

文章编号: 1000-6893(2008)

# 广义证据理论及应用(4): 不完整辨识框架的识别方法

邓勇<sup>1,4</sup>, 蒋雯<sup>2</sup>, 韩德强<sup>3</sup>

- (1. 上海交通大学 电子信息与电气工程学院, 上海 200240)
- (2. 西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710072)
- (3. 西安交通大学 综合自动化研究所, 陕西 西安 710049)
- (4. 西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

## Generalized Evidence Theory and Its Application (4): Identification of incomplete frame of discernment

Deng Yong<sup>1,4</sup>, Jiang Wen<sup>2</sup>, Han Deqiang<sup>3</sup>

- (1. School of Electronics Information and Electric Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200240)
- (2. School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072)
- (3. Institute of Integrated Automation, Xi'an Jiao Tong University, Xi'an, 710049)
- (4. College of computer and information sciences, Southwest University, Chongqing, 400715)

**摘要:** 导致证据高度冲突的主要原因之一是辨识框架不完整, 但如何判断系统是否辨识框架不完整是一个没有解决的问题。本文在广义证据理论基础下, 探索了不完整辨识框架下冲突特征系数的变化规律, 提出了辨识框架不完整的识别方法。在基于强约束生成广义基本概率指派后, 根据对样本空集的广义基本概率赋值, 分为证据内、证据间和样本间三种情况判断命题“系统处于辨识框架不完整情况”是否成立。实验的结论是: 当证据内、证据间和样本间的空集广义基本概率赋值都比较高时, 系统处于辨识框架不完整的情况。用算例说明了本文方法的有效性。

**关键词:** 广义证据理论; 广义基本概率指派; 开放世界; 不完整辨识框架; 冲突管理  
**中图分类号:** (TP391) **文献标识码:** A

**Abstract:** One of the main reasons to cause evidence highly conflicting with each other is that the frame of discernment may be incomplete. Extensive researches have paid their attention to determine the reliability of sensor report but failed to identify the situation is in the incomplete frame of discernment or not. In this paper, the change discipline of different conflict coefficients in different situations has been explored. A novel method is proposed to solve this problem to determine whether the system is in the open world. The generalized basic probability assignment (GBPA) can be determined by the strong constrain method. Then, the GBPA of three cases, namely the inner evidence, among the evidence and inner sample are taken into consideration. The conclusion can be drawn that the system is in the incomplete frame of discernment if the value of GBPA of empty set in the inner evidence, the value of GBPA of generalized conflicting coefficient and the average value of GBPA of empty set among the samples are high. Some numerical examples are used to illustrate the efficiency of the proposed method.

**Key words:** generalized evidence theory (GET); generalized basic probability assignment (GBPA); open world; incomplete frame of discernment; conflict management.

Dempster Shafer证据理论在证据高度冲突时会产生于直觉矛盾的错误结果,前文已经分析了现有的修改组合规则和修改数据模型都无法有效处理辨识框架不完整情况的局限,对冲突证据问题的处理,还应该充分考虑到系统是否辨识框架完整这个因素。我们简单归纳导致冲突的两大主要部分:一部分是辨识框架部分,其中主要因素是辨识框架不完整;还有一部分是传感器部分,主要包括传感器本身在物理上失效以及传感器报受到干扰。如果基于上述新思路解决冲突处理,则有一个重要的问题必须解决:当证据高度冲突时,是辨识框架部分还是传感器部分导致了冲突?只有区分是哪个部分导致了冲突,才能有的放矢,具体情况具体分析地解决冲突证据的处理和融合。

应该说,Smets是最早提出开放世界问题的学者,其标志是TBM模型的正式建立<sup>[1]</sup>。该理论模型已经在模式识别、分类、风险评估等方面得到了应用,但是在冲突分析方面,TBM并未给出有效解决方案,表现在几个方面:1) TBM中的融合规则是去掉了归一化过程的Dempster组合规则,只是在具体分配时简单将冲突系数 $k$ 分给空集,这种简单分配方式由于物理意义不清晰备受争议。2) TBM模型在BPA生成阶段仍然沿袭经典证据理论的思路,限定空集不能为焦元,只是在信度传递时,将相交为空集的焦元BPA乘积累加给融合后的空集,这在逻辑上有问题的,既然认为系统可能是开放世界,为什么不在BPA生成阶段就考虑这个因素的影响?国内的学者也逐渐认识到了这个问题,一些文献报导了在这方面的尝试工作<sup>[2,3]</sup>,但这些工作还停留在以修改组合规则为解决思路的层次<sup>[4,5]</sup>。更重要的是,现有的研究都未研究如何判定系统处于辨识框架不完整,这些问题为本文的留下了研究空间。

前面的研究工作已经在广义证据理论的框架下建立了一个新的证据冲突系数表示模型,新模型是一个基于空集的广义基本概率指派与广义证

据距离的二元组。基于所提出的冲突表示模型,本文主要探索了辨识框架不完整的识别问题。本文是系列论文的第4篇,主要的工作包括以下内容:1) 辨识框架不完整情况下冲突参数的变化规律研究。2) 辨识框架不完整情况下的处理策略。这些内容没有前人的研究基础,本文的探索性较强。全文结构如下:第1节给出了基本理论框架。第2节提出使用空集的广义基本概率指派作为识别辨识框架不完整的表征参数。第3节探索辨识框架不完整情况下表征参数的变化规律。第4节给出了识别辨识框架不完整情况的策略和流程。第5节小结了论文的工作。

## 1. 广义证据理论

广义证据理论是对经典DS证据理论的推广。设 $U$ 是变量 $X$ 的所有可能值的穷举集合,并且 $U$ 中的元素是互斥的,称 $U$ 为 $X$ 的一个识别框架。 $U$ 由一完备的互不相容的陈述集合组成, $U$ 的幂集 $2^U$ 构成命题集合 $2^U$ 。当 $U$ 中元素的个数为 $n$ 时,命题集合所代表的空间大小为 $2^n$ 。设 $U$ 为识别框架, $U$ 的幂集 $2^U$ 构成命题集合 $2^U$ , $\forall A \subset \Theta$ ,如果集函数 $m: 2^U \rightarrow [0,1]$ 满足:

$$m(\Phi) = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{A \subset U} m(A) = 1 \quad (2)$$

则称 $m$ 为框架 $U$ 上的基本概率指派(BPA)。BPA反映了证据对识别框架中的命题 $A$ 的支持程度,即 $m(A)$ 。若 $\forall A \subset \Theta$ ,且满足 $m(A) > 0$ ,则称 $A$ 为焦元。所有的焦元集合称为核。

在此基础上提出的D-S证据理论的证据组合规则表述如下:

$$m(A) = \frac{1}{1-k} \sum_{A_i \cap B_j \cap C_l \cap \dots = A} m_1(A_i) m_2(B_j) m_3(C_l) \dots \quad (3)$$

$$k = \sum_{A_i \cap B_j \cap C_l \cap \dots = \phi} m_1(A_i) m_2(B_j) m_3(C_l) \dots \quad (4)$$

经典证据理论是建立在假设“系统处于封闭世界”这个前提下的。我们提出的广义证据理论去掉了这个约束,建立在开放世界的基础上。设 $U$ 为开放世界的辨识框架, $U$ 的幂集 $2^U$ 构成命题集合, $\forall A \subset \Theta$ ,如果函数 $m: 2^U \rightarrow [0,1]$ 满足:

$$\sum_{A \subset U} m_G(A) = 1 \quad (5)$$

则称 $m$ 为框架 $U$ 上的广义基本概率指派(Generalized Basic Probability Assignment, GBP)

收稿日期: 2010-xx-xx; 修订日期: 2010-xx-xx (留编辑处理)  
基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2007CB311006), 国家自然科学基金(60874105, 60904099), 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-08-0345), 上海市青年科技启明星计划(09QA1402900), 航空科学基金(20090557004, 20095153022), 上海交通大学“晨星学者计划”资助(T241460612), 西北工业大学校科技创新基金(2008KJ02022), 部委基金资助。

通讯作者: 邓勇 E-mail: dengyong@sjtu.edu.cn

A)。GBPA与经典BPA的区别是没有 $m(\Phi)$ 等于0的限制, 空集也可以是焦元, 也可以是核的一部分。如果 $m(\Phi)$ 等于0, 则GBPA就退化为经典的BPA。

在GBPA基础上, 我们提出广义组合规则(Generalized combination rule, GCR)。设 $\Phi_1 \cap \Phi_2 = \Phi$ , 也即空集和空集的交集仍然是空集, 给定两个GBPA, 定义GCR为:

$$m(A) = \frac{(1 - m(\Phi)) \sum_{B \cap C = A} m_1(B) m_2(C)}{1 - K} \quad (6)$$

$$K = \sum_{B \cap C = \Phi} m_1(B) m_2(C) \quad (7)$$

$$m(\Phi) = m_1(\Phi) m_2(\Phi) \quad (8)$$

$$m(\Phi) = 1 \quad \text{当且仅当} \quad K = 1 \quad (9)$$

公式(7)中的 $K$ 是广义冲突系数, 是一个与 $m(\Phi)$ 的数值有关的参数, 读者请注意 $K$ 与公式(4)表示的经典证据理论冲突系数 $k$ 的区别。当 $m(\Phi)$ 等于0时, 也就是辨识框架完整时, 广义冲突系数 $K$ 将退化为经典冲突系数 $k$ 。

前文分析表明: 在开放世界表征证据之间冲突除了广义冲突系数, 还有一个参数是广义证据距离。简单介绍如下:

设 $\Theta$ 为一广义证据理论的包含 $N$ 个命题的辨识框架, 一个广义基本概率指派GBPA可以是一个在 $E_p(\Theta)$ 中的坐标系为 $m(A_i)$ 的向量 $\bar{m}_i$ ,

$$\sum_{i=1}^N m(A_i) = 1$$

且 $m(A_i) \geq 1, \dots, 2^N, A_i \in P(\Theta)$

$m_1$ 和 $m_2$ 是在辨识框架 $\Theta$ 上的两个GBPA, 则 $m_1$ 和 $m_2$ 的距离可以表示为:

$$d_{GBPA}(m_1, m_2) = \sqrt{\frac{1}{2}(\bar{m}_1 - \bar{m}_2)^T \bar{D}(\bar{m}_1 - \bar{m}_2)} \quad (10)$$

其中 $\bar{D}$ 为一个 $2^N \times 2^N$ 矩阵, 矩阵中的元素为:

$$D(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}, \quad A, B \in P(\Theta) \quad (11)$$

具体的计算方法是:

$$d_{GBPA}(m_1, m_2) = \sqrt{\frac{1}{2}(\|\bar{m}_1\|^2 + \|\bar{m}_2\|^2 - 2\langle \bar{m}_1, \bar{m}_2 \rangle)}$$

其中 $\|\bar{m}\|^2 = \langle \bar{m}, \bar{m} \rangle$ ,  $\langle \bar{m}_1, \bar{m}_2 \rangle$ 为两个向量的内积:

$$\langle \bar{m}_1, \bar{m}_2 \rangle = \sum_{i=1}^{2^N} \sum_{j=1}^{2^N} m_1(A_i) m_2(A_j) \frac{|A_i \cap A_j|}{|A_i \cup A_j|}$$

$$A_i, B_j \in P(\Theta).$$

当辨识框架完整时, 公式(10)的距离公式同样可以使用, 此时 $m(\Phi) = 0$ , 结算结果等同于<sup>[6]</sup>。

## 2 辨识框架不完整表征参数分析

本节通过一些实验和统计方法对不同情况下的冲突特征进行分析。一个首要的问题是: 选用什么参数作为识别辨识框架不完整的量了? 相对于证据之间的距离, 我们认为空集GBPA更能够作为辨识框架完整程度的度量。原因是: 广义证据距离更多反映地是证据之间的差异性程度, 而无法专门体现出辨识框架完整与否。下面的例子说明了这个问题

**例1** 真正的辨识框架应该是 $\{a, b, c\}$ 三个命题构成, 假设系统辨识框架不完整, 也就是系统认为的辨识框架为 $\{a, b\}$ , 用虚线表示类别 $c$ , 表明 $c$ 是辨识框架中未知命题(图1a)。设系统现在获得两个传感器报告值 $x_1$ 和 $x_2$ 如果根据强约束GBPA生成方法的话可以得到如下两个原本的GBPA分别为:

$$m_{x_1}(a) = 1;$$

$$m_{x_2}(b) = 0.1; m_{x_2}(\Phi) = 0.9$$

根据所提出的冲突表示模型, 两个证据之间的冲突程度是:  $cf(m_1, m_2) = \langle 1, 0.8 \rangle$ , 也就是广义冲突系数为1, 而两个证据距离为0.8。

进一步地, 假设系统只知道命题 $b$ , 命题 $a$ 和 $c$ 都不在辨识框架内。设系统现在获得两个传感器报告值 $x_1$ 和 $x_2$ 如果根据强约束GBPA生成方法的话可以得到如下两个原本的GBPA分别为:

$$m_{x_1}(b) = 0.1; m_{x_1}(\Phi) = 0.9$$

$$m_{x_2}(b) = 0.1; m_{x_2}(\Phi) = 0.9$$

图(1b)中, 用虚线表示类别 $a$ 和 $c$ , 表明是辨识框架中未知命题。根据所提出的冲突表示模型, 两个证据之间的冲突程度是:

$cf(m_1, m_2) = \langle 0.82, 0 \rangle$ , 也就是广义冲突系数为0.82, 而两个证据距离为0。

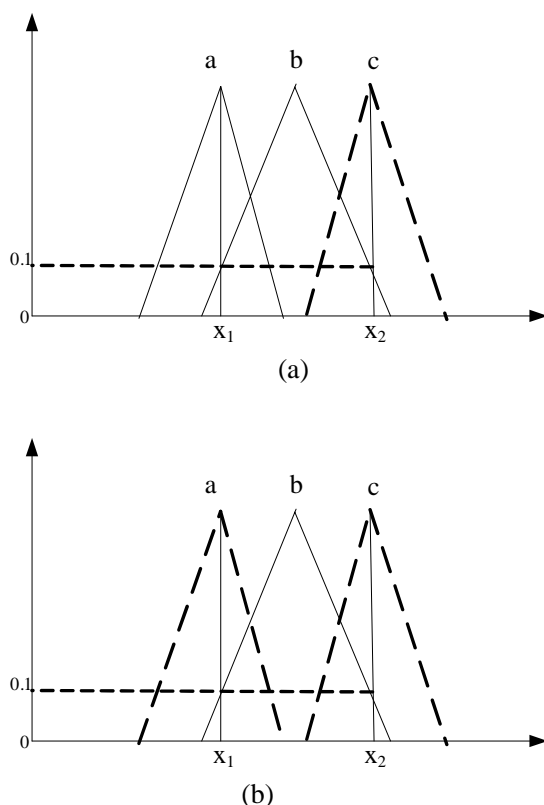


图1 开放世界下的两个属于不同类别的样本

Fig.1 Two samples in open world

从例1可以看出,相比 $m(\Phi)$ ,广义证据距离更多只是度量证据之间差异性程度的量,物理意义上并未体现辨识框架不完整的影响。而 $m(\Phi)$ 本身是因为辨识框架不完整而生成的,在后续获得的广义冲突系数也能够有效反映辨识框架不完整的信息,因此,本文采用 $m(\Phi)$ 作为识别辨识框架不完整的表征参数,并在下节探索其变化规律。

### 3 辨识框架不完整表征参数分析

在确定以空集的GBPA作为识别辨识框架不完整的参数之后,本节我们进行了几个实验,希望为后续的识别策略提供依据。

#### 3.1 辨识框架不完整情况下的 $m(\Phi)$ 变化规律

实验数据选用iris数据,该数据共三类150个样本,为方便描述,分别是a, b, c三类,每类50个样本。

假设辨识框架不完整,系统只知道类别a和

类别c,也就是辨识框架为 $\{a, c\}$ 。随机抽取a和c的30个样本构成a和c的三角形。因为有四个属性,所以a的三角形有四个,c的三角形也有四个,分别表示在图2中。先以一个属性为例(比如花萼长度,SL),随机从b类中抽取20个样本,用强约束方法生成GBPA。一个样本的SL属性生成的GBPA应该是 $m(a)$ ,  $m(b)$ ,  $m(a, b)$ 和 $m(\Phi)$ 。把20个样本的SL属性生成的GBPA于图2表示。其中横坐标就是样本的序号,从1到20,纵坐标就是各个样本对应的GBAP数值。

把一个样本的四个属性用GCR规则融合,得到一个多属性数据融合后系统的识别结果GBAP值,20个样本的结果如图3所示。可以画一个图(横坐标是样本的序号,从1到20,纵坐标是各个GBAP的数值)。

从上面的实验可以看出,当辨识框架不完整时,有如下特点:

从各个证据内部来看:各个属性(传感器报告)生成的 $m(\Phi)$ 都比较大。这是因为系统中不存在被识别样本的模型,而被识别样本与已知样本很可能没有交叠部分,基于强约束方法生成GBPA的话 $m(\Phi)$ 的数值比较高。

从一个样本各个证据之间来看:样本所有属性的 $m(\Phi)$ 累积之后求平均,所得到的 $m(\Phi)$ 数值也比较大。如果设定以0.5作为平均 $m(\Phi)$ 的阈值,超过0.5则支持命题“辨识框架不完整”,则实验表明:在辨识框架不完整的这种情况下,基于强约束生成方法至少两个或两个以上的证据中会出现支持假设“辨识框架不完整”,四个证据 $m(\Phi)$ 累积超过2,平均后也有 $m(\Phi) \geq 0.5$ 。

从所有测试集样本来看:各个样本的属性融合之后会生成一组GBPA,测试集中各个样本的 $m(\Phi)$ 都比较大。平均值达到0.8以上。

#### 3.2 辨识框架完整情况下的 $m(\Phi)$ 变化规律

实验2与实验1的数据和步骤完全一样,不同之处在于辨识框架完整,也就是系统已知a, b, c三类。其中b类随机抽取30个样本生成三角模糊数表示模型之后,余下的20个样本作为测试集。这20个样本属性生成的GBPA于图4表示,基于GCR融合之后的结果如图5所示。

从上面的实验可以看出,当辨识框架完整时,基于强约束方法生成GBPA以及基于GCR融合

之后的分类结果有如下特点:

从各个证据内部来看: 各个属性(传感器报告)生成的 $m(\Phi)$ 都比较小。这是因为系统辨识框架完整, 即使使用强约束方法生成GBPA,  $m(\Phi)$ 的数值也比较小。

从一个样本各个证据之间来看: 仍然设定以0.5作为平均 $m(\Phi)$ 的阈值, 超过0.5则支持命题“辨识框架不完整”, 实验表明: 在辨识框架完整的这种情况下, 基于强约束生成方法四个证据平均远低于0.5。

从所有测试集样本来看: 各个样本的属性融合之后会生成一组GBPA, 测试集中各个样本的 $m(\Phi)$ 都比较大。平均值不超过0.2。

### 3.3 辨识框架完整情况下传感器受干扰的 $m(\Phi)$ 变化规律

实验3假设辨识框架完整, 但是传感器受干扰。希望探索和总结这一情况下证据内、证据间、样本间的参数变化规律和特征。

与实验1的数据和步骤完全一样, 不同之处在于辨识框架完整, 也就是系统已知 $a, b, c$ 三类。其中 $b$ 类随机抽取30个样本生成三角模糊数表示模型之后, 余下的20个样本作为测试集。为了验证不同程度的干扰, 我们设定了SL属性 $a$ 被干扰10%;  $b$ 被干扰50%;  $c$ 被干扰100%; 三种情况。被干扰10%表示在原始数据上叠加该属性10%的量作为干扰, 比如, 原来的长度为3cm, 则10%干扰为3.3cm; 50%干扰为4.5cm; 100%干扰为6cm。

图5表示传感器数据被干扰10%后生成的GBPA, 图6给出了传感器数据被干扰10%后使用GCR融合之后的类别识别结果, 从图6(a)中可以看出; 尽管被干扰10%, GCR仍然能够识别出类别是 $b$ 。

我们还对被干扰50%和被干扰100%按同样步骤进行了实验, 限于篇幅, GBPA生成的结果图未在本文中, 本文直接给出了PL属性被干扰50%和100%之后的基于GCR的融合结果。图6(b)和图6(c)分别表示被干扰50%和100%的类别识别结果。结

果如表1所示。

表 1 干扰实验数据

Tab.1 Jammed data in experiments in close world

干扰程度	M(b)均值	M( )均值	准确率
0	0.9678	0	100%
10%	0.8493	0.05	85%
50%	0.25	0.4627	25%
100%	0.1	0.9	10%

从上面的实验可以看出, 当辨识框架完整但传感器受干扰时, 有如下特点:

在传感器受干扰较小时, 使用GCR仍然可以得到满意的结果。

随着干扰增大,  $b$ 的GBPA均值逐渐降低, 空集的GBPA均值逐渐升高, 系统识别准确率降低。

当干扰很大时(超过50%), GCR开始失效,  $m(\Phi)$ 增加较大, 干扰到100%时,  $m(\Phi)$ 达到0.9, 已经和辨识框架不完整情况下的特点相同, 系统认为目前处于辨识框架不完整的开发世界。从这个角度来看, 单纯只统计分析证据间的 $m(\Phi)$ 是不足以区分辨识框架不完整和受强烈干扰的。必须结合证据间的 $m(\Phi)$ 以及有多少证据 $m(\Phi)$ 超过阈值而支持“系统处于开放世界”这个命题。

总体来看, 辨识框架完整情况下, GCR并不适合处理传感器受强干扰的情况, 有关封闭世界传感器部分导致冲突的融合策略和算法还需要探寻其它途径, 这是系列论文5将要重点讨论的内容。

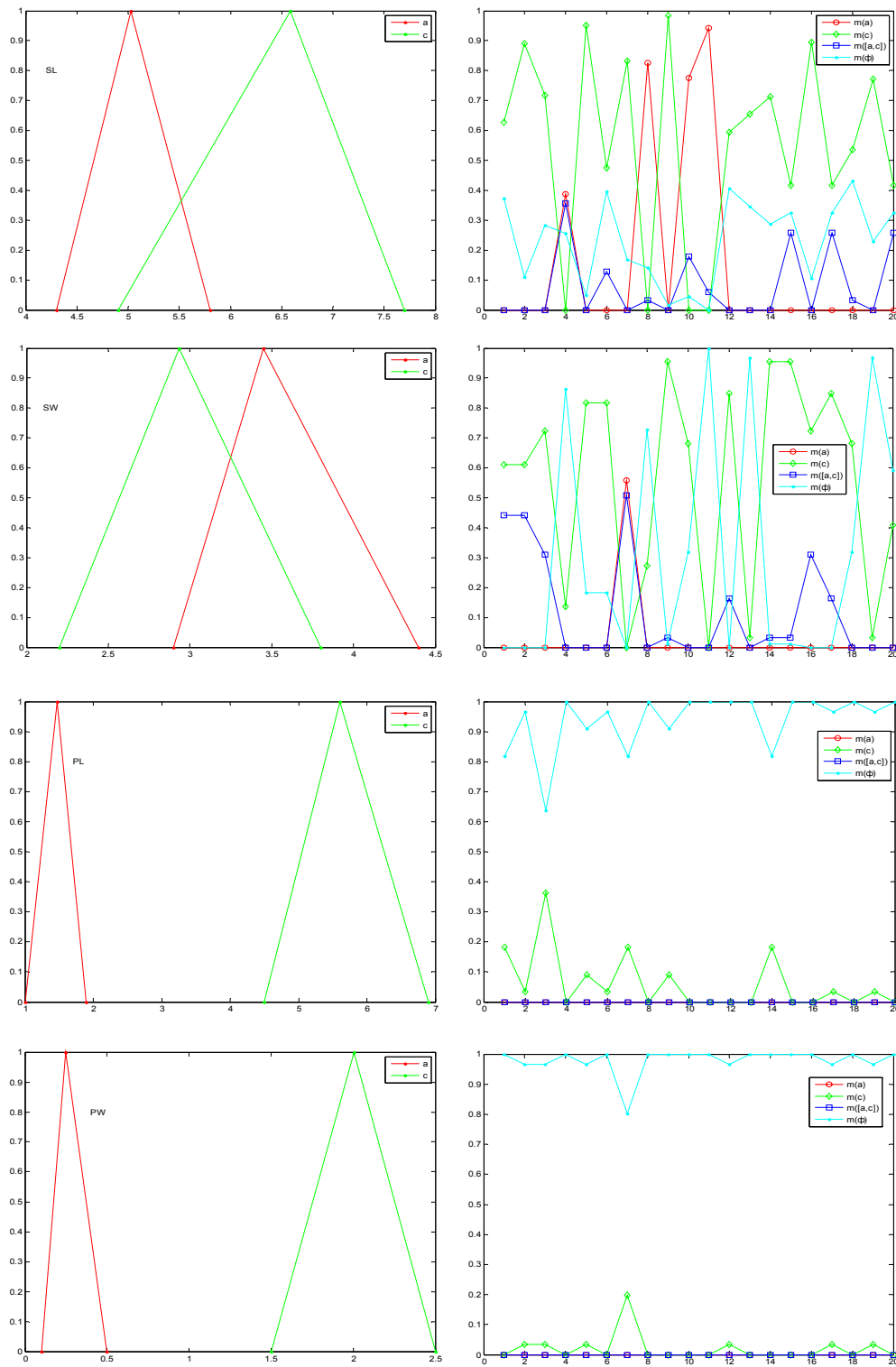


图2 辨识框架不完整时的 iris 属性命题表示模型及对应的 GBPA(假设辨识框架中没有命题 b, 随机抽取 20 个 b 的样本生成依据强约束方法生成 GBPA)

Fig.2 Hypothesis representation of iris attributes and its corresponding GBPA in incomplete frame of discernment (Suppose that the class b is not in the frame of discernment, 20 samples of class b are random selected to generate GBPA by the strong constrain method.)

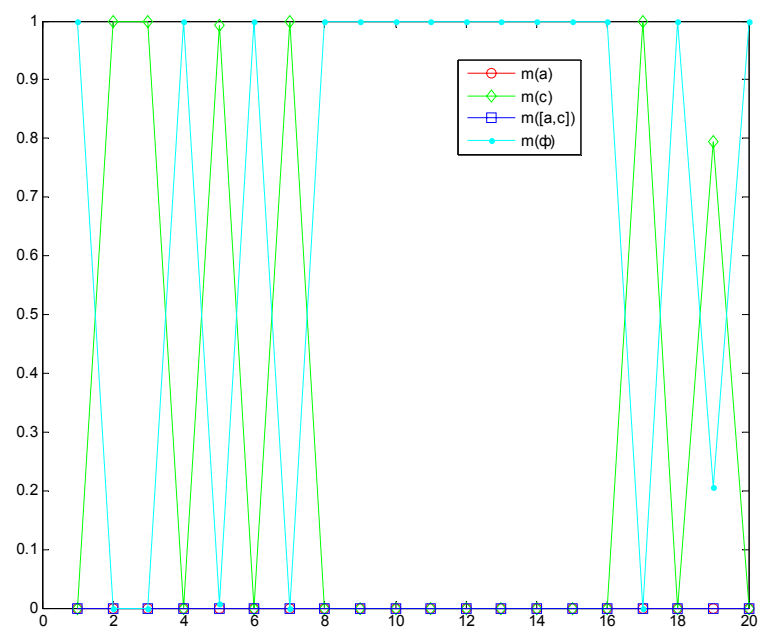


图 3 辨识框架不完整时随机抽取 20 个 b 的样本依据强约束方法生成 GBPA 后融合的结果,  $m(\quad)$  均值 0.71.

**Fig.3** The combination results of the GBPA of 20 samples random selected in the class b under the strong constrain method in the open world, the average value of  $m(\quad)$  is 0.05.

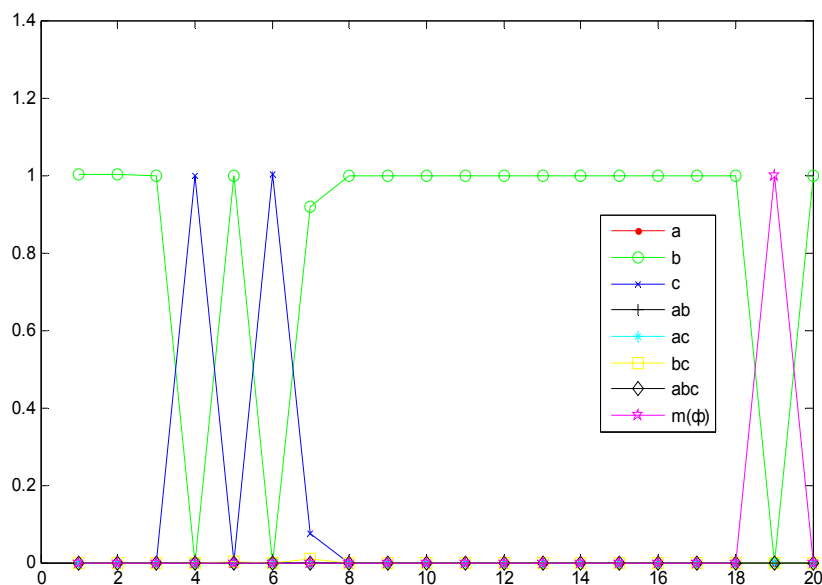


图 5 辨识框架完整时随机抽取 20 个 b 的样本依据强约束方法生成 GBPA 后使用 GCR 融合的结果,  $m(b)$  均值 0.8457,  $m(\quad)$  均值 0.05.

**Fig.5** The combination results based on the GCR of the GBPA of 20 samples random selected in the class b under the strong constrain method in the close world, the average value of  $m(b)$  is 0.8457 while the average value of  $m(\quad)$  is 0.05.

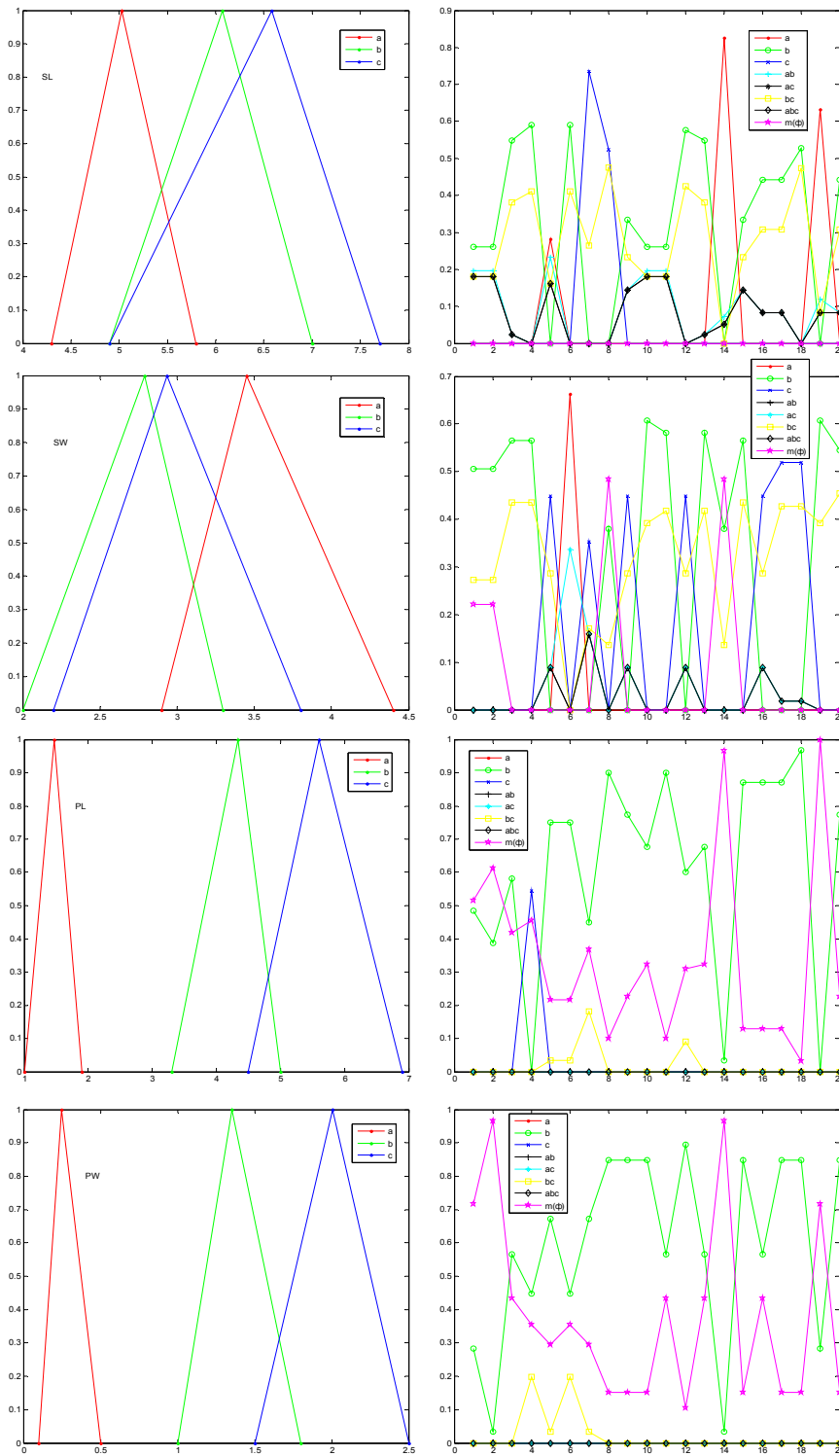


图4 辨识框架完整时的 iris 属性命题表示模型及对应的 GBPA(随机抽取 30 个 b 的样本生成类别表示模型, 余下 20 个 b 类样本依据强约束方法生成 GBPA)

**Fig.4 Hypothesis representation of iris attributes and its corresponding GBPA in incomplete frame of discernment (30 samples are used to construct class b model and the other 20 samples of class b are selected to generate GBPA by the strong constrain method.)**



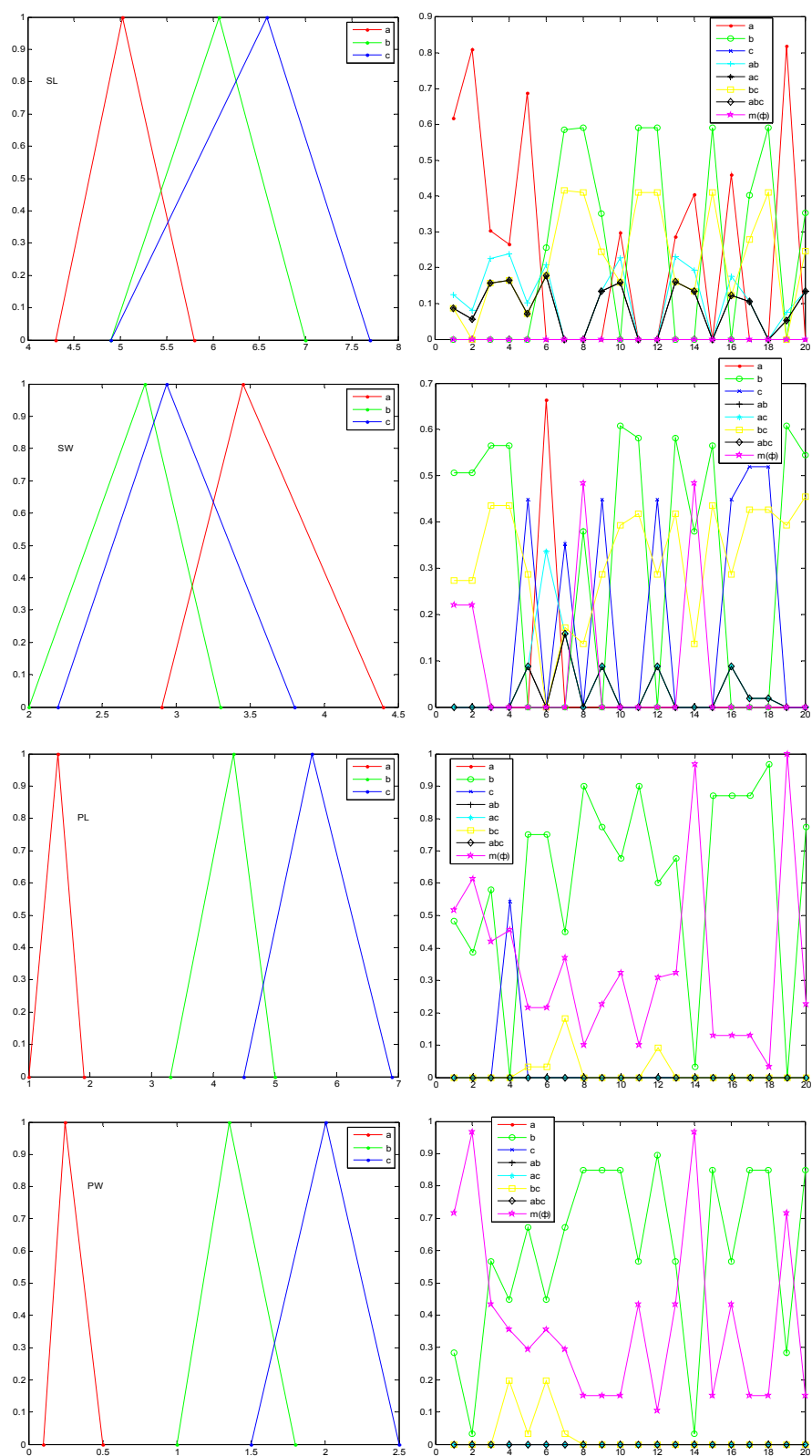


图 5 辨识框架完整, 10%干扰用强约束生成方法生成 iris 四个属性的 GBPA

Fig.5 GBPA of the four attributes of iris data when the SL attributes have been jammed about 10% in the close world.

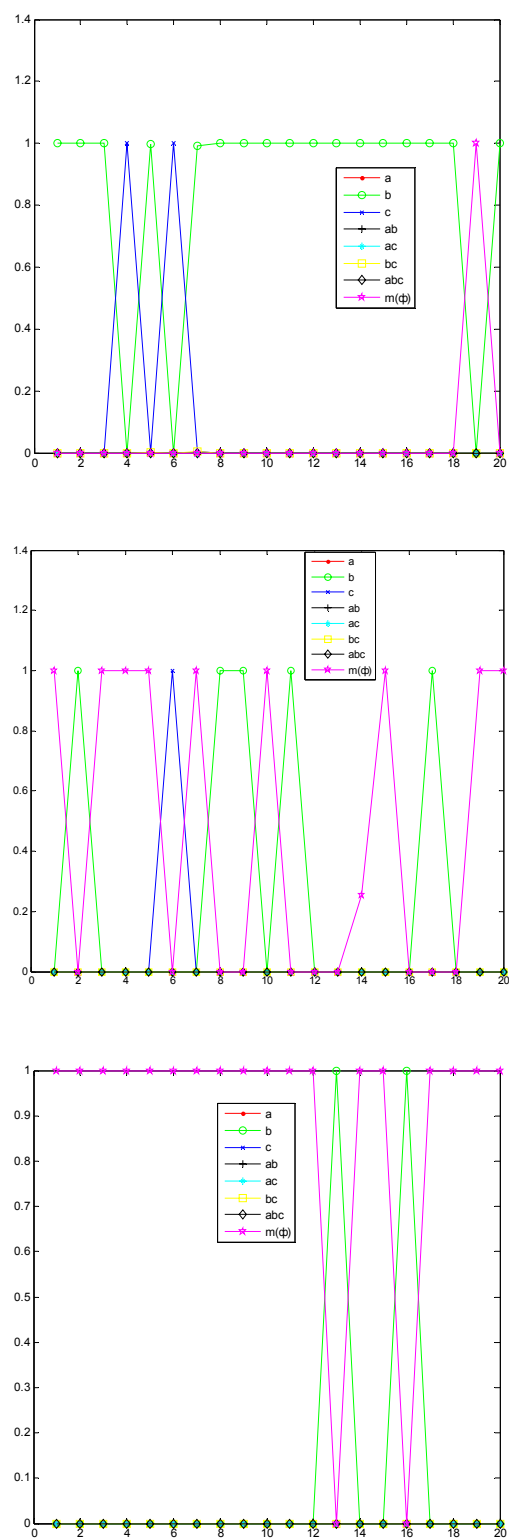


图 6 辨识框架完整，10%干扰；50%干扰；100%干扰后基于 GCR 融合识别结果

Fig.6 The combination results when the SL attributes have been jammed 10% jammed; 50% jammed; 100% in the close world.

#### 4. 辨识框架不完整的识别策略

通过前面的实验, 总结不同情况下的冲突特征参数变化规律如表2。表2阴影部分是表示辨识框架完整的情况, 可以发现以下几个特点:

在辨识框架完整情况下, 如果有干扰(假设只有一个传感器受到干扰)则一个样本内, 证据间支持“开放世界”的证据数目小。这是因为, 即使一个传感器收到干扰, 其他传感器报告仍然支持“封闭世界”, 这正是多传感器的优势: 可以利用数据的冗余和关联特性, 降低干扰的影响, 提高系统的性能。因此可以依据这个特点区分是辨识框架不完整还是传感器受干扰。

辨识框架不完整情况, 所有的三个表征参数都大。因此如果系统出现这种情况, 应该高度支持系统处于“开放世界”;

传感器受干扰和未受干扰主要通过证据内的  $m(\Phi)$  以及所有样本间的  $m(\Phi)$  数值来判断, 受干扰时, 这两个数值都大。这是因为, 受干扰会导致系统使用强约束方法生成GBPA时怀疑是否有系统未知目标存在; 另外, 受干扰也会导致样本间的  $m(\Phi)$  大, 这是因为受强干扰后如果使用GCR规则, 只要有一个  $m(\Phi)=1$ , 就会导致最终融合结果为1。

总体来看, 辨识框架完整情况下, GCR并不适合处理传感器受强干扰的情况。GCR规则使用是有限制的, 当辨识框架不完整时, 或是辨识框架完整且干扰较小时, GCR是适用的。但辨识框架完整, 干扰较大时, GCR不再适用(后面的系列论文针对这种情况利用另外一个表征证据之间冲突程度的量——证据距离, 并建议在封闭世界下, 采用经典Dempster组合规则)。

通过以上的分析, 总结辨识框架不完整以及干扰等各种情况的识别策略和流程如图7所示:

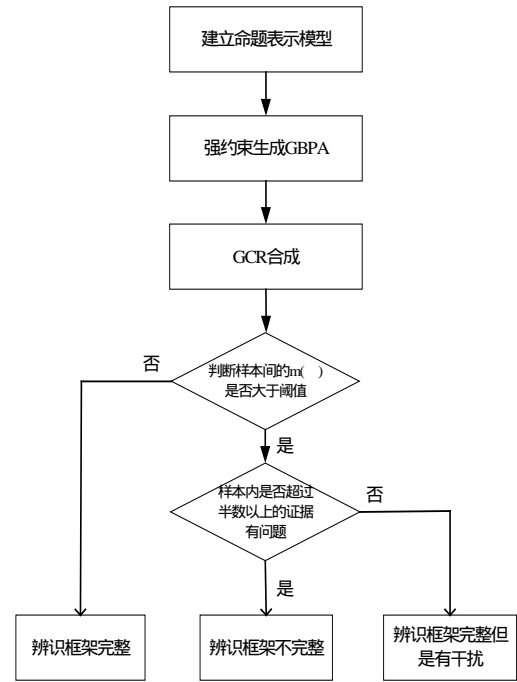


图7 辨识框架不完整和传感器受干扰识别策略

Fig.7 strategy to identification incomplete frame of discernment in open world and sensor report jammed in closed world

图7的流程表明: 系统首先对一定样本的证据融合之后, 判断样本间总体的  $m(\Phi)$  是否超过阈值, 如果未超过阈值, 则可以确定系统处于辨识框架完整的封闭世界。样本间总体的  $m(\Phi)$  超过阈值, 意味着两种可能: 一是辨识框架不完整, 一是传感器受干扰。此时, 根据一个样本的每一个证据支持“开放世界”的命题个数来判断, 如果超过半数传感器支持“开放世界”这一命题, 则应该判定系统处于“开放世界”; 反之, 则判断系统处于“封闭世界”, 但是传感器受到了干扰。

表2 不同情况下的数据特征

Tab.2 Data character in different cases

状态	证据内 $M(\cdot)$ (GBPA生成阶段 $M(\cdot)$ 大小)	一个样本内证据间 $M(\cdot)$ (支持开放世界的证据数 目)	所有样本间 $M(\cdot)$ (融合所得各个样本证据 的 $M(\cdot)$ 均值)	是否适用GCR规则
辨识框架不完整(无干扰)	大	大(数目多, 超过半数)	大	是
辨识框架完整(干扰较小)	小	小(数目少, 不超过半数)	小	是
辨识框架完整(干扰较大)	大	小(数目少, 不超过半数)	大	否
辨识框架完整(无干扰)	小	小(数目少, 不超过半数)	小	是

## 4 结论

本文通过一些实验分析, 根据空集的广义证据基本概率指派从三个方面来探索识别和区分辨识框架不完整以及传感器收到干扰的情况。这三个方面分别是: 从一条证据内部, 一个样本之间的几个证据支持“开放世界”的个数, 多个样本融合后的空集广义证据基本概率指派均值。通过这三个方面的特征, 提出了识别辨识框架不完整的策略。

辨识框架完整而传感器受强干扰情况下, 不适合使用GCR规则。这个问题的解决是后续论文讨论的重点。

如果系统辨识框架不完整, 且多个传感器受到强烈干扰, 也就是导致冲突的两种情况共同发生时, 本文未能提出相应的解决思路, 因为这两种情况冲突特征参数的特性交叠太大, 无法根据传感器数据来识别和判断这个情况。此外, 当识别出辨识框架不完整时, 比如, 系统有未知目标时, 余留下的工作应该是利用数据挖掘或统计的方法生成新的辨识框架, 这部分工作未作为本系列论文的研究重点, 但也是有研究价值的。以上这些工作可以完善和充实广义证据理论, 是我们后续研究的重点。

## 参 考 文 献

- [1] Smets P, Kennes R. The transferable belief model[J]. Artificial Intelligence, 1994, 66(3): 191-243.
  - [2] 曾成, 赵保军, 何佩琨. D-S 理论在开放识别框架下的推广[J]. 北京理工大学学报, 2005, 25(4): 346-351.
  - [3] 曾成, 赵保军, 何佩琨. 不完备识别框架下的证据组合方法[J]. 电子与信息学报, 2005, 25(7): 1043-1046.
  - [4] 王成, 王睿, 王海平. 一种基于非封闭识别框架的改进证据推理方法[J]. 空军工程大学学报, 2009, 10(1): 74-77.
  - [5] 徐培玲, 杨风暴, 王肖霞等. 开放框架证据理论合成规则研究[J]. 传感器与微系统, 2007, 26(9): 11-13.
  - [6] Jousselme A L, Grenier D and Bosse E. A new distance between two bodies of evidence, Information fusion[J]. 2001, 2(1): 91-101.
- 作者简介:
- 邓勇 (1975 - ) 男, 博士 (后), 教授, 博士生导师。上海交通大学晨星奖励计划SMC优秀学者, 入选教育部新世纪优秀人才支持计划和上海市青年科技启明星计划。主要研究方向: 信息融合、智能信息处理。  
Tel: 021-34204492 13916297024  
E-mail: [dengyong@sjtu.edu.cn](mailto:dengyong@sjtu.edu.cn)  
[doctordengyong@yahoo.com.cn](mailto:doctordengyong@yahoo.com.cn)
- 蒋雯 (1974 - ) 女, 博士, 副教授, 硕士生导师。主要研究方向: 信息融合。  
E-mail: [jiangwen@nwpu.edu.cn](mailto:jiangwen@nwpu.edu.cn)
- 韩德强 (1980 - ) 男, 博士, 讲师。主要研究方向: 信息融合、模式识别、图像处理。  
E-mail: [dehan@mail1.xjtu.edu.cn](mailto:dehan@mail1.xjtu.edu.cn)