

文章编号: 2095-4980(2016)03-0449-08

一种结合证据可靠性和 D-S 理论的综合识别方法

张 柯, 谭源泉, 李 怡

(四川九洲电器集团有限责任公司, 四川 绵阳 621000)

摘 要: 为了满足复杂战场环境的目标身份识别需求, 需要将多种传感器的识别信息进行融合, 实现有效的身份判断。该文从传感器的基本信度评价和稳定性2个方面对识别证据进行可靠性评估, 反映传感器工作机制、目标分布和配准关联为识别证据引入的不确定性; 结合证据的可靠性与冲突情况, 动态选择D-S证据的融合结构, 降低冲突证据对融合结果的不利影响, 并进行历史识别证据溯源, 有效整合时间上离散的多个证据, 排除不独立证据造成的误识别。最后通过仿真验证了方法的有效性。

关键词: 综合识别; 可靠性评估; 动态融合结构; 证据溯源

中图分类号: TN915.09; TP181

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201603.0449

Method of integrated identification based on evidence reliability evaluation and D-S theory

ZHANG Ke, TAN Yuanquan, LI Yi

(Sichuan Jiuzhou Electric Group Co., Ltd, Mianyang Sichuan 621000, China)

Abstract: It is necessary to fuse the identification data from multi-sensor for the effective identity determination in order to meet the identification requirements of target attributes under complex battlefield environment. Based on the fundamental belief evaluation and stability of the sensors, the reliability evaluation of identification evidence is carried out, which would reflect the uncertainty introduced by sensor working mechanism, target distributing and registration association. D-S evidence fusion structure is selected dynamically according to evidence reliability evaluation results and evidence conflict status to decrease the disastrous effect on fusion result from conflict evidence. Furthermore, the history identification evidence source tracking process is performed to integrate asynchronous evidence and this would avoid the false identification caused by non-independent evidence. Finally, the simulation indicates the validity of the method.

Key words: integrated identification; reliability evaluation; dynamic fusion structure; evidence source tracking

未来的一体化战场战斗识别体系呈现出由跨各军兵种可互联、互通、互操作的、分布在太空、空中、地面、水面以及水下各种战斗识别网络构成的发展趋势。综合识别^[1-4]就是在多平台协同参与、多种传感器共同识别的架构下, 综合利用各种平台和传感器的信息以及时间上积累的识别信息进行识别的互补和印证, 从不同侧面对目标的属性进行融合判断和确认。因此, 综合识别相较于传统识别方式存在诸多优势, 如有效拓宽监视探测的时空覆盖范围, 增强目标探测的实时性; 提高目标识别的准确性, 改善系统的抗干扰性能, 改进系统工作的可靠性。

目前国内外在目标身份属性综合识别领域对于如何将传感器信息转换为可用于融合处理的识别证据研究较少, 对于信息融合算法本身研究较多。当下信息融合领域对 Dempster-Shafer(D-S)证据理论和贝叶斯理论研究较多, 而 D-S 证据理论受到先验条件限制更少而备受关注。D-S 证据理论自 20 世纪 60 年代由 Dempster 和 Shafer 两位学者提出以来, 国内外对其研究焦点主要集中在识别框架的扩展与收缩、识别信度的分配原则与组合函数改进等方面^[5]。基于多传感器信息的目标身份属性综合识别既依赖于融合算法的有效性, 又依赖于对融合输入证据

可靠性的合理评估。因此,本文对传感器观测和配准关联处理环节造成的识别证据可靠性影响分别从传感器本身的可信度评估和识别过程中的证据稳定性两个方面进行评价计算,并基于评价计算结果反映的证据可靠性,利用 DS 证据理论在多源证据的融合结构和历史识别证据的积累融合环节进行了改进优化。

1 综合识别处理流程

D-S 证据理论^[5-6]不同于贝叶斯推理方法需要大量的先验概率和条件概率作为先验知识,并且其能够很好地表示“不确定”、“未知”等认知上的概念。本文基于 D-S 证据理论,提出了多源信息的综合识别处理流程,如图 1 所示。处理流程中主要包括了 3 个处理步骤: D-S 证据构建、基于动态结构的 D-S 证据组合以及基于证据溯源的历史识别结果积累融合。在多个信源获取了目标的特征和信息后,将在 D-S 证据构建步骤完成原始信息到可用于 D-S 推理的证据质量的计算;在获取证据质量后,根据证据可靠性评估结果和证据冲突情况,动态选择对应的证据融合结构;最后将当前时刻获取的融合结果与历史识别结果进行融合,并对识别结果依赖的证据可靠性进行溯源,实现识别结果的最终判决。

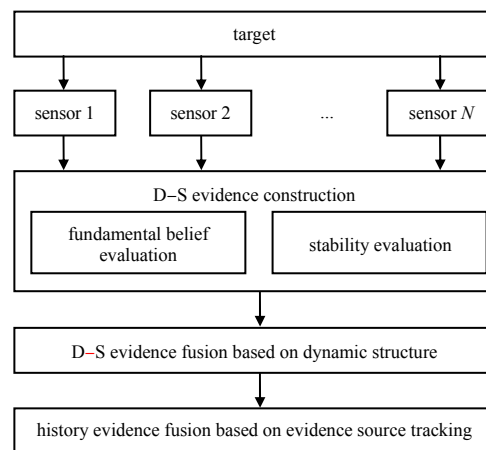


Fig.1 Integrated identification procedure based on reliability evaluation

图 1 基于可靠性评估的综合识别流程

2 D-S 证据构建

2.1 D-S 证据构建的基本问题

假设现有某一需要判决的问题, D-S 理论为其假设了 1 个不变的两两互斥的完备元素集合, 称为环境 Θ 。环境中的元素可以解释为当前判决问题的答案, 并且只有 1 个答案正确时, 这个集合称为识别框架。对于本文研究的目标身份属性综合识别问题而言, 识别框架为{我, 敌, 友, 中立, 民}。

在划分识别框架的基础上, 对于每一次识别任务, 需要对多源信息支持的识别框架中的子集进行确定, 而该信息作为对应身份属性子集的证据。同时, D-S 理论习惯于考虑证据的信任度(mass), 但并不强迫为未知或者反面假分配一个信任。因此, 只需为那些想信任的环境中的子集分配 1 个 mass, 每个 mass 可形式地表示为从幂集中的元素映射到区间 0~1 之间的实数的一个函数, 假设识别框架的任意一个子集为 $\eta(\Theta)$, 则该映射为:

$$m: \eta(\Theta) \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

一般地, $m(\cdot)$ 作为对证据的信任加入后续的证据组合运算, 但是本文为了充分反映传感器感知和配准关联环节引入的不确定性, 对传感器基本信度和识别稳定性进行评估, 最终的证据质量计算采用线性加权的方式:

$$m(\eta) = \begin{cases} b_1 \cdot \alpha \cdot \beta, & \text{if } b_1 \text{ exist} \\ b_2 \cdot \alpha \cdot \beta, & \text{if } b_1 \text{ not exist} \end{cases} \quad (2)$$

式中: b_1 为传感器给出的目标身份报告置信度; b_2 为传感器无法给出目标身份置信度情况下由样本训练估计给出的初始置信度; α 为传感器的基本可靠性评价; β 为传感器识别稳定性评价。本文将 $b \cdot \alpha$ 定义为身份报告的基本信度。所有参数的值域皆为[0,1]。

2.2 证据信度计算

2.2.1 信息支持的识别框架子集映射

综合识别的目标身份证据主要来源于 3 个方面^[7]: 协作式传感器报告、非协作式传感器报告和基于程序认定的报告。前两者为传感器关于目标特征的客观报告, 后者为识别方从自身安全和识别需求出发制定的识别准则、计划, 属于主观报告。

协作式传感器是通过识别方和目标方之间事先约定的通信方式来识别信息交流, 如询问应答方式, 进而实现对协作目标的识别。因此, 通过目标的有效应答或信息交互与验证, 就可确定证据子集为{我}或{民}; 在特定的识别背景下, 还可通过目标无应答特征确定证据子集为{敌}。

非协作式传感器是通过获取目标的电磁散射、电磁辐射和外形轮廓等特征实现对目标的识别。由于非协作式信息如目标型号等与目标身份之间的映射关系可能存在一对多的情况, 对应的证据子集可能为识别框架下所有子

集, 需要根据特征-身份映射库决定。

程序认定^[8-9]是基于我方制定的航行计划、识别空域(如空中走廊、禁飞空域和防空识别区等)等规则对目标位置、呼号等信息进行合法性验证, 从而确定目标的身份。对应的证据子集可能为{我}、{民}和{敌}。

2.2.2 传感器基本信度计算

传感器基本信度由身份报告置信度和传感器基本可靠性共同决定。

1) 身份报告置信度计算

在部分传感器可给出目标信息的识别置信度 b_1 的情况下, 则直接使用; 在传感器无法给出识别置信度的情况下, 则基于传感器的训练样本数据, 采用概率论中利用抽样值计算的全局身份成功识别概率来估计局部置信度参数的方法^[10]。假设某传感器识别概率为 P_1 , 那么该传感器对目标判断的身份属性置信度 $b_2 = P_1$ 。

2) 传感器基本可靠性计算

不同传感器由于工作机制的差异, 对目标身份判断的可靠性高低不同。本文采用层次分析法来实现传感器可靠性的量化计算。

层次分析法^[11](The Analytic Hierarchy Process)是美国匹兹堡大学教授 T L Saaty 提出的一种对难以完全定量的复杂系统做出决策的模型和方法。将其应用在传感器基本可靠性计算的思路是依据传感器工作机制对传感器可靠性进行分析排序, 请专家对各传感器可靠性给出相对重要性的定量表示; 进而建立数学模型, 计算出传感器相对重要性的权值。假设有 M 个传感器, 经过工作机制分析和专家判断, 得到 M 类传感器之间的相对重要性, 建立判断矩阵 R 如下所示。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1M} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{M1} & r_{M2} & \cdots & r_{MM} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中的元素 r_{ij} 为传感器 i 相对于传感器 j 的相对可靠性高低。如果二者同等可靠, 则 $r_{ij} = 1$; 如果传感器 i 比传感器 j 可靠性高, 则 $r_{ij} > 1$, 且有 $r_{ji} = 1/r_{ij}$ 。具体取值可划分出可靠性高低的层次, 可根据不同应用环境确定。在得到判断矩阵 R 的基础上, 解出判断矩阵 R 的最大特征值 $\lambda_{\max}$, 最大特征值反映矩阵平稳分布的存在唯一性。再利用公式: $R\omega = \lambda_{\max}\omega$ 解出 $\lambda_{\max}$ 所对应的特征向量 ω , 特征向量 ω 就是判断矩阵 R 的平稳变换的投影, 能唯一真实地反应矩阵所传达的意义。因此经过标准化后即为一层次中相应元素对于上一层次中某个因素相对重要性的排序权值, 即基本可靠性 α 。

2.3 识别稳定性评价

证据可靠性评估的一般做法^[12]是结合证据源的固有可靠性和动态可靠性进行综合评估。证据源的固有可靠性通过上述的基本信度反映, 而动态可靠性在本文中拟通过传感器的识别稳定性来进行评估。通过稳定性评估可反映在不同的识别背景、目标分布和关联处理算法下传感器对目标的特征感知环节和配准关联环节的不确定性。

识别结果稳定性的评估是根据传感器对目标的识别结果在多个识别周期的一致性进行评估。当传感器对于某一目标的识别结果稳定时, 其可信度较高; 而当传感器对于某一目标的识别结果在各个识别周期的一致性较差, 该传感器的可信度比较低。

对于某类传感器在 L 个识别周期得到的关于目标识别报告为 $B_1, B_2, \dots, B_L$ 。给定 B_k 的识别框架为{我, 敌, 友, 中立, 民}。那么相邻2次识别报告的一致性 $C_{k,k+1}$ 为:

$$C_{k,k+1} = \frac{\sum_{i=1}^S |B_k(\eta_i) - B_{k+1}(\eta_i)|}{S} \quad (4)$$

式中: S 表示识别框架的元素个数, 在此 $S=5$; $B_k(\eta_i)$ 表示第 k 个识别周期该信源的目标识别报告。 $C_{k,k+1}$ 的取值范围为 $[0,1]$, 且 $C_{k,k+1}$ 越大, 相邻识别周期的一致性越差。 L 个识别周期的综合识别一致性 C_L , 即传感器识别稳定性 β 为:

$$\beta = C_L = \frac{\sum_{k=1}^L C_{k,k+1}}{L} \quad (5)$$

3 D-S 证据融合处理

D-S 证据的融合主要关注冲突证据的组合方法^[13-14]。典型 DS 证据冲突处理准则会导致在 2 个识别证据各自存在多个命题的情况下,即使不冲突的命题信任质量很低,组合后的信任质量也会在不冲突的命题聚集,得到与直观判断明显不符合的结论。

现在对冲突证据处理的一种典型思路是丢弃部分被认为不可靠的证据,具有代表性的方法是 Liao^[15]采用的证据切除和跳跃的策略,当发生冲突时,优先级低的证据被遗弃,不参与组合。这种做法的不利之处是未能充分利用所有的识别证据,且一般的 D-S 融合方法是将多个识别证据进行并行组合,在所有证据均参与融合后才进行最终输出判决。

本文提出一种基于证据冲突情况和可靠性评估结果动态选择融合结构的处理方法,主要思路是在识别证据发生强冲突的情况下依据证据可靠性的评估结果,按照“低可靠证据先融合,高可靠证据后融合”的方式进行冲突证据处理。处理流程如图 2 所示。

3.1 当前处理周期证据融合

如图 2 所示,对证据融合处理首先对证据间的冲突强度进行判断。设识别框架 Θ 的 2 个证据 E_1 和 E_2 , 对应的基本信任分配函数为 m_1 和 m_2 , 支持的属性指向为 A_i 和 B_j , 则证据间的冲突强度 $G_c(E_1, E_2)$ 为:

$$\begin{cases} G_c(E_1, E_2) = \frac{Con(E_1, E_2)}{H(E_1, E_2) + Con(E_1, E_2)} \\ Con(E_1, E_2) = \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m(A_i) m(B_j) \\ H(E_1, E_2) = \sum_{A_i = B_j} m(A_i) m(B_j) \end{cases} \quad (6)$$

式中: $Con(E_1, E_2)$ 描述证据间的冲突量; $H(E_1, E_2)$ 描述证据间的一致量。冲突强度 $G_c(E_1, E_2)$ 由 2 个识别证据之间的冲突信度部分所占比例进行描述。假设 σ_c 为冲突强度判断门限,当冲突强度 $G_c(E_1, E_2) > \sigma_c$ 时为强冲突。当冲突强度 $G_c(E_1, E_2) \leq \sigma_c$ 时为弱冲突或不冲突。

如果证据间弱冲突或不冲突则采用典型的 D-S 证据并行融合结构进行处理,即 N 个证据进行融合,在所有证据按照下式融合后才进行判决处理。

$$\begin{cases} m_1 \oplus m_2(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X) \cdot m_2(Y)}{1 - k} \\ k = \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X) \cdot m_2(Y) \end{cases} \quad (7)$$

冲突证据的识别判决利用绝对门限和相对门限的概念,具体准则包括:

- 冲突处理后的最高置信度结果应当大于绝对门限 σ_A ;
- 冲突处理后的最高置信度结果与次高置信度结果之差应当大于相对门限 σ_R ;
- 在满足上述 2 个条件的情况下,最高置信度结果为目标最终敌我属性;
- 在不满足上述 2 个条件的情况下,目标判断为不明。

如果证据间冲突为强冲突,则根据基本可靠性 α 与传感器识别稳定性 β 乘积来衡量证据可靠性高低 Q , 即 $Q = \alpha \cdot \beta$ 。假设 σ_T 为可靠性高低判断门限,则 $Q > \sigma_T$ 时认定证据为高可靠; $Q \leq \sigma_T$ 时认定证据为低可靠。将低可靠证据首先进行融合后,进行识别判决,得到局部融合判决结果,再与高可靠证据进行融合判决,得到当前处理周期证据的识别判决结果。

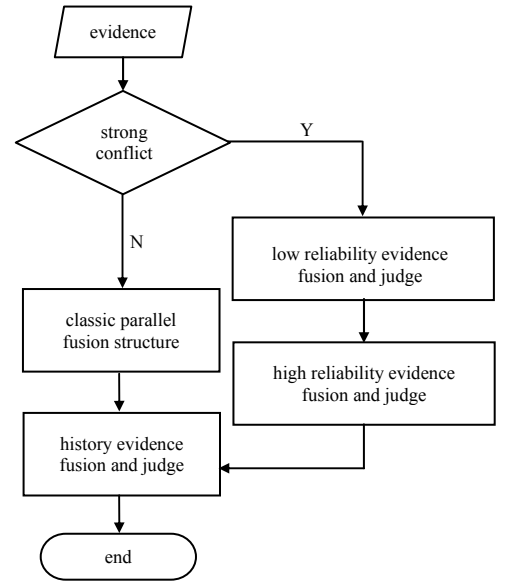


Fig.2 Fusion procedure based on evidence conflict grade and reliability

图 2 基于证据冲突程度和可靠性的融合流程

3.2 结合历史识别证据的融合

由于识别证据存在不确定性,且离散分布在不同的观测时间,需要对证据进行溯源,分析证据来源,即哪类传感器观测目标得到的哪类特征,确定其是否足以支持做出目标身份属性的最终判决。

证据溯源的分析主要针对证据的独立性开展。所谓证据的独立性是指仅靠某个识别证据就能形成目标的身份属性判决结论,与之相反的是某些证据需要其他识别证据的联合处理才能形成判决结论,单个证据对于识别无法形成有效结论。基于证据溯源的历史识别证据融合处理流程如图3所示,首先对当前识别证据独立性进行判断,如果当前的单个证据不独立则结合历史证据进行联合独立性判断。证据独立性判断准则应当结合不同的识别背景、识别任务等因素进行制定。若证据不独立,则缓存当前证据,使其加入后续周期的融合处理,并将其关于目标属性指向更改为不明,让其在当前周期的最终融合判决中失效;若单个证据独立,则直接参与历史识别结果的融合判决;若证据联合独立,则需要判断当前单个证据与历史证据的属性指向是否一致,若不一致就修改当前证据属性指向,使其与历史证据保持一致。最后进行当前证据与历史识别结果的组合判决,得到目标的最终敌我属性判断结果。

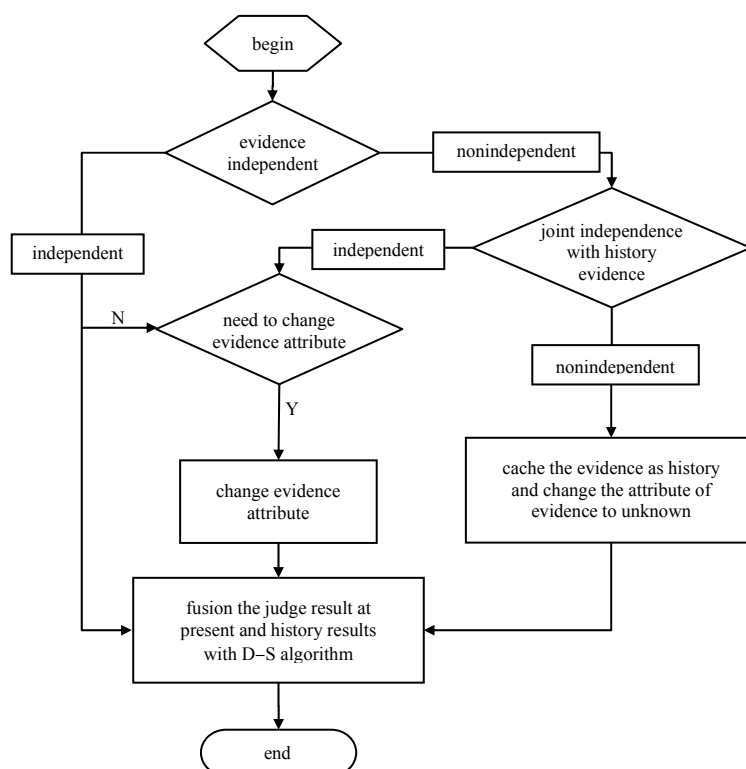


Fig.3 History evidence fusion procedure based on evidence source tracking

图3 基于证据溯源的历史证据融合流程

4 仿真实验

本节首先基于单目标的识别算例,展现本文的综合识别方法如何有效评估和解决证据冲突,保证正确识别;其次,在不同传感器组合下从多目标的识别概率及处理时间、置信度及处理时间2个方面进行仿真,从统计的角度验证本文方法有效性。

4.1 基于单目标的算例仿真

假定一个“敌”目标被识别,第 $N-1$ 个处理周期某协作式传感器 I 识别报告为 $b_{N-1,I}(\text{敌})=0.8$, 证据可靠性 $Q_{N-1,I}=0.9$, 且本周期之前没有关于目标的其他有效身份报告;第 N 个处理周期程序认定识别报告为 $b_{N,P}(\text{敌})=0.78$, 证据可靠性 $Q_{N,P}=0.9$;某非协作式传感器 E 识别报告为 $b_{N,E}(\text{我})=0.94$, 证据可靠性 $Q_{N,E}=0.85$;某协作式传感器 I 识别报告为 $b_{N,I}(\text{敌})=0.81$, 证据可靠性 $Q_{N,I}=0.99$ 。在发生冲突时“我”属性绝对门限 $\sigma_{AF}=0.75$, “敌”属性绝对门限 $\sigma_{AE}=0.8$, 相对门限 $\sigma_R=0.2$, 冲突强度门限 $\sigma_c=0.9$, 证据可靠性门限 $\sigma_T=0.95$ 的情况下进行目标敌我属性综合识别处理。

1) 第 $N-1$ 个处理周期

按照文章的乘性加权处理,可得到协作式传感器 I 识别证据:

$$m_{N-1,I}(\text{敌})=b_{N-1,I}(\text{敌}) \cdot Q_{N-1,I}=0.72 \quad (8)$$

由于之前没有关于该目标的任何报告,且敌方目标和民用目标均没有装备协作式传感器 I,该证据不具备独立性,无法支持第 $N-1$ 个周期的身份判决,因此第 $N-1$ 个周期的目标属性判决为{不明}。

2) 第 N 个处理周期

同理各传感器报告经过加权处理后得到对应识别证据:

$$m_{N,P}(\text{敌}) = b_{N,P}(\text{敌}) \cdot Q_{N,P} = 0.7 \quad (9)$$

$$m_{N,E}(\text{我}) = b_{N,E}(\text{我}) \cdot Q_{N,E} = 0.8 \quad (10)$$

$$m_{N,I}(\text{敌}) = b_{N,I}(\text{敌}) \cdot Q_{N,I} = 0.8 \quad (11)$$

程序认定与非协作传感器 E 之间的冲突强度为:

$$G_c(m_{N,P}, m_{N,E}) = \frac{0.56}{0.06 + 0.56} = 0.9 \quad (12)$$

协作传感器 I 与非协作传感器 E 之间的冲突强度为:

$$G_c(m_{N,I}, m_{N,E}) = \frac{0.64}{0.04 + 0.64} = 0.94 \quad (13)$$

因为 $G_c(m_{N,I}, m_{N,E}) > \sigma_c$, 所以需要按照强冲突情况进行处理。如表 1 所示将典型证据并行组合方式与本文分层融合方式进行对比。在典型 D-S 证据并行组合处理下, 第 N 个处理周期的 3 个传感器识别证据经融合后分别得到了关于“敌”属性和“我”属性的置信度分配, 但是置信度最高的“敌”属性未能通过门限判决, 目标被识别为{不明}。在本文的分层融合结构处理下, 因为 $Q_{N,P} < \sigma_T$, $Q_{N,E} < \sigma_T$, $Q_{N,I} > \sigma_T$, 则将第 N 个处理周期可靠性较低的 2 个证据 $m_{N,P}$ 与 $m_{N,E}$ 先进行融合判决, 得到局部判决结果{不明}, 再与高可靠性证据 $m_{N,I}$ 融合, 得到第 N 周期内的证据识别结果{敌}。这样通过低可靠性证据的冲突在局部截断, 不影响最终的识别结果。

表 1 典型 D-S 融合结构与本文融合结构融合对比

Table 1 Comparison between classical D-S fusion structure and the structure in this paper

structure	evidence	$m_{N,P} \oplus m_{N,E}$		$m_{N,P} \oplus m_{N,E} \oplus m_{N,I}$	
classic D-S	$m\{\text{Enemy}\}$	0.375		0.79	$m\{\text{Enemy}0.79\} < \sigma_{AE}$ judged as {Unknown}
	$m\{\text{Friend}\}$	0.500		0.17	
	$m\{\emptyset\}$	0.125		0.04	
referred in paper	$m\{\text{Enemy}\}$	0.375	$m\{\text{Friend}0.5\} < \sigma_{AF}$ judged as {Unknown}	0.8	no evidence conflict, directly identified as {Enemy0.8}
	$m\{\text{Friend}\}$	0.500		0	
	$m\{\emptyset\}$	0.125		0.2	

在得到第 N 个周期内证据的融合判决结果后, 再与历史识别证据进行融合处理。证据 $m_{N,I}$ 有了证据 $m_{N,P}$ 的佐证, 具备了独立性, 所以第 N 个周期内证据的识别结果有效。那么第 $N-1$ 个周期的证据 $m_{N-1,I}$ 同样因为具备了与证据 $m_{N,P}$ 的联合独立性, 也可以加入证据组合。第 N 个周期的历史识别证据融合计算为本周期识别结果 $m_{N,P} \oplus m_{N,E} \oplus m_{N,I}(\text{敌}) = 0.8$ 与第 $N-1$ 个周期识别证据 $m_{N-1,I}(\text{敌}) = 0.72$ 的融合处理, 即:

$$m_{N,P} \oplus m_{N,E} \oplus m_{N,I}(\text{敌}) \oplus m_{N-1,I}(\text{敌}) = 0.94 \quad (14)$$

由此得到第 N 个周期的最终敌我属性识别结果为{敌}, 置信度为 0.94。该融合判决结果不仅正确识别了目标敌我属性, 剔除了冲突证据对识别结果的干扰, 还实现多个识别周期证据的有效积累, 使得结果置信度相较于单个证据有明显提升。

4.2 基于多目标的仿真验证

假设某作战平台基于协作式传感器 I、传感器 J 和非协作式传感器 A、传感器 E 对位于其传感器作用范围内的我方目标 11 个, 敌方目标 10 个进行识别, 传感器观测的正确性具有一定随机性。仿真采用蒙特卡洛方法进行多次运算, 对多目标的正确识别概率和平均置信度进行仿真。其中, 正确识别概率和平均置信度分别按照识别目标的“我”和“敌”属性进行分别计算。“我”目标正确识别概率定义为被正确识别的“我”目标个数与“我”目标总个数之比; “我”目标平均置信度定义为已被正确识别的“我”目标置信度的均值。“敌”目标指标定义相同。仿真结果如下所示。

如图 4~图 7 所示, 相较于传统的目标属性识别传感器组合 I+A, 本文的综合识别方法能够通过有效融合多传感器识别信息, 使得“我”和“敌”目标识别概率和置信度更快收敛到 1.0, 保证所有目标快速、准确的识别, 识别性能有所提高。同时, 在可靠性较高的协作式传感器不工作的条件下, 即传感器组合 A+E, 也能够一定程度上对目标进行正确识别。

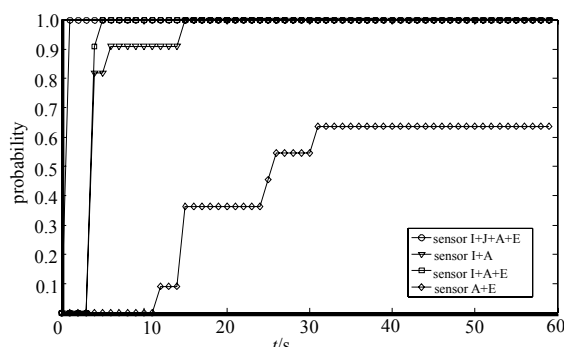


Fig.4 Correct identification probability of friend

图4 “我”目标正确识别概率

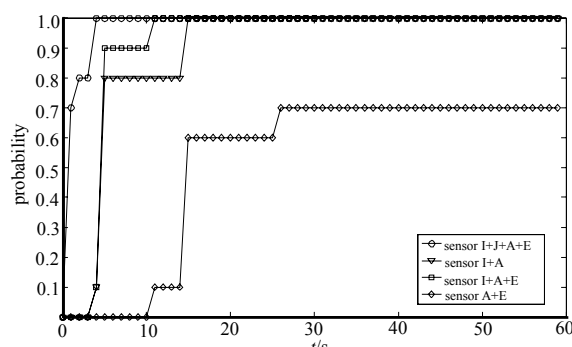


Fig.5 Correct identification probability of foe

图5 “敌”目标正确识别概率

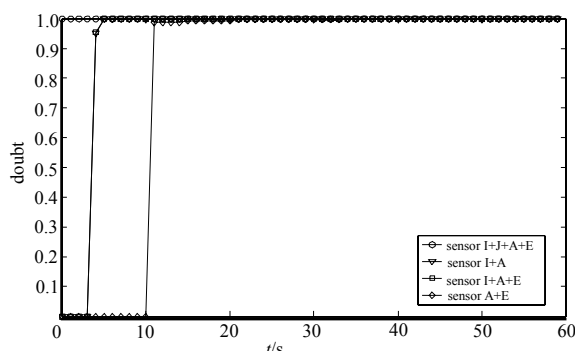


Fig.6 Average doubt of friend

图6 “我”目标平均置信度

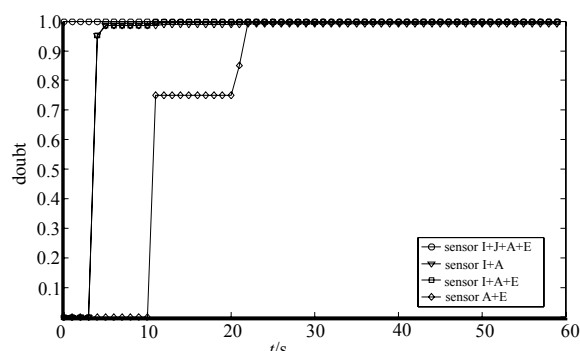


Fig.7 Average doubt of foe

图7 “敌”目标平均置信度

5 结论

本文提出了一种证据构建方法,该方法综合考量了传感器工作机制以及传感器识别稳定性反映的证据信度和可靠性,可有效反映证据不确定性,并支持后续融合处理;本文构建了结合证据可靠性和冲突强度的动态融合结构,根据不同的证据冲突情况和可靠性选择合适的融合结构,避免低可靠性证据对最终识别结果的不利干扰,提高识别正确性;本文还提出了一种基于证据溯源的历史识别证据融合方法,可有效实现时间上离散的传感器识别证据的累积,并且避免基于不具备判决条件的证据进行识别。单目标的识别算例和多目标的仿真统计结果验证了本文综合方法的有效性相较于传统识别方式性能的提高,对综合识别的应用具有一定的指导和借鉴作用。

参考文献:

- [1] 许阳,赵宗贵. 一种人机协作的目标综合识别模型设计[J]. 计算机测量与控制, 2015,23(11):3739-3743. (XU Yang, ZHAO Zongui. Design of integrated target identification with human-machine cooperation[J]. Computer Measurement & Control, 2015,23(11):3739-3743.)
- [2] 李鸿飞,金宏斌,田康生. 基于反导装备的目标综合识别信息流程研究[J]. 飞航导弹, 2013,32(8):44-48. (LI Hongfei, JIN Hongbin, TIAN Kangsheng. Research on information procedure of integrated target identification based on missile defense system[J]. Aerodynamic Missile, 2013,32(8):44-48.)
- [3] 张明,李波,刘学全,等. 云计算下基于贝叶斯网络的多传感器目标识别[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(5):740-745. (ZHANG Ming, LI Bo, LIU Xuequan, et al. Multi-sensor target recognition based on Bayesian classifier in cloud computing environment[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(5):740-745.)
- [4] 庞礴,代大海,王雪松,等. 基于多维极化信息的弹道目标综合识别方法[J]. 系统工程与电子技术, 2013,35(4):677-683. (PANG Bo, DAI Dahai, WANG Xuesong, et al. Synthetic recognition method of ballistic targets based on multi-dimensional polarization information[J]. Systems Engineering and Electronic, 2013,35(4):677-683.)
- [5] 韩德强,杨艺,韩崇昭. DS证据理论研究进展及相关问题探讨[J]. 控制与决策, 2014,29(1):1-11. (HAN Deqiang, YANG Yi, HAN Chongzhao. Advances in DS evidence theory and related discussions[J]. Control and Decision, 2014,29(1):1-11.)
- [6] 郭强,何友,李新德. 一种快速DSmT-DS近似推理融合方法[J]. 电子与信息学报, 2015,37(9):2040-2046. (GUO Qiang, HE You, LI Xinde. Fast DSmT-DS approximate reasoning method[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2015,37(9):2040-2046.)

- 2015,37(9):2040–2046.)
- [7] 修小林,时宏伟,林建,等. 基于不同信息获取方式的敌我识别系统[J]. 电讯技术, 2001,41(5):1–6. (XIU Xiaolin,SHI Hongwei,LIN Jian,et al. IFF systems based on different ways to acquire information[J]. Telecommunication Engineering, 2001,41(5):1–6.)
- [8] 陈宇寒,程铭. 航迹和飞行计划相关算法的改进[J]. 计算机工程与应用, 2011,47(25):228–234. (CHEN Yuhuan,CHENG Ming. Improved algorithm of associating with radar track and flight plan[J]. Computer Engineering and Applications, 2011,47(25):228–234.)
- [9] 陶章志,孙裔申,沈驰,等. 军用飞行计划冲突检测技术研究[C]// 中国指挥与控制学会, 2015:713–717. (TAO Zhangzhi,SUN Yisheng,SHEN Chi,et al. Technology research for military flight plan conflict detection[C]// China Command and Control Academy, 2015:713–717.)
- [10] 冯德军,马梁,陶华敏. 基于置信度分析的导弹目标距离像序贯识别[J]. 雷达科学与技术, 2007,5(5):358–364. (FENG Dejun,MA Liang,TAO Huamin. Method of missile recognition using sequential range profiles based on confidence analysis[J]. Radar Science and Technology, 2007,5(5):358–364.)
- [11] 张令波. 基于 AHP-PCR5 的多传感器目标识别[J]. 指挥控制与仿真, 2015,37(1):64–67. (ZHANG Lingbo. Multi-sensor target identification based on AHP-PCR5[J]. Command Control & Simulation, 2015,37(1):64–67.)
- [12] 宋亚飞,王晓丹,雷蕾. 基于混淆矩阵的证据可靠性评估[J]. 系统工程与电子技术, 2015,37(4):974–978. (SONG Yafei,WANG Xiaodan,LEI Lei. Evaluating evidence reliability based on confusion matrix[J]. Systems Engineering and Electronic, 2015,37(4):974–978.)
- [13] 吕雪婷,贾瑞生,孙惠惠. 证据冲突下 D-S 融合算法的改进[J]. 系统仿真学报, 2013,25(3):571–574. (LV Xueting,JIA Ruisheng,SUN Huihui. Improvement of D-S fusion algorithm under evidence conflict[J]. Journal of System Simulation, 2013,25(3):571–574.)
- [14] 刘哲席,阳建宏,杨德斌,等. 基于信息总不确定度的冲突证据组合修正方法[J]. 电子与信息学报, 2014, 36(12):2909–2914. (LIU Zhexi,YANG Jianhong,YANG Debin,et al. Combination of conflicting evidence by using the total uncertainty degree of information[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2014,36(12):2909–2914.)
- [15] LIAU C J. A conservation approach to distributed belief fusion[C]// The 3rd International Conference on Information Fusion. Paris,France:[s.n.], 2000.

作者简介:



张 柯(1983–), 男, 四川省绵阳市人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为信号与信息处理、信息融合.email:oliverk@163.com.

谭源泉(1951–), 男, 四川省中江市人, 教授级高级工程师, 主要研究方向为雷达工程、信号与信息处理.

李 怡(1962–), 女, 重庆市人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为信息融合.