

文章编号: 1672-8785(2013)06-0025-04

“人在回路”在红外成像ATR判据优化中的应用

徐振亚¹ 祁 鸣¹ 李丽娟^{1,2}

(1. 中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471009;

2. 航空制导武器航空科技重点实验室, 河南 洛阳 471009)

摘 要: 随着红外对抗技术的发展, 红外成像精确制导武器设计遇到越来越多的实际困难。为适应复杂的战场要求, 提高精确制导武器的适应能力, 本文通过实际工程应用示例, 利用“人在回路”判读方法开展目标特性研究, 提出了一种为自动目标识别(Auto Target Recognition, ATR)判据设置优化提供支撑的工程方案。该方案对提高我国红外精确制导武器的自主设计能力具有参考价值。

关键词: 红外成像制导; 人在回路; ATR 判据优化

中图分类号: TJ43+9.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.06.05

Application of Man-in-the-loop in ATR Criteria Optimization

XU Zhen-ya¹, QI Ming¹, LI Li-juan^{1,2}

(1. China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China; 2. Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Airborne Guided Weapons, Luoyang 471009, China)

Abstract: With the development of infrared countermeasure technologies, the design of infrared imaging precision guided weapons meets more and more practical difficulties. To improve the adaptability of infrared imaging precision guided weapons in a complicated battle field, the characteristics of targets are studied by using the man-in-the-loop technology in practical projects. A project scheme which can provide support for the criteria optimization of Auto Target Recognition (ATR) is proposed. The scheme is of referential value to the improvement of the independent design ability of the infrared imaging precision guided weapons in our country.

Key words: infrared imaging guidance; man-in-the-loop; ATR criteria optimization

0 引言

与雷达系统和可见光系统相比, 红外成像系统具有以下特点:

(1) 环境适应性优于可见光, 穿透雾、霾的能力较强, 可昼夜工作。

(2) 红外波长较雷达波短, 可获得较高分辨率的目标空间图像, 能够满足近距离最佳攻击位置的选取需求。

(3) 被动探测, 隐蔽性好。

(4) 系统体积小、功耗低, 适用于弹载等应用环境。

收稿日期: 2013-04-24

作者简介: 徐振亚(1985-), 男, 山东曹县人, 助理工程师, 硕士, 主要研究方向为目标特性与红外探测系统评估。E-mail: xzy17342@163.com

鉴于以上特点, 红外成像探测已经被多数发达国家应用于军事侦查、监视和制导领域。如美国的 AIM-9X、法国的 MICA-IR、南非的 A-DARTER 等导弹。此外, 以色列研制的 Python V 空空导弹采用双波段凝视焦平面成像系统, 能在下视、不良背景和云层条件下截获小型目标, 该导弹目前已完成载飞鉴定试验和自由飞行制导试验。

ATR 技术^[1]是精确制导武器完成自主攻击的核心。其优势在于能提高导弹自寻的能力, 真正实现“发射后不管”, 是目前精确制导武器设计的重要组成部分及未来的发展趋势。目前, ATR 技术得到了一定的发展, 并已在某些领域得到了针对性的应用。但其实战效果还不够理想。因此, ATR 技术还需要开展更为深入的目标特性判据提取及优化工作。

随着红外对抗技术的发展, 红外干扰在辐射和运动特性等方面与目标越来越接近。完备的 ATR 系统设计将遇到越来越多的实际困难; 与之同时, 采用凝视成像、双色、多模等新体制设计的新型导引头可以获得更为丰富的有关目标和干扰的信息。因此, 如何有效提取和利用红外图像中的既有信息, 为优化设置 ATR 判据提供可靠数据支撑, 就成了提高精确制导武器作战性能的基础。

1 “人在回路”介绍^[1,3]

“人在回路”是目前精确制导武器设计的两大组成部分之一。它在提高导弹突防能力、命中精度、干扰对抗能力, 增加打击与毁伤的有效性等方面具有重要作用。其工作原理是: 通过人工参与来观察、识别和锁定目标, 然后转入弹上自动跟踪, 或直接操纵导弹攻击目标。“人在回路”与 ATR 导引系统在实现方面的主要区别^[2]如图 1 所示, 其中虚线为 ATR 系统的实现示意图, 实线为“人在回路”系统的实现示意图。

通常, 弹上成像传感器获取战场的场景图像, 通过数据链或光纤把战场的场景图像传给操控人员; 操控人员识别出目标后再通过数据链

或光纤把目标识别、跟踪与控制指令传回给导弹; 在导弹自动跟踪目标的过程中, 一旦目标丢失, 可通过人工参与来重新搜索、截获和识别目标, 直至命中目标。“人在回路”导引系统在防区外空地导弹中应用比较普遍, 如美国的 SLAM 空地导弹和新一代“战斧 BlockN”巡航导弹等。

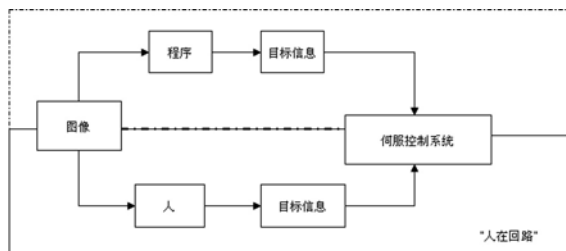


图1 “人在回路”导引系统与 ATR 导引系统在实现上的主要区别

综上所述, “人在回路”系统的技术优势在于:

- (1) 可利用战场先验知识及多种辅助信息, 目标识别准确。
- (2) 对成像质量的要求适中, 特别适用于复杂背景、复杂目标和伪装目标的识别。
- (3) 可并行处理多模成像传感器产生的多波段图像。
- (4) 可以对非连续场景图像中的目标进行识别等。

此外, “人在回路”可以使导弹具有更丰富的功能, 例如任务的重新规划、攻击目标的重新选择、攻击能力的重建以及作战人员和指挥部将及时获取的战场前沿图像作为实时战场毁伤评估的依据等。

下面从一工程示例介绍“人在回路”技术的应用与在红外成像 ATR 判据优化领域中的具体方案。

2 工程示例及关键技术

2.1 工程示例

利用“人在回路”思想的特征提取的主要流程如图 2 所示。

选择图 3 所示的一组红外图像序列作为示例, 通过前后帧图像的对比, 操控人员可以很准

确地判断出场景中的目标区域和云背景区域。为简单起见, 选择相对简单的全局阈值分割进行目标提取处理。“人在回路”特征提取的具体步骤如下:

首先, 对原始灰度图像进行图像分割, 完成目标提取处理。分割后的图像如下图 4 所示。

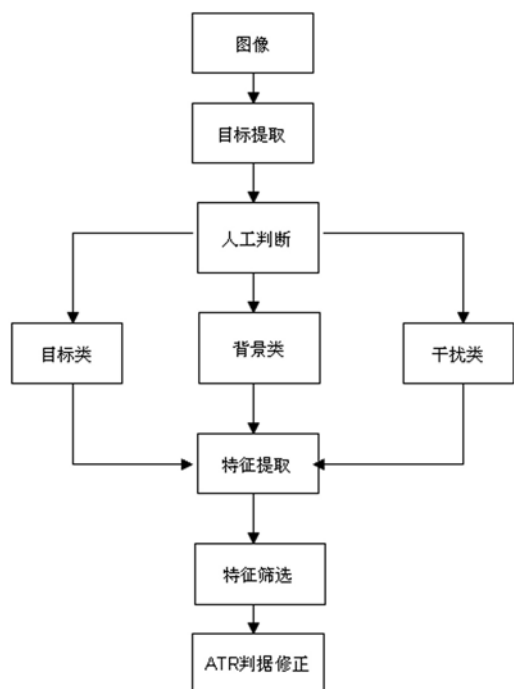


图 2 “人在回路”特征提取的流程图

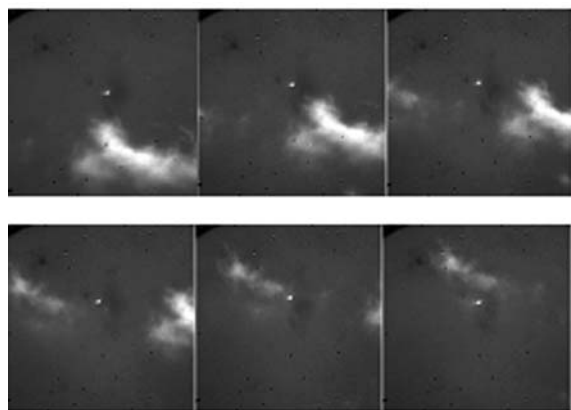


图 3 红外成像系统的原始图像

然后, 利用先验知识完成“目标”区域的选择。可以通过使用 MATLAB 科学编程语言中自带的 `ginput()` 和 `bwselect()` 函数来完成; 其中 `ginput` 用来获取当前鼠标选择的区域在整幅图像中

的位置信息, 而 `bwselect` 函数用来对鼠标选择位置附近的像素区域进行判断, 确定目标二值像的区域。选取结果如图 5 所示。

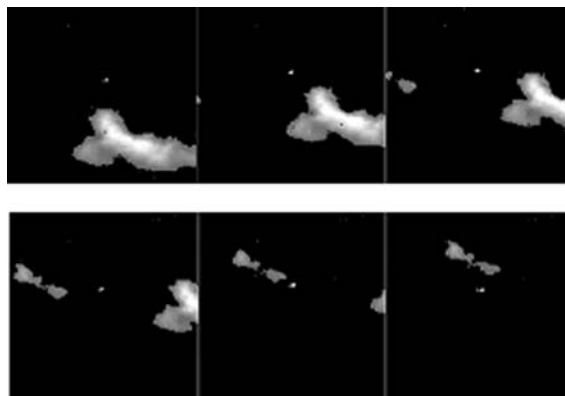


图 4 红外成像系统的二值像



图 5 经人工判读后的“目标”区域

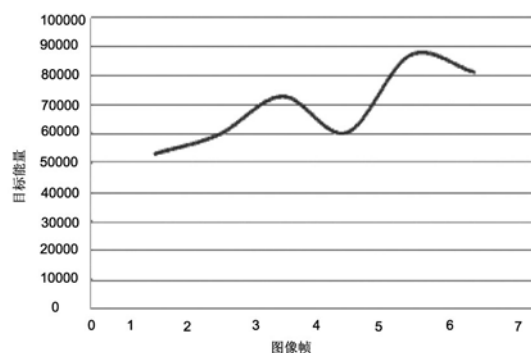


图 6 “目标”能量的变化曲线

再次, 由于目前图像中仅包含有“目标”本身, 因此, 通过简单的数据计算就可以轻松地获得“目标”区域的灰度、面积、能量和形心坐标等特征信息, 完成对“目标”区域的特征提取。

图 6 为对示例序列中“目标”能量变化信息的统计曲线。

最后,将目标特征按照时间、距离和状态等规则进行整理分析,并与背景及各类红外干扰的特性进行对比分析,从中优化选择出能够满足实际产品自动目标识别需求的判据信息。

为保证提取的目标特性能够直接应用,提高工程的实际应用效率,在开展上述工作时最好选择与实际应用平台完全一致的图像分割算法,同时将“目标”区域中受不同目标提取方法影响最小的像素(如最大灰度)的位置信息保存起来,以便适应不同分割算法调整的影响。

2.2 关键技术

上述示例仅就该方案的工程应用进行了简单介绍,在实际应用中还有以下几项关键技术需要不断改进:

(1)“目标”区域分割提取技术,即如何将感兴趣“目标”从背景中分离出来。

(2)“目标”区域的红外辐射特征信息提炼技术,包括图像特征(能量、灰度、面积和形心位置等)、运动特征(运动方向、速度和加速度等)及光谱信息(色比、相关度)等。

(3)特征信息分类与综合决策融合技术,包括目标特征随时间、环境、观察角度和弹目距离等因素的变化规律。

(4)特征识别冗余评估技术,由于以上信息均是在某类产品硬件平台和实际环境的限制下获取的,存在一定程度的失真,因此,在实际使用中还需要对特征信息的准确性进行评估。

3 总结

通过对“人在回路”导引系统特点的分析,介绍了一种基于“人在回路”判读的红外目标和干扰特性提取方法。该方法能够有效提取目标、干扰及自然背景的红外辐射特性,可以为我国当前红外成像制导武器 ATR 判读的优化改进设计提供可靠数据支撑,对双色和多波段红外型精确制导武器自动识别算法的研发设计也具有较大的参考价值和实际意义。

参考文献

- [1] 宋福志. ATR 与人在回路的选择 [J]. **战术导弹技术**, 2006(2): 59-62.
- [2] 张学印. 导弹控制系统 [M]. 北京: 北京工业学院, 1980:15-22.
- [3] 丁达理, 任波, 黄长强, 等. 人在回路电视制导武器最佳投射域建模与仿真 [J]. **航空学报**, 2010, 31(5): 1054-1059.

(上接第 14 页)

3.3.4 光网络设备

在下游光网络设备方面,我国技术水平较高,已处于甚至领先全球先进水平。华为、中兴和烽火等都是全球著名的光通信设备提供商,具备一流的技术水平。

参考文献

- [1] 我国通信产品“十五”专项规划思路 [EB/OL]. <http://www.yesky.com/20011005/1420444.html>, 2001.
- [2] 黄坡良. 基于专利的光通信产业创新研究 [J]. **科技管理研究**, 2010, 15(1): 1-3.
- [3] 光通信走过的路 [EB/OL]. <http://media.ccidnet.com/media/ciw/958/b1501.htm>, 2000.