

C³I 战术态势评估系统结构与实现方法

杨 凡, 常国岑

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘 要:在分析研究 C³I 战术态势评估的重要性的基础上,提出了指挥引导 C³I 系统战术态势评估的功能模块,进而对各个功能模块的实现方法进行了探讨。

关键词:C³I; 态势评估; 指挥引导; 战术

中图分类号:E211 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)04-0016-03

态势评估是指挥自动化辅助决策系统的重要组成部分,它的性能直接影响着系统实施指挥控制的能力。目前有关态势评估的研究在我国尚属实验阶段,本文就战术级的指挥引导态势评估系统功能模块的划分与实现方法进行了探讨^[1]。

1 战术态势评估系统

C³I 态势评估是一种能够把固定和运动物体(目标)的分布与环境数据、理论数据以及所谓的性能数据(如武器攻击性能、传感器观测性能等)联系起来的过程。为了正确估计包括敌方行动路线和杀伤力等因素在内的敌战斗计划,态势评估不仅需要多层视图(红、白、蓝),而且要把对敌方力量的估计量化,进而识别产生观测事件和行动的可能态势。

C³I 态势评估所涉及的对象多、范围广,且理论基础薄弱,所以要构建一个性能优良的系统来支持它相当困难。目前,各国军方的态势评估系统都不是很尽如人意,在我国,这更是一个刚起步的工程,停留在实验阶段。进行态势评估的研究,应该从战术系统入手。因为相对于战役、战略态势评估,战术态势评估系统涉及面较窄,评估对象较少,规则较为明晰,过程较简单,而它又是前二者系统建设的前提和基础,所以当前我国对于 C³I 态势评估的研究应把重点放在战术级上。

以指挥引导自动化系统为例,广义的态势评估应包括态势图处理,态势描述和态势预测。为和威胁估计相区别,并考虑到当前军事需求与理论,技术支持程度^[2,3,6]C³I 战术态势评估应包括对作战视图中敌我态势优劣的评估,敌作战计划的估计以及我方相应对策的推荐三个功能模块。

2 战场敌我态势优劣评估

战场态势评估可以用战场主动权指数 I 来反映^[4], I 定义为反映当前战场态势下指挥人员拥有战场主动权的性质和程度的量,己方的战场主动权指数可由下式计算:

$$I = \sum_i K_i \times F(R_i) \dots\dots\dots (-1 \leq I \leq 1)$$

其中, $F(R_i)$ 为对方能否阻止己方第 i 个作战行动部署实现的函数, k_i 为己方第 i 个作战行动部署的战场主动权贡献系数。

$F(R_i)$ 的表达式:

$$V = X_i Y_i R_i / \sum_j L_j M_j B_{ij}$$
$$F(R_i) = \begin{cases} 1 & V > U_{UP} \\ 0 & U_{DOWN} \leq V \leq U_{UP} \\ -1 & V < U_{DOWN} \end{cases}$$

R_i 为己方第 i 个作战行动部署可能发挥出的战斗力值;

B_{ij} 为敌方第 j 个作战行动部署可能用于打击己方第 i 个作战行动部署的战斗力值;

X_i, L_j 为反映己方(敌方)指挥控制人员控制己方第 i 个(敌方第 j 个)作战行动部署能力的系数;

Y_i, M_j 为反映己方(敌方)保障指挥人员对己方第 i 个(敌方第 j 个)实施保障能力的系数;

X_i, Y_i, R_i 为己方第 i 个作战行动部署实际发挥出的战斗力值;

$\sum_j L_j M_j B_{ij}$ 为敌方各部署在打击己方第 i 个部署的行动中实际发挥出的战斗力值。

U_{UP} 和 U_{DOWN} 分别为上限阈值和下限阈值,它们依系统的区别而不同,通常由专家给出,并在实验中调整。

k_i 的表达式:
$$K_i = R_i / \sum_n R_n$$

它反映了指挥人员对第 i 个作战行动部署的价值判断。

3 敌作战计划的估计

对于敌作战计划的估计是一个非常复杂的不确定推理过程,它是战术态势评估系统中最难实现的环节,目前尚无成熟的理论基础可借鉴。随着人工智能技术的发展,在态势知识的表示、匹配与推理方面取得了一些发展,下面以知识表示为例,介绍一些方法。

基于产生式的不精确知识表示法包括可信度方法、主观 Bayes 方法和模糊逻辑方法等^[5]。可信度方法的基本形式是:IF E THEN H(CF(H, E))。其中 E 代表一组前提或状态;H 代表若干结论或动作;CF(H, E) 是该规则的可信度,即规则强度。

规则强度可定义为:

$CF(H, E) = MB(H, E) - MD(H, E)$;其中:

$$MB(H, E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 1 \\ \frac{\max\{P(H, E), P(H)\} - P(H)}{1 - P(H)} & P(H) \neq 0 \end{cases}$$
$$MD(H, E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 0 \\ \frac{\min\{P(H, E), P(H)\} - P(H)}{-P(H)} & P(H) \neq 0 \end{cases}$$

主观 Bayes 方法的规则表示形式是:IF E THEN (LS, LN) H ($P(H)$)。其中 LS 为充分性量度,定义为 $LS = \frac{P(E/H)}{P(E/-H)}$;LN 为必要性量度,定义为 $LN = \frac{P(-E/H)}{P(-E/-H)} = \frac{1 - P(E/H)}{1 - P(E/-H)}$ 。LS 和 LN 的值由领域专家给出。

模糊推理中的产生式规则基本形式为:IF x is A THEN y is B 。其中 x, y 是变量,表示对象; A, B 分别是论域上用模糊子集表示的模糊概念。

根据以上特征,可以得出:可信度方法适用于描述来自各种传感器的情报信息,可信度来自可以量化的各种指标,如传感器灵敏度、信道可靠度等;对于推理规则,使用主观 Bayes 方法更佳,因为规则本身就是许多专家的经验、智慧结晶,而此种方法更能突出专家的价值判断;对威胁度的计算必然要考虑到大量模糊值的表述,则可采用模糊表示法进行描述。然而为了系统知识表示的统一,以可信度方法为框架,视情加入充分性量度、必要性量度以及模糊集合不失为一种有效的方案。

事实上,论据也需要用可信度因子表示其不精确性。其中条件部分很可能是多个条件的逻辑组合,当已知每一个子条件的可信度时,求复合条件可信度的方法有最大最小法和概率法。下面以最大最小法为例:

设 IF E1 AND (E2 OR E3) THEN H(0.5)

其中, E1: 雷达保障优, $CF(E1) = 0.7$; E2: 在我战机作战范围内, $CF(E2) = -0.3$; E3: 在我导弹攻击范围内, $CF(E3) = 0.8$; H: 达成作战决心。

则 $CF(E1 \text{ AND } (E2 \text{ OR } E3)) = \min\{CF(E1), \max\{CF(E2), CF(E3)\}\} = \min\{0.7, 0.8\} = 0.7$

4 我方对策推荐

我方对策推荐实际上是一个模式识别和最优化的过程,根据各兵力要素的典型分布及其相应的对抗关系对态势加以区别分类,通过不同的策略使用的类型不同属性来反映其结构因素,从而建立态势识别的分类和优化模型。

设态势空间 $M = \{x, y, z, \dots\}$, 其元素为可能出现的情况; $N = \{a, b, c, \dots\}$ 为已知策略集合。根据某一策略适用度建立映射 $f: M \rightarrow N$ 。则由此产生对态势空间的一个分类: $M/f = \{ \mid = f^{-1}(a) \}$, 其中 $= f^{-1}(a) = \{x \mid x \in M, f(x) = a\}$, 即由策略 a 可适用的情况所构成的子集合。实际中态势的分析判断不存在简单的映射关系,而是多级识别过程,但其基本思路不变。这种多级识别的思路表现系统中,即为一种基于知识的推理机制。

在这种推理过程中,最优化要借助于决策准则:悲观准则、乐观准则、最小后悔值准则、乐观系数准则、和等可能准则等。不失一般性,设指挥人员对各态势状态的层次乐观系数为 $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, 则最优方案

$$E(N_i/M) = \mathbf{a}^T \text{Maxorder} \{Q_y\}$$

N^* 应满足

$$E(N^*/M) = \max E(N_i/M)$$

$E(N_i/M)$ 称为方案 N_i 的评价值, Q_y 表示态势为 M_j 采取方案 N_i 时的损益值(假设损益值越大越好), $\text{Maxorder} \{Q_y\}$ 表示对 $Q_{y1}, Q_{y2}, \dots, Q_{ym}$ 由大到小排列后的有序向量,层次乐观系数 \mathbf{a} 反映指挥人员的决策态度或倾向。

参考文献:

- [1] Marvin S Cohen, Bryan B Thompson, Leonard Adelman, et al. training critical thinking for the battlefield volume 1: basis in cognitive theory and research[M]. New York: Cognitive Technologies, 2000.
- [2] 杨凡, 邓瑛, 常国岑. 战略级辅助决策系统理论研究与结构设计[A]. 姜永兴. 军事运筹研究与创新[C]. 北京: 军事科学出版社, 2000. 551 - 555.
- [3] 白振兴, 何华灿, 王勇. 人工智能的泛符号机制[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2000. 1(1): 59 - 62.
- [4] 孙儒凌. 战场态势的描述[A]. 中国电子学会电子系统工程分会, 《指挥自动化与信息化战争》. 北京: 军事科学出版社, 1998.
- [5] Nils J Nilsson. Artificial Intelligence: A New Synthesis[M]. Washington Morgan Kaufmann Publishers. 1998.
- [6] 冯俊文. 基于状态知识的决策分析方法[J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(2): 25 - 28.

(编辑: 门向生)

The Frame and Implement Methods of C³I Tactics Situation Assessment System

YANG Fan, CHANG Guo - ceng

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: On the bases of analysis of the fundamentality of C³I tactics situation assessment, this paper brings forward the function modules of command and guide C³I tactics situation assessment. Furthermore, the implement methods of these modules are also discussed.

Key words: C³I; assessment; command and guide; tactics