

·测试、试验与仿真·

成像制导武器干扰效果评估方法研究

丛龙洋, 屈玉宝, 许宏, 杨帆, 蔡军

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 三河 065201)

摘要:分析了成像制导武器干扰效果等级的划分依据. 计算了干扰前与干扰后成像制导武器的杀伤概率变化及干扰成功率, 提出了一种对成像制导武器的干扰效果评估准则, 可用于评价对成像制导武器的干扰效果.

关键词:成像制导; 干扰效果; 评估方法; 判据

中图分类号: TN972⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)05-0077-03

Research on Image Guided Weapons Jamming Effect Evaluation Method

CONG Long-yang, QU Yu-bao, XU Hong, YANG Fan, CAI Jun

(Science and Technology on Electro-optical Information Security Control Laboratory, Sanhe, 065201)

Abstract: The dividing basis of the image guided weapons jamming results grade was analyzed. The successful probability of jamming and the killed probability of the image guided weapons before and after being jammed were calculated, a jamming effect evaluation criterion for image guided weapons was presented, which can used to evaluate the jamming effect on image guided weapon.

Key words: image guided; jamming effect; evaluation method; criterion

精确制导武器已经应用了几十年, 发展了多种型号, 具有全向攻击、命中率高等特点. 对近年历次战争和局部冲突的统计表明, 大多数目标是被精确制导武器击毁的. 自 20 世纪 60 年代开始至 20 世纪 70 年代成像技术得到很大的发展, 很快用于制导武器的设计, 成为成像制导武器的基础技术之一. 成像系统的性能比非成像系统优越得多, 其抗干扰能力强, 能较好地对抗自然背景, 从复杂的背景中识别目标等, 因此各军事强国都把成像制导武器列为重大发展项目. 要对抗成像制导武器, 需对成像制导武器的干扰效果评估方法进行深入研究.

成像制导武器的干扰效果评估是指对成像制导武器实施干扰后所产生的干扰、损伤或破坏效应的定性或定量评价. 干扰效果评估指标是指在评估干扰效果时, 需要检测的被干扰对象与干扰效应有关, 或会受干扰影响的关键性能指标. 对制导武器的干扰效果直观反应了电子对抗设备的干扰能力, 干扰

效果评估实质上是对电子对抗设备干扰能力的评价, 它是电子对抗设备作战效能评估的核心问题.

在确定干扰效果评估准则时, 应该从被干扰对象即作战对象的角度出发, 以干扰作用前后被干扰对象的关键性能的变化为依据, 来确定干扰效果评估指标, 并划分干扰效果等级.

1 成像制导武器干扰效果判别及计算方法

根据成像系统受干扰后成像系统图像上饱和和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 判断对成像制导武器的干扰效果.

下面对施加干扰前、干扰后成像制导武器的杀伤区间进行分析.

收稿日期: 2010-09-06

作者简介: 丛龙洋(1981-), 男, 辽宁人, 学士, 主要研究方向为光学测试.

1.1 不加干扰时

在 x 方向, 设目标长度 L , 成像制导武器杀伤半径 s , 成像制导武器杀伤目标的空间概率分布为^[1]

$$P_{N0x} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}} \quad (1)$$

式中, σ_{0x} 为成像制导武器在 x 方向的均方差。

只有落到 $[-L/2 - s, L/2 + s]$ 范围内的导弹才会杀伤目标, 示意图如图 1 所示。

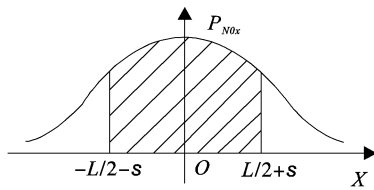


图 1 不加干扰时 x 方向导弹杀伤概率分布

图 1 中阴影部分的积分就是成像制导武器的杀伤概率 P_{h0} , 即

$$\int_{-L/2-s}^{L/2+s} P_{N0x} dx = P_{h0} \quad (2)$$

将式(1)代入得

$$\text{erf}\left(\frac{\sqrt{2}L/2+s}{2\sigma_{0x}}\right) = P_{h0} \quad (3)$$

其中, erf 为误差函数。

在 不加干扰的情况下, 设成像制导武器典型杀伤概率为 a . 用数值法可以解出 x 、 y 方向上的高斯分布均方差。

1.2 施加干扰后

在对成像制导武器进行干扰后, 成像制导武器杀伤目标的空间概率分布仍为高斯分布, 但均方差发生了改变, 使得成像制导武器杀伤目标的空间概率分布曲线变得更加低平, 而且曲线的中心点发生了质心偏移 x_0 , 如图 2 所示。

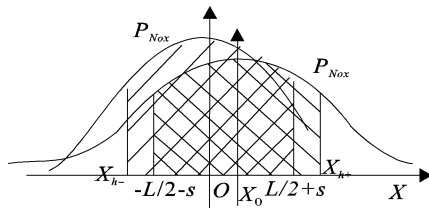


图 2 x 方向成像制导武器杀伤概率分布不加干扰与加干扰比较, 这样的高斯分布为

$$P_{Nx} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (4)$$

设干扰后与干扰前的杀伤概率比值为 ξ , 参照式(2)、式(3)有

$$\frac{1}{2} \text{erf}\left(\frac{\sqrt{2}L/2+s-x_0}{2\sigma_x}\right) + \frac{1}{2} \text{erf}\left(\frac{\sqrt{2}L/2+s+x_0}{2\sigma_x}\right) = \xi P_{h0} \quad (5)$$

其中, σ_x 为干扰情况下的均方差. 可用数值法解出, 由此得到高斯分布曲线 P_{Nx} 的形式。

若杀伤概率为 a , 杀伤区间必须在 $[x_{h-}, x_{h+}]$ 之内。

$$\int_{x_{h-}}^{x_{h+}} P_{Nx} dx = a \quad (6)$$

注意 x_{h+} 和 x_{h-} 是不对称的. 式(6)可以用对称形式表示

$$\int_{-x_h}^{x_h} P_{Nx} dx = a \quad (7)$$

式(6)、式(7)上下标的关系为

$$\begin{cases} X_{h-} = x_0 - X_h \\ X_{h+} = x_0 + X_h \end{cases} \quad (8)$$

由式(7)可计算出 x_h .

按上述方法同理可求出 y_h .

1.3 饱和像元数量与干扰效果之间的关系

通过分析计算, 成像系统受干扰后成像系统图像上饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 与干扰效果之间的关系如下。

A 可分解为

$$A = (x_h/l \times y_h/h) \times 100\% \quad (9)$$

式中, x_h 为图像上饱和像元在一定距离上对应的空间长度, 即施加干扰后 x 方向的杀伤区间; y_h 为图像上饱和像元在一定距离上对应的空间长度, 即施加干扰后 y 方向的杀伤区间; l 为成像制导武器系统视场在一定距离上对应的空间长度; h 为成像制导武器系统视场在一定距离上对应的空间高度; A 为成像制导武器成像系统图像上饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比。

根据上述结果反推理可知, 导弹在干扰后与干扰前对 x 方向目标的杀伤概率比值 ζ_x 与 y 方向目标的杀伤概率比值 ζ_y , 二者的乘积即为导弹在干扰后与干扰前对目标的杀伤概率比值 ξ , 导弹受干扰后的杀伤概率 P 为

$$P = \xi \times a$$

$$\xi = (\xi_x \times \xi_y) \quad (10)$$

式中: P 为导弹受干扰后对目标的杀伤概率; a 为不加干扰时导弹对目标的典型杀伤概率; ξ 为导弹干扰后与干扰前导弹对目标的杀伤概率比值; ξ_x 为导弹干扰后与干扰前在 x 方向的杀伤概率比值; ξ_y 为导弹干扰后与干扰前在 y 方向的杀伤概率比值.

干扰成功率 = $1 - P$

因此,成像系统受干扰后成像系统图像上饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 与干扰成功率之间的关系如图 3 所示.

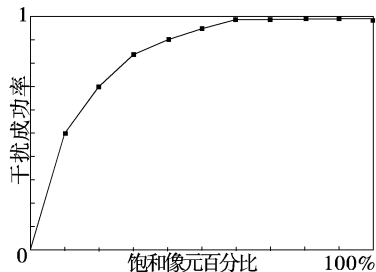


图 3 饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 与干扰成功率之间的关系图

2 成像制导武器干扰效果判别准则

干扰效果等级是指:根据评估指标量值大小对被干扰对象性能或完成规定任务的能力影响程度,确定出的干扰无效、有效或一级、二级、三级等用以表征干扰效果达到不同程度的量化等级,以及与各等级相对应的评估指标量值^[2].

对于不同的干扰对象,有不同的干扰效果评估

指标,也就有不同的干扰效果等级和不同的干扰效果评估准则.

对成像制导武器干扰效果判别准则如下:

按通用干扰等级判别标准,对成像制导武器的干扰效果由弱到强划分为以下 4 个干扰级别:

(1) 成像制导武器干扰成功率为 $0 \sim 0.18$, 为一级干扰;

(2) 成像制导武器干扰成功率为 $0.19 \sim 0.45$, 为二级干扰;

(3) 成像制导武器干扰成功率为 $0.46 \sim 0.72$, 为三级干扰;

(4) 成像制导武器干扰成功率为 $0.73 \sim 1$, 为四级干扰.

3 结束语

与其他电子干扰效果评估方法的研究相比,目前对成像干扰效果评估方法的研究还很不充分,评估方法还不成熟,加之成像干扰效果评估所涉及的专业面很宽,情况比较复杂,有许多理论和技术问题需要更加深入研究和探索.文中采用的方法是从被干扰对象的角度出发,以干扰成功率的大小为依据,提出成像制导武器干扰效果判别准则,判别方法较为简单直观,可以应用于对成像制导武器的干扰效果评估.

参考文献

- [1] 万维明. 概率论与数理统计[M]. 北京:机械工业出版社.
- [2] 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.
- [3] 刘祥,邓中亮,吴巍荪. SQLite3 在基于 WinC E 平台的智能移动终端的应用[J]. 工业控制计算机, 2009(3): 19-20.
- [4] <http://www.sqlite.com.cn>
- [5] 汪兵. Windows CE 嵌入式高级编程及其实例详解[M]. 中国水利水电出版社, 2008.
- [6] 张伟,戈振扬. 烤烟房温湿度无线数据采集系统[J]. 计算机工程, 2010(3): 240-242.

(上接第 64 页)

度工艺曲线,可作为下一步智能控制的预设曲线.

参考文献

- [1] 倪天龙,张贤高. 数据库 SQLite 在嵌入式系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2005(10): 35-37.
- [2] 胡伟. SQLite 在嵌入式系统上的实现研究. 计算机与数字工程[J], 2009(2): 46-47.