

文章编号: 1672-8785(2013)11-0026-05

基于 OpenCV 的红外视频测温方法的实现

徐 飞 许博文

(重庆邮电大学信号与信息处理重庆市重点实验室, 重庆 400065)

摘 要: 由于近些年来红外测温技术受到环境场合、应用领域以及物质本身特性等因素的限制, 新颖的非接触式测温方法逐渐受到重视。但单纯的分析功能还远远达不到广泛使用的需求, 其中静态的红外图像分析已经不能解决较为复杂的问题。针对这一技术的不足, 提出了一种红外视频测温分析方法。该方法基于 MFC 并调用 OpenCV 库编程完成, 实现了动态点、线、面分析以及高温点自动捕捉等多种功能, 创造性地在线、面分析中新增了最高、最低温度的分析方法和最高、最低温度的实时捕捉功能。实验结果表明, 该方法的动态分析效果明显, 软件运行稳定, 测温精度较高。

关键词: 红外图像; OpenCV; 红外视频; 测温分析

中图分类号: TP311.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.11.005

Realization of Infrared Video Temperature Measurement Method Based on OpenCV

XU Fei, XU Bo-wen

(Chongqing Key Laboratory of Signal and Information Processing, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: Because infrared temperature measurement techniques are limited by some factors such as environment, applications and the characteristics of material itself, some novel noncontact temperature measurement methods have attention gradually. However, their simple analysis functions are not sufficient to meet the demands for wide usage. Among them, the static infrared image analysis is not able to solve more complex problems. For this reason, an infrared video temperature measurement method is proposed. The method is based on MFC. Its programming is completed by calling the OpenCV library. In the method, many functions such as point, line, and surface analysis and automatic high temperature point capturing can be implemented. The highest and lowest temperature analysis functions and the online highest and lowest temperature capturing functions are creatively added in the line and surface analysis. The experimental result shows that this method has the advantages of obvious dynamic analysis effectiveness, stable software running and higher temperature measurement precision.

Key words: infrared image; OpenCV; infrared video; temperature measurement analysis

收稿日期: 2013-09-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61275099; 61102131); 信号与信息处理重庆市市级重点实验室建设项目 (CSTC-2009CA2003); 重庆市自然科学基金资助项目 (CSTC2010BB2411; CSTC2010BB2398; CSTC2006BB2373)

作者简介: 徐飞 (1987-), 男, 四川南充人, 硕士, 主要从事图像处理方面的研究。E-mail: houser110@163.com

0 引言

作为一种高级测温工具, 红外热成像系统凭借其便携性、稳定性和高精度的优势, 已经应用于社会生活的方方面面。比如在国防军事领域中, 红外热成像技术已广泛应用于红外精确制导、红外夜视、红外雷达以及红外侦察等各类武器平台^[1], 并在海湾战争和伊拉克战争中发挥了巨大作用。因此, 先进的红外热成像技术俨然成为了一个国家具有强大军事实力的重要标志之一。近年来, 随着红外热成像技术的不断成熟和完善以及各种材料成本的降低, 它也被广泛地应用于民用领域的各个方面。比如在电力传输、消防安全和医学诊断等方面, 都通过用红外热成像系统进行红外监测并显示出高精度测量温度, 人们可以根据监控信息来准确判断物体的物理性质, 进而通过采取相应的措施来及时预防或者处理问题。与发达国家相比, 我国的红外热成像技术起步较晚, 但仍有巨大的开发潜力和可观的市场前景。

红外图像的测温分析功能在诸多方面都扮演着不可或缺的角色, 如对病变部位的确认和对机械故障位置的检测等。但由于该技术在本质上的应用条件有限, 不能很好地反映出目标的过程变化和发展态势, 有时单幅图像分析可能会因为一些随机性影响而使结果变得不准确, 甚至发生结果与事实相反的情况。此时, 如何实现一个连续的动态分析就成为了一个亟待解决的问题。

因此, 本文提出一种基于 OpenCV 的红外视频测温分析方法。实验结果表明, 该方法能够较好地实现对目标变化过程的观察以及对发展态势的分析。

1 红外视频分析的基本功能

在 PC 端的实现中, 我们以 MFC 面向对象编程为基础, 结合 OpenCV 跨平台计算机视觉库, 实现了红外视频播放, 包括点、线、面分析, 对最高温度点的跟踪以及分析结果显示等功能^[2]。图 1 为红外视频分析框图。

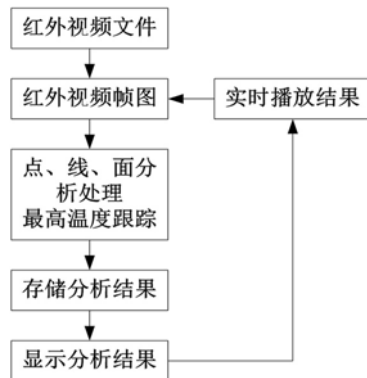


图 1 红外视频分析框图

2 红外视频分析的技术实现

红外视频分析的实现主要包括红外视频分析交互平台和红外视频处理平台两方面。

2.1 红外视频分析交互平台

红外视频分析交互平台是在单文档中以悬浮窗口为父窗口的对话框资源上实现的。在视频处理中, 首先提取单帧图像, 然后对所提取的图像进行处理, 最后对处理后的图像进行显示。根据此原理为对话框资源添加控件, 创建对话框类(类名为 HW_Video_Dlg), 声明类的方法和以上包含到的属性都具有一定的依据^[3]。以下是主要的属性、操作方法以及相关注释:

CvCapture* video_pCapture; //OpenCV 用于读取视频的结构体, 存储待读入的视频

IplImage* video_pFrame; //OpenCV 用于存储图像的结构体, 存储当前视频帧的图像

CString videoPath; // 视频路径的传入

afx_msg void OnBnClickedOpenvideoDlg(); // 获取红外视频来源

afx_msg void OnHScroll(UINT nSBCode, UINT nPos, CScrollBar* pScrollBar); // 滑动条事件

afx_msg void OnBnClickedPlay(); // 红外视频播放

afx_msg void OnBnClickedPause(); // 暂停

afx_msg void OnBnClickedStop(); // 停止

CSliderCtrl m_slider; // 滑动条变量

CStatic m_Video_Window; //picture 控件变量, 即视频显示窗口

```

/* 存储 3 种分析模式的点坐标 */
CArray <CPoint,CPoint&> PtDestiPointArray_video; // 点分析坐标
CArray <CPoint,CPoint&> LineSourcePointArray_video; // 线分析起点坐标
CArray <CPoint,CPoint&> LineDestiPointArray_video; // 线分析终点坐标
CArray <CPoint,CPoint&> RectSourcePointArray_video; // 面分析起点坐标
CArray <CPoint,CPoint&> RectDestiPointArray_video; // 面分析终点坐标

void analysis_line(IplImage * pFrame_line); // 实现绘制分析线和调用分析函数
void Max_pt(IplImage *pFrame_maxpt); // 实现最高温目标的锁定
void Pt_Analysis_Show(CPoint destipt,IplImage *pFrame_pt); // 进行线的两点坐标分析和直线分析显示
void Line_Analysis_Show(CPoint sourcept,CPoint destipt,IplImage * pFrame_line); // 实现矩形的两点坐标分析和局部区域内分析显示
void Rect_Analysis_Show(CPoint sourcept,CPoint destipt,IplImage * pFrame_rect);

float GrayToTemperature(int gray_value); // 灰度值转温度值

```

在定义好平台类之后,便可对该类的对象的各个数据和方法进行相关操作。

2.2 红外视频处理平台

在可视化界面中,通常以鼠标的不同行为来响应不同事件。本文就是通过对定义好的平台类对象进行鼠标点击、拖曳和单击按钮触发操作来完成分析处理的。

预处理过程如下:通过 CFileDialog 获得视频源路径,并通过 cvGetCaptureProperty 获得红外视频总帧数;用 cvSetCaptureProperty 设置视频和获取属性,并用 SetRange 设置滑动条的上下限;最后对编辑框和指针变量值进行初始化设置。

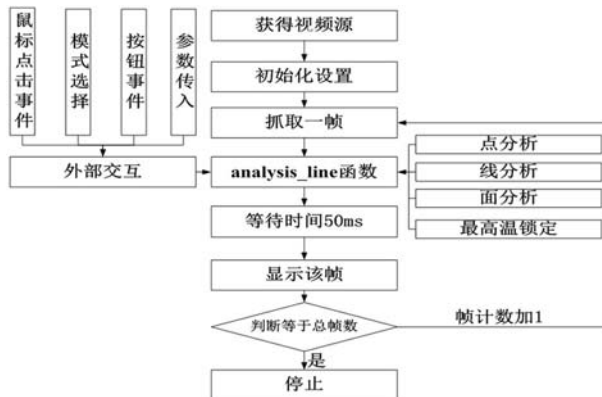


图 2 红外视频测温分析的实现

下面介绍具体的实现过程。处理的所有过程都在 while 循环中进行,由帧值计数变量和正常播放标志变量同时为 TURE 决定。用 cvQueryFrame 从文件中抓取一帧并解压返回该帧给定义的一个 IplImage 指针变量,然后用 cvCloneImage 函数复制好该指针里面的数据,并把这段内存中的数据返回给新创建的一个 IplImage 指针。之所以这么做,是因为我们不能直接改变 cvQueryFrame 返回的帧内数据。调用绘线分析函数 analysis_line 与 Max_analysis_pt,并调用 cvWaitKey(50) 等待 50 ms,即 1 秒钟 20 帧。若不等待,则将无法进行帧读取。最后显示该帧,帧计数变量值加 1,进入下次循环,直到帧计数变量值等于总帧数为止。其中, analysis_line 函数具有以下两个主要功能:

一是绘制视觉上可见的分析点、直线或者矩形。实现时使用到之前对话框类中所定义的 CArray 类数组,用于记录起终点的坐标;根据 cvCircle、cvLine 和 cvRectangle 函数分别取出记录的各个分析模式下的多个起终点进行绘图(当然仅点分析只有终点坐标)。

二是调用分析函数,显示分析结果。在点、线、面每一种模式下,每一对起终点都要调用相应的分析函数(Pt_Analysis_Show、Line_Analysis_Show 和 Rect_Analysis_Show)。调用之前,需要使用 cvCvtColor 将该帧由 RGB 转成灰度。在点分析中,先获得目标点的灰度值,然后调用 GrayToTemperature 函数^[4-5]得到该点温度,并

通过 cvPutText 显示结果; 线、面分析同理, 同时也增加了求平均和最大 / 最小温度值的功能。

图 2 为红外视频测温分析的实现框图。

3 测温算法的实现

红外辐射测温是通过对被测物体表面上的红外辐射进行测量, 然后经过一系列信号变换, 最后确定该物体表面的温度值的。在实际的红外辐射测温中, 由于被测物体的辐射能量需要经过大气的传播才能到达红外探测器, 它在传播过程中会受到多方面的影响。因此, 红外探测器接收到的辐射能量不仅仅是物体自身的辐射能量, 而且还包括被测物体反射周围环境物体的辐射能量和大气的辐射能量。其中, 前两种辐射能量需要经过大气衰减才能到达探测器。

根据普朗克定律和斯蒂芬-玻尔兹曼定律, 并结合红外辐射亮度关系、红外辐射原理以及红外辐射能量与电压的转换关系, 可以推导出被测物体表面真实温度的表达式:

$$T_{obj} = \left\{ \frac{1}{\varepsilon} \left[\frac{1}{\tau_a} T_r^n - (1 - \alpha) T_{sur}^n - \frac{\varepsilon_a}{\tau_a} T_{atm}^n \right] \right\}^{1/n} \quad (1)$$

式中, T_{obj} 为被测物体的表面温度; T_{sur} 为环境温度; T_{atm} 为大气温度; α 为被测物体表面对环境的吸收率; τ_a 为大气的光谱透射率; ε_a 为大气发射率; T_r 为标定黑体的辐射温度; ε 为实际物体的发射率。

当被测物体表面满足灰体情况时, 即 $\varepsilon = \alpha$, 式 (1) 则变为

$$T_{obj} = \left\{ \frac{1}{\varepsilon} \left[\frac{1}{\tau_a} T_r^n - (1 - \varepsilon) T_{sur}^n - \left(\frac{1}{\tau_a} - 1 \right) T_{atm}^n \right] \right\}^{1/n} \quad (2)$$

式 (1) 和式 (2) 即为计算物体表面真实温度的表达式。

当测温距离很近时, 大气衰减可以忽略不计, 即认为 $\tau_a = 1$, 那么式 (1) 和式 (2) 可简化为

$$\begin{aligned} T_r^n &= \varepsilon T_{obj}^n + (1 - \varepsilon) T_{sur}^n \\ &= T_{obj}^n \left[\varepsilon \left(1 - \left(\frac{T_{sur}}{T_{obj}} \right)^n \right) + \left(\frac{T_{sur}}{T_{obj}} \right)^n \right] \end{aligned} \quad (3)$$

即

$$T_r = T_{obj} \left[\varepsilon \left(1 - \left(\frac{T_{sur}}{T_{obj}} \right)^n \right) + \left(\frac{T_{sur}}{T_{obj}} \right)^n \right]^{1/n} \quad (4)$$

或

$$T_{obj} = \left[\frac{1}{\varepsilon} (T_r^n - (1 - \varepsilon) T_{sur}^n) \right]^{1/n} \quad (5)$$

在近距离测量时, 只要准确获取被测物体的 ε 和 T_{sur} 值, 就可通过上述表达式计算得到被测物体的真实温度。

当目标物体的表面温度较高时, 即当 T_{sur}/T_{obj} 很小时, T_{sur}/T_{obj} 的值就可近似为零值, 则此时温度计算公式还可简化为

$$T_r = \varepsilon^{1/n} T_{obj}, \quad T_{obj} = \frac{T_r}{\varepsilon^{1/n}} \quad (6)$$

由上述测温表达式的推导可知, 只要知道上述参数的取值就可以在各种测量环境下计算出被测物体的真实温度。

4 实验结果

本文实验是在 Windows XP 环境下, 利用 VS2010 MFC 软件编程并外附 OpenCV 库进行的。其测试对象是单目标的一个红外视频序列 (该视频由实验室研制的便携式红外热像仪拍摄采集, 并被保存为黑白的 AVI 格式), 而且目标正在作无规则运动。分别对视频样例进行了点、线、面、混合测温分析, 并对高温点进行了自动跟踪演示。图 3 为测温分析和高温点捕捉的效果图。

图 3(a) 所示为点分析模式下对视频中人体的 3 个位置进行点分析的情况。其中分别带有点标注、点坐标位置、点温度大小以及视频帧数。可以看到, 测温大小与测温部位的大小非常吻合。图 3(b) 所示为在线分析模式下进行两条线分析的情况。线中实时标记了最高、最低温度值的具体位置, 并显示了最高、最低和平均温度的大小。图 3(c) 同理, 图 3(d) 所示为 3 种方式的混合分析情况。图 3(e) 和图 3(f) 是对高温点的实时捕捉及跟踪, 其会随着人体的运动而运动, 而且效果很明显。

实验结果表明, 本文的测温分析种类实现了多样化, 包括点、线和面的分析以及高温点的



图 3 测温分析和高温点捕捉

自动捕捉,而且在线、面分析中有最高、最低温度的分析和实时捕捉(线中红色正方形代表最高

温,蓝色正方形代表最低温;在面分析中,红色十字标是最高温,绿色十字标是最低温)。其中测温精度较高(精度为 0.1°C),软件运行稳定,并能较好地对目标的变化过程进行观察,以便对其发展态势进行快速有效的分析。

5 结束语

OpenCV 是一个强大的图像处理库,为本文基于红外视频测温软件的开发和算法研究提供了极大的方便。本文的功能实现包括点、线、面的测温分析以及对最高温度点的捕捉,达到了较高的测温精度,为目标的动态观察分析提供了很大的帮助。此外,我们还创造性地增加了最高、最低温分析和最高、最低温的实时捕捉,对于同类技术的进一步发展具有很重要的借鉴意义。

参考文献

- [1] 王力民,张蕊,林一楠,等. 红外探测技术在军事上的应用[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(Z1): 570-574.
- [2] 李智伟,冯驰. 红外测温系统设计与实现[J]. 应用科技, 2010, 37(5): 24-28.
- [3] 刘伟杰,梁志剑,马铁华. 基于 OpenCV 的视频图像序列的运动目标检测[J]. 电子测试, 2011, 16(7): 27-30.
- [4] 孔琛,孙坚. 线性灰度变换算法在红外测温系统中应用[J]. 红外技术, 2008, 30(8): 465-467.
- [5] 孙志远,朱玮,乔彦峰. 红外辐射特性测量中环境影响的修正研究[J]. 激光与红外, 2010, 40(2): 162-165.

新闻动态 News

火灾后美国航空航天局的陆地卫星在灾区引导修复

据 www.spacedaily.com 网站报道,火灾后,森林修复专家忙于分析根据陆地卫星数据制作的地图,以确定哪些地方的植被被烧坏后露出了土壤,哪些地方需要集中力量进行紧急修复。

地图看起来像一个红色的大水泡。红色代

表火灾严重的区域。“地图的近红外区表明该区有完好的植被,地图的短波红外区表明该区露出了土壤。通过比较火灾前后图像中近红外和短波红外波段归一化的比率,我们能估测烧伤程度。”遥感专家 Carl Albury 说。

近红外波发射自完好的植被,因此,陆地卫星探测器会接收到一个强信号,表明此处没有被烧伤。短波红外波段的光谱与近红外区大不相同。“烧焦区在短波红外波段有明显的显示。”陆地卫星项目科学家 Masek 说。

□ 张小华