

·信号与信息处理·

基于D-S证据理论多模复合探测器信息融合算法研究

谢 泓, 蒲金龙

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308)

摘 要:从D-S证据理论的基本概念和识别框架出发,提出一种新的符合探测器特征条件的基本概率赋值函数的构造算法,将探测器的探测信号对不同目标身份的模糊隶属度通过处理得到的识别判定精度作为探测器的基本概率赋值函数值,进行D-S证据融合。还给出了一个三种探测器目标识别的实例,结果表明,该方法得到的融合结果提高了目标识别的可信度,减小识别的不确定性。

关键词:D-S证据理论;信息融合;目标识别;基本概率赋值函数

中图分类号:TN215

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2017)-02-0041-03

Research on Information Fusion Method of Multi-sensor Based on Dempster-Shafer Evidence Theory

XIE Hong, PU Jin-long

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

Abstract: From the basic conception and the recognition frame of Dempster-Shafer (D-S) evidential theory, a new construction algorithm to basic probability assignment function based on sensor characteristics is proposed. The fuzzy membership for different target identity of the sensing signals from the sensors is processed to obtain the judging precision, which is used as the basic probability assignment function value to perform D-S evidence fusion. An example for the simulations of target recognition focused on three types of sensors is presented, the results show that the method is good to improve the reliability of the target recognition and decreases the uncertainty.

Key words: Dempster-Shafer (D-S) evidence theory; information fusion; target recognition; basic probability assignment function

随着科技信息日益发展,单一的探测手段已不能适应新的战场需求,在探测手段多样化的今天,探测目标不再仅依靠一种探测手段获得,更多采用多种探测设备,但是如何将各探测器的探测结果融合,提高目标探测的能力,是目前信息融合的研究重点问题。

D-S证据理论是通过在同一识别框架上的各证据体进行融合推理,形成决策结果,属于决策级融合中的决策输入/决策输出过程^[1]。运用D-S证据理论将多模复合探测器的数据优化,对目标识别结果进行融合处理,可以提高目标身份判决的精度,较好地处理目标识别中的不确定性,提高目标识别能

力,减小虚警率,增强抗干扰能力。

1 证据理论

D-S证据理论融合分两步进行,第一步是单模探测器的初步识别。在探测器工作过程中,各单模探测器对接收信号波形进行特征提取;第二步是将第一步的输出结果作为证据,再利用D-S组合规则,采用中心式融合算法。其主要思想是:首先对两种探测器进行融合,再进行第三种探测器结果进行融合,直至将所有探测器的探测结果完成融合,最后进行决策。其模型框图如图1所示。

收稿日期:2017-03-13

作者简介:谢泓(1985-),女,辽宁辽阳人,硕士,研究方向光电技术。

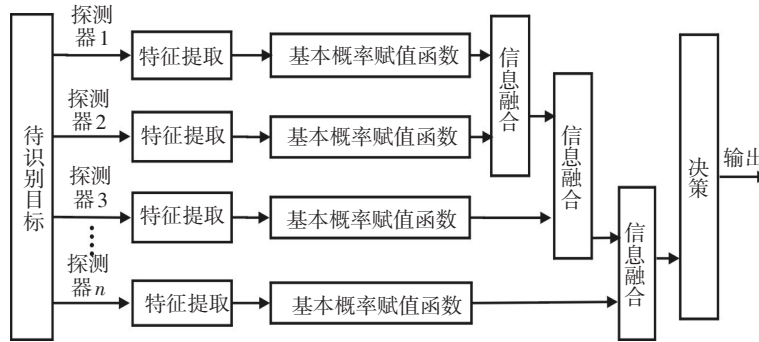


图1 融合框架图

以两种探测器信息融合为例,图2所示为双模探测器对目标进行识别的决策模型。图中 A_1, A_2, \dots, A_n 为待识别目标的某个集合, $m_1(A_1), m_1(A_2), \dots, m_1(A_n)$ 与 $m_2(A_1), m_2(A_2), \dots, m_2(A_n)$ 分别为探测器1和探测器2分配到识别框架 Ω 上的基本概率赋值函数值。 w_1 和 w_2 分别是探测器1和探测器2的可信权值^[2]。

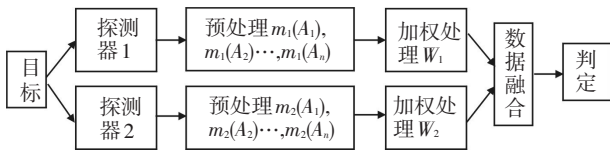


图2 未敏弹目标识别的过程

单模传感器基本赋值函数应满足以下两个条件^[3]:

- (1)不可能事件的基本概率为零,即: $m(\Phi)=0$;
- (2) Ω 中全部元素的基本概率数之和为:

$$\sum_{A_i \subseteq \Omega} m(A_i) = 1 ; \text{则有映射: } m: \Omega \rightarrow [0, 1]。$$

D-S证据理论组合获得融合的基本概率分配函数 $m_{12}(C_i)$, 其数值计算公式为

$$m_{12}(C_i) = k^{-1} \sum_{A_i \cap A_j = C_i} w_1 m_1(A_i) w_2 m_2(A_j), i \leq n + 1 \quad (1)$$

式中, k 为归一化常数, $k = 1 - \sum_{A_i \cap A_j = \varphi} w_1 m_1(A_i) w_2 m_2(A_j)$ 。

这就是D-S证据理论的组合规则,是进行不确定性推理的依据。

用D-S证据理论组合获得融合的基本概率分配函数 $m_{12}(C_i)$ 后,依据 $m_{12}(C_i)$ 进行目标的判定。

其判定的基本规则是^[1]:

- (1)判定目标类型应具有最大的基本概率分配值;
- (2)判定目标类型和其他类型的基本概率分配

值之差要大于某个门限;

(3)不确定性基本概率分配值必须小于某个门限;

(4)判定的目标类型基本概率分配值必须大于不确定性基本概率分配值。

2 基本概率赋值函数的算法研究

将D-S证据理论应用于多模探测器复合探测信息融合是因为不同的探测器提供不同的信息来源,而不同的信息来源正好可以表示D-S证据理论中的不同证据,D-S证据理论的结合规则提供了融合不同证据的方法,也就提供了融合不同探测器信息的方法。

但在D-S证据理论中没有具体的描述如何通过探测器的探测特征度量对所有的目标赋予一个统一标准的可信度。那么如何按照每个探测器的数据输出形式和特征,构造每种探测器的基本概率赋值函数,是D-S证据理论应用的关键,也是D-S证据理论实现的难点。

针对不同的探测器的实际情况,根据特征信息的特点,对基本概率分配函数进行构造。

探测器 k 与目标 A_i 之间的相关系数为 $C_k(A_i)$, 有下式

$$C_k(A_i) = \mu_{ki} \quad (2)$$

其中, μ_{ki} 为探测器 k 探测信号对目标 A_i 的隶属度值,表示根据探测器 k 测的值来估计被测物体属于目标 A_i 类型的程度,即两者之间的相关性。

基本概率赋值函数计算公式为

$$m_k(A_i) = \frac{\max_i(\mu_{ki})}{\sum_{i=1}^n \mu_{ki}} \mu_{ki} \quad (3)$$

$$m_k(U) = 1 - \sum_{i=1}^n m_k(A_i) \quad (4)$$

式中, U 为未知事件; $m_k(U)$ 表示未知的基本概率赋值, 作为 $m(A_{n+1})$ 参与融合计算。

3 仿真结果及分析

如果用三种独立的探测器探测三种可能目标 A 、 B 和 C 。目标的识别框架为{目标 A , 目标 B , 目标 C }, 探测器准确识别目标的集合为{目标 A , 目标 B , 目标 C , 不确定目标}。假设三种探测器某次探测后得到关于三种可能目标的可信度值如表 1 所列。

表 1 三种探测器探测三种可能目标的可信度值

| 探测器类型 | 目标 A | 目标 B | 目标 C |
|-------|--------|--------|--------|
| 探测器 1 | 0.27 | 0.22 | 0.66 |
| 探测器 2 | 0.72 | 0.69 | 0.36 |
| 探测器 3 | 0.14 | 0.34 | 0.34 |

根据公式计算三种探测器探测可能目标的基本概率赋值函数值如表 2 所列。

表 2 三种探测器探测三种可能目标的基本概率赋值函数值

| 探测器类型 | 目标 A | 目标 B | 目标 C | 不确定 | 探测结果 |
|-------|--------|--------|--------|------|--------|
| 探测器 1 | 0.15 | 0.13 | 0.38 | 0.34 | 目标 C |
| 探测器 2 | 0.29 | 0.28 | 0.15 | 0.28 | 目标 A |
| 探测器 3 | 0.06 | 0.14 | 0.14 | 0.66 | 不确定 |

利用 D-S 证据理论融合算法, 将三种探测器按等权重的组合规则进行信息融合, 现将前两种探测器的探测数据进行融合, 获得两种探测器融合后的基本概率分配函数值如表 3 所列。

表 3 探测器 1 和探测器 2 融合后的结果

| 目标 A | 目标 B | 目标 C | 不确定 | 探测结果 |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0.284 9 | 0.251 4 | 0.319 7 | 0.144 0 | 目标 C |

探测器 1 和探测器 2 融合后的结果再与探测器 3 的探测数据进行融合, 获得最终的基本概率分配函数值及判断结果如表 4 所列。

表 4 前两种探测器融合结果和探测器 3 融合后的结果

| 目标 A | 目标 B | 目标 C | 不确定 | 探测结果 |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0.264 2 | 0.275 1 | 0.342 8 | 0.117 9 | 目标 C |

将表 1 和表 4 对比来看, 各探测器根据自身探

测特征无法得到一致的识别目标, 但利用 D-S 证据理论经过两轮的信息融合, 得到最终的判断此目标为目标 C ; 从表 2、表 3 和表 4 中可以分析出每多一种探测器, 多进行一次融合, 得到识别结果的精确度越高, 而不确定性越低, 这大大的提高了探测器识别目标的可靠性。

4 结 论

提出了一种新的基本概率赋值函数构造方法, 从而使得在运用 D-S 证据理论对目标识别结果进行融合处理的过程中, 提高了对目标身份判决的精度。在现代战场上, 随着目标系统复杂程度增大, 使用多个传感器, 收集来自多种物理现象产生的信号, 虽然弥补单一探测器抗干扰能力差、工作可靠性低等缺点, 但多探测器结果识别不一致的问题也仍然困扰着判断决策, 而 D-S 证据理论不失为一种有效的信息融合目标识别手段, 当其中某一传感器无法识别或多个传感器识别结果不一致的情况下, 仍能准确地对目标进行辨识, 目标识别的可靠性大大提高。

参考文献

- [1] 焦准, 王伟平, 张蓉. 基于证据理论的多传感器信息融合目标识别方法[J]. 火箭与制导学报, 2006(4):276-278.
- [2] 王立权, 刘荣忠. 证据理论在末敏弹目标识别中的应用[J]. 微计算机信息(测控自动化), 2007(28):299-230.
- [3] 唐克, 谢保军, 王奇. 基于 D-S 证据理论改进算法的末敏弹多传感器融合技术研究[J]. 舰船电子工程, 2012(7):43-44, 103.
- [4] David L Hall, James Llinas. 多传感器数据融合手册[M]. 杨露菁, 耿伯英译, 北京:电子工业出版社, 2008.
- [5] 杨风暴, 王肖霞. D-S 证据理论的冲突证据合成方法[M]. 北京:国防工业出版社, 2010.
- [6] 李学林, 杨国. 毫米波辐射计/红外传感器/激光雷达信息融合技术及其应用[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2008(32):502-505.
- [7] 王侠. 图像椒盐噪声的自适应统计滤波法[J]. 2016, 31(3):37-41.
- [8] 冯清枝. 基于小波融合的视频图像增强方法[J]. 2016, 31(2):47-50.
- [9] 刘胜德, 吕晓旭, 钟丽云. 基于空间带宽积分分析的高分辨率快速数字全息重构[J]. 2016, 31(2):57-61.