



# 计算机科学

COMPUTER SCIENCE

## 阵列光幕测试系统目标识别方法

潘登, 蔡梦云, 王振宇, 吕家亮

引用本文

潘登, 蔡梦云, 王振宇, 吕家亮. 阵列光幕测试系统目标识别方法[J]. 计算机科学, 2022, 49(11A): 211000109-4.

PAN Deng, CAI Meng-yun, WANG Zhen-yu, LV Jia-liang. Testing System of Target Recognition Method of Array Screen [J]. Computer Science, 2022, 49(11A): 211000109-4.

---

## 相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

### [多源跨域数据融合的无线通信网络流量预测](#)

Traffic Prediction for Wireless Communication Networks with Multi-source and Cross-domain Data Fusion

计算机科学, 2022, 49(11A): 210800165-7. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.210800165>

### [基于多源健康感知数据动静态关系融合的疾病诊断](#)

Dynamic and Static Relationship Fusion of Multi-source Health Perception Data for Disease Diagnosis

计算机科学, 2022, 49(11A): 211100241-9. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.211100241>

### [基于规则链的网络协同制造数据融合方法研究](#)

Data Fusion Method of Network Collaborative Manufacturing Based on Rule Chain

计算机科学, 2022, 49(11A): 220300175-7. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.220300175>

### [联邦学习攻防研究综述](#)

Survey on Attacks and Defenses in Federated Learning

计算机科学, 2022, 49(7): 310-323. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.211000079>

### [基于改进YOLOv3的空间非合作目标部件识别算法](#)

Spatial Non-cooperative Target Components Recognition Algorithm Based on Improved YOLOv3

计算机科学, 2022, 49(6A): 358-362. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.210700048>

# 阵列光幕测试系统目标识别方法

潘登 蔡梦云 王振宇 吕家亮

齐鲁工业大学(山东省科学院)山东省科学院菏泽分院 山东省生物工程技术创新中心 山东 菏泽 274000

(pan04022021@163.com)

**摘要** 为了解决现有阵列光幕测试系统无法对多个连续目标信号进行判断和识别和单元探测光幕易受外界干扰的难题,提出了利用相似性系数法对单元探测光幕中光电探测器阵列输出的干扰信号进行剔除,再根据 D-S 证据理论对阵列光幕探测系统输出信号的目标类型进行判断和识别的方法。研究目标穿过阵列光幕测试系统输出信号的特点,给出了以阵列光幕测试系统 4 个单元探测光幕为证据体下的输出信号目标类型的信度函数分配,再经过融合处理得到目标识别的结果。

**关键词**: 阵列光幕; 目标识别; 数据融合; 信度函数

**中图法分类号** TP301

## Testing System of Target Recognition Method of Array Screen

PAN Deng, CAI Meng-yun, WANG Zhen-yu and LV Jia-liang

Heze Branch, Qilu University of Technology(Shandong Academy of Sciences), Biological Engineering Technology Innovation Center of Shandong Province, Heze, Shandong 274000, China

**Abstract** In order to solve the problem that the existing array screen test system cannot judge and recognize multiple continuous target signals and the unit detection screen is susceptible to external interference, the principle of using the method of similarity coefficient is proposed. To distinguish the real target signal and interference signal of each unit detection screen output, based on the D-S evidence theory, a method to identify the real target signals and eliminate the false targets in the test system of multi photoelectric detection sensors is established. The characteristics of the output target signal which pass through the array screen test system are studied, and the distribution of the reliability function of the output signal target type under the evidence body of four unit detection screens in the array screen test system is given, and then the target recognition result is obtained through fusion processing. So this paper can achieve the goal of eliminating the false targets and signal recognition.

**Keywords** Array screen, Target recognition, Data fusion, Belief function

## 1 引言

阵列光幕测量系统主要应用于靶场测试领域,可获得准确的弹丸飞行参数。阵列光幕测量系统工作环境主要在野外,所以单元探测光幕的探测信号容易受到蚊虫、风沙、外界环境光等干扰<sup>[1-3]</sup>,这给对单元探测光幕对真实目标信号的提取带来较大难度,影响着整个阵列探测光幕测试系统的准确性与稳定性,并且传统的目标识别方法是将光电探测器输出的模拟信号经过多次放大,通过设定阈值电压,从而达到对目标的判断,当单元探测光幕输出模拟信号的电压值大于一定的阈值  $V_{th}$  时,就认为这个信号是目标信号,因此测试系统无法对多个连续目标信号进行判断和识别以及剔除干扰信号。为了解决上述的问题,本文对阵列光幕探测系统输出的模拟信号进行研究,结果表明:由于目标大小、速度等因素的不同,它们穿过阵列光幕测试系统的输出信号也存在着较大的差异,且目标信号和外界干扰源信号输出信号也存在着较大的差异,因此本文采用相似性系数法可容易区分目标信号与干扰信号,再通过 D-S 证据理论对阵列光幕探测系统输出信号的目标类型进行判断和识别<sup>[4-5]</sup>,提高了阵列光幕测试系统对

目标信号识别的准确性。

## 2 阵列光幕测试系统的结构

阵列光幕测试系统是以光电传感器为核心的测试系统,其中包括 4 个单元探测光幕,每个单元探测光幕中都含有激光发射阵列和光电传感器,4 组光电传感器分别为 S1, S2, S3, S4。目标穿过阵列光幕测试系统时,遮挡了单元探测光幕中激光发射器阵列发出的光束,引起了光电传感器光敏面上光通量的变化,单元探测光幕输出相应的目标过靶信号。

## 3 阵列光幕测试系统目标识别方法

### 3.1 单元探测光幕干扰信号的剔除

阵列光幕测试系统对目标进行测量时,4 个单元探测光幕之间输出信号的一致性较好,相似度高,且目标信号与外界干扰信号之间存在着较大的差别。如果某个单元探测光幕的输出信号同时存在两个信号,其中只有一个信号为正确的目标信号,那么另一个肯定为干扰信号,通过相似性系数法将这两个信号分别与其他 3 个单元探测光幕的输出信号联合,得到与 3 个单元探测光幕之间的相似性系数。通过相似性系数

的概念可知,单个单元探测光幕输出的两个信号中与其他3个单元探测光幕的相似性系数较大的信号可看作正确的目标信号。为了得到准确的识别结果,相似性系数法将采用信号的幅值与脉宽作为目标特征矢量来判断两个信号之间的相似度<sup>[6]</sup>。假设目标穿过了阵列光幕测试,得到了4个单元探测光幕,由光电传感器输出信号的幅值和脉宽组成特征矢量,其中2号光幕有干扰信号,4个光电传感器输出信号的特征矢量分别为: $S_1(x_1, x_2)$ ,  $S_2(x_1, x_2)$ 和  $S'_2(x_1, x_2)$ ,  $S_3(x_1, x_2)$ ,  $S_4(x_1, x_2)$ 。

相似性系数的定义为:

$$R_{XY} = \frac{X \cdot Y}{X \cdot X - X \cdot Y + Y \cdot Y} \quad (1)$$

其中,  $X$  和  $Y$  为两个目标的特征矢量。式中各量分别为:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ ;  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ ;  $X \cdot X = \sum_{i=1}^k (x_i, x_i)$ ;  $X \cdot Y = \sum_{i=1}^k (x_i, y_i)$ ;  $Y \cdot Y = \sum_{i=1}^k (y_i, y_i)$ 。

根据上式可求得光幕2的输出信号  $S_2(x_1, x_2)$  和  $S'_2(x_1, x_2)$  与其他3个单元探测光幕间的相似性系数  $R_{S_2 S_1}$ ,  $R_{S_2 S_3}$ ,  $R_{S_2 S_4}$  和  $R_{S'_2 S_1}$ ,  $R_{S'_2 S_3}$ ,  $R_{S'_2 S_4}$ , 其中两组数值中相关性系数值较大的可看作真实的目标信号。

### 3.2 阵列光幕测试系统目标信号识别

阵列光幕探测系统通过 D-S 证据理论关联4个单元探测光幕的输出信号形成新的综合证据组,判断和识别输出信号的目标类型。每一个单元光幕的输出信号作为阵列光幕测试系统的一个证据组,它们构成待识别目标类型的信度函数分配,表示4个单元探测光幕的测量信号对目标的支持度,通过 D-S 证据理论联合规则将这4个证据组组合形成新的信度函数分配,得到的阵列光幕探测系统对不同目标假设的信度函数的分配值不等,信度函数值较大的目标假设可近似看作真实的目标信号<sup>[7]</sup>。图1为阵列光幕测试系统目标识别基本方法及原理框图,其中  $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$  为待识别的目标类型,  $m_1(A_1), m_1(A_2), \dots, m_1(A_n)$  为单元探测光幕1的传感器分配到各目标类型上的信度函数值,  $m(A_1), m(A_2), \dots, m(A_n)$  表示将4个单元光幕探测单元传感器数据融合后最终分配到各目标类型上的信度函数值。

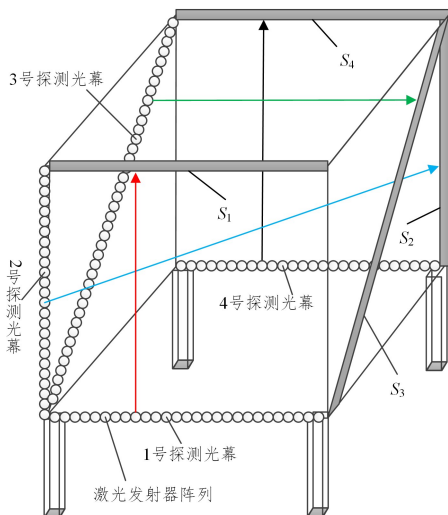


图1 阵列光幕测试系统的结构

Fig. 1 Structure of multi-photoelectric detection sensor testing system

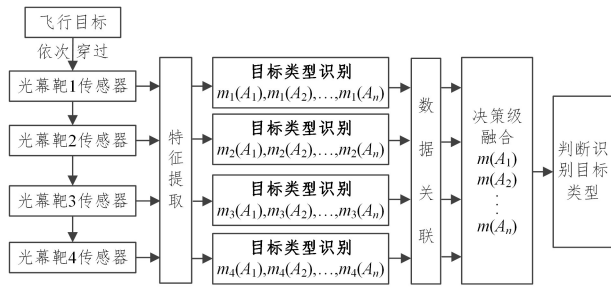


图2 为阵列光幕测试系统目标识别基本方法及原理框图

Fig. 2 Basic method and functional block diagram of target recognition for multi-photoelectric detection sensor testing system

则目标穿过阵列光幕测试系统输出的信号分配到不同目标类型下的基本概率赋值函数赋值  $m(A_i)$  必须满足下列条件:

$$\begin{cases} m(\Phi) = 0, & \Phi \text{ 表示空集} \\ \sum_{i=1}^n m(A_i) = 1, & i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $m(A_i)$  为目标穿过阵列光幕测试系统输出的信号分配到待识别目标  $A_i$  的基本概率赋值, 它表示对目标类型  $A_i$  的支持度, 当  $m(A_i) \neq 0$  时, 称  $A_i$  为信度函数分配上的焦点,  $\Phi$  表示空集<sup>[8-9]</sup>。

## 4 多传感器信度函数的获取

### 4.1 信度密度函数

阵列光幕测试系统输出信号的待识别目标类型为  $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$ , 对于任意目标类型  $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , 存在能描述其  $m$  个特征的一组变量  $\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}\}$ , 这组变量被称为目标类型  $A_i$  的特征变量。不同目标类型下的特征变量不相同, 这组特征变量在某一目标类型  $A_i$  下的典型样本为  $\{x_{1i}^*, x_{2i}^*, \dots, x_{mi}^*\}$ 。由于各证据在不同目标类型  $A_i$  穿过阵列光幕测试系统下的信度函数的分配过程中, 要把目标类型  $A_i$  的特征变量值作为参照数据, 因此要求每个特征变量值能够描述目标类型  $A_i$  的一个特征。在实际操作过程中, 由于阵列光幕测试系统容易受到太阳直射光线、外界环境光、蚊虫等的干扰, 所以目标类型  $A_i$  的特征变量的测量值会不同程度地偏离真值, 导致特征变量可能取多个不同的值。因此, 用单一数据的典型样本描述目标类型  $A_i$  的特征并不合理。实际测量过程中, 特征变量可能取值于某一个区间内的一切数据, 因此本文提出了以区间形式的样本替代单一数据的样本<sup>[10]</sup>。区间形式的样本以某一数据值为中心, 并且具有一定的置信概率, 设为  $\{x_{1i}^* + \delta_{1i}, x_{2i}^* + \delta_{2i}, \dots, x_{mi}^* + \delta_{mi}\}$ 。

阵列光幕探测系统输出信号的目标类型  $A_i$  的特征变量是一随机变量, 本文以阵列光幕测试系统输出的目标信号的幅值和信号的脉宽为特征值, 可取置信区间内的一切数据, 并且具有一定的信度密度函数  $M(x)$ 。  $M(x)$  满足:

$$p(x_{ij} - \delta_{ij} \leq x \leq x_{ij} + \delta_{ij}) = \int_{x_{ij} - \delta_{ij}}^{x_{ij} + \delta_{ij}} M(x) dx \quad (3)$$

通过对阵列光幕测试系统输出信号的分析可知, 目标信号的幅值和信号脉宽为特征变量的概率分布均服从正态分布<sup>[2-5]</sup>, 正态分布的信度密度函数  $M(x)$  为:

$$M(x) = \frac{1}{\delta_{ij} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_{ij})^2}{2\delta_{ij}^2}}, x > 0 \quad (4)$$

4.2 数据处理

阵列光幕测试系统对目标识别前,需要对各个目标类型  $A_i$  下信号的特征变量进行估计,采集不同目标类型  $A_i$  穿过阵列光幕测试系统输出的大量信号,再对其进行处理得到每一条证据体在各自目标类型  $A_i$  下特征变量的  $x_{ij}$  和  $\delta_{ij}$  这两个参数值<sup>[6]</sup>。在参数估计方法中最常用的方法是最大似然估计法,信号的特征变量  $X$  服从参数为  $x_{ij}$  和  $\delta_{ij}$  的正态分布,  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , 为来自  $X$  的随机样本,那么  $x_{ij}$  和  $\delta_{ij}$  的最大似然估计量为:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i \quad (5)$$

$$\hat{\delta}_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \ln X_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i \right)^2} \quad (6)$$

4.3 信度分配函数的构造

引入信度密度函数的目的是构造阵列光幕测试系统的信度函数分配。任意一个单元光幕即为一条证据,对应应有  $n$  个信度函数值,记为  $\{M(x_{i1}), M(x_{i2}), \dots, M(x_{in})\}$ , 将不确定的信度函数密度值  $M_i'$  定义为  $n$  个信度密度函数的标准差<sup>[11]</sup>, 即:

$$M_i' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [M(x_{ij}) - \overline{M(x_i)}]^2}{n-1}} \quad (7)$$

其中:

$$\overline{M(x_i)} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M(x_{ij}) \quad (8)$$

对各信度密度值进行归一化处理,  $n+1$  个信度密度值之和为:

$$Sum_i = \sum_{j=1}^n M(x_{ij}) + M_i' \quad (9)$$

定义证据  $x_{ij}$  在目标模式  $A_j$  下的信度函数分配为:

$$m_i(u_{ij}) = \frac{M(x_{ij})}{Sum_i} \quad (10)$$

而证据  $x_{ij}$  在整个目标系统下的不确定的信度函数分配为:

$$m_i' = \frac{M_i'}{Sum_i} \quad (11)$$

4.4 D-S 融合及识别判断

根据 D-S 的联合规则,设  $m(A_1)$  和  $m(A_2)$  分别表示在阵列光幕测试系统下证据理论的识别框架  $\Theta$  上的两个待识别目标类型的信度函数分配,目标类型  $A_1$  和  $A_2$  的焦元分别为  $\{u_{11}, u_{21}, u_{31}, \dots, u_{i1}\}, \{u_{12}, u_{22}, u_{32}, \dots, u_{j2}\}$ , 应用正交和规则  $m(u_b) = m(A_1) \oplus m(A_2)$ , 则  $\sum_{A_{i1} \cap A_{j2} = \Phi} \{m_1(u_{i1})m_2(u_{j2})\} < 1$ 。

则可定义函数:

$$m(u_b) = K^{-1} \sum_{u_{i1} \cap u_{j2} = u_b} m_1(u_{i1})m_2(u_{j2}), u_b \neq \Phi \quad (12)$$

当  $u_b = \Phi$  时,  $m(u_b) = 0$ , 式中  $i, j, b = 1, 2, \dots, n$ 。其中:

$$K = 1 - \sum_{u_{i1} \cap u_{j2} = \Phi} m_1(u_{i1})m_2(u_{j2}) \quad (13)$$

其中,  $m(u_b)$  为联合后信度函数分配值;  $K$  表示完全冲突假设  $u_{i1}$  和  $u_{j2}$  所用信度函数的乘积之和, 所谓完全冲突是指  $u_{i1}$  和  $u_{j2}$  在  $\Theta$  中不可能同时发生。对于 D-S 证据理论, 其结果不受证据组合次序先后的影响。

5 阵列光幕测试系统融合分析

阵列光幕测试系统包含有 4 个相互独立的单元探测光幕, 本文运用 D-S 数据融合算法对 2 个目标穿过阵列光幕测试系统的输出信号进行融合识别。为了对目标信号的判别更加准确, 采用单元探测光幕的输出目标信号的幅值和脉宽两个参数来进行分析。假设待识别的两个不同的目标分别为  $A$  和  $B$ , 根据式(5)和式(6), 求得目标  $A$  和  $B$  穿过阵列光幕测试系统的输出信号的样本特征参数如表 1 所列。

表 1 单元光幕传感器探测的目标参数

Table 1 Target parameters detected by the unit detection sensor

单元光幕 传感器	目标 A				目标 B			
	脉宽(V/V)		幅值(t/ms)		脉宽(V/V)		幅值(t/ms)	
	均值 $\mu_1$	标准方差 $\delta_1$	均值 $\mu_2$	标准方差 $\delta_2$	均值 $\mu_3$	标准方差 $\delta_3$	均值 $\mu_4$	标准方差 $\delta_4$
$S_1$	6.73	3.22	5.5	0.42	8.82	2.06	4.9	0.42
$S_2$	8.92	3.14	5.8	0.31	9.25	2.45	5.5	0.32
$S_3$	6.12	3.18	4.2	0.45	8.16	1.37	4.8	0.28
$S_4$	3.93	3.07	6.4	0.51	8.27	2.12	6.1	0.22

表 1 中,  $\mu_1$  和  $\delta_1$  为目标 A 的信号幅值均值和它的标准方差,  $\mu_2$  和  $\delta_2$  为目标 A 的信号幅值均脉宽和它的标准方差,  $\mu_3$  和  $\delta_3$  为目标 B 的信号幅值均值和标准方差,  $\mu_4$  和  $\delta_4$  为目标 B 的信号幅值均脉宽和它的标准方差。

在一次测试中, 目标穿过阵列光幕测试系统, 4 个单元探测光幕探测器输出的目标信号的幅值和脉宽分别为  $S_1$  (5.1 V, 5.7 ms),  $S_2$  (8.64 V, 5.6 ms) 和  $S_2'$  (11.23 V, 4.2 ms),  $S_3$  (9.18 V, 3.9 ms),  $S_4$  (6.73 V, 5.8 ms)。2 号单元探测光幕探测器的输出信号有干扰信号存在, 通过式(1)可得到相关性系数值。  $R_{S_2 S_1} = 0.908, R_{S_2 S_3} = 0.969, R_{S_2 S_4} = 0.961$  和  $R_{S_2' S_1} = 0.671, R_{S_2' S_3} = 0.753, R_{S_2' S_4} = 0.714$ , 由上面的相关性系数值可知阵列光幕测试系统传感器输出的正确的目标信号为  $S_1$  (5.1 V, 5.7 ms),  $S_2$  (8.64 V, 5.6 ms),  $S_3$  (9.18 V, 3.9 ms),  $S_4$  (6.73 V, 5.8 ms)。利用上述信度函数分配的构造方法对数据进行处理, 可得到每条证据在识别框架下的信度密度值

$M(x_{ij})$ , 如表 2 所列。

表 2 目标信号脉宽和信号幅值的信度密度函数值

Table 2 Reliability density function value of signal pulse width and amplitude

单元探测 光幕光电 传感器	信号脉宽对 目标 A 信度 密度函数值	信号脉宽对 目标 B 信度 密度函数值	信号幅值对 目标 A 信度 密度函数值	信号幅值对 目标 B 信度 密度函数值
	$M_A(x_{ij})$	$M_B(x_{ij})$	$M_A(x_{ij})$	$M_B(x_{ij})$
	$S_1$	0.1176	0.0614	0.8469
$S_2$	0.0726	0.0536	0.1138	0.5590
$S_3$	0.0982	0.1078	0.6336	0.7089
$S_4$	0.0023	0.0953	0.0300	0.0081

根据表 1 中的数据 and 式(4)可以计算出表 2 中信号脉宽和信号幅值对目标 A 和 B 的信度密度函数值。

根据表 2 中的数据 and 式(10)一式(12)可以分别获得目标信号和目标幅值对目标 A 和 B 的信度函数分配值和融合后的支持度结果, 如表 3 和表 4 所列。

表3 目标信号脉宽的信度函数分配及数据融合结果

Table 3 Reliability function assignment of pulse width of target signal and data fusion result

单元探测光幕 光电传感器	目标A脉宽的 信度函数分配 $m_A(u_{i1})$	目标B脉宽的 信度函数分配 $m_B(u_{i2})$	不确定度信度 函数分配 $m'$
$S_1$	0.5377	0.2808	0.1815
$S_2$	0.5202	0.3839	0.0959
融合 $S_1$ 和 $S_2$	0.7218	0.2782	0.0449
$S_3$	0.9343	0.0219	0.0438
$S_4$	0.5087	0.4497	0.0416
融合 $S_3$ 和 $S_4$	0.9797	0.0203	0.0038
融合结果	0.9974	0.0080	0.0002

表4 目标信号幅值的信度函数分配及数据融合结果

Table 4 Reliability function assignment of amplitude of target signal and data fusion result

单元探测光幕 光电传感器	目标A幅值的 信度函数分配 $m_A(u_{i1})$	目标B幅值的 信度函数分配 $m_B(u_{i2})$	不确定度信度 函数分配 $m'$
$S_1$	0.3715	0.5220	0.1065
$S_2$	0.5660	0.1152	0.3188
融合 $S_1$ 和 $S_2$	0.7776	0.2224	0.1256
$S_3$	0.5847	0.4086	0.0067
$S_4$	0.5811	0.3909	0.0280
融合 $S_3$ 和 $S_4$	0.6741	0.4698	0.0006
融合结果	0.8312	0.1657	0.0001

由表3和表4可知,测量信号的脉宽对目标A的支持度  $m_A(u_1)=0.9974$ ,对目标B的支持度  $m_B(u_1)=0.0080$ 。测量信号的幅值对目标A的支持度  $m_A(u_2)=0.8312$ ,对目标B的支持度  $m_B(u_2)=0.1657$ 。定义测量信号对目标总的支持度为脉宽的支持度与幅值的支持度和的平均值。测量信号对目标A的平均支持度可表示为  $m_A(u) = \frac{m_A(u_1) \cdot m_A(u_2)}{2} = 0.9143$ ,同理,测量信号对目标B的平均支持度  $m_B(x) = 0.0868$ 。从计算结果可以看出信号对目标A的支持度大于目标B,可以认为阵列光幕测试系统所探测的目标A为实际目标信息。

阵列光幕测试系统对输出目标信号融合识别过程中,随着融合光幕数的增多,对某一目标的融合结果逐渐增大并成为最终融合结果中的最大数值。证明了将多个单元探测光幕探测对目标的支持度进行融合后的结果较单个单元探测光幕的识别结果更加准确和可信。

**结束语** 本文利用相似性系数法和D-S证据理论对阵列光幕测试系统光电传感器输出的信号进行处理,解决了阵列光幕测试系统易受外界干扰和无法识别目标身份的难题,并给出了具体的计算公式,通过具体的测试结果验证了该方法的正确性,可以满足阵列光幕测试系统对目标识别的要求。

## 参考文献

- [1] HAN S L, LEI Z Y, WANG Z M. The intersection of vertical target accuracy measurement system for a new sky screen [J]. Optics & control, 2007, 14(5): 153-154.
- [2] LU L P, ZHANG X Q. Data Fusion Method of Multi-Sensor Target Recognition in Complex Environment [J]. Journal of Xidian University, 2020, 47(4): 31-38.
- [3] QI Y J, WANG Q. Review of Multi-Source Data Fusion Algorithm [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2017, 33(6): 37-41.
- [4] SHI H H, JIANG W B. Overview on D-S Evidence Theory [J]. Information Construction, 2015(11): 331.
- [5] LUO J H, YANG Y. An Overview of Target Detection Methods Based on Data Fusion [J]. Control and Decision, 2020, 35(1): 1-15.
- [6] LI J, HUANG L W. Mass Function Construction Method Based on Objective Characteristics [J]. Application research of Computers, 2017, 34(8): 2312-2314.
- [7] LU Y L, LEI Y J, WANG J J. Identity Fusion Method Based on Rough Sets and D-S Theory [J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(10): 1749-1752.
- [8] CHEN Y F. Research on Multi-Source Data Fusion for Marine Target Recognition Based on Evidence Theory [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2015.
- [9] YANG F B, WANG X X. Combination Method Conflicting Evidences in D-S Evidence Theory [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2010: 65-72.
- [10] FANG Y, WANG X Q, LI J, et al. Application of Target Recognition Fusion Based on D-S Evidence Theory [J]. Computer Knowledge and Technology, 2020, 16(12): 190-192.
- [11] ZHANG Y. Research on Perceived Target Classification Based on Decision Fusion in Wireless Sensor Networks [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019.



**PAN Deng**, born in 1988, postgraduate, research assistant. His main research interests include signal detection and processing.



**LYU Jia-liang**, born in 1982, Ph.D, associate researcher. His main research interests include network security, big data and artificial intelligence.