin for command and control[J]. *Command Information System and Technology*, 2021, 12(6): 26-32.
- [57] 毛少杰, 周芳, 楚威, 等. 面向指挥决策支持的平行仿真系统研究[J]. *指挥与控制学报*, 2016, 2(4): 315-321.
- MAO S J, ZHOU F, CHU W, et al. Parallel simulation systems for command and decision support[J]. *Journal of Command and Control*, 2016, 2(4): 315-321.
- [58] 唐剑, 张杰勇, 焦志强, 等. 空战场多分支态势仿真生成方法[J]. *指挥信息系统与技术*, 2019, 10(3): 11-17.
- TANG J, ZHANG J Y, JIAO Z Q, et al. Multi-branch situation simulation generation method for air battlefield[J]. *Command Information System and Technology*, 2019, 10(3): 11-17.
- [59] 赵禄达, 王斌, 卢义成. 电子对抗作战任务规划平行仿真分析框架研究[J]. *军事运筹与系统工程*, 2021, 35(2): 54-61.
- ZHAO L D, WANG B, LU Y C. Research on parallel simulation analysis framework of EW mission planning [J]. *Military Operations Research and Systems Engineering*, 2021, 35(2): 54-61.
- [60] 周芳, 毛少杰, 吴云超, 等. 实时态势数据驱动的平行仿真推演方法[J]. *中国电子科学研究院学报*, 2020, 15(4): 323-328.
- ZHOU F, MAO S J, WU Y C, et al. A parallel simulation deduce method based on real-time situation data driven [J]. *Journal of China Academy of Electronics and Information Technology*, 2020, 15(4): 323-328.
- [61] 周芳, 楚威, 丁冉. 情报驱动的平行仿真实体动态生成方法[J]. *系统工程与电子技术*, 2018, 40(5): 1 160-1 166.
- ZHOU F, CHU W, DING R. Intelligence driven dynamic generation method for parallel simulation entity [J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2018, 40(5): 1 160-1 166.
- [62] 周芳, 丁冉, 程文迪, 等. 情报数据驱动的平行仿真实体模型动态匹配方法[J]. *指挥与控制学报*, 2018, 4(1): 50-58.
- ZHOU F, DING R, CHENG W D, et al. A dynamic matching method of parallel simulation entity models based on intelligence data-driven[J]. *Journal of Command and Control*, 2018, 4(1): 50-58.
- [63] 焦松, 李伟, 楚威, 等. 情报数据驱动的在线仿真系统动态修正方法[J]. *系统工程与电子技术*, 2016, 38(5): 1 201-1 207.
- JIAO S, LI W, CHU W, et al. Dynamic modification of online simulation system based on intelligence data-driven

- [J]. Systems Engineering and Electronics, 2016, 38(5): 1 201-1 207.
- [64] 曹江, 高岚岚, 等. 对战场态势相关概念的再认识 [C]//第四届中国指挥控制大会论文集, 2016: 398-401.
- CAO J, GAO L L, et al. Re-cognition of concepts related to battlefield situation [C]//Proceedings of the 4th China Command and Control Conference, Beijing, 2016: 398-401.
- [65] 黄亚锋, 李旭东, 张航峰. 战场态势多尺度表达研究 [J]. 系统仿真学报, 2018, 30(2): 452-458, 464.
- HUANG Y F, LI X D, ZHANG H F. Multi-scale representation of battlefield situation [J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(2): 452-458, 464.
- [66] 李凤霞, 卢兆涵, 雷正朝, 等. 基于队形的聚合解聚方法研究 [J]. 系统仿真学报, 2013, 25(10): 2 308-2 313.
- LI F X, LU Z H, LEI Z C, et al. Aggregation and disaggregation methods research based on formation [J]. Journal of System Simulation, 2013, 25(10): 2 308-2 313.
- [67] 项祺, 周佳炜, 孙宇祥, 等. 融合多尺度特征与软注意力的态势认知方法 [J]. 火力与指挥控制, 2022, 47(8): 150-157.
- XIANG Q, ZHOU J W, SUN Y X, et al. A method of situation awareness combining multi-scale features and soft attention [J]. Fire Control & Command Control, 2022, 47(8): 150-157.
- [68] 田胜, 李维, 董沁宇. 基于用户认知的态势可视化设计研究 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2022, 17(4): 392-397.
- TIAN S, LI W, DONG Q Y. Visualization design research based on user cognition [J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2022, 17(4): 392-397.
- [69] 宋翔宁, 李智, 张占月. 基于知识工程的空间态势智能认知能力构建研究 [C]//第十届中国指挥控制大会论文集, 北京, 2022: 860-867.
- SONG Y N, LI Z, ZHANG Z Y. Research on the construction of space situational intelligent cognitive ability based on knowledge engineering [C]//Proceedings of the 10th China Command and Control Conference, Beijing, 2022: 860-867.
- [70] 贺筱媛, 郭圣明, 吴琳, 等. 面向智能化兵棋的认知行为建模方法研究 [J]. 系统仿真学报, 2021, 33(9): 2 037-2 047.
- HE X Y, GUO S M, WU L, et al. Modeling research of cognition behavior for intelligent wargaming [J]. Journal of System Simulation, 2021, 33(9): 2 037-2 047.
- [71] 郭婉, 李彭伟. 基于航迹的目标群识别算法与可视化设计 [J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(3): 30-34.
- GUO W, LI P W. Target group recognition algorithm based on track and its visualization design [J]. Command Information System and Technology, 2021, 12(3): 30-34.
- [72] 孙雅薇, 周超. 态势图中几种“势”的表征方法 [J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(4): 79-83.
- SUN Y W, ZHOU C. Characterization method of several potential in situation picture [J]. Fire Control & Command Control, 2018, 43(4): 79-83.
- [73] 袁翔, 左毅, 王菁, 等. 数据驱动的态势认知技术及发展思考 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2022, 17(2): 134-140.
- YUAN X, ZUO Y, WANG J, et al. Data-driven situation cognition technology and development idea [J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2022, 17(2): 134-140.
- [74] 赵旭剑, 王崇伟, 金培权, 等. 面向 Web 的故事脉络挖掘研究综述 [J]. 中文信息学报, 2021, 35(11): 13-33.
- ZHAO X J, WANG C W, JIN P Q, et al. A survey of web-oriented storyline mining [J]. Journal of Chinese Information Processing, 2021, 35(11): 13-33.
- [75] 陈黎明, 黄瑞章, 秦永彬, 等. 面向新闻事件的故事树构建方法 [J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(7): 1 910-1 919.
- CHEN L M, HUANG R Z, QIN Y B, et al. Story tree construction approach for news events [J]. Computer Engineering and Design, 2020, 41(7): 1 910-1 919.
- [76] 刘东, 林川, 任丽娜, 等. 面向热点新闻事件的层次化故事脉络生成方法 [J]. 计算机应用, 2023, 43(8): 2 376-2 381.
- LIU D, LIN C, REN L N, et al. Hierarchical storyline generation method for hot news events [J]. Journal of Computer Applications, 2023, 43(8): 2 376-2 381.

(责任编辑:李楠)