

基于视频的机场跑道异物检测技术研究*

Research on the Method of Detecting Foreign Object Debris Based on Video Surveillance

彭乾 孙灿飞 刘佳伟 / 中航工业上海航空测控技术研究所

摘要: 针对基于视频监控的机场跑道异物自动检测问题,对现有的目标检测方法进行研究。首先介绍了现有的目标检测算法,并对各个算法的优缺点、适用性进行了比较分析;其次给出了Canny边缘检测法和背景差分法的模拟实验结果;最后指出了机场跑道异物检测系统检测算法亟待解决的问题。

Abstract: This paper reviews the current development of detection methods for target detection, to resolve the problem of automatic detecting foreign object debris based on video surveillance. First the current target detection methods are introduced, with a comparison of their limitations and applicability. Then simulation experiments results are showed with canny edge detecting method and background subtract method. Finally some important issues are proposed to meet the requirements of practical applications.

关键词: 机场跑道; 异物检测; 边缘检测; 背景差分

Keywords: runway; foreign object debris detecting; edge detecting; background subtract method

0 引言

跑道异物检测与识别的自动化一直是机场跑道管理追求的目标之一。近年来,随着计算机处理速度的不断提高及数字图像处理技术研究的不断深入,基于视频的机场跑道异物检测技术能够大大减少人力物力、提高跑道异物检测的精度和效率,在保障机场跑道安全方面有着广泛的应用。目标检测算法的性能直接影响到机场跑道异物检测系统的精确度和稳定度。因此,研究一种鲁棒性好、精确、高性能的目标检测算法是提高检测系统性能的关键。本文对目前常用的目标检测方法进行了研究,并给出了Canny算子边缘检测和背景差分法的模拟实验结果,为基于视频的机场跑道异物检测方法选择提供相关的理论依据。

1 目标检测的基本方法

目前基于视频的目标检测方法主要有基于帧间差分的方法、基于光流场的方法、基于图像分割的方法、基于背景差分的方法等。

1.1 帧间差分法

帧间差分法^[4]主要是利用视频序列中连续的两帧或几帧图像的差异,进行目标检测和提取。具体步骤如下。

1) 计算第 k 帧图像与第 $k-1$ 帧图像之间的差分,得到差分后的图像 D_k 。

$$D_k(x, y) = |f_k(x, y) - f_{k-1}(x, y)| \quad (1)$$

2) 对差分后的图像 D_k 进行二值化,当差分图像中某一像素的值大于某一给定阈值 T 时,该像素值取1,对应于前景(目标区域);反之该像素值取0,对应于背景(非目标区域)。

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 1 & D_k(x, y) > \text{阈值}T \\ 0 & D_k(x, y) \leq \text{阈值}T \end{cases} \quad (2)$$

3) 对阈值化后的图像 R_k 进行数学形态学等后处理,当某一连通区域的面积大于某一给定的阈值,则认为该区域为目标区域,并得到其完整的位置信息。

1.2 光流场法

光流场法是基于对光流的估算进行检测分割的方法^[5]。光流中既包括被观察物体的运动信息,也包括有关的结构信息。光流场的不连续性可以用于将图像分割成对应于不同运动物体的区域,而且光流法不需要预先知道场景的任何信息,而只需要知道相邻视频帧之间的像素运动信息,因此基于光流的目标检测避免了依赖于背景模型和背景学习过程的问题。

1.3 图像分割法

图像分割法^[6-7]是指根据图像的灰度、边缘、梯度、纹理等特征将图像分割成若干个互不相交的区域,然后根据一

* 基金项目:中国航空工业集团公司技术创新基金(2009Q63375)项目资助。

定的准则检测分割后的区域以得到待检测目标。其中最重要的图像分割检测方法是边缘检测^[6]。

图像的边缘是图像最基本的特征之一。所谓边缘是指其周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合,是物体灰度不连续性的反映。而经典的边缘检测方法是利用边缘邻近一阶或二阶方向导数变化规律考察图像的每个像素在某个邻域内灰度的变化,进而判断该像素是否为边缘的方法。经典的边缘检测算子有Robert算子、Sobel算子、Prewitt算子、Kirsch算子、Gauss-Laplace算子、Canny算子^[9]等。

1.4 背景差分法

背景差分法是目标检测中最常用的一种方法,它将输入图像与背景图像进行比较,直接根据灰度的变化等分割目标。背景差分法与帧间差分法的不同之处在于,在计算差分 D_k 时,背景差分法是计算输入视频帧与背景图像 B_{k-1} 之间的差分。

$$D_k(x, y) = |f_k(x, y) - B_{k-1}(x, y)| \quad (3)$$

基于背景差分的方法中,背景图像是关系到目标检测结果是否准确的关键所在。一般而言,背景图像应该是不包含任何运动目标的图像。但在实际应用中,一幅纯粹的背景图像是很难得到的。即

使在场景中无任何目标时采集一幅图像作为背景图像,其受光照、气候等环境条件的制约,背景图像也会随之发生变化。因此在长时间目标检测的场合,需要对背景图像进行更新。

考虑到待检测的机场跑道背景相对简单、图像相对平滑、视场中出现的无规则运动较少,采用估计背景图像法对背景进行更新。估计背景图像的常见方法有平均统计法、IIR滤波器法、IIR滤波器改进法等。

1) 平均统计法^[11]

平均统计法即对背景图像进行多幅平均得到最终的背景图像。该方法适用于场景内目标滞留时间较小、目标出现不频繁的情况。

2) IIR滤波器法^[12]

该方法的计算公式为:

$$B_k(x, y) = (1 - \alpha)B_{k-1}(x, y) + \alpha f_k(x, y) \quad (4)$$

该方法会使目标图像在一定程度上叠加到背景图像上,影响检测效果。

3) IIR滤波器改进法

IIR滤波器改进法是在IIR滤波器法的基础上,对背景图像的各个像素进行分类得到的。该方法的计算公式为:

$$B_k(x, y) = \begin{cases} \alpha B_{k-1}(x, y) + (1 - \alpha)f_k(x, y) \\ B_{k-1}(x, y) \end{cases} \quad (5)$$

利用该公式对背景图像进行更新,能够得到更加准确的背景图像。

2 目标检测方法比较

对上述各算法的优缺点、适用范围进行了比较,比较结果如表1所示。

通过上述对比可知,在以机场跑道为背景的异物检测系统中,采用背景差分法和边缘检测法检测异物具有一定的可行性。

3 异物检测模拟实验

图1和图2分别为采用Canny算子边缘检测法和背景差分法检测异物的模拟实验结果。

4 待解决的问题

上述讨论的目标检测方法只是实现了机场跑道异物检测系统中最基本的异物检测。要实现系统的整体功能,还需着力解决以下问题。

1) 采用背景差分法对异物进行检测的过程中,背景的提取与更新是比较关键的步骤。如果背景静止不变,则异物的检测相对容易。但大多数情况下,背景

表1 目标检测方法比较

目标检测方法	优点	缺点
帧间差分法	① 算法计算量小、实现简单,程序设计复杂度低; ② 由于采用相邻帧进行差分,对场景光线变化不敏感,能够适应环境变化,可以在比较差的环境下检测目标; ③ 对于背景简单的运动目标检测较为有效,基本能够检测出运动目标的位置; ④ 具有很强的自适应性,便于实时应用	① 检测和分割的精度较低; ② 目标灰度均匀时会造成目标重叠部分形成较大的空洞,严重时造成目标分割不连通,从而检测不到目标; ③ 依赖于待检测目标的运动速度,对于静止的目标则无法检测; ④ 只适用于背景固定情况下的目标检测
光流场法	① 不需要关于待检测场景与目标的先验知识,在背景改变的情况下也能检测出独立的运动目标; ② 能够对多目标和重叠的运动目标进行检测	① 算法计算复杂、耗时长、抗噪声能力差; ② 若没有特定硬件的支持难以满足实时监测的要求; ③ 依赖于待检测目标的运动速度,对于静止的目标则无法检测。
图像分割法	① 不需要关于待检测场景与目标的先验知识,在背景改变的情况下也能检测出目标; ② 能够检测静止的目标; ③ 能够满足实时检测的要求	① 不存在一种通用的图像分割方法,在不同的情况下可能要采用不同的方法以达到最佳检测效果; ② 算法的抗噪性和检测精度难以同时满足; ③ 需要人为参与,自主性较差
背景差分法	① 能够提供完整的特征数据,可以提取出更为完整的目标; ② 能够检测静止的目标; ③ 算法计算量小,能够满足实时检测的要求	① 需要关于待检测场景的先验知识,因此只适用于背景固定情况下的目标检测; ② 对于场景环境的变化,如光照、天气等外界条件的干扰特别敏感

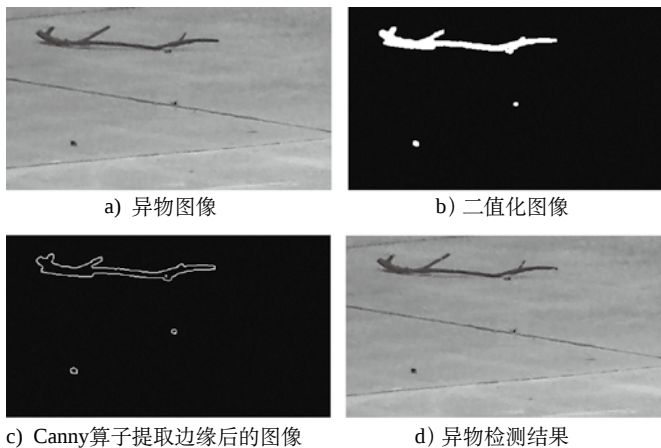


图1 Canny算子边缘检测法检测结果

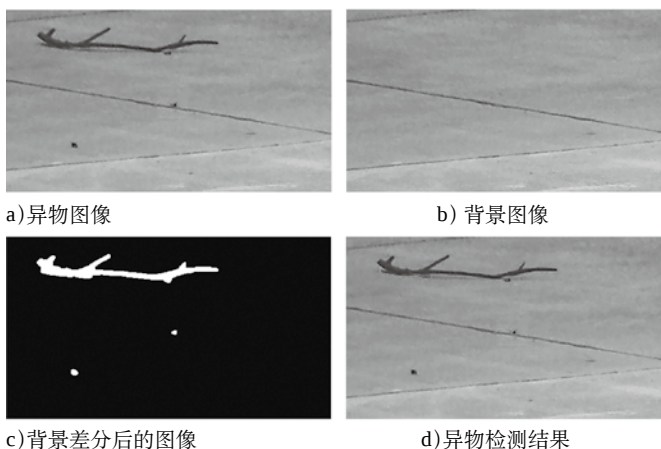


图2 背景差分法检测结果

是动态变化的,常常存在物体的移入或移出。如果不能处理好背景中的干扰现象,则作为前景的异物的检测将受到影响。

2) 视频场景中光强度变化的问题(如渐变、突变、反光等)同样会影响背景的提取与更新,必须不断地对背景进行估计,解决亮度变化的问题。另外由于场景中背景、干扰物、异物三者对光强度反射不同,不同光强度下异物检测的自适应阈值选取直接影响到异物检测的效果。

3) 边缘检测法检测异物,其难点在于如何根据检测的实际情况处理相关算法的抗噪性和检测精度之间的矛盾。若提高检测精度,则噪声产生的伪边缘会导致不合理的轮廓;若提高抗噪性,则会产生轮廓漏检和位置偏差。

4) 面对机场跑道这种辽阔的视场,摄像机应采取扫描的方式进行安装。而背景差分法要求被检测的场景固定。因此,在摄像机扫描监测且云台控制精度有限的情况下,采用背景差分法检测异物将面临图像融合问题。

5) 在特殊环境(如夜间等光照强度非常弱,且无法增加其他额外光源的条件下,或者雨、雪、雾、沙、大气扰动等恶劣

天气情况)下,如何正确地区分背景像素与异物像素是系统亟待解决的问题。

AST

参考文献

- [1] SULL S, SRIDHAR B. Runway obstacle detection by controlled spatiotemporal image flow disparity [J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1999, 15(3):537-547.
- [2] 孙瑞山,马平. 跑道侵入初步研究[J].中国民航大学学报,2007,25:85-87.
- [3] 霍志勤,罗帆. 近十年中国民航事故及事故征候的统计分析[J].中国安全科学学报,2006,16(12):65-71.
- [4] Lee S U, Chung S Y, Park R H. A comparative performance study of several global threshold techniques for segmentation [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990, 50(2): 171-190.
- [5] Kinoshita K, Enokidani M, Izumida M, et al. Tracking of a moving object using one dimensional optical flow with a rotating observer [C]//9th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Singapore, 2006:1-6.
- [6] Pal N R, Pal S K. A review on image segmentation techniques[J]. Pattern Recognition, 1993, 26(9): 1277-1294.
- [7] Haralick R M, Shapiro L G. SURVEY: image segmentation techniques[J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1985, 29: 100-132.
- [8] Bergholm F. Edge focusing[J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, 9(9): 726-741.
- [9] Canny J. A computational approach to edge detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6): 679-698.
- [10] Piccardi M. Background subtraction techniques: a review[C]// IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004(4): 3099-3104.
- [11] 邱丹丹,马洪超,杨耘,等. 基于多源卫星图像融合的水坝检测方法的研究[J]. 遥感学报,2006,10(4):449-455.
- [12] 邓湘金,彭海良. 一种基于遥感图像的机场检测方法[J]. 测试技术学报,2002,16(2):96-99.

作者简介

彭乾,工程师,主要从事计算机测控技术研究。

孙灿飞,高级工程师,主要从事测试技术、故障预测与分析研究。