

• 多媒体技术 •

基于运动和颜色的视频烟雾检测算法

郑璐, 陈俊周

(西南交通大学 信息科学与技术学院, 四川 成都 610031)

摘要: 为了提高视频烟雾检测的准确性,有效排除视频中类似烟雾运动的物体,降低对环境光照变化产生的误检,提出了基于运动和颜色改进的烟雾检测算法。该算法能有效克服被检测场景光照的变化、背景混乱运动、以及运动目标阴影带来的干扰。它由两部分构成:烟雾运动检测和烟雾颜色特征的提取。该算法通过运动分割的方法检测出运动的像素,把归一化rgb空间颜色模型引入,以剔除疑似烟雾区域的干扰,并有效减小光照变化等影响。

关键词: 运动分割; 烟雾; 相邻帧差; 归一化rgb; 视频检测

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024 (2010) 21-4650-03

Smoke detection algorithm of video based on motion and color

ZHENG Lu, CHEN Jun-zhou

(School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In order to improve the accuracy of the video based on smoke detection algorithms, and eliminate the similar object of smoke movement, reduce the false detection rate caused by environment light changes, a modified smoke detection algorithm based on motion and color is presented. This algorithm can effectively reduce the interference of scene illumination detected and background motion, and eliminate the existing of target shadow phenomenon. The algorithm consists of two parts: the detection of smoke movement and extracting the characteristics of smoke color. First, the movement of the pixels is detected by the motion segmentation, and then the model of normalized rgb color space is introduced for eliminating the interference of similar smoke area, and reducing the impacts of changes in illumination effectively.

Key words: motion segmentation; smoke; adjacent frame difference; normalized rgb; video detection

0 引言

传统的烟雾检测技术依靠对颗粒、温度、空气湿度、透明度等物理量采样的点式传感器来实现。这些传感器被安装检测对象附近,但当这类传感器距被监测对象较远时,例如被安装在机场、隧道、仓库等一些空间较大的场景中,它们很难及时有效地实现。目前,国内外对视频烟雾检测技术的研究尚处于初级阶段。Celik等人^[1]在YCbCr色彩空间对多个不同场景视频进行统计建立了一套烟雾色彩模型,但该模型对烟雾像素易产生误判。Toreyin在视频烟雾检测领域进行了大量的研究^[2-3],提出了一种基于能量的检测方法:视频中的烟雾并不是一开始出现就完全遮挡住了背景,而是有一个渐变的过程,这些烟雾的区域可以判断出来。他们使用双小波变换对图像进行处理,第一次小波变换用来进行空间分析计算,第二次变换对检测出的烟雾边缘进行能量分析。这种方法的缺点是,在亮度不断变化的环境下,检测效果不佳。文献[2,11]利用小波提取疑似烟雾区域的高频信息,通过分析其视频中帧间小波高频分量的变化判断是否为烟雾引起的边缘模糊化,从而实现对烟雾的检测。文献[3]在文献[2]的基础之上提取出烟

雾的轮廓,通过分析烟雾轮廓的不规则性以提高烟雾判断的准确率。Chen等人^[4]通过对烟雾像素的色度信息进行统计建立烟雾的色彩模型,再通过一套烟雾的模糊动态特征检测与分析机制实现对烟雾的检测。Xiong等人^[5]提出了一套基于背景差分、烟雾闪烁检测、烟雾轮廓识别的烟雾检测技术。该方法需要预先设定一些经验性参数。文献[12]采用滑动时间窗口对疑似烟雾区域进行分析,生成块运动方向时间序列,并通过计算块的累积量和主运动方向实现对烟雾的检测。文献[6]在综合颜色统计、运动检测、轮廓不规则性分析的基础上,利用模糊逻辑对烟雾进行识别,以实现烟雾的检测。S. Calderara等人^[7]提出了一种新的快速和鲁棒性的烟雾检测方法,该方法目的是通过分析运动物体的颜色和纹理特点,用背景相减的方法来分割出烟雾,从而检测出烟雾的来源和存在。Kopilovic等人^[8]通过分析视频中灰色区域运动的不规则性,提出通过光流的方法对烟雾进行检测。尽管这个方法对于一些简单场景中烟雾的检测都很有效,但当视频中出现灰色运动物体时,仍然存在很多误判的情况。针对视频序列的图像中有些区域的颜色和烟雾的颜色一样或相似的情况,把这些疑似烟雾分为两种情况:像烟雾颜色一样的运动非烟体和光源照射产生的

收稿日期:2009-11-16; 修订日期:2010-01-21。

作者简介:郑璐(1983-),男,河南洛阳人,硕士研究生,研究方向为数字图像处理、模式识别、机器学习;陈俊周(1979-),男,四川人,博士,研究方向为计算机视觉、数字图像处理和机器视觉。E-mail:kofssss@gmail.com

像烟的背景,对于第一种情况,黑色的物体可能引起一个假的烟雾提取;对于第二种错误提取的原因是背景光照对提取有一系列影响,使图像处理复杂不可靠,为了证实真正的烟雾,除了用色彩,动态特征也是大量被使用来区分其它虚假烟雾。这些烟的动态属性包括扩散运动。此算法能把一些测试视频中摇动的黑色塑料袋等干扰物去除并减小光照带来的干扰等。

1 运动分割检测

运动对象检测一直是国内外视觉监控领域研究的难点和热点之一,其目的是从序列图像中将变化区域从背景图像中提取出来,运动区域的有效检测对于目标分类、跟踪、行为理解等后期处理至关重要。运动目标分割是实现烟雾检测的前提。常用的分割方法可以分为背景差分法、帧间差分法和基于光流的分割方法等。基于光流的分割方法^[8]运算复杂度较大且对噪声敏感,不宜用于实时检测算法;背景差分法^[5,7]适合环境变化较小的情况,但是由于实际环境的复杂和烟雾运动的多样性,在实际应用时需要的算法比这复杂的多,且背景差分算法对光照和外部条件变化造成的动态场景变化过于敏感,这与本文降低对环境光照变化带来的误检率相违背。帧间差分算法是目前运动对象检测中在视频分割中常用的一种方法,即相邻两帧图像差分法,在这里的应用主要是考虑到比较容易获得运动物体(烟雾和非烟雾)的轮廓,对于不运动的物体则不会显示,这样就可以得到需要关注的运动部分,为下一步在此基础上剔除疑似烟雾打下良好的基础,其基本原理是通过计算相邻帧图像中像素点的灰度差计算出运动物体的位置和形状等信息。下面将阐述这种方法。

相邻两帧图像差分法的计算过程可用式(1)来表示

$$b_i(x,y) = |I_i(x,y) - I_{i-1}(x,y)| = \begin{cases} 0 & \text{background } b_i(x,y) > T \\ 1 & \text{foreground } b_i(x,y) < T \end{cases} \quad (1)$$

式中 $I_i(x,y), I_{i-1}(x,y)$ ——连续两帧图像 $b_i(x,y)$ ——帧差图像, T ——二值化设定的阈值。效果如图1。基于相邻两帧图像差分法的运动目标提取的主要优点:算法实现简单,程序设计复杂度低;易于实现实时监控;光照的适应性强,受目标阴影影响不大。

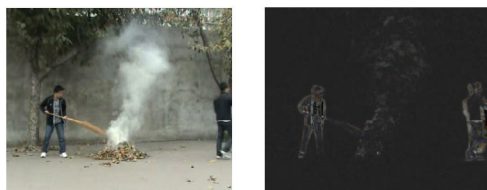


图1 帧差原图和效果

而其它的帧差法如三帧图像差分算法^[13]得到的物体轮廓往往并不完整,且边缘不够精确,因此无法直接应用在后续的图像分析处理中,在本算法中为保证实时性和精确性,故选择相邻两帧差分法。

2 烟雾颜色模型分析

2.1 传统颜色模型

和人眼所能接受的可见光的波长红,绿,蓝3色一样,每

一个像素的颜色是由3个颜色通道所组成,RGB颜色系统可以让视频检测中分析图像像素各个分量颜色值。Chen^[4]的颜色模型是在RGB颜色下,3种颜色通道的值应该非常接近;而Feiniu Yuan^[9]的烟雾颜色模型可以看作是对Chen^[4]的一种改进,它的特点主要有烟雾颜色可能接近浅灰-蓝白色,因此B分量的值稍大于R和G分量的值。具体算法规则如下

$$C_{\min} = \min(R, G, B)$$

$$C_{\max} = \max(R, G, B)$$

$$I = (R + G + B) / 3$$

$$\text{条件1 } |C_{\max} - C_{\min}| < T_4$$

$$\text{条件2 } T_2 < I < T_3$$

$$\text{条件3 } C_{\max} = B \text{ AND } |C_{\max} - C_{\min}| < T_4$$

$$\text{If(条件1 AND 条件2) OR (条件3 AND 条件2)}$$

$$\{ \text{满足烟雾颜色条件} \}$$

$$\text{Else}$$

$$\{ \text{不满足烟雾颜色条件} \}$$

在理想情况下经过这样提取后的大部分烟雾能够被提取出来,效果如图2所示。

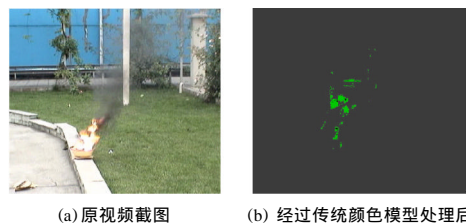


图2 传统烟雾颜色模型效果

但是如果出现疑似烟雾的情况,这种算法就失去效果了。正是基于自本文运用一种新的算法,把归一化rgb颜色模型和运动分割算法有效的相结合得到最佳的效果。

2.2 归一化rgb烟雾颜色模型

采用一种基于归一化RGB色彩模型的阴影处理方法。首先将RGB影像进行归一化,结合归一化后的红绿色通道采用阈值检测,再结合数学形态学处理,剔除疑似烟雾颜色的干扰区域。如果在RGB空间中存在两个颜色点 (R_1, G_1, B_1) 和 (R_2, G_2, B_2) ,且满足式(2)的关系

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{B_1}{B_2} \quad (2)$$

则它们有相同的色差,不同的亮度。主要差异存在于亮度分量上。因而,使用归一化rgb空间可以缩小亮度差异,使其具有更好的聚类性。它与RGB空间的转换式(3)为

$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{R+G+B} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R+G+B} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{R+G+B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中R,G,B为图像像素的红、绿、蓝3个颜色分量的值。通过实验分析大量烟雾的图像,经统计提取了烟雾的特征信息,即烟雾的像素点色彩满足下面的归一化烟雾颜色模型关系

$$T_1 < r < T_2$$

$$T_3 < g < T_4$$

$r < g$

由于(r,g,b)存在约束 $r+g+b=1$,因此 ,归一化后空间只有两个维度 ,一般用(r,g)表示 , T_1-T_4 都是对测试视频^[4,7]进行实验后而得到。改进后的彩色模型减小了分布对颜色变化的敏感性 ,对强度的变化也相对稳健 ,把视频中的黑色塑料袋等强干扰物剔除如图 3。大大提高了检测烟雾的准确性和效率 ,从而减少误检率。

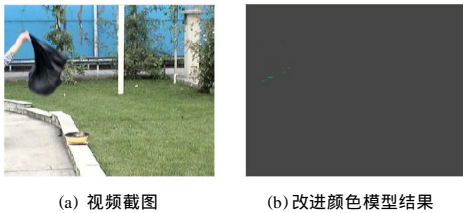


图 3 改进颜色模型后的效果

3 实现环境及算法流程

硬件环境 :InterPentium 166MX 或更高 ,内存 256MB ,硬盘空间 40GB ,显卡 :SVGA 显示适配器。

软件环境 :Windows 98/ME/2000/XP ,OpenCV 开源计算机视觉库 ,因此需要 OpenCV 运行库文件 :cv100.dll ,cxcore100.dll ,highgui100.dll ,cvaux100.dll ,libguide40.dll ,这些文件连同程序放在同一个文件夹即可。同时软件使用 Visual Studio 2005 进行开发 ,需要安装 Microsoft Visual C++ 2005 可再发行组件包(包含使用 Visual C++ 开发的应用程序所需的 Visual C++ 库的运行组件)。

烟雾检测算法的提出为早期预防火灾提供了一种可能。首先 ,从获得图像序列中把运动的区域分割成部分 ,如果是烟雾的部分就拿来作为候选检测 ,通过色彩特征 ,烟雾像素将从这些运动的区域提取 ,然后为了和假烟雾区别 ,利用改进的颜色特性来剔除一些假烟雾像素 ,最后如果真烟一旦被确认就给出相应的警告。算法流程图如图 4。

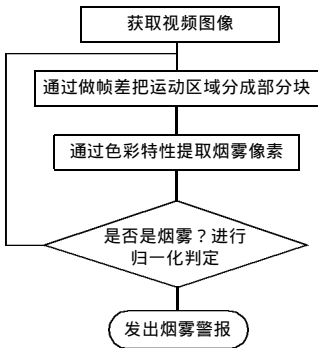


图 4 烟雾检测算法流程

4 实验结果及分析

实验测试视频序列大部分来自^[2]<http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/Demo/SmokeClips/> 和^[7] <http://imagelab.ing.unimore.it/visor>。还有少量序列是自己拍摄获取。经过实验检测 ,本算

法在大部分实验中效果良好(见表 1) ,尤其是在有疑似烟雾和强光照的干扰下依然取得了比较令人满意的效果。如图 5-图 7 是本烟雾算法检测出的效果演示图 ,其中图 (a) 均表示原视频截图 ,而图 (b) 均表示经过运动检测相邻帧差后结果 ,图 (c) 均表示经过运动检测后的原图 ,图 (d) 均表示经过归一化 rgb 颜色模型后提取的含有烟雾区域的效果图。从图 5 中可以看到在自然户外环境下检测出的烟雾 ;图 6 中可以明显看到干扰物黑色塑料袋大部分并没有检测出 ,说明改进后的算法具有剔除疑似烟雾的效果 ;图 7 中在室内有强光线照射下 ,也充分排除干扰效果 ,有效的检测出烟雾的存在。实验中一些阈值设置要根据不同的测试视频进行大量实验后得到。

表 1 试验结果

视频序列	名称	是否有烟雾	是否误检
No1	CarLights.avi	无,强光照	有少许
No2	BehindtheFence.avi	有	无
No3	BtFence.avi	有	无
No4	EmptyR.avi	有,强光照	无
No5	ShorterIsyamNight.avi	有	无
No6	Moky.avi	有	无
No7	ParkingLot.avi	有	无
No8	WasteBasket.avi	有	无
No9	Window.avi	有,灯光下	无
No10	TunnelAccident.avi	稀少	少许
No11	Colakli.avi	有	无
No12	Factory.avi	有	无
No13	ISYAM.avi	有	无
No14	Pelco_Colakli.avi	有	无
No15	Manavgat.avi	有	无
No16	Sorgun1.avi	有	无
No17	黑色塑料袋.avi	无	无
No18	网球场扫地.avi	有	无

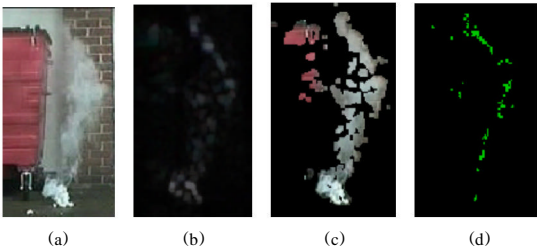


图 5 烟雾检测效果

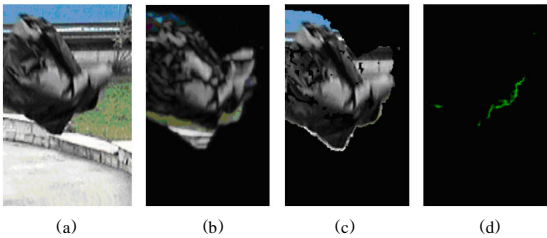


图 6 疑似烟雾检测效果

5 结束语

烟雾检测是一个最近才提出的新的研究问题 ,所以对它 (下转第 4677 页)

在以后的工作中可以对该算法的稳定性做进一步的研究。

参考文献:

- [1] Han Jiawei, Micheline Kamber. 数据挖掘: 概念与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 223-224.
- [2] Shi Yong, Song Yuqing, Zhang Aidong. A shrinking-based clustering approach for multidimensional data[J]. Knowledge and Data: Engineering IEEE Transactions, 2005, 17(10): 1389-1403.
- [3] Shi Yong, Song Yuqing, Zhang Aidong. A shrinking-based approach for multi-dimensional data analysis[C]. Berlin, Germany: The 29th VLDB Conference, 2003: 440-451.
- [4] Peng Lizhi, Chen Yuehui, Yang Bo, et al. A novel classification

method based on data gravitation[C]. Beijing, China: Proceedings of International Conference on Neural Networks and Brain, 2005: 667-672.

- [5] 周世勋. 量子力学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 91-93.
- [6] 漆安慎, 杜焱英. 普通物理学教程: 力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 171-179, 392-394.
- [7] 洪正平, 刘杰. 电磁学教程[M]. 济南: 山东大学出版社, 2001: 6-11, 3-15.
- [8] Peng Lizhi, Yang Bo, Chen Yuehui, et al. Data gravitation based classification[J]. Information Sciences, 2009, 197: 809-819.
- [9] 孙士保, 秦克云. 改进的 K-平均聚类算法研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(13): 200-201.

(上接第 4652 页)

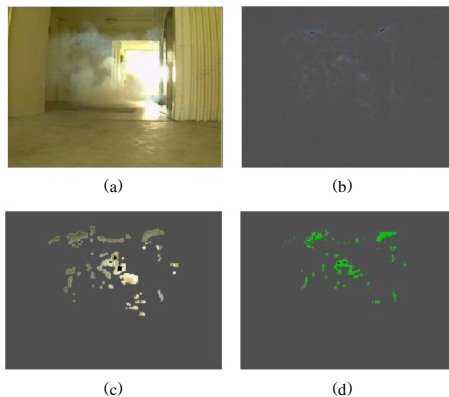


图 7 光照环境下烟雾的检测

的研究一直在探索进展中。本文提出的运动分割检测就是通过做帧差得到运动的帧差图像, 从而在这些运动物体中找候选的疑似烟雾区域, 把静止的区域都排除, 只保留运动的像素在图中。又因为烟雾具有扩散性流动性等特点, 所以要保留下来的图中一定包含有烟雾的区域, 但是其它的非烟雾运动像素也会存在其中, 这就要通过剩下的颜色等特点来剔除疑似像素, 但有时会有一些强干扰物如挥动的黑色塑料袋等和强光线等出现, 本文所提出的算法能够解决这些疑似区域和干扰物的出现。但也存在不足, 非烟雾区域的边缘有时还会检测出来, 为此下一阶段研究重点将模式识别和机器学习等方法引入以解决所遇到的问题。

参考文献:

- [1] Celik T, Özkaramanlı H, Demirel H. Fire and smoke detection without sensors: image processing-based approach[C]. Poznan, Poland: Proc of 15th European Signal Processing Conf, 2007: 1794-1798.
- [2] Toreyin B U, Dedeoglu Y, Cetin A E. Wavelet-based real-time smoke detection in video[C]. Proc of 13th European Signal Processing Conf, 2005: 4-8.
- [3] Toreyin B U, Dedeoglu Y, Cetin A E. Contour-based smoke detection in video using wavelets[C]. Florence, Italy: Proc of 14th

European Signal Processing Conf, 2006.

- [4] Chen T-H, Yin Y-H, Huang S-F, et al. The smoke detection for early fire-alarming system base on video processing[C]. USA: Proc of Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2006: 427-430.
- [5] Xiong Z, Caballero R, Wang H, et al. Video-based smoke detection: possibilities, techniques, and challenges[C]. Orlando, Florida: Proc of A Technical Working Conference on Suppression and Detection Research and Applications, 2007: 112.
- [6] Ho C C. Machine vision-based real-time early flame and smoke detection[J]. Measurement Science and Technology, 2009, 20(4): 045502(13pp).
- [7] Calderara S, Piccinini P, Cucchiara R. Smoke detection in video surveillance: A MoG model in the wavelet domain[C]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, LNCS5008, 2008: 119-128.
- [8] Kopilovic I, Vagvolgyi B, Sziranyi T. Application of panoramic annular lens for motion analysis tasks: surveillance and smoke detection [C]. Los Alamitos: Proceedings of 15th International Conference on Pattern Recognition, 2000: 714-717.
- [9] Feiniu Yuan. A fast accumulative motion orientation model based on integral image for video smoke detection[J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29: 925-932.
- [10] Gevers Th, van de Weijer J, Stokman H. Color feature detection [M]. Color Image Processing: Emerging Applications. CRC Press, 2006: 5-6.
- [11] SHUAI Shi, ZHOU Ping, WANG Ya-ming. Wavelet based real-time smoke detection [J]. Application Research of Computer, 2007, 24(3): 309-311.
- [12] YUAN Feiniu, LIAO Guangxuan, ZHANG Yongming, et al. Feature extraction for computer vision based fire detection[J]. Journal of University Of Science And Technology of China, 2006, 36 (1): 39-43.
- [13] Zhang Wei, Wang Ping. Moving detection based on dynamic background in video images[J]. Science Mosaic, 2007, 11, 0028-04: 127-130.