

信号与信息处理

强光对红外图像质量的干扰分析研究

尚举邦¹, 何大龙²

(1. 中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308; 2. 中国航空工业集团西安飞机设计研究所, 西安 710089)

摘要: 红外成像系统强光干扰的仿真与评估, 已成为光电对抗领域内一个重要课题。研究强光对红外图像中目标识别的干扰能力, 对红外图像进行研究与分析, 实现特定目标与场景的合成仿真。所研究对象是红外图像, 通过目标与场景的融合仿真、背景抑制、目标提取等过程, 研究目标与强光光斑相对距离不同时目标检测性能的变化情况, 并提供部分实验结果及结果分析。

关键词: 强光干扰; 干扰能力; 红外成像

中图分类号: TN972.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-04-0046-07

Research on Infrared Image Quality Affected by Laser Jamming

SHANG Ju-bang¹, HE Da-long²

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

2. Xi'an Aircraft Design Research Institute, Aviation Industry Corporation of China, Xi'an 710089, China)

Abstract: The simulation and evaluation of infrared imaging systems affected by the laser jamming has become an important issue in electro-optic countermeasure. The laser jamming effect to the target recognition of the infrared images is researched. The infrared images are researched and analyzed to implement synthesized simulation of special targets and scenes. The research object is infrared images. Through the processes of fusion simulation of target and scene, background suppression and target extraction, the performance changes of target detection are researched when the relative distance between the target and the laser spot is different. And experimental results and result analysis are provided.

Key words: laser jamming; jamming effect; infrared imaging

随着光电对抗技术的迅猛发展, 红外成像系统在光电侦察、光电跟踪测量设备以及光电制导武器等领域中得到了广泛的应用, 红外成像制导已经成为现代化精确制导的关键技术, 是高技术战争的重要体现。据统计, 在 2003 年海湾战争中, 红外成像制导和电视制导武器的使用占美英联军整体精确制导武器使用量的 90% 以上^[1]。因此研究对红外成像制导武器的对抗技术就显得极其重要。

由于红外成像系统的目标探测能力强, 而强光具有极高的亮度, 红外成像系统很容易遭受强光的

辐照干扰甚至破坏。因而各类光电装备的红外探测器成为国外发达国家正在大力发展强光武器系统的首要攻击目标。在诸多红外成像制导武器的对抗技术中, 采用强光束实施干扰, 是当前的主流技术。强光干扰主要是通过强光束辐照, 使系统的光电传感器迷茫、饱和, 或暂时失效, 从而导致精确光电制导武器偏离航线, 光电观瞄设备失去正常工作能力, 其对抗能力介于强光致盲武器与战术强光武器之间^[2]。

在短短的几十年里, 激光武器已经发展成为一

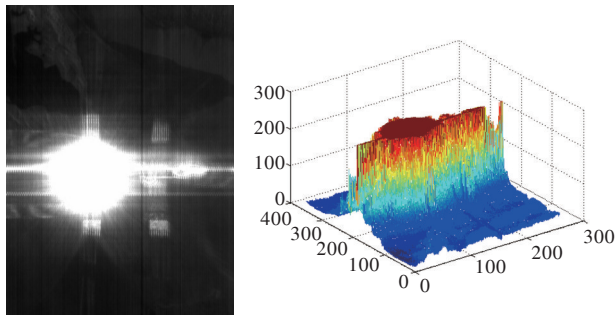
种具有极高命中率和良好抗干扰能力的武器装备,日益受到青睐,同时也强烈刺激了强光干扰技术的发展和运用。强光干扰是光电对抗技术的重要组成部分,是现代战争必不可少的高技术^[3]。

对于红外成像系统来讲,其首要目的是用于对目标的观察、瞄准、捕获,提供给操作人员或系统的最终是一幅图像信息,图像质量的好坏从某种程度上就反映了强光干扰的破坏程度^[4]。因而,从图像质量评价的角度,对强光干扰效果进行评估,能够较准确地评价强光对光电成像器件所成图像的干扰破坏程度。

红外成像系统强光干扰的仿真与评估研究打破了以往必须以实物作为实验对象的限制,能够快速、多样化的、较为真实的反映干扰对红外成像系统造成的影响。因此开展这方面的研究工作意义重大^[5]。

1 研究思路

图1a为强光干扰下的红外图像一帧,图像尺寸351×256元,图像格式bmp。针对此红外图像,研究强光干扰对弱小点目标检测的干扰能力。



(a) 红外图像

(b) 红外图像三维显示

图1 红外图像及其三维显示

为了研究强光干扰对弱小点目标检测的干扰能力,首先需要进行目标与场景的融合仿真。将弱小点目标依据红外辐射原理置于红外场景的不同位置之中,仿真成像后再通过背景抑制、目标提取等信息处理方法,研究目标与强光光斑相对距离不同时目标检测性能的变化情况,由此对强光干扰效果实现定量的统计分析结果。

研究过程中目标场景融合仿真需要解决的问

题有:

- (1) 红外谱段弱小点目标辐射强度的计算;
- (2) 红外图像灰阶对应辐射亮度的计算;
- (3) 仿真分析实验设计。

2 研究过程

2.1 目标辐射强度分析

根据热像仪测量发动机喷焰红外辐射强度公式为

$$I = L_a \cdot A / \tau_a \quad (1)$$

式中, I 为发动机喷焰红外辐射强度; L_a 为发动机喷焰表观辐射亮度; A 为发动机喷焰辐射面积; τ_a 为大气红外透过率。

可以根据实际情况代入具体值,计算目标红外辐射强度。

2.2 传感器绝对辐射定标参数

太阳常数为(表示单位平方厘米,单位 μm 波长的太阳辐射度)为 $L = 8.115 \text{ mW}/(\text{cm}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{Sr})$

红外图像(见图1)成像时为 k 倍放大倍数,对应的有参数斜率 α , 截距 β

辐射亮度为: $L = (\alpha \cdot N + \beta) \times \text{太阳常数}$, N 可以等效为灰阶数。

因此1灰阶对应的辐射亮度为: $L_1 = \alpha \times \text{太阳常数} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{Sr})$ 。

根据小面元辐射定律,在辐射的小面元面积足够小的情况下其辐射强度为

$$I = L \times \Delta A_s \cdot \cos \theta_s \quad (2)$$

假定观测时无射向夹角,一个像元所对应的面积为 S , 由此计算获得1个像元增加1灰阶所需辐射强度。

由于目标是亚像元目标,所以目标强度是叠加在背景强度上的。

2.3 试验部分结果显示

图2给出添加目标的红外仿真图像及其检测结果(部分),在远离光斑、靠近光斑、在光斑边缘和光斑中心4个不同区域添加仿真目标,并给出对应的仿真图像、背景抑制结果图像、目标结果图像。

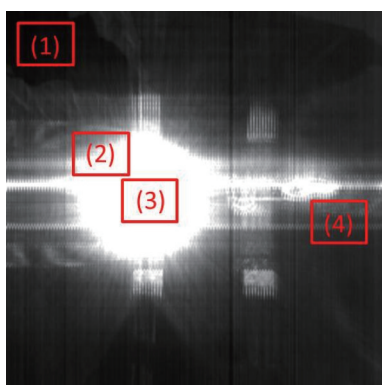
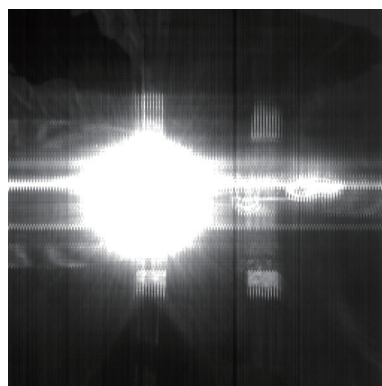
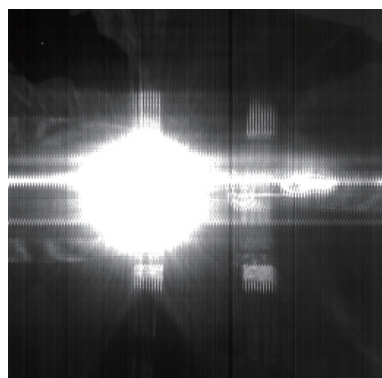


图2 目标(部分)叠加区域示意图

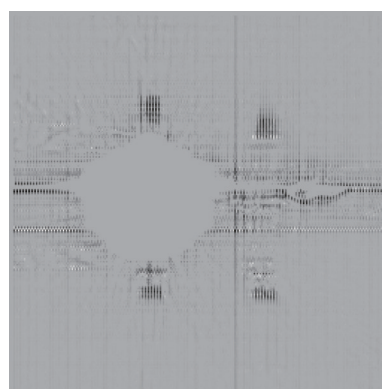
目标强度为 $A \text{ w/sr}$ 时的仿真结果(部分数据)如图3所示。



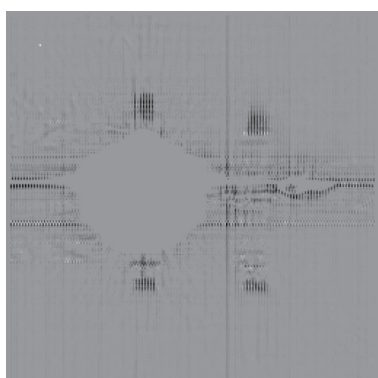
(b1)仿真红外图像目标处于区域2



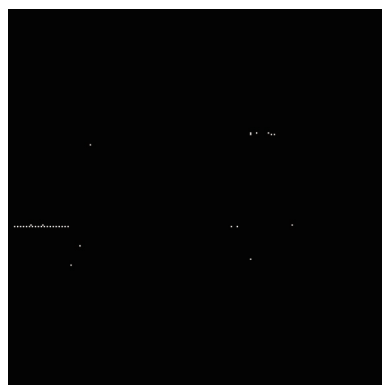
(a1)仿真红外图像目标处于区域1



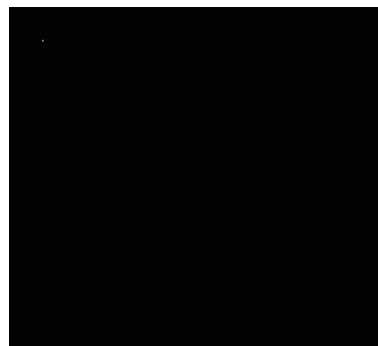
(b2)背景抑制结果



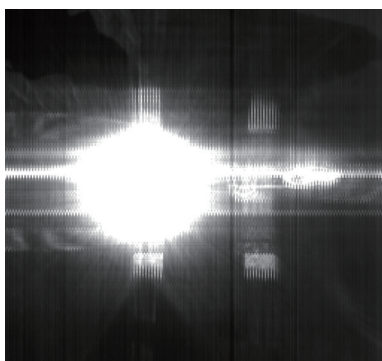
(a2)背景抑制结果



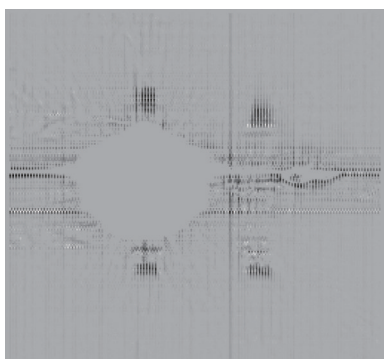
(b3)目标提取结果



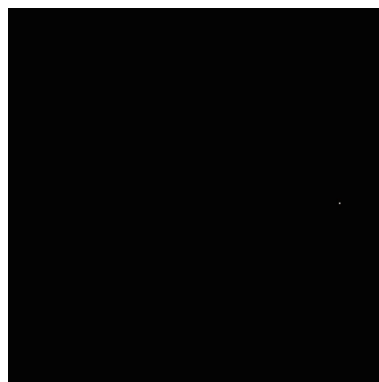
(a3)目标提取结果



(c1)仿真红外图像目标处于区域3



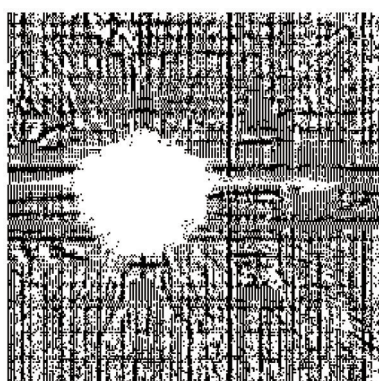
(c2)背景抑制结果



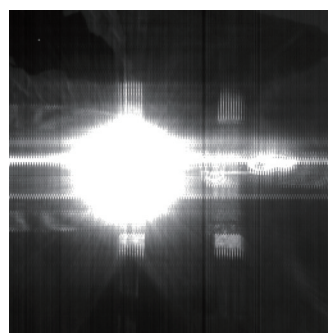
(d3)目标提取结果

图3 目标强度为 $A \text{ w/sr}$ 时的仿真结果

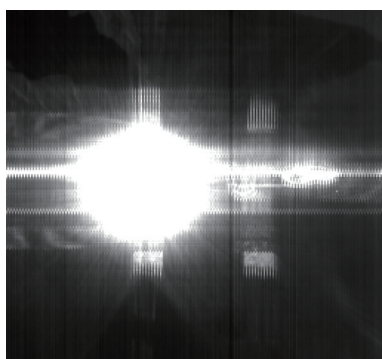
目标强度为 $B \text{ w/sr}$ 时的仿真结果(部分数据)如图4所示。



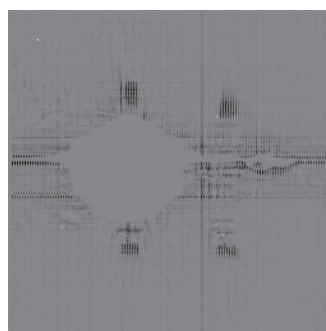
(c3)目标提取结果



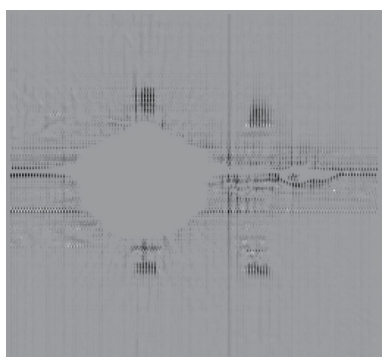
(a1) 仿真红外图像目标处于区域1



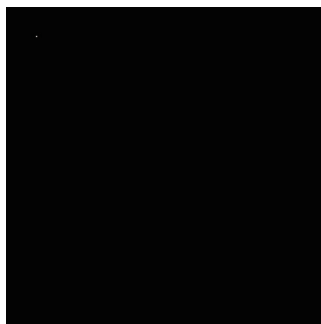
(d1)仿真红外图像目标处于区域4



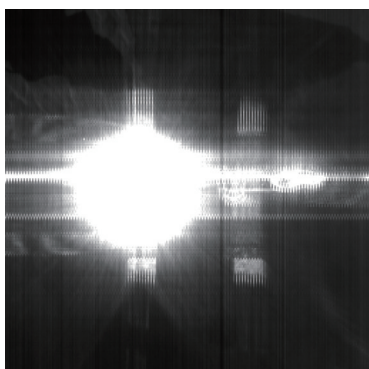
(a2)背景抑制结果



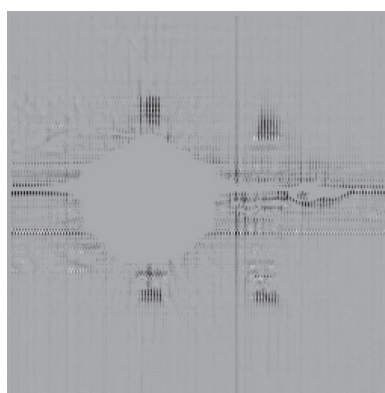
(d2)背景抑制结果



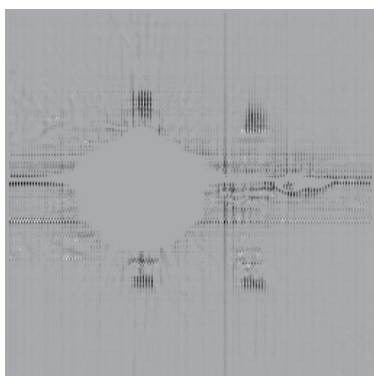
(a3) 目标提取结果



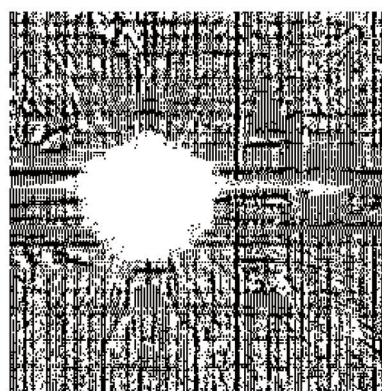
(b1) 仿真红外图像目标处于区域 2



(c2) 背景抑制结果



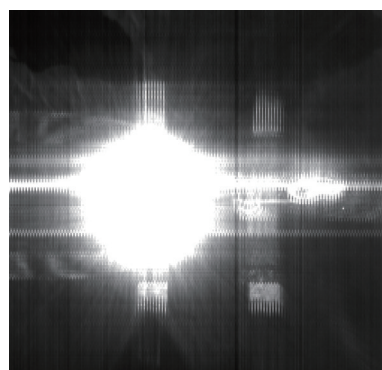
(b2) 背景抑制结果



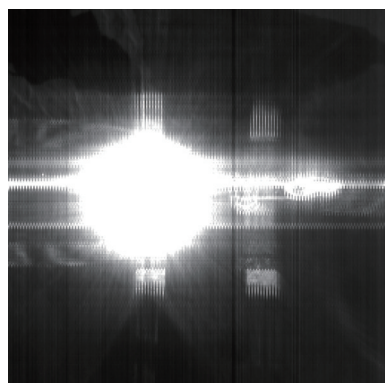
(c3) 目标提取结果



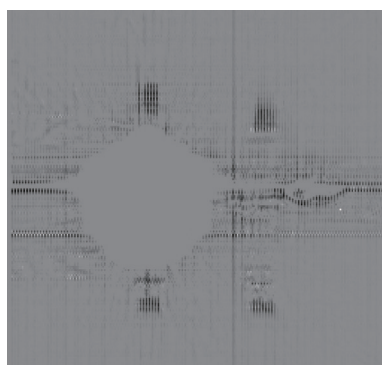
(b3) 目标提取结果



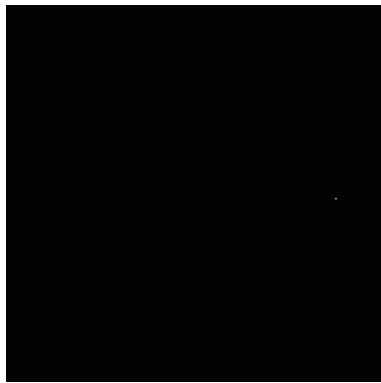
(d1) 仿真红外图像目标处于区域 4



(c1) 仿真红外图像目标处于区域 3



(d2) 背景抑制结果



(d3)目标提取结果

图4 目标强度为 $B w/sr$ 时的仿真结果

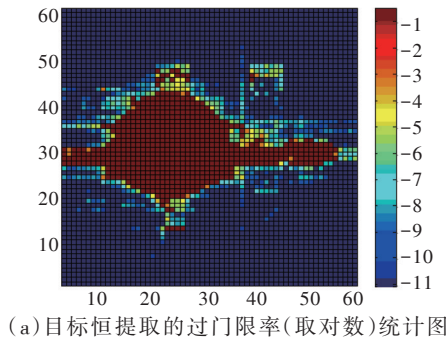
由以上试验结果可知,当目标位于图1的区域(1)和区域(4)时,通过背景抑制以及目标提取算法,仍能识别目标的位置。处于区域(2)的目标,相比于前两者,离强光中心位置更近,最终的目标提取结果产生很多虚警。区域(4)的目标,几乎处于强光的中心,此时无法检测到目标。

2.4 试验统计结果分析

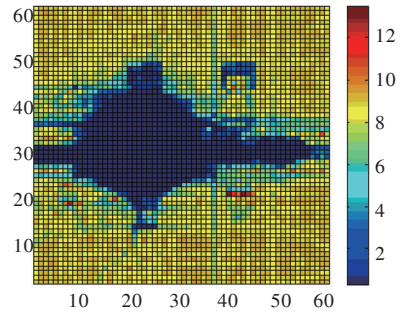
为了进行全图强光干扰效果影响分析,在全图采样,每隔4个像元进行一次仿真目标的叠加并进行信息处理试验。仿真图像经过滤波处理后,对滤波图像进行恒检测概率下的分割处理,统计单帧虚警率,作为干扰效果评价指标。下面给出全图不同位置仿真目标的处理结果。

目标强度为 $A w/sr$ 时的仿真统计结果如图5所示。

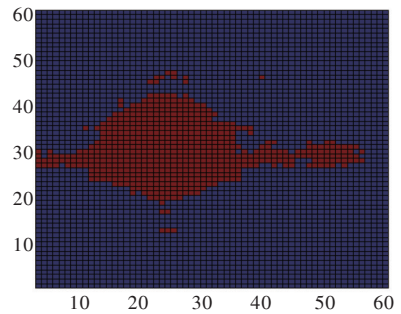
图5a、图5b给出不同区域出现仿真目标的过门限率(取对数)的统计结果。完全不能提取目标的区域如图5c所示。



(a)目标恒提取的过门限率(取对数)统计图



(b)背景抑制后信噪比统计图

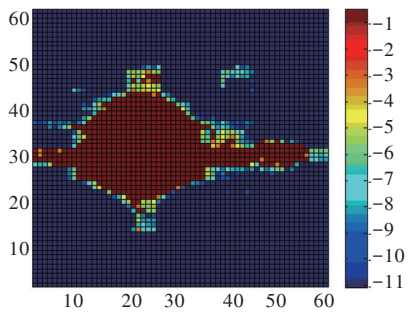


(c)完全无法提取目标的区域

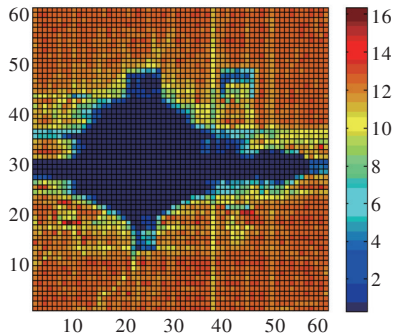
图5 目标强度为 $A w/sr$ 时,仿真结果统计图

目标强度为 $B w/sr$ 时的仿真统计结果如图6所示。

图6a、图6b给出不同区域出现仿真目标的过门限率(取对数)的统计结果。完全不能提取目标的区域如图6c所示。



(a)目标恒提取的过门限率(取对数)统计图



(b)背景抑制后信噪比统计图

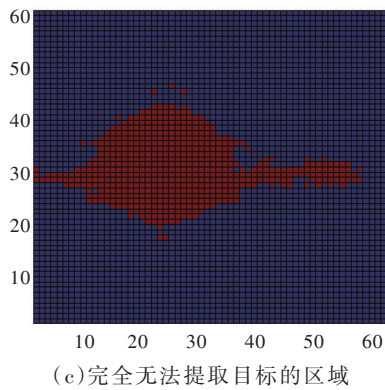
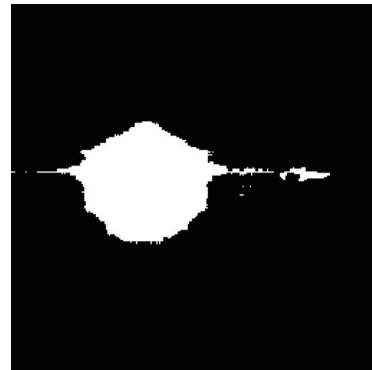
图6 目标强度为 $B w/sr$ 时,仿真结果统计图

图7 强目标无法检测区与饱和区域对比图

3 研究结果

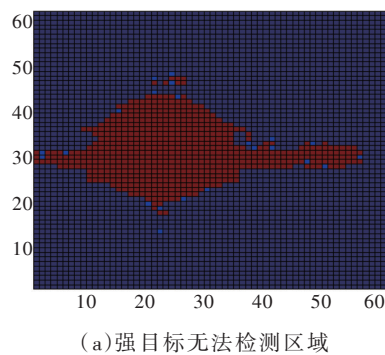
通过试验结果可得出以下结论:

(1)强光造成的饱和区域是没有任何信息可以提供给信息处理系统提取或人工辨识的;

(2)围绕饱和区域的灰区,同样尺寸的点源目标,目标强度越大,无法提取的区域越小;

(3)部分灰区对于强目标(饱和目标)也是无法提取的;

(4)针对目标强度为 $B w/sr$ 的实验图像,饱和目标的仿真实验表明,完全无法提取目标的区域(见图7a)面积约为9 296个像元。远大于强光干扰情况下饱和区域面积(见图7b),其饱和区域约为6 193元,无法检测饱和目标的灰区面积约为饱和区域的50%。



参考文献

- [1] 周建民. 强光对光电制导武器跟踪系统的干扰技术研究[D]. 合肥:中国科学院研究生院,2005.
- [2] 刘京郊. 光电对抗与系统[M]. 北京:中国科学技术出版社,2004.
- [3] 蒋耀庭,杨杰,周晓松. 强光干扰技术及发展现状[J]. 红外与激光工程,2001,30(5).
- [4] 孙运强. 强光干扰图像质量评价方法研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2006.
- [5] 高巍巍. 红外成像系统强光干扰的图像仿真与效果评估[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.
- [6] 胡宗进,范文强,于光玉,等. 基于OpenCV的自适应阈值图像前景提取[J]. 光电技术应用,2017,32(1):56-59.
- [7] 李晨,王菲. 海水水质对激光接收功率的影响分析[J]. 光电技术应用,2017,32(1):44-49.
- [8] 依玉峰,田宏. 基于时域运动特征分析点目标检测方法[J]. 光电技术应用,2017,32(2):25-31.
- [9] 张华,张海斌. 红外图像存储于回放系统的设计[J]. 光电技术应用,2017,32(2):32-35.
- [10] 马韬,耿敏. 红外目标探测系统的仿真模拟[J]. 光电技术应用,2017,32(2):62-67.
- [11] 张海斌,汪晓洁. 基于标定配准的红外微光图像融合研究[J]. 光电技术应用,2017,32(3):36-42.
- [12] 李晓冰. 基于反向直方图的红外序列测量图像灰度变换方法[J]. 光电技术应用,2017,32(3):42-45.