

文章编号:1000-582X(2003)02-0032-04

电站锅炉数字图像火焰检测系统设计与实现

陈志刚, 蒙建波, 李良熹

(重庆大学 工业自动化仪表研究所, 重庆 400044)

摘要:针对现有的锅炉火焰检测系统主要以开关逻辑量为主以及现有的图像检测系统的缺点,设计了基于通用视频采集硬件的锅炉火焰图像检测系统。对火焰图像进行了预处理并给出了一种最佳的分割算法。引入了针对不同特征的重要性修正因子。为了适应多炉型、多煤种、复杂工况的情况,对所提出的自适应聚类中心主动优化算法做了分析描述。给出了系统的软件模块图,并对各模块的功能做了分析,并得出结论。

关键词:炉膛安全保护; 火焰检测; 数字图像处理; 自适应; 动态算法

中图分类号:TP391.41

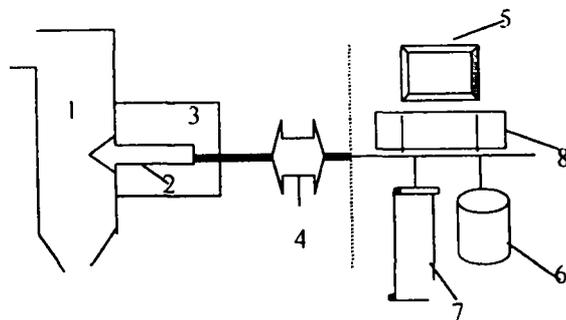
文献标识码:A

大型电站锅炉大都以燃煤为主,由于容量大,安装的燃烧器数量多,炉膛内的燃料燃烧情况复杂,外界参数的波动很容易引起炉膛灭火和爆燃,将会给生命财产造成巨大损失。因此电站锅炉必须配置功能齐全、设备可靠的炉膛安全监控装置,即FSSS。而FSSS成功运行的前提和依据是火焰检测装置信号的准确性和及时性。目前,在中国的大部分电厂中广泛使用的火焰检测器为基于检测火区火焰亮度和闪烁频率的红外型或可见光型火焰检测器,但在实际运行中对不同煤种、负荷引起的火区位置的变化,难以做到自适应,尤其是在动态工况下时有误报、漏报情况发生。20世纪80年代,随着计算机软、硬件技术的迅速发展,特别是近年来多媒体技术日益推广应用的前提下,国内外研究者纷纷把目光投向可视化的炉膛监视和控制系统,在这样的前提下,数字图像处理技术开始应用于锅炉炉膛火焰处理中。作为新型燃煤锅炉火焰检测技术的探索方向之一(另外一个方向就是基于计算机技术的智能型数字火检器),把火焰电视与多媒体计算机系统相结合、基于人工智能、模式识别、神经网络等理论的发展,结合数字图像处理技术,开发出基于火焰图像信号的火焰检测,吸引了国内外众多研究者的目光^[1-6]。

1 系统组成及硬件方案设计

结合实际的应用需求和当前的技术发展状况,在

前人工作的基础上设计了锅炉火焰数字图像检测系统,其主要的功能是通过输入设备(光学子系统、CCD摄像头、图像采集卡)对监控的对象进行图像采集,然后由主计算机控制存储到存储设备中,并且经过计算机软件处理系统的分析、处理之后,输出相应的信息到输出设备。主要硬件原理如图1所示。其主要的工作流程是摄像头把锅炉的火焰图像信号传输到图像采集卡,由图像采集卡把模拟信号数字化后送入计算机,转换为640×480的24位标准彩色图像,便可由计算机中的处理软件进行和自动识别、处理、存储和打印。



1. 锅炉 2. 摄像头 3. 冷却系统 4. 图像采集卡 5. 显示器 6. 存储器 7. 打印机 8. 计算机

图1 系统硬件原理图

• 收稿日期:2002-09-15

基金项目:2001年重庆市科委科技计划项目“电站锅炉燃烧监控装置及系统集成应用”(2001-20-4003)

作者简介:陈志刚(1976-),男,山东夏津人,重庆大学硕士研究生,主要研究方向:模式识别与图像处理。

2 图像的预处理

各类图像系统中图像的传送和转换,总要造成图像的某些降质。为了后续识别处理的效果,必须对这些降质的图像进行改善处理,预处理改善的方法有两类:一类是图像增强,另一类是图像的复原。笔者在有效地分析火焰检测系统降质因素的基础上,对火焰图像采取了相应的图像复原和图像增强技术。实践证明这样做的效果比仅采用一种图像预处理方法更有利于火焰图像识别特征的提取。本系统中,火焰图像的预处理主要包括以下几部分:24 位真彩色图到 256 色灰度图的转换、火焰图像的中值滤波、锐化增强、伪彩色编码。其中 24 位真彩色图到 256 色灰度图的转换是为了把图像标准化,去除本系统没有用到的色彩信息,主要保留图像的灰度信息;中值滤波的主要目的是滤

除在火焰图像的传输以及量化等过程中,可能存在的各种寄生效应,主要表现在图像的灰度直方图中存在能量变异的点,而中值滤波的一个良好特性就是既能够消掉这些寄生噪声效应,又能够不使得图像的边缘轮廓和线条变得模糊。图像的锐化处理主要是使模糊的图像变得清晰起来,其主要的作用是增强图的边缘和灰度跳变部分,从而为下一步的图像分割提供更好的分析基础^[1-3]。

3 图像分割

图像分割算法的优劣直接决定着获得处理有效信息的多少,进而影响到识别效果。因此经过实践验证,采用了二维最大熵直方图分割算法。从分割效果来看,本算法对于双峰直方图的图像分割优于普通的最小错误分割算法(图 2)。



图 2 图像分割算法的比较

由此可以认为,二维最大熵分割算法可以最大程度地保留图像信息,从而为后续特征提取提供了最大限度的信息。实践也证明本算法可行。

4 火焰图像特征空间的建立与提取

根据对火焰图像燃烧特性的分析,一幅火焰图像的特征可以由以下变量表示:平均灰度、最高灰度、熵、方差、火焰丰度、能量。这些特征参数较全面地反映了燃烧火焰的基本特征,其中:平均灰度反映了火焰辐射的平均光强;方差反映了火焰光强分布的不均匀程度;熵反映了光强变化的随机程度;火焰丰度反映了火焰占满程度;能量反映了火焰图像的辐射强度;脉动振幅分布(图像的傅立叶变换就是振幅特性)反映了火焰的脉动特征。综合以上分析,得到了反映锅炉火焰燃烧状况的一组变量,它们共同组成了锅炉火焰图像的特征向量^[7]。

5 标准火焰图像数据库的建立与训练

5.1 导师型的模糊-C 均值聚类算法

火焰图像经过色彩变换、中值滤波、锐化增强、图像分割等预处理工作后,就可以提取其特征了,并进一步做出识别判断。在实践中采用了有导师的模糊-C 均值聚类算法对采集到的火焰图像进行有效的分类。普通的模糊-C 均值聚类算法的初始聚类中心是任意给定的,然后经过数次迭代符合某种准则后停止迭代。由于模糊-C 均值聚类是一种局部最优解,如果初始值选择不好,会大大影响最终的聚类中心^[8]。

经过研究发现,如果对燃烧火焰图像,首先由有经验的熟练操作人员进行初始的分类并做出评价,选定各个分类的比较好的图像,作为各类的初始聚类中心,就可以大大减少聚类的迭代次数、提高运算速度,同时在聚类过程中如果某一类与其他类的类间距离小于某

个阈值,则会要求操作人员进行干涉进行确认是否合并这两类,同时动态调整类间距离,笔者把这种聚类方法称为“导师型的模糊 - C 均值聚类算法”。

5.2 关于火焰特征参数的考虑

在实验中发现,对于火焰图像特征空间中的几个特征参数来说,其对表达火焰图像的充分特征存在不同的重要性。因此从一种简单朴素的原理出发,采取了一种称之为由主观评价的最大模糊隶属度模式识别判定算法。自然界的事物都有很多特征,但是从人类自身的认知角度来看,描述一种事物时并不需要刻画其所有的特征,只是需要叙述几个主要的特征就足够了,从几个主要特征中,依然可以分检出更重要的特征加以描绘。同样的道理,对于火焰图像的几个主要特征来说,也存在不同的彼此之间的重要性,因此在计算模糊隶属度时对特征空间中的几个特征分别乘上了不同的重要性因子,以区别于把所有的特征默认具有同等重要性即所有的特征的重要性因子都是“1”的最大隶属度计算算法,实践表明这种改进显著的提高了系统的灵敏度和识别率。

6 在线锅炉火焰图像燃烧状态自适应聚类分析算法

现有的火焰图像处理系统大都是为某一类特定的煤种和锅炉设计的,对于该特定的锅炉其运行效果可以满足一定的要求。但是由于我国煤种多、锅炉容量参差不齐、燃烧状况复杂、工况变化大等特点,从而其很难做到具有较强的自适应性。当外界因素变化之后,系统的静态设计特性就严重地暴露出不足,引起较大的误报、误判、漏报等。因此为了对不同的煤种、燃烧工况、负荷、炉型等做到最大程度的自适应性,提高系统的智能性,改善一次静态聚类带来的适应性差的问题,在锅炉火焰的实时检测过程中,在识别的同时,对第一次聚类得到的聚类中心,笔者引入了一种模式库聚类中心主动优化与自适应调整的动态算法,动态地调整各个聚类的中心、聚类数等,使得系统的自适应能力大大提高。

采用该算法在实验室对不同的燃烧状况的火焰图像进行了模拟实验,结果表明该算法具有较好的收敛性。并且该分类器具有以下优点:

1)对于经典的模糊 - C 聚类分析方法中的模糊度参数 m ,采用文献[4]介绍的方法作了优选,排除了凭

经验的误差,提高了目标函数的测量精度。

2)采用自适应聚类的方法和理论,克服了系统静态分类的局限性,使得系统可以在线自我学习,无需人工干涉,因而对于提高系统的智能性有很大的意义。

7 软件系统的实现

在构建火焰图像硬件系统的基础上,采用 Visual C++ 6.0 做了软件开发,对提出的算法做了实现。下面给出软件系统的主要模块图:系统的功能模块主要包括以下几部分:

1)设备驱动模块 其中主要是图像采集卡的驱动,通过软件编程完成对外部图像数据的采集存储,其输入是模拟火焰电视信号,输出是 AVI 格式的视频数据。

2)火焰图片捕获与标准化模块 主要是完成对视频数据的图片捕获截取,并且完成标准图象格式的转换,包括图片类型(如 BMP、GIF、JPEG 等)、大小、灰度处理等功能。

3)预处理模块 主要完成图像的增强、恢复、去噪以使得到的数字图像比较适合后续图形特征的提取,突出有用的图像信息。

4)图像的分割算法的实现 主要是去除背景图像信息,最大可能地保留火焰图像。

5)图像特征提取 提取出火焰图像的数字特征。

6)模式判别分类模块 主要完成对火焰图像的模式分类与判别,并给出相应的信息。

7)输出模块 主要是完成相应信息的显示、视频的回放、图像打印等功能。

8)远程通信模块 实现在网络内对火焰检测信息的远程监控。

对于各个模块的编码实现问题,采用现在流行的面向对象的编程技术,尽量避免结构化的编程,但是在某些函数的实现上不可避免的要采用。

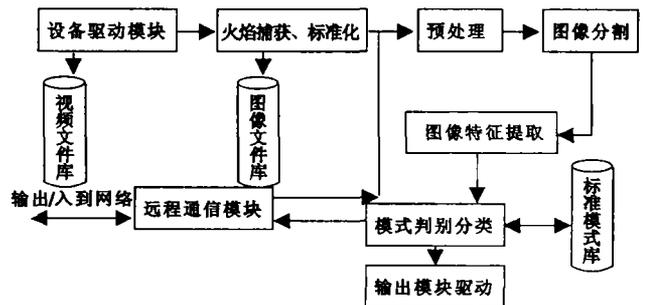


图 3 软件系统结构图

8 结论

1)本系统在采用现有成熟视频采集硬件的基础上,应用开发了全炉膛火焰检测软件系统,采用计算机对燃烧火焰的特征参数进行实时处理,并具有对火焰图像进行实时录像、历史录像回放、伪彩色编码、数据打印、历史纪录察看、燃烧状态显示、声音报警等功能。

2)在对火焰图像进行有效的预处理基础上,对锅炉火焰图像的特征进行了分析探讨,提出了表达锅炉火焰图像的有效特征空间,并通过实验仿真表明效果良好。同时针对各个特征参数,提出重要性因子系数修正,提高了系统的有效识别率,以期符合人类的认知分析特性。

3)为了对不同的煤种、燃烧工况、负荷、炉型做到最大程度的自适应性,提高系统的智能性,改善一次静态聚类带来的适应性差的问题,提出了一种对标准聚类样本中心进行智能调整的自适应聚类中心主动优化算法 AAC²AO。

4)采用 Visual C++ 6.0 编程对软件系统作了实现,实验室仿真证明,系统运行稳定、可靠,拒识率保持在 10% 以下。

5)能够在工况恶化或者炉膛突然灭火时及时发出报警信息,并以每秒 4 幅的速度,自动对事故前后采样图像进行保存,以及回放处理,从而为分析事故、指导操作提供有效的依据。

参考文献:

- [1] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [2] 王式民, 吕震中, 麻庭光, 等. 图像处理技术在全炉膛火焰监测中的应用[J]. 动力工程, 1996, 16(5): 68-76.
- [3] FU K S, MUI J K. A survey on image segmentation[J]. Pattern Recognition, 1981, 13(1): 3-16.
- [4] 周怀春, 娄新生, 肖教芳, 等. 炉膛火焰温度场图像处理实验研究[J]. 中国电机工程学报, 1995, 15(5): 295-299.
- [5] 何万青, 黄铜, 沈爱国, 等. 基于 DSP 和数字视频技术的图像火焰检测系统[J]. 中国电力, 2000, 33(10): 64-68.
- [6] 朱麟章, 蒙建波. 检测理论及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [7] 岑可法. 锅炉燃烧实验研究方法及其测量技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [8] 马军, 邵陆. 模糊聚类计算的最佳算法[J]. 软件学报, 2001, 12(4): 578-581.

Study and Implementation of Digital Flame Image Inspect System for Power Plant Boiler

CHEN Zhi-gang, MENG Jian-bo, LI Liang-xi

(Institute of Process Automation and Instruments, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Aiming at the shortcoming of modern power plant flame image inspect system that is based on on-off logicals, the article design a new power plant flame image inspect system based on general video capture hardware. A best optimize image segmentation arithmetic is given for image pretreatment. Based on human cognize character, the paper puts forward a Weightiness Amend Coefficient(WAC). for the purpose of enhancing the intelligent and auto-adoptions to complex combustion condition, a new Cluster Center Initiative Optimize and Auto-adoptions Rework arithmetic is put forward. At last, the experimentation result is given.

Key words: FSSS; flame inspect; digital image process; auto-adatp; dynamic arithmetic

(责任编辑 吕赛英)