

一种快速有效的机载目标识别算法

潘铭星 孙 涵

(南京航空航天大学计算机科学与技术学院 南京 210016)

摘 要 针对机载三维运动、复杂场景下特定目标识别困难的问题,提出了一种快速有效的算法。先采用基于颜色的目标检测技术,快速实现目标兴趣区域的粗定位;然后根据链码跟踪方法提取兴趣区域的特征;再根据样本视频总结归纳出的决策规则对兴趣区域的特征进行判断;最终实现特定目标的识别。实验表明,新算法速度快,实用性强,适合实时处理。

关键词 兴趣区域,链码,特征值,决策树,无人机

中图法分类号 TP391.4 文献标识码 A

Fast and Efficient Algorithm for Airborne Target Recognition

PAN Ming-xing SUN Han

(Computer Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract Because the target recognition is very difficult under the complex scene and with 3D motion of airplane, a fast and efficient algorithm was proposed. First using a color-based object detection method, the coarse positions of region of interest (ROI) are achieved quickly. Then the features of ROI are extracted according to chain code tracing method. And then the decision rules for special targets are concluded based on sample video, and are used to judge whether each ROI is the true target. Finally the recognition for special targets detection is realized. Experiments also show that the new algorithm is fast, practical and suitable for real-time processing.

Keywords Region of interest, Chain code, feature, Decision tree, UAV

1 引言

随着无人机技术的发展,视觉导航、目标识别与跟踪等技术也越来越受关注。在无人机上实现目标识别,要求算法的效率要很高,时间和空间复杂度尽可能小。除此之外,由于无人机上条件的限制,算法应工作在超低功耗的硬件平台上。

无人机在空中对地拍摄图像时,场景相对于飞机是运动的,因此每一帧图像中的前景与背景都在移动,即没有固定的背景,所以不能用常见的运动目标检测方法检测目标^[1,2]。文献^[3,4]是对整个视觉导航系统的研究,在系统的搭建上做出了贡献,但没有考虑无人机拍摄的图像尺度缩放、旋转问题会影响到图像匹配的精度。由于无人机高度和姿态的变化不定,目标大小和形状在图像中会有多种形态。而且复杂的地貌场景(人、车、草地、水面等)也给机载应用增加了难度。本系统中要检测的目标是以绿色(或红色)为内圆、白色区域为中间圆环、蓝色区域为外圆环构成的同心圆区域(见图 1(a))。红色为禁止投放标记,绿色为允许投放标记。

为了解决这些问题,本文先采用了基于颜色信息提取兴趣区域技术,将大部分的背景(人、车等)滤掉;然后用链码跟踪方法提取出兴趣区域的特征值,与样本数据中总结出来的规则集(rule set)比较,对兴趣区域进行识别。

本文第 2 节介绍了一种基于颜色的兴趣区域提取技术,通过图像中的颜色信息只保留感兴趣的区域;第 3 节介绍了基于链码跟踪的特征提取技术和基于决策树的目标判别方法;先通过链码跟踪技术^[5,6]提取兴趣区域,并且得到兴趣区域的相关特征,然后通过决策树对兴趣的属性进行判断,从而实现特定目标的识别;第 4 节分析了实验结果,同时与传统的圆检测方法,即 Hough 变换圆识别的方法进行对比,最后对本文进行总结。

2 基于颜色的感兴趣区域提取技术

根据图像的梯度信息来提取兴趣区域是最常见的方法之一,其原理是利用图像与边缘检测算子进行卷积,从而将图像的前景和背景分开,提取出感兴趣的区域。但是要求图像的质量要高,而且对光照比较敏感,例如白天和阴天拍到同样场景的图片,其梯度信息有很大的不同,导致提取到的兴趣区域会不同,故不适合机载环境使用。

由于待识别目标是有特定颜色的,因此将图像中含有目标颜色的区域视为兴趣区域,不包含目标颜色的区域视为非兴趣区域。在一般的图像中,白色区域的各个颜色分量值均大于 190,为了减少计算量,根据 $R+G+B$ 的值判断,从而根据式(1),可提取出含有白色区域(兴趣区域)的部分。该方法

本文受国家自然科学基金(61203246),江苏省“青蓝工程”,南京航空航天大学基本科研业务费(NZ2013002)资助。

潘铭星(1991—),男,硕士生,主要研究方向为计算机视觉,E-mail: pmx910126@163.com;孙 涵(1978—),男,博士,副教授,主要研究方向为计算机视觉、数字图像处理。

不占用额外的内存,且运行时间短,整个提取过程只需要遍历图像一遍,然后根据像素的颜色值判断是否属于目标像素即可。其处理效果如图 1 所示。

$$g(x,y) = \begin{cases} 255, & R+G+B \geq 270 \\ 0, & R+G+B < 270 \end{cases} \quad (1)$$

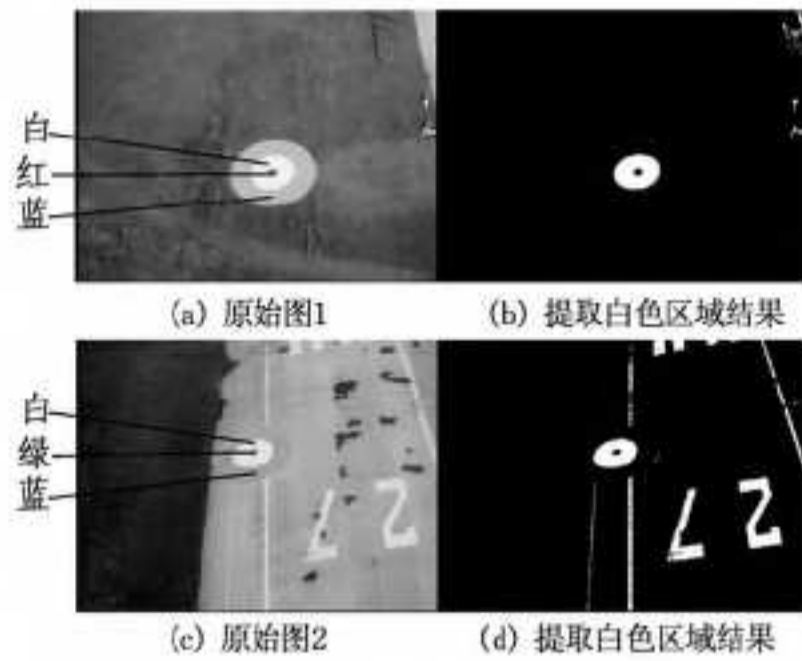


图 1 处理前后的对比(目标区域是图中有红色和绿色区域)

由效果图可以看出,除了要检测的目标外还有其他的白色区域被认为是兴趣区域,故要根据兴趣区域的特征值,进行进一步判别。

3 基于链码跟踪的特征提取技术及基于决策规则的目标识别

3.1 基于链码跟踪的特征提取技术

在本文中目标是圆形区域,圆检测最常用的算法是 Hough 变换^[9-11]。其原理就是把平面坐标转化为参数坐标,然后对圆周上的点进行统计从而确定是否是圆。实现过程分为 3 步:(1)先对图像进行边缘检测,一般采用 Sobel 算子;(2)对边缘检测的结果进行边缘细化,出去部分噪声;(3)最后对圆心和半径进行统计,从而识别出圆。而本系统中由于姿态原因,拍摄到的圆基本上都是椭圆,并且边界梯度信息较弱(见图 2),圆检测的效果很差。

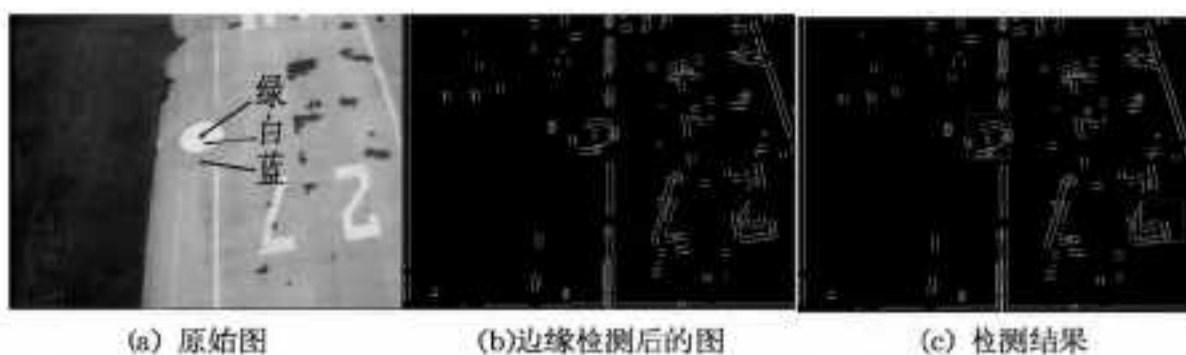


图 2 hough 变换处理效果

根据无人机拍摄到的大量视频数据,可以从中总结出一些规则(rule set)。例如,目标区域的颜色范围、大小、形状等信息。根据这些规则生成一棵判决树,然后与兴趣区域的属性逐条检验,即可判断该区域是否为目标。

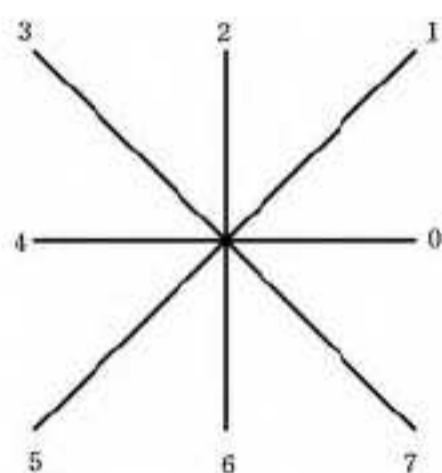


图 3 8 链码及方向表示

Freeman 提出了目标轮廓的 Freeman 编码(链码)^[5],由于存储链码(Freeman code)所需的存储空间小,且链码带有方向信息和能直接计算形状参数(例如面积、周长、形心、形状

数、矩)等其它优良特征,使得链码在目标分析、图像压缩和计算机图形学中得到了广泛应用。先采用文献^[6]中的方法得到兴趣区域的链码,再根据链码信息采用文献^[7]中的方法将区域填充(效果如图 4 所示),以便于更好地比较闭合区域与外接矩形的占空比。

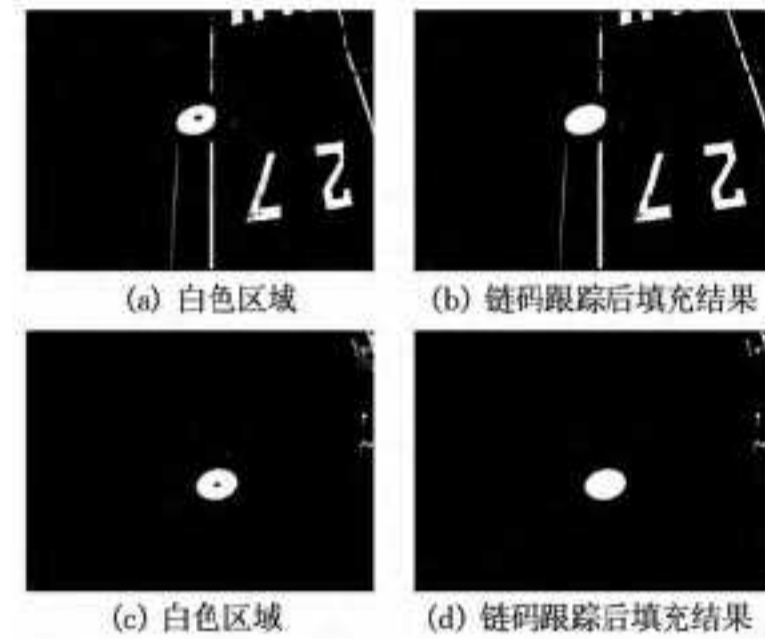


图 4 链码跟踪提取出的闭合区域

由 8 链码的图可以看出,当链码值为 0、1、7 时,链码在 x 轴正方向上移动了一个单位,为 3、4、5 时向 x 轴负方向上移动了一个单位,因此可以根据链码值判断出闭合区域离原点在 $x(y)$ 轴方向上的最大偏移,即可以得到其外接矩形,从而算出外接矩形的面积、长宽值以及周长等;根据类似的方法,可以得到兴趣区域的面积、周长等特征值。通过兴趣区域的链码串,能得到该区域的特征值,从而可以判断是否为目标。

3.2 基于决策规则的目标识别

得到兴趣区域的特征值后,根据链码长度、兴趣区域的面积、周长、闭合区域的外接矩形以及兴趣区域中心圆的颜色即可判断是否为目标圆。

拍摄到的目标区域在图像中大小不固定,但在一定的取值范围内。根据规则 1 可以除去图中过小或是过大的区域(见图 4(b)),同时,圆的周长与 π 的比值接近于其直径,即外接矩形的长或宽。本系统中设最小面积 $\min A = 2000$,最大面积 $\max A = 5000$,最小链码长度 $\min Length = 100$,最小周长 $\min p = 100$ 。

规则 1

$$\begin{cases} codeLength \geq \min Length \\ Perimeter \geq \min P \\ \min A \leq Area \leq \max A \\ 0.7rectWidth \leq Perimeter/\pi \leq 1.3rectWidth \\ 0.7rectHeight \leq Perimeter/\pi \leq 1.3rectHeight \end{cases}$$

本文中目标在图像中虽是椭圆,但是其外接矩形仍是长宽接近的矩形,并且其长宽值及其比值应在一定范围内,此外,闭合区域的面积与外接矩形的比值要大于阈值最小占空比(0.5),排除外接矩形接近正方形,但是形状不是椭圆的情况。

规则 2

$$\begin{cases} 0.7 \leq rectWidth/rectHeight \leq 1.3 \\ 50 \leq rectWidth \leq 100 \\ 50 \leq rectHeight \leq 100 \\ Area/(rectWidth * rectHeight) \geq 0.5 \end{cases}$$

由于目标是红色或绿色的圆,根据式(2)将圆心区域像素的 RGB 转换到 HSL 空间,当分量在大于 330 或是小于 30 时,属于红色区域;当其在 100 到 130 间时属于绿色区域,这样就能根据颜色得到兴趣区域的目标属性。

$$h = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = \min \\ 60 \times \frac{g-b}{\max-\min}, & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60 \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360, & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60 \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120, & \text{if } \max = g \\ 60 \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240, & \text{if } \max = b \end{cases} \quad (2)$$

$\min(\max)$ 为 r, g, b 中的最小值(最大值)。

根据这些规则可以快速有效地识别目标圆,并可快速移植到硬件平台上。

4 实验结果与分析

该算法最终在 EMB-3930 超低功耗的工控板(Intel(R) Atom(TM) CPU,1865MHz,支持 DDR3,4GB 内存)上运行,并装载到无人机上进行实验(见图 5)。实验结果表明,该算法运行速度快,识别率高,在复杂地貌或是有相似目标的区域时不会误识,如图 6、图 7 所示。

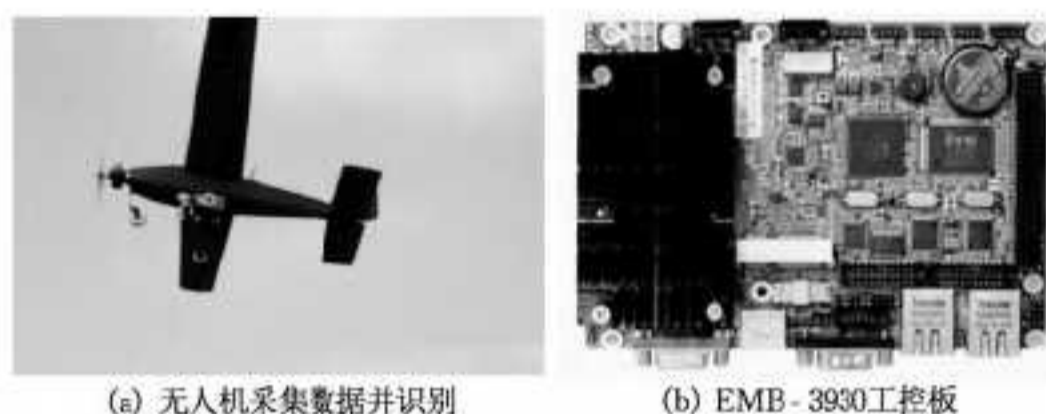


图 5 算法的工程实现

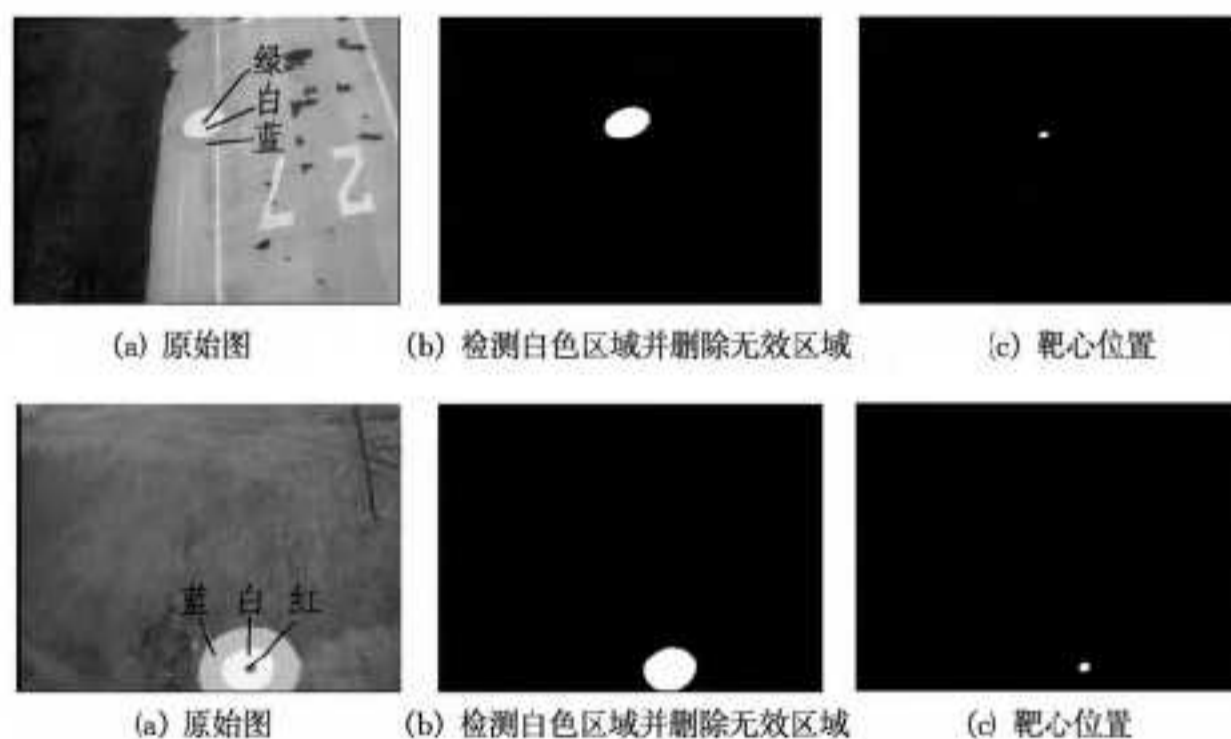


图 6 正确识别的图

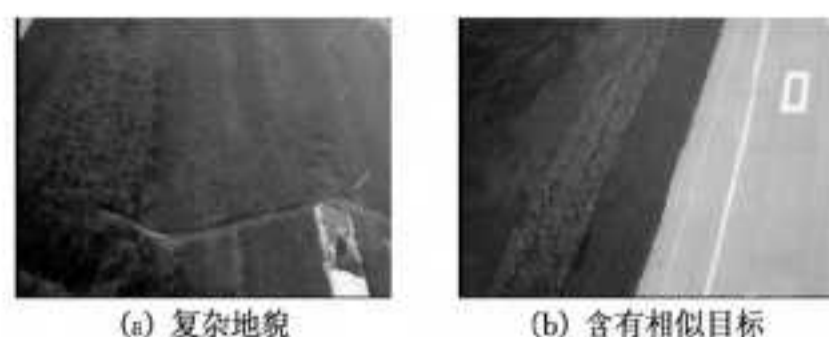


图 7 在复杂地貌或是有相似目标下不会误识

若采用 Hough 变换检测目标圆,需要对图像进行高斯滤波、canny 算子等运算,从而丢失了目标圆的部分信息,导致识别率的降低,并且消耗的时间长,无法满足实时处理,最主要的是在无人机拍摄的图像中,目标区域基本上是椭圆形的,使得误检和漏检现象增多(见表 1)。

在本系统的场景下,所采用的算法的执行速度和识别率均优于传统的 Hough 变换圆检测,该算法在极少情况下会出现漏检的可能,但是由于数据是视频流,目标会在连续的多帧图像中出现,当某一帧图像漏检时,会在相邻帧里检测到目

标,并不影响实验结果(见表 2)。

表 1 Hough 变换实验结果

待识别图像	漏检	误检查	正确识别	运行时间
数量/幅	100	3	24	73
				106ms~316ms

表 2 实验结果

待识别图像	漏检	误检查	正确识别	运行时间
数量/幅	100	2	0	98
				17ms~38ms

结束语 随着中航工业的快速发展,无人机技术越来越受到人们的关注,在无人机上进行视觉导航、跟踪及其特定目标的识别等技术已成为焦点,但由于无人机上的条件限制,尽量使算法简单而高效。

参考文献

- [1] Barnich O, Van Droogenbroeck M. ViBe: a powerful random technique to estimate the background in video sequences[C]// IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2009:945-948
- [2] Barnich O, Van Droogenbroeck M. ViBe: A universal background subtraction algorithm for video sequences[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(6): 1709-1724
- [3] Lin F, Dong X, Chen B M, et al. A robust real-time embedded vision system on an unmanned rotorcraft for ground target following[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2012, 59(2): 1038-1049
- [4] Conte G, Doherty P. An integrated UAV navigation system based on aerial image matching[C]// Aerospace Conference, IEEE. 2008:1-10
- [5] Liu Yong-Kui. Research on the compression algorithm for Freeman chain code[J]. Chinese Journal of Computers, 2001, 24(12): 1294-1298
- [6] Ren Ming-Wu, Yang J, Sun Han. A New Contour Filling Algorithm Based on Chain Codes Description[J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(4): 348-522
- [7] Kim H S, Kim J H. A two-step circle detection algorithm from the intersecting chords[J]. Pattern recognition letters, 2001, 22(6): 787-798
- [8] Ballard D H. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes[J]. Pattern recognition, 1981, 13(2): 111-122
- [9] Lei Xu, Oja E, Kultanen P. A new curve detection method: randomized Hough transform(RHT)[J]. Pattern recognition letters, 1990, 11(5): 331-338
- [10] Duda R O, Hart P E. Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures[J]. Communications of the ACM, 1972, 15(1): 11-15
- [11] Kaaniche K, Champion B, Pégard C, et al. A vision algorithm for dynamic detection of moving vehicles with a UAV[C]// Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation. ICRA. 2005:1878-1883
- [12] Conte G, Doherty P. An integrated UAV navigation system based on aerial image matching[C]// Aerospace Conference, 2008 IEEE. 2008:1-10
- [13] Cesetti A, Frontoni E, Mancini A, et al. A vision-based guidance system for UAV navigation and safe landing using natural landmarks[C]// Selected papers from the 2nd International Symposium on UAVs, Reno, Nevada, USA 2009. Springer Netherlands, 2010:233-257