

OpenCV 在焊缝实时检测与处理系统中的应用

徐自越¹, 李战明¹, 李二超²

(1. 兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 兰州理工大学 甘肃省工业过程先进控制重点实验室, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 机器视觉系统是集机械、光电、控制、计算机和数字图像处理等技术于一体的高度自动化系统, 能够有效地提高产品的质量和产量, 现已广泛应用于工业当中。随着科技的发展, 对焊接的质量与效率的要求越来越大, 为此有必要设计一套行之有效的, 在焊接自动跟踪技术中能够在线检测焊缝并进行处理的焊缝实时检测与处理系统。文中在 VC++6.0 开发环境中设计了一种采用 Otsu 自动选择阈值和 Canny 算子检测边缘, 基于 OpenCV 的焊缝实时检测与处理算法, 实验结果表明基于该算法的系统实时性高、效果好、检测正确快速。

关键词: OpenCV; 焊缝; 机器视觉; 图像处理

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)08-0170-04

Application of OpenCV on Real-time Detection and Processing System of Seam

XU Zi-yue¹, LI Zhan-ming¹, LI Er-chao²

(1. College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Key Laboratory of Gansu Advanced Control for Industrial Processes,
Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The machine vision system is a high automation system in the integration of the machinery, photoelectricity, control, computer and digital image processing, can effectively improve the product quality and production, and now is widely used in industry. With the development of technology, need to design a system that can improve the welding quality and efficiency. For this, develop the real-time detection and processing system of the seam which is used for on-line detection and related image processing of welding automation tracking technology. In the CV++ 6.0 development environment, design a kind of the real-time seam detection and processing algorithm based on OpenCV, adopting automatic value selection by Otsu and edge detection by Canny operator. Experimental results show that the algorithm has high real-time, good effect and correct and fast detection.

Key words: OpenCV; weld; machine vision; digital image processing

0 引言

随着产业化、信息化的发展, 使生产更加高效率, 把人从生产力中解放出来的焊接自动化是现在焊接工业的发展方向。在焊接自动化中, 如何自动地识别所需焊接的焊缝中间线是一个难点。焊接的环境和材料, 焊接过程中产生大量的飞溅、烟尘和强烈的弧光干扰, 以及传感器本身采集信息时所带来的噪声都给高效率的焊接自动化焊缝自动跟踪带来各种影响, 如何设置一种有效的算法来自动跟踪焊缝是各国技术人员的研究热点。

随着计算机视觉技术的发展, 视觉传感技术越来越广泛地应用于焊缝自动跟踪过程。视觉传感器具有信息量大、灵敏度高、精度高、不与工件接触等优点, 给焊缝自动跟踪技术带来了巨大的技术革命。当前机器视觉技术中使用最多的传感器是 CCD 光电传感器。CCD 光电传感器具有很好的动态性能和较高的精度, 在检查单元中作为非接触检查系统, 拥有很大的优势, 得到非常普遍的使用。

1 机器视觉及 OpenCV 软件

1.1 机器视觉

机器视觉, 是一门包括众多技术的交叉学科, 如神经生物学、人工智能、计算机、图像信号处理、模式识别等领域。机器视觉技术就是利用 PC 来模拟人类的视觉作用机理, 从客观存在事物的图像中提取相关信息,

收稿日期: 2011-12-27; 修回日期: 2012-03-30

基金项目: 国家自然科学基金(60964003)

作者简介: 徐自越(1986-), 男, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 研究方向为机器视觉与图像处理。

加以处理和理解,最后应用于控制与检测等实际应用中。机器视觉具有多功能、大信息量等优点^[1,2]。

所谓机器视觉就是利用机器来替代人眼去做检测和评价^[3]。机器视觉系统就是指利用 CCD 图像摄取设备来拍摄图像,然后把得到的图像送入相关处理单元,基于数字化的处理,通过颜色、纹理以及像素等信息,来进行相关等的判断,最后通过相关的判断结果来事先现场设备动作的控制。

利用机器视觉技术的检测方法来取代传统的人工检测方法,生产的产品质量以及生产效率都得到了极大的提高。随着相关技术发展,如现场总线技术、计算机技术等,机器视觉技术日臻成熟。机器视觉技术已经广泛应用于食品加工、机器人、汽车制造、造船、航空业、化妆品等行业,成为现代制造加工业不可或缺的技术。随着机器视觉技术自身的不断发展和越来越趋于成熟,未来必将在各行各业得到更加广泛的应用,成为 21 世纪的一个朝阳技术。

1.2 OpenCV 软件

1999 年英特尔公司在俄罗斯设立了软件开发中心“Software Development Center”,随后即启动了被称为“CVL”的研究项目。最初“CVL”项目的研究方向包括人机界面(HCI)和实时计算机视觉等。第二年,即 2000 年,该中心发布了开源计算机视觉类库 OpenCV 的第一个测试版,2006 年底 OpenCV 的首个正式版 1.0 正式发布^[4]。

OpenCV(Open Source Computer Vision Library)是一套通过 C/C++ 语言研发的计算机视觉技术和图像处理技术的函数库,其由众多 C 函数和少量 C++ 类组成,实现了对计算机视觉和图像处理领域的很多通用算法。OpenCV 拥有三百多个 C 函数,具有跨平台的中高层 API,同时不依赖于任何其他的外部库。此外其能够很好地兼容 Intel 所研发的另一种图像处理库 IPL, IPL 是用于对图像进行一些低端处理,而 OpenCV 可以在其基础上进行数字图像的高端处理。OpenCV 在性能表现上能够显示出更大的优越性。其中大多数函数在其汇编时就被 Intel 针对自己公司所生产的处理器进行了优化处理,同时其也为 IPP 提供了借口。即 OpenCV 可以在运行时自动加载为特定处理器优化的 IPP 库,让处理器的性能得到最大程度的发挥。总的来说,OpenCV 作为一个针对图像处理、模式识别和计算机视觉的基本开源项目,可以直接在众多方面使用,是进行再开发的理想软件。

OpenCV 功能强大、用途广泛。使用 OpenCV 提供的数字图像处理和计算机视觉的函数,可使平时处理起来复杂的操作大大简化。实践证明,用 OpenCV 进行实际开发,开发周期短,应用前景十分广阔。

OpenCV 作为一个免费的开源项目,向使用者免费提供了众多的有关数字图像处理与计算机视觉等领域的算法及其源代码。这不仅为实际开发提供了便利,同时也使其本身成为研究和学习该方面理论知识的丰富资源—这也是 OpenCV 的生命力所在。

OpenCV 除了有 Intel 公司提供的许多支持以外,还有许多专业人士即业余爱好者为其提供强有力的维护和更新,许多世界领先的学术成果能够很好地在其上得以展现,使得研究人员可以方便地收到这些先进的理论和科研成果^[5,6]。

此外,OpenCV 是一套免费的软件,任何科技人员都可以通过它进行相关的程序开发,让它在实际开发中的应用得到极大的推广。在实际应用,OpenCV 中有着不可比拟的优势,例如具有开放的源代码、统一的功能定义、支持 Windows 等众多平台、强大的运算处理能力以及统一的结构定义等^[7]。

2 基于 OpenCV 的实时焊缝中心线自动检测系统

由安装在焊炬前方的 CCD 摄像机逐时抓取实时焊缝图像,通过图像采集卡缓冲送入微型机进行图像处理,检测到焊缝实时中心线,进一步求得特征偏差送入步行电机控制焊炬执行机构自动跟踪作业。“实时焊缝中心线自动检测系统”就是针对焊接过程中该自动跟踪作业而研制的在线实时图像处理系统。

2.1 算法的设计

此算法主要是通过对拍摄到的实时焊缝图像进行在线处理,使用中值滤波方法对图像进行前期滤波,并用自适应阈值处理发放二值化图像,通过 Canny 算子对焊缝进行边缘检测,最终通过左右扫描法得到中心线,算法流程图如图 1 所示。

2.2 基于 OpenCV 的系统设计

2.2.1 CCD 设置

在采集图像之前,打开摄像头,并利用 OpenCV 对其进行标定。在 OpenCV 函数库里已经提供了能够直接调用的使用黑白棋盘图标定法来进行标定的一系列函数,可以有效、方便、精确地对摄像机进行标定。完成摄像机的标定后,可以正式地采集实时焊缝图像,进

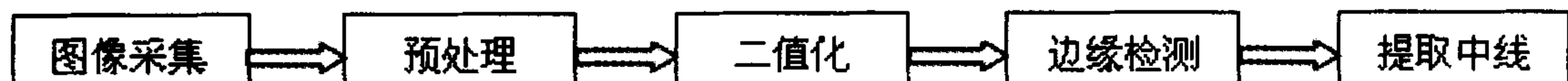


图 1 实时焊缝中心线自动检测算法流程图

行自动焊接作业。OpenCV 支持从摄像头和视频文件 (AVI) 中捕捉图像, 要为函数 `cvQueryFrame()` 传递一个摄像头指针。要取消捕捉图像时, 可以使用函数 `cvReleaseCapture()`, 也需要为其传递一个摄像头指针。具体的函数模型如下:

```
void cvCaptureFromCam(int index); //选择捕获图像的摄像头
void cvQueryCFrame(CvCapture * capture); //获取某一帧图像
void cvReleaseCapture(CvCapture * capture); //释放捕捉源
```

2.2.2 中值滤波处理

因为现场实际采集的图像由于各种干扰的存在, 会有噪声杂点存在于焊缝图像之中, 不利于后续图像处理的进行, 有必要对其滤波处理。通过对多张焊缝图像的对比分析, 其噪声主要是一些点状、块状等类似椒盐噪声, 中值滤波器对此处理是非常有效的^[8]。

OpenCV 提供了对焊缝图像的滤波函数 `cvSmooth()`, 其函数原型如下:

```
void cvSmooth(const CvArr * src, CvArr * dst, int smoothtype
=CV_GAUSSIAN, int param1=3, int param2=0, double param3=0,
double param4=0);
```

其中, `src` 为输入图像, `dst` 为输出图像, `smoothtype` 为平滑方法 (默认是高斯平滑, 中值滤波的代码为 `CV_MEDIAN`), 参数 `param1`、`param2`、`param3`、`param4` 根据不同滤波方法具有不同的意义和取舍 (中值滤波中, 只需要赋值 `param1` 和 `param2`, 表示对图像进行大小为 `param1 * param2` 的中值滤波)。

2.2.3 自动选择阈值处理

图像的二值化的重点在于如何正确地选定最佳阈值, 基于图像来自动选择最佳阈值是图像二值化处理的理想方法。Otsu 方法既是基于此思想, 一直以来被作为阈值自动选取的最理想方法^[9,10], 得到广泛使用。

Gonzalez 和 Woods 给出了 Otsu 方法自动选择一个阈值的迭代方法, 如下所示:

- 采用图像中亮度最小值和亮度最大值的中间值来作为 G 的初始估计值 (也可以选择其他值, 但建议采用中间值);
- 采用 G 分割图像。这里会产生亮度大于或等于 G 的所有像素组成的 $T1$ 以及亮度值 $< G$ 的所有像素组成的 $T2$ 的两组像素;
- 计算 $T1$ 和 $T2$ 范围内的平均亮度值 $u1$ 和 $u2$;
- 计算一个新阈值;
- 重复步骤 b 到步骤 d, 连续迭代中 G 的值直到比预先指定的 $G0$ 小为止。

在 OpenCV 里设计一个 `cvOtsu()` 函数来实现采用 Otsu 算法对图像进行二值化处理, 该函数程序流程:

1. 计算直方图并归一化 histogram;
2. 计算图像灰度值 `avgValue`;
3. 计算直方图的零界 $w[i]$ 和一级距 $u[i]$;
4. 计算并找到最大的类间方差 (between-class variance), $\text{variance}[i] = (\text{avgValue} * w[i] - u[i]) * (\text{avgValue} * w[i] - u[i]) / (w[i] * (1 - w[i]))$, 对应此最大方差的灰度值即为要找到的阈值;
5. 用找到的阈值二值化图像。

2.2.4 Canny 边缘检测

经过二值化处理的焊缝图像可以进行边缘检测了, 得到焊缝的两条边缘线, 最终推导出中心线。图像上颜色相近的像素连在一起形成了不同的区域, 而不同区域间的边缘则显示为颜色的灰度跃变。边缘检测技术即为利用微分等方法, 利用分析灰度跃变来寻找图像上区域边缘的一种图像处理技术。对于数字图像, 通常使用卷积或类似卷积的方法来实现对灰度的分析。在常用的一些边缘检测方法中, Canny 边缘检测器是比较好的, 在实际处理中效果十分理想, 因而应用相当广泛^[11,12]。

Canny 算子 (Canny [1986]) 是目前为止最有效的边缘检测算子。OpenCV 中提供了可以直接实现 Canny 算子检测边缘的函数, 应用该函数科研工作者可以行之有效地开发出非常实用的图像边缘检测程序。OpenCV 软件中使用函数 `cvCanny()` 来实现 Canny 方法找到图像的边缘, 该函数使用 Canny 算子在输入图像寻找边缘, 并且把寻找到的这些边缘在输出图像显示出来。在函数 `cvCanny()` 的 `threshold1` 和 `threshold2` 当中, 大阈值用来实现强边缘初始分割的控制, 小阈值用来实现边缘连接的控制, 其函数的描述如下:

```
void cvCanny(const CvArr * image edges, double
threshold1, double threshold2, int aperture_size=3);
```

其中: `image` 为输入的原始图像; `edges` 为输出的检测出的边缘图像; `threshold1` 是第一个阈值; `threshold2` 是第二个阈值, `aperture_size` Sobel 是算子内核大小。图 2 表示在 OpenCV 中 Canny 检测器的焊缝边缘检测效果图。



图 2 Canny 边缘检测器效果图

2.2.5 中心线提取

经过上述图像处理后还并不能准确获得焊缝边缘, 仍旧有些伪边缘的存在。为了准确地提取边缘, 用

Hough 变换进行直线检测,获得焊缝的两条边缘线。然后采用左右扫描法,分别找到左右两条边缘的像素点,并求其平均值就是该行的焊缝的中间点了,然后用最小二乘法拟合边缘曲线。图3显示出了完整的图像处理流程。

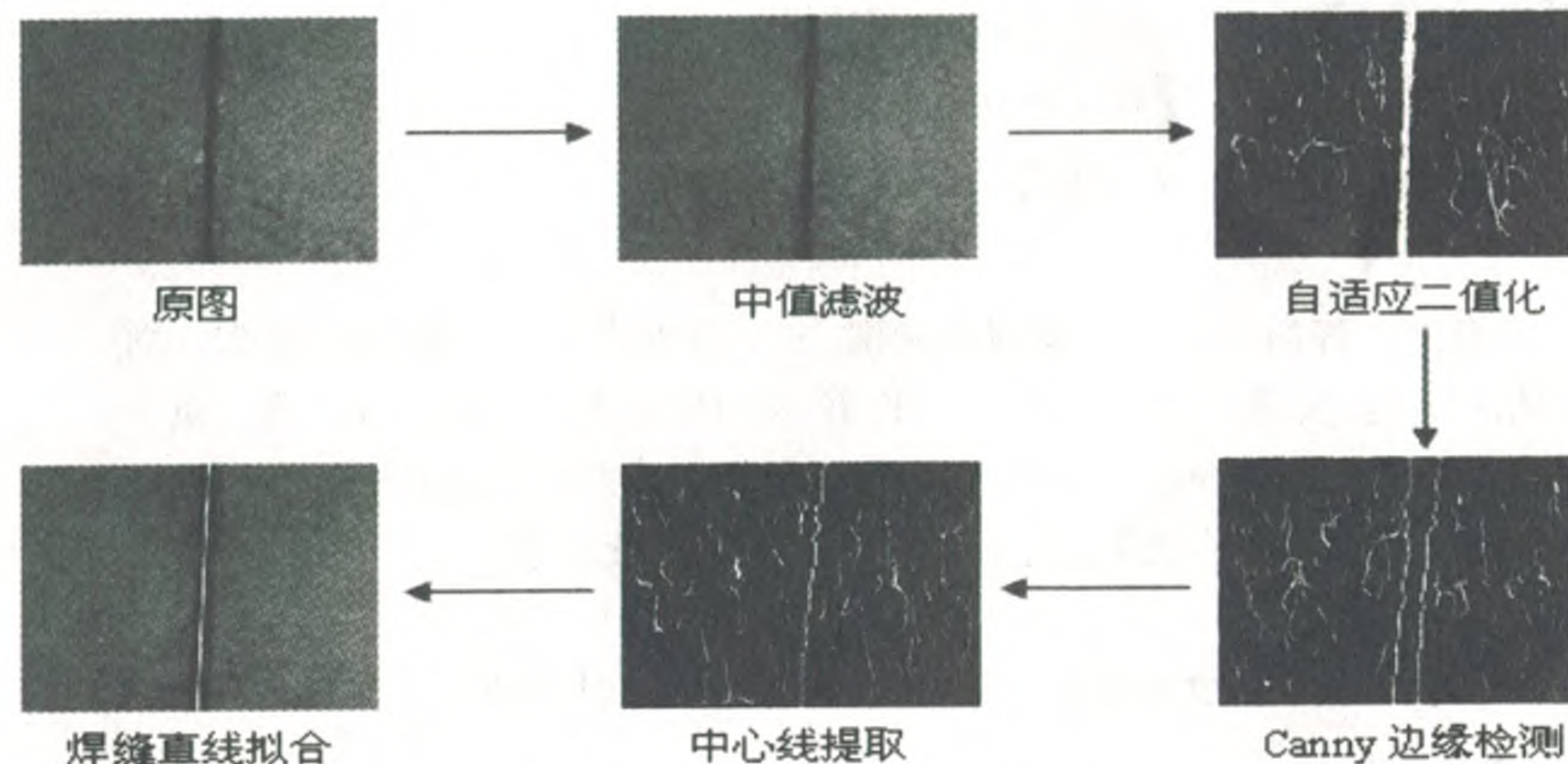


图3 完整图像处理流程

3 结束语

当前,在焊接自动跟踪技术中广泛地应用机器视觉技术来检测焊缝的边缘,使焊接自动化得到了极大发展。在国外 OpenCV 应用已经十分广泛,国内才处于开始阶段,其作为一款优秀的开源函数库,对任何人使用都是免费,随着图像处理技术和机器视觉技术的发展不断日臻成熟。文中采用 Otsu 算法来自动选取合适阈值对焊缝图像进行二值化分割,Canny 检测算子对焊缝图像进行实时边缘检测,通过 OpenCV 进行系统的设计,极大地缩减了焊缝边缘检测软件的开发周期,操作简单、识别正确、检测迅速,从实验结果的分析看,该系统完全达到各项指标的要求。

参考文献:

- [1] 贾云得. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [2] 石永华,钟继光,刘 桑,等. 视觉传感及图像处理技术在焊接中的应用[J]. 电焊机,1999,29(9):1-4.
- [3] Suga Y, Naruse M, Tokiwa T. Application of Network to Visual Sensing of Weld Line and Automatic Tracking in Robot Welding [J]. Welding in the World, 1990, 34: 275-282.
- [4] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV 教程基础篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [5] Mirza N A, Nehaniv C L. Ground Sensorimotor Interaction Histories in an Information Theoretic Metric Space for Robot Ontogeny [J]. International Society of Adaptive Behavior, 2007, 7 (7):167-187.
- [6] 周传宏,王怀虎,康少博. OpenCV 在装箱缺条视觉系统中的应用[J]. 制造业自动化,2011,33(9):85-87.
- [7] 左 飞,万晋森,刘 航. Visual C++ 数字图像处理开发入门与编程实践[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [8] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing [M]. 2nd ed. [s. l.]: Pearson Education, 2002.
- [9] 薛孝琴,吴怀宇. 一种改进 Otsu 算法在 Kirsch 边缘检测中的应用[J]. 计算机与数字工程,2009,27(3):167-171.
- [10] 钟少丹,韦启灿,谢铮桂. 齿痕舌像自动分割的方法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(1):245-247.
- [11] 唐路路,张启灿,胡 松. 一种自适应阈值的 Canny 边缘检测算法[J]. 光电工程,2011,38(5):127-132.
- [12] 黄 伟,王书文. 一种基于图像边缘检测的全变分的去噪方法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(2):24-26.

(上接第169页)

经过系统集成与软硬件协同验证,在最短的开发周期完成了产品开发,大大提高了板卡的集成度,满足了系统提高功能性能密度的要求。文中对于嵌入式系统、SoC 芯片的设计开发具有一定参考意义。

参考文献:

- [1] 田 泽. 嵌入式系统开发与应用教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [2] Rajsuman R. SoC 设计与测试[M]. 于敦山,盛世敏,田 泽译. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [3] Furber. ARM SoC 体系结构[M]. 田 泽,于敦山,盛世敏译. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] Crouch A L. 数字集成电路与嵌入式内核系统的测试设计[M]. 何 虎,马立伟译. 北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 李 攀,田 泽,蔡叶芳,等. 基于 SoPC 的 PCI 通信接口

设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(9):217-220.

- [6] 丁晓贵,刘桂江. 基于 SoPC 的远程数据采集系统设计[J]. 计算机技术与发展,2010,20(1):235-237.
- [7] 周立功. SoPC 嵌入式系统基础教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [8] 王建校,危建国. SoPC 设计基础与实践[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.
- [9] 李贵山,陈金鹏. PCI 局部总线及其应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [10] Shanley T, Anderson D. PCI 系统结构[M]. 刘 晖,冀然然,夏意军译. 第4版. 北京:电子工业出版社,2000.
- [11] 徐 欣,于红旗. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [12] 孙 航. Xilinx 可编程逻辑器件应用与系统设计[M]. 北京:电子工业出版社,2008.

一种改进的 BP 神经网络算法与应用

作者:

作者单位:

刊名:

英文刊名:

年, 卷(期):

张月琴, 刘阳, 孙先洋

太原理工大学计算机科学与技术学院,山西太原030024

计算机技术与发展

Computer Technology and Development

2012(8)



参考文献(12条)

1. 贾云得 机器视觉 2000
2. 石永华;钟继光;刘桑 视觉传感及图像处理技术在焊接中的应用 1999(09)
3. Suga Y;Narusse M;Tokwa T Application of Network to Visual Sensing of Weld Line and Automatic Tracking in Robot Welding 1990
4. 刘端袖;于仕琪 OpenCV 教程基础篇 2007
5. Mirza N A;Nehaniv C L Ground Sensorimotor Interaction Histories in an Information Theoretic Metric Space for Robot Ontogeny 2007(07)
6. 周传宏;王怀虎;康少博 OpenCV在装箱缺条视觉系统中的应用 2011(09)
7. 左飞;万晋森;刘航 Visual C++数字图像处理开发入门与编程实践 2008
8. Gonzalez R G;Woods R E Digital Image Processing 2002
9. 薛孝琴;吴怀宇 一种改进Otsu算法在Xirsch边缘检测中的应用 2009(03)
10. 钟少丹;市启灿;谢钟桂 齿痕舌像自动分割的方法[期刊论文]-计算机技术与发展 2009(01)
11. 唐路路;张启灿;胡松 一种自适应阈值的Canny边缘检测算法[期刊论文]-光电工程 2011(05)
12. 黄伟;王书文 一种基于图像边缘检测的全变分的去噪方法[期刊论文]-计算机技术与发展 2009(02)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfs201208044.aspx