

测试、试验与仿真

一种对多光谱成像侦察设备的干扰效果评估方法

丛龙洋

(中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300308)

摘要:分析了多光谱成像侦察设备干扰效果评估因素。依据多光谱成像侦察设备不同通道在同一像素的灰度值构成的光谱特征曲线的相关度,计算对目标的识别概率。依据干扰后与干扰前多通道光谱成像设备对目标的识别概率之比,提出一种对多光谱成像侦察设备的干扰效果评估准则,可用于评价对多光谱成像侦察设备的干扰效果。

关键词:多光谱成像;干扰效果;评估方法;准则

中图分类号:O433.1

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2017)-00-0057-03

Jamming Effectiveness Evaluation Method for Multispectral Imaging Reconnaissance Equipment

CONG Long-yang

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

Abstract: The jamming result assessment factors of multispectral imaging reconnaissance equipments are analyzed. According to the correlation of spectral character curvilinear composed by the different channels of multispectral imaging reconnaissance equipments on the gray value of the same pixel, the identify probability to the target is calculated. Based on the identification probability ratio of multichannel spectral imaging equipments to the target before and after jamming, a jamming effectiveness evaluation criterion on multispectral imaging reconnaissance equipments is presented, which can be used to evaluate the jamming effect.

Key words: multispectral imaging; jamming effectiveness; evaluation method; criterion

干扰效果是指在电子干扰作用下对被干扰对象产生的破坏、损伤效应,它是电子干扰设备综合战术效能最直观的体现。干扰效果评估是对实施干扰后所产生效应的定性或定量评价,它是干扰技术研究中必不可少的重要环节,对于改进干扰技术有重要意义。因此,各国都十分重视干扰效果评估方法和技术的研究和应用。

多光谱成像侦察设备是应用于各种地面、机载、舰载武器或其火控系统的光电侦察设备,用于对目标的观察、瞄准、捕获、跟踪等,对多光谱成像侦察设备干扰效果的检验、评估是全面评估光电干扰设备战术性能的重要环节之一。

在评估干扰效果时,首先要确定相应的评估准则。干扰效果评估准则主要指的是在评估干扰效果时,所选择的评估指标和所确定的干扰效果等级划分。评估指标是指在评估中需要检测的被干扰对象与干扰效应有关的关键性能指标。干扰效果等级划分则是指根据上述评估指标量值大小对被干扰对象性能的影响程度,确定出与干扰无效、有效或一级、二级、三级等量化等级对应的评估指标的阈值。由此可见,干扰效果评估准则是进行干扰效果评估所必需的依据,在确定了干扰效果评估准则后,通过检测实施干扰后评估指标的量值并与阈值相比较,便可以确定干扰是否有效以及干扰效果

的等级。

1 施加干扰信号后多光谱成像侦察设备对目标识别概率计算方法

对于多光谱成像系统,其获取的多光谱图像,是不同通道在同一位置像素的灰度值构成了同一位置上的光谱曲线。对于特定的材料,具有特定的光谱特征曲线,而且这种曲线是已知的。用该特征曲线与所有像素点的光谱曲线进行对比,确定它们之间的相关度,根据相关度判据进行识别。对此,文中采用干扰后与干扰前多通道光谱成像系统对目标的识别概率之比为依据,判断干扰设备对多通道光谱成像系统的干扰效果。

通过互相关器来实现对输入波形或数据作互相关函数的运算。如图1所示。

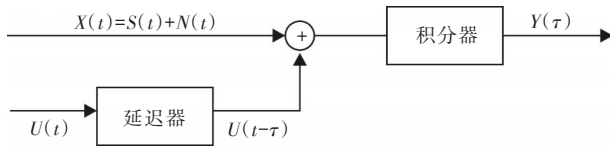


图1 互相关器示意图

若互相关器输入信号为

$$X(t) = S(t) + N(t) \quad (1)$$

其中, $s_1(t)$ 为参考信号,它是一个确定信号,是已知的材料光谱特性曲线。

则,输出信号为

$$Y(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)U(t-\tau)dt \quad (2)$$

其中, $S(t)$ 是周期性实平稳随机信号; $N(t)$ 是平稳噪声。

设过程 $X(t)$ 和 $U(t)$ 具有互相关的各态历经性,由此可得下式

$$R_{xu}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t+\tau)U(t)dt \quad (3)$$

令 $t = t' + \tau$, 则有下式

$$R_{xu}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)U(t-\tau)dt \quad (4)$$

其中, $x(t)$ 是 $X(t)$ 的一个样本函数。

将上式与互相关器的输出函数对照可得下式

$$Y(\tau) = R_{xu}(\tau) = R_{su}(\tau) + R_{nu}(\tau) \quad (5)$$

式中, $R_{xu}(\tau)$ 为输入信号(包括噪声)曲线与参考特征曲线的相关度; $R_{su}(\tau)$ 为输入信号(不包括噪声)

曲线与参考特征曲线的相关度; $R_{nu}(\tau)$ 为噪声曲线与参考特征曲线的相关度。

因参考信号 $U(t)$ 与输入噪声 $N(t)$ 是互不相关的,假设噪声的均值为0,则 $R_{nu}(\tau) = 0$, 因此有

$$Y(\tau) = R_{su}(\tau) \quad (6)$$

因此可在互相关器的输出端得到输入信号与参考信号的互相关函数值。参考信号 $U(t)$ 是已知的,可以选取 $R_{su}(\tau)$ 作为它与 $S(t)$ 的相关函数,随着自变量 τ 有着明显的变化规律。

例如,当 $S(t)$ 是确定信号时,可以选取 $U(t)$ 等于 $S(t)$, 此时 $R_{su}(\tau) = R_s(\tau)$, $R_{su}(\tau)$ 代表着信号存在与否。

对于多光谱探测识别系统的应用,以上理论的具体实施为:设从各通道探测器输出的某一像元光谱信号形式为 $X(n)$ 。是一个离散信号, $n=1,2,3 \dots N$, 表示 N 个通道。由于通道数有限,不会产生混叠现象。

$$\text{令参考信号为 } U(n) = kS(n) \quad (7)$$

式中, k 为比例系数。

输入的信号包括了目标照射信号和探测系统产生的噪声,设实际信号和噪声分别为 $S(n)$ 、 $N(n)$, 因此 $X(n) = S(n) + N(n)$, 则输出的信号为

$$Y = \sum_{n=1}^N X(n)U(n) = k \sum_{n=1}^N [S(n)U(n) + N(n)U(n)] \quad (8)$$

如果进入多光谱探测系统的目标辐射中包含了干扰光,相当于在原有信号和噪声的基础上叠加了一个光谱分布,从而对目标识别造成干扰。设叠加的干扰辐射输出为 $NT(n)$, 则参考上式,输出信号为

$$Y = k \sum_{n=1}^N [S(n)U(n) + N(n)U(n) + NT(n)U(n)] \quad (9)$$

式中增加的第三项就是干扰项。

对 Y 进行归一化,设输出灰度值最大读数为 M , 则归一化的互相关输出为

$$P = \frac{Y}{kM^2N} \quad (10)$$

归一化的互相关输出 P 即为对目标的识别概率。

2 干扰效果评估准则

对多通道光谱成像系统干扰效果评估准则依

据实施干扰前后多通道光谱成像系统目标识别概率的变化情况评估激光对多通道光谱成像系统的干扰效果。

设实施干扰前与实施干扰后,系统对目标的识别概率分别为 P_0 和 P_s ,定义 K 为多通道光谱成像系统干扰后对目标的识别概率与干扰前对目标的识别概率之比,即有

$$K=P_s/P_0 \quad (11)$$

式中, K 值的大小反映了激光对多通道光谱成像系统的干扰效果,可直接用于评估对多通道光谱成像系统的干扰效果。

依据 K 值的大小,可以将对多通道光谱成像系统的干扰效果划分为若干等级。例如,可将干扰效果由弱到强划分为以下4个等级:

- (1)当 $0.72 \leq R < 1$ 时,为1级干扰;
- (2)当 $0.46 \leq R < 0.72$ 时,为2级干扰;
- (3)当 $0.18 \leq R < 0.46$ 时,为3级干扰;
- (4)当 $0 \leq R < 0.18$ 时,为4级干扰。

达到三级干扰以上为有效干扰。

3 结 论

与其他电子干扰干扰效果评估方法的研究相比,目前对多光谱成像侦察设备的评估方法研究还很不充分,评估方法还不成熟,有许多理论和技术问题还需要深入研究和探索。

从被干扰对象的角度出发,提出了一种对多光谱成像侦察设备的干扰效果计算方法,以干扰后对

目标的识别概率与干扰前对目标的识别概率之比为依据,提出了一种对多光谱成像侦察设备的干扰效果评估方法,可对多光谱成像侦察设备进行干扰效果评估。

参考文献

- [1] 高卫,黄惠明,李军.光电干扰效果评估方法[M].北京:国防工业出版社.
- [2] 彭望泽.防空导弹武器系统电子对抗技术[M].北京:宇航出版社,1995.
- [3] 薛利敏,张洪向,李敏勇.效力准则的电子战干扰效果度量的研究[J].火力与指挥控制,2004,29(3):58-60.
- [4] 王世勇,付有余,郭劲,等.脉冲激光对CCD图像跟踪系统干扰效果评估[J].激光与红外,2002,32(1):20-22.
- [5] 高卫,贺伟.烟幕对光电观瞄设备干扰效果的评估准则[J].光子学报,2007,36(增刊):270-273.
- [6] 周立伟.目标探测与识别[M].北京:北京理工大学出版社,2002.
- [7] Rosenfeld Azriel, Avinash C KAK. Digital picture processing: 2th ed[M]. New York: Academic Press, 1982.
- [8] 徐蓉,门涛,张荣之.临近空间平台光电探测系统在空间态势感知中的应用[J].中国光学与应用光学,2010,3(6):546-553.
- [9] 韩强盛,张保洲,卢利根,等.快速光电探测系统响应时间精密测量装置[J].照明工程学报,2015,26(2):1-5.
- [10] 张正茂,胡心.基于PSpice的光电探测电路仿真分析[J].光电技术应用,2012,27(5):69-72.

(上接第45页)

参考文献

- [1] 熊群力,陈润生,杨小牛,田宏.综合电子战——信息化战争的杀手锏[M].2版.北京:国防工业出版社,2008.
- [2] 侯振宁.激光有源干扰原理及技术[J].光机电信息,2002(3):22-26.
- [3] 黄涛,胡惠灵,胡以华,等.空间目标识别中的激光探测技术[J].激光与红外,2010,40(7):685-688.
- [4] 谷锁林,孙华燕,张永继,等.空中目标的激光主动探测[J].激光与红外,2005,35(7):476-478.
- [5] 赵勋杰,高稚允,张英远.基于“猫眼”效应的激光侦察技术及其在军事上的应用[J].光学技术,2003,29(7):415-417.
- [6] 丁宇,蔡军.高重频 $2\mu\text{m}$ Ho:GDVO₄固体激光器[J].光电技术应用,2016,31(3):28-32.
- [7] 刘宗新,刘景鹏.高精度远距离激光测距系统设计[J].光电技术应用,2016,31(5):1-4.
- [8] 赵龙,张骏,杨海梅,等.激光探测水下振动特征的多尺度变换与时频分析[J].光电技术应用,2016,31(5):8-11.
- [9] 李宇海,王锴.针对1~10 cm空间碎片的红外与可见光融合探测技术[J].光电技术应用,2016,31(6):15-19.
- [10] 黄涛,胡惠灵,胡以华,等.空间目标识别中的激光探测技术[J].激光与红外,2010,40(7):685-689.