

基于机器视觉的香烟条包图像检测系统研究

高素美,智淑亚

(金陵科技学院机电工程学院,江苏 南京 211169)

摘要:简述了彩色图像灰度化、预处理和二值化等方法。结合香烟条包生产实际,通过高速线性矩阵CCD相机对香烟条包进行触发拍照,系统软件将灰度检测、端面检测、拉线检测、图案检测等系列数字图像处理算法进行组合。该检测系统利用图像处理技术对不合格产品进行剔除,可有效降低产品不良率,提高了生产效率。

关键词:图像处理;图像算法;机器视觉;CCD相机

中图分类号:TP271

文献标识码:A

文章编号:1672-755X(2020)02-0005-06

Study on Image Detection System of Cigarette Strip Packet Based on Machine Vision

GAO Su-mei, ZHI Shu-ya

(Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: The methods of color image graying, preprocessing and binarization are introduced. In combination with the production practice of cigarette strip packet, the cigarette strip packet is photographed by means of a high-speed linear matrix CCD camera. The system software is combined by a series of digital image processing algorithms, such as grayscale detection, end face detection, cable detection and pattern detection. Unqualified products of cigarette strip packet is eliminated by the image processing technology in this paper, which can effectively reduce the defective rate and improve the production efficiency.

Key words: image processing; image algorithm; machine vision; charge coupled device

机器视觉系统是指通过图像摄取装置将被摄取目标转换成图像信号,传送给图像处理系统,目前在工况监视、成品检验和质量控制等方面应用广泛。基于机器视觉的检测系统能快速采集产品图像,数字图像处理系统将抓拍的图像信号转换成数字信号,将其传输给计算机进行处理、分析、计算,并在短时间内处理完成,以快速检测产品的良品率^[1-2]。针对香烟条包通常存在印刷图案不完整、外壳破损、封条歪斜、包装纸破裂等问题,采用光源系统和光电传感器触发电路促使CCD相机对香烟5个面进行实时拍照,将系统采集到的图像传输到工控机中,并采用一系列数字图像处理算法对其进行处理,通过I/O控制单元发出信号促使执行机构动作,将不合格香烟条包剔除。本论文主要研究基于机器视觉的香烟条包图像处理算法及算法实现。

1 检测系统硬件设计

机器视觉对香烟条包的检测,首先采用光源系统和光电传感器触发电路促使CCD相机对香烟5个面

收稿日期:2020-04-25

基金项目:金陵科技学院科研基金孵化项目(jit-fhxm-201915)

作者简介:高素美(1979—),女,山东济宁人,副教授、高级工程师,硕士,主要从事机器视觉应用技术研究。

进行实时拍照,将系统采集到的图像传输到工控机中,并利用图像算法对其进行处理,最后通过 I/O 控制单元发出信号促使执行机构动作,将不合格烟包剔除。检测系统设计框图如图 1 所示。

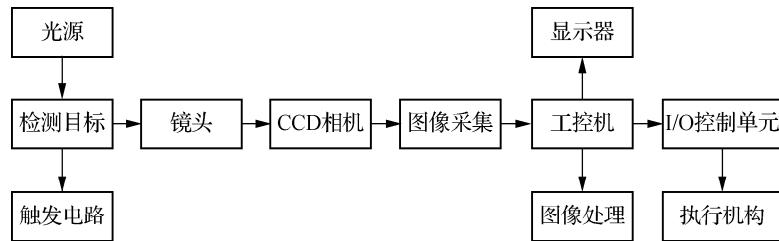


图 1 机器视觉香烟条检测系统硬件框图

光源的选择和设计是为了获取烟包特征信息,同时减少对烟包检测精度的影响。由于条包检测系统 CCD 相机扫描时间短,对光源要求高,这里选择 LED 光源作为香烟条包检测光源。CCD 相机通过光源触发拍照将图像呈现在像敏面上,图像信号转变为少数载流子存储在像敏单元中,在转移脉冲的作用下,再转移到移位寄存器,然后通过驱动脉冲作用移出器件成为视频信号。最后由电路处理计算,转换成检测信号。

图像采集卡将各种模拟信号经 A/D 转换成数字信号送入计算机,计算机将采集的图像进行处理。该采集卡集成在工控机主板上,受光纤传感器的控制,当烟条包到达指定检测位置时,采集卡触发 7 个 CCD 同时进行图像抓拍,并将图像高速千兆网线传输给工控机的存储设备,以供 CPU 进行图像分析、计算^[3-4]。

2 图像处理算法

2.1 图像处理典型流程图

首先进行图像灰度化处理,其次进行图像预处理,把图像需要检测的特征凸显出来,交给下个识别模块^[5]。然后进行图像分割,特征提取直至最后的特征图像识别,其流程图如图 2 所示。

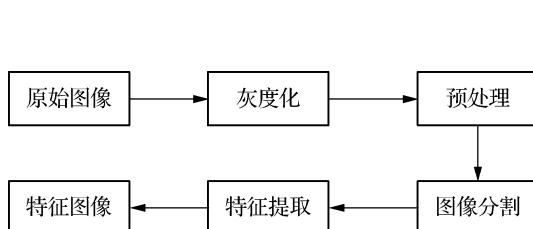


图 2 图像处理典型流程图

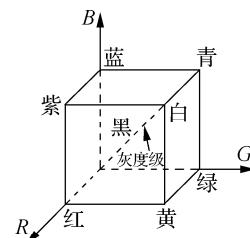


图 3 RGB 颜色模型

2.2 彩色图像灰度化

一个物体的色彩属性,取决于光源、成像传感器等相关因素。任何光都可以由 R、G、B 三种基色混合而成,为使图像处理更快,通常把彩色图像转换成灰色图像。如图 3 所示,是一种 RGB 颜色模型,其中黑色位于坐标原点,白色位于模型顶部,红、蓝、绿分别位于坐标轴对应的顶点位置,灰度级分布在黑白的顶点上。

在 RGB 模型中,假设 R、G、B 三值相等且作为灰度颜色,对彩色图像进行灰度化处理通常有 4 种方法:分量法、最大值法、平均值法和加权平均法。这里采用加权平均法,将彩色图像灰度化之后,按照一定的顺序,对图像进行下一步处理。

将 R、G、B 颜色分量的亮度值进行加权平均,如式(1)所示。

$$f(i,j)=0.30R(i,j)+0.59G(i,j)+0.11B(i,j) \quad (1)$$

2.3 图像预处理

图像预处理是将目标图像特征突出送到识别模块单元处理的一个过程。其中预处理可以消除噪声对

图像处理的影响,图像上一般会呈现局部太亮或者太暗的点,这样会影响处理的准确性,通过图像预处理,可以把图像特征展现得更加明显。这里涉及了图像滤波和图像锐化两种预处理,图形滤波是为了消除噪声,但消除噪声的同时会模糊图像的边缘,所以利用图像锐化处理,可突出图像边缘特征,使图像更分明^[6]。

2.3.1 图像滤波 图像滤波一般有空间域和频率域两种滤波,这里研究空间域滤波,把某像素中有直接关联的4个或8个像素点进行处理。空间域滤波算法流程为:1)将设定模板的中心与图像像素点(x,y)重合,计算图像和模板重合区域的像素点。2)将计算结果作为(x,y)的滤波结果。

一幅图像可用二维离散函数 $f(x,y)$ 表示,如图4所示的 3×3 模板对图像进行滤波,以 w 为模板中心,坐标为(0,0),通过在图像 $f(x,y)$ 中移动模板,使模板中心与像素点重合,每一点 (x,y) 响应可表示为:

$$R = w(-1,-1)f(x-1,y-1) + w(-1,0)f(x-1,y) + \dots + w(1,1)f(x+1,y+1) \quad (2)$$

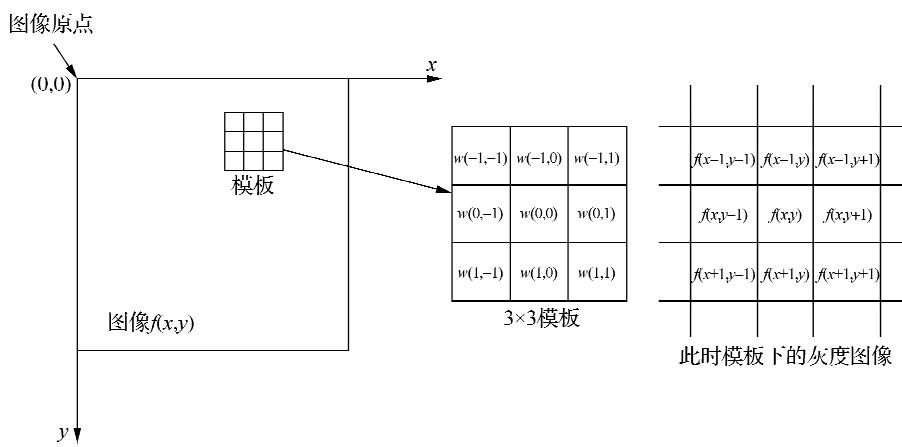


图4 空间滤波示意图

对于 $m \times n$ 大小的模板,其中 $m=2a+1, n=2b+1, a, b$ 是正整数,其滤波公式可表示为:

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t) f(x+s, y+t) \quad (3)$$

通常空间滤波分为中值滤波、高斯滤波、均值滤波等,这里既考虑了区域性像素的权重,又要使图像的模糊程度较好,故采用高斯滤波。

2.3.2 图像锐化 图像采用空间域滤波后,需锐化处理,通过计算梯度的差分方程来实现,使图像边缘更清晰,灰度跳变增强^[7]。

对于连续的二维函数在点(x,y)处的梯度向量可表示为:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中: $\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{f(x+\epsilon, y) - f(x, y)}{\epsilon}$,是 f 对 x 在点 (x, y) 处的偏导。

$\frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{f(x, y+\epsilon) - f(x, y)}{\epsilon}$,是 f 对 y 在点 (x, y) 处的偏导。

函数 $f(x,y)$ 最大变化率的方向为梯度方向,变化率大小是梯度的幅值,其值为:

$$|\nabla f(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (5)$$

对于 $f(i,j)$,可用有限差分近似表示梯度幅值:

$$|\nabla f(x,y)| = \sqrt{[f(i+1,j) - f(i,j)]^2 + [f(i,j+1) - f(i,j)]^2} \quad (6)$$

在数字图像处理中将式(4)~(6)中的梯度幅值称为梯度:

$$|\nabla f(x, y)| = |f(i+1, j) - f(i, j)| + |f(i, j+1) - f(i, j)| \quad (7)$$

2.4 灰度二值化

二值化处理主要用于物体和背景有较强对比度的图像分割。阈值的选取直接关系到后面的处理。图像二值化处理中,“0”代表黑色,“255”代表白色。假设阈值 T ,通过图像中的像素值和设定的阈值作对比,若被测图像某像素的灰度值小于该阈值则将此灰度值设为 0,大于该阈值则设为 255。可将处理后二值图像表示为:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & f(x, y) \geq T \\ 0 & f(x, y) < T \end{cases} \quad (8)$$

通过该公式将图像二值化处理,图像的特征部分将凸显出来。

2.5 边缘检测

采用 Canny 算子进行边缘计算,通过边缘计算和链接,可把图像中梯度不为 0 的点根据需求去除,同时取出的边缘通常是不连续的,需采用 Hough 变换法。

Canny 算子在进行边缘提取时,利用高斯的一阶导数去逼近,应遵循信噪比准则、定位精度准则、单边缘响应准则。采用 Canny 算子算法提取图像边缘时,可能存在虚假图像边缘。需采用 Hough 变换,去除虚假边缘的同时将边缘的中间断点连接起来,在较小图像区域的曲线近似为直线,通过 Hough 变换找到最长的一条直线以确定边缘的梯度方向。

Hough 变换是把图像区域内具有一定联系的像元聚集起来,找到以解析形式使用的参数空间的对应点,转换图像坐标空间到参数空间,实现嵌合的直线和曲线^[8-9]。

3 软件系统及对象检测

3.1 软件系统

检测系统软件根据系统采集到的图像数据对条包外壳破损、端面起皱、透明纸破裂、封条歪斜等问题进行鉴别。对图像参数进行配置,配置流程如图 5 所示。参数的配置方法有两种:一种是不使用既定模板,进行全新配置;另一种是使用软件内带的模板或与本牌号类似的配置文件,进行适当删减及修改。配置完成后,对参数进行测试,使用该配置运行系统,判别参数是否满足要求。若发生条包误剔或漏剔,则暂停系统检测,重新调整参数,直到参数满足要求。

3.2 边界定位对象

由于机械原因,香烟条包经过检测位时,其位置及角度均可能存在一定范围的偏移,图像表现为香烟条包位置来回抖动,导致定位不准确。需首先定位烟条包边界,图像处理根据烟条边界进行调整,边界向某方向移动多少,图像处理对象的位置也向此方向移动多少,以便消除烟条包位置抖动所产生的影响。

“边界定位对象”是在虚框范围内查找有明显明暗变化的边缘,将虚线框放置在烟条包具有明显明暗变化的边界上。如图 6 所示,虚线框限定了对象的处理范围,框内两线之距离差代表烟条包的偏移度,图像处理对象根据偏移度来调整自身位置。

3.3 端面透明纸检测对象

烟条包的端面透明纸最易发生质量问题,根据包装质量标准,烟条包端面的透明纸必须保持平整,不漏气,透明纸折线应基本成 45°直线。端面透明纸检测对象主要是通过检测端面的透明纸折线是否完好来判断端面透明纸是否存在质量问题。

如图 7 所示,虚线框限定了对象的处理范围,“端面透明纸检测对象”的工作原理是在虚线框里查找最可能是透明纸折线的亮线,若找到的亮线位于两条绿线所限定的范围内,且重量也满足要求,则该透明纸折线合格,否则不合格。

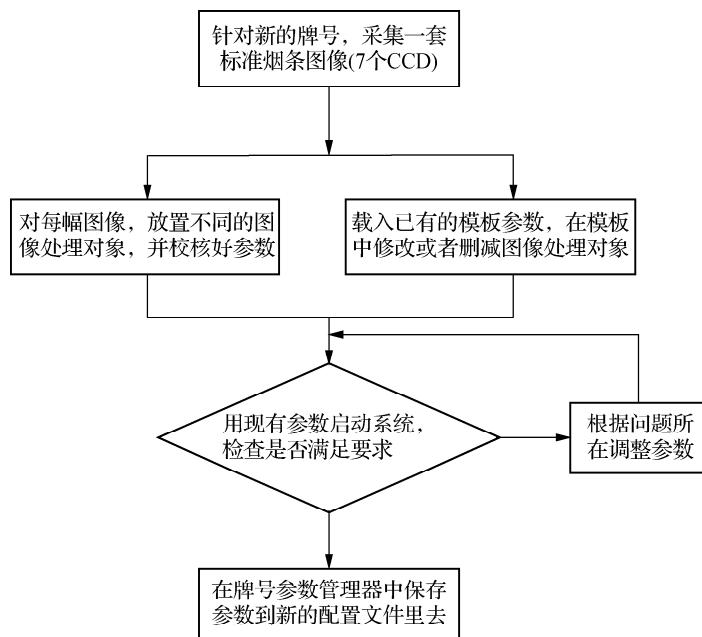


图 5 参数配置流程图

3.4 模版匹配对象

模板是在检测前设置的参考对象。模板匹配是在被测图像中搜寻之前设置的参考点,确定该图中有一致的目标,并且和设置的参考点的参数相同。利用图像处理算法在图中找到指定目标,确定其位置。模板匹配用于印刷图案的检查。首先保存一套标准图案的样本,软件将用这些模板在整个图像中逐一匹配,直到找到最为接近的图案为止。如图 8 所示,模板匹配对象的外虚线框定义了图像的搜索范围。

3.5 圆查找对象

“圆查找对象”的工作原理是在虚框范围内查找呈半圆状的亮线,通过查找半圆亮线的位置确定拉线的位置,如图 9 所示,虚线框限定了对象的处理范围。无论是透明还是非透明拉线,在拉线头上有一半圆形拉线头,其位置代表拉线本身的位置。

检测对象有“上半圆”、“下半圆”、“整圆”三个选项。在处理范围内找到半圆状的亮线则为合格,否则不合格。

3.6 拉线定位对象

“拉线定位对象”的工作原理是在虚框范围内查找最可能是拉线边缘的垂直线,如图 10 所示,虚线框限定了对象的处理范围。该方法通过直接检测拉线边缘所形成的垂直线,这是圆检测的一个补充手段。若圆检测对拉线的检测效果不好,可考虑使用本对象进行拉线检测。

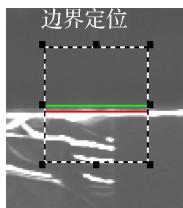


图 6 边界定位对象

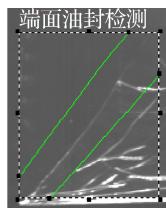


图 7 端面透明纸检测对象

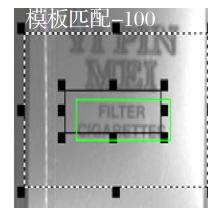


图 8 模板匹配对象

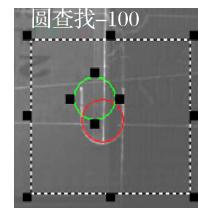


图 9 圆查找对象

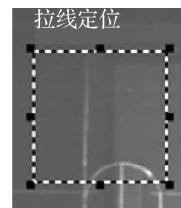


图 10 拉线定位对象

3.7 灰度直方对象

灰度直方对象主要用来检测烟条包出现的露白错误。一般情况下,露白发生在烟条包的边角上,且图像表现为灰度均值及方差产生剧烈变化。虚线框限定对象的处理范围,“灰度直方对象”的工作原理是在虚框范围内计算图像灰度的均值及方差,使其与标准均值及方差进行比较,从而判断是否发生包装质量错

误。软件计算出来的烟条包图像的实际均值与标准均值的差值不能大于设定差值,否则视为不合格。设定差值可根据实际检测效果进行手工调节。

3.8 关联检查对象

关联检查两个检测对象之间应满足一定的限制,检查其是否符合预设的阈值。检测类型可以是两个对象的水平差值,也可以是两个对象的垂直或角度差值。允许差值范围定义两个对象之间差值的允许范围,以像素为单位。

4 结语

该图像处理算法是机器视觉检测系统的核心,检测系统除了能检测不合格烟包外,还能对不合格烟包进行处理。该系统能准确地控制光源系统和相机触发拍照,控制执行机构在检测到不合格烟包时,自动将其剔除生产流水线。该系统已经融入图像检测系统并在现场实际使用,仿真与实验结果表明,该系统计算速度快、检测精度高,可有效提高生产香烟的自动化水平和生产效率,降低香烟的包装缺陷问题,满足香烟包装质量检测的需要。

参考文献:

- [1] 何勇,王生泽.光电传感器及其应用[M].北京:化学工业出版社,2004
- [2] 张广军.机器视觉[M].北京:科学出版社,2005
- [3] 龚鸣,薛程.基于DM355的闯红灯违章抓拍系统的设计[J].电子测量技术,2013,36(2):59-63
- [4] 宋学青.机动车超速监测系统现场测速误差检定装置研制[J].中国测量,2014,40(3):71-74
- [5] 沈丽丽,王莹.基于奇异值分解的无参考立体图像质量评价[J].天津大学学报,2020,53(6):641-646
- [6] 刘慧力,贾洪雷.基于深度学习与图像处理的玉米茎秆识别方法与试验[J].农业机械学报,2020,51(4):207-215
- [7] 卢荣胜,吴昂.自动光学(视觉)检测技术及其在缺陷检测中的应用综述[J].光学学报,2018,38(8):23-28
- [8] 颜发根,刘建群,陈新,等.机器视觉及其在制造业中的应用[J].机械制造,2004(11):28-30
- [9] 刘松林,哈长亮,郝向阳,等.基于机器视觉的线阵CCD相机成像几何模型[J].测绘科学技术学报,2006(5):387-390

(责任编辑:谭彩霞)

本刊“工程技术”栏目稿约

《金陵科技学院学报》是面向国内外公开发行的自然科学学报(季刊),曾获“中国高校特色科技期刊”称号,是江苏省一级刊物。“工程技术”栏目是本刊创刊以来的固定栏目。

特长期向校内外作者征集以下学科的文章:软件工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程、建筑学、土木工程、机械工程、材料科学与工程等。优先发表省部级以上基金项目的阶段性成果,按质择稿,优稿优酬。欢迎广大作者踊跃投稿,我们将提供高效优质的服务,快速审稿,来稿必复。

《金陵科技学院学报》编辑部