

基于灰度与纹理特征的空中目标识别与跟踪

李洪安^{1,2}, 杜卓明³, 李占利^{1,2}, 康宝生⁴

(1. 西安科技大学计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054;

2. 西安科技大学机械工程学院, 陕西 西安 710054;

3. 江苏理工学院计算机工程学院, 江苏 常州 213001;

4. 西北大学信息科学与技术学院, 陕西 西安 710127)

摘 要: 视频监控技术在航天领域中得到广泛应用, 已成为航天安全和管理的重要技术手段之一。为了实现在环境影响及遮挡情况下对航天视频监测和管理中对空中运动目标的运动状态监测, 首先运用背景差分法与相邻帧差分法相结合的方法检测出运动目标的变化区域, 通过二值化、形态学滤波等处理后得到运动目标, 提出灰度特征与纹理特征相结合的方法识别运动目标。然后采用改进的 Mean-Shift 方法实现对空中运动目标的跟踪, 完成对空中运动目标的安全监控。结果表明: 提取与选择的目标特征在识别中取得较满意的效果, 针对空中运动目标的跟踪具有较好的鲁棒性, 该方法具有可行性。

关 键 词: 目标检测; 跟踪; 识别; Mean-Shift

中图分类号: TP 391

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2016020224

文献标识码: A

文章编号: 2095-302X(2016)02-0224-06

Research on Aerial Target Recognition and Tracking Based on Gray and Textural Features

Li Hongan^{1,2}, Du Zhuoming³, Li Zhanli^{1,2}, Kang Baosheng⁴

(1. College of Computer Science and Technology, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China;

2. School of Mechanical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China;

3. Computer Engineering School, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu 213001, China;

4. School of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an Shaanxi 710127, China)

Abstract: In recent years, the technology of video surveillance, widely used in the field of spaceflight, has become an important technical means in spaceflight safety and management. This paper gives a method to firstly detects change region of moving targets through background subtraction and temporal difference. Detect moving targets through binarization and morphological filtering, thus moving targets are identified combining with gray and textural features. Then Mean-Shift method to recognize and track moving targets is adopted. Lastly an experiment video example to monitor is given. The result shows that the feature of target has achieved good effect in the process of recognition. For the tracking of spaceflight moving target the method has better robustness, and is feasible.

Keywords: target detection; tracking; recognition; Mean-Shift

收稿日期: 2015-09-24; 定稿日期: 2015-11-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(61402206, U1261114); 陕西省自然科学基金项目(2014JM8346); 西安科技大学培育基金项目(2014032); 江苏省前瞻性联合研究项目(BY2014038-03)

作者简介: 李洪安(1978-), 男, 山东武城人, 讲师, 博士。主要研究方向为数字图像处理、计算机图形学与视频处理。E-mail: an6860@126.com

近年来随着计算机技术在航空领域的广泛使用, 把握信息优势、确保飞行安全的关键是快速准确地发现、识别和跟踪空中目标。空中目标的识别和跟踪技术的深入研究是为了将空中目标完整地检测出来, 并通过提取特征, 实现对运动目标的识别, 进而准确地跟踪目标, 为快速定位目标提供判定, 确保安全。其中, 基于视频图像的目标识别和跟踪技术是实现目标识别与跟踪功能的关键技术, 是实现空中智能化的基础技术, 所以开展空中视频的智能分析研究, 对监测目标的状态进行智能分析, 可为空中信息安全提供新的、可靠的技术手段, 对预防空难具有重大的意义^[1-2]。

由于视频监控技术的日益先进和成熟, 为了保证安全飞行, 航空企业也广泛配备了相应的视频监控系统。利用视频监控系统, 获取了大量空中视频图像, 但这些视频图像并未得到充分的利用, 所以本文研究是基于视频图像对空中目标的识别与跟踪技术。

1 研究现状

为了提高目标识别与跟踪的实时性和准确性, 人们提出了许多目标识别与跟踪的方法。文献[3]介绍了目标识别的现状及其常用方法。文献[4]要求运动目标必须可见性很好且距离摄像机足够近, 这样才能提供足够的信息来进行准确的形状识别。运动目标在识别过程中, 每一种单独的特征都无法做到完全准确的识别, 独立完成动态目标识别的任务几乎不可能, 所以, 研究者都是将几种特征相结合进行识别。文献[5]则是将阴影、纹理和对称性 3 种特征联合应用来进行运动目标识别。在目标跟踪领域中, 文献[6]通过用光流场算法检测红外弱、小、多目标, 再结合粒子滤波算法实现多目标轨迹预测。文献[7]针对人的跟踪中常出现的外观变形、遮挡以及多目标跟踪中常出现的旧目标消失、新目标增加等情况, 利用背景差分法结合背景

实时更新分割阈值以适应场景的不断变化进行多目标的跟踪。文献[8]提出了基于粒子滤波的多摄像头 3D 单人跟踪算法, 将 3D 模型和多目标视频采集机制嵌入到粒子滤波框架中, 有效地解决了 2D 图像中的遮挡问题。

针对空中的视频识别跟踪算法, 文献[9]提出了一种基于多光谱特征的空中标识方法, 分析了空中目标的红外辐射特性, 从多光谱繁杂的信息中提取红外目标的特有特征, 但是由于多色探测器技术的限制, 这种识别的理论和实验并不充分。文献[10]针对某民航机场及周边空域安全管理的需求提出一种基于 FPGA 的实时空中目标跟踪系统, 其系统采用了全硬件化设计思路。

由于空中环境的复杂性和视频的模糊程度, 本文将背景差分法与相邻帧差分法相结合检测运动目标, 提出结合运动目标的纹理特征与灰度特征对运动目标进行识别, 并采用改进的 Mean-Shift 跟踪方法实现对运动目标的跟踪。

2 运动目标跟踪

2.1 运动目标检测

文献[11]介绍了目标检测的方法, 结合本文条件, 由于空中天气变化、前景与背景颜色相似, 且视线模糊, 虽然背景差分法和相邻帧差分法都可以检测到前景的运动目标, 但提取到的运动目标存在空洞和不完整性, 因此为了克服两者的缺点, 本文将两种方法通过逻辑或运算相结合使用。根据实验可知, 这种方法与上述两种方法相比可以检测到较完整的运动目标。为了获得更好的效果, 本文通过设定阈值实现阈值的自动分割, 而且采用了形态学方法对图像进行处理, 腐蚀运算可消除小的亮点噪声, 但是腐蚀运算会使目标的部分信息丢失, 因此又用膨胀运算补充部分的信息。图 1 为实验数据空中运动目标的提取过程。

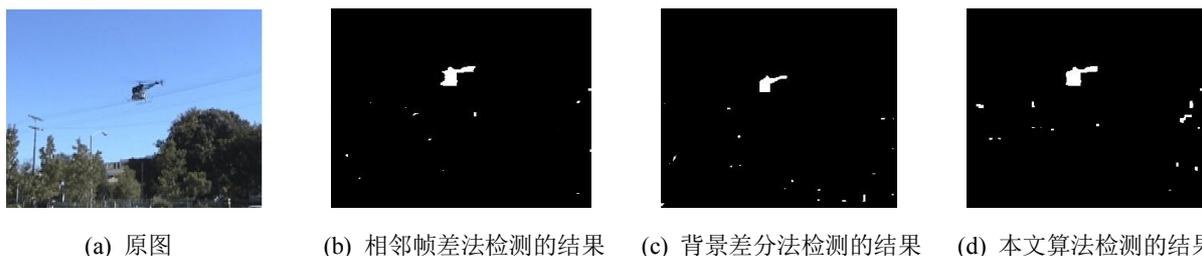


图 1 运动目标提取

2.2 运动目标跟踪

针对传统 Mean-Shift 算法跟踪准确度容易产生

偏差甚至跟踪失败的不足, 本文采用了改进的 Mean-Shift 算法^[12]。算法^[12]中将 Mean-Shift 和

Kalman 滤波相结合, 并对目标建立模型。

Mean-Shift 算法通过 Bhattacharyya 系数描述候选目标模型和目标模型概率分布的相似度, 随着 Bhattacharyya 系数的增加, 候选目标模型和目标模型的相似度越大, 通过迭代算法, 使搜索的窗口朝着密度增大的位置移动, 且收敛于最优位置。其中 \hat{q} 是目标模型, \hat{q}_u 是目标模型 \hat{q} 中第 u 个灰度级的概率密度。

$$\begin{aligned} \hat{q} &= \{\hat{q}_u\}_{u=1, \dots, m} \\ \hat{q}_u &= C \sum_{i=1}^n k(\|x_i^*\|^2) \delta[b(x_i^*) - u] \end{aligned} \quad (1)$$

候选目标模型为 \hat{p} , 如式(2):

$$\begin{aligned} \hat{p} &= \{\hat{p}_u(y)\}_{u=1, \dots, m} \\ \hat{p}_u(y) &= C_h \sum_{i=1}^{nh} k\left(\left\|\frac{y_i - x_i}{h}\right\|\right) \delta[b(x_i) - u] \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $\{x_i\}_{i=1, \dots, nh}$ 为中心点像素, $\{y_i\}_{i=1, \dots, nh}$ 为当前帧的目标模型像素。

\hat{q} 和 $\hat{p}_u(y)$ 的相似度通过 Bhattacharyya 系数来表示, 即:

$$\hat{\rho}(y) = \rho[\hat{p}_u(y), \hat{q}_u] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y) \times \hat{q}_u} \quad (3)$$

将式(3)在 y_0 处进行泰勒展开化简可得式(4):

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{nh} x_i \omega_i g\left(\left\|\frac{y_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{nh} \omega_i g\left(\left\|\frac{y_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} P(i, j, d, 0^\circ) &= \#\{(x1, y1)(x2, y2) \in M \times N | \\ & \quad x1 - x2 = 0, |y1 - y2| = d; f(x1, y1) = i, f(x2, y2) = j\} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} P(i, j, d, 45^\circ) &= \#\{(x1, y1)(x2, y2) \in M \times N | (x1 - x2 = d, y1 - y2 = d) \\ & \quad \text{或 } (x1 - x2 = -d, y1 - y2 = -d); f(x1, y1) = i, f(x2, y2) = j\} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P(i, j, d, 90^\circ) &= \#\{(k, 1)(m, n) \in M \times N | \\ & \quad |x1 - x2| = d, y1 - y2 = 0; f(x1, y1) = i, f(x2, y2) = j\} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} P(i, j, d, 135^\circ) &= \#\{(x1, y1)(x2, y2) \in M \times N | \\ & \quad (x1 - x2 = d, y1 - y2 = -d) \text{ 或 } (x1 - x2 = -d, y1 - y2 = d) \\ & \quad f(x1, y1) = i, f(x2, y2) = j\} \end{aligned} \quad (8)$$

式中: $\#(x)$ 为集合 x 中的元素个数, P 为 $Ng \times Ng$ 的矩阵, 若 $(x1, y1)$ 与 $(x2, y2)$ 间的距离为 d , 两者与坐标横轴的夹角为 θ , 则可以得到各种间距及夹角的灰度共生矩阵 $P(i, j, d, \theta)$ 。

利用式(4), Mean-Shift 跟踪算法可在当前帧中跟踪到目标。通过 Mean-Shift 算法的迭代聚类作用, 在 Kalman 算法跟踪的结果上再进行迭代计算, 实现运动目标跟踪。实验结果证明, 该算法可以取得很好地跟踪效果。

算法步骤如下:

步骤 1. 根据 Kalman 算法对运动目标进行预测, 并将 Kalman 预测的值记录为运动目标的中心;

步骤 2. 将步骤 1 中得到的运动目标的中心值作为 Mean-Shift 迭代计算的初始值, 进行下一步的迭代, 计算当前帧中运动目标的位置, 输出结果;

步骤 3. 如果是最后一帧, 则算法结束; 否则, 跳转至步骤 1 继续跟踪。使得改进后的 Mean-Shift 算法能减少搜索的范围, 且实现有效跟踪。

3 运动目标识别

本文主要研究空中运动目标的识别, 当目标较远时, 目标区域的轮廓较模糊, 则需要结合图像的灰度信息来描述目标的特征。因此本文将描述运动目标的灰度特征与纹理特征相结合作为识别运动目标的特征。根据上节, 可以得到运动目标的灰度特征。在本文采用均值对比度作为目标的灰度特征。纹理是表达图像中一块区域的像素灰度级的空间分布属性, 这种空间结构的固有属性可以通过邻域像素间的相关性表示。设 $F(x, y)$ 为一幅二维数字图像, 其大小为 $M \times N$, 灰度级别为 Ng , 对于不同的 θ , 满足一定空间关系的灰度矩阵的元素则定义如下:

4 实验结果

按照上述目标识别和跟踪算法流程, 采用 Visual 2010 开发环境, 借助 OpenCV 函数库完成基

于视频图像的目标识别与跟踪设计, 分别基于轮廓跟踪算法、传统 Mean-Shift 跟踪算法及本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法对 3 种不同环境的视频进行实验验证。实验中所有视频序列数据如表 1 所示。

表 1 实验中视频参数

参数	视频		
	1	2	3
总帧数	220	320	250
帧大小	384×294	384×294	384×294

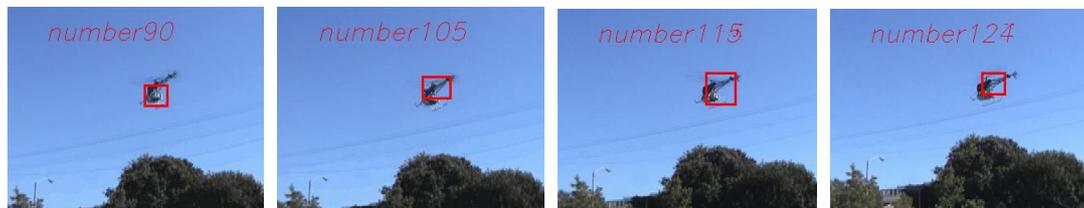
实验 1. 在无遮挡情况下。结果如图 2 所示, 分别对第 90、105、115 和 124 帧的跟踪结果。由图 2 可看出, 在无遮挡情况下基于轮廓跟踪算法和传统 Mean-Shift 跟踪算法在跟踪过程中自适应跟踪框都有不同程度的偏离, 而本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪框自始至终不存在严重偏离目标的情况。

实验 2. 视频中运动目标受光照变化影响。结果如图 3 所示, 分别对第 50、65、80 和 100 帧的跟踪结果。由图 3 可看出, 基于轮廓跟踪算法和传统 Mean-Shift 跟踪算法在跟踪过程中由于光照的影响自适应跟踪框都有不同程度的偏离, 而且在光照影响变小的情况下, 并未有效地恢复跟踪; 而本文

改进的 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪框既是在光照影响不断变化的过程中也不存在严重偏离目标的情况, 并能在光照影响消失之后, 准确恢复跟踪。

实验 3. 视频中运动目标从云层中由遮挡到渐渐出现。结果如图 4 所示, 分别对第 40、60、80 和 100 帧的跟踪结果。由图 4 可看出, 基于轮廓跟踪算法和传统 Mean-Shift 跟踪算法在运动目标刚出现时, 未能及时地跟踪目标, 使跟踪框发生一定程度的偏离现象, 而且传统的 Mean-Shift 跟踪算法在运动目标形状不断变化的过程中, 出现跟踪丢失的现象; 本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法在运动目标被遮挡的情况下, 仍能较准确地跟踪目标。

实验结果统计见表 2。如实验结果统计表显示: ① 3 种跟踪算法每帧图像的平均跟踪时间相差不多; ② 本文改进 Mean-Shift 跟踪算法较其他 2 种跟踪算法目标物受外部环境影响的跟踪准确率高; ③ 本文轮廓跟踪算法及传统 Mean-Shift 跟踪算法在目标由遮挡到重新找回的准确率较低, 这是因为基于轮廓跟踪算法是基于目标物的轮廓特征, 传统的 Mean-Shift 跟踪算法是基于目标的颜色特征, 故当目标发生遮挡时, 特征消失, 而本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法在目标遮挡后重新找回的准确率较高。



(a) 基于轮廓跟踪算法的跟踪结果

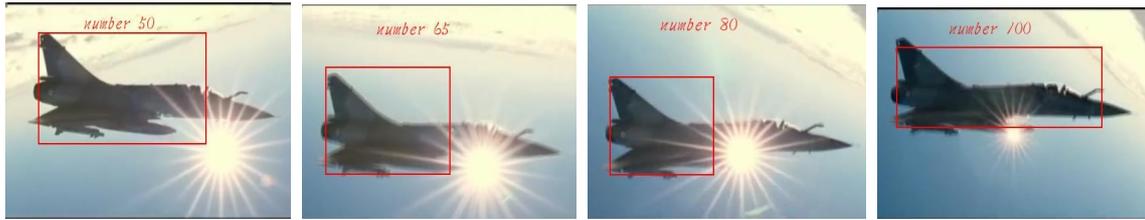


(b) 传统 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果



(c) 本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果

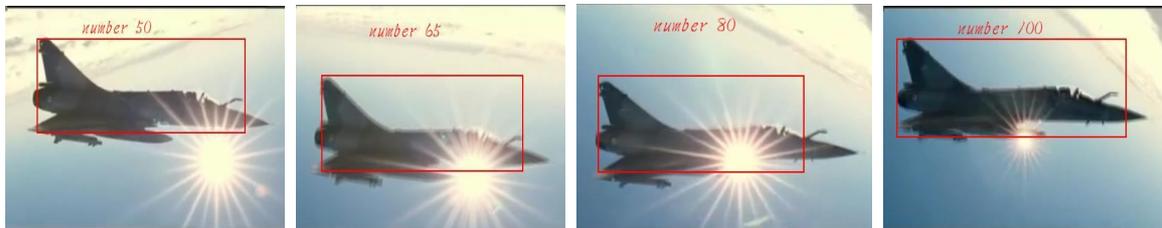
图 2 视频 1 空中运动目标的跟踪结果



(a) 基于轮廓跟踪算法的跟踪结果



(b) 传统 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果



(c) 本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果

图 3 视频 2 空中运动目标的跟踪结果 1



(a) 基于轮廓跟踪算法的跟踪结果



(b) 传统 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果



(c) 本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法的跟踪结果

图 4 视频 2 空中运动目标的跟踪结果 2

表2 实验结果统计

算法	平均跟踪时间(ms)	目标无遮挡跟踪准确率(%)	目标有遮挡重新找回目标准确率(%)
基于轮廓跟踪算法	16	59	17
传统 Mean-Shift 跟踪算法	16	64	21
本文改进的 Mean-Shift 跟踪算法	15	81	68

5 结 论

本文针对空中目标的识别及跟踪,改进了灰度特征与纹理特征相结合的识别方法,并采用改进的 Mean-Shift 跟踪算法对其进行跟踪。在简单的空中飞行实验环境下,对空中目标进行检测识别和跟踪,实验结果表明识别和跟踪取得了较满意的效果,但离实际需求还存在差距^[13-14]。如何在实际复杂背景环境中实现对目标实时的检测、识别与跟踪,提升目标识别的准确率,是以后研究的重点。

参 考 文 献

- [1] 刘贤明. 无人战斗机的目标识别与跟踪[J]. 电子世界, 2014, (12): 203-204.
- [2] Li X, Yao X C, Murphey Y L, et al. A real-time vehicle detection and tracking system in outdoor traffic scenes [C]// International Conference on Pattern Recognition. New York: IEEE Press, 2004: 761-764.
- [3] 徐 成, 鲍 泓, 张璐璐, 等. 视觉动态目标识别研究进展[J]. 北京联合大学学报, 2013, 27(4): 24-29.
- [4] 吴士林, 朱 枫. 自然场景中多类目标识别的算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(3): 91-95.
- [5] Ten Kate T K, Leewen M B, Moro-Ellenberger S E, et al. Mid-range and distant vehicle detection with a mobile camera [C]//IEEE Intelligent Vehicles Symposium. New York: IEEE Press, 2004: 72-77.
- [6] 罗寰于, 雷廖俊, 穆中林. 复杂背景下红外弱小多目标跟踪系统[J]. 光学学报, 2009, 29(6): 1536-1541.
- [7] 常发亮, 马 丽, 乔谊正. 视频序列中面向人的多目标跟踪算法[J]. 控制与决策, 2007, 22(4): 418-422.
- [8] Jian Y, Odobez J M. Multi-camera 3D person tracking with particle filter in a surveillance environment [C]// Signal Processing Conference. New York: IEEE Press, 2008: 25-29.
- [9] 刘金龙, 刘启忠, 郭虎生. 一种基于多光谱特征的空中标识方法[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(9): 78-79.
- [10] Uzkent B, Hoffman M J, Vodacek A. Efficient integration of spectral features for vehicle tracking utilizing an adaptive sensor [J]. The International Society for Optical Engineering, 2015, 9407(1): 181-185.
- [11] 张博龙. 无人飞行器目标跟踪算法研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2014.
- [12] 章学静, 陈 禾, 杨 静. 结合卡尔曼滤波和 Mean Shift 的抗遮挡跟踪算法[J]. 北京理工大学学报, 2013, 33(10): 1056-1061.
- [13] 杨智尧, 宋 欣, 宋占伟. 动态图像的拼接与运动目标检测方法的研究[J]. 图学学报, 2014, 35(6): 893-898.
- [14] Xu M, Song Y D, Lv S D, et al. Design of objects tracking system based on ARM embedded platform [J]. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2014, 24(3): 65-69.