

机场鸟类探测系统的设计与实现

卢健利¹, 杨文山¹, 施泽勇¹, 车国锋²

(1. 空军场务技术研究中心, 北京 100195; 2. 北京北方猎波科技有限公司, 北京 100097)

摘要:针对机场探鸟需求,设计开发了一套基于制冷型红外热像仪的机场鸟类探测系统。介绍了系统的功能和软件设计特点,并对目标检测算法重点进行了阐述。通过测试和机场试用表明,系统的基本性能基本达到了设计要求,对减少机场内鸟撞问题的发生,保障飞行安全,具有重要作用。

关键词:红外热像仪;鸟类探测系统;设计与实现

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2012.07.012

Design and realization of the airport bird detection system

LU Jian-li¹, YANG Wen-shan¹, SHI Ze-yong¹, CHE Guo-feng²

(1. Airfield Service Technical Research Center of Air Force, Beijing 100195, China;

2. Beijing North Liebo Technology LTD., Beijing 100097, China)

Abstract: According to the demand of airport bird detection, a bird detection system based on refrigerant thermal imagery has been developed. The system function and software characteristic are introduced, the object detection algorithm is expatiated. Airport application indicates that the system can meet the requirements of local bird detection, and can reduce the bird strike probability which happens in the airport. It contributes a lot in the flight safety.

Key words: thermal imagery; bird detection system; design and implement

1 引言

随着航空业的迅速发展,机场鸟撞飞机事件逐渐增多,不仅给航空业带来巨大的经济损失,同时危及飞行员和乘客的生命安全。鸟撞飞机已被国际航空联合会定为A类航空灾难。据统计,1999—2009年,美国民航报道了72955起鸟撞事件,平均每年6632起;我国民航报道了2334起,平均每年212起。在机场鸟撞防治工作中,及时发现鸟类进而采取驱赶或避让措施十分重要。目前,我国机场普遍采用肉眼或望远镜观察鸟类活动,不仅劳动强度大,观察范围小,受天气影响大,且无法实时记录和分析鸟类活动情况。在国外航空发达国家,雷达是探测鸟类活动的重要工具,雷达探测的范围较大,主要用于机场周边的鸟类探测和预警。此外,美国、加拿大、德国等国家近年来已开始利用红外热像仪探测机场鸟类^[1-2]。红外热像仪探测的范围相对较小,主要是为机场驱鸟人员提供鸟类活动信息,从而进行驱赶。我国在红外探测方面的研究起步较晚,近几年,在红外

弱小目标的检测与跟踪研究等方面取得了一定的进展^[3-6]。我们通过一年多的研究,研制了一套基于制冷型中波红外热像仪的机场鸟类探测系统。

2 系统功能

机场鸟类探测系统主要由鸟类探测单元、数据传输单元和显示控制单元等组成。鸟类探测单元主要完成机场空域的扫描、红外信息采集和态势的获取,并对图像信息进行处理和有效目标的提取、跟踪;数据传输单元主要完成图像数据的压缩及通信信息的编码,并与显示控制单元进行信息的交互,指令的上传下达,实现远程图像显示、系统控制和指挥;显示控制单元主要提供操作人员全视角的态势显示、目标的信息指示和对鸟类探测单元的控制界面。

系统具有以下功能:

作者简介:卢健利(1979-),女,工程师,主要从事机场鸟撞防治方面的研究工作。E-mail: lujl06@163.com

收稿日期:2011-11-16; **修订日期:**2011-12-16

(1)能够全时段探测机场飞行场区低空飞行鸟类目标(如图1所示);

(2)分析、判断机场鸟情动态,发现危及飞行安全的鸟类目标,能够及时报警;

(3)自动记录、存储探测到的鸟情信息,为统计分析机场鸟类活动规律,准确发布鸟情通报提供依据。



图1 鸟类探测与报警

3 软件设计特点

3.1 软件设计要求

软件是鸟类探测系统的关键组成部分,软件的运行模式与机场应用模式紧密相关,也必须与硬件电路密切配合。软件的Flash固化芯片安装在专用计算机板上,系统一旦加电,软件就开始运行,所有功能的实现一方面受显控单元计算机的命令控制,另一方面主要依赖软件的本身控制和管理。为了保证软件的可靠性、维修性和安全性,软件设计主要考虑以下要求:

(1)软件研制执行独立产品的相关要求;

(2)按照软件工程的要求开发软件,强调结构化、模块化;

(3)红外搜索跟踪软件采用TI公司的专用汇编语言和C语言混合编程。

3.2 算法软件设计

红外图像不但包含所需要的鸟类目标,而且包含各种随机噪声和起伏背景,其中,包括天空的云、地面的植被、远处的楼群和山等背景干扰,因此,找到一种能在多种背景条件下都适用的、实时、有效的软件系统,是算法软件设计的重要任务。系统设计过程中总结出一套适合于鸟类探测的软件算法,该算法软件包括大容量扫描图像的图像预处理、目标检测、航迹估计和威胁判断等。

系统算法软件的工作原理如图2所示。

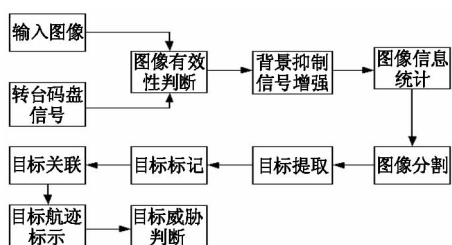


图2 算法软件工作原理

远距离的鸟类目标在图像中一般呈现为一个或几个像素点的大小,信噪比很低,目标图像携带的信息量也少,给远距离目标图像检测带来较大的困难。而且搜索的时间相对较长,利用多帧的边跟踪边检测的方法已经不现实,如若能对单帧远距离目标场景图像进行有效地检测,则这一问题可较好地解决。通过对远距离目标亮度分布特性的分析及其背景抑制方法的研究,提出两种提高远距离目标图像单帧检测概率的方法。

方法一:主要采用目标增强、背景抑制,结合形体算法的图像滤波,来实现低信噪比情况下远距离目标的图像预处理。首先从分析目标场景图像模型出发,讨论背景图像的抑制方法。

包含有目标的场景图像 $f(x,y)$ 可以描述为:

$$f(x,y) = f_T(x,y) + f_B(x,y) + n(x,y)$$

式中, $f_T(x,y)$ 为目标灰度值; $f_B(x,y)$ 为背景图像; $n(x,y)$ 为噪声图像。

背景图像通常都有较长的相关长度,占据了场景图像空间频率中的低频信息。同时,由于场景和传感器内部热分布不均匀性,背景图像是一个非平稳过程,图像中局部灰度均值可能会有较大的变化。

噪声图像是传感器及电路产生的各类噪声的总和,它与背景像素不相关,在空间频率域表现出高频特征,但在空间分布是随机的,帧间的分布没有相关性。

依上述分析可得出,目标点像素和噪声图像在单帧图像中表现出相近的特征,单帧图像目标检测阶段无法将它们区分开,但在多帧积累检测阶段可利用其帧间的不同特征区分。而背景图像在单帧图像目标检测阶段就表现出与目标像素和噪声图像不同的特点。因此可利用其相关长度长的特点,选用适当的背景抑制算法,抑制在图像灰度分布统计中占主要成分的背景图像,提高目标与背景的信噪比。背景多是大面积平缓变化场景,像素间有强相关性,占据图像空间频率域的低频分量。为了抑制这种背景,可以在空间图像间做高通模板的卷积或在频率域做频域高通滤波。这种高通模板空间卷积相当于从原图像中减去图像低频分量的估计值。

另外,噪声的存在使观察的图像信号被污染。因此,滤除噪声、恢复和重建图像是在目标检测之前的必要步骤,用以降低图像噪声和失真程度,以利于后继处理。本文采用一种新型的滤波器——形体算法滤波。该滤波器把线性滤波器和非线性滤波器的优点有机地结合起来,对噪声的抑制和细节保持优

于传统的线性滤波器和中值滤波器,同时也具有抑制背景的能力。

方法二:采用类似于人眼的目标检测模式,将图像分为若干个大小相同的区域,对每个区域进行数学统计,估计出每个区域的均值、方差,然后利用数学模型进行匹配,完成若干个绝对背景区域分析,形成统计报告暂存在 RAM 中;若系统发现可疑的背景区域起伏或变化,则采用视觉放大的原理进行区域细分,对若干个小区域进行进一步的估计和分析,从而判断该区域是否出现可疑目标;简而言之,该方法通过检测背景的变化来检测是否存在目标。将分割后的目标块,按连通域进行连续序号的标号;并按某种准则对标号进行排序。算法使用一种伪跑长码来记录图像中目标区域。完成目标标号后,在航迹处理中,通过引入“检测前跟踪(Track-Before-Detection)”的概念,对各潜在目标建立置信度目标链,它包含了目标区域的有关特征值。

当目标为小目标状态时,可利用目标区域的均值、方差、中值、目标位置以及速度等作为特征;而目标呈现为面状时,可以依照目标图像形状的不变特征,对照已建立的目标数据库,完成目标的确认和分类。特征匹配法是一种目标确认效果比较好的方法,主要利用 Kalman 滤波的原理,同时结合扫描系统的长周期目标特征变化的特点进行目标确认。

当图像中包含多个目标时,可以采用前面定义的特征矢量,按特征匹配法来实现帧-帧之间的目标确认。其步骤是:首先在前后两帧图像进行匹配算法,求取各相应图像之间的欧式距离,以此作为失配误差测度,然后建立特征量距离测度矩阵,将当前帧内每一目标对前一帧目标作移动,以求得最佳匹配测度矩阵,最后按最佳匹配进行定位。

总之,通过对帧-帧之间的目标确认,可以使处理机类似人一样,盯住(跟踪)多个目标,确认是否是探测过程中出现的新目标,哪些目标可以确认,哪些目标已经消失等。

4 系统性能测试

2011 年 4 月,我们在杭州某机场对系统的功能、环境适应性和可靠性等进行了测试和验证。系统单次扫描周期为 1 s;单次扫描空域 $360^{\circ} \times 7.5^{\circ}$,俯仰角为 85° ;在标准气象条件下,对于 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 的鸟类目标,白天探测距离不小于 1.5 km ,夜晚不小于 2 km ;误报率小于 10%,漏报率小于 10%。经测试和验证,系统基本达到了设计要求。

5 结论

掌握机场鸟类活动规律是做好机场鸟撞防治工作的基础。经机场试用表明,机场鸟类探测系统具有探测及时、操作简单、显示直观等特点,基本达到了设计要求,实现了机场鸟类的昼夜探测和报警,对保障飞行安全具有十分重要的作用。制冷型红外热像仪作为鸟类探测工具,主要存在对小型鸟类无法判别其种类,湿度较大时探测范围受影响等问题,下一步还需进一步改进完善。

参考文献:

- [1] James R Ivey. Thermal imagery applied to reducing bird hazards to aircraft at airports[C]. Bird Strike Committee-USA/Canada Proceedings, 1999.
- [2] M Münzberg, A Schilling, H Schlemmer, et al. The infrared-based early warning system for bird strike prevention at frankfurt airport[J]. Proc. SPIE, 8012, 80120C, 2011, doi:10.1117/12.884534.
- [3] Zhu Bin, Fan Xiang, Ma Donghui, et al. An improved algorithm of infrared weak and small targets detection based on self-adaptive background prediction[J]. Laser & Infrared, 2007, 37(7): 683-686. (in Chinese)
朱斌,樊祥,马东辉,等.一种改进的自适应背景预测红外弱小目标检测算法[J].激光与红外,2007,37(7):683-686.
- [4] Zhou Cheng, Ji Yunsong, Zhao Yi. Algorithm of infrared small target detection and application of DSP chip[J]. Laser & Infrared, 2009, 39(12): 1356-1359. (in Chinese)
周成,季云松,赵毅.一种单帧图像红外弱小目标检测算法及 DSP 实现[J].激光与红外,2009,39(12):1356-1359.
- [5] Gao Chenqiang, Zhang Tianqi, et al. Performance evaluation of several typical infrared weak and small target detection algorithms[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2010, 22(3): 386-391. (in Chinese)
高陈强,张天骐,等.几种典型红外弱小目标检测算法的性能评估[J].重庆邮电大学学报:自然科学版,2010,22(3):386-391.
- [6] Li Fan, Liu Shangqian, Qin Hanlin. Dim Infrared targets detection based on adaptive bilateral filtering[J]. Acta Photonica Sinica, 2010, 39(6): 1129-1931. (in Chinese)
李凡,刘上乾,秦翰林.自适应双边滤波红外弱小目标检测方法[J].光子学报,2010,39(6):1129-1931.