

数据融合中态势估计的模型建立与实现

杨宝强¹, 马时平², 朱林户³

(1. 空军工程大学训练部, 陕西西安 710038; 2. 空军工程大学工程学院, 陕西西安 710038; 3. 空军工程大学理学院, 陕西西安 710051)

摘要: 从数据融合的定义及模型入手, 提出了态势估计的3级层次模型及其要素, 进而建立了包含战场目标聚并、态势要素关联、双方博弈推理、可能态势预测4个模块的4级功能模型, 并初步探讨了利用空间分群技术、模板技术、贝叶斯技术、神经网络技术等对各模块的技术实现。

关键词: 数据融合; 态势估计; 功能模型; 实现技术

中图分类号: TN91 文献标识码: A 文章编号: 1009-3516(2006)05-0039-03

数据融合技术以其高度的精确性、智能化的特点, 在现代战争中得到了广泛的应用。文献[1]、[2]把多传感器数据融合功能模型分为目标提取、态势估计、威胁估计3级。对于目标提取阶段的数据融合, 目前国内外都进行了比较深入的研究, 并给出了相应的模型和算法^[3-4]。但是对于数据融合的高层次组成部分——态势估计、威胁估计2级, 由于其本身具有的复杂性、不确定性等特点, 至今没有统一的定义和模型。

1 态势估计的层次模型及要素

态势估计需要考虑的因素很多, 多数文献都指出要综合考虑政治因素、军事力量、环境影响等, 但并没有进行相应的层次划分^[5]。本文按照态势估计的范围、要素的不同, 及其对实效性的不同要求, 建立了战略、战役、战斗3级态势估计层次模型。

战略层次的态势估计要素主要有: 政治(包含民族、宗教、人口等因素); 经济(包括资源状况、财力水平等); 军事(包含兵力数量、装备水平、人员素质); 科技(包含尖端技术的拥有量和科技的普及程度); 外交(包括国际整体环境、国家地缘状况以及在世界链条上可能引发的连带效应等)。

战役层次的态势估计要素主要有: 兵力部署(包括兵力投放数量及分布、部队装备水平、远程机动能力等); 人员素质(包括兵员训练水平、意志品质、心理素质等); 社会(普通民众的心理承受能力、斗志等); 环境(战区地理环境, 季节气候特点等)。

战斗层面的态势估计要素主要有: 武器平台(包括飞机、舰艇、坦克等武器平台的数量、位置、状态等); 参数模型(描述敌方作战平台性能状况, 单批出动强度、再次出动能力等); 参战兵员(包括参战部队的训练水平、心理素质等); 战场环境(包括战场气候特点、地形地貌、电磁环境等); 重点目标库(不仅记录重点固定目标分布位置, 还要实时记录重要机动目标轨迹等); 战法库(包括敌、我、友三方常用的战法)。

2 态势估计的功能模型

文献[6]、[7]把态势估计的基本层次结构分为元素提取、当前分析、未来预测。文献[8]、[9]则用态势觉察、理解和预测来表述分析的3级结构, 这些提法在概念定义、阶段划分上过于笼统、模糊, 不利于态势估计过程的把握和对具体问题求解。作者在对战斗层次态势估计各要素进行分类的基础上, 提出了战场目标

收稿日期: 2005-10-31

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 杨宝强(1972-), 男, 河南潢川人, 博士, 主要从事信号与信息处理研究。

聚并、态势要素关联、双方博弈推理、可能态势预测 4 级态势估计功能模型,见图 1。

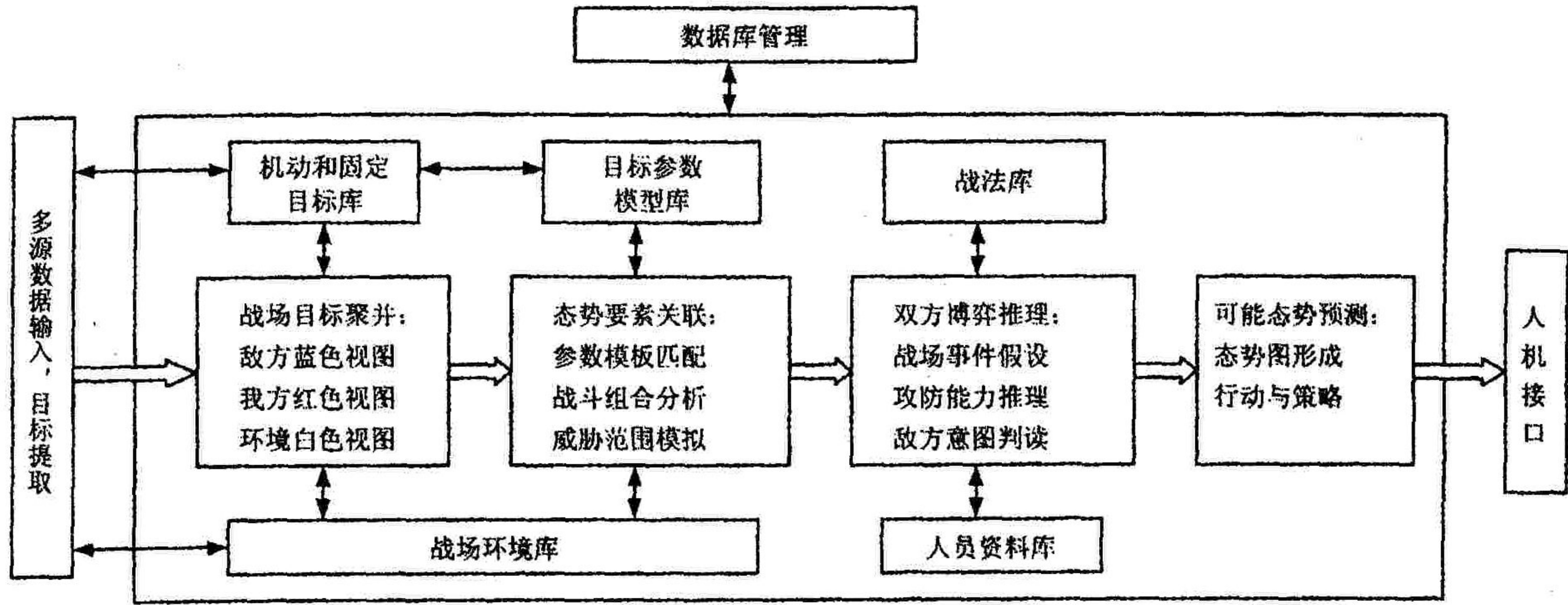


图 1 态势估计功能模型

该模型第 1 级为战场目标聚并,将前期数据融合识别出的各作战平台、武器装备进行分类,分别形成敌、我双方的整体空间分布状态图;同时将战场的地理、气象、电磁等环境也综合标注于一张白色视图上,用于体现不同环境对战斗的影响程度。第 2 级为态势要素关联,将不同视图上的目标分别和参数模型库中数据进行对应关联,得出其相对时间关系、空间变化关系、功能依赖关系等。进而标明相应的战斗组合,模拟出其威胁程度、范围。第 3 级为双方博弈推理,通过对战场状态的分析,综合考虑人员、环境等因素,对可能发生的各种战场事件进行假设,通过攻防博弈推理对敌方的意图进行判读。第 4 级为可能态势预测,考虑到战场环境有着极大的不确定因素,预测的态势应不唯一,但对每种态势都应给出相应的应对策略。最后,必须对态势估计中目标库、模型库、战法库、环境库、人员库等实时进行更新行管理,以保证预测结果的准确。

3 态势估计的战场目标聚并与博弈推理技术实现方法

从图 1 给出的功能模型可以看出,态势估计的每个功能模块都涉及许多领域的知识和技术,如分群技术、模板技术、智能决策技术、模糊推理技术等。

3.1 战场目标聚并模块的实现

战场目标聚并就是利用提取的态势特征元素把战场目标按照空间、功能、相互作用关系进行分群,分群的基本思想是对有用的数据进行分组,以便后续评估确定态势元素之间的相互关系,并能够据此从各个层次解释战场态势的行为特性。分群的过程就是对群的递增建立和群结构的维护过程,与此同时,还需要不断刷新、推理群的各种参数,如群的类型,群的空间范围,群的速度、重心位置、方向角等。

空间分群主要基于最近邻(NN)法,其分群的过程如下:

1)发现新平台 n 时,从已有的相同敌我属性、平台类型的 $1, 2, 3, \dots, n-1$ 中寻找符合以下条件平台 l : $|x(n) - x(l)| \leq |x(n) - x(i)|; |y(n) - y(l)| \leq |y(n) - y(i)|; |z(n) - z(l)| \leq |z(n) - z(i)|; |x(n) - x(l)| < X; |y(n) - y(l)| < Y; |z(n) - z(l)| < Z. \forall i=1, \dots, n-1, l=1, \dots, n-1. x, y, z$ 为门限值(下同)。

如存在平台 l 符合条件,即与新平台 n 距离最小且距离小于判断门限则将新平台 n 添加到平台 l 所在的空间群中;如果新平台 n 与所有已存在平台的距离均大于门限值,则可判断新平台 n 不属于已有的空间群,属于新的空间群。

2)空间群的分裂,每经过若干平台数据处理周期后,可以进行空间群的分裂检测处理。设空间群 K 中有平台集 $KS = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ 寻找符合以下条件的平台子集 $KS_i = \{m_{ik}\}, (i=1, 2, \dots, s; k=1, 2, \dots, r)$, 使 $\bigcup_{i=1}^s KS_i = KS. |x(m_{iu}) - x(m_{jm})| > X; |y(m_{iu}) - y(m_{jm})| > Y; |z(m_{iu}) - z(m_{jm})| > Z. i \neq j, \forall m_{iu} \in KS_i, \forall m_{jm} \in KS_j. |x(m_{iu}) - x(m_{im})| < X; |y(m_{iu}) - y(m_{im})| < Y; |z(m_{iu}) - z(m_{im})| < Z. \forall m_{iu} \in KS_i, \exists m_{im} \in KS_i$

3)空间群的合并,分裂后的子群可能和其它群合并。设群 K 的平台集为 KS , 群 L 的平台集为 LS , 且均具有相同的敌我属性与平台类型,若符合以下条件: $|x(m_k) - x(m_{m_l})| < X; |y(m_k) - y(m_{m_l})| < Y; |z(m_k) -$

$z(m_{m_i}) < Z$ 。 $\forall m_k \in KS_i, \exists m_l \in KL$ 。即在2个群之间存在某平台对的距离小于判别门限,则可将群合并。

功能群聚并、相互关系群等聚类过程与以上步骤相似,但规则和参数选择有所不同。

3.2 博弈推理模块的实现

贝叶斯网络 BN (Bayesian Net) 是目前在人工智能中一种很重要的推理技术,可应用于态势估计的博弈推理阶段,其处理过程见图2。

图2中, $E_i, i=1, 2, \dots, n$ 为在可能发生的 n 种局部的战场事件(如雷达开机、导弹发射、目标机动等)中,我方的战场行动计划。 $H_j, j=1, 2, \dots, m$ 是敌方可作出的相应反应。利用 Bayes 公式 $P(H_j | E_1, \dots, E_n) = P(H_j | E_1, \dots, E_n | H_j) (P(H_j) / P(E_1, \dots, E_n))$ 计算。

最后,应用极大后验概率(MAP)判定逻辑进行决策,其准则为选取 $P(H_j | E_1, \dots, E_n)$ 的极大值作为输出。

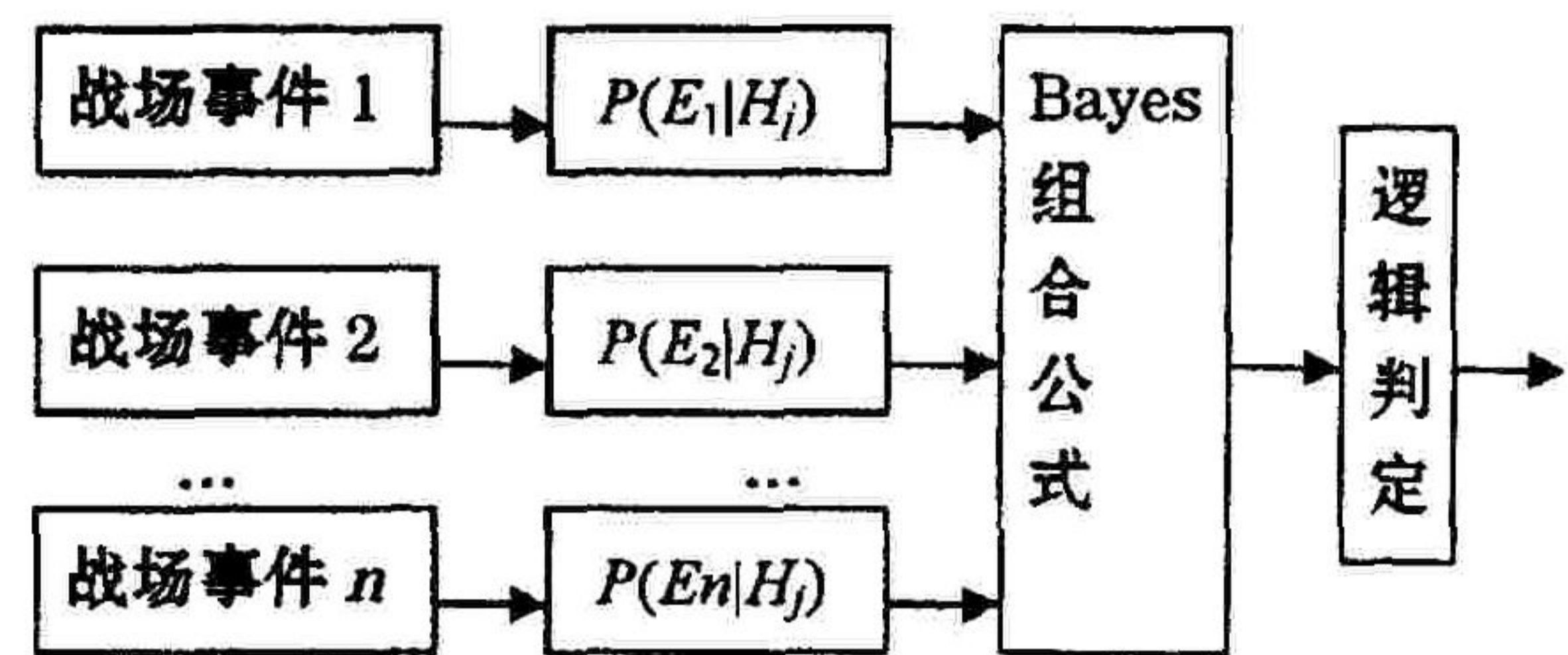


图2 Bayes 推理过程

4 结束语

本文对国内外已有的态势估计研究成果进行了深入分析,针对已有态势估计模型层次不够清晰,结构不够合理的状况,提出了态势估计的3级层次模型及其要素,进而建立了相应的4级功能模型,并对模型中各个模块的实现技术进行了初步探讨。这对具体态势估计系统的设计实现有一定的参考意义。目前,关于战场态势估计的研究发展十分迅速,许多新的算法和理论不断应用其中,随着对态势估计理论的深入研究以及新理论和新技术的不断出现,关于态势估计的理论体系也将更加完善。

参考文献:

- [1] Bar S Y. Multitarget - Mutisensor Tracking: Advanced Application (Vol. II) [M]. MA: Artech House INC, 1992.
- [2] White F E. Joint Directors of Laboratories - Technical Panel for C³I [M]. San Diego: Naval Ocean Systems Center, 1987.
- [3] 何友, 彭应宁, 陆大钲. 多传感器数据融合模型综述[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1996, (9): 14 - 20.
- [4] 何友, 陆大钲, 彭应宁. 多传感器数据融合算法综述[J]. 火力与指挥控制, 1996, (1): 12 - 20.
- [5] 巴宏欣, 赵宗贵, 杨飞. 态势估计——概念、内容与方法[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2004, (6): 10 - 16.
- [6] 宋元, 章新华. 战场态势估计的理论体系研究[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2004, (1): 43 - 47.
- [7] 李晓波, 王晟达, 王娟. 空战态势评估与威胁估计研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2005, (2): 37 - 39.
- [8] 梁百川, 梁小平. 数据融合中的态势估计[J]. 舰船电子对抗, 2003, (1): 12 - 15.
- [9] 马云, 王宝树, 李伟生. 数据融合中的态势觉察技术[J]. 计算机工程, 2004, (1): 85 - 87.

(编辑: 姚树峰)

The Model Establishing and Realizing of Situation Assessment in Data Fusion

YANG Bao - qiang¹, MA Shi - ping², ZHU Lin - hu³

(1. Training Department, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China; 2. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 3. The Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: Starting from the definition and models of data fusion, this paper introduces the elements and model with three - layer of situation assessment. And then a model with four levels function containing battlefield target merge, situation assessment conjunction, two sides Game interfered theory, likelihood situation forecast is established. Simultaneously, the realization of using space classification technology, template technology, Bays and NN in each module is also discussed.

Key words: data fusion ; situation assessment ; function model ; implementation technique