

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.03.002

一种基于运动目标识别的智能视频监控系统

侯宏录, 李宁鸟

(西安工业大学光电工程学院, 西安 710032)

摘要: 针对武器试验现场飞行目标降落中事故多发的现状, 设计一种基于运动目标识别技术的智能视频监控系统。系统采用采集前端-服务器端-决策模型。利用背景差分法和帧间差分法检测运动目标图像, 从而实现视频运动目标的自动分割; 采用轮廓提取和边缘检测技术进行目标识别; 最后用特征算法提取目标的特征参数, 从而判断目标的参数信息是否会对降落安全构成威胁, 做出进一步决策。对实现系统功能所需的关键技术进行详细介绍, 在 Visual C++6.0 中用 OpenCV 实现相关算法的设计, 并给出部分关键代码。仿真实验结果表明: 该系统能满足智能监控的基本要求, 精确显示运动目标在靶面上的位置, 可根据客户需求识别运动目标。

关键词: 智能视频监控系统; 目标识别; 检测运动目标; 特征参数; OpenCV

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

An Intelligent Video Surveillance System Based on Moving Target Recognition

Hou Honglu, Li Ningniao

(School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: Aiming to the actuality of more accidents happened on flying target landing in the weapon testing field, an intelligent video surveillance system based on moving target recognition was designed. The system adopts capturing front-server-decision model. At first, a method for detecting moving targets images using background difference method and frame difference method is introduced. Secondly, target recognition is studied by the technology of contour extraction and edge detection. Finally, characteristic parameters of target are extracted by feature algorithm. Based on it, key technologies involved in the system are described in detail. Additionally, corresponding algorithm is designed using OpenCV in Visual C++ 6.0, and part of the key codes are given. Simulation results shows that the system designed can meet the needs of monitor and control of flying target, and also verify the effectiveness of the algorithm.

Key words: intelligent video surveillance system; target recognition; detecting moving targets; characteristic parameters; OpenCV

0 引言

智能视频监控系统^[1]具有非接触、精度高、实时性好等优点, 已经广泛应用于人类科技、军事、生产和生活的各个领域, 如铁路和高速公路的交通监控, 银行、超市、百货公司和停车场的公共场所监控, 球类比赛中球员的人体行为远程监控以及用于武器试验现场的实时安全监控。目前, 国外发达国家在智能监控研究方面开展得较早, 特别是在军事、航空航天等高新技术应用的前沿领域取得了显著成果, 而国内相关单位也在国外的基础上开展了相关的研究工作, 但这些产品由于涉及到保密问题, 用于武器试验方面的研究少有报道。在本系统中, 用户的需求是能够实现监控现场目标降落安全功能, 同时可以将目标降落过程中的状态参数信息显示在监控画面上, 判断目标的飞行参数是否会对降落安全构成威胁, 若识别后的参数信息对降落安全

构成威胁, 则及时反馈给飞行人员及时对飞行目标状态进行调整, 保证飞行目标降落以及飞行人员安全。为满足此要求, 笔者设计了一种基于运动目标识别技术的智能视频监控系统。

1 系统组成

该系统基于视频采集前端-服务器端-行为理解及决策模型。整个系统包括: 视频采集前端, 由若干摄像机组成; 负责视频处理和分析的服务器端; 行为理解和决策, 如图 1 所示。其中视频采集前端包括摄像机阵列和数据传输装置, 服务器端主要由运动目标处理模块和运动目标识别模块组成。

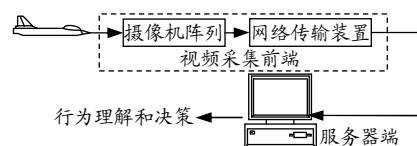


图 1 智能视频监控系统框图

收稿日期: 2011-09-14; 修回日期: 2011-10-13

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目(2011K06-22)

作者简介: 侯宏录(1960—), 男, 陕西人, 博士, 教授, 从事光电测试、信息融合、复杂系统建模、仿真与作战效能评估研究。

1.1 视频采集前端

摄像机是获取飞行目标降落状态的主要前端设备，它以 CCD 图像传感器为核心部件，还包括同步信号电路、视频信号处理电路以及电源部分，输出信号为按标准规定的视频信号。除基本参数外，摄像机需具备附带功能，包括软触发、延时曝光、白平衡和抗闪烁等。

视频采集前端合理分布在降落场地的外围测点，每个测点由一台摄像机和镜头组成，如有特殊需要，应考虑安装云台。它们把采集到的视频信号通过各摄像机的以太网接口传输到服务主机 PC，对视频信号进行压缩解码和进一步处理。在系统中，摄像机采用固定的方位和角度，确保清晰地捕捉现场画面。视频采集部分是整个系统的信号输入部分。

1.2 服务器端

服务器端采集到的视频数据非常复杂，对于反映飞行目标的数据信息来说，不能直接提取出来，必须进行视频处理，进而才能实现目标识别的功能，主要包括视频编解码模块、视频处理模块和窗口界面模块。其中视频编解码模块采用 MPEG-4 视频压缩技术标准，对视频采集前端传送的视频信号进行压缩编码，并以视频文件的形式存储在硬盘上；视频解码模块负责实时解码和视频播放；视频处理模块是对视场内的运动物体进行自动检测和识别，判断当前目标状态是否会对飞行目标降落安全构成威胁，从而做出决策；窗口界面模块提供降落过程画面的实时显示，同时提供人机交互接口，如切换通道、启动停止录像、视频回放和系统设置等。

1.3 行为理解及决策

经过服务器主机处理后的图像，需要进一步分析图像中目标的特性，并获得对目标的行为理解以及对客观场景的解释，从而指导和规划行动。主要包括行为理解、威胁估计和决策推理 3 部分。其中，行为理解主要是从识别模块后的图像中获得运动目标的高度、方位、速度以及姿态等参数信息；威胁估计是将参数信息与设计指标进行比较，判定飞行目标以该参数降落是否对着舰安全构成威胁；决策推理是将威胁估计的结果作为输入信息反馈给飞行人员使其及时做出状态调整，从而有效避免安全事故的发生。

2 关键技术

系统需要对监控现场画面中是否存在安全威胁

进行识别，因此运动目标的识别技术是系统实现的关键。对于动态图像的分析以及识别运动目标，基本原理是将摄像机拍摄的图像信号序列送入计算机，经过对图像的预处理、运动目标检测、特征提取后，采用模糊聚类、特征匹配等方法实现对目标物体的搜索、识别，甚至对目标进行实时跟踪。基本流程图如图 2。在系统中，主要工作包括运动目标检测、特征量提取和运动目标识别，笔者将着重对其进行介绍，至于图像预处理等环节将不再赘述。

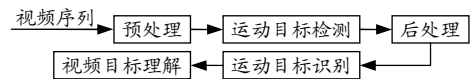


图 2 系统实现基本流程图

2.1 运动目标检测

运动目标检测是指从序列图像中将变化区域从背景中分割出来。它的基本任务是从图像序列中检测出运动信息，简化图像处理过程，得到所需的运动矢量，从而达到识别目标。

目前常用的运动目标检测方法有 3 种：帧间差分法^[2-3]、背景差分法^[4-7]和光流法^[8]。光流法能够检测独立运动的对象，不需要预先知道场景的任何信息，但是计算复杂、耗时，需要特殊硬件支持，否则很难实现实时检测；帧间差分法对动态环境具有较强的自适应性，鲁棒性较好，能够适应各种动态环境，但一般不能完全提取所有相关的特征像素点，容易在物体内部产生空洞；背景差分法实现最简单，并且能够完整地分割出运动对象，但对于动态变化场景很敏感。

2.1.1 检测算法思想

针对常规运动目标检测方法不适合于武器试验现场复杂背景中的目标提取问题，采用一种高斯建模的背景差分法和帧间差分法相结合的方法。首先采用高斯模型的方法从一定数量的视频序列中获得背景图像。在后续处理中，首先对每一帧视频图像用帧间差分法检测出运动目标的轮廓，然后用这帧图像运动目标轮廓以外的区域对背景模型进行统计滤波更新。这样不仅可以减少前景中运动目标对背景模型更新的影响，同时保证了系统的实时性，还可以得到较完整的目标图像。

2.1.2 检测算法的实现

开放源代码的计算机视觉类库^[9-11](open source computer vision library, OpenCV)是由英特尔公司位于俄罗斯的研究实验室所开发的一套可免费

获得,并由一些C函数和C++类所组成的库,用来实现一些常用的图像处理及计算机视觉算法。下面给出利用OpenCV实现算法的关键部分代码。

1) 定义高斯背景模型:

```
CvGaussBGModel* bg_model= NULL;
```

使用第一帧pFrame 创建高斯背景模型:

```
bg_model = ( CvGaussBGModel * )
```

```
cvCreateGaussianBGModel( pFrame, 0);
```

使用当前帧更新高斯背景模型:

```
cvUpdateBGStatModel( pFrame, pFrame,
```

```
( CvBGStatModel * ) bg_model );
```

将高斯背景模型的背景图像复制到事先定义的背景图像pBkImg 中:

```
cvCopy( bg_model->background, pBkImg, 0);
```

2) 使用帧间差分法获得不包含运动区域的前帧,并更新背景。当前帧pFrame 和前帧pFrame0 做差分,结果存放在差分图像diff 中,并二值化:

```
cvAbsDiff( pFrame, pFrame0, diff);
```

```
cvThreshold( diff, diff, 30, 255, CV_THRESH_BINARY );
```

3) 用上述过程得到不包含运动目标信息的前帧更新背景模型:

```
cvRunningAvg( pFrameMat, pBkMat, 0.003, 0);
```

4) 进行背景差分,得到当前帧运动目标识别结果的二值图像pFrImg:

```
cvAbsDiff( pFrameMat, pBkMat, pFrImg);
```

```
cvThreshold( pFrImg, pFrImg, 30, 255, CV_THRESH_BINARY );
```

2.2 运动目标识别

运动目标图像识别检测模块的作用相当于跟踪系统的眼睛,它将从摄像机所采集的图像中找到预先选定的目标,从而确定目标的位置和运动信息等。简单地说就是计算一个固定的目标模式与一个未知图像块的相异程度,用一个阈值决定是否匹配成功。运动目标识别模块是整个智能视频监控系统的部分,是视频目标理解的依据。

2.2.1 识别算法思想

在武器试验中,飞行目标降落时具有运动速度快、下滑角小、滑跑距离短和风险性高的特点,对识别算法的运行速度和运算精度就提出了更高的要求。针对本课题的具体现场状况,本部分主要是对

检测后的视频中有运动目标的帧图像进行边缘检测及提取,即在检测后的帧图像中识别出有运动目标出现的帧图像的基础上,对有目标的帧图像进行边缘检测。通过实现上述算法思想,可以在窗口界面中显示出目标的精确轮廓信息,同时为后续的目标理解提供依据。

2.2.2 识别算法的实现

1) 找到差分图像中的轮廓,得到其外接矩形。将面积小的矩形视为噪声抛弃,剩下的则视为运动目标。同时设置当前帧 pFrame 和背景 pBkImg 的ROI 为运动目标的外接形状。先将当前帧的ROI 置0,再对当前帧与背景的ROI 进行逻辑或运算。对于运动目标所在区域,当前帧和背景的信息是相同的,达到了消除运动目标对背景更新影响的目的。主要实现代码如下:

//查找轮廓

```
cvFindContours(diff, storage, &contour,
               sizeof(CvContour),
               CV_RETR_EXTERNAL,
               CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE, cvPoint( 0, 0));
```

//确定目标区域

```
{
    CvRect r = ((CvContour*) contour) -> rect;
    if (r.height * r.width > MAX_AREA)
    {
        cvSetImageROI( pFrame, r);
        cvSetImageROI( pBkImg, r);
        cvZero( pFrame);
        cvOr( pFrame, pBkImg, pFrame,
             NULL);
        cvResetImageROI( pFrame);
        cvResetImageROI( pBkImg);
    }
}
```

//将轮廓画出

```
cvDrawContours(pContourImg, contour,
               CV_RGB(0,0,255), CV_RGB(255, 0, 0);
```

2) 对识别后的图像进行边缘检测及提取。由于Canny算子是边缘检测中的较好的方法,具有不漏检真实边缘、好的定位性能并且对于单个边缘点仅有一个响应等优点,本算法中函数cvCanny采用Canny算法检测输入图像的边缘,再输出这些边缘。

threshold1和threshold2当中的小阈值用来控制边缘连接,大阈值用来控制强边缘的初始分割。主要实现代码如下:

```
//为canny边缘图像申请空间
pCannyImg = cvCreateImage(cvGetSize(pImg),
IPL_DEPTH_8U,1);
//canny边缘检测
cvCanny(pImg, pCannyImg, 50, 150, 3)。
```

2.3 视频目标理解

视频目标理解实现的重点在于确定运动目标在靶面位置的基础上,确定目标的方位,速度以及姿态等参数信息,从而进行后续指导决策。

如果在监控场地上安装 2 台以上的摄像机,预先测量出每台摄像机相对于测量坐标系的坐标及摄影光轴的方位角 α_0 和俯仰角 β_0 ,从不同的方向拍摄飞行目标,同时几台摄像机具有同步和时间记录装置,对同一时刻目标上的同名点就可以采用交汇法解析空间的三维坐标。

为了讨论方便,以 2 台摄像机为例,进行交汇测量^[12-13]分析。

如图 3 所示: O_1 、 O_2 为 2 台摄像机, T 、 T' 为飞行目标测量点及其在水平面上的投影。 T 的空间坐标为 (X, Y, Z) 。 (X_{O1}, Y_{O1}, Z_{O1}) 为摄像机 O_1 相对于坐标系 O -XYZ 的坐标, (X_{O2}, Y_{O2}, Z_{O2}) 为摄像机 O_2 相对于坐标系 O -XYZ 的坐标。 $(\Delta X_1, \Delta Y_1, \Delta Z_1)$ 为目标 T 相对于坐标系 O_1 -XYZ 的坐标, $(\Delta X_2, \Delta Y_2, \Delta Z_2)$ 为目标 T 相对于坐标系 O_2 -XYZ 的坐标。测量点 T 在坐标系 O_1 -XYZ 和 O_2 -XYZ 中的方位角、俯仰角分别为 α_1 、 β_1 、 α_2 、 β_2 。

为了解析方便,先把目标投影于 XOY 平面,如图 4 所示。

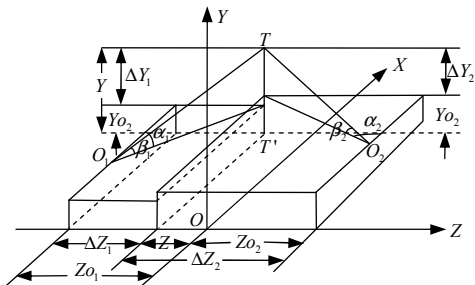


图 3 交汇测量中摄像机的位置和目标的投影关系

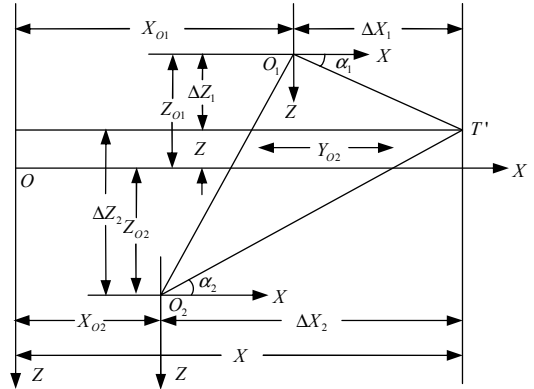


图 4 目标 T 在 XOZ 平面上的投影

在 $\Delta O_1 T' O_2$ 中,根据正弦定理有:

$$O_1 T' = \frac{(Z_{O2} - Z_{O1}) \cos \alpha_2 - (X_{O1} - X_{O2}) \sin \alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1)$$

$$O_2 T' = \frac{(Z_{O2} - Z_{O1}) \cos \alpha_1 - (X_{O1} - X_{O2}) \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (2)$$

而

$$\Delta X_1 = O_1 T' \cos \alpha_1 = \frac{(Z_{O2} - Z_{O1}) - (X_{O1} - X_{O2}) \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (3)$$

$$\Delta X_2 = O_2 T' \cos \alpha_2 = \frac{(Z_{O2} - Z_{O1}) - (X_{O1} - X_{O2}) \tan \alpha_1}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (4)$$

所以,目标的 X 、 Y 坐标为:

$$X = (X_{O1} + X_{O2} + \Delta X_1 + \Delta X_2) / 2 \quad (5)$$

$$Z = (Y_{O1} + Y_{O2} + \Delta X_1 \tan \alpha_1 + \Delta X_2 \tan \alpha_2) / 2 \quad (6)$$

根据图 3 的关系,可求出目标 T 的 Z 坐标:

$$Y = (Y_{O1} + Y_{O2} + \Delta X_1 \sec \alpha_1 \tan \beta_1 + \Delta X_2 \tan \alpha_2 \tan \beta_2) / 2 \quad (7)$$

一般情况下,相机都有一初始安装角,例如 β_{O1} , β_{O2} , 首先应进行坐标旋转,使其物象平面平行,再用上述公式求解目标点的三维坐标 (X, Y, Z) 。

只要求取到目标的位置,就可以很容易通过测试一段时间内目标移动的具体情况,来求取目标的飞行速度和姿态角等重要参数信息。

3 实验测试与结果分析

实验环境是在 CPU 2.31 GHz,内存 960 MB 的 PC 机上,使用 VC++6.0 和 OpenCV1.0 实现智能视频监控中运动目标的检测。采用该算法对一段 320×240 模拟飞行目标降落视频进行运动目标检测,结果如图 5 所示。经计算,该算法处理图像的速度为 12 帧/s,即处理每一帧图像的时间大约为

16 ms, 可以满足系统实时性的要求。

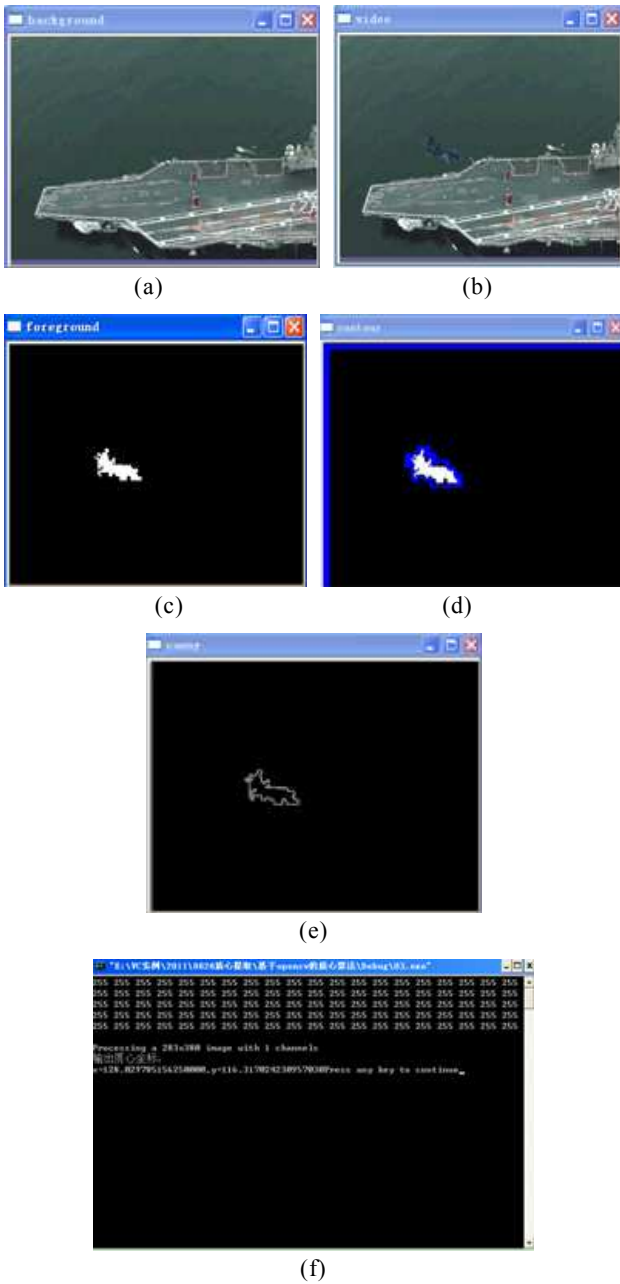


图 5 实验测试结果图

图 5(a)是有运动目标出现所在的当前帧图像, 图 5(b)是高斯背景模型下的当前帧背景图像, 图 5(c)是用高斯建模的背景差分法和帧间差分法相结合方法检测出来的结果图像, 图 5(d)是从检测差分图像中查找出的运动目标轮廓图像, 图 5(e)是用 Canny 算子进行边缘检测及提取后的图像, 图 5(f)是从识别后图像中提取出运动目标质心坐标的结果显示。

通过比较图 5(a)、图 5(b)和图 5(c)可知, 本系统不但能清晰实时地显示模拟试验现场监控画面, 而且可以准确地检测出运动目标, 说明系统采用的

将高斯建模的背景差分法和帧间差分法相结合的运动目标检测方法能够很好地建立并更新背景模型, 同时实现前景目标和背景图像的完全分割; 比较图 5(a)、图 5(d)和图 5(e)可知, 系统运动目标在识别上能够满足要求, 通过找到差分图像的轮廓将运动目标所在的视频帧提取出来, 同时将 Canny 算子用于运动目标轮廓的边缘检测及提取, 可以很好地实现运动目标的轮廓提取和精确的边缘检测, 也为后续准确提取出目标质心提供了依据。

4 结论

通过读取从摄像头所捕获的视频图像序列, 基于运动识别的智能监控系统可以实时清晰地检测并识别出运动目标, 同时精确地显示出运动目标在靶面上的位置, 使获得的目标参数信息更加准确, 也为指导决策提供了重要依据。现已采用了模拟飞行目标降落视频进行实验, 下一步, 将针对飞行目标的实际降落视频作进一步的研究分析。

参考文献:

- [1] 万卫兵, 霍宏, 赵宇明. 智能视频监控中目标检测与识别[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2009.
- [2] 宋波涛. 智能视频监控系统的设计与实现[D]. 吉林: 吉林大学硕士学位论文, 2009.
- [3] 周继光. 基于DSP的空中目标跟踪系统[D]. 重庆: 重庆大学硕士学位论文, 2007.
- [4] 王丽娟. 基于OpenCV与混合高斯建模的运动目标检测[J]. 电子测试, 2009(9): 86-90.
- [5] 黄洋文. 视频序列中运动目标检测和识别技术研究[D]. 太原: 中北大学硕士学位论文, 2010.
- [6] 金克琼. 视频监控中运动目标检测与跟踪的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学硕士学位论文, 2010.
- [7] 路红, 费树岷, 郑建勇. 一种自适应运动目标检测方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2008(8): 7-11.
- [8] 李宏, 杨延梧, 任朴舟, 等. 基于光流技术的复杂背景下运动目标跟踪[J]. 光电工程, 2006(10): 13-17.
- [9] 程哲, 陈和平. 基于OpenCV的运动目标检测技术[J]. 四川兵工学报, 2009(11): 1-6.
- [10] Gary Bradski, Adrian Kaehler. 学习OpenCV[D]. 中文版. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [11] 岑银. 基于OpenCV的智能视频监控设计[J]. 设计参考, 2010(7): 47-52.
- [12] 张玲霞, 马彩文, 刘轶, 等. 靶场光电经纬仪多台交会测量的融合处理及其仿真分析[J]. 光子学报, 2002(12): 1528-1532.
- [13] 夏小虎, 张林, 袁睿. 双CCD交汇测量非正交系统的布站参数优化设计[J]. 合肥学院学报: 自然科学版, 2006(6): 44-46.