

doi: 10.7690/bgzdh.2021.07.007

战场态势认知综述

彭亚飞, 杨凡德

(航天工程大学复杂电子系统仿真重点实验室, 北京 101416)

摘要: 为提高现代战争中指挥员的决策能力, 对战场态势认知进行分析。分别从态势认知、战场态势、战场态势认知 3 方面对战场态势概念进行分析, 运用现代技术, 构建战场态势认知能力, 探讨了战场态势认知的数据融合、大数据处理、贝叶斯网络、多源异构数据组织与集成技术、机器学习等研究方法, 以及基于这些方法所生成的关键技术。结果表明: 该研究可支持指挥员作出正确的指挥决策。

关键词: 态势认知; 战场态势; 态势认知模式

中图分类号: E91 **文献标志码:** A

Battlefield Situation Cognition Overview

Peng Yafei, Yang Fande

(Key Laboratory of Complex Electronic System Simulation, Aerospace Engineering University, Beijing 101416, China)

Abstract: In order to improve the commander's decision-making ability in modern war, the battlefield situation cognition is analyzed. This paper analyzes the concept of battlefield situation from 3 aspects: situation cognition, battlefield situation and battlefield situation cognition. It uses modern technology to construct the ability of battlefield situation cognition. It discusses the research methods of battlefield situation cognition, such as data fusion, big data processing, Bayesian network, multi-source heterogeneous data organization and integration technology, machine learning, and the key technology generated based on these methods. The results show that the research can support commanders to make correct decisions.

Keywords: situation cognition; battlefield situation; situation cognitive model

0 引言

21 世纪, 随着信息技术的飞速发展, 现代信息化联合作战已成为战争主要形式。在信息化联合作战背景下, 能够获取的战场侦察、监视、探测的信息量呈指数增长, 已经远远超过指挥员的认知能力。仅仅依靠指挥员的自身经验和知识进行战场指挥决策已经不适应现代化信息战争; 因此, 立足于信息化战争特点, 结合人工智能、自动化、计算机等技术, 帮助指挥员从海量战场信息中剔除虚假信息, 提取重要战场信息, 构建战场态势感知体系, 以辅助指挥员进行快速准确地指挥决策是很有必要^[1-3]。据此, 笔者对战场态势认知相关概念进行介绍, 研究几种关于战场态势认知的关键技术, 供相关研究借鉴。

1 战场态势相关概念

1.1 态势认知

“态势”在本质上可以将其拆分开来, 包括“态”和“势”2 层含义。态: 就是状态, 是对目标当前

属性的描述, 如敌方的兵力部署、装备性能等状态; 势: 就是未来发展的趋势, 是推断目标未来作战意图、战场态势和对我们的威胁, 并预测未来态势可能发生变化的能力。态势是对战场上敌我双方呈现出战争总体的状态, 如战场上敌我双方的力量对比、作战部署和作战环境等状态^[4]。

态势认知是近年来新出现的军事概念。对于态势认知的定义, 各个专家学者的观点都不一致。笔者将态势认知拆分开来, 结合态势感知的概念与专业背景, 给出了自己的理解:

认知是指人们获得知识或应用知识的过程, 包括感觉、知觉和记忆等, 就是人们不仅能感知事物, 而且能通过头脑中已有的知识和经验来帮助自己理解事物。态势认知是指在一定的时间和空间范围内, 通过各种传感器获取目标态势, 利用专业知识背景, 认识、理解目标未来发展趋势, 并判断出目标对我方的威胁程度。态势认知类似于态势感知, 都包括获取目标信息的过程, 还有对目标态势的理解和未来趋势发展的预测。如图 1 所示, 态势认知可分为

收稿日期: 2021-03-04; 修回日期: 2021-04-20

基金项目: 网络信息体系建设理论体系研究(DXZT-JC-ZZ-2019-001)

作者简介: 彭亚飞(1996—), 男, 安徽人, 硕士, 从事辅助决策、态势认知、航天发射研究。E-mail: pengyafeiw@163.com。

态势感知、态势理解、态势预测和态势评估 4 个阶段^[4-5]。

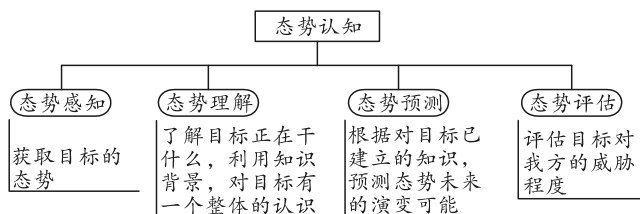


图1 态势认知 4 个阶段

1.2 战场态势

战场态势 (battlefield situation) 指敌我双方的战场环境当前状态以及发展趋势, 其主要目的是辅助指挥员进行作战决策和指挥控制。要素具有 3 层树状层次性结构, 最顶层为态势要素, 中间层为若干层次的子要素组成, 最下层为若干属性描述其特征的要素。态势要素指构成战场态势的兵力、环境、事件和估计等要素。

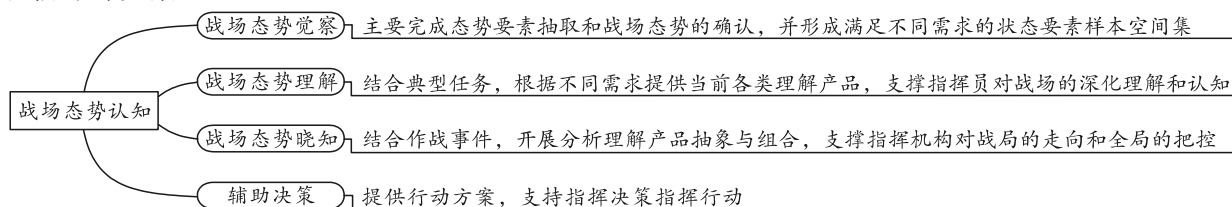


图2 战场态势 4 个组成部分

根据战场态势要素, 笔者初步给出战场态势认知定义: 在已经获取战场目标和环境信息的基础上, 了解战场目前状态、理解战场态势关联及发展趋势、全面掌握战场态势对战场活动的影响, 是对态势感知、态势理解、态势预测和态势评估等内容的有序综合^[7]。战场态势认知其实质是指指挥员及其指挥机构预测敌方意图和量化敌方毁伤能力的主观指导过程, 是以敌我对抗为逻辑起点的推理过程, 是以决心为中心的预见与决策过程^[8]。

2 战场态势认知模式

战场中态势信息传输流程通常由最底层的指挥员通过各种传感器获取战场敌我双方态势信息, 对海量态势信息进行初步筛选、关联、组合、评估等预处理, 再将处理后的态势信息经过通信系统传输给中间级指挥员。中间级指挥员对战场态势信息进行再次关联、组合、评估等步骤, 并以小组或群体的形式进行信息共享, 将处理完的战场态势信息传输给零号指挥员, 由零号指挥员下达战场作战指令。依据战场各级指挥员的级别和指挥流程, 可以将战场态势认知分为个体、群体和社会认知 3 种模式。

在战场上, 战场态势要素具有不确定性和模糊性, 战场态势要素估计是对战场态势要素的不确定性和模糊性进行估计。从总体上来说, 战场态势由兵力部署与作战能力、重要动态目标、战场环境、社会政治经济环境和对抗措施 5 类要素组成^[5-6]。

1.3 战场态势认知

战场态势感知是指所有作战部队和保障部队在战场空间对我部队部署和武器装备信息进行实时掌握的过程。在信息化联合作战背景下, 各方对战场态势的感知能力已经成为作战能力强弱的重要指标。战场态势认知是基于指挥员对作战指挥的认知过程和思维过程, 结合指挥控制要求、目标、步骤对当前战场态势的觉察、理解、知晓并辅助决策的过程。如图 2 所示, 战场态势认知一般可以分为战场态势觉察、战场态势理解、战场态势知晓和辅助决策 4 个组成部分。

2.1 个体认知

在个体认知方面, 国外学者提出了个体认知影响因素模型, 研究个体如何从决策发展出能觉知和理解信息的心智模式。该模式直接影响到认知的质量。个体对信息形成的觉察主要由信息质量、个体认知的心智模式以及任务知识决定。平时训练获得的经验以及专家意见是任务知识获取的重要途径。在觉察基础上, 对信息的理解受到任务知识点的影响。方案的选择是基于理解的层次上, 同时受到指挥素质和个体的认知能力的影响。

2.2 群体认知

在群体认知方面, 国外学者提出了群体认知影响因素模型。群体认知涉及个体在完成工作或任务中以某种形式而合作的一个小组。觉察和理解作为个体认知的中心概念, 同样有成组或成队的方面。此外, 在理解群体认知时还应考虑价值、共享觉知、共享知识和共享理解。同时还需考虑和了解认知过程中发生在个体和小组之间的相互作用。

2.3 社会认知

社会认知是指在个体相互之间交换信息组成的

群体中，由环境中的社会信息形成对他人和事物的推论^[9]。社会认知主要有 2 种探索方法：基于个体之间连结的方法和基于思想或行为的传播机制的方法。前者主要应用于社会网络的分析，以个体为基本单位，根据个体之间的关系判断二者是否相连；后者主要应用于信息在社团中的传播，注重群体的认知、情感因素和个体的心理。在社团中，个体间的互动可以体现出社会性智能。

在战场态势认知中，由个体根据自己的作战经验和专家知识对战场态势信息进行筛选、组合、理解、评估形成了个体认知模式；在为完成态势认识任务而合作的小组中，个体之间进行知识共享、理解共享形成了群体认知模式；在群体中，人们根据环境中社会信息对战场态势的推论形成了社会认知模式。

3 战场态势认知研究方法

战场态势认知系统的目的是将战场上的态势信息进行综合处理，帮助战场指挥员制定作战决策。针对如何处理海量的战场态势信息的问题，目前国内外学者提出了不同的战场态势认知研究方法。

3.1 数据融合研究方法

在处理战场态势估计问题时，可以通过数据融合方法将多个传感器获得的信息进行相互关联和组合，从而获得准确的目标位置估计和身份估计，除此之外还包括对战场状态、目标对我方威胁程度的估计。对战场目标低层次的位置与属性估计和战场高层次的态势估计 SA 与威胁估计 TA 是数据融合的功能。如图 3 所示，数据融合在军事应用上可以分为 4 个等级：一级融合是对多源异构数据进行融合，获取目标的特性和状况过程；二级融合是基于前者获取的目标信息和其他信息对我双方威胁程度估计的过程；三级融合是基于一、二级融合，来估计敌方的能力、意图和威胁程度；四级融合是对整个系统进行评估，对信息源和融合过程实现最佳控制。

由于数据融合是控制指挥系统的一个流程，所以可直接参与控制和决策过程。在军事上，数据融合主要用于空对空防御以及地对空防御、对战场的侦察、对战场的监视、战略防御与预警等方面。

3.2 大数据处理方法

大数据服务作为一种新技术和新数据字眼使用模式，对指挥信息系统中态势认知发展将具有重要影响。美军提出在态势认知中利用“大数据”技术概念，主要是通过开发“作战云”概念，使得每个作战单元成为单个节点，为“作战云”输入相关信息并且可以提取“云”上已经储存的信息，最后指挥员借助具有预测性的数据分析系统对战场进行决策。

大数据具有数据量巨大、数据实时性要求高等特点，如何快速高效地从纷繁的数据中快速查获所需数据，提供高效数据服务是大数据服务需要解决的一项关键技术。

大数据的特点之一是数据结构的多样性，以及存在大量非结构化数据。所谓非结构化数据是指不适宜使用数据库中的 2 维关系表进行表示的数据，包括各种格式的文档、武器状态参数数据、图片、音频和视频等。目前，挖掘非结构化数据最有效的方法有 2 种：1) 采用统一的元数据标准定义非结构化数据^[10]；2) 把非结构化数据转化为非关系型数据。非关系型数据可以被搜索、浏览、导航、分析和可视化，通过自动化创建数据的一张小型索引表处理非结构化数据，可以对其具有的关键词以及标志符进行搜索^[10]。

未来解决非结构化数据带来的问题，与大数据有关的大数据技术、大数据工程、大数据应用等已经逐渐成为信息科学方面的重要问题，具有广阔的应用前景。

3.3 贝叶斯网络方法

在战场态势认知中，态势评估输入要素通常具有模糊性，态势估计需要从模糊的信息中进行推理，完成对战场态势的理解。通过贝叶斯网络可以对模糊数据进行处理，完成态势评估中的推理过程。贝叶斯网络模型的优点是可以提供军事知识的建模，在进行态势评估时，其具有的形式与人类思考方式比较相似，节点相互间联系有直观性，此外贝叶斯网络还可以直接使用知识工程来组建网络^[11]；其次，使用贝叶斯网络能对态势评估中的事件、目标

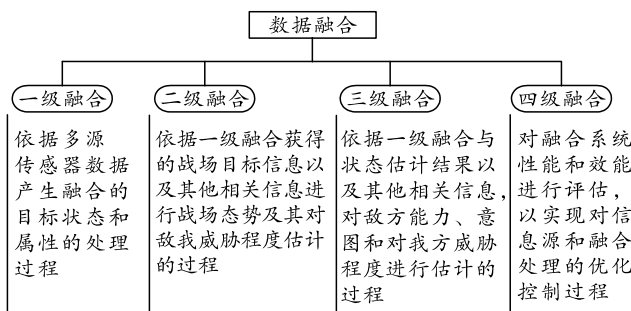


图 3 数据融合 4 个等级

及其相互间的关系进行定量分析^[11]；除此之外，其推理和传播算法可以对态势事件的连续性进行反应^[12]。缺点是因为日常训练数据的缺乏和条件具有不确定性，可以用来提供给模型进行学习的数据少之又少；所以，贝叶斯网络对专家知识的依赖性就比较大，在实际中，通常可以通过专家知识来建立网络和条件概率表^[12]。

3.4 多源异构数据组织与集成技术

由于战场态势认知系统面向的对象是战场空间的战场信息，因此，系统的输入数据来源以及数据的格式非常广泛。数据集成通过统一储存、管理数据，使得指挥员能够像在大数据库中一样，访问来自不同传感器和数据源的各种类型的数据^[13]。覃中信等^[14]归纳了基于 CORBA 中间件与 XML 中间件的数据集成方案的优缺点，改进了基于 CORBA/XML 的 COP 数据集成方案。该 COP 数据集成方案可以分为数据层、中间层、应用层 3 层。数据层为 COP 系统提供数据，既能充当功能数据库，也能充当地理空间数据库。中间层包括 2 部分：1) CORBA 通信层；2) 包括封装器、查询处理器和基于 XML 的虚拟数据库组成的数据集成平台^[13]。应用层是根据用户需求开发出来的用户界面层^[14]。

3.5 机器学习方法

现有用于战场态势认知的机器学习方法容易产生错误，最根本的原因在于学习系统的知识范围有限，缺乏态势相关的关键信息。这其中的重要挑战是如何开发能够集成和融合这些广泛的上下文信息的学习方法。传统的统计学习方法已经不适应了，因为信息范围越广，就越需要更多的训练样本才能取得好的性能；因此需要开发一种方法来解决该问题。例如将问题分解成几个可供学习的模块，然后再将其组合起来，读者后期可以重点对这一领域进行研究。

4 战场态势认知关键技术

基于前一节列举出的战场态势研究方法，按照作战指挥的功能要求和基本流程，为提高指挥员对整个战场态势认知的速度提供理论支撑，辅助战场指挥员进行作战指挥与决策，笔者提出几种关于战场态势认知研究的关键技术。

4.1 战场态势认知体系框架构建技术

基于指挥控制决策认知模型的战场态势认知体

系框架是在研究指挥控制决策认知的模型的基础上，按照提升指挥员认知能力的特定应用背景，对认知要素、认知过程、认知推理、认知产品生成及应用进行研究，涉及到战场态势认知体系军事需求与功能能力要求等分析技术、指挥决策认知模型建模与分析技术、战场态势认知体系结构优化技术，确保战场态势认知框架结构合理、流程清晰和应用方向明确。

4.2 基于 GBRBM 的深度学习技术

在战场态势认知中，通过高斯-伯努利受限波尔兹曼机 (GBRBM)，将可视节点转为具有高斯分布的实数节点，从而适用于态势理解的应用场景，继而构建战场态势深度神经网络，求解其能量函数，从而进行兵力强弱关系、任务关联关系、区域竞争关系等的态势深层特征识别，以增强态势理解能力。

4.3 时间演化的多实体贝叶斯网络推理技术

作战过程中存在不确定性信息直接影响战场态势晓知的效果，考虑战场态势时间演化，研究多实体贝叶斯网络推理方法，构建多实体动态贝叶斯网络，保证在战场态势演变情况下战场态势晓知的时效性，提高推理效率，从而快速识别敌方作战意图。

4.4 影响图模型快速构建技术

影响图模型决定战场态势的辅助决策的结果，因此研究不确定性变量与决策之间的相互关系，构建具有决策节点和效用节点的影响图模型^[15]，直接确定随机变量之间的条件独立和相互关系，从而降低原始数学命题进行复杂概率、代数分析的难度，同时借助专家知识和态势演变逻辑关系，减少影响图求解复杂性，达到影响图快速构建，从而更好地支持样本空间的形成。

4.5 战场态势认知产品个性化推送技术

如何快速地将合适的战场态势认知产品提交给对应的指挥员及其指挥机构是影响决策效率的关键环节。对于不同层级和不同角色的指挥员，依据其具体指挥决策过程的认知要求，对战场态势认知产品进行服务封装、组合，按照指挥决策流程进行编排，通过推送订阅模式送达指挥员。在该过程中，如何基于指挥员角色进行战场态势认知产品进行服务封装，如何按照对应的指挥员指挥决策进行产品组合编排，如何保障产品准确、方便、快捷地送达指挥员等问题都是有待研究的关键技术。