

战场威胁评估的理论和总体架构研究^{*}

张建廷¹, 王一¹, 周万宁¹, 梁进科²

(1. 中国人民解放军 91977 部队, 北京 100036;

2. 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 河北石家庄 050081)

摘要: 威胁评估是战场作战决策的一个关键环节, 是信息融合的高层次阶段, 但当前一体化联合作战趋势下, 战场威胁评估的方法和体系仍然不成熟, 为此, 本文研究了威胁评估的相关实现模型, 对威胁评估的理论方法进行了总结归纳, 并给出战场威胁评估总体架构和基本流程。

关键词: 威胁评估; 态势; 评估指标体系; 知识表达

Research on Theory and Overall Framework of Battlefield Threat Assessment

ZHANG Jian-ting¹, WANG Yi¹, ZHOU Wan-ning¹, LIANG Jin-ke²

(1. No. 91977 Unit of PLA, Beijing 100036; 2. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang Hebei 050081)

Abstract: Threat assessment is a key link of battle decision-making in the sea battlefield and a high-level stage of information fusion. However, under the current trend of integrated joint operations, the methods and systems of battlefield threat assessment are still not mature. Therefore, this paper studies the relevant implementation models of threat assessment, summarizes the theoretical methods of threat assessment, and gives the overall architecture and basic process of battlefield threat assessment.

Keywords: threat assessment; situation; Evaluation index system; knowledge expression

0 引言

在当前信息化联合作战趋势下, 信息融合成为整个作战系统的核心, 而战场威胁评估作为信息融合的高级知识生成阶段, 旨在推理并判断敌方的意图和目的, 对敌方对我方的威胁程度量化判断, 通过评估产生定量的威胁能力估计, 并提取出敌方兵力的企图^[1], 对于将信息转化为作战优势起着直接性的关键作用。与以往相比, 战场态势的复杂性明显跃升, 除了传统的信息种类繁多、信息完整性和信息冲突等原因, 还主要体现在: ①现代海战强调体系对抗作战, 涉及岸、海、空、天、网电等多种手段、方式的联合协同作战, 属于复杂体系研究范

畴; ②作战广度和维度扩展, 尤其在美军强调全球打击和“分布式杀伤”作战理念下, 作战空间威胁目标分布广泛, 同时由传统地理空间拓展到网电空间; ③信息量剧增, 呈现大数据特性, 随着作战进程呈爆炸性增长, 容易造成信息灾难问题。由此, 威胁目标从传统的平台集合体向作战体系、任务聚合体转化, 给威胁评估带来更加严峻的挑战。

国内外关于威胁评估方面研究较多, 其中主要以美国国防部提出的 JDL 模型为主, JDL 模型中威胁评估位于第三层级, 其输入或前级为战场态势评估, 基于这一层次概念框架, 发展出众多的模型, 例如, STA 示意图^[2]、OLIPSA 概念原型^[3]等。威胁评估的经典应用是空中目标威胁评估^[4]、海上编队威胁评估^[5]、电子战威胁评估等, 这些研究主要

^{*} 基金项目: 全军共用信息系统装备预研基金 (315025105)。

作者简介: 张建廷 (1986—), 男, 汉族, 山东烟台人, 工程师, 博士研究生, 主要研究领域为指挥信息系统、军用仿真技术, 邮箱: zhangjianting@hotmail.com。

侧重于对目标的威胁等级进行判断,给出的方法大多是针对局部有限目标的威胁度计算,不能满足作战功能编组或任务群的威胁评估。另外,威胁评估多半是基于领域知识之上,涉及众多因素,并且很多时候需要模拟人脑思维的复杂推理,给出一个置信度高的评估模型难以实现,目前,威胁评估仍是信息融合领域中的薄弱环节。为此,本文从战场威胁评估的总体方法思路入手,对相关的理论方法、流程进行研究,以给出战场威胁评估的基本实现架构。

1 战场威胁评估的相关模型

战场作战环境中,威胁评估涉及的要素和作战体系结构多样复杂,需要首先对复杂的态势要素进行分类和分析,获取威胁评估的输入信息,进而通过威胁要素提取、威胁度计算和威胁等级评估,实现战场的威胁评估。由此,建立战场威胁评估的功能模型如图1所示。



图1 威胁评估的功能模型

1.1 战场态势的综合模型

战场态势综合主要对敌方目标的行为企图以及行动产生结果对我方目标的影响进行分析,主要方法是对目标进行分组,按照作战任务和不同作战功能结构,对战术单元进行聚类,并分析可能的作战活动和行为,强调单元间的关系信息,并利用相关的地理环境信息,对态势进行抽象、提取,形成合适的假设集,实现态势描述的量化,作为威胁评估的主要输入信息。

为了实现态势的量化评估,首先定义战场态势,表示如下:

$$S ::= \langle E, F, L, G \rangle$$

E 表示作战实体的集合,假设战场有 n 个作战单元,则有 $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ 。对每个战术单元 e_i ,使用 O_i 表示其状态集合,有 $O_i = \{I^i, A_{attr}^i, T_{type}^i, X^i, Y^i, Z^i, V^i, W^i, D^i\}$,其中 I 为目标的编号, A_{attr} 为目标的敌我属性, T_{type} 为目标的类型, X, Y, Z, V 为目标的位置和速度, W 为武器, D 为目标的静态数据库信息,例如目标的机动参数等,需要相关的目标数据库支持。

F 表示实体的作战编组或目标群,确定编组关

系的方法最简单的是设定一个阈值 λ ,当两个作战单元之间的相似度不超过该阈值时,被编入一个群,在这一约束下,可以定义 F :

$$F ::= \{(e_1, e_2, \dots, e_m) \subseteq E \mid \forall e_i, \forall e_j, \text{distance}(e_i, e_j) \leq \lambda\}$$

其中, distance 谓词表示作战目标之间的相似度函数,也可以代表一类函数,对于不同的功能任务群,使用不同的约束条件。 L 表示作战实体之间的通信拓扑、指挥隶属关系,主要存在于编队之间、协同任务战术单元之间、信息传输网路以及典型的层次化指挥关系等,用于对作战编组群内的战术目标的关系进行描述。 G 表示地理环境约束关系,例如大气波导、能见度等对雷达、光电传感器产生影响进而影响目标战术的环境条件。

在对战场态势进行模型描述后,需要生成目标行为及企图的合理假设,这些假设通常是以概率的形式体现的,包含了战术目标的行动路线以及行动企图等,这一过程主要以推理和数据的深入分析为基础,依托军事知识和军事经验,对目标群和目标的行为概率进行计算。假设已有军事知识表示为 K ,在当前战场态势 S 的情况下,获得目标群及其中的战术目标的假设结果 $P(A(E_i) \mid K, S)$ 以及 $P(A(e_i) \mid K, S)$,其中, $E_i \subseteq E$ 表示按照约束条件 F 生成的某个作战群, e_i 表示单个战术目标, $A(\cdot)$ 为目标的行为预测。

1.2 威胁评估的指标体系

威胁评估指标体系反映了不同目标影响威胁程度的属性,有目标类型、任务企图、作战攻击能力、航行机动能力、电磁干扰能力等多个方面,在这些要素中,既有定量的描述,例如目标的航行机动状态和机动能力等,也有定性的描述,例如态势描述中的作战企图、目标类型等要素。对于当前战场联合作战,主要的攻击威胁有物理攻击、电子攻击和网络攻击3种,针对这3种攻击类型,分别提取威胁要素,并将威胁要素量化形成指标体系,如图2所示。

在提取和分析目标作战系统的威胁要素后,需要将这些不同功能域的量纲进行量化和归一化处理,通常采用隶属度函数和模糊理论的方法进行处理,具体方法要根据实际战术目标的情况进行。

1.3 威胁度计算模型

在确定了威胁指标体系后,对这些指标体系进行量化加权,以计算得到威胁度。对某个目标 $e_i \in$

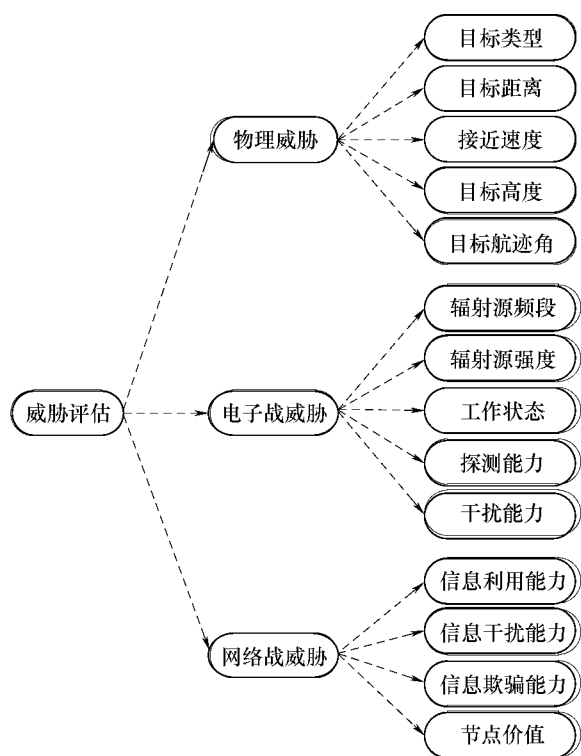


图2 战场威胁评估的指标体系

E , ($i=1, 2, \dots, n$), 该目标对应的威胁指标表示为 $A_i = \{a_1^i, a_2^i, \dots, a_k^i\}$, 据此, 可以采用相应的模型计算得到目标的威胁度, 可以得到威胁度计算模型, 如图3所示, 其中, 不用的指标对作战威胁程度有差异, 需要首先对不同威胁属性进行评估, 得到指标的权重。作战功能群的威胁度可以根据单个战术目标的威胁度来计算, 例如将作战编组中所有的目标进行加权求和。

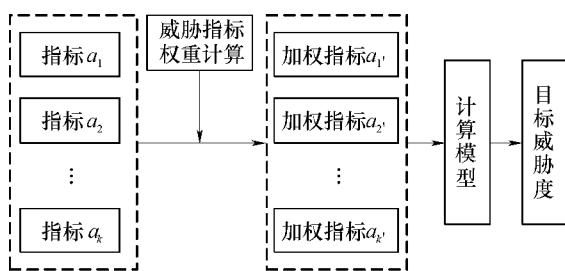


图3 威胁度计算模型流程

2 战场威胁评估的关键理论方法

威胁评估方法的实质是依赖于知识的推理决策问题, 对于简单的作战环境, 可以简化为多属性决策问题。其过程通常为通过分析敌方目标的特性, 结合战场实际, 综合敌我双方情况, 选取评估属性, 对属性数据进行预处理 (量化、规范化), 构建属性结构网络进行推理或者求取属性权重, 在此基础

上, 通过相应的模型得到目标的威胁度或威胁等级。当前的主要威胁评估使用的理论方法归纳如图4所示。

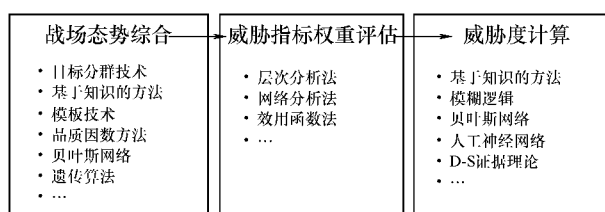


图4 威胁评估的主要理论方法

威胁评估的方法主要依赖于两类方法: 知识表达和推理算法, 此外结合威胁指标权重评估的相关方法, 形成主要的方法体系, 以基于知识的方法为主体, 在其上继续使用推理算法来达到威胁评估的目的。

(1) 知识表达技术, 主要指用计算机存储和表示知识, 侧重于数据结构和控制结构的统一, 并构建知识库。军事领域的知识在当前较难全面合理描述和数据化, 其核心组成包括事实性知识、推理性知识以及威胁判断准则, 随着作战系统从单一兵种向联合作战拓展, 知识表达从简单的态势描述, 逐渐转向侧重于战术行动、战术企图以及战略级别相关知识的描述。当前在这方面的有效的探索有面向对象知识表示方法、数据仓库以及态势描述语言。

(2) 推理算法, 指利用专家知识和相关的数据, 将军事邻域知识和不确定性处理技术相结合, 以一定的数学方法将目标的威胁度量化。主要的方法有基于专家系统的方法、基于模板匹配的方法、品质因数方法、贝叶斯网络、遗传算法以及人工神经网络等, 这些方法的差别在于具体应用上, 例如对知识的使用、度量化标准等, 这些方法各有所长, 多种方法的结合有助于提高处理的效率和有效性。

(3) 威胁指标权重评估方法, 主要是对多种类别战场威胁进行威胁度贡献率的计算, 其输出结果通常为威胁指标的权值, 主要的方法有层次分析法、网络分析法以及效用函数等, 其核心思想是对不同作战环境下的要素对于威胁产生的重要性的评估。

3 战场威胁评估的总体思路与框架

战场威胁评估按照对战场态势输入信息的处理过程, 可以分为任务功能群分析、态势综合、威胁指标分析、威胁度计算以及威胁等级评估, 以海战场联合作战需求为例, 设计总体流程架构如图5所示。

(1) 任务功能群分析。在复杂战场环境下，兵力都按照一定的规则部署和集结，表现为按照任务功能划分的作战群，通过目标分群将分布的作战单元聚合为有意义的作战组织结构，根据战场一般作战样式分为：水面编队打击群、空中打击群、侦察预警群、电子对抗群、网络攻击群等，结合目标数据库以及作战知识库等，对目标功能任务特性进行分析，主要以聚类算法为主，通过相似度函数来分析目标任务功能的相近性^[6]，从而实现战术目标的聚类。

(2) 态势综合。按照不同的战术任务分组，对各个任务功能群众的态势数据进行分析，采用第2节中的相关的理论方法，结合专家知识库，进行态势预测，获得敌方的作战意图，包括敌方平台的运动状态估计、军事活动企图等，敌方打击目标估计，

通过敌我双方兵力部署、目标状态、敌我相对位置等判定敌方可能侵袭的目标。

(3) 威胁指标分析。按照 1.2 节的指标体系，对每个任务群中的目标选取合适的指标，例如为获取目标攻击企图，提取目标的机动参数和机动能力数据，而目标的攻击能力因素可以通过其类型、搭载的武器传感器性能等进行提取；在确定威胁要素后，将这些要素进行量化、标准化处理，形成威胁指标体系，同时采用层次分析法等方法对这些指标体系的威胁贡献率进行评估，获得指标权重信息。

(4) 威胁度计算和威胁等级评估。利用推理模型对目标的威胁度进行计算，之后，依据军事专家相关知识信息和我方态势信息，从敌我作战能力、相关作战规则流程、目标分配能力等角度对目标任务群以及其中的战术目标的威胁等级进行具体划分。

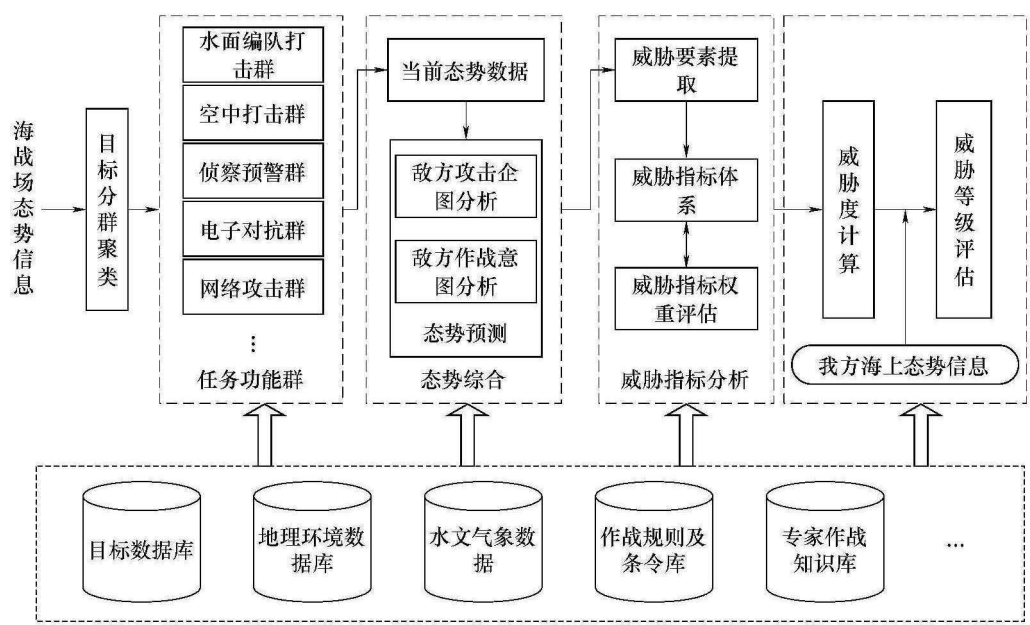


图5 战场态势威胁评估总体思路框架

4 结束语

对战场威胁评估的基本理论和总体架构流程进行了宏观层面的探讨和分析，在当前一体化信息作战趋势下，战场态势逐渐呈现出大数据的特点，如何从海量数据反应的战场态势中实现目标的威胁评估仍然处于一个初级阶段，同时，战场上的不确定信息较多，如何在信息缺失条件下进行目标威胁评估，也是一个亟须研究的问题，本文研究了战场态势评估的总体思路，对于明确下一步研究方向具有

很好的参考和借鉴价值。随着知识挖掘等相关新理论的不断出现和发展，战场威胁评估的方法将更加完善和丰富。

参考文献

- [1] 高杨, 李东生, 王玉鑫. 多目标威胁评估问题研究 [C] // 第四届中国指挥控制大会论文集. 北京: 电子工业出版社, 2016: 195-199.
- [2] 蔡益朝, 张维明, 刘忠, 等. 一种基于群体分析的态势评估与威胁估计模型 [J]. 火力与指挥控制, 2008 (2): 36-40, 45.

- [3] S. Mulgund, G Rinkus, C et al. OLIPSA: on - line intelligent processor for situation assessment [C]. Second Annual Symposium and Exhibition on Situational Awareness in the Tactical Air Environment. Citeseer, 1997.
- [4] 郝志伟. 空战中的多目标威胁评估 [J]. 导弹火箭与制导学报, 2016, 36 (1): 55-59.
- [5] 周兴旺, 从福仲. 面向海空战场的随队协同编队威胁评估模型 [J]. 电子信息对抗技术, 2017, 32 (4): 61-67.
- [6] 熊红强, 耿伯英, 王文涛. 海战场目标分群方法研究 [J]. 电子信息对抗技术, 2012, 19 (2): 26-28.