

64-66

数据融合技术及其应用*)

康耀红 蔡希尧

(西安电子科技大学软件工程研究所 西安710071)

TP274

摘要 This paper discusses the basic concept, primary content, behavior model of data fusion, and the future of its application.

一、什么是数据融合

现代军事、工业领域中不断增长的复杂度使得军事指挥人员或工业控制环境面临数据频仍、信息超载的问题,需要高效的技术途径对大量的信息进行消化、解释和评估。过去二十年间,C³I(指挥、控制、通信、信息)系统的数据融合已取得了重大进展,以前由军事操作人员和情报分析人员手工完成的许多功能,现在可以利用数据融合技术有效地完成。

美国国防部从军事应用的角度将数据融合定义为这样的一种过程^[1]:把来自许多传感器和信息源的数据和信息加以联合(Association)、相关(Correlation)和组合(Combination)以获得精确的位置估计(Position Estimation)和身份估计(Identity Estimation),以及对战场情况和威胁及其重要程度进行适时的完整评价。Edward Waltz 和 James Llinas^[2]对上述定义进行了补充和修改,给出了如下的定义:数据融合是一种多层次的、多方面的信息处理过程,这个过程处理多源数据的检测、结合、相关、估计和组合以达到精确的状态估计和身份估计以及完整、及时的态势评估与威胁估计。上述定义实际上是对数据融合技术所期望达到的功能的描述,包括低层次上的状态估计和身份估计以及高层次上的态势评估和威胁估计。

由于数据融合是对多源信息所进行的阶梯状的多层次的处理过程,所以实现起来极其复杂。数据融合主要包括四个方面:基础理论、算法与模型开发、融合处理所用到的数据库与知识库、开发推理系统。这也是当前和今后研究工作的重点。

数据融合技术除了对改进 C³I 系统产生重大影

响外,还将推动空间/时间数据库系统和推理系统的改进。现有的某一种理论都不足以达到数据融合的技术目标,只有多种理论的改进与结合才可望圆满地解决这一问题。

二、状态估计与身份估计

状态估计和身份估计是数据融合的低层次过程。状态估计就是从一组传感器报告中获得固定或活动目标的有关参数(诸如位置、座标、速度等),这样的一组参数应能用于预报下一组传感器报告中将要获得的目标状态;身份估计就是从目标信号、参数(不同传感器的测量值)来获得一个目标的各种属性,并输出每一目标的分类决策,对于所有已知目标类型的属性都被预先测量,并作为进行身份估计的依据。

状态估计和身份估计是通过传感器数据进行结合与相关来实现的。在这一环节中,多传感器的测报信息直接影响到融合结果。每个传感器仅仅是组合判定处理的一个参加者。不同性能的传感器所产生的测报信息有一定的差异,一般可分为两种情形:一是传感器对信号进行测量,并依据其判定准则返回是/不是的应答,即传感器所提供的信息是二值的;二是对检测或识别中的不确定性进行量化而返回一个可信度量值(概率),即传感器所提供的信息是多值的。这里所涉及的问题是:作为一个具备复杂数据的有效融合处理的系统,希望从传感器得到什么样的输出结果,以及对传感器期望达到何种程度的性能改进,以满足这类融合算法的复杂处理要求。

低层次数据融合所处理的对象具有一定的可控性、可现性和可达性,一些现有的理论和方法被纷纷用于这一层次的状态估计和身份估计。人们先后引

* 国家教委博士点基金资助项目。康耀红 在职博士生,蔡希尧 教授,博士生导师。

入贝叶斯决策理论、最大后验概率方法、Dempster-Shafer 证据推理理论、最大熵原理、聚类分析、品质因素、模板法、If-Then 规则等。这些随机类方法各有一定的局限性,还需要进一步评估、比较和发展^[3]。

三、态势评估和威胁估计

态势评估和威胁估计是数据融合的高层次过程,其目的就是根据各种渠道所获得的不完全信息对其产生的探测事件和反映的可能态势进行评估,以及在各种潜在的威胁中做出正确的估计。在这一环节中,决策分析人员首先依据从各种态势和威胁环境得到的输入信息以及对态势和威胁的感觉进行态势抽象和威胁分析,提出关于态势和威胁情况的各种假设,然后由推理机使用知识库中的规则(气象规则、地形规则等)和数据库中的数据求解假设的可靠性。

在低层次的数据融合实现了对数据的压缩、提炼以后,其输出结果被作为高层次上的态势评估和威胁估计的主要依据。到目前为止,这一领域的发展相当缓慢。一方面,需要汇集这方面的知识。在现代指挥所内,专业范围是广泛的,态势评估需要考虑敌方兵力的摧毁能力、弱点、意图等因素。要全面获取这些知识并使其满足系统快速处理的要求,有很大的困难。另一方面,要建立算法和推理机制,人们谋求借助人工智能如专家系统、黑板技术、面向对象技术等方法来解决这一问题。已有一些专家系统被移植,扩充为具有一定功能的融合系统。

四、态势评估和威胁估计的行为模型

人工智能技术对包括数据融合在内的一整套 C³I 研究领域产生了重大影响。人们通过发掘这一领域的知识并结合现有的技术手段已开发了一些比较全面、成熟的研究项目。人工智能技术最适用于当求解问题的数据不完备时的情况。当领域知识不完备,或当问题搜索空间过大,及当问题随时变化的情况下,人工智能技术同样会显示威力。简言之,在对现代战场信息近似描述的环境下,人工智能技术是最合适不过的了。应用专家系统、态势评估和威胁估计的一般模型如图1所示。

知识库的开发需要软件工程师和应用领域专家的有效配合,应用领域专家提供有关的态势

与威胁的专门知识;软件工程师提供包括环境结构、开发支持系统、数据处理技术和关系数据库。应用领域专家提供知识表达,由软件工程师对其进行解释并加载进入系统。

假设产生是态势评估和威胁估计的关键和难点,决策分析人员根据从多种态势和威胁环境中得到的输入信息以及态势和威胁感觉进行态势抽象和威胁分析,提出关于态势和威胁情况的各种假设。

数据库是低层次数据融合的状态估计和身份估计的结果,信息处理机负责使用知识库中的规则和数据库中的数据去求解假设的可靠性。

依据上述一般模型,我们可以建立一个实现态势评估和威胁估计的行为模型,如图2所示。

在图2所示的行为模型中,态势评估主要包括如

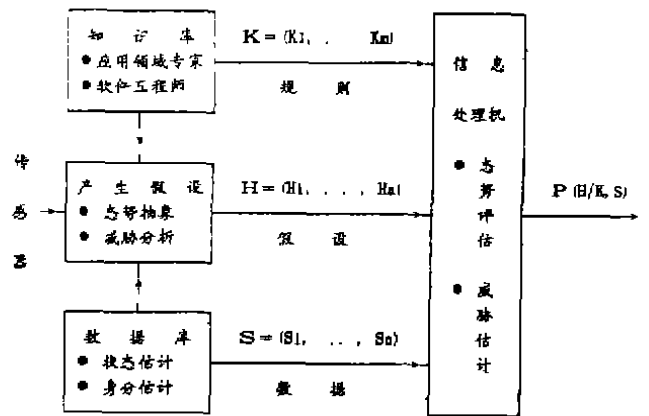


图1 基于专家系统的态势评估和威胁估计模型

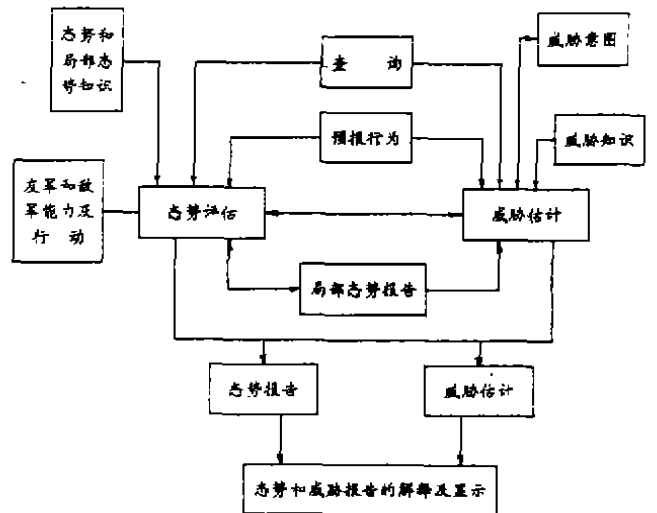


图2 态势评估和威胁估计的行为模型

下内容:

(1) 依据局部态势以及敌军、友军的能力和行
动,对每一个行为或能力建立一个新的局部态势状
态或改变旧的支持条件。

(2) 依据预报行为对该行为支持的局部态势进
行估计。

(3) 依据局部态势调整预报行为的信度。

(4) 随时响应查询并回答局部态势情况。

威胁估计主要包括如下内容:

(1) 依据局部态势状态、威胁意图及查询,调整
受影响的威胁意图的信度。

(2) 建立新的或调整旧的威胁意图的信度。

(3) 依据预报行为修改受影响的威胁意图的信
度。

(4) 随时响应查询并回答威胁意图情况。

五、分布式事件代数

Klapper^[4]把状态事件代数推广到一般情形,提
出了分布式事件代数,并成功地应用于分布式系统
算法的正确性证明。

定义 6元数组 $A = \langle P, S, I, F, \lambda, \sim \rangle$,称为分布
式事件代数。其中:1) $\rightarrow P$ 是一个有限节点集;2) $\rightarrow S$
是一个有限状态集;3) $\rightarrow I$ 是 S 的子集,表示初始状
态集;4) $\rightarrow F$ 是由 S 到 S 的部分映射集, $\delta(F)$ 表示映
射 $f \in F$ 的定义域;5) $\lambda: F \rightarrow P$,称为局域映射;6) \sim
是 F 上的一个对称的二元关系,若 $f \sim f'$,则称 f 与 f'
是顺序的, \sim 表示 \sim 的补。

分布式事件代数具有下列性质:

D1 若 $f, g \in F$, 且 $\lambda(f) = \lambda(g)$, 则 $f = g$;

D2 若 $f = g$, 且 $s \in \delta(f)$, 则 $s \in \delta(g)$ 当且仅当
 $f(s) \in \delta(g)$;

D3 若 $f = g$, 且 $s \in \delta(f) \cap \delta(g)$, 则 $f(g(s)) =$
 $g(f(s))$ 。

数据融合理论的发展需要发展事件代数理论,

应用事件代数理论可以在对数据融合问题的深刻理
解基础上建立其一般的数学模型。

结束语

由于数据的可变性、传感器测量的局限性或不
完整的传感器分析等原因,加之对政治、经济、地理
环境等非确定性因素的实体化和量化也有较大困
难,使得态势评估和威胁估计还难以满足实际应
用的需要。人工智能技术被认为在这一领域有较为
乐观的应用前景。推理和专家系统、神经网络等理
论已受到研究者的高度重视,并取得了一定的成果。

概率论在低层次数据融合中已有广泛的应用,
但在高层次数据融合中直接使用概率计算公式时有
两个问题需要解决:首先,一个假设的概率是在大
量统计数据的基础上得出的,而对于态势评估和威
胁估计这样复杂的问题,所需的统计量是非常大的。
其次,许多概率计算公式要求各假设之间是独立的,
而态势评估和威胁估计中的假设是相关的。

应用事件代数理论可以在对数据融合问题的深
刻理解之下建立其一般的数学模型,应用模型概率
理论可以使已有的概率融合算法在模型知识的基
础上得以进一步发展,并据以发掘新的数据融合算
法,而已有的算法可能成为新算法的特例。

参考文献

- [1] 张廷泉等译,美国国防部关键技术计划(1992财
年),中国国防科技信息中心,1991
- [2] Edward Waktz, James Llinas, Multisensor Data
Fusion, Artech House, 1990
- [3] David L. Hall, Mathematical Techniques in Mul-
tisensor Data Fusion, Artech House, 1991
- [4] A. Klapper, Distributed Event Algebras, Journal
of Computer and System Sciences 44, 425-446
(1992)