

本科毕业设计(论文)

GRADUATION DESIGN (THESIS)

题 目	基于视频的烟雾检测系统设计与实现		
学生姓名	李沁		
指导教师	邹逸群、谢斌		
学 院	信息科学与工程学院		
专业班级	智能 1102 班		
完成时间	2015年3月1日		



基于视频的烟雾浓度检测系统设计与实现

摘要

严格限制大气污染物排放是保护环境、维持生态系统平衡、保障人类自身健康的重要举措。目前,人们主要利用空气质量监测仪器检测污染物成分及浓度,依据结果判定污染物排放是否达标,并对超标的废气排放源进行限制和处理。然而,现有的监测仪器成本高、价格贵、受环境因素影响较大且不同类型气体浓度测定过程较复杂,虽然检测精度高,但在效率及经济适用方面均有不足。

本文针对上述方法存在的问题,提出一种基于视频的工业排放烟雾浓度检测方法。通过研究烟雾的颜色特征、静态特征及动态特征,结合运动目标检测原理,采用背景减除法与 RGB 三通道区域增长法识别并提取视频中的烟雾区域。通过计算烟雾与背景的像素对比度估计烟雾浓度,并结合其林格曼黑度求估计烟雾浓度与林格曼黑度,判断废气排放量是否达标。从实验结果可以看出,该检测方法成本低、速度快、检测率高、鲁棒性较强且流程易操作。

关键字: 区域增长 烟雾检测 光学浓度 林格曼黑度



Design and Implementation of a Video-based smoke detection system

ABSTRACT

In recent years, air pollution is becoming an increasingly concerned topic at home and abroad. Factory emissions, live coal, and automobile exhaust generated a lot of smoke, which will affect air quality to a large extent and cause serious air pollution. Therefore, strictly restriction on air pollutant emissions is an important measure to protect the environment and safeguard human health. At present, people mainly use air quality monitoring equipment to detect the composition and concentration of pollutants, to determine whether emission reaches the standard based on the result and to restrict and process emission sources over the standard. However, existing monitoring instruments is high-cost, expensive and greatly influenced by environmental factors. Different type of gas concentration measurement process is more complex. Although the detection precision is high, it is inadequate in both efficiency and economical aspects.

In this paper, a smoke concentration detection method based on video is proposed in view of the above problems. By studying the color characteristics, the static characteristics and the dynamic characteristics of the smoke combined with the moving target detection principle (methods), we use background subtraction and RGB three-channel region growing method to identify and extract any video in the smoke area to calculate the smoke density coefficient and Liegeman coefficient. Then we determine whether emissions reach

the standard based on the results. Experimental results show that the detection method is low-cost, high-speed, anti-jamming, high-precision and easy to operate.

Key Words: Region growing Smoke detection Optical density Ringelman blackness



目录

第1章	绪论.		1
1. 1	烟雾》	农度检测背景及意义	1
1.2	国内	外研究现状	2
1.3	论文结	吉构及主要内容	3
第2章	烟雾区	区域检测	5
2.1	烟雾	特征分析	5
	2.1.1	颜色特征	5
	2.1.2	扩散特征	5
2.2	动态	烟雾区域检测	6
	2.2.1	主要检测技术分析	6
	2.2.2	基于改进背景差分法的烟雾检测	10
	2.2.3	基于色度信息的烟雾分类	13
2.3	本章	小结	13
第3章	烟雾》	农度分析	14
3.1	形态	学处理	14
3.2	区域	增长算法	16
	3.2.1	区域增长算法原理	16
	3.2.2	基于 RGB 三通道的烟雾区域增长	17
3.3	烟雾	浓度估计	19
3.4	本章	小结	21
第4章	基于社	见频的烟雾浓度检测系统	23
4.1	实验	设计与平台	23
4.2	系统	仿真结果图示	24
4.3	实验:	结果分析	27
4.4	本章	小结	30



第5章	总结与展望	31
参考文献	₹	32
		34



第1章 绪论

1.1 烟雾浓度检测背景及意义

由于人们过度重视工业开发,没有及时预料到其带来的负面影响,预防不当,使环境的构成或状态发生变化,环境素质大幅度下降,极大程度的扰乱和破坏了环境质量、生态系统以及人类的正常生活和生产,引发环境污染。在众多污染类别中,大气污染的危害首当其冲。

大气污染物长时间积累不仅会损害人体机能,使免疫力下降,还会形成酸雨,腐蚀 农作物和建筑物,甚至产生温室效应,使全球变暖,最终破坏地球的生态平衡。故此, 如何对大气污染进行防治是人类目前最主要的工作。

大气污染主要由于人类生活和生产过程中对燃料的不合理利用以及不完全燃烧导致大量有害物质以烟雾的形式排入大气中。这些物质可以是气体、液体或者悬浮颗粒。一般情况下,大气污染越严重,大气中有害物质所占比例越大,形成的烟雾区域浓度就越高。基于此,我们可以通过对排入大气中的烟雾区域进行采集检测,得到有害物质的类型及浓度,进而采取相应措施对其进行防治,最大限度控制废气排放量。

目前,人们通过采集排气筒排出的废气并对其进行采样、分离、提取和分析得到污染气体的类型及浓度,再与标准量值进行比对,从而判断废气排放量是否达标。虽然该方法直观有效,能精确得到不同污染物的具体数值。但它也有一定的局限性。首先,监测废气方法总体成本较高。不论是直接测量法还是自动监测法,虽然都可以测量烟气成分,但对测量仪器的要求较高,且部分仪器材质特殊,需定期维护保养。其次,监测过程受环境印象较大。废气采样时间多为 1 个小时左右。在这段时间内,天气的变化、光照的影响甚至排气筒自身发生故障都会影响采样。再次,大气污染物有将近 30 种,包括二氧化硫、氮氧化物及颗粒物如工业粉尘、煤炭黑尘等。不同类型气体的测定方法也有所不同。例如测定二氧化硫主要通过碘量法、盐酸副玫瑰苯胺分光光度法、紫外荧光法和定位电解法等。而测定氮氧化物则利用中和滴定法、二硫酸酚分光光度法以及定位电解法。即使可以利用定位电解法同时测定两种污染物,但也会损耗不小的能源。况且,采集到的污染气体不易保存,极易与空气中的部分气体发生反应,影响测定结果。

所以,人们开始尝试通过其他渠道对大气污染物进行监测。目前,许多城市



已经布设大量的摄像头,随着平安城市、智慧城市的进一步推广,遍布全城的摄像头网络已日益成为现实。这些摄像头不仅记录了人们每天的生活,同时也记录了城市生态环境的改变。其次,随着智能手机的普及,越来越多的人有了最为便捷的方式拍摄身边的影像。有数据表明,大数据时代数据量最大的数据即是由全球数十亿用户拍摄的各类视频、图像数据。这些图像数据给环保人士提供了前所未有的强大工具,用以记录、改善我们的生存环境。

基于此,对摄像头拍摄的烟雾视频进行浓度检测可能会在大大降低原技术的成本及复杂度的基础上得到较精确的结果。且随着视频拍摄方式的普及,烟雾浓度的实时性检测也会成为可能。因此,该方法有望成为现有空气质量监测方法的一个重要补充。

1.2 国内外研究现状

目前一些国内外学者仅将基于视频的烟雾检测技术用于研究火灾烟雾,主要因为其颜色特征明显,扩散面积大且有一定的研究价值。而工厂排放的废气烟雾与其相比虽然可观测性较差,但利用目前的运动目标检测方法是可以得到其完整轮廓。且废气烟雾的空间特征、频率特征、颜色特征及运动特征均与火灾烟雾相近,故可以参考火灾烟雾的研究方法并有选择的用于对工业废气排放物的检测与分析,基于此,本节深入介绍多种基于火灾烟雾特征的检测技术。

文献[2,4]通过分析烟雾区域的色度特征及扩散过程中的运动特征提出结合运动目标检测和 RGB 空间颜色模型检测出目标像素。该方法虽然能够较完整的提取烟雾区域,但受干扰影响较大。[6-8,11,16-17]采用帧差法提取运动区域,再通过估计烟雾运动特性和面积变化规律估计疑似烟雾区域,最后通过二维离散小波变换计算得到能量特征值进而判断是否有烟雾产生。相比仅用运动目标检测的方法,帧差法结合烟雾动态特征和小波变换很大程度提高了算法的鲁棒性及抗干扰能力。

基于此,[3-5,9-10]均尝试将小波变换与烟雾的颜色特征和动态特征相融合,[5]同时增加了空间深度信息补偿使得检测结果对摄像机距离的改变有较强的鲁棒性。

[12]同样用到了烟雾的颜色及动态特征和小波变换,但不同的是它将烟雾的动态特征细化为三方面:运动过程中烟雾的相对稳定性、背景像素边缘信息消退性和烟雾区域面积增长性。对每个特性分别处理再对结果进行融合。[13]重点分析了烟雾的复杂性,提出烟雾边界亮度值变化规律,并从 YUV 颜色空间模型入手得出烟雾会降低 YUV 颜色空



间中U、V通道的值。

[14]将光流法与小波变换相结合,用于检测森林火灾烟雾。该方法虽然在简单背景下识别率很高,但当背景存在与烟雾区域相近颜色的运动物体时,仍会存在不少误判。

一些学者也开始尝试不同的方法。[15,18]提出一种基于能量渐变的烟雾检测方法。烟雾从产生到消散的过程中,能量呈规律性变化。他们使用双小波变换分别对图像进行空间分析计算和边缘能量分析。这种方法在背景亮度有明显变化时,抗干扰能力较差,检测效果不好。基于此,[19,20]提出一种改进方法:利用小波提取烟雾扩散过程中背景像素的高频能量部分,分析该部分的变化特性,通过判断该变化是否为烟雾扩散引起的边缘信息退化进而检测出较精确的烟雾区域。

[22,23]研究基于 RGB 颜色空间模型的烟雾扩散特性,结合帧差法与区域增长分割算法得到烟雾疑似区域,再利用图像主方向角比率和模糊逻辑智能分析器实现对烟雾区域的检测。实验结果表明,该方法检测效果较好,且对于光照或场景的扰动有较强的抗干扰能力。

然而区域增长算法也有一定的局限性,即目标区域种子点的选取及生长条件的确定对检测效果影响较大,且难以准确有效的选定。基于此,[24,25]提出了一种自适应区域增长算法(HARG)。该方法结合区域色调值、色调频度及曲率,利用曲率值检测对象区域色调频度曲线上的最大值,以其为中心进行加窗叠加。当叠加到一定程度时,和值会小于某一阈值,则该最大值即可作为种子点集的中心值,其中对阈值的设定遵循区域增长的相似性准则。该方法自适应确定种子集中心点和相似性准则,能自动实现图像中多目标区域的识别与处理,有较强的精准性及鲁棒性。

综上所述,烟雾检测方法主要用到小波变换、运动目标检测以及区域增长算法。小 波变换虽然检测效果较好,但其原理复杂,不利于实际操作。因此,本文采用运动目标 检测与区域增长相结合的算法提取视频中的烟雾区域。

1.3 论文结构及主要内容

本文是基于视频的烟雾浓度检测系统的设计与实现,将摄像头拍摄到的视频分解成每一帧图像,通过研究烟雾的颜色特性、静态特性及动态特性并将其转换至 HSV 颜色空间模型灰度均衡化后利用运动目标检测技术并结合一些形态学操作,如膨胀、腐蚀、连接等,得到比较精准的烟雾区域,再利用 RGB 通道区域增长算法得到最终完整准确的烟雾区域,并计算能见度及林格曼黑度判断工厂废气排放量是否超标。



本文分为五个章节,每个章节的主要内容如下:

第一章介绍了选题的背景及意义,并详细阐述了基于图像的烟雾检测系统的国内外研究现状。在现有条件下人们通过空气质量监测仪器对大气污染物成分及浓度记性测定,并依据结果判定污染物排放是否达标。但技术对人工操作要求较严格、过程复杂,且监测设备成本较高,无法满足实时性监测的要求。为此,本文尝试利用图像信息对烟雾浓度进行实时监测。

第二章对烟雾特征进行分析,包括颜色特征和扩散特征。同时对目前几种主流的运动目标检测技术进行分析比较,结合烟雾相关特征得出本文对视频中烟雾区域的检测方法。同时利用废气烟雾与白雾在 RGB 各分量色度的差异,将两者分离,仅得到废气烟雾图像。

第三章通过形态学图像处理技术包括膨胀、腐蚀等,对烟雾区域进行填充,消去场景中较明显的噪声。再利用区域增长算法对烟雾边缘融合度较高的噪声点进行处理,最终得到准确度较高的烟雾区域。进而引入表征烟雾浓度大小的光学浓度及林格曼黑度对烟雾浓度进行估测。

第四章介绍了本次基于视频的烟雾浓度检测系统的操作平台与实验设计,并对实验结果进行数据分析,估计该检测系统的准确度与可行性。

第五章对本次基于视频的烟雾浓度检测算法进行总结,通过与前人得到的实验成果进行比较与分析,得出本文方法在实际使用过程中仍存在的不足。同时,在分析与总结的基础上对今后进一步的研究与探索进行展望。



第2章 烟雾区域检测

本章首先从烟雾特征出发,分析其颜色特征及扩散特征,并对目前主流的运动目标检测方法进行分析比较,进而提出本次基于视频的烟雾区域检测方法,得到实验结果。

2.1 烟雾特征分析

2.1.1 颜色特征

颜色特征是烟雾最直观的特征之一。工业生产中化石燃料的不充分燃烧以及除尘设备故障等均会导致烟雾排放,其中固体粉尘或碳氢化合物与氮氧化物经光化学反应生成的二次污染物的含量很大程度上决定了烟雾的颜色。一般情况下,烟雾有微小颗粒状物质构成,呈较浅的灰白色,不会因场景亮度的改变而发生变化。随着燃料不充分燃烧程度加重,烟雾的颜色在黑灰色到黑色范围内变化,且燃烧过程中持续的高温会使燃料中的液态水蒸发,产生大量的游离状木炭颗粒,加重烟雾颜色。同时,周围背景区域颜色特征伴随烟雾浓度的增强而逐渐减弱,甚至完全消失。由于烟雾颜色始终在灰度范围内变化,故在 RGB 颜色空间模型中可描述为三原色分量 $R \approx G \approx B$ 。我们可以考虑利用 RGB 颜色空间模型规定烟雾检测过程中的色度阈值。

2.1.2 扩散特征

烟雾的扩散特征主要包括低频特征、空间特征及区域增长特征。

低频特征是指烟雾区域灰度像素的相对低频性变化。随着烟雾不断扩散,烟雾周围 背景图像的像素信息逐渐消失,且烟雾内部存在灰度值交替变化,导致邻近背景像素值 的变化率逐渐减小。视频中表现为背景区域的边缘信息逐渐减小,即图像经小波变换后 的边缘能量值逐渐减小。

空间特征也可称为相对稳定特征。燃烧是一个持续的过程,燃烧过程中形成的和黑烟也具有一定的持续性,且在燃烧过程中烟雾发生源静止不变,只有烟雾边缘信息不断向外扩散直至完全融合背景像素。基于此,实际拍摄的场景视频中位置持续变化的物体可作为干扰元素将其排除,如行人、飞鸟等。但使用该特征的前提条件是烟雾发生源需存在于烟雾监控视频中,否则其拍摄的烟雾区域充分扩散会导致基于此特征的检测算法出现错误。

区域增长特征与空间特征相似,但不同的是该特征侧重于烟雾部分的边缘变化。在



烟雾持续扩散过程中,烟雾的轮廓、面积、形状等也在持续变化,结合其发生源的不变性,可将烟雾的扩散过程看成是区域稳定增长过程。该特征可作为区分烟雾动态过程和一般刚性物体动态过程的重要手段。

2.2 动态烟雾区域检测

2.2.1 主要检测技术分析

(1) 背景差分法是目前运动目标检测方法中最简单、有效的一种方法。在构建好实际的背景图像以后,可以直接将图像序列里的每一帧图像与背景图像做差分运算。当前帧图像融合了背景和前景,在这里运动的人体属于前景,实际的采集环境属于背景,由于运动目标和背景在灰度或色彩上有一定的差别,当减除背景之后运动目标所在的图像区域会有一定大小的差值。通过设定一个阈值进行二值化即可得到运动区域,该阈值Threshold 通过大津阈值法[28]获得,即如果实际某一点像素值大于设定的阈值,则该点属于运动目标区域,反之属于背景区域,遍历整张图像的像素点就能检测出完整的目标区域。

$$G(x,y) = I(x,y,t) - B(x,y)$$
 (2-1)

$$Body(x,y) = \begin{cases} 255 & (|G(x,y)| > Threshold) \\ 0 & (|G(x,y)| < Threshold) \end{cases}$$
 (2-2)

公式(2-1)与(2-2)中,I(x,y,t)表示当前帧图像,B(x,y)表示背景图像,G(x,y)表示差分图像。得到差分图像以后通过公式(2-2)进行二值化可得到清晰的运动目标,如图 3-1.





图 2-1 背景差分法检测结果图

(2) 帧间差分法是在视频序列中取连续两帧或两帧以上来进行差分,并设定阈值 Threshold,将差分结果与其相比判断图像中的运动区域。Lipton等[29]采用两帧差分的方



法对视频序列中的运动目标进行检测。三帧差分法是对两帧差分的改进。当场景中背景存在动态变化特征时,该方法表现出较强的适应性,得到较准确的检测结果。帧间差分的使用方法为: 取连续两帧图像 $I_k(i,j)$ 和 $I_{k+1}(i,j)$ 直接进行差分,k与k+1为图像对应帧号,各对应像素点的差值按下式进行求和:

$$s = |\mathbf{r}_{k} - \mathbf{r}_{k+1}| + |\mathbf{g}_{k} - \mathbf{g}_{k+1}| + |\mathbf{b}_{k} - \mathbf{b}_{k+1}|$$
 (2-3)

其中, r_k , g_k , b_k 和 r_{k+1} , g_{k+1} , b_{k+1} 分别是进行差分的两帧图像各像素点 RGB值。为了检测出图像中变化的区域,把每一个差分后的和值 s 与设定好的阈值 Threshold进行比较,如果 s>Threshold,可以判定该点属于变化的区域并予以标记,反之可认为该点属于背景部分,公式(2-7)中B(i,j)为差分图像二值化后的结果。

$$B(i, j) = \begin{cases} 1 & s > threshold \\ 0 & s < threshold \end{cases}$$
 (2-4)

检测结果如图 3-2。





图 3-2 帧间差分法检测结果图

(3) 高斯模型法相较于前两种方法原理较复杂,但检测精度较高。其原理如下:视频中的任意像素点可以看成是在既定时间范围内(从起始时刻到结束时刻)一系列像素点的集合,用公式表示即为:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_t\} = \{I(x, y, i) | 1 \le i \le t\}$$
 (2-5)

其中, I表示原视频图像序列, i表示帧数。若对于所有点都认为其服从高斯分布, 且不同像素点对应的高斯分布模型是相互独立的。则上述视频中不同点集对应的高斯模型如下:



$$P(X_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta}} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}$$
 (2-6)

当像素点的当前色度量对应的模型值小于实现设定的概率阈值时,则判定该点为前景像素点,否则即为背景像素点。

利用单高斯模型虽然可以快速建立背景模型,得到较完整的检测结果,但由于其模型中,稳定性不足,当环境发生改变时模型抗噪声干扰能力较差。故此,许多专家学者开始尝试用混合高斯模型描述场景。

混和高斯模型即是用多个高斯分布共同表征视频中的像素点,并通过加权求和对场景进行描述。其中,构建的高斯分布越多,处理场景中背景扰动的能力越强,但同时运算过程也会越复杂。故此,针对不同场景的背景干扰程度及工作环境的效率规定高斯分布的个数。一般情况下,高斯分布数量在5-7之间。

混合高斯模型相较于单高斯模型有两个主要优势: (1)混合高斯模型不仅对背景进行建模,也对前景进行描述,使最终检测到的前景区域更准确; (2)当环境中存在小范围反复运动的物体如被风吹动的树枝等时,混和高斯模型可以通过建立多个高斯分布将其描述为多峰背景,使得不同的像素值均可用对应的背景模型描述,有效降低此类背景扰动对后续运动目标检测的影响。实验结果如图 3-3.





图 2-3 混合高斯模型检测结果图

(4)在空间中,可以用运动场概念对运动进行描述。而在二维图像平面内,运动区域的动态过程往往是通过视频序列中图像灰度级分布的差异程度来体现的。故此,拍摄场景中的运动场变换到二维图像上即表示为光流场。在二维场景图像中,属性为灰度的目标像素点在动态过程中会产生该时刻的瞬时速度场,即光流场该场反映了二维图像平面中任意点灰度级的变化趋势。一般来说,光流的产生是因为存在相机的移动或者场景中目标区域的变动,又或者两者的共同运动。



利用光流法检测视频帧序列中的运动目标,需要有两个前提假设: 相邻帧之间的亮度恒定; 相邻帧图像之间的运动目标变化程度比较微小; 同一子图像所有像素点的运动性质相同。光流法的最终目标是求取图像每个像素点自身的速度向量记作 $\mu = (\mu, \nu)$,这里求得的速度向量为矢量,除了包含实际运动的大小信息,还包括了方向信息。根据前面提及的光流的微小运动和亮度不变这两个假设,令I(x,y,t)表示像素点(x,y)在 t时刻的亮度值,dx、dy、dz 分别表示 x, y 坐标值以及时间 t 的微小增量,则能够推出:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_t\} = \{I(x, y, i) | 1 \le i \le t\}$$
 (2-7)

上式右边使用一阶泰勒级数进行展开, 可以得到

$$P(X_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta}} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}$$
 (2-8)

$$I_x dx + I_y dy + I_t dt = 0 (2-9)$$

令 $\mu = \frac{dx}{dt}$, $\upsilon = \frac{dy}{dt}$, 那么 $I_x \mu + I_y \upsilon = -I_t$, 即

$$\begin{bmatrix} I_x I_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mu \\ \upsilon \end{bmatrix} = -I_t \tag{2-10}$$

假设在 (μ, ν) 的一个局部范围内, 亮度是不变的, 则有

$$\begin{bmatrix} I_{x1} & I_{y1} \\ I_{x2} & I_{y2} \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu \\ \upsilon \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} I_{t1} \\ I_{t2} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$(2-11)$$

即 $\vec{A\mu} = b$, 光流最终计算的目的就是使得 $\|\vec{A\mu} - b\|^2$ 最小, 也就是 $\vec{A\mu} = b$,

$$A^{T}A\vec{\mu} = A^{T}b$$
, $\vec{\mu} = (A^{T}A)^{-1}A^{T}b$, $\sharp +$, $A^{T}A = \begin{bmatrix} \sum I_{x}^{2} & \sum I_{x}I_{y} \\ \sum I_{x}I_{y} & \sum I_{y}^{2} \end{bmatrix}$

通过分析比较上述实验结果可以发现,通过使用固定相机拍摄得到的视频样本集,背景差分法、帧间差分法、混合高斯模型法及光流法都能够完成前景目标提取的工作。但这些方法针对本系统设计都存在一定程度的不足。帧间差分法对于环境的变化具有较好的适用能力,但在运动目标缓慢移动或快速运动的情况下,用该方法处理的结果会使得运动区域不完整,甚至存在较严重的空洞,如图 3-2。混合高斯模型法属于动态建立背景模型,可以较好的适应背景区域的变化,但其原理复杂,过程较繁琐,对光线突变



较敏感且易丢失长时间静止的运动物体图像信息,故对于此类型的运动区域如烟雾等,该方法并不适用,如图 3-3。光流法不仅计算复杂,且抗噪能力较差,仅适用于一些缓慢移动的目标物体跟踪问题,故视频中的烟雾区域无法用该方法进行检测。背景差分法计算量较小,精度高,是目前最理想的烟雾检测方法。但由于视频中烟雾区域的像素值往往辨识度较低,在这种情况下由于阈值过小导致背景差分法得到的结果存在一定的噪声和空洞。基于此,本文提出一种改进的背景差分法对视频中的烟雾区域进行初步检测。

2.2.2 基于改进背景差分法的烟雾检测

本文利用 HSV 颜色空间模型的灰度均衡化算法增强前景像素与背景像素的对比度值,再通过背景差分法提取烟雾区域。实验结果表明,对比度的增强使得阈值明显提高,有效减少了原先因低阈值造成的噪声和空洞。

将输入的灰度图像各灰度级归一化后得到[0,1]范围内的连续量,并将变换后的灰度级代入公式(2-12),得

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(\omega) d\omega \tag{2-12}$$

$$P_{s}(s) = \begin{cases} 1 & , & 0 \le s \le 1 \\ 0 & , & others \end{cases}$$
 (2-13)

式中, $p_r(r)$ 表示上述求得输入图像灰度级的概率密度函数, $p_s(s)$ 表示输出图像灰度级的概率密度函数, ω 是积分的哑变量。可得到,输出图像灰度级覆盖了[0,1]范围内的所有值,分布较均衡化,且其概率密度函数分布均匀,很大程度扩展了原输入图像的动态范围,使最终得到的输出图像有很高的对比度。

直方图平衡化算法步骤为:

- (1) 计算得到输入图像的所有灰度级 S_k (k=0, 1, ···, L-1)。
- (2) 依次统计输入图像各灰度级的像素个数nk。
- (3) 依据输入图像,求得灰度直方图:

$$P(S_k) = \frac{n_k}{n} (k = 0, 1, \dots L - 1)$$
 (2-14)

式中,为总像素数, n_k 为灰度级 S_k 的像素个数。

(4) 计算输入图像的累积直方图:

$$t_{E} = EH(S_{k}) = \sum_{i=0}^{k} \frac{n_{i}}{n} = \sum_{i=0}^{k} P_{s}(S_{i}) (0 \le S_{k} \le 1, k = 0, 1...L - 1)$$
(2-15)



- (5) 对上一步得到的结果进行取整 (2-16)
- (6) 确定映射关系:

$$S_k \to U_k \tag{2-17}$$

(7) 对新直方图各灰度级 U_k 的像素数目 n_k 进行统计,得到新的直方图。

$$P(t_k) = \frac{n_k}{n} \tag{2-18}$$

HSV 颜色空间灰度均衡化效果如图 3-5。





图 2-4 HSV 空间灰度均衡化效果图

由上图可以看出,烟雾区域经 HSV 空间灰度均衡化后轮廓清晰度显著增强,且烟雾与背景的色度差值也显著提高,保证背景差分法提取烟雾过程的准确性。

由大津阈值法求得阈值后代入背景差分法对烟雾区域进行定位。背景差分流程图如图 3-6.



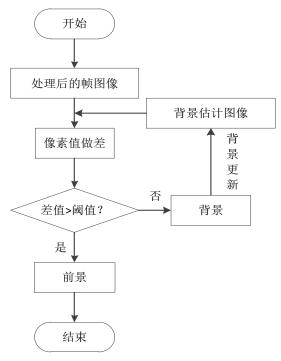


图 2-5 背景差分流程图

检测结果如图 3-7 所示。

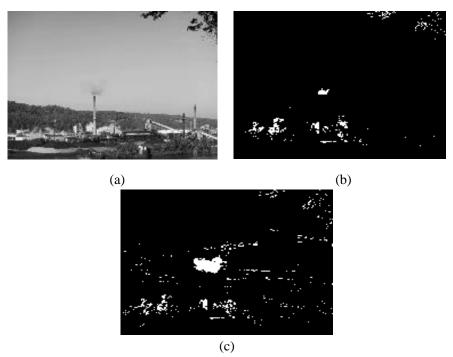


图 2-6 改进背景差分法实验结果说明: (a)原灰度图像; (b)背景差分法检测效果图; (c)改进背景差分法实验效果图

由图 2-6 可以看出,仅通过背景差分法只能检测到烟雾特征较明显的区域,损失大量边缘信息。而利用改进背景差分法可以弥补上述不足,精确识别烟雾边界区域,得到较完整的烟雾图像。然而,该方法会导致部分背景像素的误判。因此,我们还需对检测



到的烟雾区域进行消躁处理。

2.2.3 基于色度信息的烟雾分类

原始视频中不仅存在废气烟雾的排放,还包括工业生产过程中形成的大量白雾。白雾主要由大量水蒸气构成,故本身不包含工厂排放的有害气体。然而,在上述烟雾检测过程中该白雾区域是不断变化的,因此会对最后的检测结果产生影响,甚至出现错误。

基于此,本文提出基于色度的亮度分割算法,利用烟雾与白色蒸汽在 RGB 图像中三通道像素值的明显差异进行划分,检测出前景区域到底是废弃烟雾还是白色蒸汽,进而对烟雾区域进行浓度估计。

烟雾分类检测结果如图 2-7.





图 2-7 烟雾分类检测结果

由图 2-7 可以明显看出,利用废气烟雾与白雾在 RGB 各分量上色度的差异能将两者准确分离,保证后续烟雾浓度估计的合理性。

2.3 本章小结

本章主要介绍了烟雾区域的检测原理及流程。本章通过对目前主流的运动目标检测算法进行分析和比较,得出背景差分法计算量小、精度高等优点,是目前最理想的烟雾检测方法。进而利用烟雾的颜色特征和扩散特征背景差分算法过程中的色度阈值,并结合 HSV 三通道的灰度均衡化操作增强烟雾图像的对比度,保证烟雾图像的完整性。值得注意的是,烟雾区域检测算法不仅得到废气烟雾部分,还将大量水蒸气生成的白雾一并检测出来。故此,本章利用两者在 RGB 三通道的像素差异,对检测到的烟雾区域进行分类,提取出包含废气烟雾的帧图像,避免后续处理过程发生错误。



第3章 烟雾浓度分析

上一章节我们初步得到视频中的烟雾区域,但由于存在较多的噪声点,所以仍无法直接估计烟雾浓度。基于此,本章利用形态学图像处理技术对图像中的噪声点或空洞进行处理,有效滤去背景中的干扰点。但该操作仍无法消去烟雾边缘区域的背景干扰点。故此,本章引入区域增长算法对前述烟雾图像进行区域填充,准确判断出烟雾像素点,使最终得到最完整的烟雾区域,进而引入表征烟雾浓度大小的光学浓度值及林格曼黑度对烟雾浓度进行估测。

3.1 形态学处理

形态学图像处理技术包括膨胀、腐蚀、开、闭运算等,可以有效滤除图像中的噪声 区域,并对目标区域中的空洞进行一定程度的填充,提高图像的精准度。

该方法主要基于集合进行运算,膨胀和腐蚀是形态学处理的基础,使用它们的时候需要设定相应的结构元素。结构元素作为形态学操作的最基本成分,一般比待处理的图像小很多。对于二值图像的处理,要求的二维平面结构元素是一个由数值 0 或 1 构成的矩阵,其中矩阵原点指定了二维图像平面中待处理的像素范围。

膨胀的定义为:

$$A \oplus B = \left\{ z \middle[\stackrel{\wedge}{B} \right]_z \cap A \neq \Phi \right\} \tag{3-1}$$

其中 A 为待处理的图像, B 为结构元素如图 4-1, 由 B 对 A 进行膨胀。该公式的解释为只要 B 中有点与 A 相交, 那么将此时 B 中所有点都包含到 A 中。处理包含目标区域的二值图像时,膨胀将会把与目标区域接触的所有背景点都合并到目标区域,直接结果就是使得目标区域的图像面积增大。膨胀对于填补图像中空洞很有用。

0	1	0
1	1	1
0	1	0

图 3-1 结构元素

腐蚀的定义为:



$$A\Theta B = \left\{ z \middle| \left(B \right)_z \subseteq A \right\} \tag{3-2}$$

其中, A 指被腐蚀的对象, B 是结构元素如图 4-2, 通过 B 对 A 进行腐蚀。公式的含义是指当 B 移动到 A 中包含的点时, B 中剩下的点包含到 A 中, 而 B 的原点删除。处理之后所得到的图像是 A 和 B 之间的最大相关点集,该运算能够消除目标区域内所有边界点。其对于去除一副图像中的小噪声区域很有效果。



图 3-2 结构元素

将膨胀与腐蚀相结合,对烟雾区域进行消噪处理,得到结果如图 4-1 所示。

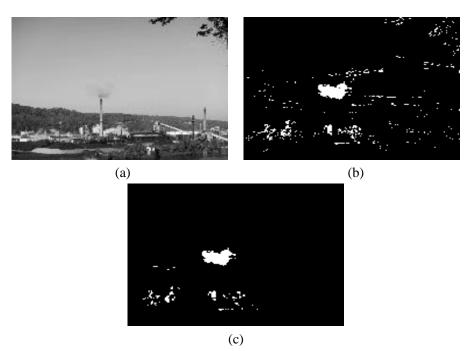


图 3-3 形态学处理实验结果说明: (a)原灰度图像; (b)改进 背景差分法检测效果图; (c)形态学处理实验效果图

由图 3-3 可以看出形态学处理可以有效滤除场景中除目标区域外的干扰像素,包括 风吹动的树枝、燃烧的火焰以及在烟雾检测过程中生成的干扰点。但烟雾边缘处的干扰 点与烟雾区域融合度较高,仅用形态学处理是无法将其消除的。故此,本章引入区域增 长算法针对上述问题进行处理。



3.2 区域增长算法

3.2.1 区域增长算法原理

区域增长,顾名思义,即是对图像中既定位置的像素点或像素点集进行区域扩张,并依据事先规定的增长标准控制其增长范围。通用的处理方法是将原始位置的像素点或像素点集当成种子点,通过比较邻域像素与种子点属性的相关性,依据增长标准判断是否将其加入种子点集,从而形成最终的有限增长区域。

种子点的选取,是区域增长算法的开始,也是决定该算法是否得到精确目标区域的关键。大多数情况下,不同的环境和问题会提供对应的先验信息,即问题的性质或目标区域的特征,可基于所得的先验信息估计图像中种子点的数量及位置。当问题中没有可用的先验信息时,最好的办法是先计算图像中每一个像素点的特征属性,令其为先验信息,并基于此信息进行区域增长。其中,存在该属性的像素值会被分配到区域中。若这些像素点得到的结果显示了一簇像素值,则具有该特征属性的像素点为种子点,将其放入种子点集的中心,并重复上述操作得到最终的增长区域。种子点的选取由以下三个条件决定:(1)种子点表征我们所需区域的特性;(2)种子集内部各个像素点的性质存在一定差异;(3)种子点在区域内是呈较分散状态。

相似性准则的选定,决定了区域的增长趋势,这直接影响了区域增长算法的效率和准确性。与种子点的选则过程相比,相似性准则的制定会更复杂。因为它不但与问题及环境有关,还与图像的数据类型密切相关。当图像为单色图像时,对其特性的分析可以基于灰度级和空间性质的描述符来进行。而当图像为彩色图像时,若其存在较少的可用信息,则针对该问题的相似性准则的选定及接下来的区域增长方法的复杂程度会明显提升,甚至根本无法解决。尤其当图像在一些特殊场景拍摄如人造卫星着陆,此时图像的颜色信息很大程度上决定了图像的特征及性质,其中也包括研究人员需要的区域信息,这对于相似性准则选定的困难程度更高。一般情况下,相似性准则的公式表述为

$$\begin{cases} (i,j) \in R_b & P(R) = true \\ (i,j) \in R_a & P(R) = false \end{cases}$$
 (3-3)

其中,R 表示原始图像区域, R_b 是图像中待增长的区域部分, R_a 是图像中已增长的区域部分, $P\left(R_{ij}\right)$ 为针对该图像的特性得到的相似性准则。当像素点满足公式(3-3)时,该点即可记为新种子点,并加入种子点集进行后续处理。



连通性信息的使用,对描述符产生的结果有直接的影响。对于一幅图像,若对于其像素值的显示仅使用三个不同亮度值的随机排列,不考虑对存在相同灰度级的像素进行连通性匹配,则即是实现了区域增长分割效果也是无意义的。

停止规则的公式表达也是区域增长中的重要部分。一般情况下种子区域不会无限增长,当区域中不再有像素满足相似性准则时,区域增长过程就会停止。停止规则近似于前面所讲的相似性准则,但实际上它是一种区域增长算法的附加准则,是对相似性准则的完善,如规定生长区域的性状、面积或像素点个数等。停止规则的加入很大程度上提升了区域增长算法的可行性,保证得到的模型区域至少大部分是有用的。

3.2.2 基于 RGB 三通道的烟雾区域增长

灰度图中烟雾区域像素为灰色,与背景像素的灰度值非常相近,如果利用灰度级设定相似性准则中的判定阈值,则由于两者灰度级过于接近而使结果存在不小的误判。而彩色图像中大多数烟雾区域颜色值为浅白色、灰色和黑色。如果利用 RGB 彩色图像中的各个通道像素值分别设定阈值并对结果进行与操作,则误判率会大大减小。且 R、G、B 三通道的烟雾区域像素值与背景像素值的差值相较灰度图会有所提高,使阈值的设定更准确。

基于此本文通过R、G、B三通道的区域增长算法对已提取的烟雾图像进行区域增长。 三通道区域增长流程图如图5-1所示。



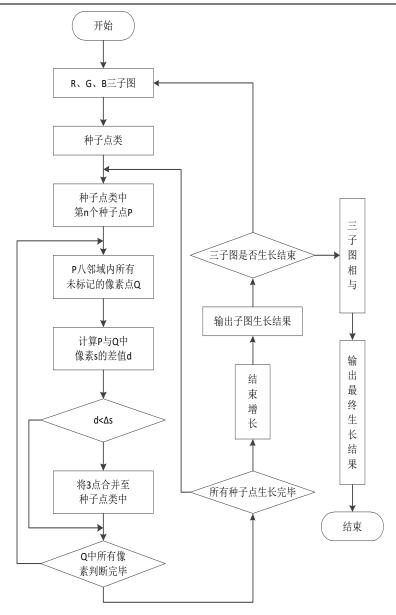


图 3-4 三通道区域增长流程图

由于烟雾本身色度值差异变化不大,且灰度化,故其在 RGB 颜色空间中的 R、G、B 各分量与背景像素的差值普遍为 15-20。利用该相似性准则对视频彩色帧图像的 R、G、B 三通道值分别进行区域增长,并将三通道的区域增长结果相与,得到最终完整的烟雾区域分割结果。这样,在 R、G、B 三通道中进行区域生长,可准确分割出烟雾区域像素点集。而干扰像素在不同的通道分割出的结果不同,在做与运算后,干扰像素即可去除,得到最终完整准确的烟雾区域。

区域增长算法如下:

- (1) 从既定种子类中取出任意种子点s,找到s的8邻域中所有未检测像素点集Q。
- (2) 计算种子点s与Q中任意像素点p中的绝对差D,如果D<15,则将p纳入种子点类



中,否则继续进行下一个邻域像素点的判断,公式如下。

$$\begin{cases} 种子点 & \text{if } |p-s| \le 15 \\ \mp扰点 & \text{else} \end{cases}$$
 (3-4)

- (3) 当未标记像素点集Q中所有邻域像素点均判断完毕后,取出种子点类中下一个种子点像素进行上述操作,直到种子点类中所有种子点均处理完毕。
- (4) 在R、G、B三通道中,依据相同的算法进行区域生长,然后将三通道的生长结果进行与操作,即可最终得到完整准确的烟雾区域,如图5-2

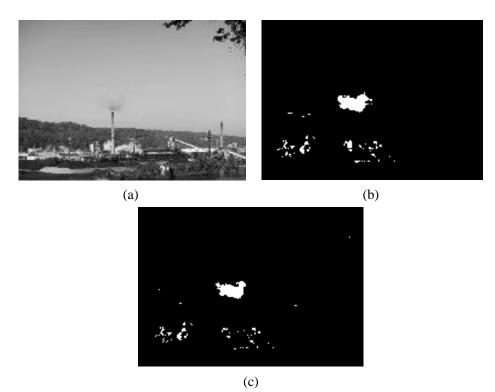


图 3-5 区域增长实验结果说明: (a)原灰度图像; (b)形态学处理实验效果图; (c) 区域增长实验效果图

由图 3-5 看出,区域增长算法不仅去除场景中大部分干扰点,对烟雾区域特征不明显的部分进行填充,还较精确的过滤掉烟雾边缘区域融合度较高的背景干扰像素,使最终得到完整准确的烟雾区域。

3.3 烟雾浓度估计

我们常用体积浓度和质量-体积浓度来表征大气中工业排放的污染气体的含量。不 论是哪种表示方法,都必须事先测得污染气体的种类,并将其中不同类型的气体分离, 再通过一系列化学检测或仪器测量得到不同气体的大致浓度。而这类方法对于视频捕获 的烟雾是无法进行的。基于此,本文引入烟雾的光学浓度及林格曼黑度共同表征烟雾浓



度的大小。

烟雾浓度的光学定义为烟雾区域与对应无烟区域亮度差的百分比,即通常所说的透明度。

当工业燃料不完全燃烧时,煤炭颗粒在高温作用下会随废气一起排入大气中,这会使排放的废气颜色由本来的无色状态变为灰色。而煤炭颗粒浓度越大,燃料不完全燃烧程度越高,排放的废气污染也越严重,烟雾颜色就越接近黑色,此时透过烟雾射出的光线也就越暗,对应在图像中就是烟雾处的背景像素值越低,最终接近 0 值。基于此,本文通过求烟雾区域的光学浓度近似判断烟雾浓度的大小。烟雾浓度计算公式如下

$$C = \left| \frac{B - B_b}{B_b} \right| \tag{3-5}$$

式中,C 是烟雾区域浓度值,B 是烟雾区域的平均亮度值, B_b 是烟雾区域邻近的平均背景像素值。

林格曼黑度是用视觉特征对烟雾浓度进行估计和评价的一种方法。在实际操作过程中,工作人员需将标有林格曼黑度的标记板放置于合适位置,利用人眼目测烟雾的黑度,并与标记板上黑度等级进行比较,得到废气烟雾的黑度。但该方法受环境影响较大,准确度不高,且标记板摆放的位置和姿态不合适也会影响最终测定的结果。故此,人们逐渐用测量仪器代替人工操作,极大的提高了测量的准确性。目前主流的林格曼黑度测试仪器为光电测烟仪。利用仪器内部的光学元件采集烟雾图像,求得烟雾透光率,并与仪器内部的标准林格曼黑度标记板进行比对,得到废气烟雾的黑度等级。

本章基于光电测烟仪的测量原理,并结合光学浓度概念,对视频中的烟雾区域进行浓度估计及林格曼黑度测定。林格曼黑度值=(烟雾区域灰度值/背景区域灰度值)×256。依据我国《锅炉大气污染物排放标准》有关规定,当烟雾浓度值大于 0.4 且林格曼黑度超过 2 级时,烟雾排放超标。林格曼烟尘浓度对照表^[32]如下:



方格黑线数	级别	视觉特点	黑色面积所 占百分数/%	
	0	全白	0	0
	1	微黑	20	0. 25
	2	灰	40	0.7
	3	深灰	60	1.2
	4	灰黑	80	2. 3
	5	全黑	100	4-5

测定结果如图 3-6 所示。

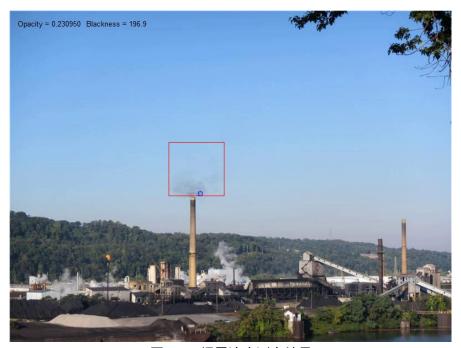


图 3-6 烟雾浓度测定结果

由图 3-6 可得,该时刻烟雾浓度为 0.230950,烟气黑度为 196.9,对照表 3-1 可得该时刻烟雾林格曼黑度为 1 级,符合锅炉废气排放标准。

3.4 本章小结

针对视频中烟雾的提取,仅仅依靠背景差分法是不够的。因为烟雾颜色特征较弱、



局部变化不明显且边缘信息可读性较差,实际往往只能得到烟雾区域的特征明显部分。 上一章通过引入 HSV 三通道灰度均衡化对背景差分法进行改进,虽然能较完整得到烟 雾区域,但同时也生成了较多的干扰点,包括场景中存在的微小扰动和烟雾边缘融合度 较高的背景像素点。故此,本章引入形态学图像处理技术及区域增长算法对场景中的干 扰点进行过滤,使最终得到完整准确的烟雾区域,进而估测出该烟雾区域的浓度及林格 曼黑度,并以此判断废气排放量是否达标。



第4章 基于视频的烟雾浓度检测系统

前面的章节对基于视频的烟雾检测系统各个环节的原理、实现流程等方面进行了详细阐述。本章将在此基础上介绍该系统的设计平台与实验结果,并对得到的烟雾数据进行分析讨论。

4.1 实验设计与平台

设计环境与软件:

- (1) Windows7:操作系统平台
- (2) MATLAB R2014A: 算法设计与测试

本次基于视频的烟雾浓度系统仿真设计如图 7-1 和 7-2 所示。

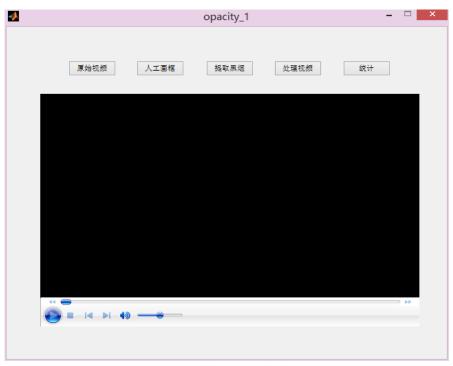


图 4-1 烟雾浓度检测系统仿真图一



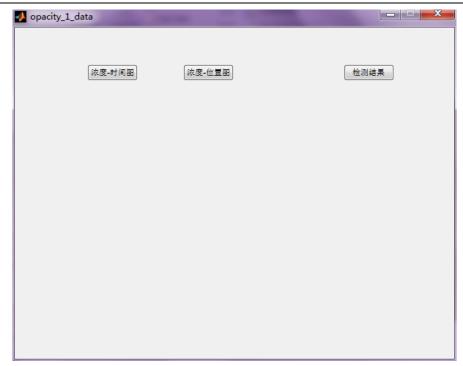


图 4-2 烟雾浓度检测系统仿真图二

4.2 系统仿真结果图示

系统工作流程及仿真结果如下:

(1) 采集某工厂约 1 小时内烟雾排放的视频,并读入系统。本次实验的视频材料是由 GASP(Group Against Smog & Pollution)志愿者及 VCCAN 志愿者在匹兹 堡附近某焦炭厂取景并合作拍摄完成。 如图 4-3。



图 4-3 原视频图

(2) 播放视频了解烟雾的大致区域后,对其进行人工画框。该操作通过人工辅助 在烟雾区域检测之前就对部分干扰点进行过滤操作,避免因烟雾区域检测方法 的局限性导致场景中的干扰点没有完全剔除,影响烟雾浓度的估测。如图 4-4。





图 4-4 人工画框图

(3) 利用前述烟雾区域检测方法对视频中烟雾图像进行提取和去噪,得到较完整的烟雾区域,并基于亮度信息准确识别废气烟雾,估测该区域的浓度及林格曼黑度,用以判断该工厂废气排放是否达标。如图 4-5 和 4-6。



图 4-5 烟雾检测结果图 1

图 4-5 中,左上角 Opacity 为烟雾浓度估计值,Blackness 为此时烟雾的林格曼 黑度。红框标出检测到的烟雾区域,蓝色圆圈处表明该点为该时刻烟雾最浓点。



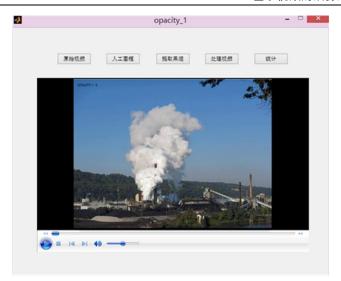


图 4-6 烟雾检测结果图 2

(4) 对烟雾数据进行统计,得到视频每一帧对应的浓度值及林格曼黑度,分别画 出相应曲线图 4-7 和 4-8。要说明的是,视频后期出现白雾图像时,由于没有 烟雾冒出,故此时烟雾浓度为 0,令其林格曼黑度值为 256.



图 4-7 烟雾浓度-时间图



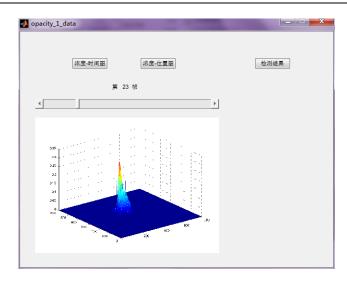


图 4-8 烟雾浓度分布图

(5) 分析实验数据,得到视频拍摄过程中烟雾排放的平均浓度及林格曼黑度,并与有关大气污染物排放标准进行比较,得出结论。如图 4-9.

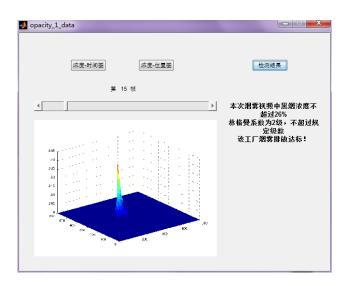


图 4-9 检测结果图

4.3 实验结果分析

实验测得每帧图像烟雾浓度变化曲线及林格曼黑度如图 4-10 和 4-11。

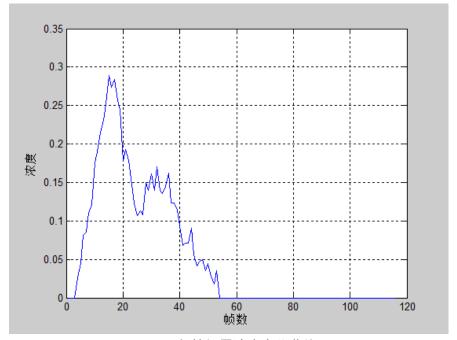


图 4-10 每帧烟雾浓度变化曲线图

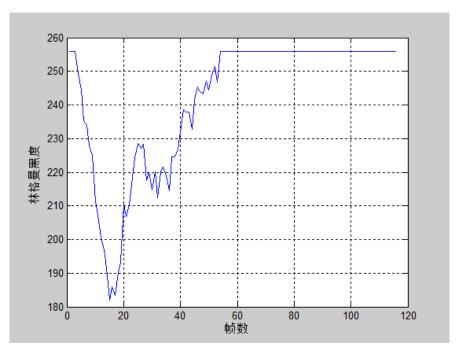


图 4-11 每帧烟雾林格曼黑度变化曲线图

由上图可知,烟雾浓度最大值为 0.289050 且林格曼黑度最小值为 182.0,满足排放标准,故该时间段内废气烟雾排放均达标。

将烟雾浓度检测结果与标准数据进行比对得表 4-1

表 7-1 烟雾浓度检测性能

视频第n帧图像 标准烟雾浓度值 实验烟雾浓度值 烟雾浓度误差率%



1	0.000000	0.000000	0.00
2	0.000000	0.000000	0.00
3	0.000000	0.000000	0.00
4	0.024719	0.025732	4.10
5	0.043170	0.045100	4.47
6	0.082077	0.081000	1.31
7	0.086730	0.085949	0.90
8	0.109380	0.109740	0.33
9	0. 121650	0. 121000	0.53
10	0.175250	0. 175110	0.08
11	0.190000	0. 190135	0.07
12	0.215650	0. 215560	0.04
13	0.230950	0. 231000	0.02
14	0. 252090	0. 252000	0.04
15	0. 289050	0. 289050	0.00
16	0. 273340	0. 273992	0.23
17	0. 284540	0. 283993	0.20
18	0. 256240	0. 256870	0.25
19	0. 244850	0. 245000	0.05
20	0. 178370	0. 178010	0.20
21	0. 193940	0. 192580	0.70
22	0. 178480	0.178900	0.24
23	0. 146500	0. 146891	0.27
24	0. 123670	0. 123700	0.02
25	0. 107990	0. 107000	0.92
26	0. 114030	0.113109	0.81
27	0. 108540	0. 107990	0.51
28	0. 151300	0.150000	0.86
29	0. 140990	0. 140020	0.69
30	0. 163810	0. 161094	1.66
31	0. 140730	0. 139790	0.67
32	0. 172160	0.170000	1.25
33	0. 141280	0. 140000	0.91
34	0. 135980	0. 135090	0.65
35	0. 147070	0. 145091	1.35
36	0. 163730	0. 161830	1.16
37	0. 125040	0. 122930	1.70
38	0. 124770	0. 122900	1.50
39	0. 114780	0.114000	0.68
40	0.096265	0.093937	2.42
41	0.067069	0.068030	1.43
42	0.072242	0.071000	1.71
43	0.072643	0.070996	2.27
44	0.093400	0.091043	2. 52



45	0.057679	0.055900	3.08
46	0. 043414	0.041936	3.40
47	0. 048256	0.046890	2.83
48	0.051366	0.050000	2.66
49	0.036661	0.034997	4. 54
50	0. 047134	0.045014	4. 50
51	0.028947	0.027800	3.96
52	0.018619	0.017850	4. 13
53	0. 036521	0.035600	2. 52
54-116	0.000000	0.000000	0.00

从表 4-1 可以看出,烟雾浓度误差率均低于 5%。同时,视频中第 54 帧至 116 帧均为白雾图像,算法对其进行识别并准确分类,得到的烟雾浓度值为 0,故此基于视频的烟雾浓度检测算法有较高的准确率,鲁棒性较好。但可以发现,在烟雾开始产生到烟雾基本消散这两个过程中检测的浓度值误差比烟雾较浓时大。这说明当烟雾较薄时图像边缘信息较弱,上述检测算法得到的结果准确度不足。且场景中光照和天气变化较明显,检测算法的准确度也会受到影响。

4.4 本章小结

本章介绍了本次基于视频的烟雾浓度检测系统的设计平台与仿真结果,并将得到的烟雾数据与标准烟雾数据进行比对,得到的误差率均小于 5%,证明本算法存在较高的准确率。然而,当环境中光照和天气变化较明显,且烟雾较薄时,检测结果存在较大误差。故此,如何提高算法的性能是接下来需要重点解决的难题。



第5章 总结与展望

严格限制大气污染物排放是保护环境、维持生态平衡的重要举措。目前人们主要利用空气质量监测仪器检测大气污染物的成分及浓度,并依据结果判定污染物排放是否达标,从而对超标的废气排放源进行限制和处理。然而,现有的空气监测仪器成本较高、价格贵、受环境因素影响较大且构成污染物不同类型的气体浓度测定过程较复杂,虽然检测精度高,但在效率及经济适用方面均有不足。因此,基于视频的烟雾浓度检测技术是一个值得研究和探索的课题。

本文首先对工业排放废气烟雾的颜色和状态进行分析,并基于此提出利用运动目标检测方法得到视频中的疑似烟雾区域。但是由于烟雾区域颜色特征较弱、局部变化不明显且边缘信息可读性较差等问题,使得想要精确得到完整烟雾区域的可能性较小。本文对几种常用的运动目标检测技术进行分析比较,发现背景插值法得到的烟雾区域最完整。故此,本文通过背景插值法对烟雾区域进行初步检测,结合形态学图像处理相关知识消除噪声点,保留其较完整的图像信息,再利用区域增长算法填补漏洞区域,得到更精准的烟雾区域。由得到的实验结果可以看出,该方法具有较强的准确性和鲁棒性。

值得注意的是,虽然有许多专家学者都致力于基于视频的烟雾检测技术的探索与研究,但仍存在许多技术方面的难题,所以目前仍处在前期发展阶段

本文研究的烟雾检测方法也是在一些专家学者的研究成果基础上得出的初步研究 和进展,在检测方法上还存在一定的缺陷。例如,背景减除法针对本次实验能取得良好 的效果,但其背景仅仅利用视频前几帧图像进行处理得到,故对于环境的变化没有很强 的适应性,特别是光照。当一段视频中光照突然发生变化,实际背景像素也会有所改变, 这样在背景减除后可能会出现背景误检成前景的情况。故此,本次烟雾检测算法在性能 方面还有待提高,今后还需进行进一步的实验和研究。



参考文献

- [1] Rafael C. Gonzalez, 阮秋琦, 阮宇智等译,《数字图像处理》(MATLAB 版), 电子工业出版社, 2005.
- [2] 郑璐, 陈俊周. 基于运动和颜色的视频烟雾检测算法[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(21): 4650-4652.
- [3] 杨猛, 赵春晖等. 基于小波分析的烟雾多特征融合和空间精度补偿森林火情检测算法[J]. 中国图像图形学报A,2009,14(4): 695-700.
- [4] 王洪兰. 浅谈图像增强的直方图处理及其 MATLAB 实现[J],《电脑知识与技术》,2012,50(5): 980 986.
- [5] B.Ugur Toreyinl, Yigithan Dedeoglu&A Enis CetilL. WAVELET BASED REAL—TIME SMOKE DETECTION IN VIDEO []]. EUSIPCO, 2005(1):18—23.
- [6] Celik T,O zkaramanl 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.
- [7] F.Gomez-Rodriguez, B.C.Arrue&A.Ollero. Smoke Monitoring and Measurement Using Image Processing Application to Forest Fires[J]. SPIE,(2003)5094:404-411.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] SHUAI Shi, ZHOU Ping, WANG Ya-ming. Wavelet based realtime smoke detection [J]. Application Research of Computer, 2007, 24(3):309-311.
- [12] 帅师.周平.汪亚明.周维达. 基于小波的实时烟雾检测[[]-计算机应用研究 2007,24(3).
- [13] 袁雪庚, 顾耀林.自动色彩均衡快速算法.计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(10): 2269-2274.
- [14] Chen T-H, Yin Y-H, Huang S-F, et al. The smoke detection for early fire-alarming system based on video processing[C].USA. Proc of Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2006:27 430.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Feiniu Yuan. A fast accumulative motion orientation model based on integral image for video smoke detection [J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29:925-932.
- [18] 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.
- [19] Ho C C. Machine vision-based real-time early flame and smoke detection[J]. Measurement Science and Technology, 2009, 20(4): 045502(13pp).
- [20] 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.
- [21] 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: 112-114.
- [22] 高彦飞, 王慧琴, 胡燕. 基于空间区域生长和模糊推理的视频烟雾检测[J].计算机工程, 2012, 38(4): 288 289.
- [23] CHENG C H, LIN G C, JU S W. Vector seeded region growing for parenchyma classification 2010.
- [24] TANG Jun. A color image segmentation algorithm based on region growing 2010.
- [25] 柳佳雯,梁光明,刘仁仁,谢雅婷,丁建文. 融合色调统计特征的自适应区域增长算法[[].计算机应.
- [26] 张弘.《数字图像处理与分析》,机械工业出版社,2007.
- [27] 王欣刚,魏峥等. 基于烟雾动态特征分析的实时火灾检测[]].计算机技术与发展,2008,18(11):10-12.
- [28] hard S. computer vision: algorithm and applications[M]. London: Springer-Verlag London Limited, 2011.
- [29] Kuno Y, Watanabe T, Shimosakoda Y, et al. Automated detection of human for visual surveillance system[C]//Pattern Recognition,1996.,Proceedings of the 13th International Conference on IEEE,1996,3:865-869
- [30] Lipton A J, Fujiyoshi H, Patil R S. Moving target classification and tracking from real-time video[C]//Applications of Computer Vision, 1998. WACV'98, Proceedings, Fourth IEEE Workshop on. IEEE, 1998: 8-14.
- [31] Ramin Mehran, Brian E. Moore, Mubarak Shah. A Streakline Representation of Flow in Crowded Scenes[A]. Computer Vision, ECCV 2010 11th European Conference on Computer Vision, Proceedings, 2010: 439-452.
- [32] 张晓春. 计算机图像识别的烟气自动监测[[].环境监测管理与技术, 2003,15(5):26-28.



致谢

随着毕业论文工作的结束,我的大学生活也即将画上圆满的句号。回顾过去四年的大学生涯,有欢笑,有泪水,更有刻骨铭心的回忆,此时的我已是感慨万千。

借此论文完成之际, 我要对许多人表示感谢。

首先,我要感谢我的准研究生导师——谢斌老师。这次毕业设计的各个环节包括定题、算法及初步结果生成等,谢老师都有参与其中。他给我布置一定的任务让我限时完成。在这个过程中我学会了独立思考问题、自主解决问题、思维的逻辑化,同时也养成了面对困难越挫越勇的学习态度。不仅如此,谢老师给我提供许多书籍资料和文献帮助我解决设计过程中遇到的难题。由于谢老师目前不在国内,所以每次跟他讨论问题时他那里的时间都接近凌晨。但即是这样,谢老师还是会很耐心地给我讲解指导,直到我听懂为止。有很多次我都能感到他言语中的疲惫,但他却从不曾抱怨。对此,我真的非常感谢谢老师。再接下来的研究生三年中,我一定会跟着谢老师坚定地走学术这条路,勇往直前,不辜负他对我的期望。

然后,我要感谢我的本科生导师邹逸群老师。一直以来,邹老师都对我们照顾有加。 当我们遇到不懂得问题着急上火时,邹老师都能及时指导我们,帮我们理清思路,分析问题并解决问题。工作中的他严谨认真,给我们布置的任何工作都要求完成的尽善尽美。 而生活中的他却是个诙谐幽默、平易近人的大哥哥。在毕业设计期间,邹老师多次帮我 检查并修改文献翻译和调研报告,还针对毕业论文中的几个关键地方提出改进意见,给 了我很大帮助。

我还要感谢智能系的所有老师。感谢唐琎老师对我毕业论文的指导和帮助;感谢李仪老师在我的硬件调试方面提供了不小的帮助;感谢高琰老师、刘丽珏老师、谭平老师、于伶俐老师、王勇老师、陈白帆老师和肖晓明老师,他们都对我的本科生学习提供了很多的指导和帮助。

感谢智能系的所有前辈,在我完成毕业设计期间对我照顾有加,尤其要感谢唐成功、 廖彩明、郝勇峰、喻仲斌、黄秋健、程波、刘福喜、侯雁冰等师兄师姐,在我遇到难题 百思不得其解时给我不少帮助和启发。

感谢智能11级的兄弟姐妹,感谢缘分让我们一起学习,一起玩耍,一起成长,一起奋斗。虽然很快就要天各一方,但曾经的美好岁月我会铭记于心。感谢我的室友们。感



谢你们不仅在我做毕设期间给我鼓励和帮助,还在我难过、迷茫、痛苦的时候给我安慰。 遇到你们是我的幸运。

最后,我在这里衷心的祝愿大家都能实现梦想,越走越好!