

## 基于视频的烟雾检测

邓彬<sup>1</sup>, 刘辉<sup>1</sup>, 连国云<sup>1</sup>, 陈静<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051;

2. 义乌工商学院计算机工程系, 浙江 义乌 322000)

**摘要:**一种基于视频的烟雾检测方法, 检测烟雾像素的算法由两部分组成: 基于烟雾颜色的静态特征和烟雾扩散性的动态特征。先建立一个混合高斯模型来检测烟雾颜色像素, 然后再用烟雾的动态特征来检测上面哪些像素才是真正的烟雾像素。实验结果显示了这种改进的方法能在火焰燃烧起来前报警, 并且火警误报率降低。因此, 这对于军事、社会安全、商业等都具有重要的意义。

**关键词:**烟雾检测; 静态特征; 动态特征; 高斯混合模型

**中图分类号:** TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-4681(2007)09-0087-03

### 1 引言

通常火灾会造成经济上的重大损失, 更为严重地可能导致人员的死亡。为了避免火灾, 使用了很多的火灾检测技术, 他们多数是基于离子检测、温度检测、相对湿度的检测、空气透明度的检测, 此外还有传统的紫外线和红外线的火灾检测器。大部分的物体在燃烧前都会产生烟雾。这个特性, 烟雾检测可以给火灾早期报警。传统的烟雾检测器既要求放置在火灾发生地附近, 又不能提供燃烧情况的具体信息, 例如: 火灾发生地, 火灾大小, 火灾蔓延速度等。还有, 如果由其他方式(如吸烟)产生地燃烧副产物被烟雾检测器检测到, 也会火灾报警。但这个火灾报警是错误的。因此, 传统的烟雾检测器存在不可靠性。为了提供更为可靠的信息, 基于视频的烟雾检测方法越来越来受大家的关注。

许多基于视频的火灾检测技术<sup>[1,2,3]</sup>都是对火焰进行检测, 并给予火灾报警。但在许多实际的情况中, 与火焰检测相比, 烟雾检测将能更早的给予火灾报警, 减少经济损失和人员的伤亡。由于烟雾有静态特征(颜色)和动态特征(扩散性), 在本文中我们提出了一种利用两个特征来检测烟雾的方法。先利用静态特征从视频图像中提取出与烟雾颜色相似的区域, 再利用动态特征对上面提取出来的区域进行检测, 可以排除与烟雾颜色相似的非烟雾区域, 这样降低了错误报警率, 可以增加早期报警的可靠性。

### 2 烟雾检测

#### 2.1 静态分析

颜色是烟雾图像信息中的特征之一, 通过颜色检测能够将图像中具有烟雾颜色的区域提取出来。在论文中<sup>[4]</sup>, 只能检测出青烟和黑烟。但是, 烟雾对光有反射性, 所以周围环境的颜色会对烟雾颜色产生影响。例如: 在夜晚, 火焰成为主要的光源, 烟雾呈现出红色。所以我们采用在 RGB 颜色空间中, 创建一个混合高斯模型来检测烟雾颜色像素。这样系统可以适应环境的变化, 且更加有效的检测出烟雾。

##### 2.1.1 混合高斯模型<sup>[5,6]</sup>的建立

先初始化高斯模型  $\mu_i(\vec{x}, \mu, \Sigma)$  ( $i$  表示第几个高斯模型), 以被观测对象的第一个像素值作为均值  $\mu$ , 并初始化一个较大的方差  $\sigma^2$  和低的权重  $w_i$ 。然后用下一个像素与初始化好的高斯模型逐一进行匹配, 若与现有的高斯模型都不匹配, 则增加一个新的高斯模型, 初始化步骤同上。

##### 2.1.2 高斯分布匹配

当前像素点的颜色与它现有的第  $i$  个高斯分布按优先级从高到低依次进行匹配, 直到找到一个匹配的分分布为止。与第  $i$  个分布匹配的条件是:

$$|\vec{x}_t - \mu_{i-1}| < 2.5\sigma_i \quad (1)$$

若有匹配的模型, 则更新该模型的均值和方差:

$$\vec{\mu} = (1-\beta)\vec{\mu} + \beta\vec{x} \quad (2)$$

$$\sigma^2 = (1-\beta)\sigma^2 + \beta(\vec{x} - \vec{\mu})^T(\vec{x} - \vec{\mu}) \quad (3)$$

$\alpha, \beta$  为学习率,  $\alpha$  为常数,  $\beta$  的计算公式为:

$$\beta = \alpha\gamma(\vec{x} | \vec{\mu}, \sigma) \quad (4)$$

权值更新公式如下:

$$w_i = (1-a)w_i + aM_i \quad (5)$$

$M_i$  为第  $i$  个模型的匹配标志, 匹配的分布  $M_i=1$ , 其他的模型  $M_i=0$ . 式(5)表明只有与  $X$  相匹配的高斯模型的权值才得到提高, 其它模型的权值都被降低.

更新高斯模型的优先级时, 通过权重  $w_i$  和方差  $\sigma_i$  进行更新, 公式如下:

$$p_i = w_i/\sigma_i \quad (6)$$

当所建立的高斯模型数量达到上限时, 若没有找到任何高斯模型与  $X$  匹配, 则将优先级最小的一个高斯模型去除, 并根据  $X$  引入一个新的高斯模型, 并赋予较小的权值和较大的方差, 然后更新所有高斯模型的权值.

创建混合高斯模型需要用一组烟雾样本图像集(如图1所示)  $FC=\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  来训练. 建立后, 可以判断待检测图像中的像素是否属于已建立的混合高斯模型, 从而提取出具有烟雾颜色的图像区域(如图2所示).

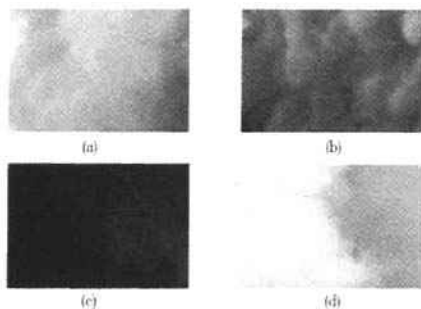


图1 用于训练混合高斯模型的烟雾样本图像集

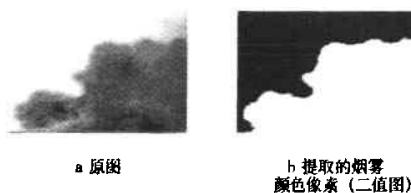


图2 混合高斯模型检测烟雾颜色像素

## 2.2 动态分析

烟雾的动态性是由于无规则性的扩散形成. 它包括形状的不规则性和扩散性. 我们把不规则性和扩散性结合起来检测烟雾. 对提取出来地烟雾颜色区域进行检测, 判断是否具有不规则性和扩散性. 这样可以将假烟雾(具有烟雾颜色, 但非烟雾的目标)区域滤除. 动态特征的检测将极大地提高准确报警率.

### 2.2.1 烟雾的不规则性

由于气流的影响, 烟雾的形状在不停的变化, 所

以测量烟雾的形状是难以实现的. 因此, 我们采用从上面提取出来地区域的周长比上面积的方法. 当它们的比值大于一个阈值(STD)时, 为烟雾区域, 否则为非烟雾区域. 公式如下:

$$\frac{\text{烟雾区域周长(SEP)}}{\text{烟雾区域面积(STD)}} \geq \text{阈值(STD)} \quad (7)$$

### 2.2.2 烟雾的扩散性

由于烟雾的扩散性, 所以烟雾的面积会不断地增大. 因此, 我们计算一段时间内提取区域的增长率( $\Delta A_d$ )来判断烟雾的扩散性. 在数字图像中, 烟雾的面积( $P$ )可以用区域像素点的个数表示, 时间的间隔可以用间隔的帧数来表示. 公式如下:

$$\Delta A_d = \frac{dp}{dt} = \frac{p_{i+k} - p_i}{(i+k) - i} \quad (8)$$

式中  $P_i$  为图像序列的第  $i$  张图像中表示的可能烟雾区域的像素总数,  $(i+k)-i$  即  $dt$  表示  $k$  帧图像,  $\frac{p_{i+k} - p_i}{(i+k) - i}$  即表示  $\Delta A_d$  第  $i$  到  $i+k$  帧之间提取出来的可能烟雾区域像素数目发生的变化率.

由于烟雾区域大小受气流的影响, 所以我们采用计算一段时间内(10 帧)的平均增长率. 这样可以提高检测准确率. 公式如下:

$$\overline{\Delta A_d} = \frac{1}{n} \sum \Delta A_d \quad (9)$$

式中  $\overline{\Delta A_d}$  即对  $n$  个  $\Delta A_d$  求平均值. 如果平均增长率( $\overline{\Delta A_d}$ )大于阈值(STD), 则该区域为烟雾区域, 否则为非烟雾区域.

## 3 烟雾检测流程图

根据烟雾的静态特征和动态特征, 改进的烟雾检测算法可以对火灾事件提供早期的火灾报警, 图3列出了其算法(如图3所示). 从捕获的图像序列中, 根据静态特征把具有烟雾颜色的像素提取出来. 然后, 利用动态特征的不规则性(1)和扩散性(3)剔除具有烟雾颜色的非烟雾区域. 最后, 真正的烟雾区域被提取出来.

## 4 实验结果

上面给出了改进烟雾检测方法的理论分析, 下面给出改进后的实验结果(如图4所示). 在图4中(如图4所示), (4b)图显示了由混合高斯模型检测出来地具有烟雾颜色的像素. 其中具有烟雾颜色的非烟雾区域也被检测出来了, 如图(4b)中最左边的图所示. 要解决这个问题, 只有通过动态特征来排除具有烟雾颜色的非烟雾区域, 如图(4c)所示. 显然, 真正的烟雾区域被提取出来了.

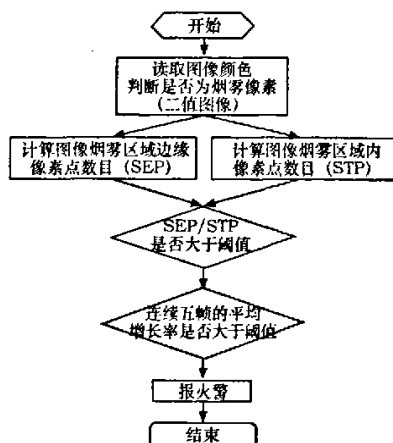


图 3 改进的烟雾检测算法

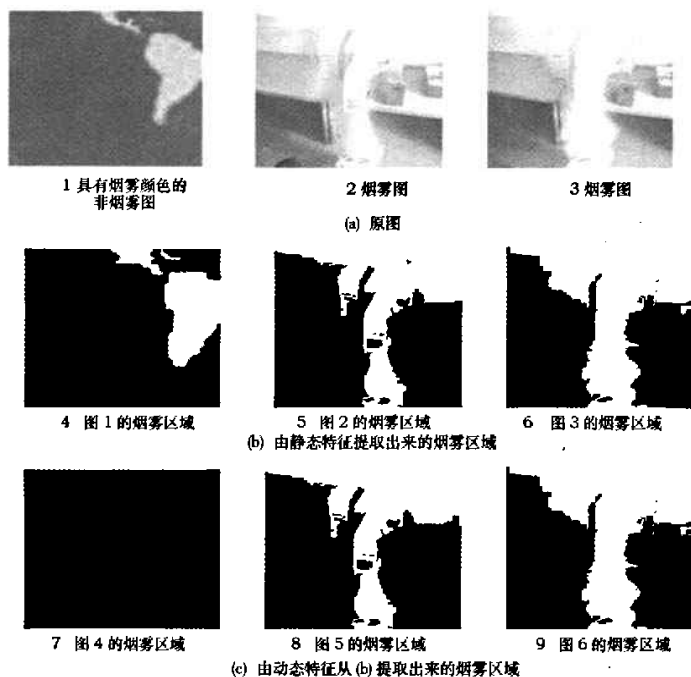


图 4 提取烟雾区域对照

## 5 总结

本文提出了一种基于视频的早期火灾报警的烟雾检测方法. 利用烟雾的静态特征(颜色)和动态特征(不规则性和扩散性)一起来检测烟雾. 实验结果显示了改进算法可以有效地检测烟雾, 且与传统的方法相比, 减少了错误报警率.

## 参考文献:

- [1] H. Yamagishi and J. Yamaguchi, Fire Flame Detection Algorithm Using a Color Camera[R]. Proceedings of the 1999 International Symposium on Micromechatronics and Human Science, Nagoya, Japan, 1999; 255~260.
- [2] W. Phillips III, M. Shah, and N. da Vitoria Lobo, Flame Recognition in Video[R]. Proceedings of the Fifth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, California; Palm Springs, 2000; 224~229.
- [3] T. H. Chen, C. L. Kao and S. M. Chang, An Intelligent Real-Time Fire-Detection Method Based on Video Processing[R]. Proceedings of the IEEE 37th Annual (2003) International Carahan Conference on Security Technology, 2003; 104~111.
- [4] Thou-Ho Chen, Yen-Hui Yin and Shi-Feng Huang, The Smoke Detection for Early Fire-Alarming System Based on Video Processing[R]. IEEE 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIHMSPP), Pasadena, California, USA, Dec. 2006; 427~430.
- [5] Stauffer C, Grimson WEL. Adaptive background mixture models for real-time tracking [R]. In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society, 1999; 246~252.
- [6] Stauffer C, Grimson WEL. Adaptive background mixture models for real-time tracking[R]. CVPR99, 1999(2); 246~252.

(责任编辑: 化石)